47

MedienPädagogik

Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung

Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality - Teil 1

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

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Editorial: Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1

Didaktische Designs, Konzepte und theoretische Positionen

Josef Buchner[1], Miriam Mulders[2], Andreas Dengel[3] und Raphael Zender[4]

[1] Pädagogische Hochschule St. Gallen

[2] Universität Duisburg-Essen

[3] Goethe Universität Frankfurt

[4] Humboldt-Universität zu Berlin

1. Einleitung

Die Einsatzmöglichkeiten von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) zum Zwecke des Lehrens und Lernens werden seit einigen Jahren sowohl in Forschung als auch Praxis intensiv diskutiert.

Zum einen zeigt sich dies an der stetig steigenden Anzahl von Publikationen, die empirische Befunde zum Einsatz von AR und VR in Bildungskontexten berichten (Arici u. a. 2019; Radianti u. a. 2020). Zum anderen verdeutlichen Interviewstudien mit Personen der Bildungspraxis, dass das Interesse an AR und VR hoch ist und dabei sowohl pädagogisch-didaktische als auch technologische Faktoren als Begründungsargumente für dieses Interesse angeführt werden (Alalwan u. a. 2020; Buchner u. a. 2022; da Silva u. a. 2018).

Insbesondere die technologischen Faktoren, etwa welche Geräte wurden zur Darstellung von AR/VR-Inhalten herangezogen, haben Fragestellungen und Forschungsdesigns in bisherigen Studien zum Einsatz von AR und VR zu Lehr- und Lernzwecken bestimmt. So schreiben etwa Zumbach, von Kotzebue und Pirklbauer (2022), dass die Mehrheit der publizierten AR-Arbeiten das Forschungsdesign des Medienvergleichs anwenden, welches nur eingeschränkt Aussagen über den Einsatz von AR-Anwendungen in der Bildungspraxis zulässt. Zu diesem Schluss kommen auch Autor:innen von Metaanalysen und systematischen Literaturarbeiten (Garzón u. a. 2020; Buchner, Buntins, und Kerres 2022).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Buchner, Josef, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. 2022. «Editorial: Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1. Didaktische Designs, Konzepte und theoretische Positionen». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): i–x. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.11.28.X.

Ähnliches gilt für Forschungspublikationen zu VR-Bildungsanwendungen, die etwa unter Einbezug der Konstrukte «Immersion» und «Presence» Brillenbasierte VR mit Desktopbasierten virtuellen Welten kontrastieren und dabei weitere, den Lernprozess moderierende, Variablen unberücksichtigt lassen (Parong 2021; Makransky und Petersen 2021).

Als Konsequenz zeigt sich, dass bekannten Potentialen von AR/VR-Bildungsanwendungen, etwa das Trainieren von Fähigkeiten und Fertigkeiten (z. B. Mulders 2022; Zender u. a. 2020), keine bzw. wenig Beachtung in der bisherigen Literatur entgegengebracht wurde. Besonders deutlich wird das durch die Tatsache, dass konkrete didaktische Designs zum Einsatz von AR/VR in Bildungskontexten fehlen bzw. bislang nur selten in Fachpublikationen zu identifizieren sind (Buchner und Aretz 2020; Dengel 2019; Mulders 2022; Lipinski u. a. 2020; Lauer und Peschel 2022).

Zudem fehlen theoretische Diskussionen und Positionen zu jenen Konstrukten, die in der bisherigen AR/VR-Literatur als massgeblich für Effekte auf Lernergebnisse angenommen wurden. Dies betrifft etwa den Begriff der Immersion, der in der Literatur unterschiedlich und uneinheitlich verwendet und interpretiert wird (Nilsson, Nordahl, und Serafin 2016; Dengel und Magdefrau 2018; 2020; Makransky 2021).

Diese skizzierten Forschungslücken aufzugreifen und zu adressieren, ist das Ziel dieses Themenhefts.

Die Herausgeber:innen haben dazu aufgerufen, Lehren und Lernen mit AR/VR-Anwendungen aus (medien)didaktischen und (medien)pädagogischen Perspektiven zu ergründen. Folglich soll mit diesem Heft sowohl die theoretische Auseinandersetzung als auch die konkrete Umsetzung in der Bildungspraxis hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von AR/VR zum Zwecke des Lehrens und Lernens thematisiert werden.

Insgesamt konnten nach einem double-blind Peer-Reviewverfahren mit drei Gutachter:innen pro Einreichung 18 Beiträge für die Publikation in diesem Themenheft angenommen werden. Diese werden im folgenden Abschnitt kurz vorgestellt.

2. Beiträge in diesem Heft

Im ersten Beitrag des Themenhefts berichten **Moritz Schweiger, Jeffrey Wimmer, Maiyra Chaudhry, Beatriz Alves Siegele und Dianchu Xie** die Ergebnisse einer quantitativen Synopse zu den Effekten von AR und VR auf den schulischen Lernerfolg. Insgesamt wurden Erkenntnisse 30 Studien ausgewertet und synthetisiert (Schweiger u. a. 2022).

Den schulischen Einsatz von VR thematisiert auch der Beitrag von **Raphael Zender, Josef Buchner, Caterina Schäfer, David Wiesche, Kathrin Kelly und Ludger Tüshaus**. Die Autor:innen bieten in ihrem Beitrag einen «Beipackzettel», unter Einbezug medizinischer, pädagogischer, didaktischer, technischer und ethischer Herausforderungen, für den schulischen VR-Einsatzes an (Zender u. a. 2022).

Astrid Beckmann nimmt in ihrem Beitrag eine mathematikdidaktische Einordnung von AR vor und behandelt insbesondere die Potenziale für das Thema Modellieren. Auch die Grenzen des AR Einsatzes im Mathematikunterricht werden diskutiert (Beckmann 2022).

Basierend auf dem M-IVR-L Modell (Mulders, Buchner, und Kerres 2020) skizzieren **Silke Bakenhus, Marisa Alena Holzapfel, Nicolas Arndt und Maja Brückmann** die Entwicklung einer immersiven Lernumgebung für den Sachunterricht. Dabei wird bereits mitgedacht, wie angehende Lehrkräfte zukünftig selbst zu Gestaltenden solcher Lernangebote werden können (Bakenhus u. a. 2022).

Yasamin Tahiri, Lena Florian und Mutfried Hartmann fokussieren in ihrem Beitrag auf die Designprinzipien von Geometriesoftware im virtuellen Raum. Als Ergebnis berichten die Autor:innen zukünftige Forschungsansätze und Validierungsmöglichkeiten (Tahiri, Florian, und Hartmann 2022).

Die Potenziale und Herausforderungen von AR für die Lehrpersonenbildung werden im Beitrag von **Corinne Wyss, Florian Furrer, Adrian Degonda und Wolfgang Bührer** diskutiert. Dabei sollen vor allem grundlegende Überlegungen zum Einsatz von AR für die Ausbildung von Lehrpersonen reflektiert und weiterentwickelt werden (Wyss u. a. 2022).

Ein auf dem TPACK Modell (Mishra und Köhler 2006) beruhendes Konzept für Fortbildungsmassnahmen für Bildungspersonen in der Pflege wird im Beitrag von **Maureen Bartolles, Anna-Maria Kamin, Leonard Meyer und Thies Pfeiffer** vorgestellt. VR wird dabei mithilfe von 360°-Videoszenarien realisiert (Bartolles u. a. 2022).

Mareike Menzel, Kim Wepner und Seven Schulte geben in ihrem Beitrag Einblicke in das Projekt LAARA – «Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess». Das Ziel ist es, die Qualifizierung von Fachkräften mithilfe von AR-Anwendungen, speziell für den Biegeprozess von Metallrohren, effektiv zu unterstützen (Menzel, Wepner, und Schulte 2022).

Die Möglichkeit, Immobilien mithilfe von VR zu begehen, thematisiert der Beitrag von **Jonathan Dyrna**. In seiner didaktischen Konzeption für die Wohnungsabnahme wurde ein Rollenspiel entworfen, welches die beruflichen Handlungskompetenzen von Immobilienverwaltenden fördern kann (Dyrna 2022).

Um den Herausforderungen für die praktische Laborarbeit, etwa Covid-19 sowie begrenzten Platzkapazitäten, begegnen zu können, setzen **Christoph Braun, Fares Kayali und Thomas Moser** auf interaktive 360°-Bildmaterialien. Mit diesen soll den Studierenden ein erster Einblick in die Laborarbeit ermöglicht werden. Zudem werden zukünftig vermehrt hybride sowie Distanz-Laboreinheiten in der Lehre damit umsetzbar (Braun, Kayali, und Moser 2022).

Urszula Hejna, Carolin Hainke, Stefanie Seeling und Thies Pfeiffer explorieren in ihrem Beitrag die Unterschiede von vollimmersiven VR-Lernumgebungen und Videokonferenzsystemen während der Durchführung von Gruppenarbeiten. Ein Fazit ihrer Studie ist, dass der Erfolg einer Gruppenarbeit wesentlich von der konzeptionellen Einbindung in den Lehrkontext abhängig ist (Hejna u. a. 2022).

VR als einen potenziellen Ort der Partizipation und Konstruktion für kulturelle Lernprozesse im Unterricht zu nutzen, wird im Beitrag von **Jeanine Steinbock, Rebecca Hein, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik und Carolin Wienrich** untersucht. Die Autor:innen entwerfen dazu ein Unterrichtskonzept, welches auf medien- und kulturdidaktischen sowie empirischen Überlegungen basiert (Steinbock u. a. 2022).

Ein konkretes Bildungsanliegen adressieren **Esther Winther, Jessica Paeßens, Monika Tröster und Beate Bowien-Jansen**. In ihrem Beitrag loten die Autor:innen die Potenziale von AR und spielerischer immersiver Lernangebote für den Bereich der Alphabetisierung/Grundbildung aus (Winther u. a. 2022).

Nathaly Tschanz und Bianca Baerlocher geben in Ihrem Beitrag Einblicke in das Projekt «Around the world in 5 days». Darin wird die Entwicklung von VR-Sprachsequenzen skizziert sowie ein kritischer Blick auf die Mensch-Maschine Interaktion in solchen immersiven Sequenzen geworfen (Tschanz und Baerlocher 2022).

Michael Kerres, Miriam Mulders und Josef Buchner befassen sich aus mediendidaktischer Perspektive mit dem Konstrukt der Immersion bzw. dem Immersionserleben. Sie hinterfragen eine generelle Bedeutsamkeit des Erlebens für das Lernen und formulieren Fragen für zukünftige Forschungsvorhaben (Kerres, Mulders, und Buchner 2022).

Eine medienkulturwissenschaftliche Perspektive nimmt **Nicola Przybylka** in ihrem Beitrag ein. Dabei kommt sie unter anderem zum Schluss, dass die Nutzung von vorhandenen AR und VR Anwendungen durch Lernende zu einer Verschränkung mit wirtschaftlichen Akteuren führt. Anschliessend wird das Narrativ der Empathie-Maschine diskutiert. Die getroffenen Analysen ergänzen bisheriger didaktische Diskussionen zum Einsatz von AR/VR in formalen Bildungskontexten (Przybylka 2022).

Anna Zembala plädiert für eine stärkere Zuwendung in Forschung und Praxis auf emotionale und soziale Kompetenzen im Rahmen von XR-Bildungsprojekten. Sie zeigt auf, dass immersive Technologien eine positive Lernatmosphäre generieren und die Persönlichkeitsförderung unterstützen können (Zembala 2022).

Im abschliessenden Beitrag arbeiten **Christian Hartmann und Maria Bannert** Alleinstellungsmerkmale immersiver Bildungsmedien heraus. Anhand dieser Analyse ermöglichen sie es Forscher:innen zukünftiger Studien, Beziehungen zwischen immersiven Medien und lerntheoretischen Modellen genauer abzubilden. Als Konsequenz halten der Autor und die Autorin fest, dass diese Beziehungen zielgerichteter erforscht werden können (Hartmann und Bannert 2022).

3. Fazit

Die Autor:innen des vorliegenden Heftes leisten einen wichtigen Beitrag zu den eingangs skizzierten Forschungslücken und erweitern damit das Spektrum bisheriger Forschung zu AR und VR in Bildungskontexten.

Die berichteten forschungsbasierten didaktischen Designs und Konzepte adressieren, die in der Literatur identifizierte und von Lehrpersonen geäusserte, Problematik fehlender konkreter Umsetzungsszenarien. Das Themenheft kann damit einen Beitrag für die Bildungspraxis liefern.

Zudem werden theoretische Positionen, Modelle und Begriffe diskutiert, sodass Forschende im Bereich Lehren und Lernen mit AR/VR Schwerpunkte identifizieren können, die in zukünftigen Studien exploriert werden sollten.

Zu guter Letzt möchten sich die Herausgeber:innen bei den vielen Gutacherter:innen für die wertvollen Rückmeldungen an die Autor:innen und die damit gewährleistete Qualitätssicherung bedanken.

Die Publikation dieses Themenheftes wurde durch den Open Access Publikationsfonds der Universität Duisburg-Essen gefördert.

Literatur

Alalwan, Nasser, Lim Cheng, Hosam Al-Samarraie, Reem Yousef, Ahmed Ibrahim Alzahrani, und Samer Muthana Sarsam. 2020. «Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective». *Studies in Educational Evaluation* 66 (September): 100876. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100876.

Arici, Faruk, Pelin Yildirim, Şeyma Caliklar, und Rabia M. Yilmaz. 2019. «Research Trends in the Use of Augmented Reality in Science Education: Content and Bibliometric Mapping Analysis». *Computers & Education* 142 (Dezember): 103647. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103647.

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

Bartolles, Maureen, Anna-Maria Kamin, Leonard Meyer, und Thies Pfeiffer. 2022. «VR-basierte Digital Reusable Learning Objects: Ein interdisziplinäres Fortbildungskonzept für Bildungspersonal in der Pflegebildung». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 138–56. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.07.X.

Beckmann, Astrid. 2022. «Zur Bedeutung von Augmented Reality im Mathematikunterricht der Sekundarstufen: Eine mathematikdidaktische Diskussion an zentralen unterrichtsrelevanten Aspekten». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 53–75. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.03.X.

Braun, Christoph, Fares Kayali, und Thomas Moser. 2022. «Einsatz von virtuellen Rundgängen in der Distanz-Laborlehre: Praxisbeispiele aus dem Projekt Lab4home». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 196–219. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.10.X.

Buchner, Josef, und Diane Aretz. 2020. «Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 17: 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.

Buchner, Josef, Katja Buntins, und Michael Kerres. 2022. «The Impact of Augmented Reality on Cognitive Load and Performance: A Systematic Review». *Journal of Computer Assisted Learning* 38 (1): 285–303. https://doi.org/10.1111/jcal.12617.

Buchner, Josef, Jule M. Krüger, Daniel Bodemer, und Michael Kerres. 2022. «Teachers' use of augmented reality in the classroom: reasons, practices, and needs». In *Proceedings of the 16th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2022*, 1133–36. Hiroshima, Japan.

Dengel, Andreas. 2019. «Computer Science Replugged: What Is the Use of Virtual Reality in Computer Science Education?» In *Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, 1–3. Glasgow Scotland Uk: ACM. https://doi.org/10.1145/3361721.3362113.

Dengel, Andreas, und Jutta Magdefrau. 2018. «Immersive Learning Explored: Subjective and Objective Factors Influencing Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments». In *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, 608–15. Wollongong, NSW: IEEE. https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615281.

Dengel, Andreas, und Jutta Magdefrau. 2020. «Immersive Learning Predicted: Presence, Prior Knowledge, and School Performance Influence Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments». In *2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (ILRN)*, 163–70. San Luis Obispo, CA, USA: IEEE. https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155084.

Dyrna, Jonathan. 2022. «Wohnungsabnahmen virtuell trainieren: Entwicklung eines Virtual Reality-Lernszenarios für Immobilienverwaltende». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 172–95. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.09.X.

Garzón, Juan, Kinshuk, Silvia Baldiris, Jaime Gutiérrez, und Juan Pavón. 2020. «How Do Pedagogical Approaches Affect the Impact of Augmented Reality on Education? A Meta-Analysis and Research Synthesis». *Educational Research Review* 31 (November): 100334. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334.

Hartmann, Christian, und Maria Bannert. 2022. «Lernen in virtuellen Räumen: Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 373–91. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.18.X.

Hejna, Urszula, Carolin Hainke, Stefanie Seeling, und Thies Pfeiffer. 2022. «Welche Merkmale zeigt eine vollimmersive Mehrpersonen-VR-Simulation im Vergleich zum Einsatz von Videokonferenzsoftware in Gruppenarbeitsprozessen?» Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 220–45. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.11.X.

Kerres, Michael, Miriam Mulders, und Josef Buchner. 2022. «Virtuelle Realität: Immersion als Erlebnisdimension beim Lernen mit visuellen Informationen». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *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.

Lauer, Louise, und Markus Peschel. 2022. «Praxisideen für Augmented Reality (AR) im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht». In *Digitales Lernen in der Grundschule III. Fachdidaktiken in der Diskussion*, herausgegeben von Birgit Brandt, Leena Bröll, und Henriette Dausend, 227–38. Münster: Waxmann Verlag.

Lipinski, Kim, Caterina Schäfer, Anna-Carolin Weber, und David Wiesche. 2020. «Virtual Reality Moves – Interdisziplinäre Lehrkonzeption zur Entwicklung einer forschenden Haltung mittels Bewegung in, mit und durch Virtual Reality». In *Lehren und Lernen mit und in digitalen Medien im Sport: Grundlagen, Konzepte und Praxisbeispiele zur Sportlehrerbildung*, herausgegeben von Britta Fischer und Anja Paul, 207–29. Bildung und Sport. Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25524-4_11.

Makransky, Guido. 2021. «The Immersion Principle in Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard E. Mayer und Logan Fiorella, 3. Aufl., 296–303. New York, NY: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108894333.031.

Makransky, Guido, und Gustav B. Petersen. 2021. «The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality». *Educational Psychology Review*, Januar. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2.

Menzel, Mareike, Kim Wepner, und Sven Schulte. 2022. «Potenziale und Herausforderungen für die Unterstützung des Lernprozesses mit Augmented Reality: Die Gestaltung einer AR-Lernumgebung für den Rüstprozess einer Biegemaschine in der Metallindustrie». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 157–71. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.08.X.

Mishra, P., und Thomas Köhler. 2006. «Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge». *Teachers College Record* 108: 1017–54.

Mulders, Miriam. 2022. «Vocational Training in Virtual Reality: A Case Study Using the 4C/ID Model». *Multimodal Technologies and Interaction* 6 (7): 49. https://doi.org/10.3390/mti6070049.

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. https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615.

Nilsson, Niels Christian, Rolf Nordahl, und Stefania Serafin. 2016. «Immersion Revisited: A Review of Existing Definitions of Immersion and Their Relation to Different Theories of Presence». *Human Technology* 12 (2): 108–34. https://doi.org/10.17011/ht/urn.201611174652.

Parong, Jocelyn. 2021. «Multimedia Learning in Virtual and Mixed Reality». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard E. Mayer und Logan Fiorella, 3. Aufl., 498–509. New York, NY: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781108894333.051.

Przybylka, Nicola. 2022. «Medienkulturwissenschaftliche Perspektiven auf Augmented und Virtual Reality in formalen Bildungskontexten». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 331–54. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.16.X.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

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

Silva, Manoela M. O. da, Iulian Radu, Bertrand Schneider, Patricia Cavalcante, und Veronica Teichrieb. 2018. «An Investigation on How Teachers Are Using Augmented Reality in Their Lessons». In *Anais Do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação (SBIE 2018)*, 625–34. Fortaleza, Ceará, Brasil. https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.625.

Steinbock, Jeanine, Rebecca Hein, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik, und Carolin Wienrich. 2022. «Virtual Reality im modernen Englischunterricht und das Potenzial für Inter- und Transkulturelles Lernen». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 246–66. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.12.X.

Tahiri, Yasamin, Lena Florian, und Mutfried Hartmann. 2022. «Intuitive Werkzeuge gestalten: Designprinzipien zur Entwicklung einer dynamischen Geometriesoftware im virtuellen Raum». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 94–117. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.05.X.

Tschanz, Nathaly, und Bianca Baerlocher. 2022. «Virtual Reality in Language Teaching: A Sociological Reflection on the Technical Requirements of an Immersive Learning Environment with Oculus Go». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift Für Theorie Und Praxis Der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 288–311. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.14.X.

Winther, Esther, Jessica Paeßens, Monika Tröster, und Beate Bowien-Jansen. 2022. «Immersives Lernen für Geringliteralisierte: Chancen der Augmented Reality am Beispiel der Finanziellen Grundbildung». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 267–87. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.13.X.

Wyss, Corinne, Florian Furrer, Adrian Degonda, und Wolfgang Bührer. 2022. «Augmented Reality in der Hochschullehre: Überlegungen zu einer zukunftsweisenden Ausbildung von Lehrpersonen». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 118–37. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.06.X.

Zembala, Anna. 2022. «Förderung der emotionalen und sozialen Kompetenzen mit XR-Medienkunstprojekten: Eine Skizze zur Begründung und Aufstellung der ersten Rahmenbedingungen». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): 355–72. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.17.X.

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

Zender, Raphael, Pia Sander, Matthias Weise, Miriam Mulders, Ulrike Lucke, und Michael Kerres. 2020. «HandLeVR: Action-Oriented Learning in a VR Painting Simulator». In *Emerging Technologies for Education*, herausgegeben von Elvira Popescu, Tianyong Hao, Ting-Chia Hsu, Haoran Xie, Marco Temperini, und Wei Chen, 11984:46–51. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_6.

Zumbach, Joerg, Lena von Kotzebue, und Constanze Pirklbauer. 2022. «Does Augmented Reality Also Augment Knowledge Acquisition? Augmented Reality Compared to Reading in Learning About the Human Digestive System?» *Journal of Educational Computing Research*. https://doi.org/10.1177/07356331211062945.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality?

Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen

Moritz Schweiger[1], Jeffrey Wimmer[1], Maiyra Chaudhry[1], Beatriz Alves Siegle[1] und Dianchu Xie[1]

[1] Universität Augsburg

Zusammenfassung
Obgleich die Erforschung des pädagogischen Einsatzes von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) an Schulen in den letzten Jahren zugenommen hat, sind systematische Analysen des Lernerfolgs in diesem Bereich spärlich gesät. Die quantitative Synopse wertet 30 aktuelle Studien aus verschiedenen Forschungsbereichen aus. Theoretischer Hintergrund der Studie sind die Modelle des Lernerfolgs nach Puentedura (2010) und Schlicht (2014) sowie das Modell der Medienkompetenz nach Baacke (1996). Die Synopse zeigt, wie AR- und VR-Anwendungen Schüler:innen und Lehrpersonal in diesen schwierigen Zeiten entlasten und zum Lernerfolg beizutragen können. Ihr Einsatz bietet zahlreiche Vorteile, die viele Herausforderungen des heutigen Bildungssystems mildern können. So kann z. B. eine immersive Erfahrung durch VR das Erinnerungsvermögen unterstützen, indem das Gelernte länger behalten und tiefgründiger verstanden wird als ohne den Einsatz von VR-Technologie.

Learning Success in School Through Augmented and Virtual Reality? A Quantitative Synopsis of Impact Studies on the Use of Virtual Realities in Primary and Secondary Schools

Abstract
Although research into the pedagogical use of AR and VR in schools has increased in recent years, systematic analyses of learning success in this area are sparse. The quantitative synopsis evaluates 30 current studies from different research areas. The theoretical background of the study are the models of learning success according to Puentedura (2010) and Schlicht (2014) as well as the model of media competence according to Baacke (1996). The synopsis shows that AR and VR applications can relieve students

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

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* 47 (AR/VR - Part 1): 1–25. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X.

and teachers in these difficult times – contact restrictions, home-schooling, poor school equipment – and contribute to learning success. Usage offers numerous advantages that can mitigate many of the challenges of today's global education system. For example, an immersive experience through VR can support memory by retaining learning longer and understanding it more deeply than without the use of VR technology. It thus allows for a multi-modal and situational learning experience that can fundamentally change the motivation of young students.

1. Einleitung

Die Corona-Pandemie hat den Alltag von Schüler:innen und Studierenden weltweit vor besondere Herausforderungen gestellt. Innerhalb weniger Wochen verlagerte sich die Präsenzlehre in virtuelle Unterrichtsräume, was mit drastischen sozialen und technischen Umstellungen für Lehrende und Lernende verbunden war. So gaben 42,1% der Befragten einer repräsentativen Online-Umfrage unter Studierenden an, aufgrund der höheren Arbeitsbelastung sowie pandemiebedingter Beeinträchtigungen ihrer sozialen und mentalen Zustände im Jahr 2020 weniger Studienveranstaltungen besucht zu haben (Traus et al. 2020, 18-22). Während die Pandemie die Lehre an Universitäten und Hochschulen stark belastete, stellten Schulschliessungen und virtuelle Lehre die Schüler:innen an Grund- und weiterführenden Schulen v. a. während den ersten Corona-Wellen vor noch grössere Herausforderungen, da hier die Fähigkeit zum selbstständigen Lernen weniger ausgeprägt ist als unter Studierenden (Bahn 2020). Der Einsatz realistischer Lernumgebungen mithilfe von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) kann hier Abhilfe schaffen, da er einen orts- und zeitunabhängigen Unterricht ermöglicht und den Schüler:innen im Gegensatz zu Bildschirmanwendungen stärker das Gefühl vermittelt, trotz physischer Distanz vor Ort zu sein. Neben den pandemiebedingten Vorteilen für den Distanzunterricht bieten AR und VR zudem neue Möglichkeiten der interaktiven Wissensvermittlung und können so auch den Präsenzunterricht unter Normalbedingungen bereichern.

Obgleich die Erforschung des Einsatzes von AR und VR in Grund- und weiterführenden Schulen in den letzten Jahren zugenommen hat, sind wissenschaftliche Analysen des Lernerfolgs in diesem Bereich spärlich gesät. Meta-Studien und systematische Aufarbeitungen des Forschungsstandes, die sich ausschliesslich mit dem Einsatz von AR und VR in den unteren Schulfeldern befassen, sucht man ebenfalls vergeblich, was vor allem auf die starke Assoziation dieser Technologien mit höheren Bildungsstufen zurückzuführen ist. So behandeln beispielsweise zwei Drittel der von Tekedere und Göker (2016) analysierten Studien zu AR im Bildungsbereich den Einsatz in der Oberstufen- und Hochschullehre. Eine ähnliche Gewichtung lässt sich bei Meta-Studien zu VR feststellen (z. B. Merchant et al. 2013). Zwar kommen beide Studien zu dem Resümee, dass der Einsatz von AR bzw. VR einen gesteigerten Lernerfolg

zur Folge haben kann, können diese Aussage allerdings für Oberstufenschüler:innen oder Studierende treffen. Das grosse Potenzial erweiterter bzw. virtueller Realitäten für Kinder und Jugendliche der Grund-, Unter- oder Mittelstufe, die Lernmotivation zu steigern und komplexe Sachverhalte intuitiv und interaktiv zu veranschaulichen, wird in der Forschung weitestgehend ignoriert. Die nachfolgende Synopse möchte einen Beitrag leisten, diese Forschungslücke zu schliessen, und widmet sich der Forschungsfrage*, inwiefern der Einsatz von AR und VR an Grund- und weiterführenden Schulen zur Steigerung des Lernerfolgs beitragen kann.*

Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine quantitative Synopse durchgeführt, in der 30 Studien aus verschiedenen Forschungsbereichen inhaltsanalytisch ausgewertet wurden. Ziel der Synopse ist eine systematische Kategorisierung der Studien anhand von technischen, pädagogischen, zeitlichen und psychologischen Kontexten des Lernerfolgs sowie der Vermittlung von Medienkompetenz. Sie kann damit einerseits eine Aussage darüber treffen, inwiefern sich AR und VR an Grund- und weiterführenden Schulen hinsichtlich ihrer technischen Umsetzung und erziehungswissenschaftlichen Ausrichtung sinnvoll einsetzen lassen. Andererseits kann die Kategorisierung als Ausgangspunkt für qualitative Studien dienen, um den konkreten Einfluss von AR und VR auf den Lernerfolg tiefergehend zu erforschen.

Bevor wir auf die Ergebnisse eingehen, soll zunächst der theoretische Hintergrund unserer Synopse erläutert werden (Abschnitt 2), allen voran die Modelle des Lernerfolgs nach Puentedura (2010) und Schlicht (2014) sowie das Modell der Medienkompetenz nach Baacke (1996). Im Anschluss stellen wir unser methodisches Vorgehen vor (Abschnitt 3). Die Ergebnisse werden in Abschnitt 4 präsentiert und diskutiert, bevor wir schliesslich in der Synopse die Ergebnisse zusammenfassen und Möglichkeiten für Anschlussstudien erläutern.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Definition von AR und VR und ihr Potential für den Lernerfolg

Für eine valide und trennscharfe Synopse von Studien zum Einsatz von AR und VR gilt es zunächst, diese beiden unterschiedlichen Technologien sowie deren Anwendungsmöglichkeiten zu differenzieren. Dafür kann auf die grundlegende Definition von Azuma (1997, 355f.) zurückgegriffen werden:

> «Augmented reality (AR) is a variation of virtual environments (VE), or virtual reality as it is more commonly called. VE technologies completely immerse a user inside a synthetic environment. While immersed, the user cannot see the real world around him. In contrast, AR allows the user to see the real world, with virtual objects super imposed upon or composited with the real world.» (Azuma 1997, 355f.)

Unter VR versteht man somit das (fast) vollständige Eintauchen in eine virtuelle, von der realen Welt getrennte Umgebung, während AR die reale Welt mit virtuellen Inhalten überlagert. Beide Technologien können entlang des Mixed Reality Kontinuums nach Milgram et al. (1994) eingeordnet werden, welches die Bandbreite einer komplett realen Umgebung bis zu einer komplett virtuellen Umgebung beschreibt. Obgleich AR bzw. VR somit unterschiedliche Bereiche des Spektrums vermischter Realitäten abbilden, weisen sie dennoch Gemeinsamkeiten auf, die eine gebündelte Analyse im schulischen Kontext rechtfertigen. So ermöglichen beide Technologien eine dreidimensionale Darstellung virtueller Objekte im Raum, das Ausblendenden von Umwelteinflüssen und eine erweiterte Wahrnehmung. Ihre intuitive Bedienung durch Gestensteuerung sowie das hohe Mass an Interaktivität sind weitere Aspekte, durch die sich AR und VR auszeichnen und von anderen Lernmaterialien bzw. -technologien unterscheiden.

Das Potenzial von AR/VR als Visualisierungs-Technologie der Zukunft zeigt sich in einem steigenden Gesamtabsatz, der im Jahr 2023 voraussichtlich rund 69 Millionen AR/VR-Brillen erreichen wird (Tenzer 2019). Gemäss einer PwC-Analyse werden im Jahr 2030 rund 400.000 Menschen in Deutschland mit AR/VR-Anwendungen arbeiten (PricewaterhouseCoopers 2019). Ihre Einsatzmöglichkeit als zukünftige Lern-Technologie lässt sich derzeit am zunehmenden Erfolg von AR/VR im Tourismus erkennen. So sorgen beispielsweise AR-Stadt- und Museumsführer dafür, dass sich Stadtbewohnende oder Tourist:innen verstärkt mit den kulturell-historischen Gegebenheiten ihrer näheren Umgebung auseinandersetzen und somit spielerisch Kenntnisse vermittelt bekommen (Nóbrega et al. 2017). Obgleich Tourismus nur indirekt Erwachsenenbildung berührt, liefern diese Ergebnisse erste Hinweise auf das Potenzial, das AR/VR für den Bildungsbereich bietet. Dieses Potenzial soll durch die Konzeptualisierung des Lernerfolgs konkretisiert werden.

2.2 Die Konzeptualisierung des Lernerfolgs

Um die Auswirkungen der Verwendung von AR/VR im Unterricht fassen zu können, greifen wir auf zwei Theoriemodelle zurück, die Lernerfolg jeweils aus unterschiedlichen Perspektiven skizzieren.

Um die technischen Kontexte des Lernerfolgs zu erfassen, beziehen wir uns auf das SAMR-Modell nach Puentedura (2010). Es verdeutlicht, wie digitale Technologien zur Verbesserung der Gestaltung von Lernmethoden eingesetzt werden können (Tabelle 1). Obgleich es bis heute noch keinem vollständigen Peer-Review-Prozess unterzogen wurde, erweist es sich im Rahmen der Synopse als ein sinnvolles Analyseinstrument, da es die vielschichtige Transformation der traditionellen (analogen) Lehre zu einer digitalen auf vier Ebenen konzeptualisiert, wobei die Bedeutung digitaler Medien mit steigendem Niveau zunimmt. Während die unteren zwei Ebenen lediglich

zu einer Verbesserung herkömmlicher Lernmethoden beitragen, wird auf den oberen zwei Ebenen Lehr-Lernen grundlegend transformiert. Die unterste Ebene der Substitution beschreibt Lehrstrategien, in denen schulische Arbeitsmaterialen durch digitale Technologien lediglich ersetzt werden, die Lernmethode allerdings nicht verbessern (z. B. Substitution von Print- durch AR-Bücher). Augmentation hingegen beschreibt eine signifikante, funktionale Verbesserung von Lernabläufen durch die Integration digitaler Technologien (z. B. die dreidimensionale Visualisierung biologischer Prozesse in AR-Brillen). Beim Teilprozess der Modifikation handelt es sich um die radikale Umgestaltung von Lernmethoden durch digitale Technologien, die den Schüler:innen neue Lern- und Erfahrungsräume eröffnen (z. B. die personalisierte Anpassung des Schwierigkeitsgrads und des Lerntempos im Präsenzunterricht durch VR-Brillen). Die Ebene der Redefinition umfasst die Entwicklung völlig neuartiger Lernaufgaben und -umgebungen durch den Einsatz digitaler Technologien (z. B. die Wissensvermittlung in virtuellen Rundgängen durch historische Städte oder der Einsatz von Flipped Classroom-Lösungen in Kombination mit VR-Brillen) (ebd.).

R	*Redefinition:* Digitale Medien ermöglichen neuartige Aufgabenformate, die analog nicht denkbar sind.	Transformation
M	*Modifikation:* Digitale Medien ermöglichen eine bedeutsame Umgestaltung von Aufgaben.	
A	*Augmentation:* Digitale Werkzeuge sind ein direkter Ersatz für Arbeitsmittel mit zusätzlichen Möglichkeiten.	Erweiterung
S	*Substitution:* Digitale Medien sind ein direkter Ersatz für analoge Arbeitsmittel.	

Tab. 1: SAMR-Modell von Puentedura (2010).

Mit dem Strukturmodell zur Lernerfolgsanalyse von Schlicht (2014), das den substanziellen Lernerfolg aus der Perspektive der Schüler:innen fokussiert, werden die pädagogischen Kontexte des Lernerfolgs erfasst. Dabei wird Lernen als multidimensionales Phänomen betrachtet, das aus fünf Elementen besteht: Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Motivation und Einstellungen (ebd.). Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten beschreiben Handlungen in Verbindung mit Kognition, Sensomotorik, Metakognition und sozialen Prozessen (z. B. besseres Auswendiglernen durch AR/VR). Motivation umfasst Emotionen in Bezug auf Willen oder Absicht und den emotionalen Prozess der Handlungsanpassung (Schlicht 2014, 48f.). In unserer Synopse liegt das Hauptaugenmerk darauf, wie der Belohnungsmechanismus von AR/VR Schüler:innen ermöglicht, Motivationen zur Ausführung von Lernaufgaben zu erzeugen. Das letzte Element sind Einstellungen bzw. dauerhafte objekt- und situationsbezogene Werthaltungen in Bezug auf persönliche Ziele und Motive (Blisky 2005, 301): Sind Schüler:innen beispielsweise gegen die Anwendung der AR/VR-Technologie resistent? Sind sie in der Lage, sich den zukünftigen Einsatz der AR/VR-Technologie im Unterricht vorzustellen?

Um Lernerfolg darüber hinaus aus einem allgemeineren Kontext zu erfassen, entschlossen wir uns, die technische und pädagogische Perspektive unserer Synopse um einen zeitlichen und psychologischen Fokus zu erweitern. Dadurch kann berücksichtigt werden, inwiefern sich Lernerfolg durch AR/VR anhand kurz-, mittel- oder langfristiger Effekte bemerkbar macht und ob es eher das Denken (kognitiv), Fühlen (affektiv) oder Handeln (konativ) der Schüler:innen beeinflusst.

2.3 Die Konzeptualisierung von Medienkompetenz

Der Einbezug der Medienkompetenz ermöglicht uns zu untersuchen, inwieweit AR/VR weitere Handlungsmöglichkeiten erschliessen und den Erfahrungsraum der Schüler:innen erweitert (Baacke 1996, 114). Dabei kann Medienkompetenz als ein spezifischer Teilaspekt des Lernerfolgs-Modells nach Schlicht (2014) erachtet werden, da die Fähigkeit, mit neuen Medien kritisch umzugehen und sie entsprechend den eigenen Bedürfnissen zu nutzen, insbesondere von Schüler:innen der Grund- und weiterführenden Schulen zunächst erlernt werden muss. Baacke (ebd.) beschreibt Medienkompetenz als eine Anforderung an die Mitglieder moderner Gesellschaften, wenn es zur aktiven Teilnahme an der Mediengestaltung kommt und zugleich eine Förderung des medien- und nutzerkritischen Umgangs stattfinden soll. Es werden vier Elemente der Medienkompetenz differenziert: Medienkritik, Medienkunde, Mediennutzung und die Mediengestaltung. Die *Medienkritik* wird spezifisch in Bezug auf die Nutzung von AR/VR betrachtet: Wann sollte die Technologie genutzt werden und welche ethischen Grundlagen existieren hierfür? Die *Medienkunde* bringt nahe, wie AR/VR-Technologien bedient werden sollten und welches Vorwissen über die AR/VR-Industrie bei den Nutzenden vorhanden ist. Die *Mediennutzung* behandelt die Frage, ob die Schüler:innen kompetent genug sind, die AR/VR-Inhalte zu rezipieren und zu verarbeiten. Schliesslich betrachtet die *Mediengestaltung* die kreative Seite und das Gestalten eigener AR/VR-Inhalte.

3. Methodik

Zur Beantwortung unserer Forschungsfrage, inwiefern der Einsatz von AR/VR zum Lernerfolg an Grund- und weiterführenden Schulen beitragen kann, wurde eine quantitative Synopse des Forschungsstands durchgeführt. Dabei wurden sowohl formale als auch inhaltliche Kategorien definiert. Mithilfe von *formalen Kategorien* wurde bspw. die verwendete Technologie erfasst (VR oder AR), das behandelte Schulfach oder Limitationen, auf welche die Forschenden im Rahmen ihrer Studien hinwiesen.

Die *inhaltlichen Kategorien* dienten der Analyse der skizzierten Kontexte des Lernerfolgs: Um die Merkmale des Lernerfolgs aus technischer Perspektive zu klassifizieren, diente das SAMR-Modell von Puentendura (2012), aus dem wir vier

Hauptkategorien ableiteten: Substitution, Augmentation, Modifikation und Redefinition. Zur Erfassung der pädagogischen Komponenten des Lernerfolgs wurde auf das Strukturmodell nach Schlicht (2014) zurückgegriffen und ebenfalls in vier Hauptkategorien operationalisiert: Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten,[1] Motivation sowie Einstellungen. Die durch den schulischen Einsatz von AR/VR geförderte Medienkompetenz kategorisierten wir in Anlehnung an Baacke (1996) anhand der Dimensionen Medienkritik, Medienkunde, Mediennutzung und Mediengestaltung.

Nach Durchführung des Pretests wurden die acht Hauptkategorien des Lernerfolgs u. a. durch induktiv gebildete Unterkategorien komplementiert, um eine hinreichend differenzierte Analyse des Lernerfolgs durch AR/VR zu gewährleisten. So wurden beispielsweise für die Hauptkategorie «Augmentation» folgende Spezifizierungen festgehalten: «Anschauliche Visualisierung fürs Plenum», «Entlastung der Lehrkraft», «Ansprechende Darstellung der Lernobjekte». Insgesamt ergaben sich zur Erfassung des Lernerfolgs acht Haupt- und 36 Unterkategorien. Zur Analyse der Medienkompetenz erwiesen sich die vier deduktiv abgeleiteten Hauptkategorien als ausreichend. Um die Effekte des Lernerfolgs hinsichtlich ihrer psychologischen und zeitlichen Komponenten zu erfassen, wurden die Studien ihrerseits nach kognitiven, affektiven, und konativen bzw. kurzfristigen-, mittelfristigen-, und langfristigen Wirkungen kategorisiert.

Als erster Schritt des Samplings wurde definiert, anhand welcher Kriterien wissenschaftliche Arbeiten für die Synopse ausgewählt werden sollen. Dabei wurde festgelegt, dass es sich ausschliesslich um Peer-Reviewed-Papers handeln sollte, die mindestens eine empirische Studie enthalten. Für die Literaturrecherche griffen wir auf die Datenbanken Taylor and Francis, Web of Science, JSTOR, SAGE, Springer Link und Google Scholar zurück, wobei sich unsere Forschungsfragen in folgenden Key Words widerspiegelten: «Virtual Reality» OR «Augmented Reality» AND «School» AND «Learning Success» AND «Experiment».

AR und VR wurden dabei entsprechend den Darlegungen von Azuma (1997, 355f.) definiert (vgl. Absatz 2.1). Da unser Fokus rein auf der Schulausbildung in Grund- und weiterführenden Schulen lag, wurde als weiteres Ausschlusskriterium festgelegt, Studien zum Lernerfolg Studierender bzw. Berufsauszubildender nicht zu berücksichtigen.

Im zweiten Schritt wurde anhand der vorab definierten Auswahlkriterien und Schlüsselbegriffe die Grundgesamtheit an Studien ermittelt, die den Forschungsstand abbilden. Tabelle 2 zeigt die Übersicht über die Studien und die Anzahl an Studien, die darin gefunden wurden. Die neun einschlägigsten Suchergebnisse der jeweiligen Datenbanken wurden anschliessend als Schlüsselstudien festgelegt und in einem dritten Schritt im Pretest codiert.

1 Aufgrund fehlender Trennschärfe wurden Fähigkeiten und Fertigkeiten zu einer Kategorie zusammengefasst.

Plattform	Anzahl der Studien
Taylor and Francis	20
Web of Science	139
JSTOR	108
SAGE	48
Springer Link	977
Google Scholar	127

Tab. 2: Genutzte Plattformen für die Ermittlung der Grundgesamtheit.

Nach dem Pretest orientiert sich die weitere Auswahl an Studien an der in der Grounded Theory etablierten Heuristik des Vergleichs (Glaser und Strauss 1968). Dabei wurden per Schneeballverfahren zunächst Arbeiten ausgewählt, die in minimaler Kontrastierung untereinander ähnliche Forschungsdesigns und -konzepte aufwiesen. Es zeigte sich, dass der Bereich der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer das überwiegende Forschungsinteresse darstellt. Im Anschluss wurden in maximaler Kontrastierung Arbeiten selektiert, die sich grösstmöglich von den bisher codierten Studien unterschieden. Nun wurden auch Studien hinzugezogen, die sozialwissenschaftliche Unterrichtsfächer behandelten wie Sachkunde, Geschichte oder Sprachen. Dieses als Theoretical Sampling bezeichnete Vorgehen wurde fortgeführt, bis keine weitere Studie einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn erbrachte und sich eine theoretische Sättigung ergab (ebd.). Diese wurde nach insgesamt 30 Studien erreicht, die im Zeitraum von April bis Juli 2020 analysiert wurden. Eine Übersicht des methodischen Vorgehens findet sich in Abbildung 1.

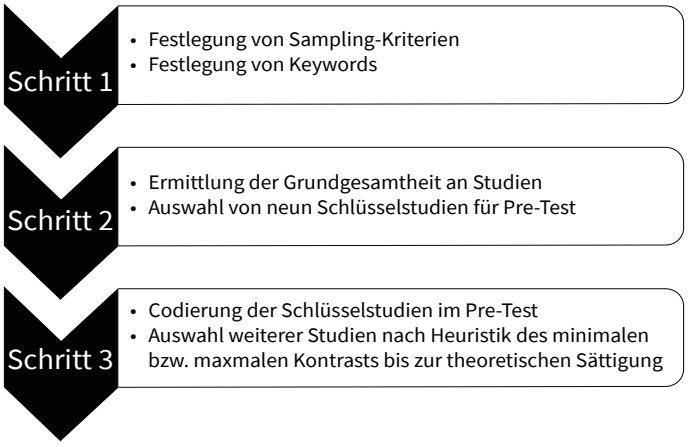


Abb. 1: Methodisches Vorgehen der Synopse.

Die Studien wurden anhand eines induktiv-deduktiv gebildeten Kategoriensystems durch insgesamt drei Kodiererinnen erfasst. Zur Sicherung der Inter-Coder-Reliabilität wurden im Zuge des Pretests zunächst neun Studien ausgewählt, von denen

jede Kodiererin drei Arbeiten codierte. Sowohl die Inhalte der Studien als auch deren Codierung wurden anschliessend in intensiven Gruppendiskussionen miteinander verglichen und besprochen, um ein gemeinsames, grundlegendes Verständnis für das Kategoriensystem zu schaffen. Im Zuge dieses Prozesses wurden die deduktiv gebildeten Kategorien um induktive Kategorien erweitert (Abschnitt 3.1). Auch hier erwies sich die Grounded Theory als zielführend, da sie im Vergleich zu anderen Heuristiken eine Kombination aus induktivem und deduktivem Vorgehen ermöglicht (Glaser und Strauss 1968). Dies ist vor allem ihrer hohen Flexibilität und theoretischen Offenheit geschuldet, wie Wolfswinkel et al. (2013) in ihren methodischen Ausführungen erläutern:

> «Moreover, Grounded Theory is not about presenting raw data, theory testing, or word counts; rather, it enables the researcher to come up with a theory-based or concept-centric yet accurate review.» (Wolfswinkel et al. 2013, 47)

Die Auswahl der induktiv gebildeten Kategorien wurde zunächst im gemeinsamen Austausch besprochen und begründet. Dabei wurden prägnante Textpassagen aus den recherchierten Studien gesammelt, die als Schlüsselzitate den induktiven bzw. deduktiven Kategorien zugeordnet wurden und sie definierten. Diese Schlüsselzitate waren für alle Kodiererinnen während des Analyseprozesses zugänglich und wurden während des gesamten Projekts regelmässig überprüft und überarbeitet, bis die theoretische Sättigung erreicht war. Zusätzlich konnten durch die gemeinsame Bearbeitung und ständige Feedbackgespräche mögliche falsche Kodierungen ausgeschlossen werden.

4. Ergebnisse

Zur Beantwortung der Forschungsfrage werden die Ergebnisse unserer Synopse entlang unterschiedlicher Kategorien dargelegt. Zunächst sollen die Einsatzgebiete von AR/VR an Grund- und weiterführenden Schulen sowie Defizite der Forschung beleuchtet werden (Abschnitt 4.1), bevor wir uns den Kontexten des Lernerfolgs widmen: technischer Kontext, pädagogischer Kontext, Medienkompetenz-Kontext, sowie zeitlicher und psychologischer Kontext (Abschnitt 4.2).

4.1 Einsatzgebiete und Defizite der Forschung

Es lässt sich beobachten, dass sich die Mehrzahl der Studien (n = 24) mit naturwissenschaftlichen Fächern beschäftigt, insbesondere Physik, Mathematik und Biologie (Tabelle 3). Der Grund dafür könnte sein, dass viele der abstrakten Konzepte, die die Schüler:innen in den Naturfächern verstehen müssen, durch AR/VR-Technologien konkreter dargestellt werden können als durch traditionelle Lehrmethoden

und Lernergebnisse in kurzer Zeit verglichen werden können [4].[2] Die Geisteswissenschaften wie z. B. Geschichte oder Kunst tauchen hingegen in den Studien relativ selten auf (n = 7).

	Schulfach	**Studien**
Naturwissenschaftliches Gebiet	Mathematik	[2], [3], [12], [23], [25], [30]
	Biologie	[4], [6], [24], [29]
	Chemie	[5], [18]
	Physik	[7], [8], [14], [19], [21], [27], [28]
	Geografie	[11]
	Naturwissenschaft	[15], [20], [22]
	Astronomie	[16]
Geisteswissenschaftliches Gebiet	Sachkunde	[1], [10]
	Geschichte	[9]
	Englisch	[13], [17]
	Kunst	[26]

Tab. 3: Fokussierte Schulfächer.

Was die Limitationen der Studien angeht, wird von den Forschenden am häufigsten das *Fehlen einer Kontrollgruppe* genannt (n = 5) und bspw. auf administrative Beschränkungen an Schulen zurückgeführt [26], was die Reliabilität der Studienergebnisse beeinträchtigen könnte. Darüber hinaus muss auch die Qualität der *Effekte von Lerngegenständen*, die durch AR/VR präsentiert werden, verbessert werden (n = 5), z. B. die Qualität von virtuellen 3D-Objekten [6]. Ausserdem gehören ein zu kurzer Untersuchungszeitraum und fehlende pädagogische Unterstützungen durch die Lehrkräfte – z. B. bei der Entwicklung von Lernprozessen und digitalen Lernmaterialien [20] – zu den Forschungs- und pädagogisch-didaktischen Limitationen (Tabelle 4).

Relevante Aspekte	**Studien**
Keine Kontrollgruppe	[9], [11], [12], [21], [26]
Qualität der Objekte in der virtuellen Lernumgebung muss verbessert werden	[3], [5], [7], [15], [22]
Untersuchungszeitraum zu gering	[6], [18], [21], [28]
Fehlende pädagogische Unterstützung durch die Lehrkraft	[2], [3], [20]

Tab. 4: Limitationen der Studien.

Darüber hinaus sollte festgehalten werden, dass es sich aufgrund der Neuartigkeit der Technologie bei einem Grossteil der Untersuchten um Schüler:innen um Erstnutzende handelte, die zum ersten Mal eine AR/VR-Brille nutzen durften. Ob sich

2 Eine übersichtliche Nummerierung der analysierten Studien findet sich im Anhang.

AR/VR auch im Dauerbetrieb als motivierendes Lerninstrument durchsetzen wird, kann erst nach einer dauerhaften Etablierung der Technologie im Schulsystem bewertet werden.

4.2 Die vier Kontexte des Lernerfolgs durch AR/VR

4.2.1 Der technische Kontext

Hinsichtlich des technischen Kontexts des Lernerfolgs muss zunächst festgehalten werden, dass sich die Zuordnung der Studien bzw. der darin verwendeten AR/VR-Technologien nach dem SAMR-Modell jeweils auf ihr analoges Pendant bezieht. Der Einsatz von AR/VR führte in diesen Studien somit zu einer Substitution, Augmentation, Modifikation oder Redefinition der jeweiligen Unterrichtssituation in einer (zuvor) nicht augmentierten bzw. virtuellen Realität. Dies sollte bei der Einschätzung der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Lernerfolg durch Substitution: Viele traditionelle Lernmaterialen und -methoden im schulischen Unterricht können durch AR/VR-Technologien ersetzt werden (Tabelle 5). Dabei sind Lehrbücher (n = 20) und Arbeitsblätter (n = 13) die am häufigsten durch AR/VR substituierten Medien. Ordner, Rechentafeln und Audios als traditionelle Lehrmedien lassen sich dagegen nur in sehr wenigen Studien durch Materialien aus der AR/VR-Technologie einsetzen (n = 4) Das Lehren und Lernen mit AR/VR ist nicht nur interessanter als das Lernen aus einem Buch [11], sondern ermöglicht den Schüler:innen auch, sich Kenntnisse aktiv anzueignen, statt sie passiv aufzunehmen [25]. Ausserdem vermittelt die virtuelle Lernumgebung den Schüler:innen ein realistisches Verständnis der Konzepte in einem eigebetteten Kontext [10].

Medium	Studien
Lehrbücher	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [11], [12], [13], [14], [15], [18], [19], [20], [22], [23], [24], [27], [30]
Arbeitsblätter/-hefte	[1], [2], [5], [6], [10], [12], [19], [20], [22], [23], [24], [29], [30]
Bilder/Bilderbuch	[1], [4], [5], [6], [10], [11], [22], [26]
Overhead-Projektor, Tafel	[1], [9], [21], [25], [26], [27]
Video	[6], [24], [28]
Partnerarbeit	[2], [6], [9]
Haptisches Lernmittel	[4], [16], [27]
Ordner	[1], [2]
Rechentafeln	[2]
Audio	[17]

Tab. 5: Lernerfolg durch Substitution.

Lernerfolg durch Augmentation: Fast alle Studien zeigen, dass die AR/VR-Technologie eine funktionale Erweiterung des Lernens mit sich bringt, indem sie die Visualisierung und Skalierung von abstrakten Lernobjekten ermöglicht (n = 28) (Tabelle 6). Beispiele sind die Darstellung von geologischen Strukturen, die in realen Umgebungen mit blossem Auge nicht zu erkennen sind [11] oder biologische Präparate, die durch AR/VR-Technologien «aktiviert» werden können [29]. Ausserdem werden die Lerninhalte nicht mehr traditionell durch die Lehrkraft vermittelt, sondern durch den Einsatz der Multimedia-Technologie, was die Belastung der Kapazitäten der Lehrkräfte reduziert. Zum Beispiel kann die VR-Technologie die erstmalige Führung der Schüler:innen durch eine Bibliothek durch Lehrerpersonal ersetzen [10] oder die Schüler:innen können durch AR-Anwendungen unabhängig und interaktiv in kleinen Gruppen lernen, ohne dass Lehrende in den Lernprozess involviert sind [23]. Da die Lerninhalte über solche Geräte jedem:r Lernenden individuell präsentiert werden können, ist die Darstellung der Lerninhalte, einschliesslich Schriftart, Bildschirmgrösse und Farbe, für die Schüler:innen optimal. Dies regt auch deren Kreativität besser an und ermöglicht ihnen, ihr eigenes einzigartiges Projekt durch AR/VR-Technologie zu kreieren und zu präsentieren [1].

Funktionale Verbesserung	Studien
Visualisierung und Skalierung abstrakter Lernobjekte	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [14], [15], [16], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30]
Entlastung der Lehrkraft	[1], [2], [3], [4], [5], [7], [8], [9], [10], [12], [13], [19], [22], [23], [24], [25], [26]
Individuelle Visualisierung fürs Plenum	[1], [2], [3], [4], [6], [7], [8], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [27]

Tab. 6: Lernerfolg durch Augmentation.

Lernerfolg durch Modifikation: In der Analyse der Modifikation lassen sich zwei wichtige Aspekte der Neugestaltung und Erweiterung des Lernprozesses durch AR/VR-Technologie erkennen (Tabelle 7). So bietet die als *Mash-up Media* bezeichnete Kombination von AR/VR-Anwendungen mit vorhandenen Medienausgabegeräten für Lernprojekte grosse Potenziale, um immersive Lernerfahrungen mit digitalen, spielbasierten Lernkonzepten zu schaffen (z. B. die Kombination von Smartphones und AR-Applikationen) [3]. Ebenso kann Mash-up Media genutzt werden, um den Standort der Schüler:innen in einer virtuellen Lernumgebung per GPS-Tracking zu erkennen und die entsprechenden Lernaufgaben und Lernmaterialien besser zu präsentieren [15]. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Modifikation ist die Implementierung individuellen Lernens, was bedeutet, dass die Schüler:innen das Tempo und den Zeitraum des Lernens entsprechend ihrem Wissensstand anpassen können. Auf

diese Weise können sie nicht nur leichter explorativ lernen und ihr Verständnis für den Lerngegenstand erhöhen, sondern auch Teamwork-Fähigkeiten entwickeln und die Problemlösung im Lernprozess erleichtern [20].

Umsetzung	Studien
Mash-up Media	[1], [2], [3], [4], [7], [8], [9], [10], [13],[14], [15], [17], [18], [19], [20], [22], [23], [24], [26]
Individualisierung (nach Leistung & Zeit)	[1], [2], [3], [6], [7], [8], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30]

Tab. 7: Analyse der Modifikation.

Lernerfolg durch Redefinition: Der Einsatz von AR/VR-Technologie hat nicht nur traditionelle Methoden des Lernens verändert, sondern auch neue Möglichkeiten in diesem Bereich geschaffen (Tabelle 8). Eine der Besonderheiten ist, dass Schüler:innen ohne die Beschränkungen von Zeit und Ort asynchron lernen können. Zum Beispiel können sie virtuelle Laboratorien individuell und in ihrer freien Zeit erkunden [21] oder nach dem «Flipped Classroom»-Modell zu Hause lernen und ihre Kenntnisse im Unterricht gezielt anwenden und vertiefen [13]. Ein weiterer Ansatz der Redefinition ist die virtuelle Exkursion, die den Lernort in eine virtuelle Umgebung verlegt. Beispielsweise erhalten Schüler:innen die Aufgabe, mathematische Brüche in einer virtuellen Spielwelt zu lösen, die als Spielplatz kreiert wurde. Darüber hinaus werden solche virtuellen Umgebungen wegen ihrer Einzigartigkeit und ihres Spassfaktors im Allgemeinen vor allem von leistungsfähigeren Schüler:innen genutzt [21].

Neue Möglichkeiten	Studien
Asynchrones Lernen und Flipped Classroom	[1], [2], [3], [4], [6], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [17], [18], [21], [22], [23], [24], [27], [28], [29], [30]
Virtuelle Exkursion	[1], [2], [6], [10], [11], [20], [26]

Tab. 8: Analyse der Redefinition.

4.2.2 Der pädagogische Kontext

Auch hinsichtlich des pädagogischen Kontexts des Lernerfolgs muss berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse der Studien zu AR/VR nicht losgelöst vom analogen Unterricht betrachtet werden können. Sie untersuchen die Förderung von Kenntnissen, Fähigkeiten, Motivation oder Einstellungen jeweils im Vergleich zu nicht augmentierten bzw. virtualisierten Lehrmethoden und kommen dabei zu folgenden Ergebnissen.

Lernerfolg durch Kenntnisse: Der Einsatz von AR/VR im schulischen Bereich kann zu einem pädagogischen Lernerfolg durch den Erwerb von Kenntnissen beitragen (Tabelle 9). Kenntnisse können dabei nach Puentedura (2010) in die Wissensformen prozedurales, deklaratives und strategisches Wissen untergliedert werden, wobei

sich auch Überschneidungen innerhalb einer Studie feststellen liessen.[3] Prozedurales Wissen über Methoden und Techniken bzw. Aufgaben- und Problemlösungen wurde in zahlreichen Studien durch den Einsatz von AR/VR gefördert (n = 27). Rossano et al. 2020 [23] stellen dazu in ihrer Analyse von AR/VR im Geometrie-Unterricht fest, dass

> «the AR application acted as a reinforcing tool for concepts that pupils have already well acquired. But it is worth noticing that it has effectively supported pupils in learning concepts related to solid dimensions, vertices, edges and faces» (Rossano et al. 2020, 107777).

Es zeigt sich, dass der Erwerb von prozeduralem Wissen effektiv durch die Nutzung dieser neuen Technologie unterstützt wird. Das gleiche gilt für deklaratives Wissen über Begriffe, Zustände und Ereignisse (n = 23). Dabei werden beispielsweise mithilfe von AR/VR gesetzmässige Zusammenhänge verstanden, etwa schwer visualisierbare Konzepte der Physik [8]. Zuletzt trägt AR/VR zu einem Kenntniserwerb in Form von strategischem Wissen bei, z. B. Handlungskonsequenzen, allgemeines Bewusstsein für den gesamten Prozess und zur Verwendung des AR/VR-Geräts. Schüler:innen haben die Möglichkeit, das neue Medium zu benutzen und kennenzulernen und sich somit neue Kenntnisse anzueignen, indem sie die Nutzung kritisch hinterfragen [1]. Ausserdem erweitern sie ihr strategisches Wissen, indem sie vor neue Herausforderungen gestellt und zum Nachdenken gebracht werden, ihre eigenen Handlungen hinterfragen und sich weitere Strategien überlegen [2].

Erworbene Kenntnisse	Studien
Prozedurales Wissen	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28]
Deklaratives Wissen	[1], [2], [3], [4], [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [18], [19], [20], [23], [24], [25], [26], [27], [29]
Strategisches Wissen	[2], [3], [6], [11], [13], [15], [16], [17], [24], [28], [30]

Tab. 9: Lernerfolg durch Kenntnisse.

Lernerfolg durch Fähigkeiten: Mithilfe von AR und VR können Schüler:innen im Unterricht neue Fähigkeiten erlernen oder sich bestehender Begabungen bewusstwerden (Tabelle 10). So fördert beispielsweise die Wahrnehmung neuartiger visueller, auditiver und teilweise auch taktiler Reize in AR/VR multi-sensorische Fähigkeiten [14]. Ebenso ermöglichen AR-Anwendungen den Lernenden, unterschiedliche kognitive Funktionen auszuüben und ihre Wahrnehmungsressourcen mit den eigenen

3 Hinsichtlich der Kategorisierung ist festzuhalten, dass eine Studie ausschliesslich einer Wissensform zugeordnet wurde, wenn der Anteil der durch die AR/VR-Anwendung geförderten Wissensform im Vergleich zu den anderen beiden Wissensformen mehr als 50 Prozent betrug. Bei einem Anteil von unter 50 Prozent waren Mehrfach-Zuordnungen innerhalb einer Studie möglich (s. Tabelle 9).

körperlichen Handlungen zu koordinieren [4]. In einer Analyse des Einsatzes von AR im Astronomieunterricht an Grundschulen resümieren Fleck und Simon (2013) [13]: «pupils benefit from a reduced complexity to construct a scientific comprehension of phenomena» (7). Ausserdem unterstützt eine immersive Erfahrung durch VR das Erinnerungsvermögen, indem das Gelernte länger behalten und tiefgründiger verstanden wird als ohne den Einsatz von VR-Technologie [18]. Dabei wird auch das reflexive Denken begünstigt, also die Fähigkeit, den Lernprozess nach dem Lernen durch den Einsatz von AR/VR-Geräten zu reflektieren und zusammenzufassen. Diese Diskussionen und Reflexionen helfen den Schüler:innen, das eigene Bestandswissen mit den zusätzlich erworbenen Kenntnissen zu verknüpfen, was den Lernprozess unterstützt [20]. Weitere Fähigkeiten, die in den Studien nachgewiesen wurden, waren die Möglichkeit, in Gruppen zu arbeiten (synchron [16] als auch asynchron, online [20]) oder das Basteln von eigenen AR/VR- Brillen, die die Motivation der Schüler:innen für das Gelernte steigert [3].

Angewendete Fähigkeiten/Erworbene Begabungen	**Studien**
Multisensorische-Fähigkeiten	[1], [2], [3], [4], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [14], [13], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [30]
Erinnerungsvermögen	[2], [4], [5], [6], [7], [9], [14], [15], [18], [19], [20], [22], [23], [24], [25], [26], [27]
Reflexive Fähigkeiten	[1], [2], [6], [8], [12], [13], [15], [17], [20], [22], [25], [28], [29], [30]
Herstellung eigener AR/VR-Brillen	[1], [2], [3], [5], [6], [12], [15], [25], [28], [29], [30]
Soziale Interaktion	[1], [2], [3], [4], [6], [16], [20], [21], [23], [30]

Tab. 10: Analyse der Fähigkeiten.

Lernerfolg durch Motivation: Nicht weniger relevant für den Lernerfolg ist die Motivation zum Lernen, die massgeblich durch AR/VR gefördert werden kann (Tabelle 11). Dies umfasst willensbezogene sowie emotionale Prozesse der Handlungsregulation, um Lernende regelmässig zum Lernen zu motivieren. Allein die Nutzung von AR/VR kann als Motivationsfaktor für schulisches Lernen erachtet werden [7]. Daneben werden meistens Punktesysteme eingesetzt (n = 11), um Schüler:innen während eines AR-Spiels zu schnelleren Antworten anzuspornen [15]. Ebenso können herausfordernde Lernaufgaben mit personalisiertem Schwierigkeitsgrad oder spezielle Levels in AR/VR-Anwendungen die Lernenden zu einer spielerischen Auseinandersetzung mit Lerninhalten motivieren [3]. Sowohl klar vorgegebene Lernziele als auch direktes, durch AR/VR-Technologie vermitteltes Feedback helfen den Lernenden, Aufgaben besser zu verstehen und ihre Lernziele einfacher zu erreichen.

Belohnungssystem	Studien
Punkte/Noten	[3], [6], [7], [8], [9], [15], [18], [20], [21], [23], [24]
Herausforderung	[2], [3], [8], [13], [14], [15], [17], [28], [30]
Levels	[1], [2], [3], [12], [17], [25]
Klare Ziele	[1], [2], [3], [4], [15], [16], [18], [20]
Feedback	[1], [2], [3], [4], [6], [8], [14], [17], [18]
Belohnungen	[2], [3]
Kein Belohnungssystem	[5], [10], [11], [19], [22], [26], [27], [29]

Tab. 11: Analyse der Motivation.

Lernerfolg durch Einstellungen: Die Einstellung der Schüler:innen gegenüber AR/VR-Technologien sowie deren Akzeptanz im Lernkontext kann durchgehend als positiv eingestuft werden (Tabelle 12). Dabei lässt sich allgemein eine unterstützende Haltung der AR/VR-Lernanwendungen bei Schüler:innen erkennen (n = 25) – die Bedienbarkeit der Technologie und deren Beitrag zur Verbesserung der Lerneffizienz werden dabei durchweg als positiv wahrgenommen [7, 29]. Ausserdem kann der Spassfaktor von AR/VR-Anwendungen die Lernmotivation verbessern und als Hauptursache für die Nutzung dieser Technologie im schulischen Kontext gelten (n = 26). Die meisten Schüler:innen gaben an, sehr zufrieden mit der Lernerfahrung durch AR/VR zu sein und auch ihren Freunden vom Einsatz dieser Technologie im Schulkontext erzählen zu wollen [8]. Es lässt sich somit eine überwiegend positive Einstellung gegenüber der Nutzung von VR und AR in schulischen Kontext erkennen.

Relevante Aspekte	Studien
Hohe Akzeptanz von AR/VR als Lerntechnologie	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [8], [9], [11], [12], [13], [14], [16], [17], [18], [19], [20], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]
Lernen mit AR/VR macht Spass	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [16], [17], [18], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [30]

Tab. 12: Analyse der Einstellungen.

4.2.3 Der Medienkompetenz-Kontext

Durch den Einsatz von AR/VR im schulischen Umfeld kann die Medienkompetenz der Kinder und Jugendlichen im Umgang mit der Technologie in mehreren Aspekten gefördert werden (Tabelle 13). Als Teil der Medienkunde wird den Schüler:innen beispielsweise beigebracht, was AR/VR als Technologien ausmacht, wie diese sich unterscheiden und welche Bedeutung sie für die zukünftige Medienlandschaft spielen könnten [23, 24].

Ebenso werden sie in der Mediennutzung geschult – der konkreten Bedienung von AR/VR – was für viele Jugendliche den ersten direkten Kontakt mit der Technologie darstellt. So mussten in einer Studie bspw. Zweierteams je eine VR-Brille teilen, wobei der Nicht-User den User bei Schwindelgefühlen stützen und in Gefahrsituationen

eingreifen sollte [1]. Somit wird neben den individuellen Nutzungsmodalitäten auch der Umgang mit anderen VR-Usern gefördert sowie die Fähigkeit, vorauszusehen und die Technologie für sich und andere sicher in die reale Umgebung des Alltags zu integrieren.

Medienkritik als die Fähigkeit zu entscheiden, wann und wie AR/VR einzusetzen ist, wird in den Studien nur indirekt thematisiert und weniger im schulischen Kontext erforscht. Zum Teil wird Schüler:innen zwar angeboten, verschiedene Anwendungsmöglichkeiten kennenzulernen [16], aber die eigenen kritischen Fähigkeiten in Bezug auf die Nutzungsentscheidungen gegenüber AR/VR wurden selten gefördert und kontrolliert, da sie in den Entscheidungsprozessen häufig übergangen werden.

Mit der Mediengestaltung, also der Kreation neuer AR/VR-Anwendungen oder Umgebungen, befassen sich nur wenige Studien ([11], [25]). Dabei lassen sich keine eindeutigen Ergebnisse feststellen, inwiefern dieser Teilaspekt der Medienkompetenz durch den Einsatz an Grund- und weiterführenden Schulen gefördert wird. Der Hauptfokus der Untersuchungen im schulischen Kontext liegt somit nicht auf der kreativen Weiterentwicklung der Technologie, sondern bisher grösstenteils auf deren Rezeption und Wirkung.

Komponente	Studien
Medienkunde	[1], [6], [7], [11], [23], [24], [25], [27]
Mediennutzung	[1], [3], [8], [13], [23], [24], [26]
Medienkritik	[6], [9], [16], [17], [23]
Mediengestaltung	[11], [25]

Tab. 13: Analyse der Medienkompetenz.

4.3 Der zeitliche und psychologische Kontext

Die Differenzierung der Ergebnisse nach zeitlichen und psychologischen Kontexten zeigt, wie der Einsatz von AR/VR an Grund- und weiterführenden Schulen auch nach allgemeinen Aspekten des Lernerfolgs eingeordnet werden kann (Tabelle 14). So stellen wir fest, dass wissenschaftliche Untersuchungen AR/VR im schulischen Kontext überwiegend kurzfristige Wirkungen attestieren (n = 14) – zumeist in Form von Beobachtungen oder Interviews direkt im Anschluss an die Nutzung. Nur selten werden langfristige Wirkungen diagnostiziert (n = 6). So hatten die Probanden einer Studie von Southgate (2019) [6] die Möglichkeit, die schulische VR-Anwendung für acht Wochen zu nutzen und somit detaillierter Aussagen über die Langzeiteffekte der Nutzung zu formulieren. Dabei gaben die Schüler:innen an, sich durch die Langzeitnutzung von VR besser an den gelernten Inhalt erinnern zu können, neue Lösungen für technische Schwierigkeiten zu finden und sich kritisch mit Lerninhalten auseinanderzusetzen ([6], 1637).

Aus psychologischer Perspektive ist festzuhalten, dass überwiegend kognitive Wirkungen identifiziert wurden (n = 29), was aufgrund des Fokus der Synopse auf Lernerfolg nicht verwunderlich ist. Darüber hinaus konnten teilweise aber auch affektive Wirkungen bei Schüler:innen festgestellt werden (n = 17), sowohl positiv in Form von Spasserleben [1] als auch negativ in Form von Schwindelgefühlen und Abneigung als Folge der VR-Nutzung [4]. Eine Veränderung von Handlungsmotiven und Verhalten durch AR/VR als Form konativer Wirkungen wurde nur in wenigen Studien (n = 13) nachgewiesen [17].

Wirkungsdimensionen	Relevante Aspekte	Studien
Zeitliche Dimension	Kurzfristige Wirkungen	[1], [2], [3], [5], [8], [10], [11], [12], [13], [21], [25], [26], [28], [30]
	Mittelfristige Wirkungen	[4], [9], [14], [15], [16], [17], [20], [22], [27], [29]
	Langfristige Wirkungen	[6], [7], [18], [19], [23], [24]
Psychologische Dimension	Kognitive Wirkungen	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30]
	Affektive Wirkungen	[1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [18], [22], [23], [24], [29]
	Konative Wirkungen	[3], [4], [5], [7], [8], [11], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [25]

Tab. 14: Analyse der Wirkungen.

5. Fazit und Ausblick

Der Einsatz digitaler Technologien im Lehr- und Lerngeschehen ist im Zeitalter von Corona notwendiger denn je. Selbst nach der erfolgreichen Bekämpfung von Covid-19 können weitere Pandemien, Kontaktbeschränkungen und Schulschliessungen in einer offenen und globalisierten Gesellschaft nicht mehr ausgeschlossen werden. Die Erfahrungen von Schüler:innen, Lehrkräften und Eltern im Home-Schooling in den vergangenen Monaten haben gezeigt, dass Bildschirmanwendungen den Präsenzunterricht nur bedingt ersetzen können und aufgrund fehlender Möglichkeiten zur Interaktion und Verbundenheit oft einen Motivationsverlust zur Folge haben (Thorell et al. 2021). Die Ergebnisse der Synopse verdeutlichen, dass AR/VR Schüler:innen und Lehrkräfte in diesen schwierigen Zeiten entlasten kann und durch ihr hohes Motivations- und Interaktionspotenzial zum Lernerfolg beiträgt. Darüber hinaus bietet ihr Einsatz auch im schulischen Normalbetrieb zahlreiche Vorteile, die vielen Herausforderungen des heutigen Bildungssystems zu mildern, z. B. durch die Inklusion von körperlich oder geistig beeinträchtigten Schüler:innen (de Oliveira Malaquias et al. 2016). So kann durch die Visualisierung von und Interaktion mit Lerninhalten eine

tiefere Ebene des Verständnisses geschaffen und Aufmerksamkeits- wie Motivationsdefiziten entgegengewirkt werden.

Dabei zeigt sich in bisherigen Studien, dass der Einsatz von AR/VR-Technologie v. a. im Kontext sozialwissenschaftlicher Fächer (Geschichte, Politik) untersucht wird und dabei auch positive Effekte aufweist. Auf der anderen Seite können AR/VR auch zur Vermittlung von Naturwissenschaften und Mathematik beitragen, indem beispielsweise per AR virtuelle Geraden und Flächengleichungen im dreidimensionalen Koordinatensystem direkt auf einer Schulbank im nahen Blickfeld der Schüler:innen visualisiert werden. Als häufigste Limitation der Studien wird von den Forschern selbstkritisch das Fehlen von Kontrollgruppen und ein zu geringer Untersuchungszeitraum genannt.

Hinsichtlich der technischen Kontexte des Lernerfolgs lässt sich festhalten, dass AR/VR im Klassenzimmer traditionelle Lehrmedien wie Schul- und Arbeitsbücher gut ersetzen können (Substitution). Dies trägt dazu bei, den Unterricht interessanter zu machen und kann den Schüler:innen helfen, Konzepte in einem virtuellen Kontext besser zu verstehen. Durch die Visualisierung und Skalierung abstrakter Lernobjekte kann die Technologie ausserdem zu einer funktionalen Erweiterung bestehender Lehrmethoden beitragen, z. B. durch die dynamische Visualisierung geologischer Strukturen oder biologischer Präparate (= Augmentation). Dies kann sowohl die Belastung der Lehrkräfte reduzieren als auch die Kreativität der Schüler:innen anregen. Weiterhin bietet AR/VR das Potenzial, den traditionellen Lernprozess neu zu gestalten, indem verschiedene Medienanwendungen integrativ kombiniert und individualisierte Lernmethoden gefördert werden. So genannte Mash-up Media wie z. B. die Kombination von AR/VR-Technologie und Smartphones nutzen dabei vorhandene Medienausgabegeräte, um immersive Lernerfahrungen und digitale spielbasierte Lernkonzepte für das Lernen zu schaffen. Individualisiertes Lernen ermöglicht den Schüler:innen, das Lerntempo an ihren Wissensstand anzupassen und den Lernprozess zu erleichtern (= Modifikation). Der letzte Aspekt des technischen Kontexte des Lernerfolgs liegt darin begründet, dass die Anwendung von AR/VR-Technologie neue Möglichkeiten für das Lernen schafft, indem sie die Grenzen von Zeit und Raum aufbricht und die Lehre an Grund- und weiterführenden Schulen von Grund auf neu definieren kann (= Redefinition).

Hinsichtlich der pädagogischen Kontexte des Lernerfolgs können durch den Einsatz von AR/VR im schulischen Kontext drei Arten von Kenntnissen bzw. Wissen gefördert werden: (1) das Erlernen von prozeduralem Wissen bzw. Problemlösungsmethoden und -techniken; (2) das Erlernen von deklarativem Wissen über Konzepte, Zustände, Ereignisse und rechtliche Beziehungen, wie z. B. physikalische Abstraktionen; (3) das Erlernen strategischen Wissens wie das Abwägen und Reflektieren von Aktionen und Strategien in AR/VR-Spielen. Ebenso ermöglicht der Einsatz von AR/VR den Schüler:innen, neue Fähigkeiten zu erlernen, etwa multisensorische Fähigkeiten,

körperliche Koordinationsfähigkeiten und die Fähigkeit, Lerninhalte effektiver abzurufen. Darüber hinaus können AR/VR die Motivation von Schüler:innen durch Belohnungssysteme steigern und Lernziele besser verdeutlichen. Schüler:innen und Lehrerende besitzen in den von uns analysierten Studien deshalb grösstenteils eine positive Einstellung gegenüber AR/VR, woraus sich eine hohe Akzeptanz im schulischen Kontext ableiten lässt. Dazu gehören eine positive Wahrnehmung der Machbarkeit oder Nutzbarkeit von AR/VR-Geräten sowie die subjektive Wahrnehmung einer erhöhten Lerneffizienz.

Zudem kann der Einsatz von AR/VR die Medienkompetenz von Schüler:innen positiv beeinflussen. Grundlegend ermöglicht er den Schüler:innen, die Charakteristika und Potenziale dieser neuartigen Technologie kennenzulernen (= Medienkunde). Darüber hinaus werden die konkrete Bedienung von und der Umgang mit der Technologie (= Mediennutzung) sowie die Anwendungsmöglichkeiten, die sich im Alltag bieten (= Medienkritik), erlernt.

Neben den technischen und pädagogischen Kontexten des Lernerfolgs sowie im Lichte der Medienkompetenz lässt sich die Erforschung von AR/VR an Grund- und weiterführenden Schulen auch nach zeitlichen und psychologischen Aspekten klassifizieren. Dabei ist festzuhalten, dass in bisherigen Studien hauptsächlich kurzfristige Wirkungen nachgewiesen werden konnten, eine tiefgründige Analyse der langfristigen Effekte des Einsatzes von AR/VR steht bei vielen Analysen noch aus. Aufgrund der Materialauswahl der Synopse lassen sich grösstenteils kognitive Wirkungen in Form von Wissenserwerb feststellen, wobei sich teilweise auch affektive Wirkungen wie Spasserleben im Umgang mit AR/VR nachweisen lassen.

Trotz steigender Popularität und Anwendungsmöglichkeiten wird der Einsatz von AR/VR an Grund- und weiterführenden Schulen von den Bildungswissenschaften weitestgehend ignoriert. Diese Synopse trägt dazu bei, die unübersichtliche Forschungslandschaft zu klassifizieren und Studienergebnisse aus unterschiedlichen Forschungsbereichen einem einheitlichen Raster zu unterwerfen. Dabei konnten wir zeigen, dass augmentierte bzw. virtuelle Realitäten in sehr unterschiedlichen Kontexten zu einer Steigerung des Lernerfolgs beitragen können und mittlerweile einen nicht zu unterschätzenden Faktor in der Unterrichtsgestaltung und Wissensvermittlung einnehmen (können).

Literatur

Azuma, Ronald. 1997. «A Survey of Augmented Reality». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (4): 355–85. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355.

Baacke, Dieter. 1996. «Medienkompetenz–Begrifflichkeit und sozialer Wandel». In *Medienkompetenz als Schlüsselbegriff,* herausgegeben von Antje von Rein. 112–24. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Bahn, Geon Ho. 2020. «Coronavirus Disease 2019, School Closures, and Children's Mental Health». *Journal of the Korean Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 31 (2): 74. https://doi.org/10.5765/jkacap.200010.

Blisky, Wolfgang. 2005. «Werte und Werthaltungen. Values and Value Orientations». *In: Handbuch der Persönlichkeitspsychologie und Differentiellen Psychologie,* herausgegeben von: Hannelore Weber, und Thomas Rammsayer. 298-304. Göttingen: Hogrefe.

de Oliveira Malaquias, Fernanda Francielle, und Rodrigo Fernandes Malaquias. 2016. «The Role of Virtual Reality in the Learning Process of Individuals with Intellectual Disabilities». *Technology and Disability* 28 (4): 133–8. https://doi.org/10.3233/TAD-160454.

Glaser, Barney, G., und Anselm L. Strauss. 1968. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. New Brunswick: Aldine Transaction.

Merchant, Zahira, Ernest T. Goetz, Lauren Cifuentes, Wendy Keeney-Kennicutt, und Trina J. Davis. 2014. «Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education. A Meta-Analysis». *Computers & Education* 70 (c): 29–40. https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/2753872.2753891.

Milgram, Paul, Haruo Takemura, Akira Utsumi, und Fumio Kishino. 1994. «Augmented reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum». *Telemanipulator and Telepresence Technologies* 2351: 282–92. https://doi.org/10.1117/12.197321.

Nóbrega, Rui, João Jacob, António Coelho, Jessika Weber, João Ribeiro, und Soraia Ferreira. 2017. «Mobile Location-Based Augmented Reality Applications for Urban Tourism Storytelling». In *24º Encontro Português de Computação Gráfica e Interação (EPCGI)*, 1–8. https://doi.org/10.1109/EPCGI.2017.8124314.

Pricewaterhouse Coopers. 2019. «2030 werden in Deutschland 400.000 Menschen mit AR/VR arbeiten». https://www.pwc.de/de/pressemitteilungen/2019/2030-werden-in-deutschland-400000-menschen-mit-ar-vr-arbeiten.html#:%7E:text=PwC%2DAnalyse%20beziffert%20das%20wirtschaftliche,VR%20arbeiten%2C%20weltweit%2023%20Millionen.

Puentedura, Ruben. 2010. «SAMR and TPCK: Intro to Advanced Practice». http://hippasus.com/resources/sweden2010/SAMR_TPCK_IntroToAdvancedPractice.pdf.

Schlicht, Juliana. 2014. «Wie können Lernerfolge sichtbar gemacht werden und was sind sie wert?». *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* 43 (3): 48-50. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0035-bwp-14348-0.

Tekedere, Hakan, und Hanife Göker. 2016. «Examining the Effectiveness of Augmented Reality Applications in Education: A Meta-Analysis». *International Journal of Environmental and Science Education* 11 (16): 9469-9481. http://www.ijese.net/makale/1181.html.

Tenzer, F. 2019. «Virtual Reality – Prognose zum Headset-Absatz weltweit 2023». *Statista*. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/539653/umfrage/prognose-zum-absatz-von-virtual-reality-hardware/.

Thorell, Lisa B., Charlotte Skoglund, Almudena Giménez de la Peña, Dieter Baeyens, Anselm B. M. Fuermaier, Madeleine J. Groom, Irene C. Mammarella, u. a. 2021. «Parental Experiences of Homeschooling during the COVID-19 Pandemic: Differences between Seven European Countries and between Children with and without Mental Health Conditions». *European Child & Adolescent Psychiatry*, Januar. https://doi.org/10.1007/s00787-020-01706-1.

Traus, Anna, Katharina Höffken, Severine Thomas, Katharina Mangold, und Wolfgang Schröer. 2020. «Stu.diCo. – Studieren digital in Zeiten von Corona». *Erste Ergebnisse der bundesweiten Studie Stu.diCo*. Universitätsverlag Hildesheim. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:hil2-opus4-11578.

Wolfswinkel, Joost F., Elfi Furtmueller, und Celeste Wilderom. 2013. «Using Grounded Theory as a Method for Rigorously Reviewing Literature». *European Journal of Information Systems* 22 (1): 45–55. https://doi.org/10.1057/ejis.2011.51.

Anhang: Studien der Synopse

Studie	Quelle
[1]	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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.
[2]	Roussou, Maria. 2009. «A VR Playground for Learning Abstract Mathematics Concepts». *IEEE Computer Graphics and Applications* 29 (1): 82–5. https://doi.org/10.1109/mcg.2009.1.
[3]	Sternig, Christof, Michael Spitzer, und Martin Ebner, 2018. «Learning in a Virtual Environment». *Virtual and Augmented Reality*: 1288–312. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5469-1.ch062.
[4]	Hung, Yu-Hsiu, Chien-Hsu Chen, und Shu-Wie Huang. 2016. «Applying Augmented Reality to Enhance Learning: a Study of Different Teaching Materials». *Journal of Computer Assisted Learning* 33 (3): 252–266. https://doi.org/10.1111/jcal.12173.
[5]	Saritas, Mustafa Tuncay. 2015. «Chemistry Teacher Candidates Acceptance and Opinions About Virtual Reality Technology for Molecular Geometry». *Educational Research and Reviews* 10 (20): 2745–57. https://doi.org/10.5897/err2015.2525.
[6]	Southgate, Erica. 2019. «Virtual Reality for Deeper Learning: An Exemplar from High School Science». In *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 1633–9. https://doi.org/10.1109/vr.2019.8797841.

Studie	Quelle
[7]	Cai, Su, Feng-Kuang Chiang und Xu Wang. 2013. «Using the Augmented Reality 3D Technique for a Convex Imaging Experiment in a Physics Course». *International Journal of Engineering Education* 29 (4): 856-865. http://www.ijee.ie/latestissues/Vol29-4/09_ijee2737ns.pdf.
[8]	Amelia, Riski, Rahmah Salamah Nur Azizah, Ami Rahmawati Suwandi, Irma Fitria Amalia, und Ali Ismail. 2020. «Application Of Augmented Reality To Physics Practicum To Enchane Students' Understanding Of Concepts». *International Journal of Scientific and Technology Research* 9 (3): 1128–31. https://www.ijstr.org/final-print/mar2020/Application-Of-Augmented-Reality-To-Physics-Practicum-To-Enchane-Students-Understanding-Of-Concepts.pdf.
[9]	Buchner, Josef. 2017. «Offener Unterricht mit Augmented Reality». *Medienimpulse* 55 (1): 1–8. https://doi.org/10.21243/medienimpulse.2016.4.1061.
[10]	Lund, Brady, und Ting Wang. 2019. «Effect of Virtual Reality on Learning Motivation and Academic Performance: What Value May VR Have for Library Instruction?» In *Kansas Library Association College and University Libraries Section Proceedings* 9 (1). https://doi.org/10.4148/2160-942x.1073.
[11]	Chenrai, Piyaphong, und Sukonmeth Jitmahantakul. 2019. «Applying Virtual Reality Technology to Geoscience Classrooms.» *Review of International Geographical Education Online* 9 (3): 577–90. https://doi.org/10.33403/rigeo.592771.
[12]	Hsu, Yi-Chen. 2020. «Exploring the Learning Motivation and Effectiveness of Applying Virtual Reality to High School Mathematics» *Universal Journal of Educational Research* 8 (2): 438–44. https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080214.
[13]	Mahadzir, Nor Nashirah. 2013. «The Use of Augmented Reality Pop-Up Book to Increase Motivation in English Language Learning For National Primary School». *IOSR Journal of Research and Method in Education* 1 (1): 26–38. https://doi.org/10.9790/7388-0112638.
[14]	Hsieh, Min-Chai, Koong Lin, und Hao-Chiang. 2011. «A Conceptual Study for Augmented Reality E-learning System Based on Usability Evaluation». *Communications in Information Science and Management Engineering* 1 (8): 5–7. https://doi.org/10.5963/cisme0108002.
[15]	Hwang, Gwo-Jen, Po-Han Wu, Chen Chi-Chang und Tu Nien-Ting. 2015. «Effects of an Augmented Reality-Based Educational Game on Students' Learning Achievements and Attitudes in Real-World Observations». *Interactive Learning Environments* 24 (8): 1895–1906. https://doi.org/10.1080/10494820.2015.1057747.
[16]	Fleck, Stéphanie, und Simon Gilles. 2013. «An Augmented Reality Environment for Astronomy Learning in Elementary Grades». In *Proceedings of the 25th ICME Conference Francophone on l'Interaction Homme-Machine – IHM '13*. https://doi.org/10.1145/2534903.2534907.

Studie	Quelle
[17]	Pinto, Darque, Bruno Peixoto, Aliane Krassmann, Miguel Melo, Luciana Cabral, und Maximo Bessa. 2019. «Virtual Reality in Education: Learning a Foreign Language». *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 589–97. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16187-3_57.
[18]	Nersesian, Eric, Adam Spryszynski, und Michael Lee. 2019. «Integration of Virtual Reality in Secondary STEM Education». In Proceedings of the 2019 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC). https://doi.org/10.1109/isecon.2019.8882070.
[19]	Özüağ, Mehmet, Ismael Cantürk, und Lale Özyilmaz. 2019. «A New Perspective To Electrical Circuit Simulation with Augmented Reality». *International Journal of Electrical and Electronic Engineering and Telecommunications* 8 (1): 9–13. https://doi.org/10.18178/ijeetc.8.1.9–13.
[20]	Chiang, Tosti, Stephen Yang, und Gwo-Jen Hwang. 2014. «An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities». *Educational Technology and Society* 17 (4): 352–65. https://drive.google.com/file/d/1UoXcAlKOMC0qesxZPm5QxNEoOkuWjF5N/view.
[21]	Crosier, Joanna, Cobb, Sue, and Wilson, John. 2000. «Experimental Comparison of Virtual Reality with Traditional Teaching Methods for Teaching Radioactivity». *Education and Information Technologies* 5 (4): 329–43. https://doi.org/110.1023/A:1012009725532 .
[22]	Zakaria, Megat Aman Zahiri Megat, Hassan Abuhassna, und Ravindaran. Kavipriya. 2020. «Virtual Reality Acceptance in Classrooms: A Case Study in Teaching Science». *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering* 9 (2): 1280–94. https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/58922020 .
[23]	Rossano, Veronica, Rosa Lanzilotti, Antonio Cazzolla, und Teresa Roselli. 2020. «Augmented Reality to Support Geometry Learning». *IEEE Access* 8: 107772–780. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000990.
[24]	Contero, Manuel, und David López. 2013. «Delivering Educational Multimedia Contents Through an Augmented Reality Application: A Case Study on its Impact on Knowledge Acquisition and Retention». *Turkish Online Journal of Educational Technology* 12 (4): 19–28. http://www.tojet.net/articles/v12i4/1243.pdf.
[25]	Leitão, Rui, Joao Rodrigues, und Adérito Marcos. 2014. «Game-Based Learning: Augmented Reality in the Teaching of Geometric Solids». *International Journal of Art, Culture and Design Technologies* 4 (1): 63–75. https://doi.org/10.4018/ijacdt.2014010105.
[26]	Di Serio, Ángela, Maria Blanca Ibáñez, und Carlos Delgado Kloos. 2013. «Impact of an Augmented Reality System on Students' Motivation for a Visual Art Course». *Computers and Education* 68: 586–96. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002.

Studie	Quelle
[27]	Civelek, Turhan, Erdem Ucar, Hakan Ustunel, und Mehmet Kermal Aydın,. 2014. «Effects of a Haptic Augmented Simulation on K-12 Students' Achievement and their Attitudes towards Physics». *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 10 (6): 565–74. https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1122a.
[28]	Han, Yu, Yyining Shi, Juanjuan Wang, Yue Liu, und Yongtian Wang. 2020. «First-Person Perspective Physics Learning Platform Based on Virtual Reality». In *Learning and Collaboration Technologies. Human and Technology Ecosystems,* herausgegeben von Panayiotis ZaphirisAndri and Ioannou, 435–47. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50506-6_30.
[29]	Lee, Elinda Ai-Lim, Chun Che Fung, und Kok Wai Wong. 2010. «Learning with Virtual Reality: Its Effects on Students with Different Learning Styles». In *Transactions on Edutainment IV. Lecture Notes in Computer Science,* herausgegeben von Zhigeng Pan, Adrian David Cheok, Wolfgang Müller, Xiaopeng Zhang, und Kevin Wong, 79–90. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14484-4_8.
[30]	Price, Sara, Nikoleta Yiannoutsou, and Yyonne Vezzoli. 2020. «Making the Body Tangible: Elementary Geometry Learning through VR». *Digital Experiences in Mathematics Education* 6: 213–232. https://doi.org/10.1007/s40751-020-00071-7.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Virtual Reality für Schüler:innen

Ein «Beipackzettel» für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext

Raphael Zender[1], Josef Buchner[2], Caterina Schäfer[3], David Wiesche[2], Kathrin Kelly[4] und Ludger Tüshaus[4]

[1] Humboldt-Universität zu Berlin | Universität Potsdam

[2] Universität Duisburg-Essen

[3] Technische Universität Dortmund

[4] Universitätsklinikum Schleswig-Holstein

Zusammenfassung
Immersiven Technologien wie Virtual Reality (VR) wird aktuell in allen Bildungsbereichen ein grosses Potenzial als Bildungstechnologien und Lernmedien zugeschrieben, obwohl derzeit noch viele Fragen bzgl. Lernwirksamkeit, pädagogischer und didaktischer Gestaltung sowie medizinischer und ethischer Einsatzrisiken nicht ausreichend beantwortet werden können. Diese haben jedoch insbesondere für den Schulunterricht eine besondere Relevanz, da Kinder immer auch Schutzbefohlene darstellen. Dieser Artikel gibt im metaphorischen Sinne eines «Beipackzettels» einen Überblick über die Bedenken und Risiken des schulischen VR-Einsatzes aus medizinischer, pädagogischer, didaktischer, technischer und ethischer Perspektive mit dem Ziel, eine sensibilisierte und reflektierte Nutzung dieser vielversprechenden Technologie zu ermöglichen. Daher werden weiterhin konkrete Gestaltungsempfehlungen für Lehrende, Lernende, Eltern, Bildungsinstitutionen, Personen in der Entwicklung sowie politische Akteur:innen formuliert. Dieser Artikel möchte des Weiteren mit diesen Empfehlungen einen Grundstein für den interdisziplinären Diskurs im Bereich der schulischen Nutzung von VR als Lernmedium legen. Er ist daher mit einem Beteiligungsaufruf zur Mitwirkung aller am Schulunterricht beteiligten Akteur:innen verbunden.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

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* 47 (AR/VR - Part 1): 26–52. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.02.X.

Students and Virtual Reality. An 'instructional leaflet' for the Implementation of Immersive Learning Scenarios in School Settings

Abstract

Immersive technologies such as virtual reality (VR) are currently considered to have a great potential as educational technologies and learning media over all areas of education, although many questions regarding learning effectiveness, pedagogical and didactic design, and medical as well as ethical risks of use cannot yet be answered sufficiently. However, they are of particular relevance for school teaching, since children are always also considered to be subjects of protection. In the metaphorical sense of an «instructional leaflet», this article provides an overview of the concerns and risks of VR use in schools from medical, pedagogical, didactical, technical, and ethical perspectives with the aim of enabling a sensitized and reflected use of this promising technology. Therefore, specific design recommendations for teachers, learners, parents, educational institutions, developers as well as political actors are further formulated. Furthermore, this article wants to provide a foundation for an interdisciplinary discourse in the area of the VR-usage as a learning medium in schools. It is therefore connected with a call for participation of all stakeholders involved in school education.

1. Motivation

Virtual Reality (VR) bezeichnet technologisch die Nutzung von Displays zur Erzeugung eines 3D-Eindrucks sowie entsprechender Interaktionsgeräte, um eine explorierbare, computergenerierte Umgebung zu erzeugen (nach Bryson 1993). Dabei steht die menschliche Erfahrung, *in* der virtuellen Welt bzw. an einem fremden Ort zu sein, im Zentrum (Rheingold 1992). VR ist in den vergangenen Jahren auch als ernstzunehmende Bildungstechnologie mit Stärken in der Wissensvermittlung durch eine Vielzahl von Projekten und Studien bestätigt worden (Jensen und Konradsen 2018; Radianti et al. 2020). Vor allem durch die Nutzung von Head-Mounted Displays (HMDs) bietet sich die Technologie als Medium zur Adressierung konkreter Bildungsprobleme an. Offensichtlich ist beispielsweise die Möglichkeit, Lernende in künstliche und dennoch glaubhafte Situationen zu versetzen. So werden auch Trainings in gefährlichen, unethischen und real schwer herbeizuführenden Settings möglich (Mikropoulos und Natsis 2011). Ebenfalls naheliegend ist die Nutzung von VR, um 3D-Visualisierungen, beispielsweise von mikroskopischen Objekten und wissenschaftlichen Daten (El Beheiry et al. 2019) zu erzeugen, um diese im Unterricht zu nutzen. Vielversprechend ist weiterhin der Erwerb affektiver Fähigkeiten im Rahmen von VR-Lernszenarien, da glaubwürdige Simulationen virtueller menschlicher oder sozialer Situationen herbeiführbar werden (Jensen und Konradsen 2018).

Diese exemplarische Auswahl von Möglichkeiten, die VR als Bildungstechnologie eröffnet, macht deutlich, warum viele Lehrende und Lernende in allen Bildungsbereichen ein Interesse an VR-Lernanwendungen haben. Sowohl in der betrieblichen als auch der Hochschul- und Schulbildung gibt es ein grosses Spektrum an vielversprechenden Fallstudien und Projekten rund um die Durchführung von VR-Lernsettings (Lee et al. 2021). In der Regel werden diese jedoch mit einem Fokus auf die Technologie sowie zunehmend auf die lernprozessorientierte didaktische Gestaltung durchgeführt. Eine kritische Betrachtung der Konsequenzen eines VR-Einsatzes in Bildungseinrichtungen ist selten Teil der Fallstudien und Projekte. Insbesondere im schulischen Umfeld mit einer geistig und körperlich heranwachsenden Zielgruppe sehen die Autor:innen hier dringenden Nachholbedarf.

So werden beispielsweise VR-HMDs von herstellenden Unternehmen in der Regel erst ab einem Alter von 12 (Playstation VR) bzw. 13 (Oculus) Jahren empfohlen. Belastbare Begründungen für diese Empfehlungen liefern die Hersteller allerdings nicht. Stattdessen irritieren Äusserungen wie die des Mitgründers und ehemaligen CEO von Oculus, Brendan Iribe (2015): «The age of 13 was something that made a lot of sense when we (Oculus) became a part of Facebook, their age is 13 as well». Dementsprechend führten vor allem juristische Überlegungen zur Altersbeschränkung, nicht jedoch die Rücksichtnahme auf die individuellen physischen und psychischen Besonderheiten Heranwachsender. Dieses Beispiel zeigt, wie gravierend die Unklarheiten zum VR-Einsatz mit Kindern und somit gerade an Schulen noch sind.

Eine wissenschaftlich fundierte Analyse der Bedenken und Risiken ist somit dringend erforderlich. Dabei ist der Blick auf medizinische Erkenntnisse ebenso wichtig wie die pädagogische, didaktische, technische und ethische Perspektive auf VR im Schulunterricht. Die initiale Erarbeitung dieser Herausforderungen ist das zentrale Ziel dieses Artikels. Er soll somit den Grundstein für eine weitere Analyse in den kommenden Jahren darstellen. Damit einher geht die initiale Zusammenstellung von Empfehlungen für die verschiedenen am Schulunterricht beteiligten Zielgruppen. Die Bedenken, Risiken und Empfehlungen dieses Artikels finden primär im Hinblick auf das Bildungssystem in der DACH-Region Anwendung. Sie sind jedoch zu grossen Teilen allgemeingültig für die kindliche Bildung.

Im Folgenden wird zunächst die Methodik für die Erarbeitung sowie die angestrebte künftige Arbeit am Thema dargestellt. Es folgt eine Zusammenstellung der einzelnen Bedenken und Risiken, aufgeteilt in die Perspektiven der Medizin, Pädagogik, Didaktik und Technologie sowie ergänzt um noch unbetrachtete ethische Aspekte. Basierend auf diesen Überlegungen werden im Anschluss Empfehlungen für Lehrende, Lernende, Eltern, Bildungsinstitutionen, politische sowie weitere Akteur:innen und VR-Entwickler:innen formuliert. Der Artikel schliesst mit einem Fazit und einer Zusammenfassung.

2. Methodik

Der Einsatz immersiver Technologien wie VR ist aktuell noch sehr starken technologischen und organisatorischen Unsicherheiten ausgesetzt. Dies betrifft auch und insbesondere den VR-Einsatz im Schulkontext. Einerseits ist aufgrund des sich rasant und kontinuierlich weiterentwickelnden technologischen Standes nur mit Expert:innenwissen absehbar, welche Möglichkeiten VR technologisch in den nächsten Jahren für den Schulkontext bieten wird. Andererseits wächst das Wissen der Beteiligten im Schulbereich mit der eigenen Einsatzerfahrung sowie den Erkenntnissen aus fremden Projekten mit der Zeit. Somit kann dieser Beitrag keinesfalls den Anspruch erheben, für einen langen Zeitraum aktuelle Bedenken, Risiken und Einsatzempfehlungen zu beschreiben. Vielmehr soll er den Grundstein für eine sich ständig weiterentwickelnde Wissensbasis rund um die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext legen und ist somit ein initialer Schritt in einem erfahrungsgeleiteten, interdisziplinären und agilen Prozess.

Abbildung 1 stellt den angestrebten Prozess im Überblick dar, in dem konkrete und aktuelle Einsatzempfehlungen für die kommenden Jahre erarbeitet und durch Erfahrungsberichte ergänzt werden sollen.

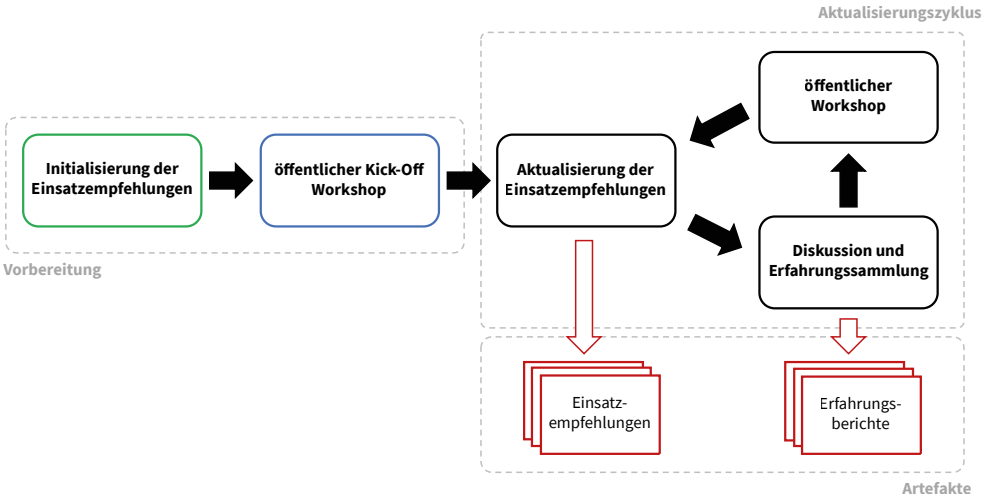


Abb. 1: Prozess zur Erarbeitung von Einsatzempfehlungen und Erfahrungsberichten (eigene Darstellung).

Der vorliegende Beitrag ist das Ergebnis der Initialisierung von Einsatzempfehlungen zur späteren Konkretisierung, Ergänzung und Aktualisierung. Hierfür wurden zunächst Expert:innen aus den für das Thema augenscheinlich relevanten Fachdisziplinen identifiziert und um Mitwirkung gebeten. Im Ergebnis ist eine initiale Interessengruppe aus sechs praxisnahen Wissenschaftler:innen mit einem Schwerpunkt auf VR-Technologien entstanden, die den folgenden Fachdisziplinen angehören:

- **Schulpädagogik und -didaktik** für die erziehungs- und bildungswissenschaftliche Perspektive auf den Einsatz immersiver Technologien in Schulen.
- **Kinder- und Jugendmedizin** für die Perspektive der physiologischen Eignung immersiver Technologien für Kinder unterschiedlicher Altersstufen.
- **Informatik (Schwerpunkt Bildungstechnologien)** für die Perspektive der technologischen Gestaltung immersiver Lehr-/Lernanwendungen.

Diese Gruppe hat als Initiative für die kommenden Aktivitäten die Methodik des kollaborativen Online-Brainstormings mit anschliessender Nachbereitung (vgl. Drummer et al. 2011) verfolgt. Diese wurde wie in Abbildung 2 illustriert in vier Schritten durchgeführt.

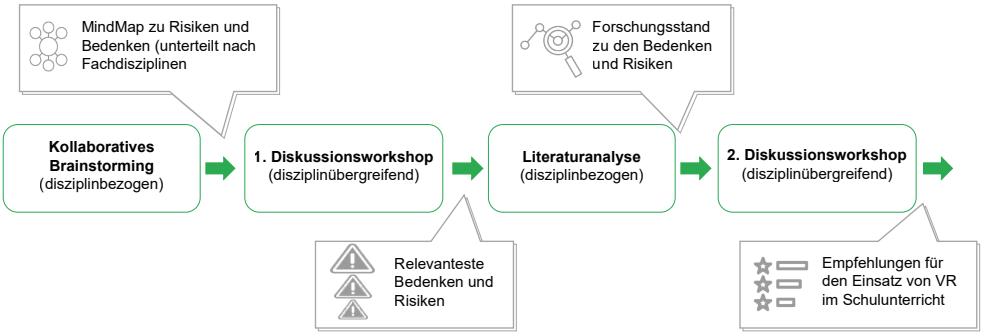


Abb. 2: Prozess zur Initialisierung der Einsatzempfehlungen (eigene Darstellung).

Die Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Prozesses ist Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

Teil dieses Beitrags ist der Aufruf zur Beteiligung an der Zusammenstellung von Bedenken, Risiken und Einsatzempfehlungen. Am Thema Interessierte werden eingeladen, sich zunächst über einen öffentlichen KickOff-Workshop mit ihrer Expertise, ihren Perspektiven und den individuellen Beweggründen einzubringen. Im Ergebnis werden die Einsatzempfehlungen aktualisiert.

Anschliessend wird diese Initiative in einen sich bis auf Weiteres wiederholenden Aktualisierungszyklus gehen. Kontinuierlich soll online über die Einsatzempfehlungen diskutiert und sollen diese mit Erfahrungsberichten zum tatsächlichen Einsatz von VR an Schulen ergänzt werden. Dabei sind sowohl informelle Berichte von Lehrkräften als auch wissenschaftliche, empirische Forschungsergebnisse gefragt. Etwa jährlich sollen Interessierte in einem öffentlichen Workshop die Einsatzempfehlungen aktualisieren. Eine frei zugängliche Online-Veröffentlichung der jeweils aktualisierten Einsatzempfehlungen wird angestrebt.

3. Bedenken und Risiken

Als theoretische Basis für VR-Einsatzempfehlungen im Schulunterricht werden im Folgenden zunächst Bedenken und Risiken zusammengetragen – aus Sicht der Medizin, der Pädagogik, der Didaktik und der Technologie. In diesen Ausführungen werden implizit auch ethische Aspekte angeschnitten. Diese werden abschliessend um explizite ethische Herausforderungen ergänzt. Bei den jeweiligen Bedenken und Risiken wurde aus Gründen der Lesbarkeit keine explizite Unterteilung in deskriptive und interpretierte Befunde vorgenommen. Diese Unterscheidung wird jedoch im Kontext der jeweiligen Befunde deutlich.

3.1 Medizinische Perspektive

3.1.1 Identifizierung von Risikogruppen vor der Anwendung

Aus kindermedizinischer Sicht erscheint es unabdingbar, vor dem Einsatz von VR/AR-Technologie an Lernenden diejenigen Kinder zu identifizieren, für die eine Benutzung von VR-Equipment aus medizinischen Gründen nicht möglich ist bzw. bei denen im Allgemeinen von einer Nutzung von VR-Equipment dringend abgeraten werden muss. Zu berücksichtigen sind hier Kinder mit Erkrankungen, die einen unmittelbaren Einfluss auf die visuelle Wahrnehmung und die kognitive Reizverarbeitung haben. Dazu gehören

- alle Formen der Epilepsie,
- Augenvorerkrankungen,
- Entwicklungsstörungen aus dem Formenkreis des frühkindlichen Autismus.

Zudem ist besondere Vorsicht bei Kindern mit verzögerter geistiger Entwicklung geboten, sowie Kindern mit psychischen Erkrankungen wie z. B. AD(H)S, Depression oder Ängsten. Hierbei handelt es sich um Erkrankungen, die auch für die Nutzung anderer Neuer Medien unter Umständen eine Kontraindikation darstellen.

Es muss betont werden, dass die Datenlage zur Identifizierung der medizinischen Kontraindikationen für eine VR-Nutzung von Kindern sehr dünn ist und daher keine generelle Kontraindikation ausgesprochen werden kann. Trotz zahlreicher klinischer Studien, grosser systematischer Reviews und Metaanalysen zum aktuellen Stand der klinischen VR-Forschung (Cipresso et al. 2018; Nordgård et al. 2021; Ridout et al. 2021) werden *Kontraindikationen und beobachtete Nebenwirkungen von VR-Anwendungen* nur in sehr wenigen Publikationen beleuchtet (Sharples et al. 2008 zu Nebenwirkungen im Erwachsenenalter; Won et al. 2017 zu VR-Anwendungen zur Schmerzablenkung bei Kindern).

Bei der Nutzung eines HMD können je nach Modell Probleme durch das Gewicht und die Grösse der Brille entstehen (Dahlquist et al. 2009). Aus Erfahrung in der Kinderklinik kann eine Brille nur dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn die IPD (interpupillary distance) der Lernenden anatomisch ausreicht, um das für jedes Auge getrennt generierte Bild in vollem Umfang wahrnehmen zu können. Insbesondere in den niedrigeren Klassenstufen können sich so, auch bedingt durch die in dieser Altersgruppe sehr unterschiedlich ausgeprägte Grössenentwicklung der einzelnen Kinder, grosse Schwierigkeiten bei der Nutzung eines HMD ergeben.

3.1.2 Unerwünschte Nebenwirkungen während und nach der Anwendung

Während und nach dem Einsatz einer VR-Anwendung kann ein breites Spektrum an Nebenwirkungen auftreten, die vor allem dadurch bedingt werden, dass der visuelle Apparat des Kindes einen anderen Input erfährt (ich bewege mich) als der Gleichgewichtsapparat (ich bewege mich nicht). Hierbei ist das Ausmass der Nebenwirkungen in hohem Mass von der Art der VR-Anwendung abhängig. Obwohl die Forschung zu VR-Anwendungen bei Kindern in den letzten vier Jahren durch die Verringerung von Grösse und Gewicht der HMD stark zugenommen hat, ist bis heute nicht systematisch untersucht, wie und ob bestimmte Nebenwirkungen auftreten. Auch Langzeitauswirkungen bei Kindern sind bisher nur unzureichend untersucht (Won et al. 2017).

Im Erwachsenenalter sind Studien zu Nebenwirkungen bereits bekannt: Am häufigsten sind die sogenannte *Cybersickness* und *Motion Sickness* beschrieben (Kim et al. 2021), die in etwa mit der klassischen Seekrankheit auf einem stark bewegten Schiff vergleichbar sind. VR-Anwendungen können demnach Schwindel, Kopfschmerzen, Übelkeit und/oder Erbrechen auslösen und gelegentlich während oder nach der Anwendung zu kurzfristigen Sehbeeinträchtigungen führen (Sharples et al. 2008). Hiervon sind laut Munafo et al. (2017) Frauen häufiger betroffen als Männer. Bei längerer VR-Anwendung wurde bei vielen Nutzenden auch eine Überbelastung der Augen festgestellt, die zum sogenannten *Fatigue* (Deutsch «Erschöpfung» und *Eye Strain* («Augenüberbelastung») führen kann. Entscheidend für das Ausmass der Nebenwirkungen ist neben den in 3.1.1 genannten Prädiktoren der Immersionsgrad der Anwendung, das heisst der Grad der kognitiven Eindringtiefe, mit der man zunehmend die Aussenwelt ausblendet. Die erzeugte Immersion und Präsenz sind insbesondere bei jüngeren Altersgruppen derzeit noch schwierig zu objektivieren. Eine Übersicht über die bisher gut dokumentierten Nebenwirkungen gibt Tabelle 1 (orientiert an Steele et al. 2003; Trost et al. 2021).

Nebenwirkung	Beschreibung
Motion-Sickness (Simulations-/Cyberübelkeit bzw. Kinetose)	Schwindel, Übelkeit oder Unwohlsein
Game transfer phenomenon (Spielübertragungsphänomen)	Entfremdung von realweltlichen Objekten aufgrund von Highspeed-Simulationen
Schlafstörungen	Von VR-Brillen emittiertes blaues Licht kann den Schlafrhythmus beeinflussen
Vergenzakkommodationseffekt	Objekte in VR wirken weiter entfernt als sie tatsächlich sind
VR-Traurigkeit	Gefühl von Verlust nach Beendigung der VR-Simulation

Tab. 1: Medizinische Nebenwirkungen bei der Nutzung von VR.

Im Rahmen des interdisziplinären Diskurses zu diesem Beitrag wurde deutlich, dass bisher nur sehr wenige Untersuchungen und keine randomisierten klinischen Studien zu den Nebenwirkungen von VR-Nutzung bei Kindern vorliegen. Nebenwirkungen werden oft nur als Randnotiz beschrieben, eine wissenschaftliche Analyse und Quantifizierung fehlt. Auch die Herstellenden der entsprechenden VR-Hard- und Software stellen bisher noch keine Nutzungsempfehlung für Kinder zu Verfügung.

Die Autor:innen sehen daher einen dringenden Handlungsbedarf zur Quantifizierung der Nebenwirkungen. Zudem ergeben sich auch weiterführende offene Fragen wie: Welche maximale Nutzungsdauer sollte eingehalten werden, um die oben genannten Nebenwirkungen nach Möglichkeit zu vermeiden? Ist es möglicherweise erforderlich (wie bei vielen anderen Medien auch), unterschiedliche Empfehlungen für verschiedene Altersgruppen zu entwickeln?

3.2 Pädagogische Perspektive

Mit einem pädagogischen Blick auf VR im Schulkontext rückt die Begleitung von individuellen Bildungs- und Erziehungsprozessen der Kinder in den Fokus, insbesondere wenn Schüler:innen sich *zum ersten Mal* mit der ihr noch unbekannten Technologie auseinandersetzen.

3.2.1 Begleitung von Schüler:innen mit Beeinträchtigungen

Menschen mit einer körperlichen und/oder sozial-emotionalen Beeinträchtigung wie ADHS, Depressionen oder Angststörungen können Schwierigkeiten bei der Unterscheidung der Realitäten haben (Kang und Kang 2019). Dies kann nicht nur Schüler:innen mit einem ausgewiesenen (sonderpädagogischen) Förderbedarf betreffen, sondern auch jene, die Schwierigkeiten in der Verarbeitung aussergewöhnlicher Wahrnehmungsreize wie übermässig schnellem Bild- und Tonwechsel (siehe

auch 3.1). Die Vorbereitung, genaue Beobachtung und individuelle Begleitung von Schüler:innen mit Beeinträchtigungen vor, während und nach einer VR-Exploration stellt eine Herausforderung für Lehrkräfte dar.

3.2.2 Barrierefreiheit

Zugangsbarrieren wie die Beschaffenheit der Apparatur oder aufgrund der Gestaltung und Navigation von Anwendungen können dazu führen, dass Kinder mit Beeinträchtigungen an den VR-basierten Bildungsangeboten nicht teilhaben können. Hier muss pädagogisch abgewogen werden, ob und in welchem Masse die Lehrkräfte differenzierte VR-Lernszenarien vorbereiten und damit auf eine diverse Lerngruppe eingehen können. Für eine inklusionsorientierte Ausrichtung von VR im Unterricht gilt es, die Prinzipien des *Universal Design* zu beachten (Wember und Melle 2018).

3.2.3 Kultur, Geschlecht und Mobbing

Aus kulturellen oder religiösen Gründen kann die Nutzung von VR ein Hindernis für Schüler:innen darstellen, wenn sie körperlich nicht berührt werden möchten oder eine kritische Haltung gegenüber der VR-Technologie einnehmen (Southgate et al. 2019). Zudem zeigen sich geschlechtsspezifische Unterschiede: Mädchen haben u.a. weniger Zugang zu und weniger Erfahrung mit VR im Vergleich zu Jungen. Sie zeigen im Gegensatz zu Jungen Unwohlsein/Scham, wenn sie während der VR-Erfahrung beobachtet werden (Southgate 2020). Neben diesen sensibel zu betrachtenden Erkenntnissen können insbesondere Erlebnisse in Social VR und mit Avataren auslösende Situationen für Mobbing bis hin zu sexueller Belästigung darstellen.

3.2.4 Aufklärung der Eltern

Die Aufklärung von Erziehungsberechtigten zu Spezifika der VR-Technologie ist eine weitere grosse Herausforderung für Lehrkräfte, da die hier aufgezeigten Risiken höchst sensible Themen darstellen. Befragungen von Eltern zu den körperlichen Aktivitäten ihrer Kinder in VR zeigen, dass sie Bedenken haben hinsichtlich des Suchtpotenzials, der Darstellung von Gewalt und des Umgangs mit (Daten-)Sicherheit (McMichael et al. 2020). Hier liegen noch keine spezifischen Leitlinien für Präventionsmassnahmen vor.

Zusammenfassend fehlen zum pädagogischen Umgang mit Diversität in VR-Lerngruppen noch grundlegende Kenntnisse – insbesondere, wie Schüler:innen VR erleben und wie die Lehr- und pädagogischen Fachkräfte sie in (inklusiven) Lehr-/Lernsettings begleiten und unterstützen können und sollten.

3.3 Didaktische Perspektive

Aus didaktischer Perspektive werden Bedenken diskutiert, die sich auf organisatorische Rahmenbedingungen, die Akteur:innen, die als hedonistisch wahrgenommene Technologie sowie die Verfügbarkeit der Anwendungen beziehen.

3.3.1 Organisatorische Rahmenbedingungen

VR-Settings benötigen je nach Anwendung einen Bewegungsfreiraum von mehreren Quadratmetern, der in einem üblichen Klassenraum nicht vorhanden ist. Als weitere Herausforderung muss bei PC-gebundenen VR-Systemen auch ein Ort gefunden werden, an dem der Computer mit den VR-Systemen aufgestellt werden kann, der in unmittelbarer Nähe zu dem Bewegungsfreiraum liegen muss. Bei Standalone-HMDs ist eine WLAN-Infrastruktur erforderlich. Auch die zeitlichen Rahmenbedingungen und die mangelnde Flexibilität des klassischen Schulsystems (feste Stundenpläne sowie Lernen in Fächern mit zeitlicher und räumlicher Verankerung) können den Einsatz VR-bezogener Lernarrangements einschränken. Die Vorbereitungszeit des technischen Aufbaus ist eine Herausforderung, die für einzelne, relativ kurze Unterrichtseinheiten in einem Missverhältnis zur Nutzungszeit stehen kann.

3.3.2 Akteur:innen

Die zur Verfügung stehenden Geräte wie beispielsweise HMDs oder auch Lernsoftware decken sich nur in den seltensten Fällen mit der Anzahl der Schüler:innen im Klassenverband. Es stellt sich die Frage, welche (Lern-)Aktivitäten die Schüler:innen durchführen, die die Technik nicht nutzen können. Es können zwar helfende und begleitende Personen organisiert werden, diese müssen jedoch nicht nur verantwortungsbewusst sein, sondern auch rudimentäre Erfahrung in der Unterstützung besitzen. Darüber hinaus ist qualifiziertes Hilfspersonal zur Umsetzung von VR-Szenarien gerade im Schulalltag (fast) unmöglich zu erreichen. Dies betrifft vor allem die technische Hilfe bei auftretenden Problemen mit der VR-Anwendung.

3.3.3 VR als hedonistische Technologie

Bisherige Studien zu VR im Bildungskontext verweisen auf die motivierende/motivationale «Wirkung» von VR-Anwendungen, die schliesslich in besserem Lernen resultieren soll (Radianti et al. 2020). Diese Annahme gründet auf einem kontrovers diskutierten Verständnis von Lehren und Lernen: Technologie als kausaler Auslöser für (Lern-)Wirkungen (Kerres 2020; Clark 1994). Es wurde vielfach gezeigt, dass die durch Medien und Technologien hervorgerufenen motivationalen Effekte meist nur kurz auftreten (Novelty-Effect) und sich langfristig keine Vorteile durch den Einsatz zeigen. Lernerfolge sind stärker an die Lernaktivitäten gebunden, was unter Einbezug des *Amount of Invested Mental Effort* (AIME) Modells von Salomon (1983) erklärt werden kann: Emotionale Eingebundenheit kann zu einer geringeren mentalen

Anstrengung führen, d.h. die Technologie wird zwar als unterhaltsam und motivierend empfunden, jedoch nicht als «echte» Lerntechnologie. Nach van der Hejden (2004) werden solche Technologien als «hedonic systems» bezeichnet, die im Gegensatz zu «utilitarian systems» nicht als nützlich für das Lernen wahrgenommen, aber gemocht werden. Schwab et al. (2018) weisen darauf hin, dass für zeitgemässe Technologien noch wenig Forschung zu dieser Herausforderung vorliegt, jedoch ein entsprechender Effekt angenommen werden kann.

3.3.4 Verfügbarkeit von VR-Lernanwendungen

Die meisten VR-Lernanwendungen stehen englischsprachig zur Verfügung. So können abhängig vom sprachlichen Niveau zentrale Inhalte von den Schüler:innen, aber auch von den Lehrkräften nicht vollständig verstanden werden. In den Fächern, die durch eine fachliche Unterrichtssprache geprägt sind, ist das Erlernen der englischen Fachsprache eine Voraussetzung, die die vorhandene Heterogenität deutlich vergrössern kann. Wenn etwa physikalische Fachbegriffe in einem Simulationsexperiment im Physikunterricht nicht thematisiert wurden, können die fachlichen Sachverhalte nicht adäquat gelernt werden. Als Herausforderung muss ausgewiesen werden, dass die verfügbaren VR-Anwendungen meist nicht wirklich als Lernanwendungen eingestuft werden können: Beim Anne Frank VR Haus (Anne Frank Haus 2018) gibt es keine echten Interaktionsmöglichkeiten oder in Ocean Rift (Oculus 2019) werden geschriebener und gesprochener Text gleichzeitig dargeboten und die Lernenden verbleiben in einer gänzlich passiven Rolle.

Eine weitere Herausforderung betrifft die Fokussierung der (englischsprachigen) VR-Anwendungen auf den US-Amerikanischen bzw. westlichen Lebensraum. Dies kann zwar inhaltlich aufgegriffen und reflektiert werden und ist im Sinne des exemplarischen Lernens durchaus vertretbar. Da es auf dem Markt jedoch (noch) keine Alternativen gibt, ist diese Fokussierung vorbestimmt und Lehrkräfte haben keinen Entscheidungsspielraum.

3.4 Technische Perspektive

Aus der technischen Perspektive lassen sich primär drei Bereiche von Bedenken bzw. Risiken hervorheben, die teilweise bereits implizit in den anderen Perspektiven angeschnitten wurden: Unzureichende technische Kompetenzen im Kontext einer rasanten technologischen Entwicklung, herausfordernde Einsatzsicherheit und schwer abzuschätzende Kosten.

3.4.1 Technische Kompetenzen

Der Einsatz und auch die Wartung einer typischerweise aus mehreren HMDs und der Netzwerkinfrastruktur bestehenden VR-Installation erfordert erhebliche technische

Kompetenzen. Sie müssen zudem in einem deutlichen höheren Masse aktualisiert werden als dies für andere, ausgereifte digitale Medien wie Lernmanagementsysteme (LMS) der Fall ist. Dies liegt vor allem daran, dass die VR-Technologie sich aktuell noch in einer Phase der sehr schnellen technologischen Weiterentwicklung befindet.

3.4.2 Einsatzsicherheit

Mangelnde Kompetenzen beim Einsatz von VR führen zudem zu einem erhöhten Risiko, Gefahren auszublenden. So kann das falsche Anlegen von HMDs zu einer anstrengenden Gewichtsverteilung am Kopf führen, wodurch physiologische Nutzungsprobleme wahrscheinlicher werden (Nackenschmerzen). Darüber hinaus können Sicherheitsrisiken auftreten, etwa wenn das Ausblenden der Realität Gefahren im realen Raum verschleiert (spitze Gegenstände, Möbel). Auch eine mangelnde Hygiene setzt Nutzende gesundheitlichen Risiken aus, insbesondere wenn viele Schüler:innen ein HMD abwechselnd nutzen (s. 3.1).

3.4.3 Kosten

Ein heute gekauftes HMD kann in einem Jahr veraltet sein, sodass möglicherweise für Schulen interessante VR-Anwendungen nicht (mehr) funktionieren. Somit stellt sich die Frage, wann der geeignete Zeitpunkt ist, um in VR zu investieren. Diese Frage verschärft sich bzgl. der Kosten für VR-Hardware (aktuell ca. 600 € für eine Pico Neo 2, ca. 450 € für eine Oculus Quest 2), die für Schulen zudem eher in grossen Stückzahlen (Klassensatz) anfallen würden. Hinzu kommen Kosten für die drahtlose Netzwerkinfrastruktur (WLAN), Hygienezubehör sowie Software für Lernanwendungen und zum Multi-Device-Management (MDM). Der rasante technologische Fortschritt verstärkt das Problem zusätzlich, da über Jahre hinweg immer wieder Kosten entstehen können, um auf dem aktuellen technologischen Stand zu bleiben. Wenn VR-HMDs zunehmend im privaten Umfeld verbreitet werden, kann über Bring Your Own Device (BYOD)-Strategien nachgedacht werden (aufgrund der zu berücksichtigenden gesellschaftlichen, digitalen Spaltung nur ergänzend).

3.5 Ethische Ergänzungen

Die ethische Betrachtung von VR-Technologien ist im schulischen Einsatz von besonderer Brisanz, da Kinder immer auch Schutzbefohlene sind. Bei den zuvor dargelegten medizinischen, pädagogischen, didaktischen und technischen Risiken spielten ethische Aspekte (Berücksichtigung von Beeinträchtigungen, Kultur, Religion und Geschlecht sowie digitale Spaltung) daher bereits eine implizite Rolle. Ergänzend werden in diesem Abschnitt noch zwei weitere grundsätzliche ethische Bedenken dargestellt.

3.5.1 Macht der Entwickler:innen

Entwickler:innen von VR-Anwendungen erzeugen in hohem Masse glaubhafte Situationen. Dies unterscheidet sie etwa von Entwickler:innen klassischer Office-Anwendungen für die Bildschirmarbeit, die es kaum schaffen, die Nutzerinnen und Nutzer in glaubhafte künstliche Situationen hineinzuversetzen. Entwickler:innen einer VR-Erfahrung erhalten jedoch durch die hohe Immersion noch stärker die Macht, den Grossteil der auf Nutzende wirkenden Reize gezielt kontrollieren zu können. Im Gegensatz zu physischen Umgebungen können VR-Umgebungen schnell und einfach verändert werden, um das Verhalten von Menschen zu beeinflussen (Madary und Metzinger 2016). Der VR-Pionier Jaron Lanier geht sogar soweit, VR mit einer «Skinner-Box» (für Verhaltensexperimente an Tieren) zu vergleichen und bezeichnet sie – etwas plakativ – als das «perfekte Werkzeug für die perfekte und perfekt böse Skinner-Box» (Lanier 2018).

Weiterhin können über diese Macht Dritte in die Lage versetzt werden, falsche Erinnerungen/Erfahrungen ohne das Einverständnis oder die mentale Anstrengung einer Person hervorzurufen. Kinder und Jugendliche im Alter von 6-18 Jahren berichten, verglichen mit Erwachsenen im Alter von 19-65 Jahren, über ein höheres Mass an Präsenz und «Realitätsnähe» virtueller Umgebungen (Sharar et al. 2007). Kinder im Alter von 6-7 Jahren, die einer VR-Erfahrung ausgesetzt waren, neigten zudem dazu, sich nach einer Woche an das Ereignis als real zu erinnern (Segovia und Bailenson 2009). Diese Phänomene verdeutlichen das hohe Risiko durch einen unbedachten schulischen Einsatz beliebiger VR-Lernanwendungen.

3.5.2 Datenschutz

Insbesondere die HMDs von Meta (ehemals Facebook) zeichnen sich durch eine intensive Datensammlung und Kommunikation innerhalb des Meta-Ökosystems aus. Auch ein grosser Teil der sonstigen aktuellen VR-Anwendungen (z.B. das SocialVR-Tool «AltspaceVR» von Microsoft) sammelt und verarbeitet persönliche Daten. Aktuelle Datenschutzverordnungen werden durch die Nutzung solcher HMDs und Tools daher nicht berücksichtigt. Ihre Verwendung innerhalb des Unterrichts ist somit weder ethisch noch juristisch zulässig.

4. Durchführung immersiver schulischer Lernszenarien

Wie zuvor dargestellt, ist der Einsatz von VR im Schulunterricht mit einer Vielzahl von Unsicherheiten und konkreten Herausforderungen verbunden, wird jedoch aufgrund seines Potenzials mit hoher Wahrscheinlichkeit unabwendbar zunehmen. Die folgenden Empfehlungen sind daher als Diskussionsgrundlage zu verstehen. Sie basieren teilweise auf der eigenen Empirie der Autor:innen in ihren jeweiligen Fachdisziplinen und Forschungsprojekten. Die Empfehlungen sollen als Orientierung für Lehrende,

Lernende, Eltern und Bildungsinstitutionen bei der Durchführung immersiver schulischer Lernszenarien dienen. Zudem werden erste Handlungsempfehlungen für politische Akteur:innen sowie Gestaltungsempfehlungen für Entwickler:innen von VR-Anwendungen für den schulischen Kontext und noch offene Forschungsfragen formuliert.

4.1 Empfehlungen für Lehrende

4.1.1 Individuelle Voraussetzungen beachten

Eine genaue Beobachtung, individuelle Begleitung und differenzierte Förderung einzelner Schüler:innen ist hier vor, während und nach der VR-Exploration angezeigt und eine grundlegende Auseinandersetzung mit der eigenen Haltung gegenüber Diversität in Lerngruppen wird in diesem Kontext unabdingbar: Insbesondere die Dimensionen Behinderung, Religion und Weltanschauung sowie Geschlecht werden beim Einsatz von VR im Unterricht bedeutsam. Es empfiehlt sich, aufseiten der Lehrenden einen sensiblen Zugang zu diesen Themen zu finden, sie gemeinsam mit Schüler:innen zu adressieren und als festen Bestandteil von VR-Lernszenarien zu verstehen. Kollegiale Beratungen zu individuellen Beobachtungen können die Zusammenarbeit von Lehr- und Fachkräften unterstützen.

In Vorbereitung auf einen VR-Einsatz ist es unabdingbar, entsprechend den gegebenen Voraussetzungen in der Gruppe der Lernenden mögliche Risikofaktoren für eine VR-Anwendung zu identifizieren, potenzielle Nebenwirkungen aufzuzeigen und diese mit allen Beteiligten zu kommunizieren. Dies wird nur durch eine umfängliche Schulung der Lehrenden im Vorfeld umsetzbar sein. Da Häufigkeit und Ausmass der Nebenwirkungen (insbesondere der Motion Sickness) stark von der Art der verwendeten Simulation abhängig sind, sollten diese immer in den konkreten Kontext der geplanten VR-Anwendung gesetzt werden. Auch das Alter der Lernenden sollte unbedingt berücksichtigt werden. Empfehlungen zur Nutzungsdauer können aktuell immer nur aus aktuellen Empfehlungen für Erwachsene abstrahiert werden. Die Datenlage ist unter anderem deshalb so mangelhaft, weil viele Metaanalysen aus dem medizinisch-psychologischen Bereich, die sich mit dem Effekt von VR-Anwendungen beschäftigten, als Zielparameter meist die VR-Wirkung in den Vordergrund stellen. Detaillierte Angaben dazu, ob bei Studienteilnehmenden Nebenwirkungen auftraten und wie lange die Nutzungsdauer betrug, fehlen meist. Die Autor:innen möchten daher festhalten, dass hier, insbesondere für Kinder, dringend gute prospektive Studien notwendig sind. Bis dahin sollten Lehrende in Bezug auf die empfohlene Nutzungsdauer sowohl die offiziellen Gesundheits- und Sicherheitshinweise des herstellenden Unternehmens als auch diejenigen der spezifischen VR-Anwendung berücksichtigen, um diese in Kontext zum Alter der Anwendenden und der beabsichtigten Nutzung zu

setzen. Die Autor:innen möchten ihre Erfahrung aus dem klinischen Kontext ergänzen und eine maximale Nutzungsdauer von 15-20 Minuten ohne Pause empfehlen. Die Nutzungsdauer von wenigen Minuten kann sukzessive steigen, wenn die Lernenden genau beobachtet werden.

Vergleichbare Empfehlungen für den allgemeinen Medienkonsum im Kindesalter setzen einen deutlich grosszügigeren Rahmen von ein bis zwei Stunden Mediennutzung pro Tag (Ernest et al. 2014). Bei jeglichem Auftreten von Nebenwirkungen sollte die VR-Anwendung sofort unterbrochen und die Brille vom Kopf genommen werden.

Für Erwachsene wird in aktuellen Publikationen zu diesem Thema eine maximale Nutzungsdauer von 55-70 Minuten empfohlen, in der hier zitierten Untersuchung waren die Probanden aber bereits mit VR-Anwendungen im Allgemeinen vertraut (Kourtesis et al. 2019). Zudem scheint ein Zusammenhang zwischen der Nutzungsdauer und dem Auftreten von Nebenwirkungen zu bestehen (Saredakis et al. 2020).

Darüber hinaus wird ein Präventionskonzept für den Einsatz im schulischen Kontext benötigt, ebenso wie grundlegende Erkenntnisse darüber, wie Kinder mit Beeinträchtigung VR erleben. Grundsätzlich ist eine individuelle Differenzierung von Aufgaben in VR zu empfehlen. Zudem sollte, insbesondere bei der Neueinführung von VR, nach jeder VR-Anwendung eine gezielte Nachbereitung erfolgen, in der mithilfe einer kurzen Checkliste die Erfahrungen der Kinder dokumentiert und diskutiert werden.

4.1.2 Kooperationen und kooperatives Lernen ermöglichen

Um den organisatorischen Herausforderungen zu begegnen, bietet sich der Einsatz von VR-Anwendungen im Rahmen von Projekten oder Zusatzangeboten (VR-Workshops oder -Werkstätten) an. Solche können auch in Kooperation mit Forschungsinstitutionen geplant und durchgeführt werden (Buchner und Aretz 2020), ebenso wie die Integration von VR-Applikationen im fächerübergreifenden Unterricht. Damit könnten auch die zeitlich begrenzten Unterrichtseinheiten aufgelöst werden, etwa wenn Lehrpersonen der naturwissenschaftlichen Fächer für einen Vormittag ein Lernszenario mit VR-Unterstützung planen und durchführen. Auch Ausflüge zu regionalen VR-Unternehmen sind vorstellbar.

Die Problematik der Akteur:innen kann unter Einbezug kooperativen Lernens adressiert werden. Southgate et al. (2019) schreiben dazu, dass die Lernenden ausserhalb der VR als Unterstützung fungieren können, um bei auftretendem Schwindel einzugreifen oder auf Gefahrenquellen bei zu starken Bewegungen hinzuweisen. Als Alternative bietet sich an, eine VR-Anwendung in ein didaktisches Szenario mit verschiedenen Lernstationen einzubinden.

4.1.3 Lernumgebungen mit VR gestalten

Lehrende sollten VR-Anwendungen nicht als alleinige Bildungsressource betrachten, sondern diese stets in didaktisches Design einbetten. Damit wird für die Lernenden erkennbar, dass die Technologie nicht nur eine spassige Alternative zum klassischen Unterricht darstellt, sondern als wichtige Lernressource zur Erreichung von Lernzielen beiträgt. So stellt das bereits genannte Anne Frank VR Haus in der VR keine Lernaktivitäten bereit, diese können jedoch von Lehrenden darüber hinaus initiiert werden. Parong und Mayer (2018) konnten zeigen, dass das Lernen mit einer in kleinere Abschnitte unterteilten VR-Simulation in Kombination mit herkömmlichen Lernaktivitäten sowohl effektiv hinsichtlich des Lernerfolgs ist als auch affektive Lernziele positiv adressieren kann. Räumlich wird empfohlen, eine Fläche von mindestens vier mal vier Metern, idealerweise fünf mal fünf Metern, bereitzustellen.

4.1.4 Aufklärung von Schüler:innen und deren Eltern

Schüler:innen müssen über die VR-Technologie und deren Wirkmechanismen im Vorfeld aufgeklärt sowie während und nach den Erfahrungen mit VR reflexiv begleitet werden, um übergriffigen Erfahrungen vorzubeugen. Sie müssen vor der Nutzung auch über mögliche Nebenwirkungen aufgeklärt werden, die aufgrund der Anwendung von VR-Technologie auftreten können. Weiterhin sollten Kinder, die für die Anwendung von VR-Technologie aus medizinischer Perspektive nicht infrage kommen, sicher identifiziert und aufgeklärt werden, um negative und frustrierende Erfahrungen zu vermeiden. Aufgrund der durch Kinder empfundenen Präsenz und Realitätsnähe sowie der Art der Erinnerungseinordnung wird empfohlen, VR eher mit einer Exkursion als der Nutzung eines digitalen Tools zu vergleichen.

Ebenso bedarf es angepasster Materialien und praktischer Angebote in Form von Beratung und handlungsorientierten Workshops für die Aufklärung von Eltern zur Nutzung von VR als Bildungsangebot. Ein konkretes Konzept für eine möglichst partizipativ ausgerichtete Zusammenarbeit von Bildungsinstitution und Erziehungsberechtigten zum Lernen mit, in und durch VR wird benötigt. Da der Lernerfolg von Kindern in hohem Masse von der Unterstützung ihrer Eltern abhängt, werden Lehrkräfte auch hier damit beauftragt, eine enge Zusammenarbeit mit ihnen anzuregen und zu gestalten (KMK 2018): Erfahrungsorientierte Workshops, Informations- und Explorationsveranstaltungen (etwa Elternabende) sowie schriftliche und bebilderte Informationsmaterialien in leichter Sprache sind hier ebenso denkbar wie die Einbindung interessierter Elternvertretender in konkrete Lernszenarien im Unterricht. Sinnvoll erscheint das Einführen eines Aufklärungsbogens im Sinne einer medizinischen Aufklärung, der von den Eltern vor der VR-Nutzung ihrer Kinder unterschrieben werden muss (Tab. 2).

Bezeichnung	Kurzbeschreibung
Individuelle Voraussetzungen	Einfluss- und Risikofaktoren (u.a. Behinderung, Religion, Geschlecht) und max. 15-20 min. Nutzung beachten und mit Beteiligten reflektieren
Kooperationen und kooperatives Lernen	Mit ausserschulischen Institutionen zusammenarbeiten und Unterstützung unter Lernenden anbahnen
Lernumgebungen mit VR gestalten	VR als Bildungsressource in ein grösseres/längerfristiges didaktisches Design integrieren
Aufklärung von Schüler:innen und deren Eltern	Beteiligte durch Informationen und Explorationen über mögliche Nebenwirkungen und übergriffigen Erfahrungen aufklären

Tab. 2: Übersicht über Empfehlungen für Lehrende.

4.2 Empfehlungen für Lernende und Eltern

Um an dem «gemeinsamen Ziel der Bildungs- und Erziehungspartnerschaft von Schule und Eltern» (KMK 2018, 3) mitzuarbeiten, ist es für Eltern denkbar, sich über die eingesetzten Lernanwendungen zu informieren und sie selbst auszuprobieren. *Handlungsorientierte Elternabende* können hier eine Gelegenheit sein, konkrete Einblicke in die VR-Technologie zu erhalten und gemeinsam mit anderen Eltern sowie der Lehrkraft darüber zu diskutieren. Durch den Kontakt mit der Technologie können Stärken und Schwächen der Lernarrangements identifiziert, die Begeisterung oder Ablehnung der Kinder nachvollzogen und im Dialog zwischen Kindern und Lehrkräften Unterstützungsangebote weiterentwickelt werden. Falls aus dem privaten Bereich Vorerfahrungen vorhanden sind, sollte dies der Lehrkraft mitgeteilt werden, damit diese Kinder sich als Peer-Expert:innen im Unterricht einbringen können.

Vonseiten der Lernenden sollte die Lehrkraft entweder unmittelbar oder durch die Eltern vermittelt darüber informiert werden, wenn potenzielle Irritationen, Motion Sickness oder Unwohlsein in der Nutzung auftritt (Tab. 3).

Bezeichnung	Kurzbeschreibung
Informieren, erproben & diskutieren	Eltern erproben VR-Technologie und Lernszenarien, diskutieren mögliche Stärken und Schwächen
Vorerfahrungen einbringen	(Private) Vorerfahrungen als Peer-Expertin oder -Experte im Unterricht einbringen
Irritationen mitteilen	Irritationen, Motion Sickness oder Unwohlsein unmittelbar oder über Eltern mitteilen

Tab. 3: Übersicht über Empfehlungen für Lernende und Eltern.

4.3 Empfehlungen für Bildungsinstitutionen

4.3.1 Räumliche Voraussetzungen oder einen flexiblen Zugang schaffen

Auf schulischer Ebene sollten die organisatorischen und räumlichen Voraussetzungen geschaffen werden. Wünschenswert und zielführend ist die Einrichtung eines Extraraums als VR-Labor. Hierzu eignet sich auch die Einrichtung eines Makerspace, in dem u.a. VR-Anwendungen einen Teil des Equipments ausmachen. Als Alternative können Schulen ihre Klassen mit flexiblen Möbeln ausstatten, sodass schnell und unkompliziert Freiraum geschaffen werden kann.

Grundsätzlich liesse sich mit mobilen VR-Systemen auch das Schulgebäude an sich als «Raum» nutzen (Buchner und Aretz 2020). Hier gilt es, Rücksicht auf die anderen Klassen sowie die Pausenzeiten zu nehmen. Für eine flexible und breite Nutzung könnten – analog zu Laptop oder Tablet-Systemen – VR-Koffer angeschafft werden, die sich auch für Turnhallen, Bewegungsräume oder Aulen eignen. So kann auch die *Room-Scale Technologie* mit erhöhtem Bewegungspotenzial ausgenutzt werden (Lipinski et al. 2020).

4.3.2 Unterstützungssysteme schaffen

Der Einsatz von VR kann als *Schulentwicklungsprozess* die kollaborative Unterrichtsvorbereitung und -durchführung erweitern oder initiieren. So können interdisziplinäre VR-Teams entstehen, die über das Explorieren von neuer Software sukzessive Einsatzszenarien sammeln, testen und optimieren. Es ist zu empfehlen, VR-Beauftragte zu etablieren. Diese könnten auf schulischer oder auf regionaler Ebene Ansprechpartnerin bzw. -partner für Einsatzszenarien sein. Schul- bzw. Verantwortungstragende in der Bildungspolitik müssten die Rahmenbedingungen für dieses Personal schaffen. Aufgaben im Rahmen der Unterstützung können von einer AG mit interessierten Schüler:innen übernommen werden, die neben den VR-Beauftragten als Peer-Expert:innen eingebunden werden können.

Auf der Ebene der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften ist es die Aufgabe der Hochschulen, das bestehende Seminar- und Fortbildungsangebot auszubauen. Auf hochschuldidaktischer Ebene zeigen Schäfer et al. (2021) Gelingensbedingungen des forschenden Lernens mit, durch und über VR auf, die im Rahmen der Lehrkräftebildung von Studierenden als zielführend eingeschätzt werden.

Bezeichnung	Kurzbeschreibung
Räumliche Voraussetzungen	Extraraum oder Flure, Aula und Bewegungsräume flexibel öffnen; leicht verstellbares Mobiliar
Unterstützungssysteme	Interdisziplinäre VR-Teams, AGs mit Peer-Expert:innen und VR-Beauftragte etablieren
Aus- und Weiterbildung	Fortbildungsangebote unter Beachtung des Forschenden Lernens in VR ausbauen

Tab. 4: Übersicht über Empfehlungen für Bildungsinstitutionen.

4.4 Empfehlungen für politische und weitere Akteur:innen

4.4.1 Investitionen und Strukturen schaffen

Insbesondere die Empfehlungen für Bildungsinstitutionen zeigen bereits Handlungsempfehlungen auf, die Investitionen für Schulen erforderlich machen. Auch im Hinblick auf andere digitale Medien muss die Anzahl der Lehrkräfte an Schulen erhöht werden, um den Prozess der Medieneinführung adäquat begleiten zu können. Auch die Anschaffung, Wartung und Aktualisierung von Geräte-Setups wie VR-Koffer sowie der Aufbau interdisziplinärer beratender VR-Teams sind kaum praktisch an öffentlichen Schulen selbst durchführbar. Diese Massnahmen müssen vor allem auf kommunaler und/oder regionaler Ebene gebündelt und nach Bedarf an die Schulen gebracht werden. Hier empfiehlt sich der Aufbau entsprechender Strukturen und Angebote sowie die gezielte finanzielle Förderung durch Schul- und Bildungsministerien.

4.4.2 Leitfäden anbieten

Im Zuge der Investitionen in digitale Bildung und deren Infrastrukturen sollten somit Äquivalente zu anderen Unterrichtsunterstützungen und -regelungen entstehen. So gibt etwa das Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen im Rahmen seiner «Sicherheitsförderung im Schulsport» (2020) konkret vor, welche Anforderungen beim Unterricht zu konkreten Sportarten an die Organisation, Lehrende sowie Lernende gestellt werden müssen. Vergleichbare Handreichungen sind als Leitfäden für den Einsatz digitaler Lernanwendungen zwingend erforderlich, insbesondere für VR-Lernanwendungen.

4.4.3 Zusammenarbeit mit anderen Akteur:innen fördern

Neben diesen politischen Institutionen wird hier auch die Zusammenarbeit von Schulen mit lokalen und regionalen Akteur:innen aus Wissenschaft und Wirtschaft empfohlen. Hochschulen haben häufig bereits Arbeitsgruppen, die das Thema des VR-Einsatzes für Lehr- und Lernzwecke bearbeiten. Sie können mit ihrer Expertise und konkreten Erfahrungen beim Kompetenzaufbau an Schulen und der Durchführung von VR-nutzenden Unterrichtseinheiten unterstützen und diese Aktivitäten wiederum im Rahmen der eigenen Forschungs- und Transferprojekte verwerten.

Im wirtschaftlichen und gemeinnützigen Bereich haben sich zudem in den letzten fünf bis sieben Jahren verschiedene VR-bezogene Interessenverbände etabliert.[1] Diese sind insbesondere im Bereich der beruflichen Bildung sehr aktiv. Hier ist zu empfehlen, die gewonnenen Erfahrungen auch in den schulischen Bereich einfliessen zu lassen und im Gegenzug schulische Praxispartner:innen für die eigene Arbeit zu begeistern. Der Bereich der Zertifizierung von für den Schulunterricht geeigneten VR-Lernmaterialien ist noch nahezu unerschlossen. Institutionen mit entsprechender Reputation sollten diese Aufgabe wahrnehmen und dadurch nicht nur Lehrkräften und Schulen wertvolle Entscheidungshilfen anbieten, sondern sich darüber hinaus auch neue, gewinnbringende Tätigkeitsfelder erschliessen.

4.4.4 VR in Fachgesellschaften in den Fokus nehmen

Zudem wird den Fachgesellschaften im Kontext konkreter Unterrichtsfächer empfohlen, das Thema VR stärker in den Fokus zu nehmen und ggf. selbst konkrete Lernanwendungen zu empfehlen oder zu fördern. Für die Informatik engagiert sich beispielsweise die *Gesellschaft für Informatik* (GI) bereits aktiv mit dem Arbeitskreis «VR/AR-Learning» als Anlaufstelle für VR-Interessierte.

Bezeichnung	Kurzbeschreibung
Investitionen und Strukturen	Personalsituation verbessern, VR-Technik regional bündeln
Leitfäden	Gestaltungsempfehlungen für Lehrkräfte entwickeln
Zusammenarbeit mit anderen Akteuren	(regionale) Wissenschaft und Wirtschaft einbeziehen
VR in Fachgesellschaften	VR als Thema in fachdisziplinbezogenen Gesellschaften fördern

Tab. 5: Übersicht über Empfehlungen für Politik und Gruppierungen.

4.5 Empfehlungen an VR-Entwickler:innen

4.5.1 Didaktisch motiviert entwickeln

Im Fokus der Entwicklung einer VR-Lernanwendung sollte der didaktische Nutzen stehen. Eine Vielzahl der bisherigen VR-Lernanwendungen setzt auf das Potenzial der Visualisierung. Darüber hinaus braucht es Interaktionsmöglichkeiten, sowohl mit den virtuellen Elementen als auch anderen Lernenden und/oder Lehrenden (Dengel et al. 2021). Auch das freie Explorieren oder Experimentieren mit nicht-zugänglichen Phänomenen sollte in VR-Lernumgebungen realisiert werden (Hellriegel und Čubela 2018) sowie das Trainieren von handlungsorientierten Tätigkeiten, Fertigkeiten und

1 Beispiele: EDFVR e.V., VRBB e.V.

Prozessen (Zender et al. 2020). Dazu braucht es Lernanwendungen, mit denen sich Lernziele erreichen lassen: Lernziele können durchaus divers sein, jedoch hat sich bisher gezeigt, dass sich VR eher für die Entwicklung prozeduralen Wissens und das Trainieren von Skills eignet als für die reine Vermittlung deklarativen Wissens (Makransky und Petersen 2021). Dabei sollten zumindest bekannte Prinzipien aus der Multimedia-Forschung (Mayer 2020) berücksichtigt werden, sodass keine kognitive Über- oder Unterforderung beim Lernen in VR auftritt (Mulders et al. 2020).

4.5.2 Zielgruppe aktiv einbinden

Um den didaktischen Nutzen zu berücksichtigen, sollten VR-Lernanwendungen (wie andere digitale Software) unbedingt zusammen mit Vertretenden der künftigen Zielgruppe konzipiert und entwickelt werden. Im vorliegenden Fall sind somit Akteur:innen aus dem Schulumfeld (Lehrkräfte, Schüler:innen, Schulsozialarbeitende, Verlage) frühzeitig und kontinuierlich in die Entwicklung einbeziehen. Sie sollten zudem während der Entwicklungsarbeiten so oft wie möglich die Gelegenheit haben, Zwischenstände auszuprobieren und dazu Feedback an die Entwickler:innen weiterzugeben.

4.5.3 Inklusion berücksichtigen

Ein besonderes Augenmerk sollte auf Barrierefreiheit und Inklusion gelegt werden, da Kinder mit einer Beeinträchtigung durch VR zusätzlichen Herausforderungen ausgesetzt sein können. Schüler:innen mit einer Sehbeeinträchtigung benötigen etwa eine Audiodeskription zu den visuellen Reizen in VR und für Kinder mit körperlichen Beeinträchtigungen müssen ggf. Controller-Funktionen angepasst werden. Gehörlose Schüler:innen werden mit Untertiteln oder bevorzugt mit der Einbindung von Gebärdendolmetscher:innen in VR unterstützt. Für Menschen mit sozial-emotionalen Beeinträchtigungen sollten «wahrnehmungsfreundliche» Umgebungen und Anwendungen entwickelt und ausgewählt werden, die auf unvorhergesehene und schnelle Richtungs-, Bild- und Tonwechsel verzichten. Bei der Entwicklung von VR-Lernanwendungen sollten somit frühzeitig die Schüler:innen selbst sowie Inklusionsbeauftragte aus Schulen und anderen Institutionen eingebunden werden.

4.5.4 Auf lokale Datenhaltung setzen

Auch softwarearchitektonische Besonderheiten sind zu berücksichtigen: Die Verarbeitung personengebundener Daten unterliegt besonderen Restriktionen (DSGVO-Konformität in Deutschland). Noch sensibler sollte der Umgang mit personengebundenen Daten Minderjähriger erfolgen. Daher sollten VR-Lernanwendungen für den schulischen Bereich möglichst auf eine lokale Datenhaltung bzw. selbst-hostbare Server-Lösungen statt auf Cloud-Dienste setzen. Damit kann auch das Problem der schwachen Internetanbindung von Schulen umgangen werden.

4.5.5 Abwärts- und geräteübergreifende Kompatibilität sicherstellen

Schulen sind aufgrund des oft unzureichenden Budgets darauf angewiesen, Investitionen in Lern-Software und Geräte zu bestimmten Zeitpunkten (Verfügbarkeit von Fördermitteln) durchzuführen. Um eine möglichst lange Nutzbarkeit der entwickelten VR-Lernsoftware zu erreichen, sollte diese möglichst lange auch auf älteren HMDs nutzbar sein. Entwickler:innen wird daher geraten, neben der geräteübergreifenden Kompatibilität ihrer Lösungen auch auf Abwärtskompatibilität zu achten. Tabelle 6 fasst die Themen dieses Abschnitts zusammen.

Bezeichnung	Kurzbeschreibung
Didaktik im Fokus	didaktisch statt technisch motiviert entwickeln
Entwicklung mit Zielgruppen	schulische Akteur:innen durchgehend einbinden, agil entwickeln
Inklusion	Anforderungen von Schüler:innen mit Beeinträchtigungen berücksichtigen
lokale Datenhaltung	v. a. personenbezogene Daten lokal speichern, Anwendungen lokal hosten
Kompatibilität	ältere Hardware und Geräte verschiedener Hersteller berücksichtigen

Tab. 6: Übersicht über Empfehlungen für Entwickler:innen.

5. Zusammenfassung und nächste Schritte

In diesem Beitrag wurden die medizinischen, pädagogischen, didaktischen, technischen und ethischen Bedenken und Risiken des Einsatzes von VR-Technologien im Schulunterricht beleuchtet. Diese sind keinesfalls als vollständige Liste zu verstehen, sondern vielmehr als Ausgangspunkt für die künftige interdisziplinäre Zusammenstellung von Herausforderungen für den schulischen VR-Einsatz. Das Ziel ist dabei keinesfalls die Verhinderung von VR-Lernszenarien, sondern vielmehr deren sensibilisierte und reflektierte Gestaltung und Durchführung. Daher wurden ebenfalls erste Gestaltungsempfehlungen für die im Bildungskontext direkt oder indirekt beteiligten Akteur:innen gegeben.

Im Sommer/Herbst 2022 führen die Autor:innen einen öffentlichen KickOff-Workshop mit interessierten Akteur:innen durch. Ziel ist, die hier zusammengetragenen Bedenken, Risiken und Einsatzempfehlungen zu erweitern. Interessierte sind herzlich eingeladen der Mailingliste «Virtual Reality für Schulkinder» beim Deutschen Forschungsnetz (DFN) beizutreten,[2] die über den weiteren Ablauf informiert.

2 Zum Beitreten zur Mailingliste «vrschule@listserv.dfn.de» muss von der einzutragenden E-Mail-Adresse eine E-Mail mit dem Betreff «subscribe vrschule» (ohne Anführungszeichen) an «sympa@listserv.dfn.de» gesendet werden. Es folgt eine Antwort vom Mailserver mit der Bitte, die Anmeldung zu bestätigen. Darin sind die weiteren Schritte zur Anmeldung beschrieben.

Die vorliegende Arbeit hat Lücken in der wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnislage offenbart. Insbesondere zu essenziellen medizinischen Bedenken und Risiken, aber auch in Pädagogik, Didaktik und Informatik fehlen teilweise grundlegende Forschungsarbeiten, beispielsweise zu den folgenden Fragestellungen:

- Wie sehen schulische Konzepte für die Anschaffung, Wartung und Verteilung der VR-Systeme aus?
- Welche didaktischen Designs mit VR-Anwendungen haben sich wie und warum bewährt?
- Welche Rolle spielt VR-Technologie in Schulentwicklungsprozessen?
- Welche maximale Nutzungsdauer sollte eingehalten werden, um Nebenwirkungen zu vermeiden? Ist es erforderlich, unterschiedliche Empfehlungen für verschiedene Altersgruppen zu entwickeln?
- In welchem Zusammenhang erleben Schüler:innen ihre emotionalen Zustände im Umgang mit VR-Arrangements?
- Wie erleben Kinder mit einer körperlichen oder emotional-sozialen Beeinträchtigung bzw. Behinderung VR?
- Welche Strategien der pädagogischen Begleitung von Schüler:innen in VR zeigen die Lehrenden?

Die Autor:innen dieses Artikels rufen disziplinübergreifend zur Verfolgung dieser Fragestellungen sowie zur Identifikation weiterer Forschungsdesiderate auf.

Literatur

Anne Frank Haus. 2018. «Das Anne Frank Haus in Virtual Reality». Anne Frank Website. 2018. https://www.annefrank.org/de/uber-uns/was-wir-tun/unsere-publikationen/das-anne-frank-haus-virtual-reality/.

Bryson, Steve. 1993. «Call for Participation». *IEEE Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality*.

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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.

Cardullo, Victoria, und Chih-hsuan Wang. 2021. «Pre-Service Teachers Perspectives of Google Expedition». *Early Childhood Education Journal*, January. https://doi.org/10.1007/s10643-020-01136-3.

Casini, Beatrice, Benedetta Tuvo, Maria Luisa Cristina, Anna Maria Spagnolo, Michele Totaro, Angelo Baggiani, und Gaetano Pierpaolo Privitera. 2019. «Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-Emitting Device for Disinfection of High Touch Surfaces in Hospital Critical Areas». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (19): E3572. https://doi.org/10.3390/ijerph16193572.

Clark, Richard E. 1994. «Media Will Never Influence Learning». *Educational Technology Research and Development* 42 (2): 21–29. https://doi.org/10.1007/BF02299088.

Cipresso, Pietro, Irene Alice Chicchi Giglioli, Mariano Alcañiz Raya, und Giuseppe Riva. 2018. «The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature». *Frontiers in Psychology* 9 (November): 2086. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086.

Dahlquist, Lynnda M., Karen E. Weiss, Lindsay Dillinger Clendaniel, Emily F. Law, Claire Sonntag Ackerman, und Kristine D. McKenna. 2009. «Effects of Videogame Distraction Using a Virtual Reality Type Head-Mounted Display Helmet on Cold Pressor Pain in Children». *Journal of Pediatric Psychology* 34 (5): 574–84. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsn023.

Dengel, Andreas, Josef Buchner, Miriam Mulders, und Johanna Pirker. 2021. «Beyond the Horizon: Integrating Immersive Learning Environments in the Everyday Classroom». In *Proceedings of 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN 2021)*, 380–84. Online (Corona). https://immersivelrn.org/ilrn2021/ilrn-2021-proceedings/.

Drummer, Jens, Sybille Hambach, Andrea Kienle, Ulrike Lucke, Alke Martens, Wolfgang Müller, Christoph Rensing, Ulrik Schroeder, Andreas Schwill, Christian Spannagel, und Stephan Trahasch. 2011. «Forschungsherausforderungen des E-Learning». In *Workshopband der 15. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2011)*, 197-208. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.

El Beheiry, Mohamed, Sébastien Doutreligne, Clément Caporal, Cécilia Ostertag, Maxime Dahan, und Jean-Baptiste Masson. 2019. «Virtual Reality: Beyond Visualization». *Journal of Molecular Biology* 431 (7): 1315–21. https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.01.033.

Ernest, James M., Cora Causey, Allison B.Newton, Kimberly Sharkins, Jennifer Summerlin, und Naila Albaiz. 2014. «Extending the Global Dialogue About Media, Technology, Screen Time, and Young Children». *Childhood Education* 90 (3): 182–191.https://doi.org/10.1080/00094056.2014.910046.

Heijden, Hans van der. 2004. «User Acceptance of Hedonic Information Systems». *MIS Quarterly* 28 (4): 695–704. https://doi.org/10.2307/25148660.

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* (Occasional Papers): 58–80. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.x.

Iribe, Brendan. 2015. «Oculus CEO Brendan Iribe Full Session». *Code Conference*. https://www.youtube.com/watch?v=I5LoF4gOOC4.

Jensen, Lasse, und Flemming Konradsen. 2018. «A Review of the Use of Virtual Reality Head-Mounted Displays in Education and Training». *Education and Information Technologies* 23 (4): 1515–29. https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0.

Kang, Sunyoung, und Seungae Kang. 2019. «The Study on the Application of Virtual Reality in Adapted Physical Education». *Cluster Computing* 22 (1): 2351–55. https://doi.org/10.1007/s10586-018-2254-4.

Kerres, Michael. 2020. «Bildung in der digitalen Welt: Über Wirkungsannahmen und die soziale Konstruktion des Digitalen». 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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 1–32. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.24.X.

Kim, Hyewon, Dong Jun Kim, Won Ho Chung, Kyung-Ah Park, James D. K. Kim, Dowan Kim, Kiwon Kim, und Hong Jin Jeon. 2021. «Clinical Predictors of Cybersickness in Virtual Reality (VR) among Highly Stressed People». *Scientific Reports* 11 (1): 12139. https://doi.org/10.1038/s41598-021-91573-w.

Kourtesis, Panagiotis, Simona Collina, Leonidas A.A. Doumas, und Sarah E. MacPherson. 2019. «Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology». *Frontier in Human Neuroscience 13*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00417.

Kultusministerkonferenz (KMK). 2018. «Bildung und Erziehung als gemeinsame Aufgabe von Eltern und Schule». https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/2018_10_11-Empfehlung-Bildung-und-Erziehung.pdf.

Lanier, Jaron 2018. *Anbruch einer neuen Zeit: Wie Virtual Reality unser Leben und unsere Gesellschaft verändert*. Hamburg: Hoffmann und Campe.

Lee, Mark J. W., Maya Georgieva, Bryan Alexander, Emory Craig, und Jonathon Richter. 2021. *State of XR & Immersive Learning Outlook Report 2021*. Walnut, CA: Immersive Learning Research Network. https://immersivelrn.org/the-state-of-xr-and-immersive-learning/.

Lipinski, Kim, Caterina Schäfer, Anna-Carolin Weber, und David Wiesche. 2020. «Virtual Reality Moves – Interdisziplinäre Lehrkonzeption zur Entwicklung einer forschenden Haltung mittels Bewegung in, mit und durch Virtual Reality». In *Lehren und Lernen mit und in digitalen Medien im Sport: Grundlagen, Konzepte und Praxisbeispiele zur Sportlehrerbildung*, herausgegeben von Britta Fischer und Anja Paul, 207–29. Bildung und Sport. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25524-4_11.

Madary, Michael, und Thomas K. Metzinger. 2016. «Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology». *Frontiers in Robotics and AI* 3 (3). https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00003.

Makransky, Guido, und Gustav B. Petersen. 2021. «The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality». *Educational Psychology Review* 33 (3): 937-58. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2.

Mayer, Richard E. 2020. *Multimedia Learning*. 3rd Edition. Cambridge, UK: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355.

McMichael, Lucy, Nuša Farič, Katie Newby, Henry W. W. Potts, Adrian Hon, Lee Smith, Andrew Steptoe, und Abi Fisher. 2020. «Parents of Adolescents Perspectives of Physical Activity, Gaming and Virtual Reality: Qualitative Study». *JMIR Serious Games* 8 (3): e14920. https://doi.org/10.2196/14920.

Mikropoulos, Tassos A., und Antonis Natsis. 2011. «Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999–2009)». *Computers & Education* 56 (3): 769–80. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. 2020. «Sicherheitsförderung im Schulsport». https://www.schulsport-nrw.de/fileadmin/user_upload/1033_Inhalt.pdf.

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.

Munafo, Justin, Meg Diedrick, und Thomas A. Stoffregen. 2017. «The Virtual Reality Head-Mounted Display Oculus Rift Induces Motion Sickness and Is Sexist in Its Effects». *Experimental Brain Research* 235 (3): 889–901. https://doi.org/10.1007/s00221-016-4846-7.

Nordgård, Rikke, und Torstein Låg. 2021. «The Effects of Virtual Reality on Procedural Pain and Anxiety in Pediatrics: A Systematic Review and Meta-Analysis». *Frontiers in Virtual Reality* 2 (July): 699383. https://doi.org/10.3389/frvir.2021.699383.

Oculus. 2019. «Ocean Rift». Oculus. 2019. https://www.oculus.com/experiences/quest/2134272053250863/.

Parong, Jocelyn, und Richard E. Mayer. 2018. «Learning Science in Immersive Virtual Reality». *Journal of Educational Psychology* 110 (6): 785–97. https://doi.org/10.1037/edu0000241.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Rheingold, Howard. 1992. «*Virtuelle Welten – Reisen im Cyberspace*». Reinbek: Rowohlt.

Ridout, Brad, Joshua Kelson, Andrew Campbell, und Kate Steinbeck. 2021. «Effectiveness of Virtual Reality Interventions for Adolescent Patients in Hospital Settings: Systematic Review». *Journal of Medical Internet Research* 23 (6): e24967. https://doi.org/10.2196/24967.

Salomon, Gavriel. 1983. «The Differential Investment of Mental Effort in Learning from Different Sources». *Educational Psychologist* 18 (1): 42–50. https://doi.org/10.1080/00461528309529260.

Saredakis, Dimitrios, Ancret Szpak, Brandon Birckhead, Hannah A. D. Keage, Albert Rizzo, und Tobias Loetscher. 2020. «Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis». *Frontier in Human Neuroscience 14*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00096.

Schwab, Frank, Christine Hennighausen, Dorothea C. Adler, und Astrid Carolus. 2018. «Television Is Still ‹Easy› and Print Is Still ‹Tough›? More Than 30 Years of Research on the Amount of Invested Mental Effort». *Frontiers in Psychology* 9 (July): 1098. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01098.

Segovia, Kathryn Y., und Jeremy N. Bailenson. 2009. «Virtually True: Children›s Acquisition of False Memories in Virtual Reality». *Media Psychology* 12 (4): 371–93. https://doi.org/10.1080/15213260903287267.

Sharar, Sam R., Gretchen J. Carrougher, Dana Nakamura, Hunter G. Hoffman, David K. Blough, und David R. Patterson. 2007. «Factors Influencing the Efficacy of Virtual Reality Distraction Analgesia During Postburn Physical Therapy: Preliminary Results from 3 Ongoing Studies». *Archives of physical medicine and rehabilitation* 88 (12 Suppl 2): 43-9. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.09.004.

Sharples, Sarah, Sue Cobb, Amanda Moody, und John R. Wilson. 2008. «Virtual Reality Induced Symptoms and Effects (VRISE): Comparison of Head Mounted Display (HMD), Desktop and Projection Display Systems». *Displays*, Health and Safety Aspects of Visual Displays, 29 (2): 58–69. https://doi.org/10.1016/j.displa.2007.09.005.

Simon, Andreas. 2020. «Umgang mit Nähe und Distanz im Sportunterricht». *Lehrhilfen für den Sportunterricht* 69 (5): 215–20.

Southgate, Erica. 2020. «Conceptualising Embodiment through Virtual Reality for Education». In *2020 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*, 38–45. https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155121.

Southgate, Erica, Shamus P. Smith, Chris Cividino, Shane Saxby, Jivvel Kilham, Graham Eather, Jill Scevak, David Summerville, Rachel Buchanan, und Candece Bergin. 2019. «Embedding Immersive Virtual Reality in Classrooms: Ethical, Organisational and Educational Lessons in Bridging Research and Practice». *International Journal of Child-Computer Interaction* 19 (March): 19–29. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.002.

Steele, Emily, Karen Grimmer, Bruce Thomas, Barrie Mulley, Ian Fulton, und Hunter Hoffman. 2003. «Virtual Reality as a Pediatric Pain Modulation Technique: A Case Study». *Cyberpsychology & Behavior* 6 (6): 633–38. https://doi.org/10.1089/109493103322725405.

Trost, Zina, Christopher France, Monima Anam, und Corey Shum. 2021. «Virtual Reality Approaches to Pain: Toward a State of the Science». *Pain* 162 (2): 325–31. https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002060.

Schäfer, Caterina, Kim Lipinski, Anna-Carolin Weber, und David Wiesche. 2021. «Forschendes Lernen an der Schnittstelle von Bewegung und Virtual Reality. Qualitative Studie zur forschungsbezogenen Selbstwirksamkeit von Studierenden». *motorik* 44 (4): 173–81. https://doi.org/10.2378/mot2021.art32d.

Wember, Franz B., und Insa Melle. 2018. «Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning». In *DoProfiL – Das Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, herausgegeben von Stephan Hußmann und Barbara Welzel, 57–72. Münster, New York: Waxmann.

Won, Andrea Stevenson, Jakki Bailey, Jeremy Bailenson, Christine Tataru, Isabel A. Yoon, und Brenda Golianu. 2017. «Immersive Virtual Reality for Pediatric Pain». *Children (Basel)* 4 (7): E52. https://doi.org/10.3390/children4070052.

Zender, Raphael, Pia Sander, Matthias Weise, Miriam Mulders, Ulrike Lucke, und Michael Kerres. 2019. «HandLeVR: Action-oriented Learning in a VR Painting Simulator». In *Proceedings of the 4th International Symposium on Emerging Technologies for Education.* Magdeburg. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_6.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Zur Bedeutung von Augmented Reality im Mathematikunterricht der Sekundarstufen

Eine mathematikdidaktische Diskussion an zentralen unterrichtsrelevanten Aspekten

Astrid Beckmann[1]

[1] Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Zusammenfassung
Für den Mathematikunterricht der Sekundarstufen fehlt bisher eine detaillierte Einordnung von Augmented Reality (AR) aus mathematikdidaktischer Sicht. Das vorliegende Paper möchte einen Beitrag dazu leisten, diese Lücke zu schliessen. Zentrale unterrichtsrelevante Aspekte wie ein angemessenes Bild von Mathematik einschliesslich Modellieren, Begriffserwerb und das offene Aufgabenformat sind Ausgangspunkt der Untersuchung. Im Ergebnis zeigt sich, dass räumliches Veranschaulichen und die Einbindung von digitalen Inhalten in interaktive Arbeitsblätter wichtige Möglichkeiten darstellen. Darüber hinaus gibt es Chancen, insbesondere beim Thema Modellieren, aber auch Grenzen von AR im Mathematikunterricht.

To the Significance of Augmented Reality in Secondary-Level Mathematics Teaching. A Discussion of Mathematics Didactics with References to Key Teaching-Related Aspects

Abstract
In terms of mathematics teaching at secondary level, there has yet to be a detailed assessment of augmented reality (AR) from the perspective of mathematics didactics. This paper seeks to redress the balance by taking key teaching-related aspects such as an appropriate image of mathematics including modelling, concept acquisition, and the open task format to be the starting point for its investigation. As a result, it notes either that spatial visualization and the integration of digital content into interactive worksheets represent important opportunities, but also that the possibilities extend into other areas of mathematics teaching like modelling teaching as well, and that there are limitations of AR.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Beckmann, Astrid. 2022. «Zur Bedeutung von Augmented Reality im Mathematikunterricht der Sekundarstufen. Eine mathematikdidaktische Diskussion an zentralen unterrichtsrelevanten Aspekten». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 53–75. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.03.X.

1. Zielsetzung des Beitrags

Augmented Reality (AR) gehört zu den digitalen Anwendungen, denen ein grosses Potenzial in Bezug auf das schulische Lernen zugeschrieben wird (Hütthaler 2020). Für den Mathematikunterricht wurden bereits zahlreiche AR-Projekte und AR-Erlebnisse entwickelt (z. B. www.geogebra.org), allerdings fehlen mathematikdidaktische Bewertungen und differenzierte Analysen dazu (Hütthaler 2020; Radianti et al. 2019; Reit 2020). Ebenso gibt es kaum Untersuchungen, die über den Bereich der Geometrie oder Analytischen Geometrie sowie die Möglichkeit des Triggerns (z. B. Abrufen von Inhalten in interaktiven Arbeitsblättern) hinausgehen und nach neuen Perspektiven des Mathematiklernens durch AR fragen. Der vorliegende Artikel möchte einen Beitrag dazu leisten, diese Lücke zu schliessen, indem an ausgewählten zentralen unterrichtsrelevanten Aspekten mögliche Potenziale und Grenzen von AR diskutiert werden. Die Diskussion kann im Rahmen dieses Artikels nur auf ausgewählte Aspekte und Beispiele eingehen und versteht sich daher zugleich auch als Impuls zu einer weitergehenden Diskussion und zu entsprechenden gezielten empirischen Untersuchungen.

2. Augmented Reality und schulischer Kontext

2.1 Begriffsfassung

Augmented Reality bedeutet *erweiterte Wirklichkeit*. AR verbindet die Realität mit der Virtualität. Es handelt sich um eine reale, physisch vorhandene Umgebung, in die virtuelle Objekte, also nicht physisch fassbare Objekte, integriert sind. Diese virtuellen Objekte können realen Objekten ähneln oder auch Fantasiegebilde sein. Zur Einordnung eignet sich das Virtualitätskontinuum, auch Reality-Virtuality-Continuum genannt, das Milgram und Kishino bereits Anfang der 1990er-Jahre entwickelten (vgl. z. B. Shapera 2016). Es erfasst alle möglichen Kombinationen von realer und virtueller Umgebung. AR ist eine dieser Möglichkeiten (Abbildung 1).

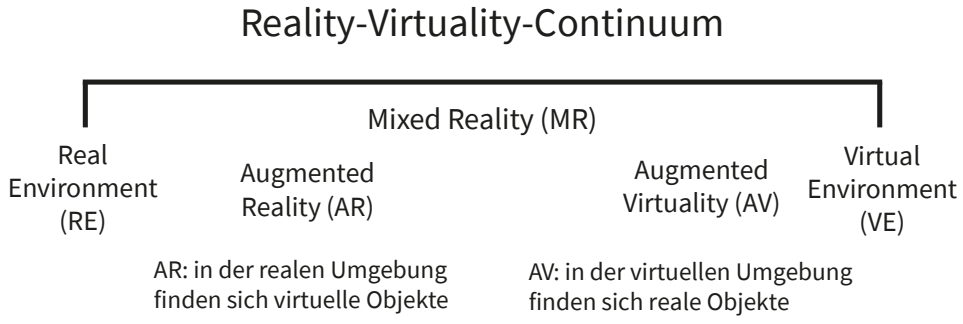


Abb. 1: Virtualitätskontinuum nach Milgram und Kishino (1994).

2.2 Augmented Reality im schulischen Kontext

AR hat zahlreiche Anwendungen in vielen ausserschulischen Bereichen, zum Beispiel Technik, Medizin und Wirtschaft, Militär, Bankwesen und Naturwissenschaften, aber auch in Kunst und Architektur (Carmigniani et al. 2011; Manuri und Sanna 2016). Zudem ist AR im Freizeit- und im Entertainmentbereich sehr beliebt (Fürst 2021; Schultz 2019). Aber auch für den schulischen Bereich wurden zahlreiche Anwendungen entwickelt, allerdings wird die tatsächliche Verbreitung im Unterricht der allgemeinbildenden Sekundarstufe noch als eher gering eingeschätzt (vgl. z. B. Hellriegel und Čubela 2018). AR bietet eine Vielfalt von Einsatzbereichen, die über herkömmliche Möglichkeiten hinausreichen (Kroker 2018). Dazu gehört die Integration von Fotos, 3D-Modellen, Audios und Videos, Messfunktionen und die Möglichkeit zu Verlinkungen zu Webseiten oder sozialen Medien oder das Hochladen von Texten (Schendera 2021). In Verbindung mit AR konnten bereits Lernzuwächse und Vorteile in Bezug auf Interaktion, Teamwork und Motivation festgestellt werden (Bacca et al. 2014). Allerdings wurde auch ein Effizienznachteil aufgrund von Verzögerungen im Arbeitsablauf durch die Beschäftigung mit der Technik beobachtet (ebd.). Weitere Studien wie die von Fehling (2019) im Berufsschulbereich und die von Buchner (2017) bestätigen die Zunahme von (intrinsischer) Motivation durch AR, aber auch eine starke Steigerung in der Wissensvermittlung. Eine Ursache dafür könnte sein, dass AR die Abstraktheit eines Lerngegenstands verringern kann, indem die Schüler:innen durch diese Technik auch komplexe Zusammenhänge direkt durch anschauliche Interaktion erfahren können (vgl. Maier 2017). Die Studie von Bacca et al. (2014) deutet darauf hin, dass sich AR besonders im Zusammenhang mit «abstrakten und komplexen Fachkonzepten» empfiehlt.

Der Einsatz von AR im Unterricht lässt sich durch verschiedene Apps oder webbasiert mit Tablet oder Smartphone umsetzen. Es gibt eine Vielzahl von zumeist kostenpflichtigen AR-Apps[1] mit unterschiedlichen Funktionen (Schendera 2021; Wolfinger et al. 2020). Sie ermöglichen das Erstellen eigener AR-Projekte, die dann über das Einscannen eines Triggers (Marker, Tracker, Target Image), der ein QR-Code, LOGO oder Foto sein kann, abgerufen werden können (Schendera 2021). Dieses Konzept liegt oft digitalen Schulbüchern oder interaktiven Arbeitsblättern zugrunde, die damit Themen und Aufgaben veranschaulichen oder durch Lernvideos und andere abrufbare Inhalte unterstützen. Weitere Apps ermöglichen spezielle geometrische Konstruktionen oder enthalten Messfunktionen (z. B. Trappmair und Hohenwarter 2020). Allerdings zeigt sich, dass der noch recht junge Markt dynamisch und durch die Kurzlebigkeit einiger AR-Anwendungen geprägt ist (Schendera 2021).

1 Beispiele für Apps im Anhang.

2.3 Augmented Reality und Mathematikunterricht

Auch für den Mathematikunterricht gibt es zahlreiche Entwicklungen, die die AR-Technologie nutzen. Schwerpunkte sind räumliche Veranschaulichungen, insbesondere in der Geometrie und der Analytischen Geometrie. Vorschläge beziehen sich auf Schnittmengen (Birnbaum und Ludwig 2018; Reit 2020), Netze von Körpern (Trappmair und Hohenwarter 2020; Schultheiß 2020; Wolfinger et al. 2020) oder auf die Einführung des dreidimensionalen Koordinatensystems (Schendera 2021) bzw. seine besondere Nutzung (Dilling 2022; Wolfinger et al. 2020). AR ermöglicht das Darstellen, interaktive Bewegen, Auseinanderfalten und Zusammensetzen der Körper in einer realen Umgebung, sodass die Schüler:innen das Problem und die dreidimensionalen Zusammenhänge besser erfassen können. Gelegentlich wird dem Einsatz von AR eine Wirkung im Hinblick auf die Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens (Kaufmann und Schmalstieg 2003; Birnbaum und Ludwig 2018; Reit 2020) oder zumindest einiger seiner Komponenten (Dünser 2005) zugeschrieben. Zudem wird AR auch im Mathematikunterricht für das unkomplizierte Aufrufen von Veranschaulichungen oder erklärenden Videos in individuellen Lernprozessen eingesetzt – zweifelsfrei ein besonderer Gewinn für heterogene Lerngruppen. Insgesamt fehlen jedoch empirische Untersuchungen und differenzierte Analysen, insbesondere zu den Chancen von AR im Mathematikunterricht, speziell für die Sekundarstufen (Radianti et al. 2019; Reit 2020). Im Folgenden werden an zentralen und übergreifenden Aspekten neue Perspektiven von AR für das Mathematiklernen eruiert.

3. Diskussion möglicher neuer Perspektiven von AR an ausgewählten zentralen und übergreifenden Aspekten des Mathematikunterrichts

3.1 Mathematik im Bildungskontext

Mathematikunterricht hat einen (allgemeinen) Bildungsauftrag, der als Teil des Gesamtbildungsauftrags von Schule gesehen werden muss und der über eine vielseitige mathematikspezifische Ausbildung erfüllt werden soll (Bruder et al. 2015). Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, orientieren sich die Bildungsstandards (KMK 2012) mit ihren Leitideen bzw. fundamentalen Ideen (inhaltsbezogene Kompetenzen) und Leitmethoden (prozessbezogene Kompetenzen) an der Struktur der Mathematik als Wissenschaft, indem zugleich das Ziel verfolgt wird, ein angemessenes Bild von Mathematik zu vermitteln (Leuders 2005; Loos und Ziegler 2015; Neubrand 2015). In den zentralen frühen mathematikdidaktischen Arbeiten zu dieser Zielerreichung identifiziert Winter (z. B. 1996) drei unterrichtlich anzustrebende Grunderfahrungen, nämlich die Mathematik als *Geistesschulung* (Problemorientierung), die Mathematik als *Hilfe zum Verstehen von Alltag und Umwelt* (Anwendungsorientierung)

und die Mathematik als *deduktives Gedankengebäude* (Strukturorientierung). Diese Grunderfahrungen finden sich im Wesentlichen auch heute in den Bildungsstandards wieder (KMK 2012; vgl. dazu auch Neubrand 2015). In den letzten Jahrzehnten hat sich das Bildungsziel «mathematical literacy» etabliert (zum Beispiel Jablonka 2003; Kaiser und Schwarz 2003; Lengnink 2005; Höfer und Beckmann 2009). In Zusammenfassung und Weiterentwicklung der zahlreichen Arbeiten zum Thema definiert Zell (2010) mathematical literacy über die folgenden drei Aspekte (ebd., 31f.): (a) Heuristische Denkweisen, die strukturiertes und plausibles Vorgehen ermöglichen und auf inner- und aussermathematische Kontexte anwendbar sind, (b) umfassendes Verständnis mathematischer Begriffe und Prozeduren in den Gebieten: Zahlen und arithmetische Operationen, funktionale Zusammenhänge, Flächen, Räume und Messung und Umgang mit Daten, (c) Vertrautheit in deduktiven Schlussfolgerungen. All diesen Ansätzen liegt der «Charakter» der Mathematik zugrunde, nämlich ihr Produkt- und ihr Prozesscharakter. Mathematik ist einerseits ein deduktives Gedankengebäude, also ein System aus Axiomen, Definitionen und logisch abgeleiteten Sätzen einschliesslich bekannter Anwendungen. Andererseits erweitert sich dieses System ständig, etwa indem neue Sätze hinzukommen, die aus Bekanntem logisch geschlossen/bewiesen werden. Dieser Prozess wird erreicht durch mathematische Methoden des Entdeckens, Problemlösens, Beweisens, Modellierens usw. Eine ergebnisoffene Diskussion zu neuen Perspektiven von AR im Mathematikunterricht kann nun einerseits direkt bei den Leitideen ansetzen, etwa der Bedeutung von AR in geometrischen oder stochastischen Kontexten oder den Leitmethoden. Andererseits kann direkt die Mathematik mit ihrem speziellen Charakter, den dazu gehörenden Grunderfahrungen bzw. die Aspekte von mathematical literacy Ausgangspunkt sein. Die vorliegende Analyse orientiert sich an beiden Möglichkeiten mit einer Konzentration auf typische mathematische Herangehens- bzw. Denkweisen, um so möglichst allgemein und ideenübergreifend Impulse für neue Ansätze zu AR anzustossen. Im Rahmen dieses Artikels kann dies nicht umfassend geschehen. Deshalb wird eine Auswahl getroffen und speziell auf die folgenden zentralen unterrichtsrelevanten Aspekte fokussiert (die jeweils kursiv gesetzten Punkte wurden als Gegenstand der folgenden Analyse ausgewählt):

- Mathematische Begriffe: Mathematik baut auf einer grossen eigenen Begrifflichkeit auf. Das dient der Exaktifizierung und erleichtert die Kommunikation und den Nachweis von Wahrheitsaussagen. *Begriffsbildung* ist somit auch ein bedeutender Prozess im Mathematikunterricht und durchzieht die gesamte Schulzeit (vgl. 3.2).
- *Dynamische und statische Sichtweise*: Mathematische Begriffsbildung ist ein komplexer Prozess, der sich speziell auf das Entwickeln von Grundvorstellungen richtet. Aus stoffdidaktischer Perspektive geht es bei der Grundvorstellung darum, dass Begriffen oder Verfahren normative Kategorien auf der Repräsentationsebene zugeschrieben werden können (vom Hofe 1995). Beispielsweise enthält der

Bruchzahlbegriff die Grundvorstellung des Anteils oder des Operators, der Ableitungsbegriff enthält die Grundvorstellung der Änderung oder des Approximierens und der Funktionsbegriff die Vorstellung bzw. den Aspekt[2] der Zuordnung oder der Änderung bzw. Kovariation (vgl. dazu auch 3.2). Speziell stehen sich zwei Sichtweisen gegenüber, die statische und die dynamische (vgl. 3.3).

- Mathematisches Denken: Mathematik zeichnet sich durch ein eigenes Denken bzw. eine eigene *Ästhetik* aus. Dazu gehört zum Beispiel der Blick auf Regelmässigkeiten wie Symmetrien oder Goldene Schnitte, aber auch eine elegante logisch lückenlose Beweisführung (vgl. 3.4).
- Funktionalität der Mathematik: Mathematik dient in vielen Zusammenhängen als Werkzeug, hat also eine grosse Funktionalität. Sie stellt Algorithmen bzw. Lösungsverfahren zur Verfügung, die bei Problemlösungen entlasten und damit Entwicklungen fördern und Innovationen schaffen können. Ein bekanntes schulisches Beispiel ist die PQ-Formel zur Lösung quadratischer Gleichungen. Damit hat Mathematik eine grosse Bedeutung, wenn es um das Lösen von Anwendungsproblemen bzw. Problemen mit realen Kontexten geht. Der Lösungsansatz ist hier die Mathematisierung, also die Beschreibung des Problems mit mathematischen Mitteln. Mathematisierung ist ein wichtiger Teil im Modellierungskreislauf (Abbildung 5). Aus der Funktionalität der Mathematik und dem Bildungsauftrag, eine geeignete Verbindung zwischen Mathematik und Realität herzustellen, ergibt sich die Bedeutung des *Modellierens* im Mathematikunterricht (vgl. 3.5).
- Zu einem angemessenen Bild von Mathematik gehört das Erfahren typisch mathematischer Tätigkeiten. Modellieren und Begriffsbildung gehören genauso wie Problemlösen und die Möglichkeit des Selbstentdeckens von Lösungswegen zu einem zeitgemässen Mathematikunterricht. Gerade im Zusammenhang mit dem Problemlösen hat sich das *offene Aufgabenformat* bewährt (vgl. 3.6).

3.2 AR zur Förderung des mathematischen Begriffserwerbs

Begriffsbildung ist eine der zentralen Methoden der Mathematik. Im Unterschied zum Fremdsprachenunterricht geht es dabei nicht nur um das Lernen der Bezeichnungen, sondern auch um ein inhaltliches Verstehen. Zum Verstehen des Begriffs gehören Vorstellungen über den Begriffsinhalt, den Begriffsumfang und das Begriffsnetz. Mathematikunterricht muss den Begriffsbildungsprozess unterstützen, der auch über verschiedene Lernphasen erfolgt. Zunächst wird der Begriff als Phänomen und über wichtige Beispiele erfahren, dann als Träger bestimmter Eigenschaften und später durch Einordnung in ein Begriffsnetz (vgl. zum Thema z. B. Übersicht in Weigand 2015). Im Folgenden wird an zwei Beispielen die mögliche Bedeutung von AR für den Begriffserwerb auf den ersten Stufen diskutiert.

2 Gelegentlich wird im Zusammenhang von Grundvorstellungen auch von «Aspekt» gesprochen. Aspekte sind Interpretationen von Grundvorstellungen.

3.2.1 AR und der Volumenbegriff

Der Volumenbegriff ist ein zentraler Begriff unseres dreidimensionalen Anschauungsraums. In der Primarstufe wird er als Phänomen erworben, sodass in der Sekundarstufe die Verfahren zur Volumenberechnung erarbeitet werden können, die auf den Eigenschaften der Körper beruhen. Das übliche Vorgehen, die Körper dazu aus Einheitswürfeln zu konstruieren, versagt bei komplexeren Körpern wie etwa der Pyramide. Hier greift die Strategie der Zurückführung auf bekannte Körper. Bei einem handlungsorientierten Ansatz wird zum Beispiel eine gerade Pyramide mit quadratischer Grundfläche mit Wasser befüllt und festgestellt, dass ein Würfel mit identischer Grundfläche und doppelter Höhe sechsmal so viel Wasser fasst. Oder man erkennt durch Probieren, dass sechs solche Pyramiden in den Würfel passen (Fürst 2021). Das Verfahren ist bewährt, benötigt für die handlungsorientierte Gruppenarbeit in der normalen Klasse aber über 30 Pyramiden. In einem möglichen Lernszenario mit AR wird nur eine Pyramide benötigt, die Anlass zu der offenen Frage nach der Volumenberechnung sein kann. AR bietet dabei die Möglichkeit, durch unterschiedliche vorbereitete Dateien den Erkenntnisprozess in heterogenen Lerngruppen individuell zu unterstützen. So können die Schüler:innen offen an das Problem herangehen, die physische Pyramide über die Kamera mit der AR-App erfassen, virtuell vervielfältigen oder zerteilen, unterschiedlich zusammensetzen und/oder durch virtuelle bereits bekannte Körper umhüllen (Abbildung 2). Andererseits kann die Lehrkraft verschiedene Dateien vorbereiten oder bereits entwickelte Dateien nutzen, die während des Lernprozesses aufgerufen werden können. Im Beispiel kann dies eine einzelne Pyramide sein, die als idealisiertes Modell der realen Pyramide dienen kann, oder auch ein mit Pyramiden gefüllter Würfel, der auseinander geklappt werden kann und somit raumanschauliche Zusammenhänge erfahrbar macht (Abbildung 2, vgl. auch Fürst 2021). Ausserdem ermöglicht AR, sehr schnell und unkompliziert virtuelle Pyramiden mit unterschiedlichen Massen zu erstellen, etwa als Vertiefung des Themas, indem je nach AR-App auch eigene Berechnungen mit den Ergebnissen der App verglichen werden können. Der Lernprozess wird durch Kollaboration und Kommunikation unterstützt, aber auch durch einen Wechsel der Repräsentationsformen, indem aus den raumanschaulichen Erkenntnissen Gleichungen für die Volumenberechnung der Pyramide erarbeitet werden können.

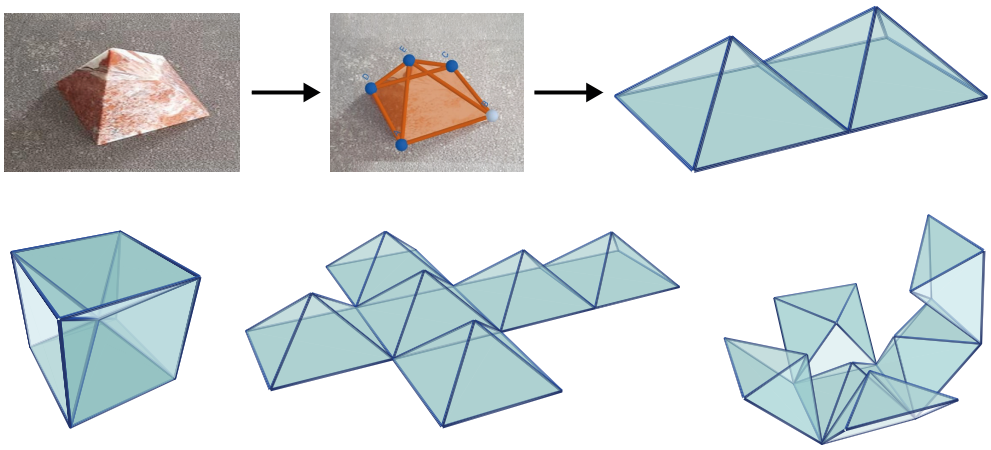


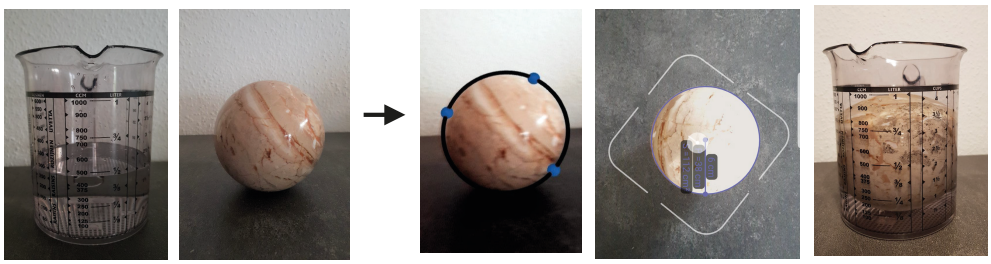
Abb. 2: Entdeckendes Lernen zum Pyramidenvolumen mit AR (erstellt mit GeoGebra 3D Rechner, Datei «Würfel-6Pyramiden» von Georg Wengler, https://www.geogebra.org/search/UTqjJ4bx).

3.2.2 AR und der Funktionsbegriffserwerb

Der Funktionsbegriff ist einer der wichtigsten, aber auch komplexesten mathematischen Begriffe. Sein Erwerb ist ein Prozess, der sich über die gesamte Schulzeit erstreckt. Dieser kann nur gelingen, wenn zunächst geeignete Grundvorstellungen entwickelt werden. Dazu gehören die inhaltlichen Vorstellungen *Zuordnungsaspekt* (Korrespondenz, Aktionsebene), *Änderungsaspekt* (Kovariation, Prozessebene) und *Objektaspekt* (Objektebene) in verschiedenen Repräsentationen (Höfer 2008). Die gesamte Komplexität des Funktionsbegriffs ist im «Haus des funktionalen Denkens» von Höfer (2008) erfasst, wobei sich zeigt, dass die jeweils höhere Ebene erst nach einer erfolgreichen Grundlegung der niedrigeren Ebenen (Aktionsebene und dann Prozessebene) erreicht werden kann. Mathematikunterricht sollte sich also (zunächst) auf die Sicherung des Zuordnungsaspekts und darauf aufbauend auf die Sicherung des Änderungsaspekts in all seinen Darstellungsformen und Wechseln dazwischen konzentrieren. Wie wichtig eine systematische und umfassende Behandlung des Themas ist, haben verschiedene Untersuchungen insbesondere zur Jahrtausendwende nachgewiesen, wonach viele Schüler:innen ein eingeschränktes und wenig inhaltliches Begriffsverständnis hatten (z. B. Vinner und Dreyfus 1989; Adams 1997; Gómez und Carulla 2001). Innerhalb des oben erwähnten EU-Projekts wurde die Stärke realer naturwissenschaftlicher Experimente für den Funktionsbegriffserwerb gezeigt (Beckmann et al. 2010). Dies bestätigen auch andere Untersuchungen (Ganter 2013; Lichti und Roth 2018; Lichti 2019). Ein Vorteil für den Erwerb des Änderungsaspekts kann sich durch digitale Medien wie dynamische Geometriesysteme ergeben (Digel und Roth 2020), aber auch durch den Einsatz von AR-Technologien, wie neue Studien zeigen (Levy et al. 2020; Swidan et al. 2020). Es fragt sich, ob AR auch ein besonderes Potenzial für die Grundvorstellung der Zuordnung hat. AR kann jedes

mathematische Thema auf einer Hyperebene erweitern, indem es Audios, Videos bzw. 3D-Animationen abrufbar bereitstellen kann. Denkbar sind hier Videos realer Experimente (Roth 2014). Dass diese die beim selbstständigen realen Experimentieren beobachteten positiven Ergebnisse (Beckmann 2010) übertreffen, wurde allerdings noch nicht bestätigt. Hier ist auch die Studie von Rolfes (2014) beachtenswert, wonach Animationen und dynamische Repräsentationen nur dann lernwirksam sind, wenn sie kognitiv stimulieren.

Aus mathematikdidaktischer Sicht interessiert auch mehr, ob AR den konkreten Lernprozess unterstützen kann. Dies soll an einem Beispiel diskutiert werden: Ein einfaches Experiment, bei dem der Zuordnungsaspekt in einem kubischen Zusammenhang direkt beim Experimentieren authentisch erfahren werden kann, ist das Eintauchen von Kugeln unterschiedlicher Radien in einen mit Wasser gefüllten Krug. Beim Eintauchen verdrängt jede Kugel ein bestimmtes Wasservolumen. Die jeweilige Zuordnung zwischen Radius und verdrängtem Volumen wird beobachtet. Üblicherweise erfolgt die Messung der Kugelradien mit einem Messschieber; alternativ könnte dies zum Beispiel auch mit AR erfolgen (Abbildung 3). Die rein digitale Arbeit könnte hier eventuell die übersichtliche Dokumentation der Messung und Messergebnisse am Bildschirm motivieren, was wiederum Begründungs-, Reflexions- und Mathematisierungsprozesse begünstigen kann. Dieser Vorteil wäre allerdings empirisch zu untersuchen. Die Analyse legt eher nahe, dass die besondere Stärke von AR sich hier weniger auf den Zuordnungsaspekt als darauf bezieht, dass AR das bewusste Durchlaufen des Modellierungskreislaufs anregt, speziell in den Phasen der Idealisierung und der Validierung und Reflexion (vgl. dazu genauere Ausführungen in 3.4). Zudem können sich eventuell auch besondere Chancen für heterogene Lerngruppen ergeben, indem Lernprozesse durch digitale, nicht-digitale und hybride Lernszenarien individualisiert werden können.



Versuchsaufbau → Übergang zum idealisierten Modell bzw. zur Messung/Versuchsdurchführung

Abb. 3: Virtuelle Erweiterung des realen Experiments mit AR: Verweilen beim idealisierten Modell.

3.3 AR und die dynamische und statische Sichtweise

Die besonderen Chancen und möglichen neuen Perspektiven durch den Einsatz der AR-Technologie sollen hier nun an zwei weiteren zentralen mathematischen Begriffen bzw. Verfahren diskutiert werden:

3.3.1 AR und Kongruenzabbildungen

Kongruenzabbildungen spielen in vielen Begründungszusammenhängen der Sekundarstufen eine Rolle. Zum Beispiel besteht beim Beweis des Basiswinkelsatzes im gleichschenkligen Dreieck die wesentliche Argumentation darin, die beiden Basiswinkel an der Mittelsenkrechten der Basis zu spiegeln und aufgrund der Winkelmasstreue der Geradenspiegelung auf deren Kongruenz zu schliessen. Mit Beweisanfänger:innen kann dies über die konkrete Handlung des Aufeinanderklappens an einem Papierdreieck erarbeitet werden. Die Kongruenzabbildungen erscheinen hierbei in dynamischer Sichtweise. Auf einer höheren Beweisstufe (vgl. Beckmann 1997) wird zu einer statischen Sichtweise übergegangen, indem die Konstruktionsvorschrift der Abbildung, speziell der Vergleich von Streckenlängen und Winkelgrössen, im Vordergrund steht. AR kann beide Sichtweisen unterstützen. Für die dynamische Sichtweise können die Schüler:innen vorgegebene gleichschenklige Dreiecke oder das eigene Geodreieck mit AR untersuchen, also einscannen, abbilden, in zwei kongruente Dreiecke zerlegen und aufeinanderlegen (Abbildung 4). Für die statische Sichtweise bietet sich zum Beispiel eine Untersuchung der Umgebung mit AR an, indem zu jeweils zwei Punkten im Raum (Urbild und Bild) die Lage der möglichen Spiegelgeraden bzw. Symmetrieachse identifiziert werden soll. Hier spielen Streckenlängen und Winkelmasse eine Rolle.

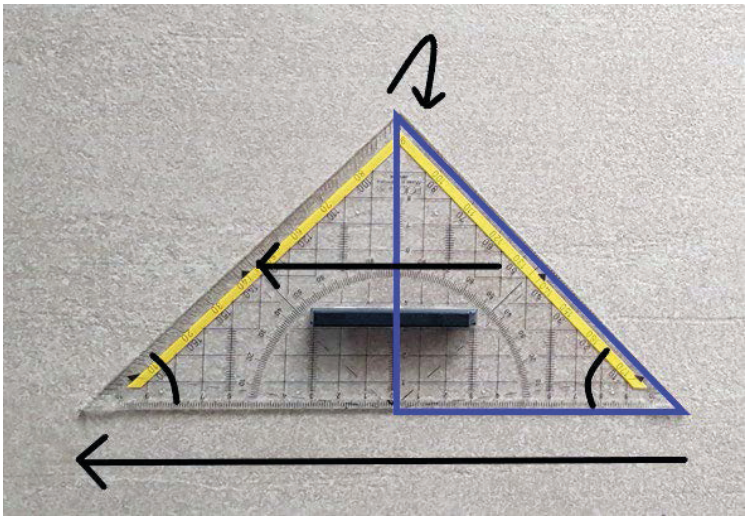


Abb. 4: Erweiterte Realität des Geodreiecks: Entwicklung einer möglichen Beweisidee zum Basiswinkelsatz.

3.3.2 AR und Grenzwertbegriff

Ein Paradebeispiel für einen mathematischen Begriff, der sowohl die dynamische als auch die statische Sichtweise zum Verständnis nutzt, ist der Grenzwertbegriff, zum Beispiel der Grenzwert einer reellen Zahlenfolge: In dynamischer Sichtweise «bewegen» wir uns entlang der Folgenglieder, die sich «mit der Zeit» immer mehr einem bestimmten Wert annähern, dem sogenannten Grenzwert. In statischer Sichtweise betrachten wir eine ε-Umgebung um den Grenzwert herum und stellen fest, dass ab einem bestimmten Index «fast alle» Folgenglieder in dieser ε-Umgebung liegen. Dabei können wir ε beliebig klein wählen. Diese Beschreibungen sind in der gewählten Form natürlich keine exakten mathematischen Definitionen, sie erfassen aber die wesentlichen Aspekte der dynamischen und statischen Sichtweise der Definition und zeigen zudem auf, dass beide Vorstellungen durch Animationen anschaulich simuliert werden können. Die Lehrkraft könnte diese in ein interaktives Arbeitsblatt integrieren. Für den dynamischen Fall könnte sich ein kleiner Film anbieten, für den statischen Fall eine Interaktionsmöglichkeit, die den Schüler:innen gestattet, verschiedene immer kleiner werdende Umgebungen um den Grenzwert abzugreifen, zu vergrössern und festzustellen, dass sich die «Inhalte» ab einem bestimmten Index nicht unterscheiden. Diese Möglichkeiten sind interessant, könnten aber auch ohne AR-Technologie (Trigger) bereitgestellt werden.

3.4 AR und Ästhetik/mathematisches Denken

Lange Zeit prägte der Produktcharakter den Mathematikunterricht (vgl. 3.1). Beweise wurden als Fertigprodukte präsentiert und keiner fragte nach dem Weg dahin. Wagenschein (1982, 107) sah darin ein „didaktisches Verhängnis“, denn der Lösung eines mathematischen Problems geht stets ein Wechsel zwischen Suchen und Finden bzw. Induktion und Deduktion voraus (Pickert 1989). Mathematik hat also auch eine persönliche und damit auch eine ästhetische Komponente. Poincaré hielt das Ästhetische sogar eher als das Logische für das dominierende Element der mathematischen Kreativität (Davis und Hersh 1994). Definitionsversuche beschreiben die mathematische Ästhetik als Wechsel von Anspannung und Entspannung, Verwirklichung von Erwartungen; Überraschung bei der Wahrnehmung von unerwarteten Beziehungen, von Einheitlichkeit; ein sinnliches, optisches Vergnügen; Freude an der Gegenüberstellung des Einfachen und des Komplexen, der Freiheit und des Zwangs; … Harmonie, Ausgewogenheit, Kontrast usw. (nach Davis und Hersh 1994). In anderen Arbeiten wird der Zusammenhang zwischen Mathematik und Ästhetik über das ästhetische Empfinden bei bestimmten Ziffern, Gleichungen, Sätzen und Beweisen hergestellt oder wenn Mathematik zur Beschreibung von künstlerischen Werken aus Musik, Kunst und Architektur eingesetzt wird (zum Beispiel Sinclair und Berneche 2010; Beckmann 2003). Ein Mathematikunterricht, der die Beziehung zwischen

Mathematik und Ästhetik berücksichtigt, trägt zu einem angemessenen Bild von Mathematik bei und kann somit zu einer realistischen Einstellung zur Mathematik und einer adäquaten Weltsicht führen (Graumann 1997).

Unterrichtsbeispiele mit AR zur Förderung der einen Seite der mathematischen Ästhetik finden sich schnell: So können Schüler:innen mit ihrem Smartphone die Umgebung erkunden und zum Beispiel Symmetrien, Goldene Schnitte und andere Regelmässigkeiten bei Körpern und ihren Netzen mithilfe der Veranschaulichung mit AR entdecken und authentisch erfahren. AR erscheint aber auch zur Förderung der anderen Seite der Ästhetik im Sinne des mathematischen Denkens als Suchen und Finden (eleganter) logisch lückenloser Schlüsse förderlich: AR kann den Beweisfindungsprozess unterstützen und verlangsamen, indem bestimmte heuristische Strategien wie das Einzeichnen von Hilfslinien oder das Entdecken von Teilfiguren angeregt werden können (vgl. 3.3). Neben der eigenen freien Erkundung der Objekte können zusätzlich an den Figurenteilen auch Links zu Tipps oder zu mathematischen Sätzen gesetzt werden, die im Beweisfindungsprozess hilfreich sein können. Eher entscheidend für das Beweisenlernen ist aber die geeignete Auswahl von Sätzen und deren unterrichtliche Einbettung derart, dass sie das Beweisbedürfnis wecken und das Leistungsniveau der Schüler:innen treffen (Beckmann 1997). Hier gibt es positive Erfahrungen mit dynamischen Geometriesystemen (Werth 2014); ob AR genauso hilfreich sein kann, bedarf weiterer Untersuchungen.

3.5 AR und Modellieren

Modellieren ist eine der zentralen Tätigkeiten der Mathematik und damit eine der wichtigsten Leitmethoden im Mathematikunterricht. Beim Modellieren werden angewandte Probleme oder Situationen mithilfe mathematischer Begriffe und Verfahren gelöst oder beschrieben. Anwendungen betreffen praxisrelevante Fragestellungen und Entwicklungen sowie gesellschaftliche und globale Herausforderungen und können dabei auch Phänomene aus der Umgebung der Schüler:innen sein. Typische und schulisch relevante Mathematisierungsmittel sind Variablen, Terme, Gleichungen und Funktionen, aber auch grafische Darstellungen, Verfahren der Analysis usw. Modellierungsaktivitäten im Mathematikunterricht können somit einen wichtigen Beitrag leisten, um die Funktionalität der Mathematik aufzuzeigen. In der Forschungsliteratur wird das mathematische Modellieren als Kreislauf beschrieben, wobei sich die Phasen des Prozesses je nach Perspektive und Schwerpunkten etwas unterscheiden können (Borromeo Ferri 2006; Wess et al. 2021). Der vorliegende Artikel bezieht sich auf den in Abbildung 5 dargestellten einfachen Modellierungskreislauf, der sich in leicht erweiterter und gedrehter Darstellung grob am Vorschlag von Blum (1985) orientiert. Der zyklische Prozess des Modellierens besteht aus verschiedenen Phasen, die den Schüler:innen jeweils bestimmte Kompetenzen abverlangen

(Wess et al. 2021): Zunächst geht es um das Verstehen des realen Problems, das im nächsten Schritt durch Separieren von irrelevanten Variablen vereinfacht und also zu einem idealisierten Modell der Realität, zum Realmodell wird. Mathematisierung führt zum mathematischen Modell, in welchem die Lösung sodann mathematisch erarbeitet wird. Die Ergebnisse werden anschliessend in Bezug auf das Ausgangsproblem interpretiert, reflektiert und validiert. Eventuell wird eine Modifizierung des Modells erforderlich und der Kreislauf beginnt erneut. Modelle dienen der Beschreibung, Erklärung oder Vorhersage. Beispiele sind Klimamodelle, Modelle zur Wirtschafts- oder Pandemieentwicklung, physikalische, aber auch juristische Gesetze, Codes und vieles mehr. Ein kritisches Verständnis für Modelle, Modellbildung und ihre Grenzen kann sensibilisieren und ist Basis für Bildung und Mündigkeit in unserer Gesellschaft. Verschiedene Studien zeigen, dass Schüler:innen in allen Phasen des Modellierungskreislaufs Probleme haben können (z. B. Maaß 2004; Blum 2015; Plath und Leiss 2018; Wess et al. 2021). In der mathematikdidaktischen Diskussion werden daher die Rolle der Lehrperson und geeignete Interventionen diskutiert (vgl. Wess et al. 2021). Greefrath (2011) sieht eine förderliche Chance darin, in den unterschiedlichen Phasen im Kreislauf verschiedene Technologien einzusetzen: Danach könnten Simulationen helfen, das mathematische Modell zu prüfen, ebenso wie die Phase der Interpretation und Validierung. Konkret können Dynamische Geometriesysteme die Mathematisierung und Computer-Algebrasysteme das mathematische Arbeiten unterstützen und Visualisierungen den Übergang vom Realmodell zum mathematischen Modell (vgl. auch Greefrath et al. 2018 und Kaiser et al. 2015).

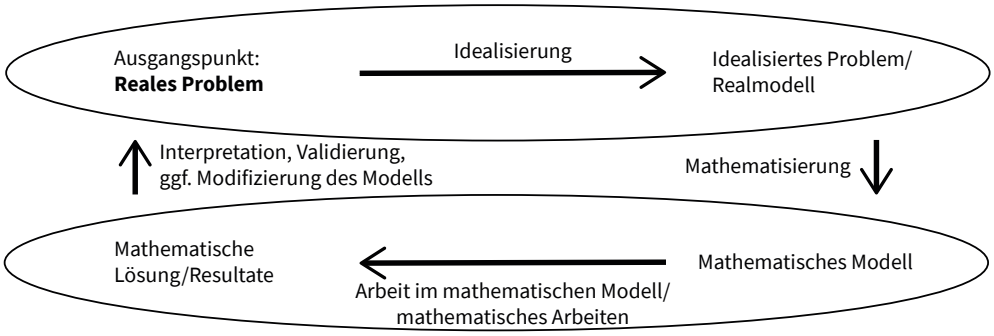


Abb. 5: Modellierungskreislauf.

3.5.1 AR im Modellierungskreislauf

Es deutet vieles darauf hin, dass AR eine besondere Perspektive für das Thema eröffnet, denn die Realitätserweiterung mittels einer AR-App ist für sich ein Modell und zumeist ein idealisiertes Modell der Realität, da eine Konzentration auf wesentliche Variablen und Eigenschaften des realen Objekts erfolgt. Diese Überlegung unterstützt auch den oben kurz beschriebenen Ansatz von Greefrath, in dieser Phase digitale Tools für Visualisierungen zu nutzen, was er zudem auch in der Phase der Validierung

als Möglichkeit sieht. Dies soll im Folgenden am Beispiel des Dosenproblems diskutiert werden, auch als Anstoss für empirische Studien: Beim *Dosenproblem* geht es um die Frage einer optimalen zylindrischen Dosenform mit vorgegebenem Volumen, bei der das (voll umhüllende) Umwickelpapier minimiert werden soll (um so der Herstellungsfirma Kosten zu sparen). Das Dosenproblem kann offen über den Impuls einer realen Dose und unter Hinweis auf eine AR-App gestellt werden. Schüler:innen haben gelegentlich Schwierigkeiten, das reale Problem geeignet einzuordnen, woraus zu starke Vereinfachungen oder nicht passende Annahmen im Hinblick auf das Realproblem entstehen (Maaß 2004; Blum 2015). Die Nutzung einer AR-App visualisiert den Übergang von der Dose (Realität) zum idealisierten Modell direkt während der Anwendung und unter paralleler Sichtbarkeit von realer Dose und dem Zylinder-Modell (Abbildung 6). Gleichzeitig bietet dies auch die besondere Gelegenheit, beim idealisierten Modell zu verweilen, sich mit den relevanten Grössen auseinanderzusetzen und Unterschiede zum realen Modell zu diskutieren. Die Visualisierung des Realmodells kann zudem den Übergang zum mathematischen Modell erleichtern und bereits erste Lösungsideen anschaulich unterstützen, indem hier im Beispiel der Zylinder direkt abgewickelt werden kann (soweit in der App oder als Datei hinterlegt, Abbildung 6b). AR unterstützt damit die auch schon bei Greefrath (2011) angesprochene Möglichkeit des Experimentierens (hier mit dem «Umwickelpapier»). Der Modellierungskreislauf wird also mithilfe von AR langsamer und bewusster durchlaufen. AR bietet hier – im Unterschied zu einem Video – die Möglichkeit, ohne Unterbrechung (ohne Wechsel des Mediums) vom eigens erfassten Realmodell zum Experimentieren zu gelangen. Für nicht so leistungsstarke Schüler:innen kann die Abwicklung hilfreich sein, da sie auf die hier wesentliche Grösse des Oberflächeninhalts der Dose führt. AR-Apps mit Messfunktion gestatten zusätzliche Messungen und können gleichzeitig eine mathematische Prüfung anregen. Die Arbeit im mathematischen Modell erfordert Mittel der Analysis und erfolgt unabhängig von AR. Sie stellt einen Bezug zum Volumen her und führt auf das Ergebnis, dass bei der «optimalen» Dose Höhe und Durchmesser gleich sind. In der abschliessenden Phase geht es um die Validierung, Interpretation und Reflexion, die Schüler:innen oft vor grosse Herausforderungen stellt, da häufig ein Verständnis für Validierung fehlt (Galbraith und Stillmann 2006). Hier kann AR möglicherweise unterstützen, indem mit der AR App (unterschiedliche) Dosen modelliert werden, die dem Optimierungsergebnis entsprechen. Es fällt ein Unterschied zu handelsüblichen Dosen auf. Die anschauliche Darstellung bzw. Visualisierung nach Greefrath (2011) motiviert damit eine fächerübergreifende Diskussion, die auch ästhetische Fragen und Marketingaspekte einbezieht.



Abb. 6: (a) Idealisiertes Modell mit AR und (b) Abwicklung des Umwickelpapiers (erstellt mit GeoGebra 3D Rechner, Datei «Abrollen des Netzes eines Zylinders» von Birgit Lachner, https://www.geogebra.org/search/Zjr38uff).

3.5.2 AR in einem Unterrichtsbeispiel zum Modellieren

In dem von der Autorin koordinierten EU-Projekt *ScienceMath*, dessen grundlegendes Ziel die Entwicklung und Erprobung von Unterrichtsmodulen zur Förderung von Mathematical Literacy war, lag ein besonderer Fokus auch auf dem Modellieren (Beckmann 2010; Beckmann und The ScienceMath-Group 2010; Michelsen 2015). Am Beispiel «Vaekst/Wachstum», eines von den dänischen Projektpartnern entwickelten Unterrichtsmoduls, soll nun diskutiert werden, ob AR einen spezifischen Beitrag zum Erwerb der Modellierungskompetenzen in den verschiedenen Phasen leisten kann (vgl. www.sciencemath.ph-gmuend.de). In diesem Unterrichtsmodul geht es um das Thema Modellieren, wobei der Schwerpunkt auf den Mathematisierungsmitteln, einer ständigen kritischen Reflexion und Begründung des jeweils geeignetsten Mittels liegt. Die Aufgabenteile betreffen grafische Darstellungen, Wechsel zwischen Graphen und beschreibenden Situationen, symbolische Darstellungen bzw. Gleichungen als Modellierungsmittel, Tabellen mit inhaltlicher Befassung und Modellierung. Dabei werden auch Verfahren zu einer Beurteilung und Entwicklung von Modellen erfragt und die Nutzung ausgewählter Modelle für Voraussagen angeregt. Eine Bedeutung von AR erschliesst sich hier nicht sofort, wie auch beim Abschnitt «AR und der Modellierungskreislauf» die Phase der Mathematisierung und das Arbeiten im mathematischen Modell ohne AR erfolgt. Es spricht auch vieles dafür, dass eine von AR unabhängige Tätigkeit des Mathematisierens ein angemessenes Bild von Mathematik fördert und dass sich für diese Phase im Modellierungskreislauf aufgrund der typischen Mathematisierungsmittel eher digitale Medien wie Computer-Algebra-Systeme oder Tabellenkalkulation anbieten (vgl. Kaiser et al. 2015). AR kann aber dennoch interessant sein, indem die einzelnen Aufgabenteile über QR-Codes bzw. Images individuell aufgerufen und durch Audio, Video-Dateien bzw. 3D-Animationen unterstützt werden können, die eine gleichzeitige Betrachtung von Anwendung und ihrer Mathematisierung gestatten. Schüler:innen erhalten auf diese Weise weitere Impulse und Rückmeldungen und können notfalls ihre Modelle korrigieren.

3.6 AR und das offene Aufgabenformat

AR wird gelegentlich ein Vorteil in Bezug auf offene Unterrichtssituationen zugeschrieben (Buchner 2017). Im Mathematikunterricht hat sich insbesondere das Format der offenen Aufgaben bewährt, da offene Aufgaben unterschiedliche Zugänge und Lösungswege zulassen und somit das entdeckende Lernen und das Problemlösen auf individuellen Wegen ermöglichen (vgl. dazu Übersicht zum Thema Aufgaben in Leuders 2015). Offene Aufgaben bilden aus mathematikdidaktischer Sicht ein einfaches, aber starkes Format, um selbstgesteuertes zukunftsorientiertes Lernen in heterogenen Lerngruppen zu fördern. Leistungsstarken Schüler:innen genügt die offene Aufgabenstellung, um eigene Lösungswege und Lösungen zu finden, für nicht so leistungsstarke stehen gestufte Tipps zur Verfügung, um so Impulse für eigene Wege zu bekommen. AR unterstützt auch das offene Aufgabenformat, indem die «Tipps» in verschiedenen Formaten (Audio, Fotos, Videos usw.) in die Arbeitsumgebung (Arbeitsblatt, Klassenraum) so eingebunden werden können, dass sie durch Trigger individuell abrufbar sind. Hierbei kann die Lehrkraft sogar steuern, zu welchen Zeitpunkten welche Zusatzinformationen abrufbar sind und wann nicht. Welche Tipps zur Verfügung gestellt werden, hängt natürlich vom Lerngegenstand und von der Lerngruppe ab. Hinweise dazu ergeben sich aus der Analyse in den anderen Abschnitten dieses Papers.

4. Zusammenfassendes Fazit und Anregungen für weitere Forschung

Für den Mathematikunterricht der Sekundarstufen fehlt bisher eine detaillierte Einordnung von Augmented Reality aus mathematikdidaktischer Sicht. Der vorliegende Artikel möchte einen Beitrag dazu leisten, diese Lücke zu schliessen, indem zentrale unterrichtsrelevante und übergreifende Aspekte wie Begriffsbildung, dynamische und statische Sichtweise, Modellieren und Ästhetik sowie das offene Aufgabenformat Ausgangspunkt der Diskussion sind. Sie lassen sich aus dem Auftrag ableiten, ein angemessenes Bild von Mathematik zu vermitteln.

Die bisher wenigen Arbeiten, die sich aus wissenschaftlicher Sicht mit AR im Mathematikunterricht der Sekundarstufe befassen, beziehen sich vorwiegend auf die Geometrie, insbesondere die Analytische Geometrie, und heben hier speziell die Möglichkeit der Veranschaulichung hervor. Die häufig formulierte Chance von AR zur Förderung des räumlichen Vorstellungsvermögens muss noch weiter untersucht werden. Die Bedeutung von AR im Zusammenhang mit interaktiven Lehrbüchern, Arbeitsblättern oder Padlet-Lernumgebungen, bei denen durch Tracken/Triggern digitale Inhalte wie Fotos, Videos, 3D-Modelle und Audios unkompliziert, selbstbestimmt und individuell abgerufen und in den Lernprozess eingebunden werden können, zeigt sich auch in der vorliegenden mathematikdidaktischen Bewertung. Diese führt aber darüber hinaus auf neue Perspektiven von AR im Mathematikunterricht, aber auch auf Grenzen.

Speziell wird eine besondere Stärke von AR beim Thema Modellieren gesehen. AR kann die Schüler:innen in einzelnen Phasen des Modellierungsprozesses unterstützen. Insbesondere kann sie den Übergang vom realen Objekt zum idealisierten Modell visualisieren und dadurch verlangsamen und die abschliessende Validierungsphase und Reflexion fördern. Sie kann den ersten Schritt zum mathematischen Modell anregen, hat in der Arbeit im mathematischen Modell jedoch klare Grenzen und würde hier auch der Vermittlung eines angemessenen Bilds von Mathematik eher entgegenstehen.

Beim Begriffserwerb hängt die Entscheidung für den Einsatz der AR-Technologie vom Begriff und der anzustrebenden Grundvorstellung ab. AR kann sowohl die dynamische als auch die statische Sichtweise fördern. Die in manchen Arbeiten erwähnte besondere Bedeutung von AR für abstrakte Fachkonzepte muss allerdings stets im Einzelfall geprüft werden. Die vorliegende Analyse sieht gerade beim Erwerb abstrakter und komplexer mathematischer Begriffe Grenzen oder Alternativen. Dies wurde am Grenzwertbegriff und am Zuordnungsaspekt des Funktionsbegriffs diskutiert. In der Anfangsphase des Funktionsbegriffserwerbs scheint AR eher die Modellierungskompetenz zu fördern.

Darüber hinaus werden eventuell Chancen von AR bei Beweisfindungsprozessen gesehen. Allerdings fragt sich, ob AR die Vorteile von dynamischen Geometriesystemen wirklich erreicht; hier wären weitere Untersuchungen nötig. Insgesamt verspricht AR, die ästhetische und die funktionale Seite der Mathematik vielfältig und über entdeckendes Lernen durch die simultane Erweiterung und Idealisierung der realen Umgebung und in fächerübergreifenden Zusammenhängen ohne Wechsel des Mediums verdeutlichen zu können. Hervorzuheben ist, dass vieles dafür spricht, dass AR individuelle Lernprozesse in heterogenen Lerngruppen und die Kommunikation und Kollaboration fördern kann, auch indem sie das offene Aufgabenformat im Mathematikunterricht vielfältig unterstützt. Als Fazit eröffnen die Überlegungen in der hier vorgestellten Diskussion neue Chancen von AR für mathematische Kontexte auch neben der Geometrie. Es wäre wünschenswert, dass die Ergebnisse ein Anstoss zu weiteren Analysen und empirischen Untersuchungen sein könnten.

Literatur

Adams, Thomasenia. 1997. «Adressing students' difficulties with the concept of function: applying graphic calculators and a model of conceptual change». *Focus Learn Probl. Math* 19 (2): 43-57.

Bacca, Jorge, Silvia Baldiris, Ramon Fabregat, Sabine Graf, und M. Kinshuk. 2014. «Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications». *Educ. Technology & Sciences* 17 (4): 133-49. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.015.

Beckmann, Astrid. 2003. *Fächerübergreifender Mathematikunterricht: Teil 1: Ein Modell, Ziele und fachspezifische Diskussion, Teil 2: Mathematikunterricht in Kooperation mit dem Fach Physik, Teil 3: Mathematikunterricht in Kooperation mit dem Fach Deutsch, Teil 4: Mathematikunterricht in Kooperation mit Informatik,* Hildesheim, Berlin: Franzbecker.

Beckmann, Astrid. 1997. *Beweisen im Geometrieunterricht der Sekundarstufe I.* Hamburg: Lit.

Beckmann, Astrid, und The ScienceMath-Group, Hrsg. 2010. *ScienceMath – Mathematical Literacy and Cross-Curricular Competencies Through Interdisciplinarity, Mathematising and Modelling Science.* Hildesheim, Berlin: Franzbecker.

Birnbaum, Daniel, und Matthias Ludwig. 2018. «Augmented Reality im Mathematikunterricht – Ein Überblick über derzeitige Einsatzmöglichkeiten». *Beiträge zum Mathematikunterricht* 2018: 2065-66.

Blum, Werner. 2015. «Quality teaching of mathematical modelling: What do we know, what can we do?» In *Proceedings of the 12th international congress on mathematical education*, herausgegeben von S. Cho, 73-96. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12688-3.

Blum, Werner. 1985. «Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion». *Mathematische Semesterberichte* 32 (2): 195-232.

Borromeo Ferri, Rita. 2006. «Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process». *ZDM – The International Journal for Mathematics Education* 38 (2): 86-95. https://doi.org/10.1007/BF02655883.

Bruder, Regina, Lisa Hefendehl-Hebecker, Barbara Schmidt-Thieme, und Hans-Georg Weigand, Hrsg. 2015. *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8.

Buchner, Josef. 2017. «Offener Unterricht mit Augmented Reality». *Erziehung und Unterricht* 7-8 (Sept/Okt): 6.

Carmigiani, Julie, Borco Furth, Marco Anisetti, Paolo Ceravolo, Ernesto Damiani, und Misa Ivkovic. 2011. «Augmented reality technologies, systems and applications». *Multimedia Tools Appl.* 51: 341-77. https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6.

Davis, Philip, und Reuben Hersh. 1994. *Erfahrung Mathematik*. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.

Digel, Susanne, und Jürgen Roth. 2020. «A qualitative-experimental approach to functional thinking with a focus on covariation». *Proceedings of the 10th ERME Topic Conference MEDA 2020/ Linz*: 167-74. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02932218.

Dilling, Frederik. 2022 im Erscheinen. «Physische Arbeitsmittel durch Augmented Reality erweitern – Eine Fallstudie zu dreidimensionalen Koordinatenmodellen». In *Neue Perspektiven auf mathematische Lehr-/Lernprozesse mit digitalen Medien*, herausgegeben von Frederik Dilling, Felicitas Pielsticker, und Ingo Witzke. Wiesbaden: Springer.

Dünser, Andreas. 2005. *Trainierbarkeit der Raumvorstellung mit Augmented Reality.* Thesis, TU Wien. TUW-139958.

Fehling, Dominic. 2019. «Social Augmented Learning: Lehren und Lernen in einer erweiterten Realität». *Online-Zeitschrift für Wissenschaft und Praxis: Medienproduktion* 9. https://web.archive.org/web/20201031133352/https://www5.tu-ilmenau.de/zeitschrift-medienproduktion/index.php/social-augmented-learning-lehren-und-lernen-in-einer-erweiterten-realitaet/.

Fürst, Lia. 2021. *Augmented Reality im Geometrieunterricht der Sekundarstufe I – Möglichkeiten und Chancen*, Bachelorarbeit. PH Schwäbisch Gmünd.

Galbraith, Peter, und Gloria Stillmann. 2006. «A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process». *ZDM – the international journal on mathematics education* 38 (2): 143-62. https://doi.org/10.1007/BF02655886.

Ganter, Sandra. 2013. «Experimentieren – ein Weg zum funktionalen Denken: Empirische Untersuchung zur Wirkung von Schülerexperimenten». *Didaktik in Forschung und Praxis* 70. Hamburg: Kovac.

Gómez, Pedro, und Cristina Carulla. 2001. «Students' conception of cubic functions». *Proceedings of the 25th conference of PME* 1*:* 339-46.

Graumann, Günter. 1997. «Geometrie im Alltag – Konzeption, Themenübersicht, Praxisberichte». In *Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht*, herausgegeben von Werner Blum et al. Hildesheim: Franzbecker.

Greefrath, Gilbert. 2011. «Using technologies: New possibilities of teaching and learning modelling – Overview». In *Trends in teaching and learning mathematical modelling. ICTMA 14*, herausgegeben von Gabriele Kaiser, Werner Blum, Rita Borromeo Ferri, und Gloria Stillman, 301-4. Dodrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0910-2.

Greefrath, Gilbert, Corinna Hertleif, und Hans-Stefan Siller. 2018. «Mathematical modelling with digital tools - a quantitative study on mathematising with dynamic geometry software». *ZDM – the international journal of mathematics education* 50 (1-2): 233-244. https://doi.org/10.1007/s11858-018-0924-6.

Hellriegel, Jan, und Dino Čubela. 2018. «Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktive Sicht». *MedienPädagogik* (Occasional Papers): 58-80. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X.

Höfer, Thilo. 2008. *Das Haus des funktionalen Denkens.* Hildesheim, Berlin: Franzbecker.

Höfer, Thilo, und Astrid Beckmann. 2009. «Supporting mathematical literacy: examples from a cross-curricular project». *ZDM – The international journal on mathematics education* 41: 223-30. https://doi.org/10.1007/s11858-008-0117-9.

Hofe vom, Rudolf. 1995. *Grundvorstellungen mathematischer Inhalte.* Heidelberg: Spektrum.

Hütthaler, Matthias. 2020. «Zur Relevanz von Augmented Reality in der Primarstufe aus Sicht angehender Lehrkräfte – Chancen und Herausforderungen beim Einsatz von Augmented Reality». *PH Niederösterreich. Open Online Journ. F. Res. And Education*. https://journal.ph-noe.ac.at/index.php/resource/article/view/885.

Jablonka, Eva. 2003. «Mathematical Literacy». In *Second International Handbook of Mathematics Education,* herausgegeben von Bishop, A. et al., 75-102. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Kaiser, Gabriele, Werner Blum, Rita Borromeo Ferri, und Gilbert Greefrath. 2015. «Anwendungen und Modellieren». In *Handbuch der Mathematikdidaktik*, herausgegeben von Bruder, Regina, Lisa Hefendehl-Hebecker, Barbara Schmidt-Thieme und Hans-Georg Weigand, 357-83. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8.

Kaiser, Gabriele, und Inga Schwarz. 2003. «Mathematische Literalität unter einer sprachlich-kulturellen Perspektive». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 6: 357-77. https://doi.org/10.1007/s11618-003-0040-3.

Kaufmann, Hannes, und Dieter Schmalstieg. 2003. «Mathematics and Geometry Education with Colaborative Augmented Reality». *Computer & Graphics* 27 (3): 339-45. https://doi.org/10.1016/S0097-8493(03)00028-1.

KMK – Kultusministerkonferenz. 2012. *Bildungsstandards*, Fach Mathematik. https://www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards.html.

Kroker, Bettina. 2018. *Augmented Reality in der Schule*. Ellwangen: Betzold-Blog. https://www.betzold.de/blog/augmented-reality/.

Lengnink, Katja. 2005. «Reflecting mathematics: an approach to achieve mathematical literacy». *ZDM – the international journal on mathematics education* 37 (3): 246-49. https://doi.org/10.1007/s11858-005-0016-2.

Leuders, Timo. 2005. *Qualität im Mathematikunterricht der Sekundarstufen I und II.* Berlin: Cornelsen Scriptor.

Leuders, Timo. 2015. «Aufgaben in Forschung und Praxis». In *Handbuch der Mathematikdidaktik*, herausgegeben von Bruder, Regina, Lisa Hefendehl-Hebecker, Barbara Schmidt-Thieme und Hans-Georg Weigand, 435-60. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8.

Levy, Yael, Otman Jaber, Osama Swidan, und Florian Schacht. 2020. «Learning the Function Concept in an Augmented Reality-Rich Environment». *Journal Mathematical Education in the Digital Age (MEDA)*: 239-46.

Lichti, Michaela. 2019. *Funktionales Denken fördern: Experimentieren mit gegenständlichen Materialien oder Computer-Simulationen.* Wiesbaden: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23621-2.

Lichti, Michaela, und Jürgen Roth. 2018. «How To Foster Functional Thinking in Learning Environments Using Computer-Based Simulations or real Materials». *Journal for STEM Education Research 1*: 148-72. https://doi.org/10.1007/s41979-018--007-1.

Loos, Andreas, und Günter Ziegler. 2015. «Gesellschaftliche Bedeutung der Mathematik» In *Handbuch der Mathematikdidaktik*, herausgegeben von Bruder, Regina, Lisa Hefendehl-Hebecker, Barbara Schmidt-Thieme und Hans-Georg Weigand, 3-17. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8.

Maaß, Katja. 2004. *Mathematisches Modellieren im Unterricht – Ergebnisse einer empirischen Studie.* Hildesheim, Berlin: Franzbecker.

Maier, Uwe. 2017. *Lehr-Lernprozesse in der Schule: Studium*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Manuri, Frederico, und Andrea Sanna. 2016. «A Survey on Applications of Augmented Reality». *Advances in Computer Science: an Int. Journal* 5 (1): 18-27. http://www.acsij.org/acsij/article/view/400.

Michelsen, Claus. 2015. «Mathematical modeling is also physics – Interdisciplinary teaching between mathematics and physics in Danish upper secondary education». *Physics Education* 50 (4): 489-94. https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/4/489.

Milgram, Paul, und Fumio Kishino. 1994. «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays». *IEICE Transactions on Information System* 77 (12): 1321–29. https://web.cs.wpi.edu/~gogo/courses/cs525H_2010f/papers/Milgram_IEICE_1994.pdf.

Neubrand, Michael. 2015. «Bildungstheoretische Grundlagen des Mathematikunterrichts,» In *Handbuch der Mathematikdidaktik*, herausgegeben von Bruder, Regina, Lisa Hefendehl-Hebecker, Barbara Schmidt-Thieme, und Hans-Georg Weigand, 51-76. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8.

Pickert, Günter. 1989. «Warum beweist man im Mathematikunterricht?» *Didaktik der Mathematik* 17 (4): 245-62.

Plath, Jennifer, und Dominik Leiß. 2018. «The impact of linguistic complexity on the solution of mathematical modelling tasks». *ZDM – The international journal on mathematics education 50* (1-2): 159-71. https://doi.org/10.1007/s11858-017-0897-x.

Radianti, Jaziar, Tim Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2019. «A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda». *Computers & Education* 147/103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Reit, Xenia. 2020. «Augmented Reality in der analytischen Geometrie: Hat das Potenzial?» *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020:* 1305-8. https://doi.org/10.37626/GA9783959871402.0.

Rolfes, Tobias. 2014. «Begriffsbildungsprozesse bei funktionalen Zusammenhängen: Wie lernförderlich sind externe dynamische Repräsentationen?» *Beiträge zum Mathematikunterricht* 2005: 481-84. https://doi.org/10.17877/DE290R-1007.

Roth, Jürgen. 2014. «Experimentieren mit realen Objekten, Videos und Simulationen. Ein schülerorientierter Zugang zum Funktionsbegriff». *Der Mathematikunterricht* 60 (6): 37-42.

Schendera, Julian. 2021. *Zur Bedeutung von Augmented Reality im Mathematikunterricht des Gymnasiums – Entwicklung und mathematikdidaktische Bewertung von Unterrichtsmaterialien.* Masterarbeit Universität Ulm/PH Schwäbisch Gmünd.

Schultheiß, Katrin. 2020. *Netze von Körpern – Augmented Reality im Mathematikunterricht.* Studentische Arbeit PH Schwäbisch Gmünd. https://moodle.ph-gmuend.de/mod/publication/view.php?id=21605&currentgroup&page=1.

Schultz, Eva. 2019. *Umfrage zur Erfahrung mit Augmented Reality Funktionen in der Schweiz 2018*. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/979907/umfrage/umfrage-zur-nutzung-von-augmented-reality-in-der-schweiz-nach-alter/.

Shapera, Daniel. 2016. *Exploring the Use of Augmented Reality to Support Cognitive Modeling in Art Education.* Dissertation. Arizona: State University. https://repository.asu.edu/attachments/178500/content/Shapera_asu_0010E_16558.pdf.

Sinclair, Nathalie, und Christian Berneche. 2011. «The Role of the Aesthetic in Mathematical Problem Solving». In *Interdisciplinarity for the Twenty-First Century. Proceedings of the Third International Symposium on Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences, Moncton 2009*, herausgegeben von Barath Sriraman, 49-65. Montana: The Montana Mathematics Enthusiast, Montana University.

Swidan, Osama, Florian Schacht, Cristina Sabena, Michael Fried, und Ferdinando Arzarello. 2020. «Engaging Students in Covariational Reasoning within an Augmented Reality Environment». In *Augmented Reality in Educational Settings,* herausgegeben von Prodomou, Theodosia, 147-67. Leiden: Koninklijke Brill NV. https://doi.org/10.1163/9789004408845_007.

Trappmair, Andreas, und Markus Hohenwarter. 2020. «Driving augmented reality: GeoGebra's new AR features in teaching mathematics». In *Proceedings of the 14th International Conference on Technology in Mathematics*, 136-43. https://doi.org/10.17185/duepublico/70752.

Vinner, Shlomo, und Tommy Dreyfus. 1989. «Images and definitions for the concept of function». *Journal Research Math. Education* 20 (4): 356-66.

Wagenschein, Martin. 1982. *Verstehen lehren*. Basel: Beltz.

Weigand, Hans-Georg. 2015. «Begriffsbildung». In *Handbuch der Mathematikdidaktik*, herausgegeben von Bruder, Regina, Lisa Hefendehl-Hebecker, Barbara Schmidt-Thieme, und Hans-Georg Weigand, 255-78. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35119-8.

Werth, Gerda. 2014. *Ziehen und Beweisen mit DGS: Welche Beweiskraft haben für Studierende die Erkenntnisse, die sie im Zugmodus gewinnen?* Dissertation, Paderborn: Universität Paderborn. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:2-14966.

Wess, Raphael, Hans-Stefan Stiller, Heiner Klück, und Gilbert Greefrath. 2021. «Mathematical Modelling». *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*: 3-20. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78071-5_1.

Winter, Heinrich. 1996. «Mathematikunterricht und Allgemeinbildung». *Mitteilungen der DMV* 2: 35-41.

Wolfinger, Julia, Janis Marian Ahrer, Alicia Hofstätter, und Markus Hohenwarter. 2020. «Möglichkeiten von Augmented reality in der GeoGebra 3D Rechner App». *Beiträge zum Mathematikunterricht,* 1049-52. https://doi.org/10.37626/GA9783959871402.0

Zell, Simon. 2010. *Fächerübergreifende Elemente im Mathematikunterricht zur Förderung von mathematical literacy*. Hildesheim, Berlin: Franzbecker.

Beispiele für AR-Apps

Die nachfolgenden Apps bzw. AR-Plattformen für AR-Projekte wurden alle zuletzt am 10.01.2022 aufgerufen.

- Areeka: https://areeka.net bzw. https://studio.areeka.net,
- Blippar: https://www.blippar.com,
- Augment: https://www.augment.com,
- Arloopa: https://arloopa.com bzw. https://studio.arloopa.com
- zusätzlichen geometrischen Konstruktionsmöglichkeiten:
- GeoGebra 3D Rechner: www.geogebra.org
- mit Messfunktionen:
- AR Ruler: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.grymala.aruler.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Die Erstellung einer Lernumgebung mit immersiver Virtual Reality für das Fach Sachunterricht nach dem M-iVR-L Modell

Silke Bakenhus[1], Marisa Alena Holzapfel[1], Nicolas Arndt[1] und Maja Brückmann[1]

[1] Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Zusammenfassung
Digitalisierung sowie Lernen an und mit digitalen Medien sind nicht zuletzt durch die Corona-Pandemie noch stärker in den Fokus gerückt. Um derartiges Lernen zu ermöglichen, müssen schülergerechte Lerngelegenheiten geschaffen werden. Dazu müssen (angehende) Lehrkräfte in der Lage sein, digitale Lerngelegenheiten zu konzipieren und didaktisch aufzubereiten. Es hat sich in den vergangenen eineinhalb Jahren gezeigt, dass digitales Lernen nicht ausschliesslich für die Sekundarstufe gedacht werden kann, sondern bereits in der Primarstufe gute Konzepte zur Erstellung digitaler Lerngelegenheiten benötigt werden. Im vorliegenden Beitrag wird auf der Basis des Meaningful-immersive Virtual Reality-Learning framework (M-iVR-L Modell) von Mulders, Buchner und Kerres (2020) exemplarisch aufgezeigt, wie die Umsetzung einer Lerngelegenheit mit virtueller Realität (VR) für den Sachunterricht aussehen könnte. Am Beispiel bereits vorhandener 360°-Aufnahmen des Forschungsschiffs Sonne wird die theoretische Umsetzung der sechs Punkte des M-iVR-L Modells durchgespielt. Dabei wird ein Konzept mitgedacht, welches angehende Sachunterrichtslehrkräfte in die Gestaltung der VR-Lerngelegenheit einbezieht, um ihnen so direkt im Studium einen kompetenten und reflektierten Umgang mit digitalen Medien zu vermitteln. Zukünftig sollen auf dieser Basis VR-Lerngelegenheiten gemeinsam mit Sachunterrichtsstudierenden erstellt und evaluiert werden.

The Creation of a Learning Environment with Immersive Virtual Reality for Science Teaching in Primary School According to the M-iVR-L Framework

Abstract
Digitisation and learning with digital media have become even more important, not least because of the Covid-19 pandemic. To enable such learning, opportunities must be created that are appropriate for pupils. To this end, (future) teachers must be able to design digital learning opportunities and prepare them didactically. It has become clear over the past year and a half that digital learning cannot be thought of exclusively for secondary

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

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* 47 (AR/VR - Part 1): 76–93. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.04.X.

schools. Good concepts are already needed for the primary level. In this article, based on the Meaningful-immersive Virtual Reality-Learning framework (M-iVR-L framework) by Mulders, Buchner, and Kerres (2020, 213), an example is given of what the implementation of a Virtual Reality (VR) learning opportunity could look like in science learning of primary school. Using the example of already existing 360°-images of the research vessel Sonne, the theoretical implementation of the six steps of the M-iVR-L framework are run through. In the process, a concept will be considered that involves future teachers of science education in primary school in the design of the VR learning opportunity in order to teach them a competent and reflective approach to digital media directly during their studies. In the future, VR learning opportunities are to be created and evaluated on this basis together with students of science teaching.

1. Einleitung

Digitale Medien wie Tablets oder Smartphones gehören für viele Kinder bereits zum Alltag. Sie schauen sich Filme an, spielen oder kommunizieren mit ihren Freunden. Die Kinder nehmen aktiv und selbstbestimmt an ihrer digitalen Lebenswelt mit ihren Möglichkeiten und Kompetenzen teil (Feierabend u. a. 2021). Virtuelle Lebenswelten, z. B. Minecraft o. ä. werden dabei von den Kindern selbstbestimmt und kreativ «erobert» (Callaghan 2016; Baek, Min, und Yun 2020, 7). Die Kinder lösen in diesen virtuellen Lebenswelten komplexe Probleme, experimentieren mit virtuellen Gegenständen oder entdecken viele unterschiedliche Phänomene. Sie sind motiviert, sich in diesen virtuellen Lernumgebungen auszutauschen, Erfahrungen zu machen und sich neues Wissen anzueignen (Cramariuc und Dan 2021, 58; Villena Taranilla et al. 2019). Dies sind erfolgversprechende Faktoren, um nachhaltige Lernprozesse zu initiieren, kindgerechte Erfahrungs- und Lerngelegenheiten in digitalen Lernumgebungen zugänglich zu machen und Kompetenzen in der digitalen Welt zu fördern (Best et al. 2019, 4).

Doch wie können und müssen diese virtuellen Erfahrungs- und Lerngelegenheiten im Sachunterricht gestaltet sein, um den Kindern auch in ihrer digitalen Lebenswelt eine Orientierung zu geben? Und wie können digitale Medien zur Gestaltung neuer Lehr- und Lernprozesse genutzt werden, damit sich Möglichkeiten zur individuellen Kompetenzförderung ergeben?

Es ist die Aufgabe des Sachunterrichts in der Grundschule, den Kindern in ihrer Lebenswelt und in ihrem Alltag eine Orientierung zu geben und Lerngelegenheiten anzubieten, um vielfältige Kompetenzen zu erlangen (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013). Vorzugsweise eignen sich ausserschulische Lernorte besonders gut, um eine Lebenswelt für die Kinder erlebbar zu machen, die ihnen im Alltag nicht zugänglich ist, wie z. B. der Besuch in einer Backstube oder bei der Feuerwehr. Insbesondere durch die Pandemiebedingungen sind ausserschulische Lernorte in

Form von virtuellen Lebenswelten, z. B. *Google Expeditions*, in den Fokus gerückt. Der Einsatz dieser virtuellen Lebenswelten im Grundschulbereich ist wenig erforscht, obwohl verschiedene Autoren das Potenzial für ein gelingendes Lernen als hoch einschätzen (Buchner 2021; Hellriegel und Čubela 2018), denn die Auseinandersetzung in und mit der digitalen Lebenswelt ermöglicht vielfältige Erfahrungs- und Lerngelegenheiten, die sowohl ausserhalb wie auch innerhalb der Schule neue sowie inklusive Fördermöglichkeiten schaffen.

Dennoch stehen Lehramtsstudierende und Lehrkräfte hier vor einer besonderen Herausforderung, denn sie müssen die didaktischen und methodischen Möglichkeiten digitaler Medien sowie digitaler Lernumgebungen für den Lehr- und Lernprozess erkennen und nutzen können (Kultusministerkonferenz 2016). Doch auch in diesem Bereich gibt es bisher kaum Studien, die das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen von Lehramtsstudierenden bzw. Lehrkräften erforscht haben.

Im Rahmen der technologischen Entwicklung haben Medien mit Virtual Reality (VR) das Potenzial, über das Fachwissen hinaus Kompetenzen und konstruktivistisches Lernen zu fördern. VR-Technologie wird zunehmend als vielversprechendes Instrument in verschiedenen Lernumgebungen eingesetzt, um komplexe Lernumgebungen zu reduzieren, und strukturiert und immersiv Realitäten abzubilden (Radianti et al. 2020, 26). Hellriegel und Čubela (2018, 68) stellen die vielfältigen Potenziale von VR anhand der Prinzipien eines gelingenden Lernens dar. Sie stellen heraus, dass u.a. ein aktivierender und konstruierender Prozess, der die Neugierde und die Motivation fördert und soziale Interaktionen ermöglicht, das Lernen mit VR fördern kann. Sie kommen unter anderem zu dem Fazit, dass eine Grundlage für eine Kompetenzförderung geschaffen wird, «welche über eine Vermittlung von Fachwissen hinausgeht». Dennoch, so merken die beiden Autoren an, müssen die VR-Anwendungen «durch die Lehrkräfte in einem didaktischen Setting gerahmt werden». Mulders, Buchner und Kerres (2020) schlagen das *Meaningful-immersive Virtual Reality-Learning framework* (M-iVR-L Modell) als Rahmen für ein didaktisches Setting bzw. als Instruktionsdesign vor. Dabei gehen die Autoren davon aus, dass Lernen im immersiven VR als Multimedia-Lernen verstanden werden muss und dass das Lernen mit immersiver Virtual Reality (iVR) als aktiver Lernprozess angelegt ist, der über die Wiederholung und die Reproduktion von Informationen oder zentralen Konzepten hinausgeht.

Da VR-Anwendungen im Sachunterrichtsstudium bisher kaum beachtet werden, soll dieser Beitrag insbesondere den Einsatz von immersivem VR in der Lehramtsausbildung in den Fokus nehmen. Konkret wird ein didaktisches Design zum ‹Lernen mit und über VR am Beispiel der Digitalisierung des Forschungsschiffs *Sonne* als virtueller, ausserschulischer Lernort› vorgestellt.

Zunächst wird im Folgenden das Lernen an ausserschulischen Lernorten im Sachunterricht am Beispiel des Forschungsschiffs *Sonne* aufgezeigt (2.). Anschliessend wird das M-iVR-L Modell von Mulders, Buchner und Kerres (2020) in seinen

sechs Teilschritten dargestellt und als Instruktionsdesign für die Erarbeitung eines didaktischen Settings erörtert (3.). Im Anschluss werden Bedeutung und Einsatz ausserschulischer Lernorte im Sachunterricht beschrieben sowie am Beispiel des Forschungsschiff *Sonne* die Einbettung von VR-Medien erläutert (4.). Das Potenzial von VR in Verbindung mit ausserschulischen Lernorten wird in Hinsicht auf die Anwendung des M-iVR-L Modells aufgezeigt. Abschliessend werden forschungsmethodische Bedarfe und Einsatzmöglichkeiten benannt, die bei der Entwicklung der Lernumgebung durch Sachunterrichtsstudierende dazu genutzt werden sollen, spezielle digitale Assessments zur Erfassung von Studierendenvorstellungen zu VR zu entwickeln (5.).

2. Warum ist die Sonne als Forschungsschiff ein interessanter Lernort?

Die Aufgabe des Sachunterrichts besteht darin, Schüler:innen «darin zu unterstützen, ihre natürliche, kulturelle, soziale und technische Umwelt sachbezogen zu verstehen, […] zu erschließen und sich darin zu orientieren» (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013, 9). Die Begegnung mit dem Lerngegenstand – «der Sache» – ist bei der Erschliessung der Umwelt ein entscheidendes Moment und «hat nicht nur […] motivierende, sondern eine bereits bildende Funktion» (Kahlert u. a. 2015, 442).

Im Gegensatz zu einer herausgelösten Bearbeitung von Teilaspekten des Lerngegenstands in der Schule bieten Besuche ausserschulischer Lernorte die besondere Möglichkeit, Lerngegenstände ausserhalb des schulischen Kontextes an Originalorten und in originalen Zusammenhängen und damit in authentischen Situationen selbst zu erleben, zu erkunden und tätig zu werden (vgl. Brade und Dühlmeier 2015, 436). Durch die Begegnung mit den Lerngegenständen in authentischen Situationen wird der Entstehung verzerrter Grössenverhältnisse und der Fehleinschätzung von Verhältnissen entgegengewirkt; gleichzeitig werden individuelle Verknüpfungen und eine differenzierte Begriffsbildung ermöglicht (Somrei 1997, 270). Diese kindlichen Lernformen fördern durch emotionale Erfahrungen und Erlebnisse nicht nur Handlungsbereitschaft, sondern schaffen auch Grundlagen für die Entwicklung von Handlungskompetenzen (Somrei 1997, 270). Der handelnde Umgang mit den Lerngegenständen an ausserschulischen Lernorten bildet schliesslich die Grundlage für den kindlichen Wissenserwerb und schafft somit eine – aus pädagogischer Sicht gewinnbringende – intensive Lernumgebung (Kahlert u. a. 2015, 437; Somrei 1997, 270).

Als ausserschulischer Lernort können zunächst einmal «alle Orte ausserhalb des Klassenzimmers bzw. Schulgeländes [verstanden werden], die Lernprozesse bei Kindern anregen, ergänzen und abrunden können» (Somrei 1997, 269). Die in der Literatur häufige duale Unterscheidung ausserschulischer Lernorte anhand ihrer Art in primäre – eigens für das Lernen eingerichtete Orte – und sekundäre Lernorte – mit

vorrangig anderen Aufgaben – ist jedoch genauso unpräzise wie eine Unterscheidung ob des Vorhandenseins eines spezifischen pädagogischen Angebots in *Orte mit* an ihren *Bildungsauftrag* gebundenen Programmen wie z. B. Museen, Theater, botanische Gärten, Science Center oder Schülerlabore und Umweltzentren vs. *Orte der Lebenswelt* wie z. B. Wald, Betriebe oder Strassen ohne spezifischen Bildungsauftrag und pädagogische Programme (Baar und Schönknecht 2018, 16).

Sinnvoller erscheint eine Unterscheidung ausserschulischer Lernorte hinsichtlich ihres Potenzials, Bezüge zum schulischen Bildungs- und Erziehungsauftrag und damit zu den Inhalten, Zielen und Kompetenzen herzustellen (Baar und Schönknecht 2018, 21; Kahlert u. a. 2015, 437). Zur Erschliessung dieses Potenzials schlagen Brade und Dühlmeier (Kahlert u. a. 2015, 438) unter Bezugnahme auf bestehende Klassifizierungen sowie den Perspektivrahmen der GDSU (2013) fünf Kategorien vor: Lernorte der *Naturwelt*, Lernorte der *Kulturwelt*, Lernorte der *sozialen und politischen Welt*, Lernorte der *Arbeits- und Wirtschaftswelt*, Lernorte der Welt der *Wissenschaft und Technik*.

Diese Kategorisierung ist jedoch nicht immer trennscharf möglich, und so lässt sich das 2014 in Dienst gestellte Forschungsschiff *Sonne* mehreren Kategorien zuordnen, da im Rahmen der Forschung auf der *Sonne* Fragen «vor allem hinsichtlich der Versorgung mit marinen Rohstoffen und des Eingreifens des Menschen in die Ökosysteme» (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2018) beantwortet werden sollen. Die Frage nach dem Verhältnis zwischen Mensch und Natur findet sich ebenfalls im Perspektivrahmen der GDSU im perspektivbezogenen Themenbereich (5) *Lebende Natur – Entwicklungs- und Lebensbedingungen von Lebewesen* wo die Schüler:innen «die Verantwortung des Menschen für den Schutz der natürlichen Lebensbedingungen der Wildpflanzen und -tiere […] ableiten» (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013, 45), und im niedersächsischen Kerncurriculum Sachunterricht im Themenbereich Pflanzen und Tiere der Perspektive Natur in dem es heisst «die Schülerinnen und Schüler diskutieren die Verantwortung des Menschen für den Schutz von Ökosystemen und reflektieren Möglichkeiten und Grenzen der eigenen Einflussnahme» (Niedersächsisches Kultusministerium 2017, 21). Damit lässt sich das Forschungsschiff den Lernorten in der Naturwelt zuordnen.

Darüber hinaus lässt sich die *Sonne* auch den Lernorten in der Welt der Wissenschaft und Technik zuordnen, an denen Schüler:innen sich reflektiert mit Errungenschaften aus Wissenschaft und Technik auseinandersetzen können. Auch hier lässt sich eine Verknüpfung zu den Kompetenzen und Inhalten der unterschiedlichen Perspektiven im Sachunterricht herstellen. So lassen sich die bei Schiffen relevanten physikalischen Vorgängen wie Verdrängung, Schwimmen und Sinken in der naturwissenschaftlichen Perspektive (GDSU 2013, 44) bzw. in Bau und Bewertung von Modellen aus der technischen Perspektive (Niedersächsisches Kultusministerium 2017, 19; Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013, 69) ebenso thematisieren

wie die Navigation von Schiffen in der Perspektive Raum, indem sich Schüler:innen «mithilfe von analogen und/oder digitalen Orientierungsmitteln» (Niedersächsisches Kultusministerium 2017, 23) wie Kompass oder Navigationssystemen orientieren. Schliesslich lassen sich in der geografischen Perspektive «räumliche Referenzpunkte (z. B. Himmelsrichtungen, zentrale ‹Landmarken›) zeichnerisch festhalten und für die Orientierung im Raum anwenden» (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013, 50) «wichtige Darstellungsmittel (z. B. Signaturen, Massstabsangaben auf Balken, Richtungsangaben, Koordinatenmuster) auf Karten lesen und beschreiben» (ebd.) oder «auf Weltkarten und Globen bzw. mithilfe elektronischer Darstellungsmittel (wie z. B. Satellitenbilder, *Google Earth*) grundlegende räumliche Merkmale auffinden und beschreiben» (ebd.).

Ein Besuch des Forschungsschiffs *Sonne* als ausserschulischer Lernort bietet durch seine vielen Anknüpfungspunkte die Möglichkeit, die jeweiligen Lerngegenstände vor Ort in authentischen Situationen selbst zu entdecken, zu erfahren und selbst vor Ort tätig zu werden. Der Besuch ausserschulischer Lernorte ist jedoch stets mit einem hohen zeitlichen und organisatorischen Aufwand verbunden (Brade und Dühlmeier 2015, 437; Baar und Schönknecht 2018, 164). So müssen in der Vorbereitungsphase durch die Lehrperson zunächst das didaktische Potenzial und die Handlungsmöglichkeiten am Lernort erschlossen werden. Anschliessend müssen unter Berücksichtigung von Erwartungen, Ideen, Wünschen, Vorkenntnissen und Vorstellungen der Schüler:innen Materialien für die Vermittlung der erforderlichen Sachinformationen erstellt werden. Während des Besuchs gilt es, weitgehend selbstständiges, handlungsorientiertes, entdeckend-forschendes Lernen zu organisieren und in der Nachbereitung das Lernen vor Ort zu reflektieren, offene Fragen zu formulieren und das am Lernort Erarbeitete zu dokumentieren und ggf. zu präsentieren (Brade und Dühlmeier 2015, 439f.). Mit dieser komplexen Didaktik ausserschulischen Unterrichts sind jedoch nicht alle Lehrpersonen vertraut, weswegen Lernorte, z. B. aufgrund unzureichender Vorbereitung, eine Überforderung der Kinder darstellen können (Brade und Dühlmeier 2015, 437). Im Hinblick auf das Forschungsschiff *Sonne* als ausserschulischen Lernort kommt zudem hinzu, dass «Hafentage, an denen das Forschungsschiff besichtigt werden kann, […] rar» (Bundesministerium für Bildung und Forschung und Projektgruppe Wissenschaftsjahr 16*17 2018) sind und ein Besuch daher nur im Rahmen eines virtuellen Rundgangs realistisch ist. Daher ist es sinnvoll, eine schülergerechte virtuelle Lerngelegenheit des Forschungsschiffs *Sonne* zu gestalten.

3. Das M-iVR-L Modell in Theorie und Anwendung

Mulders, Buchner und Kerres (2020) beschreiben im M-iVR-L Modell ein Instruktionsdesign mit sechs Teilschritten zum Einsatz der iVR-Technologie als Lerngelegenheit. Die Instruktionen dieses Modells wurden als Basis zur Erstellung einer – im didaktischen Sinne gewinnbringenden – virtuellen Lernumgebung für den Sachunterricht genutzt.

3.1 Erst lernen, dann eintauchen

Der Kern der iVR-Lernumgebung ist es, in eine virtuelle Welt einzutauchen, die es Lernenden ermöglicht, sich umzusehen und mit der virtuellen Welt zu interagieren. So könnten auch schwer oder gar nicht zugängliche Orte, wie beispielsweise das Forschungsschiff *Sonne*, erlebt und als Lernort genutzt werden. Das Eintauchen in iVR-Umgebungen ist jedoch mit einer sehr hohen kognitiven Belastung (Cognitive Load) durch die Verarbeitung dieser virtuellen Welt verbunden (vgl. Richards und Taylor 2015). Wird eine solche iVR-Umgebung daher zum Lernen eingesetzt, muss also darauf geachtet werden, dass der Grad der Immersion so detailliert wie nötig ist, aber Lernende dabei nicht gleichzeitig vom Wesentlichen – dem jeweiligen Lerngegenstand – abgelenkt werden.

Für die zu gestaltende Lernumgebung der *Sonne* bedeutet dies, dass für das Thema *Navigation auf dem Wasser* irrelevante Bereiche des Schiffs, wie beispielsweise die Kabinen oder Forschungslabore, nicht eingebunden werden und sich nur auf die Brücke beschränkt wird. Eine realistische 3DNachbildung der Brücke mit interaktiven animierten Geräten wäre nicht nur in der Erstellung zeit- und kostenintensiv, sondern würde bei der Benutzung leistungsfähige Endgeräte voraussetzen und zudem ebenfalls vom Wesentlichen ablenken. Bei der hier vorgestellten Lernumgebung wurden daher 360°-Aufnahmen genutzt, welche im Rahmen des Wissenschaftsjahrs 2016-17 im Hafen von Yokohama (Japan) gemacht wurden (s. Abb. 1).

3.2 Lernrelevante Interaktionen anbieten

Es wurde bereits nachgewiesen, dass sich lernrelevante körperliche Aktivitäten positiv auf den Erwerb von deklarativem Wissen auswirken (Fiorella und Mayer 2016), was auch für das Lernen mit VR-Umgebungen, in denen man mit der Hand oder einem Controller Aktivitäten in der virtuellen Welt vornehmen kann, teilweise bestätigt werden konnte (Scheiter, Brucker, und Ainsworth 2020). Dennoch empfehlen Mulders, Buchner und Kerres (2020) für die Gestaltung einer guten iVRLernumgebung, nicht uneingeschränkt auf die Interaktion zu setzen, sondern geben vor, zwei Dinge zu beachten: Die Bewegung sollte ausschliesslich dann möglich sein, wenn sie lernrelevant ist und die Lernenden sollten, bevor sie sich eigenständig in der virtuellen Welt bewegen, darin geschult werden, wie die Interaktion gesteuert wird.

Um die bestehenden 360°-Aufnahmen der Brücke zu einem virtuellen Rundgang zu verbinden, gibt es unterschiedliche Softwarelösungen. Allen gemein ist die Möglichkeit, die einzelnen Aufnahmen zu einem virtuellen Rundgang zusammenzustellen, durch den sich Nutzende anschliessend ähnlich wie bei *Google Streetview* durch Klicken oder Fokussierung sogenannter Hotspots bewegen können (s. Abb. 1). Mithilfe dieser Hotspots ist es zudem möglich, die für das Thema *Navigation auf dem Wasser* relevanten Elemente der Brücke mit zusätzlichen Informationen wie z. B. Texten, Bildern oder Videos zu erweitern.

3.3 Komplexe Aufgaben in kleinere Einheiten aufteilen

Die iVR-Lernumgebungen können sehr komplex sein, was schnell zu einer Überforderung der Lernenden führen kann. Um dem entgegenzusteuern, sollte die iVR-Lerngelegenheit in verschiedene kleinere Sequenzen unterteilt werden. Studien konnten hierzu bereits nachweisen, dass durch Scaffolding, eine Lernstrategie als Gerüst zur Hilfestellung, der Cognitive Load reduziert werden kann und das Lernen verbessert wird (Parong und Mayer 2018).

Die hier vorgestellte Gesamtlerneinheit *Navigation auf dem Wasser* wurde daher in acht kleinere Sequenzen unterteilt und im Sinne eines Stationenlernens als Rallye aufgebaut. Dadurch soll gewährleistet werden, dass alle markierten Gegenstände der virtuellen Umgebung gefunden werden und keiner übersehen wird. Die Schüler:innen erhalten einen Laufzettel, auf dem sie das Lösungswort «Navigation» erarbeiten sollen. Nach erfolgreichem Bearbeiten einer Sequenz erhalten sie einen Lösungsbuchstaben. Um das Lösungswort zu erarbeiten, müssen sie alle acht Sequenzen lösen. Die einzelnen Sequenzen bestehen jeweils aus einer Lerngelegenheit zu einem Gegenstand im Raum. In welcher Reihenfolge dieses Unterrichtsmaterial bearbeitet wird, ist nicht relevant. Die Abfolge wird durch den virtuellen Rundgang durch den Lernenden selbst festgelegt. Die Lernenden bewegen sich durch den virtuellen Raum und finden dort verschiedene markierte Gegenstände vor. Fokussieren sie einen dieser Gegenstände, öffnet sich ein Fenster, in dem der Gegenstand vergrössert wird. Der Raum wird blass im Hintergrund dargestellt. Zusätzlich erscheinen weitere Informationen zu dem Gegenstand sowie der Hinweis zur jeweiligen manuellen Lerngelegenheit. Diese bearbeiten die Schüler:innen dann gemeinsam in Partnertandems manuell ausserhalb der iVR. Nach der Bearbeitung erhalten sie einen Lösungsbuchstaben und setzen ihren virtuellen Rundgang fort, um weitere Lösungsbuchstaben zu sammeln. Konzipiert wurde diese thematische Sequenz für Grundschulkinder der vierten Klasse von Studierenden im Rahmen eines Seminars.

Die einzelnen thematischen Sequenzen verbergen sich jeweils hinter einem markierten Gegenstand in der virtuellen Lernumgebung. Diese Auflistung kann selbstverständlich je nach Lernumgebung und Anzahl der Gegenstände beliebig angepasst

werden. Für den exemplarisch dargestellten virtuellen Lernort der Schiffsbrücke (s. Abb. 1) wird der Themenbereich *Navigation auf dem Wasser* mit folgenden Gegenständen und dazugehörigen kleineren Sequenzen gewählt:

1. (elektronische) Seekarte
2. Steuersystem mit Joystick
3. (Magnet-)Kompass
4. Radar
5. Alarmhupe
6. Telefon
7. Steuerhebel für Propeller
8. Logbuch

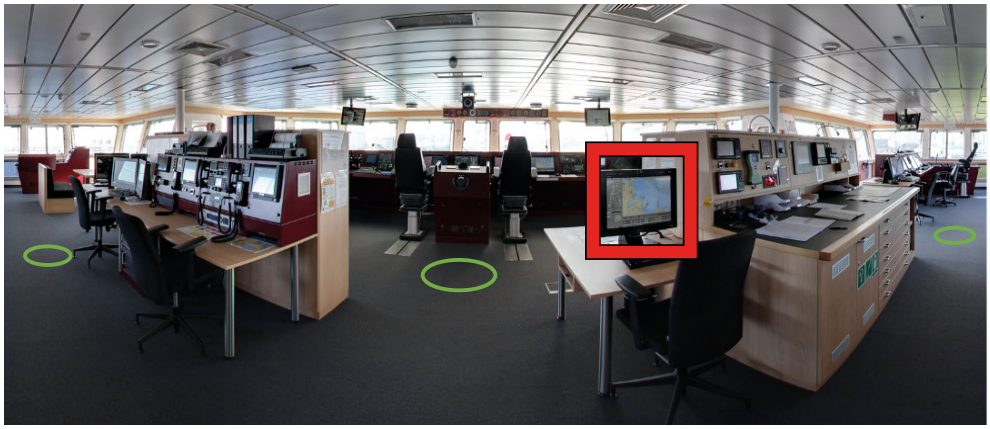


Abb. 1: Ausschnitt der Brücke von der *Sonne* mit zusätzlicher Markierung der elektronischen Seekarte (Bundesministerium für Bildung und Forschung, Projektgruppe Wissenschaftsjahr 16*17 2018).

Abbildung 2 zeigt eine elektronische Seekarte auf einem Bildschirm. Dieser Ausschnitt ist der Sequenz 1 elektronische Seekarte zugeordnet und beinhaltet thematisch den Massstab und die Legende einer Seekarte. Es sind folgende Arbeitsaufträge und Impulsfrage denkbar:

1a) Beschreibe den Bildausschnitt mit eigenen Worten.
b) Welche Farben kannst du auf dem Bildschirm sehen?
c) Was bedeuten die Farben? Tipp: Beachte die Legende links am Rand.
d) Kannst du erkennen, wo sich das Schiff auf der Karte befindet? Tipp: Die Karte zeigt auch den Schiffsweg als Linie.
e) Überlege, wofür eine Seekarte benötigt wird und stelle Vermutungen an.
2a) Welchen Massstab hat die Seekarte? Tipp: Beachte die Legende.
b) Wozu ist ein Massstab auf der Karte angegeben?



Abb. 2: Bildausschnitt der elektronischen Seekarte (Bundesministerium für Bildung und Forschung, Projektgruppe Wissenschaftsjahr 16*17 2018).

3.4 Immersives Lernen anleiten

Der Cognitive Load kann ebenfalls reduziert werden durch eine gezielte und gut instruierte Anleitung. Diese Anleitung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Pädagogische Agenten können durch die Umgebung führen und stellen so eine Strukturierungshilfe dar. Alternativ können wichtige Informationen hervorgehoben oder Just-in-time-Informationen gezielt dort eingeblendet werden, wo sie benötigt werden. Diese Hilfen könnten so gestaltet werden, dass sie zunächst automatisch erscheinen und im Verlauf des Arbeitens in der iVR-Lernumgebung ausgeblendet und nur noch bei Bedarf von den Lernenden aktiviert werden (Mulders, Buchner, und Kerres 2020).

Der Aspekt des Anleitens bezieht sich zum einen, unabhängig von dem thematischen Inhalt, auf die Transparenz der Methode und beinhaltet beispielsweise den Einsatz von und Umgang mit den benötigten Brillen und der Technik. Kritisch angemerkt sei in diesem Zuge, dass hierbei auch auf mögliche gesundheitliche Unverträglichkeiten wie Motion Sickness in Form von Schwindel oder Übelkeit geachtet werden sollte. Eine Studie von Buchner und Aretz (2020, 208) entkräftet diese Sorge, da in der praktischen Anwendung keine Unverträglichkeit festgestellt wurde.

Andererseits bedarf es auch der Hilfe zur Orientierung innerhalb der iVR-Lernumgebung, weshalb *Kapitän Nautik* den Lernenden als pädagogischer Agent vorgestellt wird, der einen Überblick über sein Schiff gibt und als begleitender Führer dient. Als Einstieg spannt er die Rahmung dieser Lerneinheit auf, stellt sich selbst als Kapitän und sein Schiff kurz vor und lädt zu einem gemeinsamen Rundgang ein. Dabei erklärt er beispielsweise, auf welchem Deck sich die Lernenden grade befinden und welche

Aufgaben auf sie zukommen. Er stellt sich als Experte für die Führung eines Schiffes, die Schifffahrt, ihre Hilfsmittel und die speziellen Instrumente in der Schifffahrt vor. Dieser pädagogische Agent wird als ständiger Begleiter Tipps und Hilfestellungen z. B. in Form von kurzen Just-in-time-Informationen, Erklärungen von Begriffen oder interessanten historischen Entwicklungen geben, die eingeblendet werden können und danach wieder verblassen. Zudem führt er Überleitungen ein, dass beispielsweise im weiteren Verlauf analoge Aufgaben zu bearbeiten sind. Darüber hinaus kann er auch als Lehrender fungieren und die Richtigkeit der gelösten Aufgaben an den Lernenden zurückmelden, loben oder motivieren, es bei einem fehlerhaften Aufgabenergebnis ein weiteres Mal zu versuchen.

3.5 Auf vorhandenem Wissen aufbauen

Nach Huang, Rauch und Liaw (2010) sollten Lernaktivitäten, insbesondere beim Lernen mit VR, an bereits vorhandenes Wissen anknüpfen, um so Über- oder Unterforderung zu vermeiden. Es ist anzunehmen, dass junge Schüler:innen wenig bis keine Erfahrung mit iVR-basierten Lernumgebungen haben und somit die Gefahr besteht, dass die Technologie im Vordergrund steht und dadurch der Wissenserwerb in den Hintergrund rückt (Buchner 2021; Han 2020). Daher muss zunächst erfasst werden, welche Vorerfahrungen die Lernenden im Umgang mit iVR haben. Gleichzeitig ist für einen nachhaltigen Wissenserwerb ebenfalls relevant, welche Vorkenntnisse die Lernenden zum fachlichen Inhalt haben, der durch die iVR-Lernumgebung erweitert werden soll. Auf der Basis der Erkenntnisse über Vorwissen und Vorerfahrung der Lernenden sollte ein vorbereitendes Training erstellt sowie der fachliche Inhalt abgestimmt werden (Mulders, Buchner, und Kerres 2020).

Eine gute und lernförderliche iVR-Lernumgebung muss demnach auch thematisch an das Vorwissen der Lernenden anknüpfen. Da zu den Schülervorstellungen zum Thema *Navigation auf dem Wasser* bisher nur wenig bekannt ist, müssen diese zunächst erhoben werden. Da bereits Themeneinheiten wie Orientierung in Räumen in den vorangegangenen Schuljahren behandelt worden sind, kann davon ausgegangen werden, dass beispielsweise die Himmelsrichtungen und der Umgang mit einem Magnetkompass sowie geografische Karten unterschiedlicher Massstäbe bekannt sind. Die Lernumgebung wird also zunächst auf Grundlage des Kerncurriculums gestaltet.

Zur Erfassung der Schülervorstellungen wird in einem digitalen Assessment das Vorwissen zum Thema *Navigation auf dem Wasser* parallel erhoben. Die Items werden im Multiple-Choice-Single-Select Format gestaltet. Nach der Validierung kann die Skala zukünftig auch zur Evaluation des Lernzuwachses verwendet werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse können die einzelnen Sequenzen überarbeitet und der fachliche Inhalt der Lernumgebung an den Wissensstand der Zielgruppe angepasst werden.

3.6 Konstruktive Lernaktivitäten anbieten

Um den nachhaltigen Wissenserwerb zu fördern, sollte eine iVR-Lernumgebung einen aktiv konstruierenden Lernprozess unterstützen. Wurden die bereits genannten Punkte umgesetzt, sollte noch darauf geachtet werden, dass die erstellte Lernumgebung einen problemorientierten Ansatz verfolgt. Hierzu können sowohl in der iVR-Lernumgebung als auch ausserhalb gezielt Aufgaben gestellt werden, die einen problemorientierten Ansatz verfolgen und somit aktiv und gezielt einen konstruierenden Lernprozess steuern (Mulders, Buchner, und Kerres 2020). Die generative Lernstrategie des Zusammenfassens kann das Lernen ebenfalls unterstützen (Parong und Mayer 2018).

Zur Umsetzung eines problemorientierten Ansatzes im Unterrichtsfach Sachunterricht kann z. B. diese Impulsfrage ein authentisches Problem vorgeben: *Was wäre, wenn Stromausfall auf dem Schiff herrscht und keine elektronische Seekarte mehr funktioniert?* Dabei sind die Grundprinzipien des problemorientierten Lernens zu berücksichtigen. Dieses Unterrichtsprinzip stärkt u.a. die Kommunikations- und Teamfähigkeit sowie die Eigenverantwortung der Schüler:innen.

Um diese erste Sequenz (verknüpft mit dem Bild der elektronischen Seekarte, vgl. Abbildung 2) zu vervollständigen, wird abschliessend eine kurze Zusammenfassung der Sequenz gegeben und um eine Selbstüberprüfung des Gelernten ergänzt. In diesem Zusammenhang wird ein Lösungsbuchstabe (der möglicherweise auch mehrmals im Lösungswort vorkommt) ausgegeben.

4. Einsatz in der Lehramtsausbildung

Wie bereits einleitend vorgestellt wurde, sind digitale Medien bei den Schüler:innen allgegenwärtig. Die zukünftigen Lehrkräfte sollten sich dieser Tatsache bewusst sein und diese Voraussetzung in ihrem Unterricht berücksichtigen. Insbesondere auf die umfangreichen und komplexen Vor- und Nachbereitungen eines ausserschulischen Lernortes kann dies angewendet werden. Diese beiden Stränge zusammenzuführen sollte daher Bestandteil der Ausbildung sein. Die folgenden Abschnitte beschreiben, wie dies als Teil der Ausbildung gestaltet sein kann.

4.1 Lernen mit und über VR am Beispiel der Digitalisierung ausserschulischer Lernorte

Im Rahmen eines Seminars erstellen Sachunterrichtsstudierende angeleitet virtuelle Lernorte. Durch diese Erstellung virtueller Lernorte erwerben sie im Sinne der Kultusministerkonferenz wichtige Kompetenzen, indem sie den adäquaten Einsatz von VR planen, durchführen und reflektieren und so den professionellen und didaktisch sinnvollen Einsatz dieser Technik erproben (Kultusministerkonferenz 2016, 24).

Durch das Verbinden bestehender oder selbst erstellter 360°-Aufnahmen mithilfe entsprechender VR-Software zu virtuellen Rundgängen und das Hervorheben und Ergänzen besonderer Objekte mit Texten, Bildern oder Videos werden die Lernorte nicht nur digital erfasst, sondern gezielt didaktisch aufbereitet. Neben der Auseinandersetzung mit den Lernorten selbst stellt auch das immersive Erkunden virtueller Lernorte die Frage «Wie funktioniert das?», wodurch auch die Technik selbst zum Lerngegenstand wird.

4.2 Erhebung der Schülervorstellungen und -vorerfahrungen gemeinsam mit Sachunterrichtsstudierenden

Da die Anknüpfung an den Wissens- und Erfahrungsstand der Lernenden für die Gestaltung nachhaltigen Lernens wichtig ist (Adamina u. a. 2018), ist der Umgang mit und die Erhebung von Schülervorstellungen ein bedeutender Teil der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften (Baumert und Kunter 2013). Aufgrund der immer grösseren Bedeutung von digitalen Medien im (Schul-)Unterricht müssen die Lehramtsstudierenden so früh wie möglich Wissen über den gewinnbringenden Einsatz solcher Medien anlegen. Um dies sicherzustellen, werden die Studierenden im Rahmen einer weiteren Lehrveranstaltung in die Gestaltung, Erhebung und Auswertung digitaler Assessments zur Erfassung der bereits genannten Schülervorstellungen eingebunden.

Die Lehrveranstaltung beginnt mit notwendigen theoretischen Grundlagen zum Curriculum des Faches Sachunterricht (Niedersächsisches Kultusministerium 2017) sowie zum Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU 2013, 9f.) und zu Schülervorstellungen allgemein (Adamina u. a. 2018). Anschliessend erfolgen einige Sitzungen, in denen exemplarisch bereits erhobene Schülervorstellungen zu ausgewählten Perspektiven besprochen werden (Adamina u. a. 2018). Danach erhalten die Studierenden eine Einführung in die Erstellung digitaler Assessments mit der Software *LimeSurvey* und erstellen digitale Assessments zur Erfassung der Schülervorstellungen und -vorerfahrungen zu iVR und zum thematischen Inhalt der Lernumgebung (Hussy, Schreier, und Echterhoff 2013). Um die Einstellungen und Werthaltungen von Sachunterrichtsstudierenden zu Schülervorstellungen und -vorerfahrungen zum Lernen mit iVR zu erfassen, wird die Lehrveranstaltung mit einem Pre-Posttest evaluiert.

4.3 Entwicklung von Instruktionsmaterialien zu einer iVR-Lernumgebung mit Lehramtsstudierenden des Faches Sachunterricht

Immersives Lernen mit VR stellt einen gewinnbringenden Lernansatz dar, was der Gestaltung von Lernumgebungen mit VR gegenwärtig grosse Beachtung zukommen lässt (Barkmin et al. 2020, 99). Insbesondere ist dies für Lerngruppen des Primarbereichs

eine grundlegende Didaktisierung, da diese digitale Aufbereitung von Unterrichtsmedien auch den Abbau von Barrieren unterstützt – ganz im Sinne des inklusiven Gedankens. Es besteht die Anforderung an die Lehrkräfte von morgen, in der Lage zu sein, die Schüler:innen auf die zunehmende digitalisierte Welt vorzubereiten und digitale Tools didaktisch reflektiert und routiniert im Fachunterricht anwenden und umsetzen zu können (ebd., 103).

Im Rahmen von universitären Seminaren der Oldenburger Lehramtsausbildung im Fach Sachunterricht werden die angehenden Grundschullehrkräfte auf Grundlage von bereits digitalisierten virtuellen Lernorten (siehe 4.1) eigene digitale Unterrichtsmaterialien entwickeln. Dafür ist eine vorangegangene Berücksichtigung der erhobenen Schülervorstellungen zu der Thematik (siehe 4.2) unerlässlich. Auch sind ein pädagogischer Agent bzw. eine Agentin zu kreieren und ein entsprechendes Rahmensetting zu entwickeln. Anknüpfend an die erstellten iVR-Umgebungen sollen dort digitale Marker eingefügt werden d. h. einzelne Gegenstände aus dem Rundgang z. B. farblich sind hervorzuheben und dann mit Arbeitsaufträgen und Denk- oder Entwicklungsaufgaben anzureichern. Ausformulierung und Strukturierung der Aufgabensequenzen sollen von Studierenden im Rahmen von Seminaren entwickelt und digital eingebunden werden. Einzelne Gegenstände können auch direkt in der virtuellen Realität mit didaktischen Aufbereitungen ergänzt werden. Die Lehrvorhaben befinden sich derzeit noch in der Planungsphase, eine Umsetzung ist für das Sommersemester 2022 beabsichtigt.

5. Fazit/Ausblick

Digitale Medien sind bereits Teil des Alltags von Kindern und Jugendlichen. Dabei nutzen bereits jüngere Kinder privat digitale Endgeräte, auch um in Spielen in virtuelle Welten einzutauchen. Diese neuen digitalen Errungenschaften sollten auch Einzug in die schulische und universitäre Bildungslandschaft halten und dabei möglichst schon jungen Kindern einen kompetenten Umgang vermitteln. Da es hierzu noch nicht viele Erkenntnisse gibt, müssen zur Gestaltung einer schülergerechten Lerngelegenheit für Grundschüler:innen zunächst Vorwissen sowie Fähigkeiten der Lernenden erhoben werden.

Studierende erprobten im Wintersemester 2021/2022 erste digitale Assessments zur Erfassung der Schülervorstellungen und -erfahrungen im Rahmen eines Seminars. Hierbei geht es einerseits darum, gemeinsam mit Studierenden einen ersten Grundstein für ein valides Testinstrument zur Erfassung der Schülervorstellungen und -erfahrungen zu legen und andererseits darum, die professionelle Handlungskompetenz der Studierenden zu entwickeln. Um eine Aussage über die professionellen Kompetenzen der Studierenden in Bezug auf Schülervorstellungen treffen zu können, werden dabei ihre Sichtweisen und Überzeugungen durch eine Pre-Post-Erhebung evaluiert.

Aufbauend auf den daraus erhobenen Schülervorstellungen soll ein für die Zielgruppe passendes Pre-Training entwickelt werden, welches vor dem eigentlichen Lernprozess den Umgang mit der Technologie erklärt. Zusätzlich können auf den Ergebnissen aufbauend gezielte Just-in-time-Informationen als Hilfestellung implementiert werden.

Im Rahmen dieses Beitrags wurde aufgezeigt, wie das M-iVR-L Modell von Mulders, Buchner und Kerres (2020) für den Sachunterricht theoretisch umgesetzt werden kann. Nachfolgend muss nun auf der Basis der vorhandenen 360°-Aufnahmen des Forschungsschiffs *Sonne* eine erste virtuelle Lernumgebung nach den vorgestellten Vorgaben konzipiert werden. Um dabei dem (Fort)Bildungsanspruch angehender Lehrpersonen gerecht zu werden, welche die digitale Bildung der Schüler:innen vorantreiben müssen, können in Zukunft die angehenden Sachunterrichtslehrkräfte wie beschrieben auf verschiedene Weise in die Konzeption der VRLerngelegenheit für Grundschulkinder einbezogen werden. Die Basis dazu soll die entwickelte Lernumgebung zur *Sonne* bieten. So können die angehenden Lehrkräfte konstruktiv ihr Professionswissen und ihre Kompetenzen erweitern und sich dabei gleichzeitig kreativ einbringen. Ist die Lernumgebung einmal fertig konzipiert, können die Studierenden die Schüler:innen beim Lernen an und mit der VR-Lerngelegenheit in einem neu entstehenden Sachunterrichtslabor (SULab, Eröffnung im Sommer 2022) an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg begleiten und beobachten. Dadurch erfahren die angehenden Lehrkräfte direkt etwas über die Passung der eigens erstellten Lernumgebung und können reflektiert Rückschlüsse ziehen.

Die im Beitrag vorgestellten Ideen können noch durch Differenzierungsmöglichkeiten ergänzt werden. Hier bietet sich beispielsweise an, für schnelle und leistungsstarke Schüler:innen Zusatzmaterial zu gestalten. Es wäre denkbar, dass sich nach dem Erschliessen und Eingeben des Lösungswortes eine zusätzliche, freiwillige Sequenz bearbeiten lässt. Eine andere Möglichkeit wäre, einzelne Objekte durch eine detaillierte 3D-Nachbildung einzelner Gegenstände in der virtuellen Umgebung noch genauer erfahrbar zu machen und daran weitere differenzierende Aufgaben anzuschliessen. Dieser Teil könnte alternativ auch durch ergänzende Augmented Reality (AR)-Anwendungen umgesetzt werden.

An das vorgestellte Vorhaben anknüpfend sollen zukünftig noch weitere 360°-Aufnahmen gemeinsam mit den Studierenden aufgenommen und zu neuen VR-Lerngelegenheiten für andere Themen, beispielsweise die Gezeiten des Wattenmeers, ein Satellit oder ein Vulkan, entwickelt werden. So soll das Angebot stetig wachsen.

Durch eine solche Konzeption verschiedener VR-Lerngelegenheiten, die an das Kerncurriculum (Niedersächsisches Kultusministerium 2017) und den Perspektivrahmen (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts 2013) des Faches Sachunterricht angelehnt sind, ergibt sich aus unserer Sicht die Möglichkeit, im Rahmen eines universitären Programms den Grundschulkindern mit der noch relativ neuen

Technologie Lerninhalte näher zu bringen. So werden Schulen und Lehrkräfte entlastet, da es zumeist nicht nur an technischer Ausstattung, sondern auch an Wissen, Personal und Zeit fehlt, eine didaktisch durchdachte VR-Lerngelegenheit zu konzipieren. Durch eine fortlaufende Evaluation der Schülervorstellungen zum Thema und zum Umgang mit VR-Lerngelegenheiten soll ein gutes, schülerorientiertes Lernangebot gewährleistet werden. Ebenfalls soll zukünftig auch das Lernen mit den erstellten VR-Lernumgebungen evaluiert werden.

Literatur

Adamina, Marco, Markus Kübler, Katharina Kalcsics, Sophia Bietenhard, und Eva Engeli, Hrsg. 2018. *‹Wie ich mir das denke und vorstelle...›: Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Baar, Robert, und Gudrun Schönknecht. 2018. *Außerschulische Lernorte: didaktische und methodische Grundlagen*. 1. Auflage. Bildungswissen Lehramt, 30. Weinheim Basel: Beltz.

Baek, Youngkyun, Ellen Min, und Seongchul Yun. 2020. «Mining Educational Implications of Minecraft.» *Computers in the Schools* 37 (1): 1–16. https://doi.org/10.1080/07380569.2020.1719802.

Barkmin, Mike, Nadine Bergner, Leena Bröll, Johannes Huwer, Andreas Menne, und Stefan Seegerer. «Informatik für alle?! – Informatische Bildung als Baustein in der Lehrkräftebildung.» In *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung*, herausgegeben von Michael Beißwenger, Björn Bulizek, Inga Gryl und Florian Schacht, 99–120. Duisburg: Universitätsverlag Rhein-Ruhr. https://doi.org/10.17185/duepublico/73330.

Baumert, Jürgen, und Mareike Kunter. 2013. «Professionelle Kompetenz von Lehrkräften». In *Stichwort: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, herausgegeben von Ingrid Gogolin, Harm Kuper, Heinz-Hermann Krüger, und Jürgen Baumert, 277–337. Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00908-3_13.

Best, Alexander, Christian Borowski, Katrin Büttner, Rita Freudenberg, Martin Fricke, Kathrin Haselmeier, Henry Herper, Volkmar Hinz, Ludger Humbert, Dorothee Müller, Andreas Schwill, und Marco Thomas. 2019. Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich. Gesellschaft für Informatik e.V. https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/20121/61-GI-Empfehlung_Kompetenzen_informatische_Bildung_Primarbereich.pdf.

Brade, Janine, und Bernd Dühlmeier. 2015. «Lehren und Lernen in außerschulischen Lernorten». In *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*, herausgegeben von Joachim Kahlert, Maria Fölling-Albers, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Susanne Miller, und Steffen Wittkowske, 434–41. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Buchner, Josef. 2021. «Generative Learning Strategies Do Not Diminish Primary Students' Attitudes towards Augmented Reality». *Education and Information Technologies*, Mai. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10445-y.

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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.

Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2018. «Das Forschungsschiff Sonne». Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF. 2018. https://www.bmbf.de/de/das-forschungsschiff-sonne-354.html.

Bundesministerium für Bildung und Forschung, und Projektgruppe Wissenschaftsjahr 16*17. 2018. «360-Grad-Tour der SONNE». 2018. https://www.wissenschaftsjahr.de/2016-17/das-wissenschaftsjahr/die-forschungsflotte/../../index8b31.html?id=1210.

Callaghan, Noelene. «Investigating the Role of Minecraft in Educational Learning Environments». *Educational Media International* 53 (4): 244–60. https://doi.org/10.1080/09523987.2016.1254877.

Cramariuc, Gabriel, und Mădălina-Andrada Dan. 2021. «Integration of Virtual Reality in the Instructive-Educational Process in Primary Education». *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala* 13(1Sup1.): 38–61. https://doi.org/10.18662/rrem/13.1Sup1/384.

Feierabend, Sabine, Thomas Rathgeb, Hediye Kheredmand, und Stephan Glöckler. 2021. «KIM-Studie 2020. Kindheit, Internet, Medien. Basisstudie zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland». Herausgegeben von Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (LFK, LMK). https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020_WEB_final.pdf.

Fiorella, Logan, und Richard E. Mayer. 2016. «Eight Ways to Promote Generative Learning». *Educational Psychology Review* 28 (4): 717–41. https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts, Hrsg. 2013. *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Vollständig überarb. und erw. Ausg. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Han, Insook. 2020. «Immersive Virtual Field Trips in Education: A Mixed-Methods Study on Elementary Students' Presence and Perceived Learning». *British Journal of Educational Technology* 51 (2): 420–35. https://doi.org/10.1111/bjet.12842.

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* (Occasional Papers): 58–80. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X.

Huang, Hsiu-Mei, Ulrich Rauch, und Shu-Sheng Liaw. 2010. «Investigating Learners' Attitudes toward Virtual Reality Learning Environments: Based on a Constructivist Approach». *Computers & Education* 55 (3): 1171–82. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014.

Hussy, Walter, Margrit Schreier, und Gerald Echterhoff. 2013. *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor*. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34362-9.

Kahlert, Joachim, Maria Fölling-Albers, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Susanne Miller, und Steffen Wittkowske, Hrsg. 2015. *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. UTB.

Kübler, Markus. 2018. «Zeit, Dauer und Wandel verstehen – Geschichte und Geschichten unterscheiden – Historisches Denken bei 4- bis 11-jährigen Kindern». In «*Wie ich mir das denke und vorstelle …»: Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu Lerngegenständen des Sachunterrichts und des Fachbereichs Natur, Mensch, Gesellschaft*, herausgegeben von Marco Adamina, Markus Kübler, Katharina Kalcsics, Sophia Bietenhard, und Eva Engeli, 231-52. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kultusministerkonferenz. 2016. «Strategie der Kultusministerkonferenz ‹Bildung in der digitalen Welt›». https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf.

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. https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615.

Niedersächsisches Kultusministerium. 2017. «Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1-4 Sachunterricht». https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=download&upload=105.

Nießler, Andreas. 2015. «Den Sachen begegnen». In *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*, herausgegeben von Joachim Kahlert, Maria Fölling-Albers, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Susanne Miller, und Steffen Wittkowske, 441–48. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Parong, Jocelyn, und Richard E. Mayer. 2018. «Learning science in immersive virtual reality». *Journal of Educational Psychology* 110 (6): 785–97. https://doi.org/10.1037/edu0000241.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Richards, Deborah, und Meredith Taylor. 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». *Computers & Education* 86 (August): 157–71. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.009.

Scheiter, Katharina, Birgit Brucker, und Shaaron Ainsworth. 2020. «"Now Move like That Fish": Can Enactment Help Learners Come to Understand Dynamic Motion Presented in Photographs and Videos?» *Computers & Education* 155 (Oktober): 103934. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103934.

Somrei, Eva. 1997. «Unterricht nicht nur in der Schule – Zum Stellenwert und Möglichkeiten außerschulischer Lernorte». In *Pädagogik und Didaktik der Grundschule*, herausgegeben von Harald Gesing, 269–75. München: Luchterhand.

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*, 1–11. Routledge. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1674886.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Intuitive Werkzeuge gestalten

Designprinzipien zur Entwicklung einer dynamischen Geometriesoftware im virtuellen Raum

Yasamin Tahiri[1], Lena Florian[2] und Mutfried Hartmann[1]

[1] Pädagogische Hochschule Karlsruhe

[2] Universität Potsdam

Zusammenfassung
Durch virtuelle Realitäten eröffnen sich neue Möglichkeiten für Schüler:innen, mathematische Fragestellungen explorativ zu erkunden. Durch die Nutzung des virtuellen Raumes kann das Verständnis von räumlichen Beziehungen insbesondere in dreidimensionalen Räumen unterstützt werden. Bislang sind virtuelle Anwendungen im Feld der Raumgeometrie jedoch kaum vorhanden (Florian und Kortenkamp im Druck). Deswegen befasst sich dieser Beitrag mit der möglichen Gestaltung einer interaktiven virtuellen Anwendung für die Raumgeometrie. Dabei stehen insbesondere Benutzungsfreundlichkeit und intuitive Bedienung der Werkzeuge durch die Lernenden im Vordergrund. Anhand der psychomotorischen Domäne nach Atkinson (2013) werden Designprinzipien abgeleitet, entsprechende Designvorschläge genannt und ausgeführt. Das Ziel dieses Beitrags ist es im Speziellen, das Design so anzulegen, dass der Umgang mit den Werkzeugen der Anwendung leicht erlernt werden kann. Die Designprinzipien werden an Beispielen und Vergleichen bereits bestehender ebener und räumlicher Geometriesysteme erläutert. Dabei wird unter anderem deutlich, dass die abgeleiteten Designprinzipien für eine virtuelle Geometriesoftware zum Teil in den beschriebenen Desktop-Anwendungen nicht umgesetzt wurden. Auf Grundlage der Designprinzipien und -vorschläge werden Forschungsansätze genannt, die sich vor allem mit Validierungsmöglichkeiten befassen.

Designing Intuitive Tools. Design Principles for Developing a Dynamic Geometry Software for Virtual Reality

Abstract
Virtual realities enable new opportunities for bringing mathematics closer to scholars. In particular, the use of virtual reality could strengthen the understanding of spatial relationships, which is primarily important in spatial geometry. So far, however, there

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

are barely virtual applications available in the field of spatial geometry (Florian and Kortenkamp in print). Due to this, this paper addresses the possible design of an interactive, virtual application for spatial geometry while paying extra attention to user friendliness and the opportunity of an intuitive use of the application tools by students. Based on the psychomotor domain by Atkinson (2013), design principles are derived, and corresponding design proposals are explained. Specifically, the goal of this paper is that application tools can be learned more effectively through the mentioned design principles. The design principles and proposals are explained by examples and comparisons of already existing desktop applications for spatial geometry. Among other things, it becomes clear that the derived design principles for virtual geometry software have not been implemented in some of the desktop applications mentioned. Based on the design principles and proposals, research approaches are named that deal primarily with validation options.

1. Einleitung – Dynamische Geometriesoftware und Virtual Reality im Mathematikunterricht

Virtuelle Realität (VR) eröffnet Möglichkeiten, den Mathematikunterricht für Schüler:innen anschaulicher, interaktiver und explorativer zu gestalten. Besonders die *Raumgeometrie* kann von der Nutzung von VR profitieren, da durch das Betrachten und Manipulieren von 3D-Objekten im Raum Schüler:innen die Möglichkeit gegeben wird, ein höheres räumliches Verständnis zu erlangen (Kaufmann 2007).

1.1 Definition: Dynamische Geometriesoftware

Zu den bekanntesten Anwendungen innerhalb der Raumgeometrie zählen bislang dynamische Geometriesysteme (DGS). Sie bieten der benutzenden Person eine Vielzahl an Möglichkeiten, um mathematische Objekte zu erzeugen. Mit einer dynamischen Geometriesoftware erstellte mathematische Konstruktionen unterscheiden sich von Abbildungen in Schulbüchern vor allem dadurch, dass ihre Parameter durch Nutzende manipuliert werden können (Kortenkamp 2000). Dies bedeutet, dass innerhalb einer dynamischen Geometriesoftware – im Gegensatz zu einer statischen Abbildung – die Punkte einer Konstruktion nachträglich mithilfe des ‹Zugmodus› angepasst werden können (Richter-Gebert und Kortenkamp 2002). Wird ein Punkt mit der Computermaus bewegt, dann bewegt sich die gesamte Konstruktion konsistent mit (ebd.). Durch die Möglichkeit, die Parameter einer mathematischen Konstruktion nachträglich zu verändern, wird aus einem statischen Bild ein Dynamisches (ebd.). Eine dynamische Geometriesoftware bietet generell die Möglichkeit, *interaktive Konstruktionen* zu erstellen, das heisst Konstruktionen durch Elemente wie zum Beispiel Schnittpunkte oder Parallelen zu erweitern (ebd.). Erst durch den Zugmodus und die nachträgliche Veränderung der Parameter wird die Konstruktion dynamisiert. So

können beispielsweise Geraden, Kreise oder Kugeln konstruiert und anschliessend manipuliert werden. DGS können grob in zwei Bereiche eingeteilt werden: in 2D-DGS, also Software zum mathematischen Konstruieren in der Ebene, und 3D-DGS, die für das mathematische Konstruieren im Raum genutzt werden. Die Unterteilung in 2D und 3D gibt auch an, welche Art von Objekten innerhalb der Software hauptsächlich konstruiert und verwendet wird, nämlich 2D- oder 3D-Objekte.

1.2 Mögliche Vorteile eines virtuellen dynamischen Geometriesystems

In den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz (KMK) für das Fach Mathematik wird in Abschnitt 3 – Raum und Form – explizit Geometriesoftware als geeignetes Hilfsmittel erwähnt (Kultusministerkonferenz 2015). Zur Bildung in der digitalen Welt betont die KMK ausdrücklich, dass in den MINT-Fächern Chancen, Anforderungen und Möglichkeiten digitaler Instrumente berücksichtigt werden sollen (Kultusministerkonferenz 2016). In der ergänzenden Empfehlung wird VR explizit als Technologie mit Potenzial für den Schulunterricht genannt (Kultusministerkonferenz 2021).

Ältere (Kaufmann 2007) sowie aktuellere (Cangas et al. 2021) Studien zu virtuellen dynamischen Geometriesystemen (VR-DGS) bestätigen, dass mithilfe eines VR-DGS das Geometrieverständnis von Schüler:innen erweitert werden kann. Generell hat die Verwendung von dynamischen Geometriesystemen im 2D- und 3D-Bereich einen positiven Effekt auf das Geometrieverständnis von Schüler:innen (Öndeş 2021). Dieser Effekt scheint sich im Fall einer Nutzung von immersiveren Technologien wie etwa Augmented Reality (AR) zu verstärken (Auliya und Munasiah 2019). Allerdings könnte die Akzeptanz und die (weitere) Verwendung eines VR-DGS durch Schüler:innen auch mit der Benutzungsfreundlichkeit des VR-DGS zusammenhängen (Mailizar und Johar 2021). Bei der Benutzung von AR im Geometrieunterricht wurde beispielsweise festgestellt, dass der Einsatz von AR im Geometrieunterricht als umso nützlicher wahrgenommen wurde, je leichter die Nutzung fiel (Mailizar und Johar 2021). Hierbei sollte ebenfalls in Betracht gezogen werden, dass der Umgang mit einem VR-DGS für die Schüler:innen ungewohnt sein kann, da sie bisher mit dynamischen Geometriesystemen ausserhalb des Mathematik- und ggf. Physikunterrichts keinerlei Berührungspunkte hatten. Es kann somit angenommen werden, dass die *Benutzungsfreundlichkeit* eines VR-DGS Einfluss auf das Geometrieverständnis von Schüler:innen hat.

Durch die Interaktionsmöglichkeiten in VR besteht die Chance, einzelne Werkzeuge, beispielsweise um eine Pyramide zu erstellen, per Hand zu steuern, wodurch die Handhabung von 3D-Objekten gegenüber einem 3D-DGS als natürlicher empfunden werden könnte. Der Begriff *Werkzeug* bezeichnet im Folgenden – angelehnt an die instrumentelle Genese (Rabardel 2002) – ein Artefakt innerhalb des DGS, das bei zielgerichteter Nutzung als Vermittler zwischen Schüler:innen und mathematischem

Objekt dienen kann. Generell wird die Handhabung eines 3D-DGS als schwieriger empfunden als die eines 2D-DGS. So wurde beispielsweise festgestellt, dass die Steuerung eines 3D-DGS trotz Vorkenntnissen mit einem 2D-DGS als deutlich komplexer wahrgenommen wird (Hattermann 2011).

1.3 Schwächen im Design aktueller Geometriesoftware

Zum Zeitpunkt der Niederschrift dieses Beitrags ist die Auswahl an verfügbarer dynamischer Geometriesoftware im Bereich der virtuellen Realität, insbesondere im Vergleich zu 2D- und 3D-DGS, stark begrenzt. Nennenswerte Beispiele sind unter anderem *Construct3D* (Kaufmann et al. 2000) und *NeoTrie VR* (Cangas et al. 2021).

Bei Construct3D handelt es sich um eine Mixed-Reality-Anwendung (MR), die mittels eines *Optical See-Through Head-Mounted-Displays* (OST-HMD) und eines *Personal Interaction Panels* verwendet werden kann (Kaufmann 2007). Construct3D wurde zu einem Zeitpunkt entwickelt, als Virtual Reality-Headsets noch nicht für Endnutzende verfügbar waren. Erwähnte Nachteile von Construct3D wie hohe Hardware-Kosten für Schulen sowie die technologische Komplexität (Kaufmann 2009) können durch Anpassungen an neuere Technologien behoben werden.

Eine vorläufige Version von NeoTrie VR (Abb. 1) ist Ende 2018 auf der Plattform Steam (Valve 2003) erschienen. Jedoch ist sie zum Zeitpunkt dieses Beitrags nicht mehr über Steam verfügbar. Anders als Construct3D ist NeoTrie VR mit gängigen Virtual Reality-Headsets wie der HTC Vive (HTC und Valve 2016) kompatibel. Eine erste empirische Untersuchung zum Umgang mit NeoTrie VR ergab, dass der Einsatz von NeoTrie VR im Mathematikunterricht nützlich sein kann, dass aber auch mehrere Unterrichtseinheiten zum Umgang mit NeoTrie VR notwendig sein können (Rodríguez et al. 2019).



Abb. 1: Interaktion einer Person in NeoTrie VR (Cangas et al. 2021).

Eine Studie zu einer Geometrieanwendung im AR-Bereich zeigte auf, dass eine Einführung in (virtuelle) Geometriesoftware in Form von Trainingseinheiten sowohl für Schüler:innen als auch für Lehrpersonen notwendig wäre (Lainufar et al. 2020). Zudem wies diese Studie darauf hin, dass erstellte Materialen für die Benutzung in einer AR-Software zur Verfügung gestellt werden sollten, damit diese eben nicht direkt durch die Lehrperson selbst konstruiert werden müssen (ebd.).

In einer weiteren Studie im AR-Bereich sagten Schüler:innen aus, dass sie sich unsicher sind, ob sie eigenständig in der Lage wären, 3D-Objekte in AR zu erstellen (Kounlaxay et al. 2021). Die Handhabung von 3D-Werkzeugen wurde, wie erwähnt, bereits in 3D-DGS als erschwert wahrgenommen (Hattermann 2011).

Somit lassen sich folgende *Schwierigkeiten im intuitiven Umgang* mit VR-DGS beziehungsweise MR DGS identifizieren:

- mehrere Übungseinheiten zum Umgang mit dem DGS scheinen erforderlich zu sein (Rodríguez et al. 2019; Lainufar et al. 2020), welche während des Geometrieunterrichts (wertvolle) Unterrichtszeit beanspruchen würden.
- der eigenständige intuitive Umgang mit 3D-Werkzeugen wird wie bei 3D-DGS (Hattermann 2011) auch in AR als erschwert wahrgenommen (Kounlaxay et al. 2021), was unter anderem auf fehlende Hilfestellungen oder unpassende Interaktionsmöglichkeiten in der Geometrieanwendung hindeuten kann.

1.4 Grundlagen der Herleitung möglicher Designprinzipien für ein VR-DGS

Bei der Konzeption eines virtuellen dynamischen Geometriesystems sollte insbesondere die Anwendbarkeit in Schulen berücksichtigt werden. Das bedeutet dass einerseits ein VR-DGS so konzipiert wird, dass es sinnvoll im Mathematikunterricht eingesetzt werden kann, andererseits dessen Nutzung durch die Schüler:innen möglichst intuitiv erfolgen kann. Dadurch soll neben dem Erreichen der Bildungsziele auch gewährleistet werden, dass ein VR-DGS von den Schüler:innen im Mathematikunterricht angenommen und (gerne) verwendet wird. Ziel dieses Beitrags ist es, mögliche Designprinzipien für eine intuitive Nutzung eines VR-DGS herzuleiten. Dabei liegt der Fokus insbesondere darauf, den Lernprozess zum Umgang mit den Werkzeugen der Anwendung zu erleichtern.

Um mögliche Designprinzipien für ein VR-DGS herzuleiten, wird in diesem Beitrag die Taxonomie für die psychomotorische Domäne verwendet. Sie ist Bestandteil der Taxonomiestufen nach Bloom (1956), wurde aber als dritte Domäne durch andere Forschende ausgearbeitet (Simpson 1966; Dave 1967; Harrow 1972). Dieser Beitrag stützt sich auf die durch Atkinson (2013) modifizierte Version der psychomotorischen Domäne (Abb. 2) nach Dave (1967).

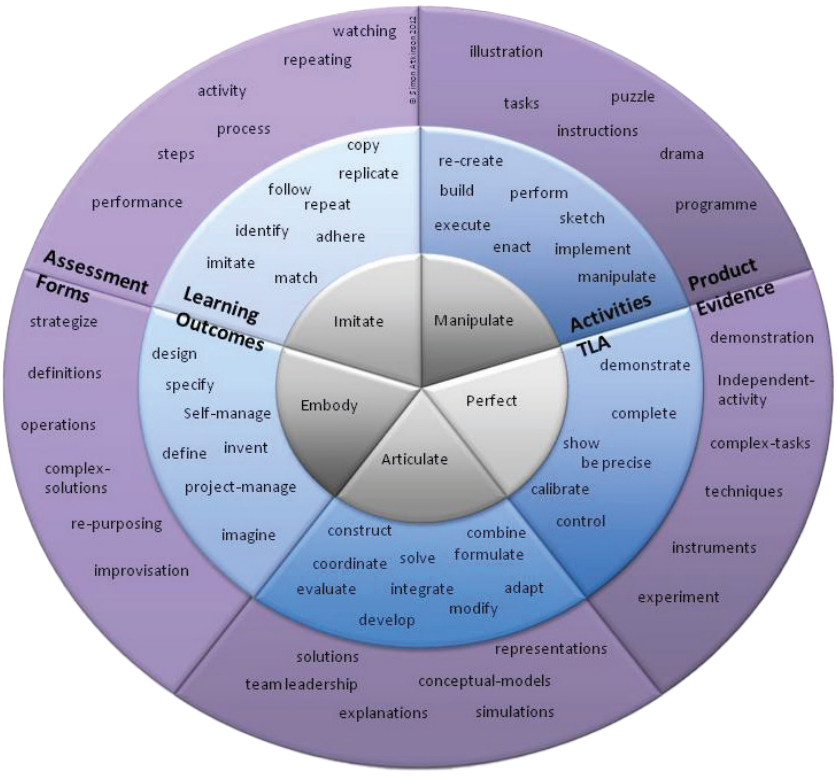


Abb. 2: Taxonomie-Kreis der psychomotorischen Domäne (Atkinson 2013).

2. Herleitung möglicher Designprinzipien für ein VR-DGS

2.1 Niedrigschwelliger Zugang zur Werkzeugnutzung durch Imitation

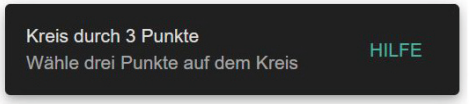
Als erste Stufe der psychomotorischen Domäne nach Atkinson wird die Fähigkeit genannt, etwas zu *imitieren*. Imitation beschreibt nach Atkinson die Fähigkeit, von anderen Personen ausgeführte Handlungen zu beobachten und nachzuahmen (Atkinson 2013).

Die erste Stufe der psychomotorischen Domäne kann mit der Unterrichtsmethode der kognitiven Meisterlehre, und zwar dem Schritt der *Modellierung*, verglichen werden. Die Modellierung beschreibt, dass ein Meister eine Handlung vor den Lernenden ausführt, damit diese seine Handlungen beobachten und gedanklich nachvollziehen können (Collins et al. 1988).

Im Folgenden wird in Ermangelung von bestehenden VR-DGS vorwiegend auf dynamische Geometriesysteme wie *GeoGebra* (Hohenwarter 2007) und *Cinderella* (Kortenkamp 2000) zurückgegriffen, um Designprinzipien für ein VR-DGS zu erarbeiten.

2.1.1 Berücksichtigung der Taxonomiestufe Imitation in dynamischen Geometriesystemen

Es ist möglich zu argumentieren, dass die erste Stufe der psychomotorischen Domäne in der Regel bei 2D- und bei 3D-DGS übersprungen wird oder als Hybrid der ersten beiden Stufen *imitieren* und *manipulieren* vorhanden ist. In *GeoGebra* wird der benutzenden Person bei der Auswahl eines Werkzeuges ein Hinweis angezeigt, wie sie das ausgewählte Werkzeug bedienen muss (Tab. 1). Ähnlich verhält es sich in *Cinderella* – mit der Ausnahme, dass Hinweise teilweise zusätzlich in Schritte unterteilt werden. In *Cinderella* und in *GeoGebra* steht den Nutzenden ein umfassendes Manual, unter anderem zur Bedienung der einzelnen Werkzeuge, zur Verfügung.

	
Anklicken des Werkzeuges (*GeoGebra*)	Anzeige des Hinweises in der unteren linken Ecke der Arbeitsfläche (Desktop-Anwendung)
	*Kreis durch drei Punkte*
Maus-Hover über dem Werkzeug (*Cinderella*)	Anzeige des Werkzeug-Namens unter der Menüleiste
	*Ersten Kreispunkt markieren*
Anklicken des Werkzeugs (*Cinderella*)	Aktualisierung des angezeigten Texts (ggf. nächster Hinweis beim Erfüllen des vorherigen Hinweises)

Tab. 1: Beispiele von Hinweisen in *GeoGebra* und *Cinderella*.

Beide Formen der Hilfestellung entsprechen jedoch nicht der ersten Stufe der psychomotorischen Domäne, sondern bilden am ehesten einen Hybrid aus erster und zweiter Stufe – dem *Manipulieren*. Das liegt daran, dass die benutzende Person keine Handlungen nachahmen kann, sondern bereits als Einführung in das Programm Anleitungen befolgen muss. Zudem ist das Befolgen einer Instruktion Bestandteil der zweiten Stufe der psychomotorischen Domäne.

Von einer Imitation könnte nur dann gesprochen werden, wenn auf Basis einer Betrachtung eine Handlung *kopiert* würde (Atkinson 2013). Durch einen Hinweis oder ein Manual entsteht demzufolge nicht die Möglichkeit, etwas nachzuahmen, sondern die benutzende Person setzt lediglich eine Instruktion um. Auch sonst besteht innerhalb der genannten Programme *GeoGebra* und *Cinderella* keine Möglichkeit für die Nutzenden, ohne eine Lehrperson oder externe Video-Tutorials etwas bewusst zu imitieren. Der Einstieg in ein 2D- oder 3D-dynamisches Geometriesystem kann durch das Imitieren von Handlungen einer Lehrperson im Klassenraum oder eines Video-Tutorials erfolgen. Ohne Lehrpersonen oder Video-Tutorials erfolgt der Einstieg in die Anwendungen durch Hilfestellungen in schriftlicher Form.

2.1.2 Herleitung eines Designprinzips basierend auf der Taxonomiestufe Imitation

Innerhalb eines virtuellen dynamischen Geometriesystems müsste die Stufe *Imitieren* bei der Einführung von zuvor nicht benutzten Werkzeugen ermöglicht werden. Der Einstieg in ein VR-DGS sollte ebenfalls so einfach wie möglich gestaltet werden, um frühzeitige Frustration unter den Nutzenden zu vermeiden (Liu et al. 2013). Demnach ist wünschenswert, dass Nutzende beim Imitieren auf kaum bis keine

Schwierigkeiten stossen. Um dies zu erreichen, muss die Imitation der Handlung mühelos verlaufen: Die Werkzeuge und der Umgang mit dem VR-DGS müssen so dargestellt werden, dass es zu keinen Verständnisschwierigkeiten aufseiten der benutzenden Personen kommen kann.

Mit einem *niedrigschwelligen Zugang zur Werkzeugnutzung durch Imitation* könnte den Nutzenden innerhalb eines VR-DGS die Möglichkeit geboten werden, sich an etwas zu orientieren, dessen Vorgehensweise sie nachahmen können.

Eine Einführung durch Imitation sollte unter anderem bei

- der erstmaligen Auswahl eines Werkzeugs innerhalb der Benutzeroberfläche
- der erstmaligen Ausführung mit einem Werkzeug
- der erstmaligen Ausführung einer komplexeren mathematischen Konstruktion

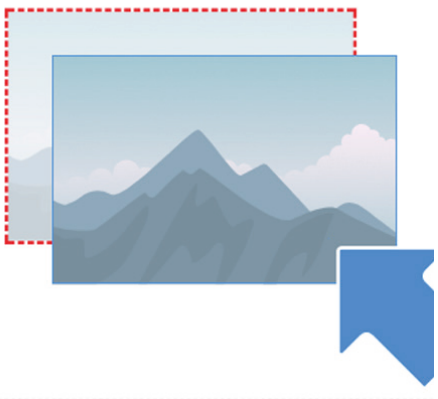
sichergestellt sein.

2.1.3 Gestaltungsansätze für ein VR-DGS

Eine ähnliche Vorgehensweise wie bei einer Tour innerhalb von Desktopanwendungen (Abb. 3) ist auch bei einem VR-DGS denkbar. Anstelle eines Mauszeigers kann im virtuellen Raum eine virtuelle Hand erscheinen, die entsprechende Gesten demonstriert. Werkzeuge, deren Handhabung innerhalb dieser virtuellen Tour durch die benutzende Person imitiert werden soll, sollten insbesondere die Grundwerkzeuge zur Erstellung einer Konstruktion oder eines Körpers sein. Neben der generellen Auswahl von Werkzeugen im virtuellen Raum könnte also vor allem die Erstellung von Punkten, Vielecken, Geraden und Ebenen durch das VR-DGS vorgemacht werden.



Pulsierende Kreiskontur über dem Textwerkzeug und automatisches Abspielen einer Animation/eines Videos zur Funktionsweise



Automatische Bewegung des rot umrandeten Bildes als Darstellung der Verschieben-Funktion

Abb. 3: Darstellung von visuellen Signalen in Adobe Animate (Adobe 2021) und Nicepage (Artisteer Limited 2021).

Ein weiterer Gestaltungsansatz in einem Lehr-Lern-Szenario könnte sein, dass eine Lehrperson bestimmte Schritte einer mathematischen Konstruktion innerhalb eines virtuellen dynamischen Geometriesystems demonstriert, die durch Schüler:innen imitiert werden können. Diese Variante könnte sich insbesondere für komplexere Konstruktionen eignen, die über eine Einführung von Werkzeugen hinausgehen.

Die kognitive Meisterlehre, die nach Collins vor allem solche Lehrvorgänge beschreiben soll, die sich mit komplexen Aufgaben auseinandersetzen (Collins 2006), grenzt sich von der traditionellen Meisterlehre unter anderem dadurch ab, dass die ausgeführten Handlungen nachvollzogen werden können (Ghefaili 2003). Das heisst, simple Handlungen, zum Beispiel die Handhabung von Werkzeugen, können demnach durch reine Observation nachvollzogen werden, während komplexere Handlungen, etwa komplexe mathematische Konstruktionen, zusätzlich durch die vortragende Person begründet werden sollten. Ebenfalls sollten nach der kognitiven Meisterlehre komplexe Aufgaben im Beisein von mehreren Schüler:innen durchgeführt werden (Ghefaili 2003). Diese Herangehensweise wäre innerhalb eines VR-DGS und beim Imitieren der Handlungen einer Lehrperson durch Schüler:innen gegeben.

Beim Demonstrieren von Aktionen ist wünschenswert, dass aus der Sicht der Schüler:innen keine Aktion der Lehrperson verdeckt wird. Hierfür eignet sich innerhalb eines VR-DGS eine geteilte VR-Ansicht, wie es in virtuellen Präsentationsanwendungen, wie zum Beispiel *Spatial* (Spatial Systems 2021), bereits der Fall ist (Abb. 4).



Abb. 4: Mehrere geteilte Browser-Fenster innerhalb eines virtuellen Raumes (Spatial Systems 2021).

In gewissem Sinne verdeckt würden Handhabungen eines Werkzeugs auch, wenn etwa zu dessen Ausführung parallel an einem Eingabegerät Tätigkeiten durchgeführt werden, die entweder von Schüler:innen nicht eingesehen werden können oder auf

die sie nicht fokussiert sind, da ihr Blick gleichzeitig durch eine dominierende Handlung abgelenkt wird. So etwas kann sich in einem VR-DGS zum Beispiel ergeben, wenn mit der nicht dominierenden Hand durch das Drücken eines Knopfes die Aktion der dominierenden Hand beeinflusst wird. Diese Funktion kann zwar für Profis sehr effizient sein, ohne ergänzende Hinweise durch ‹Meister:innen› kann dann aber die Handlung durch ‹Schüler:innen› nicht mehr einfach imitiert werden.

2.2 Instruktionen zur Durchführung von Konstruktionsschritten

Die zweite Stufe der psychomotorischen Domäne ist die Fähigkeit zu *manipulieren*, also zuvor ausgeführte Handlungen allein basierend auf Instruktionen oder eigenen Erinnerungen angemessen zu wiederholen (Atkinson 2013). Demzufolge wäre es möglich, bereits die zweite Stufe der psychomotorischen Domäne zu erreichen, nachdem eine Handlung erstmalig – durch Imitation – ausgeführt wurde.

2.2.1 Berücksichtigung der Taxonomiestufe Manipulation in dynamischen Geometriesystemen

In *GeoGebra* wird, wie erwähnt, in der Werkzeugauswahl ein schriftlicher Hinweis zu dessen Funktion angezeigt. Hierbei werden oftmals mehrere Konstruktionsschritte, in der Regel zwei bis drei, innerhalb eines Hinweises angezeigt. Dieses Verfahren wird jedoch nicht konsistent umgesetzt. Beispielsweise wird das Kreis-Werkzeug in *GeoGebra* unterteilt in mehrere Optionen, je nachdem, wie die benutzende Person ihren Kreis konstruieren möchte (Abb. 5). Das liegt daran, dass es beim Kreis mehrere Handlungsoptionen gibt, ihn innerhalb eines DGS mathematisch zu konstruieren. Möglichkeiten, einen Kreis innerhalb eines DGS zu konstruieren, sind unter anderem durch einen Mittel- und einen Kreispunkt, durch einen Mittelpunkt und einen einzugebenden Radius, durch einen Mittelpunkt und zwei unabhängige Punkte als Radius und durch drei Punkte (Knapp 2015). Darüber hinaus bestehen weitere Möglichkeiten, einen Kreis oder Teile davon zu konstruieren.

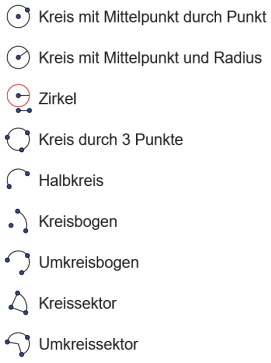


Abb. 5: Übersicht Kreis-Werkzeuge in GeoGebra.

Es erscheint zwar an dieser Stelle logisch, das Kreiswerkzeug entsprechend zu gliedern, jedoch handelt es sich hierbei nicht um ein einheitliches Design, da die meisten Werkzeuge in GeoGebra nicht unterteilt sind.

2.2.2 Herleitung eines Designprinzips basierend auf der Taxonomiestufe Manipulation

Da bei der Fähigkeit «Manipulieren» das Abrufen von Erinnerungen eine signifikante Rolle spielt, ist es wichtig, dem Vergessen von Handlungen entgegenzuwirken. Bei einem VR-DGS ausgeführte Handlungen beziehen sich vor allem auf das Durchführen von Konstruktionsschritten mit Werkzeugen. Da Instruktionen Bestandteil der zweiten Stufe sind, könnten *Instruktionen zur Durchführung von Konstruktionsschritten* innerhalb eines VR-DGS Nutzende an die Funktionsweisen der von ihnen ausgewählten Werkzeuge erinnern.

Hilfestellungen sollten also dann angezeigt werden, wenn

- ein Werkzeug ausgewählt wird
- mehr als eine Aktion notwendig ist, um das Werkzeug zu verwenden

2.2.3 Gestaltungsansätze für ein VR-DGS

Eine Möglichkeit, die Nutzerinnen und Nutzer an Konstruktionsschritte einheitlich zu erinnern, wäre zum Beispiel eine adaptive Benutzeroberfläche. Eine *adaptive Benutzeroberfläche* beschreibt ein interaktives Softwaresystem, das durch die Auswertung von Erfahrungen der jeweiligen benutzenden Person ein verbessertes Nutzererlebnis als eine übliche Benutzeroberfläche bieten kann (Langley 1997). In der Regel werten adaptive Benutzeroberflächen Interaktionen mit der benutzenden Person aus und passen sich auf dieser Grundlage an. Netflix bietet den Nutzenden beispielsweise eine adaptive Benutzeroberfläche, indem es der benutzenden Person, basierend auf bereits geschauten und bewerteten Medien, entsprechende Medien vorschlägt. Die Benutzeroberfläche passt sich also entsprechend den Bedürfnissen der Nutzenden an.

Auf einer adaptiven Benutzeroberfläche innerhalb eines VR-DGS könnte aufgrund der vorherigen Auswahl eines Werkzeugs die Intention der benutzenden Person bestimmt werden. Wählt die benutzende Person beispielsweise das Pyramiden-Werkzeug aus, so ist die Intention erkennbar, eine Pyramide zu erstellen. Wie die Pyramide konstruiert wird, ob beispielsweise ein vorhandenes Vieleck als Grundfläche ausgewählt oder ein neues Vieleck über Eckpunkte bestimmt wird, kann durch die adaptive Benutzeroberfläche als mögliche folgende Konstruktionsschritte angezeigt werden. Basierend auf vorherigen Interaktionen mit der benutzenden Person können bestimmte Konstruktionsschritte demnach auch präferiert angezeigt werden. Nachdem sich die benutzende Person für einen Konstruktionsschritt entschieden hat, können durch die adaptive Benutzeroberfläche weitere Konstruktionsschritte angezeigt werden, zum Beispiel das Setzen eines Pyramiden-Punktes oder auch die Option, den Schritt rückgängig zu machen.

Ein weiterer Vorteil, der sich aufgrund der Verwendung einer adaptiven Benutzeroberfläche in einem VR-DGS ergeben kann, ist der Lerneffekt. Durch das Anzeigen verschiedener Konstruktionsschritte für ein ausgewähltes Werkzeug könnte die benutzende Person auch Konstruktionsschritte kennenlernen, die ihr zuvor nicht bekannt waren.

Die Verwendung einer adaptiven Benutzeroberfläche könnte ebenfalls unterstützend für die dritte Stufe der psychomotorischen Domäne sein.

2.3 Kontinuierliche Rückmeldungen bei der Verwendung des VR-DGS und Unterstützung der Begriffsbildung

Die dritte Stufe der psychomotorischen Domäne ist die Fähigkeit, etwas zu *perfektionieren*. Auf dieser Stufe sind die Nutzenden in der Lage zu demonstrieren, dass sie Handlungen gekonnt ohne (gedankliche) Unterbrechungen umsetzen können. Zudem können sie ihre eigenen Handlungen gegenüber anderen Personen erklären (Atkinson 2013).

2.3.1 Berücksichtigung der Taxonomiestufe Perfektion in dynamischen Geometriesystemen

Um gedankliche Unterbrechungen zu vermeiden, zeigen DGS wie *Cinderella* und *GeoGebra* den Nutzenden zum Beispiel durch ein «magnetisches Andocken» an, dass sich ein neu erstellter Punkt tatsächlich auf einer Geraden befindet. Durch diese Form der Rückmeldung kann nachträgliches Kontrollieren der Position des Punktes auf der Gerade vermieden werden.

Während der Benutzung eines Werkzeugs wird je nach Auswahl eine dynamische Vorschau des zu konstruierenden Objekts angezeigt. Bei einem *Kreis mit einem Mittelpunkt* wird beispielsweise dessen Grösse an die Position des Mauszeigers gekoppelt. Durch diese Visualisierung erhalten Nutzende die Rückmeldung, bei welchem Konstruktionsschritt sie sich befinden. Wird zum Beispiel die Grösse des Kreises durch einen Klick der Maustaste festgelegt, so wird auch die dynamische Vorschau beendet. Dadurch erhält die benutzende Person die Rückmeldung, dass die Konstruktion abgeschlossen wurde. Eine dynamische Vorschau von Konstruktionsschritten eines Werkzeugs ist hauptsächlich bei 2D-Werkzeugen vorhanden.

Das Erklären der eigenen Handlung kann in GeoGebra und Cinderella durch das Anzeigen von Werkzeugnamen und Hinweisen zu den Konstruktionsschritten unterstützt werden.

2.3.2 Herleitung eines Designprinzips basierend auf der Taxonomiestufe Perfektion

Gedankliche Unterbrechungen innerhalb eines VR-DGS sind in vielerlei Hinsicht denkbar. Neben dem Vergessen der Funktionsweise eines Werkzeuges, wie oben

beschrieben, können auch fehlende Rückmeldungen zu Unterbrechungen führen. Ist der benutzenden Person beispielsweise nicht bewusst, dass sich ein neu erstellter Punkt auf einer Geraden befindet, kann die Unterbrechung darin bestehen, die Lage des Punktes zu prüfen.

Eine weitere Unterbrechung könnte durch die Suche nach einem Werkzeug in der Werkzeugleiste entstehen. Das Problem überladener Benutzeroberflächen wurde bereits in 2D-DGS erkannt (Kortenkamp und Dohrmann 2010). Es ist in 3D-Systemen aufgrund der dort deutlich grösseren Werkzeuganzahl erheblich virulenter.

Zudem sollte ein VR-DGS ein *stetiges* Verhalten zeigen: Elemente eines mathematischen Objektes sollten nicht plötzlich aufgrund der Veränderung von Parametern (Kortenkamp 2000) *springen*.

Ein VR-DGS sollte also so konzipiert sein, dass es Nutzenden *kontinuierliche Rückmeldungen* gibt. Rückmeldungen sollten vor allem erfolgen

- wenn ein Werkzeug ausgewählt wird
- während die Konstruktionsschritte eines Werkzeugs durchlaufen werden

Da zur dritten Stufe der psychomotorischen Domäne auch gehört, dass Nutzende ihre Handlungen gegenüber anderen Personen erklären können (Atkinson 2013), sollte die *Begriffsbildung unterstützt* werden. Nutzende sollten neben der korrekten Benennung von Werkzeugen auch darin unterstützt werden, Konstruktionsschritte von komplexeren mathematischen Konstruktionen mit den geeigneten Begriffen erklären zu können.

2.3.3 Gestaltungsansätze für ein VR-DGS

Eine Kombination aus einer adaptiven Benutzeroberfläche und Sprachfunktionen könnte beim Erklären der eigenen Handlungen gegenüber anderen Personen von Nutzen sein. Durch zusätzliche Sprachbefehle innerhalb eines VR-DGS wäre es möglich, dass unter anderem Schüler:innen durch das Aussprechen der Namen der Werkzeuge eher in der Lage sind, sich diese entsprechend einzuprägen.

Ebenfalls könnte die Verfügbarkeit einer Sprachfunktion in Kombination mit einer adaptiven Benutzeroberfläche dem Absuchen der Werkzeugleiste nach dem entsprechenden Werkzeug entgegenwirken. Die Intention, ein bestimmtes Werkzeug zu verwenden, müsste in der Regel vor der Suche danach feststehen. Das Absuchen der Werkzeugleiste mit den Augen kann demnach durch einen Sprachbefehl, wie zum Beispiel *Pyramide* für das Pyramiden-Werkzeug, umgangen werden. Alle weiteren Konstruktionsschritte des jeweiligen Werkzeugs werden den Nutzenden durch die adaptive Benutzeroberfläche angezeigt. Der Sprachbefehl sollte optional sein, das heisst, als zeitliche Abkürzung zusätzlich zum Auswählen des Werkzeuges in der Werkzeugleiste vorhanden sein.

Wäre ein VR-DGS ausschliesslich durch Sprachbefehle steuerbar, so müsste neben der mathematischen Fachsprache bei den benutzenden Personen ein Grundwissen über die vorhandenen Werkzeuge innerhalb eines VR-DGS vorausgesetzt werden.

Denkbar ist ebenfalls, ähnlich wie bei 2D-Werkzeugen eine dynamische Vorschau von Werkzeugen auch für 3D-Werkzeuge zu konzipieren.

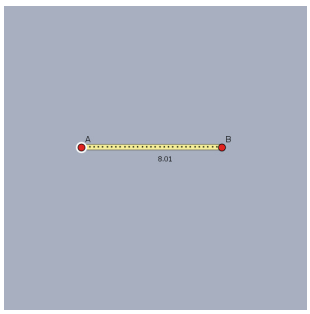
2.4 Einheitliche und authentische Bedienweise von Werkzeugen

Die vierte Stufe der psychomotorischen Domäne beschreibt die Fähigkeit, sich *auszudrücken*. Damit ist gemeint, dass Nutzende ihre bereits erworbenen Fähigkeiten aus Stufe eins bis drei der psychomotorischen Domäne in verschiedenen Kontexten erfolgreich anwenden können (Atkinson 2013). Diese Stufe kann mit dem Hauptmerkmal *Authentizität* des iPAC-Frameworks (Kearney et al. 2012) verglichen werden. Innerhalb des iPAC-Frameworks beschreibt Authentizität einerseits, wie sehr Aufgaben einen realistischen Bezug zu Problemen in der realen Welt besitzen, andererseits, wie sehr Details einer Aufgabe, wie zum Beispiel Werkzeuge, denen der realen Welt ähneln (ebd.).

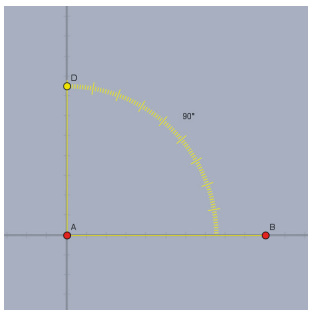
Nach Atkinson fällt unter diese Stufe auch die angemessene Verwendung von alternativen Werkzeugen aufgrund bereits bestehender Vorerfahrungen.

2.4.1 Berücksichtigung der Taxonomiestufe Ausdruck in dynamischen Geometriesystemen

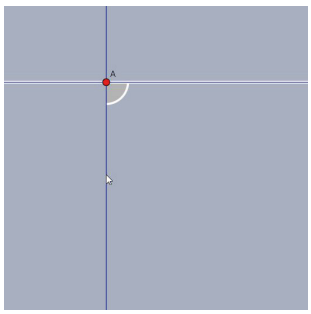
In Cinderella lässt sich zum Beispiel die Länge einer Strecke durch das Anklicken eines Punkts und darauffolgendes Aufziehen und Loslassen eines erzeugten Lineals messen. Ein Winkel wird in Cinderella hingegen durch das Anklicken von zwei Geraden gemessen. Die Grösse des Winkels erscheint daraufhin automatisch, während beim Messen der Strecke die Länge je nach Position des aufgezogenen Lineals angepasst wird (Abb. 6). Somit wäre es der benutzenden Person in Cinderella nicht möglich, durch ihre Erfahrung mit dem Werkzeug *Länge messen* an die mathematische Handlung des Werkzeuges *Winkel messen* anzuknüpfen, da die beiden Messwerkzeuge nicht nach demselben Muster funktionieren.



Abstand messen in *Cinderella*



Vorschlag für ein analoges Design des Längen- und Winkelmesswerkzeuges



Winkel messen in *Cinderella*

Abb. 6: Vergleich zwischen Werkzeugen und einem analogen Designvorschlag in *Cinderella*.

2.4.2 Herleitung eines Designprinzips basierend auf der Taxonomiestufe Ausdruck

Erworbene Fähigkeiten können zum einen auf haptische mathematische Werkzeuge, zum Beispiel Lineal oder Zirkel, zum anderen innerhalb der VR-Anwendung auf (noch) ungenutzte Werkzeuge übertragen werden.

Die Werkzeuge eines VR-DGS könnten demnach so gestaltet sein, dass es möglich wird, an mathematische Handlungen in der realen Welt *authentisch* anzuknüpfen.

Zudem besitzt ein DGS, ob 2D oder 3D, in der Regel eine grosse Bandbreite an Werkzeugen. Ein VR-DGS wird hier keine Ausnahme bilden, weshalb eine *einheitliche Bedienweise* der Werkzeuge notwendig ist. Hat die benutzende Person beispielsweise bereits in einem VR-DGS gelernt, wie sie einen Winkel messen kann, sollte sie bei einem noch unbekannten Werkzeug wie *Länge messen* ein ähnliches Vorgehen vorfinden wie beim Werkzeug *Winkel messen*. Ein analoges Design wie im Beispiel der beiden Messwerkzeuge könnte zudem das Aufbauen von anschlussfähigen Grundvorstellungen (vom Hofe 1995) ermöglichen.

Um also das Anwenden der Fähigkeiten in verschiedenen Kontexten zu ermöglichen, sollten

- die Werkzeuge innerhalb eines VR-DGS einheitlich gestaltet werden
- die Werkzeuge sich in ihrer Bedienweise an der realen Welt orientieren

2.4.3 Gestaltungsansätze für ein VR-DGS

Damit Werkzeuge in einem realen Kontext angewendet werden können, sollten sie authentisch gestaltet sein. Ob es in diesem Zusammenhang notwendig ist, ein für die benutzende Person sichtbares Lineal während des Messens einer Länge in einem VR-DGS einzubauen, das entweder ausschliesslich zur Visualisierung der Messung dient oder aktiv von der benutzenden Person gesteuert werden muss, um die Anwendbarkeit der Fähigkeiten in der realen Welt zu verstärken, ist zu untersuchen.

Während sich die Werkzeuge innerhalb eines VR-DGS tendenziell eher an realen mathematischen Werkzeugen orientieren können, könnte sich das grundsätzliche Design des VR-DGS an bereits erprobten VR-Interaktionstechniken orientieren. Dazu können gängige Interaktionen zur Selektion, Manipulation und Navigation (Dörner et al. 2013) auf ihre Eignung für ein VR-DGS überprüft werden.

2.5 Intuitive Gestaltung der Werkzeuge

Die fünfte und somit letzte Stufe der psychomotorischen Domäne beschreibt die Fähigkeit, etwas zu *verkörpern*. Darunter versteht man die Fähigkeit, Handlungen passend zum Kontext automatisch, unbewusst oder intuitiv auszuführen (Atkinson 2013). Eine Handlung, die intuitiv ausgeführt werden kann, wird innerhalb der Tätigkeitstheorie als *Operation* beschrieben (Etzold 2021). Handlungen, auch *Lernhandlungen,* werden hingegen bewusst ausgeführt und werden durch ihren jeweiligen Gegenstand bestimmt (Florian und Etzold 2021). Jene Handlungen werden innerhalb des Lernprozesses zu Operationen, wodurch komplexere Handlungen ausgeführt werden können (ebd.). Eine Handlung in einer VR-Anwendung wäre zum Beispiel das Greifen nach einem Objekt – etwa nach einem Würfel –, was ab einem bestimmten Punkt als Operation durch die benutzende Person verinnerlicht wurde (ebd.).

Insbesondere innerhalb eines schulischen Kontexts ist es geboten, dass Schüler:innen die Stufen der psychomotorischen Domäne bis zur Verkörperung zügig durchlaufen können. Das erneute Durchlaufen der Stufen ist bei aufwendigen Konstruktionen denkbar, sollte aber bei leicht nachvollziehbaren Handlungen bzw. Werkzeugen verzichtbar sein. Wären Schüler:innen nicht in der Lage, bei einem Grundwerkzeug, zum Beispiel zum Messen eines Winkels, anderen Personen zu erklären, was sie gerade tun (Stufe drei – perfektionieren), würde das VR-DGS ein Hindernis darstellen und wäre zum Erreichen des Bildungsziels ungeeignet (Tab. 2).

Handlung	Vorausgesetzte intuitive Handlungen (Operationen)
Vieleck erstellen	Erstellung und Auswahl von Punkten
Gerade erstellen	Erstellung und Auswahl von Punkten
Winkel messen	Erstellung und Auswahl von Punkten, Erstellung und Auswahl von Geraden
Ebene erstellen	Erstellung und Auswahl von Punkten, Erstellung und Auswahl von Geraden, Erstellung und Auswahl eines Vielecks

Tab. 2: Beispiele für Grundwerkzeuge und vorausgesetzte Operationen.

Ein VR-DGS sollte in erster Linie als (umfangreiches) Werkzeug angesehen werden, das so konzipiert und gestaltet ist, dass eine intuitive Nutzung der einzelnen Werkzeuge durch die benutzenden Personen erwartet werden kann.

3. Forschungsansätze

Aus den aufgestellten Designprinzipien und theoretischen Überlegungen lassen sich Forschungsfragen (RQ) und Hypothesen (H) ableiten.

3.1 Imitieren von Handlungen

Wie beim Betrachten der ersten Stufe der psychomotorischen Domäne bereits festgestellt, wird diese Stufe bei 2D- und 3D-DGS übersprungen oder als Hybridform realisiert.

RQ1: Welchen Mehrwert bietet das Imitieren von Handlungen in einem VR-DGS?

H1: Nutzende sind durch die Imitation einer Handlung schneller in der Lage, diese auszuführen, als durch eine schriftliche Instruktion.

Für diese Forschungsfrage können zwei Varianten eines möglichen VR-DGS miteinander verglichen werden. Eine Variante könnte, wie erwähnt, eine Erkundungstour durch das Programm oder die Möglichkeit bieten, Handlungen der Lehrperson zu betrachten, sodass der benutzenden Person eine Imitation ermöglicht wird. Die zweite Variante würde keine Modifikationen beinhalten und wäre entsprechend ähnlich wie bestehende 2D- oder 3D-DGS.

3.2 Notwendigkeit von Rückmeldungen

Es könnten die Arten von Rückmeldungen untersucht werden, die ein VR-DGS umfassen muss, um (gedankliche) Unterbrechungen weitestgehend zu vermeiden.

RQ2: Welche Art von Rückmeldungen ist für die Verwendung eines VR-DGS notwendig, um (gedankliche) Unterbrechungen zu vermindern?

H2: Mithilfe von Rückmeldungen sind Nutzende schneller als ohne diese in der Lage, Werkzeuge zu nutzen.

Um diesen Vorgang zu unterstützen, können akustische, visuelle, audiovisuelle sowie haptische Rückmeldungen dahingehend analysiert werden, zu welchem Grad sie helfen, Unterbrechungen bei den Nutzenden zu vermeiden. Eine Kombination aus den genannten Rückmeldungen zu untersuchen, wäre ebenfalls denkbar. Für die an der Untersuchung teilnehmenden Nutzenden sollte eine Aufgabe innerhalb des VR-DGS vorgegeben werden, die eine logische Rückmeldung durch das VR-DGS vorsieht. Eine Rückmeldung könnte beispielsweise zur Bestätigung erfolgen, dass ein durch die benutzende Person neu gesetzter Punkt tatsächlich auf der vorgesehenen Geraden liegt.

Vorstellbar wäre auch zu überprüfen, ob eine Visualisierung der Zwischenschritte, etwa aufgrund der Vorschau eines Objekts, bei einer Konstruktion notwendig beziehungsweise für das mathematische Verständnis förderlich ist.

RQ3: Inwiefern ist eine dynamische Visualisierung von Konstruktionsschritten für die Verwendung von Werkzeugen notwendig?

H3: Durch die Visualisierung von Zwischenschritten wird das mathematische Verständnis der Nutzenden gefördert.

Eine Vorschau würde in einem VR-DGS dann angezeigt, wenn eine Aktion durch die benutzende Person noch nicht vollständig ausgeführt wurde.

3.3 Unterstützung der Begriffsbildung

Denkbar wäre, ebenfalls zu untersuchen, inwiefern beispielsweise eine adaptive Benutzeroberfläche oder eine Sprachfunktion innerhalb eines VR-DGS zum mathematischen Verständnis bei Schüler:innen beiträgt.

RQ4: Fördert eine adaptive Benutzeroberfläche/Sprachfunktion das mathematische Verständnis?

H4: Durch eine adaptive Benutzeroberfläche/Sprachfunktion sind Schüler:innen in der Lage, ihre Handlungen adäquat zu erläutern.

Hierzu könnten im Rahmen von Fall-Kontroll-Studien Kohorten miteinander verglichen werden, die zum Beispiel zuvor ein VR-DGS mit bzw. ohne Sprachfunktion erstmals bedient haben. Auch ist ein qualitatives Setting denkbar, in dem beispielsweise die Auswirkungen einer adaptiven Benutzeroberfläche oder einer Sprachfunktion auf die Begriffsbildung der Schüler:innen untersucht werden. Deren mathematisches Verständnis könnte auch anhand mündlicher Erklärungen zu den Inhalten überprüft werden, die innerhalb des VR-DGS erarbeitet wurden.

3.4 Authentizität von Werkzeugen

Ein weiterer Forschungsansatz wäre, das Design der Werkzeuge eines VR-DGS hinsichtlich ihres Authentizitätsgrades zu untersuchen.

RQ5: Inwieweit sollten sich die Werkzeuge eines VR-DGS an realen mathematischen Werkzeugen orientieren bzw. inwieweit können ihre Parameter eingeschränkt werden?

H5: Werkzeuge eines VR-DGS können effektiver in andere Kontexte übertragen werden, wenn sie in ihrer Bedienweise und ihrem Design realen mathematischen Werkzeugen ähneln.

Unter dieser Fragestellung können verschiedene Werkzeugdesigns miteinander verglichen werden. Denkbar ist hier eine Spanne von Designs, die sich ausschliesslich an der Funktionsweise von mathematischen Werkzeugen orientieren, bis hin zu solchen, die sich zusätzlich an der visuellen Darstellung mathematischer Werkzeuge orientieren. Anschliessend kann überprüft werden, inwieweit die verschiedenen Werkzeugdesigns durch die Nutzenden auch in weiteren Kontexten anwendbar sind.

3.5 Weitere Forschungsansätze

Durch die generelle Nutzung von VR ergeben sich weitere Forschungsansätze, die nicht zwangsläufig aus den hier aufgestellten Designprinzipien abgeleitet werden können.

Beim Einsatz eines VR-DGS im Mathematikunterricht stellt sich die Frage, ob neben dem mathematischen Konstruieren nicht ebenfalls mathematische Objekte vorhanden sein sollten. Anders als bei einer Konstruktion wäre es bei einem Objekt möglich, dieses zum Beispiel zu *skalieren*. Ermöglicht ein VR-DGS sowohl die Konstruktion als auch die Nutzung von Objekten, können verschiedene Vorgehensweisen, je nach Lehr-Lern-Szenario, theoretisch abgeleitet und anschliessend empirisch untersucht werden.

Auch wäre möglich, den generellen Einsatz eines VR-DGS im Mathematikunterricht zu untersuchen. Hierbei könnten zum einen die Vor- und Nachteile eines solchen Einsatzes erarbeitet werden. So sollten mögliche Vorteile wie die Immersion (Hofer 2013) oder eine gesteigerte Motivation von Schüler:innen möglichen Nachteilen gegenübergestellt werden – etwa gesundheitlichen Problemen (unter anderem Kopfschmerzen oder Übelkeit) oder einer gesteigerten kognitiven Belastung –, die durch die Nutzung von VR entstehen können (Jerald 2016).

Denkbar ist auch zu erarbeiten, inwiefern ein VR-DGS im Mathematikunterricht mit bisherigen Werkzeugen verknüpft werden kann. Unterschiedliche virtuelle und physische Werkzeuge zu verknüpfen, führt ebenfalls zu einer Verknüpfung unterschiedlicher Handlungen. Diese Handlungen, die innerhalb des Lernprozesses zu einem bestimmten Zeitpunkt intuitiv ausgeführt werden können, ermöglichen es den Schüler:innen, ihr Ziel auf neuen, zusätzlichen oder weiteren Wegen als zuvor zu erreichen (Florian und Etzold 2021). Die Auswirkung der Verknüpfung verschiedener Werkzeuge im Mathematikunterricht auf das Geometrieverständnis von Schüler:innen könnte demnach untersucht werden.

4. Zusammenfassung

Folgende Designprinzipien konnten durch die einzelnen Stufen der psychomotorischen Domäne für ein VR-DGS abgeleitet werden (Tab. 3):

Niedrigschwelliger Zugang zur Werkzeugnutzung durch Imitation	Unterstützung der Begriffsbildung
Instruktionen zur Durchführung von Konstruktionsschritten	Einheitliche und authentische Bedienweise von Werkzeugen
Kontinuierliche Rückmeldungen bei der Verwendung des VR-DGS	

Tab. 3: Designprinzipien für ein VR-DGS.

Durch die virtuelle Realität entstehen Design- und Interaktionsmöglichkeiten, die unterschiedliche Ansätze für ein VR-DGS eröffnen. Ein VR-DGS und dessen Werkzeuge bieten möglicherweise das Potenzial für einen besseren intuitiven Umgang mit Objekten und Konstruktionen als ein 2D- oder 3D-DGS. Um dieses Potenzial jedoch ausschöpfen zu können, sollte die Validität der hier abgeleiteten Designprinzipien ebenso untersucht werden wie die Frage der Umsetzung der genannten Vorschläge. Frühzeitige empirische Untersuchungen mit Lehrpersonen oder Schüler:innen können dabei helfen, dass das Design eines VR-DGS entsprechend den Bedürfnissen der benutzenden Personen für den Mathematikunterricht angepasst werden kann.

Literatur

Adobe. 2021. *Adobe Animate* (Version 21.0.7). Windows. C++. Adobe.

Artisteer Limited. 2021. *Nicepage* (Version 3.22). Windows. Artisteer Limited.

Atkinson, Simon Paul. 2013. «Taxonomy Circles: Visualizing the Possibilities of Intended Learning Outcomes». *Learning and Teaching Working Paper*s 14. https://sijen.com/wp-content/uploads/2015/01/taxonomy-circles-atkinson-aug13.pdf.

Auliya, R N, und M Munasiah. 2019. «Mathematics Learning Instrument Using Augmented Reality for Learning 3D Geometry». *Journal of Physics: Conference Series* 1318 (1): 012069. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012069.

Bloom, Benjamin S. 1956. «Taxonomy of Educational Objectives». In *Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy*, herausgegeben von D. C. Phillips. Thousand Oaks, CA: Sage. https://doi.org/10.4135/9781483346229.n326.

Cangas, Diego, Antonio Codina, Dante Y Chavil, José M Fernández, Mª Mar García, Jacob Kamerling, Encarnación López, Grazyna Morga, José L Rodríguez, und Isabel Mª Romero. 2021. «Using NeoTrie VR for STEM Education in Virtual Reality», *International Conference The Future of Education*, 5. https://conference.pixel-online.net/FOE/files/foe/ed0011/FP/7401-MATH5175-FP-FOE11.pdf.

Collins, Allan. 2006. «Cognitive apprenticeship». In *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 776. Cambridge handbooks in psychology. New York, NY: Cambridge University Press.

Collins, Allan, John Seely Brown, Susan E. Newman, und Montclair State University. 1988. «Cognitive Apprenticeship: Teaching the Craft of Reading, Writing and Mathematics». *Thinking: The Journal of Philosophy for Children* 8 (1): 2–10. https://doi.org/10.5840/thinking19888129.

Dave, Ravindra H. 1967. «Psychomotor domain». Gehalten auf der *International Conference of Educational Testing*, Berlin.

Dörner, Ralf, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Bernhard Jung, Hrsg. 2013. *Virtual und Augmented Reality (VR / AR)*. eXamen.press. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3.

Etzold, Heiko. 2021. «New Ways to the Angle Concept. Neue Zugänge zum Winkelbegriff: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zur Ausbildung des Winkelfeldbegriffs bei Schülerinnen und Schülern der vierten Klassenstufe». Universität Potsdam. https://doi.org/10.25932/PUBLISHUP-50418.

Florian, Lena, und Heiko Etzold. 2021. «Würfel mit digitalen Medien – Wo führt das noch hin? Ein tätigkeitstheoretischer Blick auf Würfelhandlungen». In *Mathematik treiben mit Grundschulkindern – Konzepte statt Rezepte. Festschrift für Günter Krauthausen*, von Marianne Nolte und Tobias Huhmann, herausgegeben von Alexandra Pilgrim, 17–29. Münster: WTM. https://doi.org/10.37626/GA9783959871624.0.02.

Florian, Lena, und Ulrich Kortenkamp (im Druck). «Virtuelle Welten im Mathematikunterricht – Lernumgebungen in erweiterter Realität». In *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule*, herausgegeben von Guido Pinkernell, Frank Reinhold, Florian Schacht, und Daniel Walter. Heidelberg: Springer.

Ghefaili, Aziz. 2003. «Cognitive Apprenticeship, Technology, and the Contextualization of Learning Environments». *Journal of Educational Computing, Design & Online Learning* 4.

Harrow, Anita J. 1972 *A Taxonomy of the Psychomotor Domain: A Guide for Developing Behavioral Objectives*. New York: D. McKay.

Hattermann, Mathias. 2011. *Der Zugmodus in 3D-dynamischen Geometriesystemen (DGS)*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner. https://doi.org/10.1007/978-3-8348-8207-3.

Hofer, Matthias. 2013. «Präsenzerleben und Transportation». In *Handbuch Medienwirkungsforschung*, herausgegeben von Wolfgang Schweiger und Andreas Fahr, 279–94. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-18967-3_14.

Hohenwarter, Markus. 2007. «GeoGebra — didaktische Materialien und Anwendungen für den Mathematikunterricht». *Journal für Mathematik-Didaktik* 28 (1): 76–77. https://doi.org/10.1007/BF03339335.

HTC, und Valve. 2016. *HTC Vive*. Windows. HTC.

Jerald, Jason. 2016. *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. ACM Books 8. New York, San Rafael, California: Morgan & Claypool.

Kaufmann, Hannes, Dieter Schmalstieg, und Michael Wagner. 2000. «Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education». *Education and Information Technologies* 5 (4): 263–76. https://doi.org/10.1023/A:1012049406877.

Kaufmann, Hannes. 2007. «Applications of Mixed Reality». In *Virtual Reality: Second International Conference, ICVR 2007, Held as Part of HCI International 2007, Beijing, China, July 22-27, 2007: Proceedings*, herausgegeben von Randall Shumaker. Lecture Notes in Computer Science 4563. Berlin, New York: Springer.

Kaufmann, Hannes. 2009. «Virtual Environments for Mathematics and Geometry Education». In *Themes in Science and Technology Education* 2 (1): 131–152. http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/60.

Kearney, Matthew, Sandra Schuck, Kevin Burden, und Peter Aubusson. 2012. «Viewing Mobile Learning from a Pedagogical Perspective». *Research in Learning Technology* 20 (1): 14406. https://doi.org/10.3402/rlt.v20i0.14406.

Knapp, Olaf. 2015. *Dynamische Raumgeometrie-Systeme für die Schule: Dynamic 3D geometry systems for learning and instruction*. Norderstedt: Books on Demand.

Kortenkamp, Ulrich. 2000. «Foundations of Dynamic Geometry». *Journal Für Mathematik-Didaktik* 21 (2): 161–62. https://doi.org/10.1007/BF03338916.

Kortenkamp, Ulrich, und Christian Dohrmann. 2010. «User Interface Design For Dynamic Geometry Software». *Acta didactica Napocensica* 3 (2): 8. http://dppd.ubbcluj.ro/adn/article_3_2_6.pdf.

Kounlaxay, Kalaphath, Yoonsik Shim, Shin-Jim Kang, Ho-Young Kwak, und Soo Kyun Kim. 2021. «Learning Media on Mathematical Education Based on Augmented Reality». *KSII Transactions on Internet and Information Systems* 15 (3). https://doi.org/10.3837/tiis.2021.03.011.

Kultusministerkonferenz. 2015. «Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012». *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – gymnasiale Oberstufe, Abendgymnasium, Kolleg, Abiturprüfung*, Sammlung der Beschlüsse der Ständigen Kultusministerkonferenz. Beil.

Kultusministerkonferenz. 2016. *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Herausgegeben von Sekretariat der Kultusministerkonferenz. Berlin. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf.

Kultusministerkonferenz. 2021. «Lehren und Lernen in der digitalen Welt». *Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz «Bildung in der digitalen Welt».* Herausgegeben von Sekretariat der Kultusministerkonferenz. Berlin. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.

Lainufar, Mailizar, und R. Johar. 2020. «A Need Analysis for the Development of Augmented Reality Based-Geometry Teaching Instruments in Junior High Schools». *Journal of Physics: Conference Series* 1460 (1): 012034. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012034.

Langley, Pat. 1997. «Machine Learning for Adaptive User Interfaces». In *KI-97: Advances in Artificial Intelligence*, herausgegeben von Gerhard Brewka, Christopher Habel, und Bernhard Nebel, 1303:53–62. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/3540634932_3.

Liu, Zhongxiu, Visit Pataranutaporn, und Jaclyn Ocumpaugh. 2013. «Sequences of Frustration and Confusion, and Learning», *6th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2013)*. http://educationaldatamining.org/EDM2013/proceedings/paper_34.pdf.

Mailizar, und Rahmah Johar. 2021. «Examining Students' Intention to Use Augmented Reality in a Project-Based Geometry Learning Environment». *International Journal of Instruction* 14 (2): 773–90. https://doi.org/10.29333/iji.2021.14243a.

Öndeş, Rabia Nur. 2021. «Research Trends in Dynamic Geometry Software: A Content Analysis from 2005 to 2021». *World Journal on Educational Technology* 13 (2): 236–60. https://doi.org/10.18844/wjet.v13i2.5695.

Rabardel, Pierre. 2002. «People and Technology: A Cognitive Approach to Contemporary Instruments». https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01020705.

Richter-Gebert, Jürgen, und Ulrich Kortenkamp. 2002. «Dynamische Geometrie: Grundlagen Und Möglichkeiten». *Tagungsband Zum Nürnberger Kolloquium Zur Didaktik Der Mathematik*. Universität Erlangen-Nürnberg: Eigendruck.

Rodríguez, José L., Grażyna Morga, und Diego Cangas-Moldes. 2019. «Geometry Teaching Experience in Virtual Reality with NeoTrie VR». *Psychology, Society & Education* 11 (3): 355. https://doi.org/10.25115/psye.v11i3.2270.

Simpson, Elisabeth Jane. 1966. «The classification of educational objectives: Psychomotor domain». *Illinois Journal of Horne Economics* 10 (4): 110–44.

Spatial Systems. 2021. *Spatial* (Version 1.6). Windows. Spatial Systems.

Valve. 2003. *Steam* (Version v020). Windows. C++. Valve.

Vom Hofe, Rudolf. 1995. «Grundvorstellungen mathematischer Inhalte», Texte zur Didaktik der Mathematik. Heidelberg u.a.: Spektrum.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Augmented Reality in der Hochschullehre

Überlegungen zu einer zukunftsweisenden Ausbildung von Lehrpersonen

Corinne Wyss[1], Florian Furrer[2], Adrian Degonda[2] und Wolfgang Bührer[2]

[1] Pädagogische Hochschule FHNW

[2] Pädagogische Hochschule Zürich

Zusammenfassung
Augmented Reality (AR) ist eine Technologie zur Ergänzung und Überlagerung der realen Welt mit virtuellen Informationen. Hierzu stehen verschiedene Technologien zur Verfügung. Zu diesen zählen nebst Smartphones auch Smartbrillen, Head-Mounted Displays und weitere Geräte. In den letzten Jahren erfuhr AR im Bildungsbereich vermehrt Beachtung. Obwohl die Anzahl an Projekten und Publikationen hierzu inzwischen immens gestiegen ist, bestehen immer noch Forschungslücken in Bezug auf generelle didaktische Aspekte von AR im Unterricht sowie zur Lehrpersonenbildung. Dies ist ein bedeutendes Defizit, da Lehrpersonen der entscheidende Faktor für eine hochgradige Integration digitaler Medien in den schulischen Unterricht darstellen und damit die Digitalisierung der Volksschule konkret beeinflussen. Der Beitrag widmet sich deshalb diesem Thema und beschäftigt sich mit dem Lehren und Lernen mit AR-Anwendungen im Rahmen der Lehrpersonenbildung. Es wird vorerst eine Begriffsklärung sowie ein Überblick über die zentralen Erkenntnisse zu AR im Bildungsbereich erarbeitet und erläutert, welches Potenzial und welche Herausforderungen der Technologie zugeschrieben werden. Darauf aufbauend werden didaktische Überlegungen und konkrete Bildungsziele für den Einsatz von AR in der Lehrpersonenbildung dargelegt. Der Beitrag soll damit eine anregende Grundlage bieten, um den Einsatz von AR in der Lehrpersonenbildung zu reflektieren und weiterzuentwickeln.

Augmented Reality in Higher Education. Considerations for a Future-Oriented Teacher Education

Abstract
Augmented Reality (AR) is a technology that supplements and overlays the real world with virtual information. Various technologies are available for this purpose. These include smartphones, smart glasses, head-mounted displays, and other devices. In

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Wyss, Corinne, Florian Furrer, Adrian Degonda, und Wolfgang Bührer. 2022. «Augmented Reality in der Hochschullehre. Überlegungen zu einer zukunftsweisenden Ausbildung von Lehrpersonen». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 118–137. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.06.X.

recent years, AR has received increased attention in the field of education. Although the number of projects and publications has increased considerably, there are still research gaps regarding didactic aspects of AR in teaching in general and in the field of teacher education. This is a crucial shortcoming, as teachers are the decisive factor for a high level of integration of digital media into school teaching and thus have a substantial influence on the digitisation of public schools. This article is therefore dedicated to this topic and deals with teaching and learning with AR applications in the context of teacher education. Initially, a clarification of concepts and an overview of the central findings on AR in education will be provided and the potential and challenges attributed to the technology will be outlined. Building on this, didactic considerations and concrete educational goals for the use of AR in teacher education are illustrated. The article is intended to provide a stimulating basis for reflecting on and further developing the use of AR in teacher education.

1. Einleitung

Die Digitalisierung hat in verschiedenen Bereichen unseres Alltags bereits zu massgeblichen Veränderungen geführt. Auch im Bildungsbereich wird digitalen Medien seit vielen Jahren grosses Veränderungspotenzial für Schule und Unterricht zugesprochen. Bereits seit den 1960er-Jahren sind Entwicklungen rund um computerbasiertes Lernen erkennbar, die Massnahmen intensivierten sich mit der Einführung des PCs Anfang der 1980er-Jahre (Eickelmann 2018) und äussern sich aktuell in einer zunehmenden Nutzung von digitalen Ressourcen (EDUCA 2021; Hartong 2019) sowie dem Nachdenken über den Einsatz von neuartigen Technologien wie Augmented Reality (Buchner 2017; Steppuhn 2019). Während die digitalen Geräte anfänglich primär als Instruktionsmaschinen betrachtet wurden, werden sie seit Mitte der 1980er-Jahre vermehrt als «cognitive tools» wahrgenommen, welche die Kommunikation unterstützen sowie kreative und schülerorientierte Lehr- und Lernprozesse ermöglichen können (Petko et al. 2017). Da die Bereitstellung hierfür notwendiger Geräte und Softwarelösungen zumeist mit erheblichen Initialkosten verbunden ist, hat die Bildungspolitik über unterschiedliche Initiativen und enorme Reform- und Finanzierungsprogramme versucht, die Digitalisierung von Schulen voranzutreiben. Nebst der Ausstattung von Bildungseinrichtungen mit der notwendigen Hard- und Software wurden entsprechende Massnahmen auf der Ebene des Bildungssystems (z. B. finanzielle Ressourcen, Aus- und Weiterbildungsangebote, bildungspolitische Vorgaben, Anpassung der Curricula) getroffen (Hartong 2019; Petko und Döbeli Honegger 2011; Petko, Döbeli Honegger, und Prasse 2018; Eickelmann 2018).

Obschon die Erfüllung dieser Grundbedingungen eine zentrale Voraussetzung für die Integration digitaler Technologien im Unterricht darstellt, fällt der Lehrperson eine wesentliche Funktion zu. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass

insbesondere eine positive Einstellung der Lehrperson zum unterrichtsbezogenen Einsatz digitaler Medien sowie gute Fähigkeiten im Umgang mit der Technik und deren didaktischen Einsatzmöglichkeiten von Bedeutung sind (Petko und Döbeli Honegger 2011). Hier nimmt die Lehrpersonenbildung eine zentrale Rolle ein. Im Studium sollten angehende Lehrpersonen neben dem Erwerb medienbezogener Fähigkeiten auch die Möglichkeit erhalten, bisherige Medienerfahrungen zu reflektieren, neue eigene Lernerfahrungen zu sammeln und im Rahmen der berufspraktischen Ausbildung zu erproben (Petko, Döbeli Honegger, und Prasse 2018). Augmented Reality stellt hierbei ein besonders interessantes Lehr- und Lernmedium dar, da bisherige Arbeiten diverse Vorzüge dieser Technologie aufzeigen konnten, deren Verbreitung und Etablierung in den Schulen jedoch noch in der Anfangsphase begriffen ist (Kljun, Geroimenko, und Čopič Pucihar 2020).

Basierend auf diesen Erkenntnissen beschäftigt sich dieser Beitrag mit dem Lehren und Lernen mit AR-Anwendungen im Rahmen der Lehrpersonenbildung. Zunächst wird der Begriff bzw. die Technologie definiert und ein Überblick über die Entwicklung von AR-Technologien im Bildungskontext gewährt. Anschliessend werden die zentralen Erkenntnisse zu AR im Bildungsbereich dargestellt und wird erläutert, welches Potenzial und welche Herausforderungen der Technologie zugeschrieben werden. Anhand von didaktischen Überlegungen soll aufgezeigt werden, inwiefern Lernszenarien durch AR bereichert werden können, und schliesslich werden konkrete Bildungsziele für den Einsatz von AR in der Lehrpersonenbildung dargelegt. Der Beitrag verfolgt damit das Ziel, eine anregende Grundlage zu schaffen, um den Einsatz von AR in der Lehrpersonenbildung zu reflektieren.

2. Zur Definition und Begriffsbestimmung von AR

Augmented Reality (AR) bezeichnet eine direkte oder indirekte Ansicht einer physischen, realen Umgebung, die durch Hinzufügen virtueller computergenerierter Informationen erweitert wurde. AR ist interaktiv und in 3D erfassbar und kombiniert reale und virtuelle Objekte. Während Virtual Reality den Benutzer vollständig in eine synthetische Welt eintaucht, ohne dass dieser die reale Welt noch sehen kann, erweitert Augmented Reality-Technologie den Realitätssinn, indem sie virtuelle Objekte und Hinweise (Text, Audio, Bilder, Video, 3D-Objekte) auf die reale Welt in Echtzeit überlagert (Tzima, Styliaras, und Bassounas 2019; Bower et al. 2014; Kesim und Ozarslan 2012). Diese hybride Welt lässt sich in den meisten Fällen durch Interaktion räumlich erkunden und manipulieren (Peddie 2017). AR verbessert die Wahrnehmung und Interaktion des Benutzers mit der realen Welt und zielt darauf, dessen Leben zu vereinfachen, indem sie virtuelle Informationen nicht nur in seine unmittelbare Umgebung, sondern auch in jede indirekte Sicht auf die reale Umgebung bringt (Carmigniani und Furht 2011).

Zur visuellen Verdeutlichung der unterschiedlichen Konzepte wird häufig auf das Milgram Reality-Virtuality Continuum zurückgegriffen (siehe Abbildung 1). Die Skala reicht von einer völlig realen Umgebung (Realität) hin zu einer vollständig virtuellen Umgebung (Virtualität). Innerhalb dieses Kontinuums wird der Raum zwischen realer Umgebung und virtueller Umgebung als Mixed Reality (MR) bezeichnet. MR ist als eine Umgebung zu definieren, in der sich reale Welt und virtuelle Welt vermischen. Wie aus Abbildung 1 ersichtlich wird, besteht MR aus zwei Hauptelementen: auf der einen Seite Augmented Reality (AR) und auf der anderen Augmented Virtuality (AV). AR ist eine Kombination aus realen und virtuellen Objekten und enthält eine kleinere Menge an virtuellen Daten, während AV ein Konzept ist, bei dem Elemente der Realität in eine virtuelle Umgebung integriert werden und mehr digitale Daten enthält (Nincarean et al. 2013).

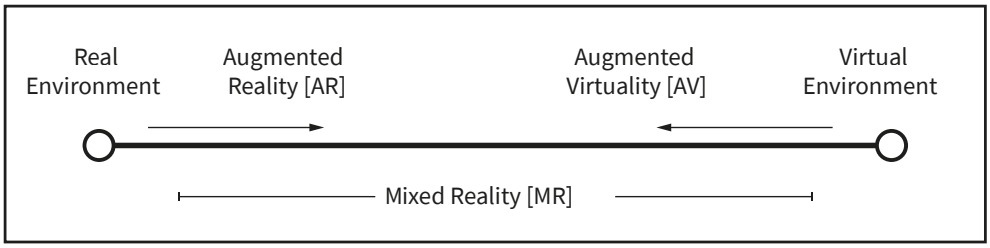


Abb. 1: Reality-Virtuality Continuum nach Milgram et al. (1994).

Dieses Kontinuum verdeutlicht, dass in der Umsetzung der Konzepte AR und AV unterschiedliche Ausprägungen vorhanden sind. Beispielsweise bezieht sich eine nur leicht erweiterte Realität («lightly augmented reality») auf Situationen, in denen Benutzer eine grosse Menge an Informationen und physischen Materialien aus der realen Welt nutzen und Zugang zu relativ wenigen virtuellen Informationen haben. Die Benutzenden agieren hauptsächlich mit physischen Materialien und Objekten und greifen nur gelegentlich auf virtuelle Objekte zu. In einer stark erweiterten Realität («heavily augmented reality») sind dagegen vermehrt virtuelle Informationen verfügbar, die von den Benutzenden genutzt werden können. Hierzu werden meist immersive Technologien, wie z. B. Head-Mounted Displays, eingesetzt (Wu et al. 2013).

AR-Anwendungen können gemäss Tzima, Styliaras und Bassounas (2019, 2) in zwei Hauptkategorien unterteilt werden: (1) bildbasierte (Image-Based) und (2) ortsbezogene (Location-Based) Anwendungen (siehe auch Altinpulluk 2019). Bei (1) bildbasierten Anwendungen werden Objekte als sogenannte Triggerbilder verwendet. Neben QR-Codes können auch andere Objekte oder Indikatoren verwendet werden, um die Technologie zur Augmentation auszulösen. Solche Trigger in der realen Welt können Bilder oder nahezu beliebige Objekte der realen Welt sein (z. B. ein Globus, ein Gebäude etc.). Bildbasierte Anwendungen werden damit in zwei Unterkategorien unterteilt: (a) markerbasierte Anwendungen, die bestimmte Kennzeichnungen

erfordern (z. B. einen QR-Code) und (b) markerlose Anwendungen, bei denen durch Objekterkennung ein Bild oder ein Gegenstand zum Auslöser für die Wiedergabe von Multimedia-Inhalten wird. Normalerweise verfügen die Lernenden bei solchen Anwendungen über ein mobiles Gerät wie ein Tablet, Smartphone oder eine AR-Brille, die eine Kamera enthält. Sie richten dann die Kamera auf ein Objekt und die AR-Software liefert die Augmentierung des realen Objekts. Für (2) ortsbezogene Anwendungen benötigt das Gerät Zugriff auf das Global Positioning System (GPS) oder eine andere Technologie zur Positionsbestimmung, da die Darstellung der digitalen Informationen von der Position des Nutzers bzw. der Nutzerin abhängig ist (Buchner und Zumbach 2020).

Wie die bisherigen Ausführungen zeigen, können AR-Anwendungen auf unterschiedlichen Geräten implementiert werden. Allen AR-Geräten gemein ist die extensive Nutzung von Bewegungs- und Orientierungssensorik sowie Tracking zur Überlagerung der beiden Welten (Peddie 2017; Kesim und Ozarslan 2012). Zur Darstellung von Augmented Reality können mobile Geräte (Handheld) wie Smartphones oder Tablets zum Einsatz kommen, wie auch PCs oder tragbare Geräte (Wearable) wie Head-Up Displays oder Head-Mounted Displays (HMD). HMDs sind Displays oder Projektionstechnologien, die an einem Helm oder einer Kappe angebracht oder in eine Brille integriert sind, wie beispielsweise bei Microsoft HoloLens. Head-Up Displays sind eine Art von HMD, welche die Sicht der Benutzerin oder des Benutzers nicht durch ein opakes Display o. Ä. einschränken, sondern das virtuelle Bild mithilfe einer Glasscheibe in der Nutzerperspektive auf die reale Welt projizieren. Diese Technologie wird beispielsweise bei bestimmten Navigations- und Geschwindigkeitsanzeigen in Fahrzeugen eingesetzt (Gartner Information Technology Glossary o. J.). Eine weitere Lösung sind Projektoren, welche unter anderem ohne das Tragen oder direkte Nutzen von Geräten durch die Benutzerin bzw. den Benutzer auskommen, beispielsweise bei der AR Sandbox (Peddie 2017, 42f.; Kesim und Ozarslan 2012; Broll 2013).

3. Historischer Blick auf die Entwicklung von AR und dessen Einsatz im Bildungsbereich

Gemäss Johnson, Levine, Smith und Stone (2010) geht der Begriff Augmented Reality (AR) auf den ehemaligen Boeing-Forscher Tom Caudell zurück, der ihn im Jahr 1990 ins Leben gerufen haben soll. Die Technologie ist jedoch älter als der Begriff, denn die ersten Anwendungen von AR erschienen in den späten 1960er-und den 1970er-Jahren. Seit den 1990er-Jahren wurde AR von einer Reihe von grossen Unternehmen für Visualisierungen, Schulungen und andere Zwecke eingesetzt (Lee 2012).

Das erste AR-System, das ausschliesslich für den Einsatz im Bildungsbereich entwickelt wurde, war ein Tool für die Vermittlung dreidimensionaler Anatomie. Das Gerät war eine Art von Head-Mounted Display und wurde an der University of

North Carolina entwickelt. Es projizierte Knochenstrukturen auf reale anatomische Gegenstücke eines menschlichen Probanden, um damit Anatomie zu lehren (Garzón 2021).[1] Im Zeitraum von 1995 bis 2009 kamen vor allem Anwendungen auf Basis von Head-Mounted Displays und Head-Up Displays zum Einsatz. Die AR-Anwendungen wurden zur Ergänzung der Lernprozesse in den Bereichen Gesundheit, Technik und Naturwissenschaften eingesetzt. Die meisten dieser Anwendungen waren für Bachelor-Studierende gedacht und nur wenige Bildungseinrichtungen konnten sich solche Anwendungen angesichts ihrer hohen Kosten überhaupt leisten (Garzón 2021). Das Aufkommen von Game Engines, Software Development Kits (SDKs) und Bibliotheken zur Entwicklung von AR-Anwendungen gab der Technologie neuen Anstoss und stärkte den Forschungs- und Entwicklungsfokus im Bereich der Softwareapplikationen. Seitdem hat sich die Technologie weiterentwickelt und wurde dank der Zugänglichkeit von Smartphones und Tablets weit verbreitet. Die Herstellung von AR-spezifischen Geräten wie Smartglasses, z. B. Google Glass oder Microsofts HoloLens, hat das Interesse an dieser Technologie weiter vorangetrieben (Elmqaddem 2019). Daneben wird vermehrt Aufmerksamkeit auf web-basierte AR-Anwendungen sowie den Einbezug von künstlicher Intelligenz gerichtet (Garzón 2021).

AR-Programme können sowohl in der Entwicklung als auch in der Anwendung unterschiedlich komplex sein. Programme mit passiv konsumierbaren Inhalten (d. h. Bilder, Videos, Audio), die konventionelle Lernmaterialien ergänzen, sind verhältnismässig einfach zu erstellen. Lerninhalte, die interaktiv sind und z. B. Elemente von Computerspielen umfassen, können hingegen unbegrenzt komplex werden. Zudem sind sie weniger gut mit herkömmlichen Lernmaterialien kombinierbar (Kljun, Geroimenko, und Čopič Pucihar 2020). Mit der Steigerung der Interaktionsmöglichkeiten in den Programmen gewinnt zudem die Kontrolle durch den Benutzer oder die Benutzerin verstärkt an Bedeutung. Diese Kontrollmöglichkeiten sind je nach Hardwarelösung unterschiedlich. Gängige Kontrollmuster sind Berührungen (Touchscreen) oder erkennbare Gestik (Hand- und Fingerbewegungen), aber auch die Bewegung der Augen (Eye-Tracking), die Rotation des Kopfes, Eingabe via Sprachsteuerung oder zusätzliche Geräte wie z. B. ein Klicker (ähnlich einer Computermaus). Auch eine Steuerung des Programms durch Bewegen des gesamten Körpers (Repositionierung) ist möglich.

1 Eine moderne Variante dieses Verfahrens ist die Smartphone-Applikation Virtuali-Tee der Firma Curiscope, welche ebenfalls die menschliche Anatomie tracker-basiert auf ein spezielles T-Shirt überlagert. https://www.curiscope.com/products/virtuali-tee.

4. Bisherige Erkenntnisse aus der Forschung zu AR in Bildungsbereichen

In den letzten Jahren haben sich vielfältige Forschungsprojekte im Zusammenhang mit Augmented Reality entwickelt. Diese Projekte sind in diversen Bereichen angesiedelt wie Medizin, Maschinenbau und Technik, Architektur, Raumgestaltung, Mathematik und Naturwissenschaften sowie Marketing und Verkehr (Yuen, Yaoyuneyong, und Johnson 2011). Auch im Bildungswesen wurden empirische Studien durchgeführt, wobei dieser Bereich im Vergleich zu anderen Disziplinen bzw. zu anderen digitalen Lehr-Lern-Technologien wie Multimedia und Webdiensten noch immer eher weniger beforscht ist (Kljun, Geroimenko, und Čopič Pucihar 2020).

Gemäss Garzón (2021) wurde die erste Studie, die sich mit AR im Bildungsbereich beschäftigt hat, im Jahr 1996 publiziert.[2] Bis 2005 wurde jährlich lediglich eine kleine Anzahl an Publikationen im einstelligen Bereich verzeichnet. Erst ab 2006 nahm die Anzahl an Publikationen stetig zu. Es waren in diesem Jahr erstmals über 10 und ab 2013 sodann über 100 Publikationen. Die deutlichsten Anstiege sind von 2014 auf 2015 und von 2016 auf 2017 zu erkennen. Dies deckt sich mit zwei entscheidenden Ereignissen: einerseits der Markteinführung der öffentlichen Version von Google Glass im Jahr 2014, andererseits der Erscheinung von Pokémon Go im Jahr 2016. Diese beiden Ereignisse brachten AR-Technologien in den Fokus der Öffentlichkeit und waren damit bedeutende Treiber für die Popularität von AR. Dies veranlasste viele Entwickler weltweit dazu, AR-Anwendungen für den Bildungsbereich zu erstellen (ebd.).

Die Erkenntnisse der bisherigen Arbeiten wurden in den letzten Jahren in verschiedenen Literaturstudien und Metaanalysen zusammengefasst (z. B. Akçayır und Akçayır 2017; Hantono, Nugroho, und Santosa 2018; Sirakaya und Alsancak Sirakaya 2018; Garzón, Pavón, und Baldiris 2019; Garzón und Acevedo 2019; Garzón et al. 2020). Aus diesen Studien wird ersichtlich, dass der Einsatz von AR im Bildungsbereich viele Möglichkeiten und Vorteile bietet, das Lernen zu unterstützen, und es wird dieser neuen Technologie durchwegs grosses Potenzial zugeschrieben. Verschiedene Arbeiten konnten zeigen, dass durch AR das kinästhetische Lernen, das bildliche sowie das räumliche Vorstellungsvermögen unterstützt werden können (Alzahrani 2020; Dunleavy, Dede, und Mitchell 2009) wie auch die Bereitschaft der Lernenden, sich mit wissenschaftlichen Themen zu beschäftigen sowie ihre Motivation und ihr Interesse im Allgemeinen gefördert werden. So wurde berichtet, dass die Lernenden eine höhere Zufriedenheit und mehr Spass empfinden, grössere Aufmerksamkeit zeigen, den Lernaktivitäten mehr Relevanz zuschreiben und im Umgang mit den Lernaktivitäten mehr Selbstvertrauen gewinnen (Radu 2014; Chiang, Yang, und Hwang 2014; siehe dazu auch Bacca Acosta et al. 2014; Akçayır und Akçayır 2017). Ausserdem steigert AR

2 Die von Garzón (2021) gemachten Angaben beruhen auf einer gezielten Literaturrecherche in der Web of Science Datenbank, die im Juli 2020 mit dem Suchbegriff «augmented reality in education» durchgeführt wurde. Berücksichtigt wurden dabei nur Artikel, Tagungsberichte, Rezensionen und Buchkapitel. Die von ihm durchgeführte Suchabfrage ergab 2.698 wissenschaftliche Beiträge, darunter 1.317 Tagungsberichte, 1.857 Zeitschriftenartikel, 100 Reviews und 56 Buchkapitel.

die Kollaboration von Lernenden untereinander sowie zwischen den Lernenden und Dozierenden. Dadurch werden auch die Fähigkeit des kritischen Denkens und Problemlösens, die Fähigkeit zur Informationsverarbeitung sowie kommunikative Fähigkeiten gefördert und der Lerntransfer wird verbessert (z.B. Akçayır und Akçayır 2017; Dunleavy, Dede, und Mitchell 2009; Nincarean et al. 2013; Yuen, Yaoyuneyong, und Johnson 2011; Elmqaddem 2019; Saidin, Halim, und Yahaya 2015; Altinpulluk 2019).

Als herausfordernd werden insbesondere die Bedienbarkeit (Usability), technische Probleme bei der Umsetzung, Tracking- und Kalibrierungsprobleme sowie Mobilitätsprobleme bei der Verwendung im Freien genannt (Akçayır und Akçayır 2017; Altinpulluk 2019). Neben den technischen Herausforderungen wird auf der Seite der Lernenden häufig die kognitive Belastung (Mutlu-Bayraktar, Cosgun, und Altan 2019) thematisiert, zusätzlich fehlen Lehrenden oft die notwendigen Kenntnisse für den Umgang mit den technischen Geräten sowie medienpädagogische Kompetenzen (Buchner und Zumbach 2020; Drossel und Eickelmann 2018). Weitere Einschränkungen können die Kosten für die Anschaffung von Geräten sowie für die Entwicklung und Wartung von AR-Systemen darstellen (Lee 2012). Ausserdem stellen sich Fragen im Zusammenhang mit der Wahrung der Privatsphäre, Datenschutz und ethischen Aspekten. Insbesondere die Diskussionen über den Einsatz von tragbaren Technologien wie Smartglasses und AR-unterstützten bionischen Kontaktlinsen werden im Kontext von Sicherheit, Privatsphäre und Ethik wohl auch zukünftig weitergeführt (Altinpulluk 2019).

In Bezug auf die Zielgruppe von AR-Anwendungen im Bildungsbereich zeigt die systematische Literaturstudie von Akçayır und Akçayır (2017), dass die meisten Studien (51%) sich mit dem Einsatz von AR mit Schüler:innen aus der Sekundarstufe (K-12 students) beschäftigten, 29% (20 Studien) untersuchten den Einsatz von AR bei Hochschulstudierenden, lediglich zwei Studien befassten sich mit Lehrpersonen. In einer kürzlich durchgeführten Literaturstudie von Garzòn, Pavón und Baldiris (2019) wurden ähnliche Ergebnisse gefunden: Die Zielgruppen der Studien beschränkten sich im Wesentlichen auf Kinder (frühkindliche Bildung und Grundschulbildung), Jugendliche (untere und obere Sekundarstufe) und Bachelor- oder gleichwertiges Niveau. Von den 61 Studien, die in die Analyse einbezogen wurden, fielen jeweils etwa 30% in eine dieser Zielgruppen. Postgraduierte (Master- oder PhD-Abschlüsse) wurden in keiner der ausgewählten Studien als Zielgruppe berücksichtigt. Interessanterweise sind Studien auf tertiärem Bildungsniveau (insbesondere Master) und mit (angehenden) Lehrpersonen bisher deutlich unterrepräsentiert. Da Lehrpersonen eine Multiplikatorenrolle besetzen und eine zentrale Funktion für eine erfolgreiche Medienintegration in Schulen einnehmen (Petko und Döbeli Honegger 2011), ist es von Interesse, mehr über deren Haltung, Vorbehalte und Kenntnisse bezüglich der Verwendung von AR-Anwendungen im Bildungskontext zu erfahren. Hier besteht noch ein wesentlicher Forschungsbedarf.

Unzureichend sind bislang auch die Erkenntnisse in Bezug auf die pädagogischen Konzepte für die Integration von AR-Anwendungen in Lernaktivitäten (Garzón 2021). Wie auch bei allen anderen Technologien hängt der pädagogische Wert von AR in erster Linie von der Konzeption und der Integration des Lernarrangements in formale und informelle Lernumgebungen ab, nicht von der verwendeten Technologie (Wu et al. 2013; Nincarean et al. 2013). In den bisherigen Studien wurde dieser Aspekt eher am Rande berücksichtigt oder gar nicht thematisiert.

5. Didaktische Überlegungen zum Einsatz von AR-Anwendungen

Wie erwähnt, sind empirische Erkenntnisse in Bezug auf die pädagogische Umsetzung von AR-Lerneinheiten noch kaum vorhanden. Aus der Literatur wird deutlich, dass im Zusammenhang mit Bildungstechnologien der Konstruktivismus die beliebteste Lerntheorie ist (Garzón et al. 2020). Eine zentrale Idee des Konstruktivismus ist, dass Wissen nicht einfach von der Lehrperson an die Lernenden übertragen wird, sondern von Lernenden in einem aktiven Prozess konstruiert werden muss. Lernende bauen neues Wissen auf der Grundlage des bisher Gelernten auf. Sie überprüfen ihr Wissen im Hinblick auf das, was ihnen in der neuen Lernsituation begegnet, und adaptieren das Wissen in Bezug auf die neuen Erkenntnisse (Bada 2015; Wolf, Söbke, und Baalsrud Hauge 2020; Zhang, Wang, und Wu 2020). Im Sinne der konstruktivistischen Lerntheorie können Lernende durch den Einsatz von AR ermutigt werden, sich aktiv mit den Aufgaben, Konzepten und Materialien zu beschäftigen und so das bestehende Wissen aufzubauen und zu erweitern.

Neben dem Lernparadigma des Konstruktivismus werden in der Literatur auch verschiedene Lehrmethoden bzw. -konzepte genannt, die gemäss den Autor:innen für den Einsatz von AR-Technologien geeignet sind oder dadurch bereichert werden können: situiertes Lernen, spielbasiertes Lernen (Game-Based Learning) und forschendes Lernen (Bower et al. 2014; Cheng und Tsai 2013) sowie kollaboratives Lernen, projektbasiertes Lernen und multimediales Lernen (Garzón et al. 2020). Die Eignung dieser Lernformen ist einerseits abhängig von den Eigenschaften der Lehrperson, der Lernenden und dem Setting (Klassengrösse, verfügbare Geräte etc.), aber auch vom zu lernenden Inhalt. Solche Faktoren und Prozesse werden in Angebots-Nutzungs-Modellen dargestellt und beschrieben (vgl. Seidel 2014) und müssen in die Überlegungen zum Einsatz von AR einbezogen werden.

AR-Anwendungen können demgemäss in unterschiedliche Lernszenarien eingebettet werden. Es gilt dabei primär zu prüfen, ob das didaktische Potenzial der mit AR angereicherten Lerneinheit tatsächlich genutzt wird. Hierzu bietet das von Ruben Puentedura entwickelte SAMR-Modell einen Orientierungsrahmen (Puentedura 2015, 2006). Das Modell besteht aus vier Stufen, die durch die vier Buchstaben repräsentiert werden:

- Substitution (Ersatz): Die verwendete Technologie fungiert als direkter Ersatz für ein anderes Arbeitsmittel (z. B. Schulbücher), ohne dass eine Funktionsänderung ersichtlich ist.
- Augmentation (Erweiterung): Die verwendete Technologie fungiert als direkter Ersatz für ein anderes Arbeitsmittel (z. B. Schulbücher), jedoch mit einer funktionalen Verbesserung.
- Modification (Veränderung): Die Technologie ermöglicht eine erhebliche Umgestaltung der Aufgaben.
- Redefinition (Erneuerung): Die Technologie ermöglicht die Konzeption neuer Aufgaben bzw. Lehr-Lern-Arrangements, die mit herkömmlichen Arbeitsmitteln nicht realisierbar waren.

Das SAMR-Modell ist ein Versuch, die Integration digitaler Medien im Unterricht in verschiedene Stufen einzuteilen. Dabei ist zu beachten, dass die Übergänge zwischen den Stufen fliessend sind. Anhand des Modells können Lehrende den Einsatz digitaler Medien in ihrem Unterricht verorten und auf den Digitalisierungsgrad hin kritisch reflektieren. Zudem kann es dazu anregen, den eigenen Unterricht weiterzuentwickeln (Polm und Albrecht o. J.). Das Modell bezieht sich nicht auf spezifische Lernformen. So kann es für alle oben genannten Lehrmethoden bzw. -konzepte verwendet und auch als Orientierungsrahmen für den Einsatz von AR in Lerneinheiten genutzt werden.

6. Bildungsziele für den Einsatz von AR in der Lehrpersonenbildung

In der Ausbildung von Lehrpersonen in den DACH-Ländern bildet die fachwissenschaftliche Ausbildung neben der fachdidaktischen, erziehungswissenschaftlichen und schulpraktischen Ausbildung eine zentrale Komponente des Studiums (Cramer et al. 2020). Primär in Bezug auf die fachliche (z. B. Akçayır et al. 2016), aber auch die berufspraktische (Scheidig 2020) Ausbildung könnte der Einsatz von AR-Technologien das Lernen der Studierenden unterstützen und befördern. Wie bereits erläutert, haben AR-Anwendungen das Potenzial, verschiedene Bereiche positiv zu beeinflussen, beispielsweise die Lernleistung, die Motivation oder die Visualisierung schwer vorstellbarer Lerninhalte (Buchner und Zumbach 2020). Unter Berücksichtigung dieses Hintergrunds erscheint es selbstverständlich, dass der Einsatz von AR-Technologien im Rahmen der Lehrpersonenbildung äusserst sinnvoll wäre.

In Bezug auf die Ausbildung von Lehrpersonen kann darüber hinaus ein weiterer Bereich erwähnt werden, der von Relevanz ist. Die Bildungspolitik schreibt der Nutzung digitaler Medien und Bildungstechnologien im Unterricht aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung zunehmend eine hohe Bedeutung zu (Lachner, Scheiter, und Stürmer 2020). Die Lehrpersonen spielen hierbei eine zentrale Rolle:

> «Teachers are the common element in every different educational system and play a key role in the integration and acceptance of technology in education» (Tzima, Styliaras, und Bassounas 2019, 1).

Damit Lehrpersonen digitale Medien didaktisch sinnvoll in den Unterricht integrieren können, sind ihre eigenen *kognitiven Fertigkeiten* sowie die damit verbundenen *motivationalen Orientierungen* zentral.

In Bezug auf die *kognitiven Fertigkeiten* wird heute zumeist auf das TPACK-Modell («Technological Pedagogical Content Knowledge») verwiesen. Dieses Modell basiert auf der Konzeptualisierung von Shulman (1986) und beschreibt, wie das Wissen der Lehrenden über Bildungstechnologien und ihr fachdidaktisches Wissen (Pedagogical Content Knowledge: PCK) miteinander interagieren, um einen effektiven Unterricht mit Technologie zu ermöglichen (Koehler und Mishra 2009). In diesem Modell gibt es drei Hauptkomponenten des Lehrpersonenwissens: Fachwissen (Content Knowledge: CK), pädagogisches Wissen (Pedagogical Knowledge: PK) und technologisches Wissen (Technological Knowledge: TK). Ebenso wichtig sind im Modell die Wechselwirkungen zwischen diesen Wissensbeständen, die als PCK (fachdidaktisches Wissen), TCK (technologisches Inhaltswissen) und TPK (technologisch-pädagogisches Wissen) dargestellt werden. Die «Schnittmenge» aller Wissensbereiche bildet das TPACK (technologisch-pädagogisches Inhaltswissen) (vgl. Petko und Döbeli Honegger 2011).

Als weitere Dimension professioneller Kompetenz werden insbesondere die *motivationalen Orientierungen* der Lehrpersonen betrachtet. Damit digitale Medien didaktisch sinnvoll in den Unterricht integriert werden können, ist demgemäss neben den Fachkenntnissen auch die zugrundeliegende Motivation von Bedeutung, digitale Medien im Unterricht einzusetzen (Lachner, Scheiter, und Stürmer 2020). Studien konnten diesbezüglich zeigen, dass Sicherheit und Behaglichkeit von Lehrpersonen im Umgang mit einer Technologie im Allgemeinen Prädiktoren für die Wahrscheinlichkeit ihrer Implementierung im Klassenzimmer darstellen.

Damit Lehrpersonen diese Fertigkeiten erwerben und digitale Medien für den Unterricht effektiv nutzen können, ist neben der Fortbildung auch die Lehrpersonenausbildung gefordert, medienpädagogische Inhalte ins Curriculum zu integrieren (Blömeke, Müller, und Eichler 2006). Die Lehrpersonenbildung kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten, Lehrpersonen sowohl die fachlichen Grundlagen zu vermitteln wie auch anzuregen, dass sie ihre Überzeugungen zu digitalen Medien überdenken und kritisch reflektieren. Damit wird ihnen das Rüstzeug mitgegeben, in der Berufspraxis digitale Medien zu verwenden und didaktisch sinnvoll in den Unterricht zu integrieren. Obwohl in der Lehrpersonenbildung Bemühungen vorhanden sind, entsprechende Ausbildungselemente zu konzipieren und in die Studiengänge zu implementieren, werden hier noch immer grosse Defizite festgestellt, die unter anderem

auch durch fehlende Expertise unter den Hochschullehrenden begründet werden (Drossel und Eickelmann 2018; van Ackeren et al. 2019). In Bezug auf immersive Technologien sind bislang fast keine Projekte im Bereich der Lehrpersonenbildung vorhanden. Da in der Literatur gerade diesen Technologien ein immenses Potenzial für den Bildungsbereich zugeschrieben wird (Garzón 2021; Martín-Gutiérrez et al. 2015; Dunleavy 2014; Peterson et al. 2020), wäre es äusserst wünschenswert, diese auch in der Lehrpersonenbildung zu erproben und zu implementieren.

7. Fazit

Die Bemühungen um Forschung über AR im Bildungsbereich wurden in den letzten Jahren stark intensiviert. Aufgrund der fortschreitenden technischen Entwicklung aufseiten sowohl der Hardware als auch der Software, wie auch der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieser Technologie ist hierzu auch weiterhin grosses Interesse in der Forschungsgemeinschaft zu erwarten. Unzureichend sind bislang insbesondere die Erkenntnisse in Bezug auf die pädagogischen Konzepte für die Integration von AR-Anwendungen in Lernaktivitäten (Garzón 2021) sowie im Bereich der Lehrpersonenbildung (Buchner und Zumbach 2020). Da Lehrpersonen der entscheidende Faktor für die Integration digitaler Medien in den schulischen Unterricht darstellen und damit die Digitalisierung der Volksschule konkret beeinflussen (Petko und Döbeli Honegger 2011), sind weiterführende Forschungs- und Entwicklungsprojekte in diesem Bereich von besonderem Interesse.

AR wird in zahlreichen Quellen besonderes Potenzial attestiert. Der alleinige Einsatz dieser Technologie ist jedoch noch kein Garant für gelingenden Unterricht. Lehrpersonen müssen über die erforderlichen Wissensbereiche und Fertigkeiten (vgl. TPACK-Modell) sowie über entsprechende motivationale Orientierungen verfügen (Petko und Döbeli Honegger 2011). Konzepte, beispielsweise das SAMR-Modell, bieten Lehrenden einen Orientierungsrahmen für die gewinnbringende Implementation von AR in den Unterricht.

Der Lehrpersonenbildung fällt hierbei eine bedeutende Rolle zu. Durch die Integration geeigneter Ausbildungsinhalte sowie entsprechender Lehr- und Lernformen können angehenden Lehrpersonen die fachlichen Grundlagen vermittelt werden. Angehende Lehrpersonen sollten im Rahmen der Ausbildung ihre bisherigen Medienerfahrungen reflektieren sowie neue eigene Lernerfahrungen sammeln können. Hierfür ist es nicht ausreichend, lediglich neue technische Tools bereitzustellen und in dafür vorgesehenen Modulen medienbezogene Inhalte zu vermitteln. Entsprechende Themen müssten auch in die fachdidaktischen sowie erziehungswissenschaftlichen Ausbildungselemente integriert werden, sodass Studierende vielfältige Anwendungsbereiche erleben und erproben können (Petko, Döbeli Honegger, und Prasse 2018). Der Einsatz von AR-Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen der

Lehrpersonenbildung ist auch deshalb sinnvoll, da grundsätzlich viele Möglichkeiten und Vorteile bestehen, das Lernen zu unterstützen, wie bisherige Studien eindrücklich belegen konnten.

Wie die Ausführungen in diesem Beitrag zeigen, gibt es diverse AR-Anwendungen, die mit herkömmlichen Geräten wie Handy, Tablet oder Laptop umgesetzt werden können. Die unterschiedlichen Möglichkeiten erlauben einen vielseitigen, an Inhalte und individuelle Voraussetzungen angepassten Einsatz. Allerdings müssen hierzu entsprechende Kenntnisse, Fähigkeiten und motivationale Voraussetzungen auch bei den Hochschullehrenden vorhanden sein. Diesbezüglich, wie auch in Bezug auf den Einsatz von AR in dieser Zielgruppe, sind bislang kaum Erfahrungen oder empirische Erkenntnisse vorhanden. Vor diesem Hintergrund wurde an der Pädagogischen Hochschule Zürich das Projekt «Augmented Reality in der Lehrerbildung. Eine explorative Studie mit HoloLens im Fachbereich Naturwissenschaft und Technik» (ALex)[3] konzipiert und durchgeführt. Das nachfolgende abschliessende Kapitel gibt einen Einblick in die Studie. Die Ausführungen sollen Impulse und Anregungen für weitere Projekt- und Forschungsvorhaben in der Lehrpersonenbildung geben.

8. Ausblick: Eine explorative Studie mit AR in der Lehrpersonenbildung

Im Projekt ALex wurde untersucht, welche Möglichkeiten, Chancen und Herausforderungen der Einsatz von Augmented Reality in der Ausbildung von Lehrpersonen birgt. Durchgeführt wurde die Studie mit Microsoft HoloLens Version 1, die Ende März 2016 in den amerikanischen und kanadischen Markt eingeführt wurde. Die HoloLens ist ein Augmented-Reality-Headset, welches als Head-Mounted Display verwendet wird. Im visuellen Ausgabegerät können künstliche Objekte und Informationen ins Sichtfeld des Trägers oder der Trägerin projiziert werden, mit denen über verschiedene Gesten interagiert werden kann. Es ist eine immersive Technologie, die eine stark erweiterte Realität («heavily augmented reality») ermöglicht. Ein Vorteil dieser Technologie ist, dass sich die Geräte koppeln lassen, sodass mehrere Personen sich mit den gleichen Lerninhalten beschäftigen und kollaborativ damit arbeiten können. Allerdings sind damit hohe Anschaffungskosten wie auch die Notwendigkeit umfangreichen technischen Wissens seitens der Lehrenden verbunden.

Das erklärte Ziel der Studie lag darin, eine AR-gestützte Lehr-Lerneinheit zu konzipieren und mit Studierenden umzusetzen. Die Erfahrungen und Ergebnisse dieser Studie sollen Hinweise dazu geben, welche Aspekte beim Einsatz von AR in der Ausbildung von Lehrpersonen im Fach Naturwissenschaft und Technik bedacht werden müssen und welche Chancen und Herausforderungen vorhanden sind.

3 Das Projekt wurde durch den SNF unterstützt. SNF Projektnummer: 10DL19_183135 – Digital Lives.

Im Projekt wurde eine Lerneinheit zur Vermittlung von Molekülstrukturen konzipiert, welche eine neuartige Erkundung des Inhalts ermöglicht (vgl. Wyss et al. 2021). Im Sinne des in Kapitel 5 vorgestellten SAMR-Modells lässt sich die verwendete AR-Anwendung als Erweiterung (Augmentation) von herkömmlichen Molekülbrowsern auf Computern verstehen, da die dreidimensionalen Molekülstrukturen tatsächlich dreidimensional im Raum dargestellt und somit auf intuitivere Art und Weise erkundet werden können und kooperative Aufträge leichter umsetzbar werden. Im Vergleich zu papier-basierten Lernmaterialien ist die Aufgabe als Veränderung (Modification) einzuordnen, da Strukturen mit dieser Technik überhaupt erst eigenständig erkundet werden können.

Die Studie wurde mit vier Gruppen von Studierenden an unterschiedlichen Terminen im Mai 2019 durchgeführt. Die Teilnehmenden waren 18 Lehramtsstudierende für die Sekundarstufe I im Fach Naturwissenschaft und Technik der Pädagogischen Hochschule Zürich, die sich freiwillig am Projekt beteiligten.[4]

Nach den Angaben der an der Studie beteiligten Studierenden konnten diese im Rahmen der Lehrpersonenausbildung bis zum Zeitpunkt der Befragung keine Erfahrungen mit AR sammeln. Ihre theoretische sowie praktische Vorerfahrung mit AR-Anwendungen war sehr beschränkt und bezog sich auf vereinzelte Begegnungen mit der Technologie ausserhalb des Studiums. Die Erfahrung, die sie im Rahmen des Projektes mit einer AR-gestützten Lehr-Lerneinheit gemacht haben, beurteilen sie sehr positiv, wie die folgenden zwei exemplarischen Zitate von Studierenden zeigen:

> S: «Ich finde schon, denn (-) wenn man nur eigentlich die 2D Abbildung hat, (-) dann hat man schon ein bisschen ein Bild, aber man kann es sich (-) dennoch nicht ganz im Raum vorstellen. Und wenn man es wirklich dann mal so vor sich sieht und selbst daran herumbasteln kann, (-) dann erlernt man es schon (-) wie auf eine andere Weise.» (Interview 10C: 55-61)

> S: «Ich denke, ja, es wäre sicher ein Motivationsaspekt. Auch für uns. Um etwas zu lernen. Und auch um ein vertiefteres Wissen zu erlangen. Und ich denke, auch während dem Studium sind wir teilweise weniger, teilweise mehr motiviert, und das war definitiv ein Punkt, wo man sagen könnte: Da wäre man mehr motiviert, würde sich mehr dafür Zeit nehmen, etwas zu lernen.» (Interview 09C: 87)

4 Danksagung: Die Autorin und Autoren danken den Mitarbeitenden und Studierenden der Pädagogischen Hochschule Zürich für ihre Teilnahme und tatkräftige Unterstützung im Projekt ALex. Besonderer Dank geht an Dr. Jan A. Hiss, Computer-Assisted Drug Design, Departement für Chemie und Angewandte Biowissenschaften, ETH Zürich, für seine wertvolle Unterstützung und das Zurverfügungstellen der HoloLens und der Software MoleGram Scientist (die Software wurde von der Firma afca in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich entwickelt und ist nicht frei zugänglich).

Die Erfahrungen und Erkenntnisse der Studie sind sehr ermutigend.[5] Bei der Arbeit mit den Studierenden konnten viele der in der Literatur erwähnten und in diesem Beitrag dargestellten positiven Aspekte der AR-Technologie beobachtet werden. Es wäre sehr wünschenswert, dass in der Lehrpersonenbildung zukünftig weitere Projekte durchgeführt werden, um die Chancen wie auch die Herausforderungen dieser Technologie noch besser zu erörtern. Auf dieser Grundlage können neue Ideen und Konzepte entwickelt werden, wie AR gewinnbringend in Lehr-Lern-Prozesse integriert und die Ausbildung von Lehrpersonen damit um ein innovatives Element erweitert werden kann. Die Ausführungen in diesem Beitrag sollen hierzu eine anregende Grundlage bilden.

Literatur

Ackeren, Isabell van, Stefan Aufenanger, Birgit Eickelmann, Steffen Friedrich, Rudolf Kammerl, Julia Knopf, Kerstin Mayrberger, Heike Scheika, Katharina Scheiter, und Mandy Schiefner-Rohs. 2019. «Digitalisierung in der Lehrerbildung. Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten». *DDS – Die Deutsche Schule* 111 (1): 103–19. https://doi.org/10.31244/dds.2019.01.10.

Akçayır, Murat, und Gökçe Akçayır. 2017. «Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature». *Educational Research Review* 20 (Februar): 1–11. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002.

Akçayır, Murat, Gökçe Akçayır, Hüseyin Miraç Pektaş, und Mehmet Akif Ocak. 2016. «Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories». *Computers in Human Behavior* 57 (April): 334–42. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054.

Altinpulluk, Hakan. 2019. «Determining the Trends of Using Augmented Reality in Education between 2006–2016». *Education and Information Technologies* 24 (2): 1089–1114. https://doi.org/10.1007/s10639-018-9806-3.

Alzahrani, Nouf Matar. 2020. «Augmented Reality: A Systematic Review of Its Benefits and Challenges in E-Learning Contexts». *Applied Sciences* 10 (16): 5660. https://doi.org/10.3390/app10165660.

Bacca Acosta, Jorge Luis, Silvia Margarita Baldiris Navarro, Ramon Fabregat Gesa, Sabine Graf, und Kinshuk. 2014. «Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications», Oktober. https://dugi-doc.udg.edu/handle/10256/17763.

Bada, Dr, und Steve Olusegun. 2015. «Constructivism Learning Theory: A Paradigm for Teaching and Learning». *IOSR Journal of Research & Method in Education* 5 (6): 66–70. http://doi.org/10.9790/7388-05616670.

5 Erste Ergebnisse der Studie können in der Publikation von Wyss et al. (2021) nachgelesen werden.

Blömeke, Sigrid, Christiane Müller, und Dana Eichler. 2006. «Unterricht mit digitalen Medien – zwischen Innovation und Tradition?» *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9 (4): 632–50. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0172-3.

Bower, Matt, Cathie Howe, Nerida McCredie, Austin Robinson, und David Grover. 2014. «Augmented Reality in education – cases, places and potentials». *Educational Media International* 51 (1): 1–15. https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400.

Broll, Wolfgang. 2013. «Augmentierte Realität». In *Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*, herausgegeben von Ralf Dörner, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Bernhard Jung, 241–94 Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3_8.

Buchner, Josef. 2017. «Offener Unterricht mit Augmented Reality». *Erziehung & Unterricht* 7–8 (Oktober): 68–73.

Buchner, Josef, und Jörg Zumbach. 2020. «Augmented Reality in Teacher Education. A Framework to Support Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge.» *Italian Journal of Educational Technology* 28 (2): 106–20. https://doi.org/10.17471/2499-4324/1151.

Carmigniani, Julie, und Borko Furht. 2011. «Augmented Reality: An Overview». In *Handbook of Augmented Reality*, 3–46. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_1.

Cheng, Kun-hung, und Chin-chung Tsai. 2013. «Affordances of augmented reality in science learning: suggestions for future research». *Journal of Science Education and Technology* 22. 449–62. https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9.

Chiang, Tosti H. C., Stephen J. H. Yang, und Gwo-Jen Hwang. 2014. «An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities». *Journal of Educational Technology & Society* 17 (4): 352–65. https://drive.google.com/file/d/1UoXcAlKOMC0qesxZPm5QxNEoOkuWjF5N/view.

Cramer, Colin, Johannes König, Martin Rothland, und Sigrid Blömeke. 2020. *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. https://elibrary.utb.de/doi/book/10.36198/9783838554730.

Drossel, Kerstin, und Birgit Eickelmann. 2018. «Die Rolle der Lehrerprofessionalisierung für die Implementierung neuer Technologien in den Unterricht – Eine Latent-Class-Analyse zur Identifikation von Lehrertypen». Herausgegeben von Jasmin Bastian, Tobias Feldhoff, Marius Harring, und Klaus Rummler. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 31 (‹Digitale Bildung›): 166–91. https://doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.06.04.X.

Dunleavy, Matt. 2014. «Design Principles for Augmented Reality Learning». *TechTrends* 58 (1): 28–34. https://doi.org/10.1007/s11528-013-0717-2.

Dunleavy, Matt, Chris Dede, und Rebecca Mitchell. 2009. «Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning». *Journal of Science Education and Technology* 18 (1): 7–22. https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1.

EDUCA. 2021. «Digitalisierung in der Bildung». Bern: EDUCA. https://www.educa.ch/sites/default/files/2021-10/Digitalisierung_in_der_Bildung.pdf.

Eickelmann, Birgit. 2018. «Digitalisierung in der schulischen Bildung. Entwicklungen, Befunde und Perspektiven für die Schulentwicklung und die Bildungsforschung». In *Digitalisierung in der schulischen Bildung: Chancen und Herausforderungen*, herausgegeben von Nele McElvany, Franziska Schwabe, Wilfried Bos, und Heinz Günter Holtappels, 11–25. Münster, New York: Waxmann.

Elmqaddem, Noureddine. 2019. «Augmented Reality and Virtual Reality in Education. Myth or Reality?» *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)* 14 (03): 234. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.9289.

Gartner Information Technology Glossary. o. J. «Definition of Head-Mounted Displays (HMDs)». Gartner. Zugegriffen 11. August 2021. https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/head-mounted-displays-hmd.

Garzón, Juan. 2021. «An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education». *Multimodal Technologies and Interaction* 5 (7): 37. https://doi.org/10.3390/mti5070037.

Garzón, Juan, und Juan Acevedo. 2019. «Meta-Analysis of the Impact of Augmented Reality on Students' Learning Gains». *Educational Research Review* 27 (Juni): 244–60. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001.

Garzón, Juan, Kinshuk, Silvia Baldiris, Jaime Gutiérrez, und Juan Pavón. 2020. «How Do Pedagogical Approaches Affect the Impact of Augmented Reality on Education? A Meta-Analysis and Research Synthesis». *Educational Research Review* 31 (November): 100334. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334.

Garzón, Juan, Juan Pavón, und Silvia Baldiris. 2019. «Systematic Review and Meta-Analysis of Augmented Reality in Educational Settings». *Virtual Reality* 23 (4): 447–59. https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9.

Hantono, Bimo Sunarfri, Lukito Edi Nugroho, und P. Insap Santosa. 2018. «Meta-Review of Augmented Reality in Education». In *2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 312–15. https://doi.org/10.1109/ICITEED.2018.8534888.

Hartong, Sigrid. 2019. «Bildung 4.0? Kritische Überlegungen zur Digitalisierung von Bildung als erziehungswissenschaftliches Forschungsfeld». *Zeitschrift für Pädagogik*, Nr. 3 (Juni): 424–44.

Johnson, L., A. Levine, R. Smith, und S. Stone. 2010. *The 2010 Horizon Report*. *New Media Consortium*. New Media Consortium. https://library.educause.edu/resources/2010/1/2010-horizon-report.

Kesim, Mehmet, und Yasin Ozarslan. 2012. «Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education». *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Cyprus International Conference on Educational Research (CY-ICER-2012) North Cyprus, US08-10 47 (Januar): 297–302. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654.

Kljun, Matjaž, Vladimir Geroimenko, und Klen Čopič Pucihar. 2020. «Augmented Reality in Education: Current Status and Advancement of the Field». In *Augmented Reality in Education: A New Technology for Teaching and Learning*, herausgegeben von Vladimir Geroimenko, 3–21. Springer Series on Cultural Computing. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4_1.

Koehler, Matthew, und Punya Mishra. 2009. «What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?» *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* 9 (1): 60–70. https://www.learntechlib.org/p/29544/.

Lachner, Andreas, Katharina Scheiter, und Kathleen Stürmer. 2020. «Digitalisierung und Lernen mit digitalen Medien als Gegenstand der Lehrerinnen- und Lehrerbildung». In *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, herausgegeben von Colin Cramer, Johannes König, Martin Rothland, und Sigrid Blömeke, 67–75. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt. https://elibrary.utb.de/doi/book/10.36198/9783838554730.

Lee, Kangdon. 2012. «Augmented Reality in Education and Training». *TechTrends* 56 (2): 13–21. https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3.

Martín-Gutiérrez, Jorge, Peña Fabiani, Wanda Benesova, María Dolores Meneses, und Carlos E. Mora. 2015. «Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education». *Computers in Human Behavior*, Computing for Human Learning, Behaviour and Collaboration in the Social and Mobile Networks Era, 51 (Oktober): 752–61. https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093.

Milgram, Paul, Haruo Takemura, Akira Utsumi, und Fumio Kishino. 1994. «Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum». *Proc. SPIE* 2351: 282–92. https://doi.org/10.1117/12.197321.

Mutlu-Bayraktar, Duygu, Veysel Cosgun, und Tugba Altan. 2019. «Cognitive Load in Multimedia Learning Environments: A Systematic Review». *Computers & Education* 141 (November): 103618. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103618.

Nincarean, Danakorn, Mohamad Bilal Alia, Noor Dayana Abdul Halim, und Mohd Hishamuddin Abdul Rahman. 2013. «Mobile Augmented Reality: The Potential for Education». *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 103 (November): 657–64. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385.

Peddie, Jon. 2017. «Types of Augmented Reality». In *Augmented Reality: Where We Will All Live*, herausgegeben von Jon Peddie, 29–46. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54502-8_2.

Peterson, Celeste N., Sara Z. Tavana, Olukemi P. Akinleye, Walter H. Johnson, und Melanie B. Berkmen. 2020. «An Idea to Explore: Use of Augmented Reality for Teaching Three-dimensional Biomolecular Structures». *Biochemistry and Molecular Biology Education* 48 (3): 276–82. https://doi.org/10.1002/bmb.21341.

Petko, Dominik, und Beat Döbeli Honegger. 2011. «Digitale Medien in der schweizerischen Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Hintergründe, Ansätze und Perspektiven». *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 29 (2): 155–71. https://doi.org/10.5167/uzh-170319.

Petko, Dominik, Beat Döbeli Honegger, und Doreen Prasse. 2018. «Digitale Transformation in Bildung und Schule: Facetten, Entwicklungslinien und Herausforderungen für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung». *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 36 (2): 157–74.

Polm, Jari, und Stefanie Albrecht. o. J. «SAMR-Modell. Entwicklung von Unterricht mit Hilfe dieses Modells». Digitaler Unterricht. https://www.digi-teach.de/theoretische-hintergruende-1/samr-modell/.

Puentedura, Ruben R. 2015. «SAMR: A Brief Introduction». http://hippasus.com/rrpweblog/archives/2015/10/SAMR_ABriefIntro.pdf.

Puentedura, Ruben R. 2006. «Transformation, Technology, and Education». http://www.hippasus.com/resources/tte/.

Radu, Iulian. 2014. «Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis». *Personal and Ubiquitous Computing* 18 (6): 1533–43.

Saidin, Nor, Noor Abd Halim, und Noraffandy Yahaya. 2015. «A Review of Research on Augmented Reality in Education: Advantages and Applications». *International Education Studies* 8 (13). https://doi.org/10.5539/ies.v8n13p1.

Scheidig, Falk. 2020. «Lehren lernen mit digitalen Medien: Technologiegestützte Praxisbezüge in der Lehrpersonenbildung». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, September, 675–708. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.26.X.

Seidel, Tina. 2014. «Angebots-Nutzungs-Modelle in der Unterrichtspsychologie. Integration von Struktur- und Prozessparadigma». *Zeitschrift für Pädagogik* 60 (6): 850–66. https://doi.org/10.25656/01:14686.

Shulman, Lee S. 1986. «Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching». *Educational Researcher* 15 (2): 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004.

Sirakaya, Mustafa, und Didem Alsancak Sirakaya. 2018. «Trends in Educational Augmented Reality Studies: A Systematic Review». *Malaysian Online Journal of Educational Technology* 6 (2): 60–74. https://doi.org/10.17220/mojet.2018.02.005.

Steppuhn, Detlef. 2019. «Treiber der Zukunft – Robotik, Künstliche Intelligenz, Big Data, Virtual Reality/Augmented Reality und 3D». In *SmartSchool – Die Schule von morgen*, herausgegeben von Detlef Steppuhn, 237–40. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24873-4_12.

Tzima, Stavroula, Georgios Styliaras, und Athanasios Bassounas. 2019. «Augmented Reality Applications in Education: Teachers Point of View». *Education Sciences* 9 (2): 99. https://doi.org/10.3390/educsci9020099.

Wolf, Mario, Heinrich Söbke, und Jannicke Baalsrud Hauge. 2020. «Designing Augmented Reality Applications as Learning Activity». In *Augmented Reality in Education: A New Technology for Teaching and Learning*, herausgegeben von Vladimir Geroimenko, 23–43. Springer Series on Cultural Computing. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4_2.

Wu, Hsin-Kai, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, und Jyh-Chong Liang. 2013. «Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education». *Computers & Education* 62 (März): 41–9. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024.

Wyss, Corinne, Wolfgang Bührer, Florian Furrer, Adrian Degonda, und Jan A. Hiss. 2021. «Innovative Teacher Education with the Augmented Reality Device Microsoft HoloLens – Results of an Exploratory Study and Pedagogical Considerations». *Multimodal Technologies and Interaction* 5 (8): 1–17. https://doi.org/10.3390/mti5080045.

Yuen, Steve Chi-Yin, Gallayanee Yaoyuneyong, und Erik Johnson. 2011. «Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education». *Journal of Educational Technology Development and Exchange* 4 (1). https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10.

Zhang, Danyang, Minjuan Wang, und Junjie Gavin Wu. 2020. «Design and Implementation of Augmented Reality for English Language Education». In *Augmented Reality in Education: A New Technology for Teaching and Learning*, herausgegeben von Vladimir Geroimenko, 217–34. Springer Series on Cultural Computing. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4_12.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

VR-basierte Digital Reusable Learning Objects

Ein interdisziplinäres Fortbildungskonzept für Bildungspersonal in der Pflegebildung

Maureen Bartolles[1], Anna-Maria Kamin[1], Leonard Meyer[2] und Thies Pfeiffer[2]

[1] Universität Bielefeld

[2] Hochschule Emden/Leer

Zusammenfassung
Seit einigen Jahren finden VR-Technologien Einzug in die Gesundheitsberufe. Häufig wird der Einsatz durch Forschungsprojekte begleitet, eine mediendidaktische Einbettung oder lerntheoretische Begründung steht hier jedoch zumeist aus. Hinzu kommt, dass Schulungsmassnahmen zur Nutzung von VR-Technologien bisweilen den Fokus auf die Vermittlung von instrumentell-qualifikatorischen Bedienfähigkeiten legen. Der nachfolgende Artikel zeigt auf, wie das Modell des Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) von Mishra und Koehler (2006) als Grundlage für die Konzeption interdisziplinär entworfener, sowohl fachwissenschaftlich und -didaktisch als auch medienpädagogisch begründeter Fortbildungsmassnahmen für Bildungspersonal in der Pflege genutzt werden kann. Neben der interdisziplinären Entwicklung der Fortbildungsmassnahme wird ein innovativer Ansatz zur niederschwelligen und praxisorientierten Erstellung und Nutzung von 360°-VR-Szenarien in der Pflegeausbildung vorgestellt.

VR Based Digital Reusable Learning Objects. An Interdisciplinary Training Concept for Educational Staff in Nursing Education

Abstract
For several years now, VR technologies are finding their way into the health care professions. Often, this use is accompanied by research projects but a media-didactic embedding or learning-theoretical justification is mostly missing here. In addition, training measures for the use of VR technologies mostly focus on the teaching of instrumental-qualifying operating skills. The following article shows how the model of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) by Mishra and Koehler (2006) can be used as a basis for the interdisciplinary development of training measures for educational personnel in nursing, which are based on content-specific and subject-didactical as well as media-pedagogical

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Bartolles, Maureen, Anna-Maria Kamin, Leonard Meyer, und Thies Pfeiffer. 2022. «VR-basierte Digital Reusable Learning Objects. Ein interdisziplinäres Fortbildungskonzept für Bildungspersonal in der Pflegebildung». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 138–156. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.07.X.

knowledge. In addition to the interdisciplinary development of the training measures, an innovative approach for the low-threshold and practice-oriented creation and use of 360°-VR-scenarios in nursing education is presented.

1. Einleitung – VR-Technologien in den Pflege- und Gesundheitsberufen

Der Einsatz von Vorläufern von VR-Technologien in den Pflege- und Gesundheitsberufen als Instrument zur Simulation von pflegerischen oder medizinischen Handlungen blickt bereits auf eine lange Tradition zurück (vgl. Bauman 2012, 5). Während zunächst noch einfache und später realitätsnahe Pflegepuppen zu Simulationszwecken eingesetzt wurden, bestehen heute digital unterstützte Möglichkeiten, um Simulationen zu erzeugen. Bereits in den 1960er-Jahren wurden erste digitale Simulationen zu Trainingszwecken angewendet, zunehmend auch für den medizinischen und pflegerischen Bereich (vgl. Kavanagh u. a. 2017, 9). Während Simulationssoftware zunächst lediglich nicht- oder semi-immersive Aktivitäten erlaubten, kann durch den Einzug von VR-Technologie nun die (Lern-)Umgebung mehrdimensional abgebildet und können realitätsnahe Interaktionen ermöglicht werden. Gegenstände sind dabei zumeist «Trainingsumgebungen […], in denen klinische Szenarien (Arbeitsprozesse oder Handlungen) simuliert werden» (Lerner 2021, 57). So finden sich im angelsächsischen Raum beispielsweise immersive VR-Szenarien, die operative Eingriffe für die medizinische Ausbildung simulieren (vgl. Kavanagh u. a. 2017, 92) und die als Trainingsmöglichkeit von Fähigkeiten genutzt werden, die im Arbeitsalltag vorausgesetzt werden. Als Begründung für die Nutzung von durch VR-Technologien unterstützten Trainings in der Ausbildung im Gesundheitsbereich wird unter anderem die Möglichkeit angeführt, seltene oder gefährliche Situationen abbilden zu können, die in der Realität schwierig zu erzeugen sind (vgl. Bracq, Michinov, und Jannin 2019, 191; Michinov, und Jannin 2019, 191). Darüber hinaus bieten VR-Technologien die Chance, Simulationen zu erzeugen, die ein umfassendes und realitätsnahes Erlebnis darstellen, sodass durch Immersionseffekte «eine Illusion der Realität» (Buchner und Aretz 2020, 198) entsteht und ein Präsenzerleben der die VR-Technologie nutzenden Person generiert werden kann. Zielvorstellung ist dabei, ein besseres Lernerlebnis zu erreichen. Dies wurde nicht zuletzt im Studiengang Pflege durch Pfeiffer et al. (2018) deutlich. Studierende, die sich mithilfe von VR-Technologie das Themenfeld Infusionsvorbereitung angeeignet haben, schlossen gegenüber einer Vergleichsgruppe, die sich mit traditionellen Lehr-Lernmethoden beschäftigt hat, das entsprechende Prüfungsmodul mit besseren Leistungen ab (vgl. Schröder 2017, 40). Gleichermassen wird in anderen Studien aber auch auf eine erhöhte kognitive Beanspruchung bei der Nutzung von VR-Technologien aufmerksam gemacht (vgl. Grassini, Laumann, und Rasmussen Skogstad 2020, 2). Sowohl Chancen als auch Herausforderungen beim Einsatz von VR-Technologie in der Pflege arbeiten Bartolles und Kamin (2021) im

Rahmen einer Befragung von Professionellen aus der Pflegebildung heraus. So sehen die Befragten Potenziale für das gefahrlose Üben von Praxissituationen, wodurch Handlungsabläufe, deren nicht-fachgerechte Durchführung in der Praxis lebensbedrohliche Konsequenzen haben würden, hier gefahrlos eingeübt werden können. Zudem werden auch die Möglichkeit der Standardisierbarkeit von Prüfungssituationen, die ressourcenschonende Nutzung der VR-Technologie gegenüber realen Skills-Labs sowie die Verbesserung des Theorie-Praxis-Transfers genannt (vgl. Bartolles und Kamin 2021, 14–15). Insbesondere letztgenanntes wird in der Pflegebildung häufig vermisst und kann durch den Einsatz von VR-Szenarien, welche praxisrelevante Situationen simulieren, den Transfer von theoretisch erworbenem Wissen in die Praxis unterstützen. Auf der anderen Seite nennt das befragte Bildungspersonal aus der Pflegebildung jedoch auch die Fehleranfälligkeit technischer Geräte sowie Bedenken im Hinblick auf die Bedienung der Technologie (vgl. ebd., 16). Auch *Grenzen der VR-Technologie* werden durch die Befragten angesprochen. So werden vor allem die fehlende Haptik und die vorprogrammierte Kommunikation in den simulierten VR-Szenarien kritisiert. Dadurch, dass die Pflege als «Berührungsberuf» betrachtet wird und die Face-to-Face Kommunikation mit den Patient:innen ein zentrales Merkmal darstellt, lassen sich diese beiden Bereiche nur eingeschränkt mithilfe von VR-Technologie abbilden. Das Pflegepersonal sieht insofern viele Potenziale für einen Einsatz der VR-Technologie in der Pflegeausbildung, betrachtet sie jedoch als Ergänzung bisheriger Lehr-/Lernmöglichkeiten (vgl. ebd., 16–17).

Gegenüber bisherigen Studien ist allerdings zu konstatieren, dass bei vielen Forschungsvorhaben im Bereich der VR-Technologien eine mangelnde «medien- oder lerntheoretische Begründung des Studiendesigns» (Lerner 2021, 57) besteht. Weiterhin setzen die Trainingsbausteine nicht durchgehend an fachlich relevanten Aufgaben- und Problemstellungen aus der Pflegebildung an und erschweren damit den flexiblen Einsatz in unterschiedlichen Bildungskontexten. Hinzu kommt, dass fachdidaktisch begründete, evaluierte medienpädagogische Schulungskonzepte für das Bildungspersonal in der Pflege, die auch die Nutzung von VR-Technologie beinhalten, (noch) nicht existieren. Anzunehmen ist insofern, dass VR-basierte Trainings trotz konstatierter Potenziale kaum eingesetzt werden, da das Bildungspersonal weder über zureichende technische Kenntnisse noch über Wissen zur didaktischen Einbindung in den (Aus-)Bildungskontext verfügt. Zusammengefasst kann insofern festgehalten werden, dass Augmented- und Virtual Reality-basiertes Lehren und Lernen in der Pflegebildung erst am Anfang stehen.

Der Beitrag stellt Konzept und Inhalte einer interdisziplinär entwickelten Fortbildungsmassnahme zur Entwicklung und Implementierung von Virtual-Reality-basierten ***D**igital **R**eusable **L**earning **O**bjects* (DRLO) für schulisches und betriebliches Bildungspersonal in der Pflege vor. «DRLO» steht für eine Weiterentwicklung des Konzepts der ***R**eusable **L**earning **O**bjects* (RLO) als wiederverwendbare Lernobjekte

(Baumgartner 2004; Baumgartner und Kalz 2005). Das von Mishra und Koehler (2006) entwickelte Technological Pedagogical Content Knowledge-Modell (TPACK) wird als Grundlage für die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Konzeption der Fortbildungsmassnahme herangezogen. Auf diese Weise wird ein theoriegeleitetes Modell zur Verknüpfung von VR-Technologien mit medien- und pflegepädagogischen Ansätzen abgeleitet. Aus dem Modell und der Fortbildungsmassnahme lassen sich darüber hinaus notwendige Kompetenzen ableiten, die das Bildungspersonal in der Pflegebildung erwerben muss, um VR-basierte digitale Medien in Lehr-Lern-Kontexte didaktisch sinnvoll einzubinden.

2. Projektkontext – Verbindung von pflegepädagogischen, medienpädagogischen und technischen Inhalten in der Schulungskonzeption zur Entwicklung und Implementierung von VR-basierten DRLOs

Um ein Fortbildungskonzept zu entwickeln, welches das Bildungspersonal befähigt, VR-basierte Technologien in der Pflegebildung zu nutzen, bedarf es einer interdisziplinären Zusammenarbeit, die fachliche, didaktische und technische Ansätze berücksichtigt und zusammenführt. An diesem Bedarf setzt das vom BMBF geförderte Projekt Virtual-Reality-basierte ***D**igital **R**eusable **L**earning **O**bjects* in der Pflegeausbildung («ViRDiPA») an. Ziel des Vorhabens ist, in einem Konsortium von Akteuren aus Medienpädagogik, Pflegewissenschaft/-didaktik, Informatik und einem Bildungsanbieter eine Fortbildungsmassnahme zum Einsatz von VR-Technologien für die Pflegeausbildung zu konzipieren, zu erproben und zu evaluieren. Betriebliches und schulisches Bildungspersonal in der Pflege soll befähigt werden, bereits vorhandene sowie eigenständig produzierte immersive Virtual Reality (VR)-Trainingsbausteine einzusetzen. Damit werden interaktive 3D-Simulationen als Bestandteil von Lernumgebungen in die Pflegeausbildung integriert. Der didaktische und technische Lösungsansatz greift auf das Lernaufgabenkonzept (Müller 2013), das Modell der medienpädagogischen Kompetenz beim betrieblichen Ausbildungspersonal (Härtel u. a. 2018) sowie die Grundfigur für das Didaktische Design (Reinmann 2013) zurück und unterstützt die Umsetzung von Lernaufgaben mithilfe verschiedener Spielarten von VR-Technologien. Die Qualifizierungsteilnehmenden erlernen anhand bereits existierender VR-Trainings, diese im Unterricht und in der praktischen Anleitung in der Pflegebildung durchzuführen. Anschliessend werden sie befähigt, mit einem im Rahmen des Projekts zu entwickelnden Autorenwerkzeug selbst Lernaufgaben mit VR-Technologien zu entwickeln und umzusetzen. Die auf Basis dieses Modells entwickelte Fortbildungsmassnahme stellt sicher, dass nicht nur fachwissenschaftliche Inhalte und technische Bedienkompetenzen gefördert werden, sondern auch die mediendidaktische Einbindung der Technologien in die Lehr-Lern-Kontexte bedacht wird.

3. Das TPACK-Modell zur Identifikation von Wissensbedarfen und interdisziplinären Schnittstellen zur Nutzung digitaler Medien in Bildungskontexten

Das Technological Pedagogical Content Knowledge-Modell, kurz TPACK, ist als Ordnungsrahmen zu verstehen, welcher Wissensbereiche beschreibt, über die Lehrkräfte verfügen sollten, um eine durch Technologien unterstützte Lernumgebung zu schaffen. Mishras und Koehlers Konzeption (2006) geht auf Shulmans Konzept des Pedagogical-Content-Knowledge (1986, 1987) zurück (vgl. Delere 2020, 11), welches auf die Notwendigkeit der Verbindung von pädagogischem und fachspezifischem Wissen aufmerksam macht (vgl. Mishra und Koehler 2006, 1021). Ursprünglich TPCK genannt, entstand das Modell aus dem Gedanken heraus, der zunehmenden Digitalisierung und der sich stets im Wandel befindlichen Technologie mit einem disziplinübergreifenden Kompetenzmodell für Lehrkräfte zu begegnen (vgl. Niess 2017, 6ff.). Erfahrungen zur damaligen Zeit zeigten, dass Schulungsmassnahmen für Lehrkräfte zur Nutzung neuer Technologien sich als unzureichend erwiesen, da das reine Wissen um die Nutzung der Technik nicht zwingend deren angemessenen Einsatz im Unterricht zur Folge hatte (vgl. ebd., 6). Das bei Bildungspersonal vorhandene pädagogische Wissen sowie das Fachwissen bedarf insofern einer weiteren Koppelung mit dem technologischen Wissen (vgl. ebd., 7), sodass ein ganzheitlicher Wissenskanon für Lehrkräfte entsteht, um neue Technologien sinnvoll in den Unterricht einzubinden. Die im Zuge dieser Diskussion entstandenen unterschiedlichen Rahmenkonzepte wurden 2006 von Mishra und Koehler zum TPCK-Modell zusammengesetzt (vgl. ebd., 7–8). Wenig später, im Jahr 2007, wurde das Modell umbenannt in TPACK-Modell, da es zu Schwierigkeiten bei der Aussprache des Namens TPCK kam und der neue Name, TPACK, den Grundgedanken des «total package», also eines Gesamtpakets des Wissens für Lehrkräfte verdeutlichen sollte (vgl. Thompson und Mishra 2007, 38f.).

Dieses «total package» des TPACK-Modells umfasst die Bereiche pädagogisches Wissen (= Pedagogical Knowledge, PK), Fachwissen (= Content Knowledge, CK) und technologisches Wissen (= Technological Knowledge, TK). Die Besonderheit hier liegt in der Verbindung der einzelnen Bereiche sowie der daraus resultierenden Schnittmengen, die eigenständige Wissensbereiche darstellen. In einer späteren Überarbeitung des Modells wurde ausserdem das Kontextwissen (= Contextual Knowledge, XK) ergänzt (vgl. Mishra 2019, 76–78). Es beschreibt laut Mishra (2019) den organisatorischen Rahmen, in welchem sich Lehrkräfte bewegen. Dieses umfasst die Strukturen der Schule, des Schulsystems, die medientechnische Infrastruktur, Lehrpläne und ähnliches. Auf diese Weise werden Lehrkräfte nicht mehr nur als Gestaltende von Unterricht gesehen, sondern als Entrepreneure, als Unternehmer:innen innerhalb der Institution Schule.

Anzumerken ist hingegen, dass es sich beim TPACK-Modell um einen *Ordnungsrahmen* handelt, welcher Arten des Wissens von Lehrkräften lediglich benennt. Um das TPACK-Modell für die pädagogische Praxis fruchtbar zu machen, gilt es, die im Modell aufgezeigten Wissensbereiche und deren Verschränkungen für die jeweiligen Anwendungskontexte mit Inhalten zu füllen.

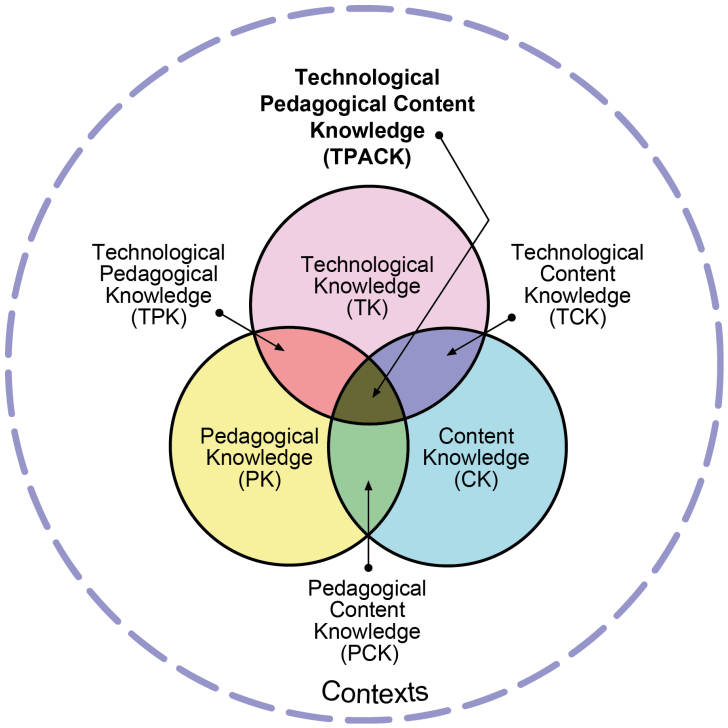


Abb. 1: TPACK-Modell (tpack.org 2012).

Das TPACK-Modell von Mishra und Koehler (2006, 2019) hat mittlerweile auch Einzug in den deutschen Diskurs um Medienkompetenzmodelle gehalten (vgl. Delere 2020, 11). Diese Diskussion greifen auch Schmid und Petko (2020) auf und werfen Fragen um die Anschlussfähigkeit an das deutschsprachige Verständnis von Medienkompetenz und Medienbildung auf. Sie kritisieren, dass Mishra und Koehler in ihrem Modell vor allem von Technologien und einem Technologiewissen sprechen. Dieser Begriff wird im deutschsprachigen bildungswissenschaftlichen Diskurs kritisch als Engführung im Hinblick auf informatische Dimensionen betrachtet, während Wissen um digitale Medien aus medienpädagogischer Perspektive unberücksichtigt bleibt (vgl. Schmid und Petko 2020, 128). Petko und Schmid machen darauf aufmerksam, dass das TPACK-Modell einer Erweiterung um medienpädagogische Aufgabenfelder bedarf (vgl. ebd., 136). Sie legen anhand der einzelnen Bereiche des TPACK-Modells einen Vorschlag vor, indem sie ein Technologieverständnis zu Grunde legen, das über das enge Verständnis hinausgeht (vgl. ebd., 128), welches Mishra und Koehler

vorwiegend nutzen (vgl. Koehler, Mishra, und Cain 2013, 15–16). Sie deuten Technologiewissen als medienbezogenes Wissen, wodurch die Technologiebereiche des TPACK-Modells (TPK, TCK und TPACK; s. Abb. 1) um medienerzieherisches und -bildnerisches Wissen erweitert werden (vgl. Schmid und Petko 2020, 128–30). Lehrkräfte sollen also nicht nur über die Existenz und die Funktion von Technologien wissen und diese als Werkzeuge zum Lernen betrachten, sondern stets auch Fragen der Medienbildung und Medienerziehung mitdenken. So bedarf es etwa des Wissens der Lehrkräfte, digitale Medien in den Unterricht einzubinden, um mit den Lernenden eigene Medienprodukte zu erstellen (vgl. ebd., 131). Weiter bedarf es einer umfassenden Kenntnis, fachliche Unterrichtsinhalte auf ihre Kompatibilität mit Aufgaben der Medienerziehung bei der Unterrichtsgestaltung hin zu überprüfen (vgl. ebd., 129). Auf diese Weise wird der Gedanke des Lernens mit Medien um den des Lernens über Medien erweitert.

Schmid und Petko nehmen ausserdem ein Verständnis von Medienbildung als eigene Fachdidaktik in das Modell auf, sodass der Bereich des Fachwissens um medienpädagogisches Wissen ergänzt wird. Auf diese Weise umfasst das fachdidaktische Wissen (PCK) auch Kenntnisse darüber, wie «Medienkompetenzförderung für bestimmte Themen und bei Lernenden mit unterschiedlichen Voraussetzungen» (Schmid und Petko 2020, 133) sinnvoll im Unterricht umgesetzt werden kann. Dementsprechend bedeutet dies für das TPACK-Wissen, dass Lehrkräfte den Gedanken der Medienkompetenzförderung durch entsprechende Tools für die jeweils vorliegende Unterrichtssituation füllen können (vgl. ebd., 134). Ausserdem wird durch die Einbindung der Medienbildung in das TPACK-Modell das fachdidaktische Wissen um ein Verständnis des Bildungspersonals darüber erweitert, wie «fachdidaktische Vermittlungsprozesse im Hinblick auf eine digitale Lernkultur» (ebd., 131) gestaltet werden können.

In Bezug auf die Medienbildung im Rahmen der Pflegebildung (wie auch in weiteren Bildungskontexten) gilt es jedoch infrage zu stellen, inwieweit die Medienbildung als eigene Fachdidaktik verstanden werden kann. So ordnen Schmid und Petko einerseits den technischen Bereichen des TPACK-Modells medienbezogenes Wissen zu, sodass medienbildnerisches und medienerzieherisches Wissen dem technologiebezogenen pädagogischen Wissen (TPK) zugeordnet wird (Schmid und Petko 2020, 129). Andererseits wird der Vorschlag gemacht, Medienbildung als eigene Fachdidaktik zu begreifen, indem ein «genuin medienbildungsbezogenes Grundwissen» (ebd., 133) vermittelt werden soll. Da in der Pflegebildung die Medienbildung als Querschnittsdisziplin zu verstehen und nicht als eigenes Fach im Curriculum verortet ist, bietet es sich an, die Medienbildung als eigene Fachdidaktik auszuklammern und stattdessen in den technischen Schnittstellen des TPACK-Modells (TCK und TPK) zu verorten. Einen Ansatz dafür bietet das Modell der *Medienpädagogischen Kompetenz* nach Härtel (2018). Härtel fasst die Bereiche Mediendidaktik (Lernen und Lehren mit

Medien), Medienerziehung (Lernen und Lehren über Medien) und Medienintegration (Integration von Medien in die Schulorganisation) in ihrer Wechselbeziehung als medienpädagogische Kompetenz zusammen (vgl. Härtel u. a. 2018, 22; Abb. 2).

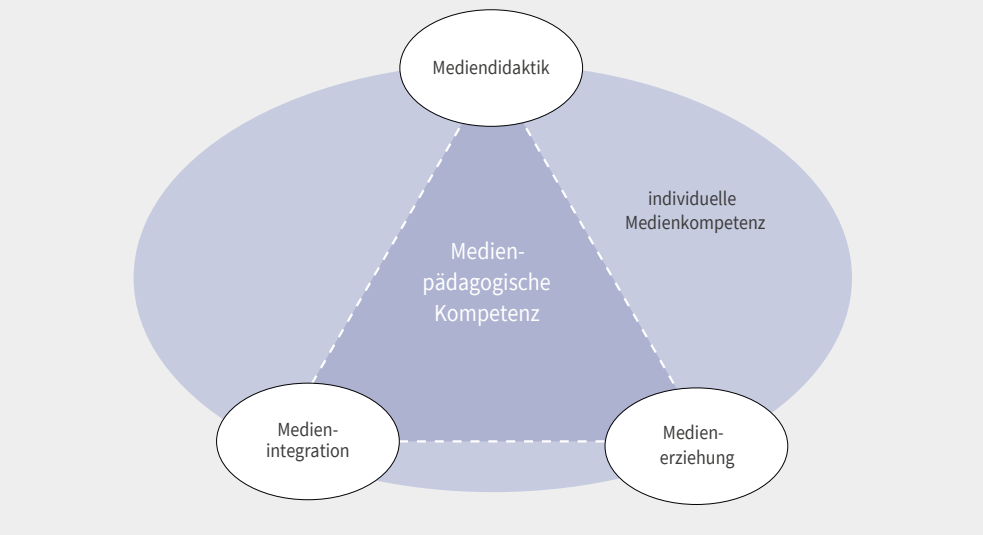


Abb. 2: Modell der medienpädagogischen Kompetenz des betrieblichen Ausbildungspersonals (Härtel u. a. 2018, 22).

Als «notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung medienpädagogischer Kompetenz» (Härtel u. a. 2018, 22) wird zudem die individuelle Medienkompetenz des Bildungspersonals betrachtet, welche die «Fähigkeit und Bereitschaft zu sachgerechtem, selbstbestimmtem, kreativem und sozialverantwortlichem Handeln im Zusammenhang mit Medien und Informationstechnologien» (ebd.) beschreibt. So wird das medienbezogene Wissen, welches Schmid und Petko als Teil einer eigenen Fachdidaktik begreifen, als querschnittsbezogenes Wissen in die Pflegebildung integriert und etwa durch die Koppelung der Vermittlung berufsbezogenen Wissens mithilfe digitaler Medien (Lernen und Lehren mit Medien) mit der Vermittlung medienbezogenen Wissens und einer Reflexion des Einsatzes der Technik (Lernen und Lehren über Medien) verwirklicht. Ein Beispiel könnte der Einsatz von VR-Technologien zur Vermittlung einer praxisrelevanten Handlung in der Pflege sein, welche ergänzt wird durch ein vorheriges Gespräch über die Technologie selbst sowie eine abschliessende Reflexion des Einsatzes mit den Auszubildenden über Möglichkeiten und Grenzen dieses digitalen Mediums.

Wie aufgezeigt, zeichnet sich das TPACK-Modell durch die Darstellung der Bereiche pädagogisches, fachliches und technisches Wissen sowie deren Schnittmengen aus. Hieran wird deutlich, dass Bildungspersonal in unterschiedlichen Kontexten über interdisziplinäres Wissen verfügen muss, um den Forderungen nach einem Lehren und Lernen mit und über Medien mit Integration von VR-Technologie nachzukommen. Die

zu entwickelnde Fortbildung darf also nicht nur auf die ausschliessliche Einführung der Teilnehmenden in die Bedienung der VR-Technologien (TK) zielen, es bedarf auch eines Fokus auf die Einbindung und Erstellung von pflegeberuflichen Inhalten (CK) im Sinne von fachdidaktisch aufbereiteten Lehr-/Lern-Szenarien sowie deren thematischen Abstimmung mit konkreten Inhalten des Pflegecurriculums (PCK). Darüber hinaus sollte die Vermittlung grundlegender Begriffsverständnisse und -konzepte – etwa der Medienkompetenz, der medienpädagogischen Kompetenz sowie deren Relevanz für das Ausbildungspersonal – Teil der Fortbildungsinhalte sein (TCK und TPK). Auf diese Weise können nicht nur instrumentell-qualifikatorische Bedienkompetenzen vermittelt, sondern kann auch die Verschränkung von Fachwissen, medienpädagogischem und technischem Wissen angestrebt werden. Hinzu kommt, dass die Potenziale des Einsatzes der VR-Technologie im Bereich der Pflegeausbildung ausgeschöpft werden können: Indem fachliches Wissen aus dem Kanon der Pflegeausbildung in die Entwicklung der Virtual-Reality-basierten D*igital* R*eusable* L*earning* O*bjects* eingebunden wird, wird die Verbindung von Fachwissen und technologischem Potenzial im Rahmen der Pflegeausbildung didaktisch sinnvoll eingebettet und genutzt (TPACK).

4. Konzeption einer Fortbildungsmassnahme zur Nutzung von VR-Technologie in der Pflegebildung

Für die interdisziplinäre Konzeption von Bildungsmassnahmen zur Vermittlung von Kompetenzen in Bezug auf die Nutzung von VR-Technologien auf Basis des TPACK-Modells gilt es, die Felder und Schnittstellen des Modells (siehe Abb. 1) auszugestalten und mit Inhalten zu füllen. Werden zunächst die grossen Felder des «Technological Knowledge» (TK), des «Pedagogical Knowledge» (PK) und des «Content Knowledge» (CK) betrachtet, lassen sich diese für die Gestaltung von Schulungsmassnahmen für Bildungspersonal in der Pflegebildung wie folgt füllen:

Das «Content Knowledge» (CK) beschreibt das Fachwissen, also in der Pflegebildung das Pflegewissen laut Curriculum. Dieses Fachwissen besteht bei den Professionellen bereits umfänglich, kann jedoch im Rahmen einer Bildungsmassnahme erweitert werden. Selbiges gilt für das «Pedagogical Knowledge» (PK), welches allgemeindidaktisches und (berufs-)pädagogisches Wissen meint, auf das in der Fortbildung von Bildungspersonal aufgebaut werden kann.[1] Das «Technological Knowledge» (TK) umfasst bei einer Schulungsmassnahme, welche auf die Vermittlung von Kompetenzen in Bezug auf die Nutzung von VR-Szenarien abzielt, das Wissen um die VR-Technologie (4.1). Dieses Wissen ist zunächst rein auf die Technik beschränkt und

1 Aus diesem Grund ist auf die Darstellung der Bereiche CK und PK für die Konzeption der Fortbildungsmassnahme zu verzichten, während neben den für die Fragestellung des Beitrags zentralen Bereichen der Schnittstellen auch der Bereich TK ausführlich in seinen inhaltlichen Komponenten vorgestellt wird.

wird erst durch das Zusammendenken mit dem Fachwissen (CK) und pädagogischem Wissen (PK) an den Schnittstellen des TPACK-Modells pädagogisch-didaktisch und fachwissenschaftlich unterfüttert. Auf diese Weise ergibt sich die Notwendigkeit der Vermittlung von Medienkompetenz (TCK und TPK), sowie mediendidaktischer Kompetenzen (TPK; 4.2) als medienpädagogische Kompetenz (3), um die fachwissenschaftliche und didaktische Einbettung der VR-Technologie sicherstellen zu können. Zudem bedarf es eines pflegepädagogischen Konzepts um die Schnittstelle des «Pedagogical Content Knowledge» (PCK), in welches die VR-Technologie pflegepädagogisch eingebettet wird, abzubilden (4.3). Werden die Wissensbereiche der einzelnen Felder des TPACK-Modells (TK, CK, PK), sowie die Inhalte der Schnittstellen (TPK, TCK, PCK) zusammengenommen, ergibt sich der Kern des Modells (TPACK). Dieses wird im Rahmen der Konzeption einer Schulungsmassnahme für Bildungspersonal zum Einsatz von VR-Technologien in der Pflegeausbildung durch die Erstellung digital unterstützter und mit VR-Technologien angereicherter Lernaufgaben sowie deren didaktische und curriculare Einbettung in die Pflegeausbildung sichergestellt (4.4).

4.1 VR-Technologie als selbsterstellte 360°-Szenarien (TK)

Technisches Wissen zur Erzeugung virtueller Inhalte erfordert in der Regel aufgrund des komplexen Erstellungsprozesses Kompetenzen in der Software-Entwicklung. Zudem ist die Content-Entwicklung (je nach Anspruch) mit einem umfangreichen Zeitaufwand und hohen Kosten verbunden, insbesondere dann, wenn ein Training spezialisiert auf eine bestimmte Umgebung oder gerichtet auf schwer standardisierbare Handlungsabläufe oder Ausbildungs- bzw. Arbeitsstätten – wie in der Pflegebildung – aufgebaut werden soll.

Um Entwicklungszeit und Aufwand so gering wie möglich zu halten und darüber hinaus auch pädagogischen Fachkräften die Erstellung von Inhalten zu ermöglichen, kann, statt der üblichen Erzeugung von digitalen Objekten oder Charakteren auf Basis von geometrischer Modellierung, zu einer alternativen Technik gegriffen werden: der 360°-Videotechnik (vgl. Eiris, Gheisari, und Esmaeili 2018, 2ff.). 360°-Videos/Filme werden mit besonderen Kameras aufgezeichnet, deren Sichtbereich nicht auf einen bestimmten Ausschnitt begrenzt ist. Zu jeder Zeit nehmen diese Kameras ihre gesamte Umgebung auf und ermöglichen auf diese Weise auch beim späteren Betrachten einer Aufnahme ein aktives Umschauen der Nutzenden.

Stehen nun mehrere solcher Aufnahmen zur Verfügung, besteht die Möglichkeit, diese mit verhältnismässig geringem Aufwand zu verknüpfen und auf diese Weise lineare oder nicht-lineare Videoinhalte zu erzeugen. Genutzt wird diese Technik beispielsweise für virtuelle Rundgänge in Messehallen oder Museen (Bsp.: Google Arts and Culture), in denen an mehreren Stellen Foto- oder Filmaufnahmen gemacht und anschliessend räumlich logisch zusammengehängt wurden. Bei der Betrachtung können diese dann über Interaktionsflächen angesteuert werden.

360°-Videoinhalte können heutzutage auch auf VR-Brillen wiedergegeben werden und ermöglichen es Nutzenden, mitten in den virtuell abgebildeten, aber real aufgezeichneten Raum einzutauchen. Zusätzlich ermöglicht eine stereoskopische Aufnahme den Eindruck von Räumlichkeit und Tiefe, der das Immersionsgefühl weiter steigern kann. Erweitert man die Aufnahmen von Räumlichkeiten um die Darstellung spezieller Abläufe und Situationen, kann mit dieser Technik ein Trainingsszenario erzeugt werden, in dem Nutzende inmitten einer real existierenden Umgebung stehen, die Umgebung aus der Ich-Perspektive wahrnehmen (Abb. 3) und auf die Handlung durch Entscheidungen Einfluss nehmen können. Beispiele für diese Entscheidungsoptionen kann die Beantwortung der folgenden Fragen sein: «Wohin gehe ich?», «Was sage ich?» «Wie deute ich eine bestimmte Gegebenheit?», «Welche Handlungsoption wähle ich?».



Abb. 3: 360° Panorama (links) und wahrgenommene Umgebung in VR/Ich-Perspektive mit Interaktionsflächen (rechts) (eigene Darstellung).

Die Verknüpfung von Videoinhalten zu einem VR-Szenario erfordert zunächst auch die Vermittlung von technischem Wissen, welches im TPACK-Modell als «Technological Knowledge» (TK), bezeichnet wird. Aufgrund der Nutzung von 360°-Videotechnik ist es jedoch möglich, diese IT-Expertise niederschwellig anzulegen. Hinzu kommt, dass durch die Entwicklung eines gesonderten *Autorenkits* das Bildungspersonal in der Pflege dazu befähigt werden kann, eigene virtuelle Inhalte ohne Software-Entwicklungs- oder andere weiterführende IT-Kenntnisse zu erzeugen. Mithilfe des Autorenkits wird es möglich sein, aufgenommene 360°-Inhalte mit verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten zu verknüpfen. Ein vollständiges 360°-Trainingsszenario ist damit als logische Verkettung einzelner Szenen zu verstehen, welche aus einem 360°-Video und Interaktions-/Steuerflächen bestehen. Nutzende wie etwa das Bildungspersonal in der Pflege benötigen lediglich Kenntnisse dazu, wie sie über ein User-Interface eben diese Handlungsketten aus Rohaufnahmen erzeugen können. Dem inhaltlichen Umfang sind dabei (abgesehen von einer Speicherplatzlimitierung) keine Grenzen gesetzt, sodass kurze, schnell erzeugte Situationen ebenso abgebildet werden können wie komplexe Trainings, die zuvor in einem Drehbuch oder Ablaufplan koordiniert wurden.

Gleichwohl sind die physikalischen Einschränkungen eines 360°-Videos bei der Konzeption solcher Szenarios zu berücksichtigen. Der Technik geschuldet können Nutzende nicht im Raum umherlaufen; auch ist eine Manipulation von Objekten nur eingeschränkt möglich, da jede zu zeigende Reaktion der virtuellen Umgebung ein neues Video erfordert. Eine zu erlangende Kernkompetenz für Anwendende dieser Technik ist somit die *Differenzierung zwischen geeigneten und ungeeigneten Szenarien*. Dies bezieht sich ebenfalls auf die Auswahl der Inhalte, bei denen sich der Lernerfolg je nach Anwendungsbereich und Task deutlich unterscheidet, wenngleich eine allgemein vorhandene enthusiastische Haltung von Nutzenden gegenüber der modernen VR-Technik generell als positiver Lerneinfluss zu werten ist (vgl. Snelson und Hsu 2020, 420).

Sind alle Schritte durchlaufen, stehen am Ende individuelle und mit geringem Aufwand erzeugte Lerneinheiten zur Verfügung, die – als VR-basierte ***D**igital **R**eusable **L**earning **O**bjects* (DRLO) eingesetzt – nicht nur eine Erweiterung realer Trainings darstellen, sondern auch flexibel den Anforderungen entsprechend in Bildungskontexten in der Pflege eingesetzt werden können.

4.2 Gestaltung didaktischer Szenarien nach Gabi Reinmann (TPK)

Um die didaktisch sinnvolle Einbettung der VR-Szenarien in die Pflegebildung sicherstellen zu können, gilt es, nicht nur instrumentell-qualifikatorische Bedienkompetenzen im Rahmen einer Fortbildungsmassnahme zu schulen, sondern auch mediendidaktisches Bewusstsein bei den Teilnehmenden zu schaffen. Mit Blick auf Petkos und Schmids Vorschlag zur Erweiterung des technischen Wissens («Technological Knowledge») um medienbezogene Inhalte findet sich dieser mediendidaktische Aspekt in der Schnittstelle des «Technological Pedagogical Knowledge» (TPK) des TPACK-Modells wieder.

Zur Schaffung des Bewusstseins über Fragen der Mediendidaktik, also des Lehrens und Lernens mit Medien, lässt sich auf die *Handlungslogik zur Gestaltung didaktischer Szenarien* nach Gabi Reinmann zurückgreifen. Die Autorin schlägt hierfür einen Dreischritt, bestehend aus der *Bestimmung* von Lehrzielen, der *Entwicklung* von Zielen zu Inhalten und der darin mündenden *Gestaltung* der didaktischen Szenarien vor (vgl. Reinmann 2013, 8ff.). Die didaktischen Szenarien selbst werden durch die Beantwortung der Fragen «wie man eine Sache *vermittelt* (materiale Seite), […] wie man Lernende *aktiviert*, sich mit […] [einer] Sache auseinanderzusetzen, (prozessuale Seite) und drittens […], wie man Lernende […] begleitet bzw. betreut (soziale Seite)» (ebd., 10) geschaffen. Vermittelt durch die Handlungslogik zur Gestaltung didaktischer Szenarien nach Gabi Reinmann in der Fortbildungsmassnahme wurden die Elemente der Vermittlung, Aktivierung und Betreuung (Abb. 3) in der Gestaltung der digital unterstützten Lernaufgaben sowie ihrer Anwendung in der Pflegebildung durch das Bildungspersonal bedacht.

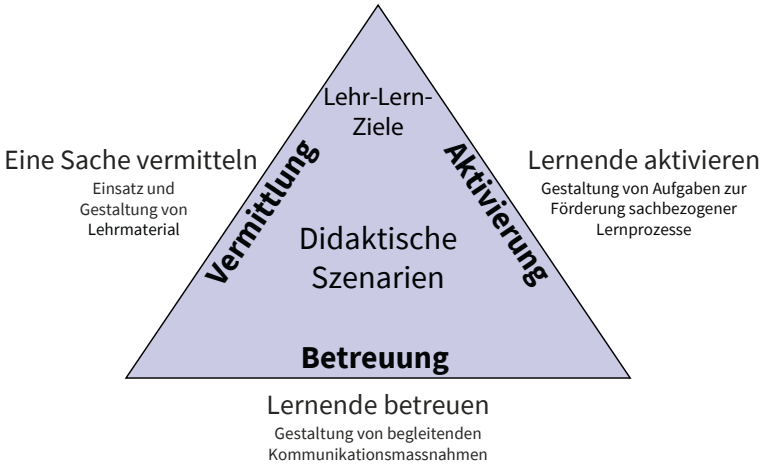


Abb. 4: Grundfigur für das Didaktische Design (Reinmann 2013, 10).

Dies zeigte sich unter anderem im Einsatz unterschiedlicher digitaler Medien zur Vermittlung von Fachinhalten, zur Nutzung sozialer Tools wie Chats und Foren zur Betreuung von Lernenden sowie deren Aktivierung durch E-Portfolios und Testmodule. Auch in der Pflegebildung eingesetzte VR-Trainingsbausteine sind als Teil dieser didaktischen Szenarien zu verstehen. So empfiehlt Reinmann u. a. Simulationen, um Inhalte zu vermitteln und Lernende zu aktivieren (vgl. Reinmann 2015, 57–58). Durch die Heranführung der Teilnehmenden der Fortbildungsmassnahme an die Handlungslogik zur Gestaltung didaktischer Szenarien nach Reinmann und die damit verbundene Einbettung der VR-Trainingsbausteine in die didaktischen Szenarien wird auf diese Weise eine mediendidaktische Einbindung der VR-Technologie sichergestellt.

4.3 Lernaufgabenkonzept nach Klaus Müller als pflegepädagogischer Rahmen (PCK)

Zur pflegepädagogischen Fundierung bei der Erstellung und Nutzung von VR-Szenarien in der Pflegebildung bietet sich das Lernaufgabenkonzept nach Klaus Müller (2013) an. Dies zeigt einen didaktischen Rahmen zur Vermittlung pflegepädagogischer Inhalte auf und stellt so die Schnittmenge der Bereiche des «Pedagogical Knowledge» mit dem «Context Knowledge» im Sinne des TPACK-Modells dar. Das Konzept nach Klaus Müller zeichnet sich durch eine fachdidaktisch begründete und evaluierte, mit den Rahmenlehrplänen übereinstimmende Grundlage für die Entwicklung von Lernaufgaben für die Pflegeausbildung aus (vgl. Pfeifer u. a. 2021, 6). Die Lernaufgaben ermöglichen «das Aufgreifen von Wissen, das im schulischen Kontext erworben wurde und die Übertragung auf eine individuelle Pflegesituation, die die Auszubildenden im beruflichen Kontext erleben» (ebd.). Dadurch wird schulisches Theoriewissen «mit (praktischem) Erfahrungswissen verknüpft, um die reflexive

Handlungsfähigkeit» (ebd.) und die Kompetenzentwicklung der Auszubildenden zu fördern. Die Umsetzung des Lernaufgabenkonzeptes nach Klaus Müller gliedert sich in fünf Phasen, welche flexibel strukturiert und angeordnet werden können. In der ersten Phase der Lernaufgabe, dem «Kommentar», werden die Inhalte der Lernaufgabe mit den Auszubildenden besprochen sowie Vorstellungen über die auszuführende Handlung und deren Gestaltung entwickelt. Phase 2, «Ziele», dient der Vereinbarung von Lernzielen für die Lernaufgabe, Phase 3, «Annäherung», dem Bewusstmachen von Vorerfahrungen der Auszubildenden zur Feststellung einer möglichen Notwendigkeit der Auffrischung von Wissen und Handlungsstrategien. In der vierten Phase der Lernaufgabe, der «Durchführung», wird die Pflegehandlung durchgeführt. In der fünften und letzten Phase, der «Reflexion», wird mithilfe von Reflexionsfragen die Aufgabe nachvollzogen, analysiert und kritisch reflektiert (Müller 2013).

4.4 Interdisziplinäre Schulungsmassnahme (TPACK)

Wie die vorangegangenen Abschnitte zeigen, eignet sich das TPACK-Modell als Grundlage zur Konzeption von Schulungen des Bildungspersonals zum Einsatz von VR-Technologien in der Pflegebildung. Aufgrund seines interdisziplinären Aufbaus durch die Erzeugung von Schnittstellen zwischen Fachwissen (CK), technischem Wissen (TK) und pädagogischem Wissen (PK) werden Technologien im Kontext von fachlichem und didaktisch-pädagogischem Wissen verankert.

Im Projekt ViRDiPA wird das TPACK-Modell zur Gestaltung einer Schulungsmassnahme für Lehrkräfte und Praxisanleitende aus der Pflegebildung herangezogen. Für die konkrete Umsetzung dieser interdisziplinär angedachten Fortbildungsmassnahme wird das Lernaufgabenkonzept nach Klaus Müller (4.3) genutzt und dessen Phasen um digitale Medien ergänzt. So wird im Projekt die gesamte Lernaufgabe in einem Learning Management System abgebildet und auf diese Weise sowohl durch digitale Tools der Lernplattformen selbst – wie etwa Abfragetools oder Portfoliovorlagen –, aber auch durch externe Medien wie zusätzliche Audiodateien und Videoausschnitten angereichert. Besonderer Fokus liegt auf der Einbindung von VR-Technologien in das Lernaufgabenkonzept. VR-Trainingsbausteine dienen dabei als praktische Durchführungsmöglichkeit in Phase 4 («Durchführung») der Umsetzung der Lernaufgaben (siehe Abb. 5).

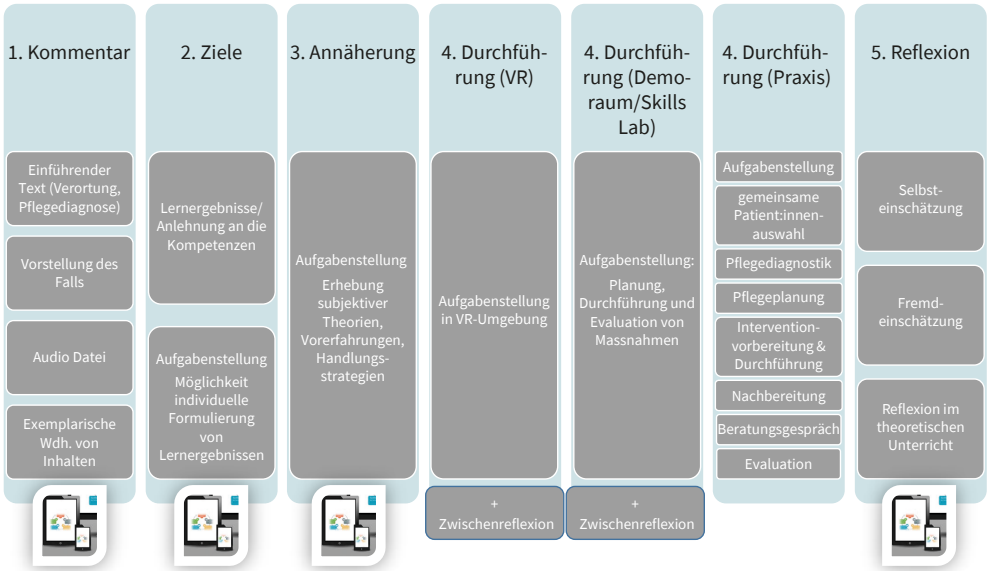


Abb. 5: Modulare Darstellung einer exemplarischen, digital unterstützten Lernaufgabe (eigene Darstellung, entstanden im Projekt ViRDiPA).

Aufgrund der Flexibilität der Umsetzung der einzelnen Phasen des Lernaufgabenkonzepts kann auch die Anreicherung der Lernaufgaben durch digitale Medien, z. B. die VR-Trainingsbausteine, flexibel und den Bedarfen der ausbildenden Institutionen entsprechend angepasst werden. Die in der Lernaufgabe eingebetteten 360°-VR-Trainingsbausteine werden eigenständig durch die Teilnehmenden erstellt, sodass diese praxisrelevant gestaltet und curricular verortet werden können (siehe 4.1). Darüber hinaus werden die eingesetzten digitalen Medien und VR-Szenarien von den Teilnehmenden der Fortbildung selbstständig, der Handlungslogik zur Gestaltung didaktischer Szenarien nach Reinmann (siehe 4.2) folgend, ausgewählt und in der Lernaufgabe verankert. Auf diese Weise wird zum einen das Lernaufgabenkonzept den Anforderungen der durch die Digitalisierung veränderten Kompetenzbedarfe in der Pflegeausbildung entsprechend von einem ursprünglich analog angedachten zu einem digital unterstützten Konzept weiterentwickelt, sodass die Förderung der Medienkompetenz der Auszubildenden beim Einsatz der Lernaufgaben in der Pflegebildung sichergestellt werden kann. Zudem kann die medienpädagogische Kompetenz der Teilnehmenden geschult werden, indem ein pflegepädagogisches Konzept nicht nur um digitale Medien, sondern auch mediendidaktische Überlegungen erweitert wird. Zusätzlich bietet dieses durch VR-Trainingsbausteine erweiterte Lernaufgabenkonzept einen pflegedidaktischen Rahmen für den Einsatz von VR-Technologien in der Pflegeausbildung.

Wie sich zeigt, lassen sich die vorherigen Überlegungen zur Ausgestaltung des TPACK-Modells zur Konzeption einer Fortbildungsmassnahme für das Bildungspersonal in der Pflegebildung mithilfe der Erstellung digital unterstützter Lernaufgaben und der damit einhergehenden Entwicklung eigener VR-Trainingsbausteine durch die Teilnehmenden zusammenbringen. So bildet diese Modifikation des Lernaufgabenkonzepts nach Klaus Müller eine Verbindung von fachlichem, technischem und pädagogischem Wissen, sodass sie im TPACK-Modell an der Kernschnittstelle des «Technological Pedagogical Content Knowledge» (TPACK) angesiedelt werden kann.

5. Fazit

Auch wenn VR-Technologien bereits seit einigen Jahren Einzug in den gesundheitlichen Bildungsbereich genommen haben, fehlt oftmals eine pflege- und mediendidaktische Einbettung der Technologie. Im vom BMBF geförderten Projekt ViRDiPA wird der Versuch unternommen, auf Basis des von Mishra und Koehler (2006) entwickelten, von Schmid und Petko (2020) an den deutschen medienpädagogischen Diskurs angeschlossenen TPACK-Modells eine Fortbildungsmassnahme zum Einsatz von VR-Technologien in der Pflegebildung zu entwickeln, zu erproben und zu evaluieren.

Im Rahmen der im Projekt aktuell laufenden *Blended Learning*-Fortbildungsmassnahme hat bereits die Anwendung der erworbenen Kenntnisse des teilnehmenden Bildungspersonals stattgefunden. In der ersten Transferphase der Fortbildung wurden durch die Teilnehmenden eigens erstellte Lernaufgaben in Verbindung mit einem bereits bestehenden animierten VR-Szenario eingesetzt. Dieses animierte VR-Szenario zum Thema «Infusionsvorbereitung» wurde für die Heranführung der Teilnehmenden an die VR-Technologie bereitgestellt. Mithilfe einer Unterrichtsbeobachtung, Feedbackgesprächen und qualitativen Interviews mit Auszubildenden konnten Eindrücke dieser Erprobungen gesammelt und diese evaluiert werden. Erste Eindrücke aus diesen aktuell in der Auswertung befindlichen formativen Evaluationsdaten zeigen, dass die Bedenken der Teilnehmenden bezüglich der technischen Schwierigkeiten im Umgang mit der VR-Technologie zumeist unbegründet waren oder leicht kompensiert werden konnten. Auch die Heranführung der Teilnehmenden an die Technologie selbst gestaltete sich trotz ausschliesslicher Durchführung der Fortbildung mittels Videokonferenztools erfolgreich. Die Grenzen der VR-Technologie in Bezug auf Haptik und Kommunikation wurden auch durch die Auszubildenden erkannt, jedoch nicht in den Rang eines Ausschlusskriteriums erhoben. Kontrastiv zeigte sich sowohl in der Unterrichtsbeobachtung als auch in der Rückmeldung durch die Auszubildenden und Teilnehmenden der Fortbildung, dass die Nutzung der VR-Technologie als hilfreich und lernanregend empfunden wurde. Auch die Einbindung der digitalen Medien in das Konzept der Lernaufgaben sowie die Umsetzung in unterschiedlichen Learningmanagementsystemen ist den Teilnehmenden überwiegend

gelungen. Insgesamt zeichnete sich bisher ein sehr positives Bild der Nutzung und Einbettung der VR-Technologie in die Pflegeausbildung, sodass sich die interdisziplinäre Konzeption der Fortbildungsmassnahme auf Basis des TPACK-Modells soweit als erfolgreich herausgestellt hat. Eine umfassende Evaluation und damit einhergehende Veröffentlichung der Ergebnisse des Projektes ViRDiPA, sowie die Veröffentlichung der im Kontext der Fortbildungsmassnahme entstandenen VR-basierten ***D**igital **R**eusable **L**earning **O**bjects* (DRLO) wird im weiteren Verlauf des Projekts erfolgen.

Literatur

Bartolles, Maureen, und Anna-Maria Kamin. 2021. «Virtual Reality basierte Digital Reusable Learning Objects in der Pflegeausbildung - Rahmenbedingungen, Anforderungen und Bedarfe aus medienpädagogischer Perspektive». *Working Paper-Reihe der Projekte DiViFaG und ViRDiPA*. https://doi.org/10.4119/UNIBI/2954329.

Bauman, Eric B. 2012. *Game-Based Teaching and Simulation in Nursing and Health Care*. New York: Springer.

Baumgartner, Peter. 2004. «Didaktik und Reusable Learning Objects (RLOs)». In *Campus 2004: kommen die digitalen Medien an den Hochschulen in die Jahre?*, herausgegeben von Doris Carstensen und Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft, 309–25. Medien in der Wissenschaft, Bd. 29. Münster: Waxmann.

Baumgartner, Peter, und Marco Kalz. 2005. «Wiederverwendung von Lernobjekten aus didaktischer Sicht». In *Auf zu neuen Ufern! E-Learning heute und morgen*, herausgegeben von Djamshid Tavangarian, Kristin Nölting, und Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft, 97–106. Medien in der Wissenschaft 34. Münster: Waxmann.

Bracq, Marie-Stéphanie, Estelle Michinov, und Pierre Jannin. 2019. «Virtual Reality Simulation in Nontechnical Skills Training for Healthcare Professionals: A Systematic Review». *Simulation in healthcare: journal of the Society for Simulation in Healthcare* 14 (3): 188–94. https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000347.

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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.

Delere, Malte. 2020. «Konzepte medienpädagogischer Kompetenz von Lehramtsstudierenden in deutschsprachigen und internationalen Studien – ein systematisches Literaturreview». *Medienimpulse*, Juni: 1-57. https://doi.org/10.21243/MI-02-20-16.

Eiris, Ricardo, Masoud Gheisari, und Behzad Esmaeili. 2018. «PARS: Using Augmented 360-Degree Panoramas of Reality for Construction Safety Training». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15 (11): 2452. https://doi.org/10.3390/ijerph15112452.

Grassini, Simone, Karin Laumann, und Martin Rasmussen Skogstad. 2020. «The Use of Virtual Reality Alone Does Not Promote Training Performance (but Sense of Presence Does)». *Frontiers in psychology* 11: 1743. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01743.

Härtel, Michael, Marion Brüggemann, Michael Sander, Andreas Breiter, Falk Howe, und Franziska Kupfer. 2018. *Digitale Medien in der betrieblichen Berufsbildung: Medienaneignung und Mediennutzung in der Alltagspraxis von betrieblichem Ausbildungspersonal*. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0035-0750-8.

Kavanagh, Sam, Andrew Luxton-Reilly, Burkhard Wuensche, und Beryl Plimmer. 2017. «A systematic review of Virtual Reality in education». *Themes in Science and Technology Education* 10 (2): 85–119. http://earthlab.uoi.gr/theste/index.php/theste/article/view/241.

Koehler, Matthew J. 2011. «Using the TPACK Image». *TPACK ORG* (blog). 11. Mai 2011. http://tpack.org/.

Koehler, Matthew J., Punya Mishra, und William Cain. 2013. «What Is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?» *Journal of Education* 193 (3): 13–19. https://doi.org/10.1177/002205741319300303.

Lerner, Dieter. 2021. «Virtuelle Realitäten in der Pflegebildung?» *Lehren & Lernen im Gesundheitswesen*, Nr. 05: 55–61. https://doi.org/10.52205/llig/06.

Mishra, Punya. 2019. «Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade». *Journal of Digital Learning in Teacher Education* 35 (2): 76–78. https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611.

Mishra, Punya, und Matthew J. Koehler. 2006. «Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge». *Teachers College Record* 108 (6): 1017–54. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.

Müller, Klaus. 2013. «Lernaufgaben». In *Pflegedidaktische Handlungsfelder*, herausgegeben von Roswitha Ertl-Schmuck und Ulrike Greb. Pflegepädagogik. Weinheim and Basel: Beltz Juventa.

Niess, Margaret L. 2017. *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Framework for K-12 Teacher Preparation: Emerging Research and Opportunities*. Advances in Educational Technologies and Instructional Design. IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-1621-7.

Pfeifer, Lydia, Annette Nauerth, Patrizia Raschper, Christiane Freese, und Sophia Bräkling. 2021. «Virtual Reality basierte Digital Reusable Learning Objects in der Pflegeausbildung - Rahmenbedingungen, Anforderungen und Bedarfe aus pflegepädagogischer Sicht». Application/pdf, 718210 bytes. https://doi.org/10.4119/UNIBI/2954330.

Reinmann, Gabi. 2013. *Didaktisches Handeln. Die Beziehung zwischen Lerntheorien und Didaktischem Design*. Frankfurt. https://l3t.tugraz.at/index.php/LehrbuchEbner10/article/view/93/.

Reinmann, Gabi. 2015. «DIDAKTISCHES DESIGN». Universität Hamburg. https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2013/05/Studientext_DD_Sept2015.pdf.

Schmid, Mirjam, und Dominik Petko. 2020. «‹Technological Pedagogical Content Knowledge› als Leitmodell medienpädagogischer Kompetenz». 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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 121–40. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.28.X.

Schröder, Dimitri. 2017. «Virtual Reality Simulation in der Pflegeausbildung: Empirische Untersuchung des Lerneffektes». Bachelorarbeit, Bielefeld: Fachhochschule Bielefeld.

Snelson, Chareen, und Yu-Chang Hsu. 2020. «Educational 360-Degree Videos in Virtual Reality: A Scoping Review of the Emerging Research». *TechTrends* 64 (3): 404–12. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00474-3.

Thompson, Ann D., und Punya Mishra. 2007. «Breaking News: TPCK Becomes TPACK!» *Journal of Computing in Teacher Education* 24 (2): 38–64. https://doi.org/10.1080/10402454.2007.10784583.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Potenziale und Herausforderungen für die Unterstützung des Lernprozesses mit Augmented Reality

Die Gestaltung einer AR-Lernumgebung für den Rüstprozess einer Biegemaschine in der Metallindustrie

Mareike Menzel[1], Kim Wepner[1] und Sven Schulte[1]

[1] Technische Universität Dortmund

Zusammenfassung
Die Berufspädagogik ist als Disziplin gerade im Kontext der Einbindung neuer Technologien in der Arbeitswelt gefordert, Konzepte und Gestaltungsmöglichkeiten zu entwickeln und zu erproben, die das Lernen und die Kompetenzförderlichkeit durch den Einsatz digitaler Medien im Arbeitsprozess zum Gegenstand haben. Das Projekt «Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess (LAARA)» setzt sich hierzu mit der Frage auseinander, wie aus didaktisch-methodischer Perspektive die Augmented-Reality-Technologie in der Metallindustrie verwendet werden kann, um die Ausbildung und Qualifizierung von Fachkräften zu unterstützen. Im Fokus steht dabei ein spezieller Biegeprozess für Metallrohre, für den in unterschiedlichen Varianten kontextsensitive Hilfen und Informationsangebote direkt im Arbeitsprozess eingesetzt und evaluiert werden. Der Beitrag stellt das Anwendungskonzept der AR-Technologie vor und skizziert das zugrundeliegende Lernverständnis. Um entsprechende Gestaltungskriterien zu analysieren, werden dabei unterschiedliche Szenarien umgesetzt, die sowohl die Technologie, die Ausgangs-Expertise der Teilnehmenden und die vorhandene Medienaffinität als Unterscheidungsmerkmale für das arbeitsprozessorientierte und mediengestützte Lernen in den Blick nehmen.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Menzel, Mareike, Kim Wepner, und Sven Schulte. 2022. «Potenziale und Herausforderungen für die Unterstützung des Lernprozesses mit Augmented Reality. Die Gestaltung einer AR-Lernumgebung für den Rüstprozess einer Biegemaschine in der Metallindustrie». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 157–171. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.08.X.

Opportunities and Challenges for Supporting the Learning Process via Augmented Reality. Shaping an AR Learning Environment Using the Example of a Bending Process within the Metal Industry

Abstract
Particularly in the context of the implementation of new technologies in the world of work, vocational pedagogy as a discipline is challenged to develop and evaluate concepts and approaches that are coping with learning and addressing the enhancement of competence development in the work process by digital media. The «LAARA»-project tackles the question of how augmented reality technology can be used from a didactic-methodological perspective to support the training and qualification of skilled workers in the metal industry. The focus is set on a special bending process for metal pipes, for which context-sensitive aids and information offers are used and evaluated in different scenarios directly in the work process. The article outlines the application concept of AR technology and the learning approach. In order to analyze the corresponding shaping criteria, different settings are implemented that take into account the technology, the initial expertise of the participants and the existing media affinity as distinctive features for work process-oriented and media-supported learning.

1. Einleitung – Digitalisierung als Megatrend in der Berufspädagogik

Das Schlagwort Digitalisierung benennt einen der zentralen «Megatrends» der heutigen Zeit. Der digitale Fortschritt bringt dabei einerseits erhebliche technologische Veränderungen auf unterschiedlichen Ebenen mit sich und durchdringt andererseits alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens. Die neuen, digitalen Medien beeinflussen damit nicht nur die Arbeits- und Geschäftsprozesse, sondern auch die Lern- und Bildungsbereiche (vgl. Euler und Severing 2019) bis hin zu unseren Verhaltensweisen im privaten Umfeld und in der zwischenmenschlichen Interaktion.

Dieser Beitrag widmet sich dementsprechend vor allem der Frage, inwieweit Augmented Reality (AR) als Chance wahrgenommen werden kann, um Lernprozesse im Arbeitskontext zu unterstützen (vgl. Hermann und Kress 2019). Bei AR handelt es sich um eine noch vergleichsweise junge Technologie, und daher sind ihre Potenziale und Herausforderungen noch nicht angemessen erforscht worden. Bislang ist AR im Hinblick auf die Potenziale aus einer überwiegend technologischen Betrachtung untersucht worden und hat dabei Fragen zur konkreten Entwicklung und Gestaltung im Rahmen der Organisation eines Arbeitsprozesses beantwortet (vgl. Radianti et al. 2020).

Ergänzend dazu stehen nun in der berufspädagogischen Forschung vermehrt die lernpsychologischen und mediendidaktischen Aspekte im Mittelpunkt. Hier besteht noch Forschungsbedarf (vgl. Zender et al. 2018) – ganz abgesehen davon, dass die Nutzung von AR ohne den Bezug zu einem realen, spezifischen Arbeitsprozess für berufliche Lernprozesse kaum zielführend ist. Deswegen stehen – aufgrund des sich immer weiter ausbreitenden Realisierungsgrades in den Betrieben – Arbeits- und Lernprozesse im semi-virtuellen Raum sowie die Mensch-Maschine-Schnittstelle unter dem Aspekt der «nutzerfreundlichen» Gestaltung (nicht nur aus technischer Perspektive, sondern auch mit humanen und lernförderlichen Gesichtspunkten) weiterhin im Fokus. Dadurch ergibt sich der Ausgangspunkt des vorliegenden Beitrags im Rahmen des Forschungsprojekts «Lernen, Informieren und kompetent Agieren mit Augmented Reality im Arbeitsprozess (LAARA)». Genauer gesagt lautet die zentrale Ausgangsfrage: «Welche Gestaltungskriterien sind notwendig, um AR in einer Lernumgebung zielgerichtet einsetzen zu können?»

2. Potenziale und Herausforderungen für das Lernen in einer AR-Umgebung

Bevor die Potenziale beim Lernen mit AR aufgezeigt werden, wird zunächst grundlegend eingeführt, was die AR-Technologie ausmacht und was sie beinhaltet. Hierzu existieren unterschiedliche, teils auch widersprüchliche Definitionen, die von der jeweiligen Disziplin geprägte Akzente setzen. Allgemein kann AR grundlegend folgendermassen definiert werden:

> «Augmentierte Realität (AR) ist eine (unmittelbare und interaktive) um virtuelle Inhalte (für beliebige Sinne) angereicherte Wahrnehmung der realen Umgebung in Echtzeit, welche sich in ihrer Ausprägung und Anmutung soweit wie möglich an der Realität orientiert, sodass im Extremfall (so dies gewünscht ist) eine Unterscheidung zwischen realen und virtuellen (Sinnes-)Eindrücken nicht mehr möglich ist.» (Dörner et al. 2019)

Bei AR handelt es sich demnach um eine Kombination aus Realität und Virtualität, die reale Umgebung wird entweder mit virtuellen (in 3D dargestellten) Inhalten oder eingeblendeten Texten, Bildern, Pfeilen etc. überlagert, mit denen in Echtzeit interagiert werden kann. Bei der virtuellen Realität (VR) dagegen können Nutzende komplett in die virtuelle Realität eintauchen und diese ist nicht mehr von der realen Umgebung zu unterscheiden (vgl. Dörner et al. 2019). Die Immersion, das vollständige Eintauchen in die virtuelle Welt, ist das Hauptmerkmal von VR. Weitere Unterscheidungsmerkmale zur AR sind die vollständig virtuelle Darstellung der Welt bzw. Umgebung, Unterschiede im sensorischen Feedback und die Art der Interaktion zwischen virtuellen Elementen und Anwendenden (vgl. Thomas et al. 2018).

Aufgrund der Veränderungen, die sich durch die zunehmende Digitalisierung in der Arbeitswelt ergeben, muss sich auch die Berufspädagogik die Frage stellen, wie sie digitale Medien zur Unterstützung beim Lernen und Arbeiten einsetzt. Bisher gibt es erste Studien und Forschungsprojekte. Zu nennen ist hier z. B. «MARLA – Masters of Malfunction». Darin wird eine Virtual-Reality (VR)-Lernanwendung für den Sektor Windenergie gestaltet, mit der Lernende und Fachkräfte ihre Kompetenz zur Fehlerdiagnostik (weiter)entwickeln (vgl. BMBF 2021). Ebenfalls zu erwähnen ist «LeARn4Assembly», ein Vorhaben zur didaktischen und lernförderlichen Gestaltung VR-/AR-basierter Lern- und Assistenzsysteme für komplexe (De-)Montagetätigkeiten in der Produktion (vgl. BMBF 2021). Beide haben AR und VR im Arbeitsprozess aus lernpsychologischer und mediendidaktischer Perspektive beleuchtet, wobei gleichzeitig noch ein Forschungsbedarf mit vielen ungeklärten Aspekten und Effekten zu konstatieren ist. Eine Erklärung dafür ist die Komplexität, AR in Lern- und Arbeitsumgebungen wie Betrieben und Unternehmen zu realisieren und umzusetzen.

> «Vor allem die Erstellung und Pflege von Inhalten, besonders authentischer 3D-Daten, ist häufig zeit-, kosten- und arbeitsintensiv und kann somit als Hemmnis einer erfolgreichen, weitverbreiteten Integration von Augmented Reality im Bildungsalltag identifiziert werden.» (Fehling 2017a, 131)

Die vorhandenen Studienergebnisse haben dazu bereits einige Vorteile bzw. Potenziale und Hemmnisse des Einsatzes von AR als Lernmedium untersucht und wie folgt benannt:

- Unter anderem hat sich gezeigt, dass AR komplexe Prozesse an Maschinen erfahrbar machen kann, da diese oft aufgrund der digitalen Veränderungen für Lernzwecke nicht auseinandergebaut und in ihrer Funktionsweise betrachtet werden können. Durch die digitale Aufbereitung können die Lerninhalte (auch von Prozessen innerhalb von Maschinen) zudem intensiver erlebt und anschaulich gemacht werden (vgl. Fehling 2017b; Zender et al. 2018).
- Darüber hinaus gewährt AR den Auszubildenden mehr Freiheiten, sich selbstständig mit den Lerninhalten auseinanderzusetzen. Der Lehrende rückt als *Begleiter des Lernprozesses* in den Hintergrund und eröffnet digitale Freiräume, sodass hier eindeutige Potenziale für die Stärkung des selbstorganisierten Lernens erkannt werden.
- Damit geht einher, dass die Lerninhalte so aufbereitet werden können, dass sie einerseits dem individuellen Lernprozess und Kompetenzniveau der Lernenden entsprechen, andererseits den Lehrenden Möglichkeiten bieten, die Lerninhalte optimal zuverändern bzw. anzupassen (vgl. Sachse und Graeb 2019). Wichtig ist hierbei allerdings, dass die digitalen Lehrinhalte einen inhaltlichen Mehrwert gegenüber den konventionellen Lerninhalten bieten: Sie sollten sich also nah am beruflichen Alltag orientieren und direkte Bezüge bzw. eine hohe Transfermöglichkeit anbieten (vgl. Fehling 2017a).

- Durch AR besteht die Möglichkeit, «Blockaden» bzw. einen Stillstand während des Lernfortschrittes zu beheben, indem kontextsensitive und individualisierte Lernhilfen eingeblendet werden. Dies ist ein Vorteil gegenüber dem Lernen in der realen Welt, da es darin keine Displays und Sensorik (im technischen Sinne) gibt, um solche Lernhilfen verwenden zu können (vgl. Zender et al. 2018). Die Technologie unterstützt damit eine (auch bereits oft durch den Lehrenden geförderte) tutorielle Begleitung und Unterstützung des Lernens.
- Das *erfahrbare Lernen* eröffnet zudem die Möglichkeit, die verschiedenen Lernstiltypen anzusprechen. Für die Typen Accommodator und Assimilator konnte dies bereits bestätigt werden (vgl. Zender et al. 2018; Lee, Wong, und Fung 2010). Bei diesen beiden Typen handelt es sich um Lernstiltypen nach Kolb (1985). Für den Accommodator, auch Praktiker genannt, steht das aktive Experimentieren und das konkrete Erfahren im Vordergrund. Der Assimilator (Denker) dagegen bevorzugt das reflektierte Beobachten und die abstraktere Begriffsbildung (vgl. Kolb 1985). Aus didaktisch-methodischer Perspektive wird damit eine Binnendifferenzierung des Lernens und eine gezielte Anknüpfung an individuelle Voraussetzungen und Lernverhaltensweisen möglich.

3. Das Forschungsprojekt LAARA – Ziele, Forschungsfragen und Vorgehen

Durch den zunehmenden Einsatz von AR im Arbeitsprozess entwickelt sich in der beruflichen Bildung ein erhöhter und erweiterter Forschungsbedarf zu der Herausforderung, wie das berufliche Lernen – direkt im Arbeitsprozess – mithilfe digitaler Medien gefördert werden kann. Es bedarf zielgerichteter Forschung dazu, wie die Umsetzung von AR in Unternehmen, beruflichen Schulen und überbetrieblichen Bildungsträgern nachhaltig, aber auch an das jeweilige Ziel individuell angepasst und mit entsprechend geeigneten methodisch-didaktischen Konzepten stattfinden kann. Im Maschinen- und Anlagebau wird oft mit komplex aufgebauten Arbeitsgeräten gearbeitet und nur einzelne Fachkräfte kennen deren Aufbau, da Schulungen in diesem Bereich oft mit hohen Kosten verbunden sind. Der Einsatz von AR könnte hier zu einem *Lernen an komplexen Maschinen* auch für unerfahrene Fachkräfte führen (vgl. Thomas et al. 2018).

An diesem Bedarf setzt das Vorhaben LAARA direkt an, ein Verbundprojekt zwischen der Technischen Universität Dortmund (Professur für Internationale Bildungskooperation, Berufs- und Betriebspädagogik) und der Universität Siegen (Lehrstuhl für Umformtechnik sowie Lehrstuhl für Didaktik der Technik an Berufskollegs). Über einen Zeitraum vom 01.10.2020 bis 30.09.2023 wird es vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Förderlinie «Förderung von Forschung zur Gestaltung von Bildungsprozessen unter den Bedingungen des digitalen Wandels» gefördert.

LAARA greift den genannten Forschungsbedarf auf und untersucht die zentrale Frage, welche konkreten methodischen, didaktischen und technologischen Gestaltungskriterien Einfluss nehmen auf das Lernen, Informieren und Agieren (im Sinne einer Kompetenzentwicklung) im Arbeitsprozess – durch die Einbindung bzw. Nutzung eines semi-virtuellen Raumes als AR-Technologie. Im Mittelpunkt des Projekts steht ein betriebsrelevanter Arbeitsprozess, genauer gesagt das Rüsten einer Maschine zur Durchführung eines Biegeprozesses. Dieser Arbeitsprozess wird durch Augmented Reality erweitert und unter Einbezug einer AR-Brille durchgeführt. Um die verschiedenen Aspekte des Agierens, Lernens und Informierens im Prozess mit AR-Technologie durchführen zu können, wird der genannte Arbeitsprozess als Prototyp anhand eines sogenannten «Demonstrators» durchgeführt. Dieser ist transportabel, so ist zudem eine gewisse Flexibilität für die Gestaltung der Aufgabe bzw. des Arbeitsprozesses möglich, um den Versuch mit den unterschiedlichen Proband:innen zielführend zu leiten.

Der Schwerpunkt der Forschungsziele liegt auf berufspädagogischen sowie sozial- und lernpsychologischen Aspekten. Da diese nicht unabhängig von der Ergonomie des Arbeitssystems betrachtet werden können, werden auch technische und organisatorische Kriterien in Dependenz zum Handeln im Arbeitsprozess in die Untersuchungen mit einbezogen. Folgende Fragen sind daher forschungsleitend:

- Welche Eigenschaften (Dispositionen/Einstellungen) sind förderlich bzw. hemmend für das Agieren, Informieren und Lernen in semi-virtuellen Arbeitsräumen?
- Wie beeinflussen die Eigenschaften das Nutzungsverhalten der Fachkräfte hinsichtlich der angebotenen digitalen Unterstützungs- und Lernangebote?
- Welche Gestaltungskriterien sind bei einem lern- und arbeitsförderlichen semi-virtuellen Lernraum im Arbeitsprozess zu berücksichtigen?
- Welche Eigenschaften von Applikationen (Software) und digital devices (Hardware) sind für einen effektiven Einsatz förderlich?
- Wie müssen die Mensch-Maschine-Schnittstellen gestaltet sein, damit die Applikationen und digital devices von den Fachkräften akzeptiert werden?

3.1 Digitale Medien als Unterstützung für den Ansatz eines problemorientieren Lernens

Eine zentrale Forschungsfrage im Vorhaben betrifft die Lernförderlichkeit der eingesetzten Medien, also vorrangig der AR-Technologie, im beruflichen Kontext, genauer gesagt direkt im Arbeitsprozess. Dazu gibt es unterschiedliche Ansätze, die Lernen erklären und begründen können. Innerhalb von LAARA bilden Anwendungsbezug und Umsetzung von arbeitsprozessorientierten Aufgaben (mithilfe des Demonstrators, siehe Kapitel 3.2) den zentralen Ansatz. Ebenso bieten die digitalen Medien durch ihren Informationsgehalt und die verwendete Software die Möglichkeit, innerhalb

der Durchführung/Anwendung auf zusätzliche Informationen und Hilfestellungen zurückzugreifen (Dokumente, Bilder, Info-Grafiken, Videos), sodass der problemlösungsorientierte Lernansatz sehr gut den theoretischen Kontext des Lernens im Vorhaben LAARA widerspiegelt.

Problemorientiertes Lernen ist dabei ein Lehr- und Lernansatz, welcher sich in den konstruktivistischen Lerntheorien verorten lässt. Der lernenden Person wird abverlangt, ein Problem zu bewältigen. Der Ansatz des problemorientierten Lernens versucht dabei, keine festgelegten Lehrinhalte zu vermitteln; stattdessen steht die Problemlösekompetenz im Vordergrund. Durch welche Lernwege die Problemlösung konkret erreicht wird, kann sich je nach den lernenden Personen und v. a. je nach Situation und Aufgabe stark unterscheiden (vgl. Becker et al. 2010, 366). Der Lernansatz stellt sich als polarer Gegensatz zu einem an festen Strukturen orientierten Lernen dar. Während beim strukturorientierten Lernen eine Struktur der Lerninhalte bspw. anhand der Fachstruktur einer Disziplin vorhanden ist, liegt der Schwerpunkt beim problemorientierten Lernen nicht auf der Vermittlung spezifischer Lerninhalte, sondern auf der Lösung eines komplexen, fächerübergreifenden Problems. Aus diesem Grund eignet sich letzteres insbesondere für exemplarisches, entdeckendes und vertiefendes Lernen (vgl. Fischer 2021, 18).

Eine wesentliche Rolle für das Verständnis des problemorientierten Lernens spielt die Bestimmung des Problem-Begriffs. Laut Dörner (1987) handelt es sich um ein Problem, wenn ein Individuum

> «sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zielzustand zu überführen.» (Dörner 1987 in Fischer 2021, 17)

Hieraus ergibt sich, dass ein Problem durch drei Faktoren gekennzeichnet wird: 1. Ein unerwünschter Ausgangszustand, 2. Ein erwünschter Zielzustand und 3. Eine Barriere, welche die Transformation vom Ausgangs- in den Zielzustand verhindert.

Eine weit verbreitete Vorgehensweise, um problemorientiertes Lernen methodisch aufzugreifen, sind die sieben (Teil)stufen der Problembearbeitung, welche im Folgenden skizziert werden (vgl. Becker et al. 2010, 367ff.):

- *Stufe 1 Klärung:* In der ersten Stufe wird den Lernenden das Problem vorgestellt. Hierbei handelt es sich in der Regel um ein realitätsbezogenes Fallbeispiel aus der Praxis, welches auf einem echten Ursprung beruht oder auch an ein fiktives Beispiel angelehnt sein kann. Es wird massgeblich, auf dieser Stufe ausreichend Zeit einzuräumen, damit sich die Lernenden mit dem Problem befassen können.
- *Stufe 2 Problemdefinition:* Im Rahmen der zweiten Stufe sollen die Lernenden nun Problemaspekte aus ihrem Fallbeispiel zusammentragen und hierdurch das Kernproblem selbst konkreter definieren. Da in der Regel keine festen Fragestellungen

vorgegeben werden, kann dies durchaus dazu führen, dass für die Situation durch die Lernenden auch alternierende Schwerpunkte in der Problemdefinition identifiziert und später bearbeitet werden. Das Ziel bleibt davon unberührt. Gerade in der Mathematik gibt es genügend Beispiele, dass unterschiedliche Lösungswege zum gleichen Ergebnis führen.

- *Stufe 3 Ideensammlung:* In der dritten Stufe sollen die Lernenden die Vorkenntnisse, Vermutungen und Ideen sammeln und (falls es sich um eine Teamaufgabe handelt) für alle sichtbar zusammentragen. Hierbei sind auch abwegige Lösungsideen zunächst nicht ausgeschlossen. Ziel dieser Stufe ist es, unterschiedliche Ideen zur Handhabung des identifizierten Problems zu sammeln und zu generieren.
- *Stufe 4 Strukturierung:* Nachdem die Ideen zur Handhabung des Problems in Stufe 3 noch unstrukturiert zusammengetragen wurden, sollen sie in Stufe 4 nach selbstgewählten und definierten Kriterien strukturiert und gewichtet werden. Es findet ein Entscheidungsprozess darüber statt, inwiefern die zuvor bestimmten Aspekte allesamt oder nur teilweise relevant sind, um das Problem zu lösen.
- *Stufe 5 Lernzielformulierung:* Nun sollen die Lernenden (in ihrer Gruppe) festhalten, welche Sachverhalte für die Lösung des Problems aus ihrer Sicht unabdingbar relevant sind. Durch die Formulierung von Lernzielen (oder Zielen des Arbeitsprozesses, der Problemlösung etc.) wird festgelegt, wie und durch wen systematisch die Erweiterung des Vorwissens vorgenommen werden soll. Hierbei wird erfasst, welche Aspekte zur Lösung des Falls bekannt sind oder ob es notwendig ist, dass Wissensdefizite abgedeckt werden, um die Aufgabe abschliessend bearbeiten zu können.
- *Stufe 6 Informationsbeschaffung/Erarbeitung von Lerninhalten:* In dieser Phase werden nun die notwendigen Informationen beschafft, um die zuvor formulierten Lernziele angemessen bearbeiten zu können. Die Beschaffung von Materialien kann durch die Bereitstellung seitens einer Lehrperson oder eine selbstständige Nutzung und Recherche mithilfe anderer Ressourcen stattfinden. In dieser Phase findet auch eine strukturierte und selektive Aufarbeitung der erarbeiteten Inhalte zur Visualisierung in der Schlussphase statt.
- *Stufe 7 Präsentation und Diskussion:* In der letzten Stufe werden die erarbeiteten Falllösungen präsentiert, verglichen und diskutiert. Hierbei steht nicht die Lösung, sondern der Prozess der Problembearbeitung, auch mit dem Ziel der Reflexion und des Transfers, im Vordergrund. Die Vorgehensweisen und Argumentationen sollen reflektiert werden, um damit den Lernprozess auch gezielt nachhaltig mit Blick auf die Erweiterung der Problemlösefähigkeiten zu gestalten.

Im Rahmen der Versuchsdurchführung und Erprobung wird deutlich werden, dass Lernen aus Sicht der Teilnehmenden sich nicht nur auf ein Modell und einen Theorieansatz beschränken wird. Das *erfahrungsbasierte Lernen*, die Ideen des *handlungsorientierten, ganzheitlichen Lernansatzes* oder auch das *Lernen aus Fehlern* sind weitere naheliegende Perspektiven, um Lernen zu beschreiben. Die Herausforderung wird darin liegen, Lernfortschritte im Sinne einer Kompetenzentwicklung zu identifizieren und möglichst eindeutige Einflussfaktoren aus didaktisch-methodischer Sicht empirisch zu finden bzw. zu bestätigen.

3.2 Vorgehen im Projekt und zentrale Forschungsparameter

Um die genannten Fragestellungen untersuchen zu können, wurde ein Forschungskonzept entwickelt, welches die Analyse der folgenden Parameter und Einflussfaktoren berücksichtigt:

- Kompetenzentwicklung (Informieren, Lernen, kompetent Agieren)
- Individuelle Voraussetzungen der Zielgruppen (Anwendende/Proband:innen)
- Biegemaschine/Demonstrator
- Devices und Software
- Darstellung

Die Analyse der Parameter erfolgt in einem mehrstufigen Forschungsprozess, in dem zunächst anhand eines Prototyps (Demonstrator) der Einsatz und die technologische Konzeption einerseits, die Durchführung des Arbeitsprozesses (zunächst in Form einer Lern- und Arbeitsaufgabe) mit der AR-Brille andererseits erprobt werden. Aufbauend auf diesem Prototyp werden im Rahmen der Versuchsdurchführung die Datenerhebungen in Bezug auf die Forschungsfragen vorgenommen. Dabei werden unterschiedliche Erhebungsmethoden kombiniert, sodass ein quantitativ ausgerichteter Fragebogen eingesetzt wird und dazu ergänzend qualitativ orientierte Leitfadeninterviews durchgeführt werden. Die Items und Fragen thematisieren die Aspekte der Usability (also der Nutzungs- und Anwenderfreundlichkeit der digitalen Medien/Software), die (selbsteingeschätzte) Medienkompetenz, die fachlichen Vorkenntnisse zum Rüstprozess, den individuell erlebten Lerneffekt in den verschiedenen Szenarien bzw. durch die unterschiedlichen Anwendungen sowie die Vor- und Nachteile der Interaktion im Lern- und Arbeitsprozess. Die Auswertungen hierzu werden im zweiten Projektjahr erfolgen und zeitnah im Jahr 2022 veröffentlicht.

Um die Daten auf die Forschungsfragen und die zu analysierenden Parameter zu beziehen bzw. den Fokus zu verdeutlichen, wird im Vorhaben LAARA die nachfolgende Konkretisierung und Eingrenzung vorgenommen:

3.2.1 Kompetenzentwicklung (Informieren, Lernen, kompetent Agieren)

Das Forschungsfeld *Informieren* bezieht sich zunächst auf die Frage, wie digitale Technik und Software optimal gestaltet werden können, um im Arbeitsprozess (auch für ungelernte Fachkräfte) an entsprechende Informationen zu kommen, um so effektiv und effizient an der Maschine handeln zu können (Agieren), ohne dabei in grösserem Umfang auf Unterstützung durch Kolleg:innen angewiesen zu sein. Das Forschungsfeld *Lernen* bezieht sich auch auf die Frage der optimalen Gestaltung von Technik und Software. Der Schwerpunkt liegt hierbei aber auf dem Lernprozess des Individuums (welche individuellen Bedingungen sind nötig, um lernen zu können) und geht damit über das rein motorisch-manuelle Aneignen von routinierten Tätigkeiten hinaus. Im Bereich Lernen spielt neben der Technikgestaltung das didaktische Setting eine zentrale Rolle – das Lernen führt im Erfolgsfall zum Ziel des *kompetenten Agierens*, also zum erfolgreichen und selbst geplanten Bewältigen eines auch komplexeren und nicht zuvor eingeübten Rüstprozesses an der Biegemaschine.

3.2.2 Individuelle Voraussetzungen der Zielgruppen (Anwendende/Proband:innen)

Im Fokus des Projekts stehen die folgenden Anwendenden- und Proband:innengruppen, an welche sich das Projekt richtet:

Anwendende	**Proband:innen**
– Angehende Fachkräfte der Metallindustrie (Auszubildende) – Fachkräfte der Metallindustrie – Lehrkräfte für das technische Berufskolleg	– Auszubildende (Metalltechnik/-industrie) – Studierende Maschinenbau – Studierende im Lehramt für Berufskolleg – Fachkräfte der Metallindustrie

Tab. 1: Gruppen von Anwendenden und Proband:innen des Projekts LAARA.

Aus der Anwendendengruppe wurde die Proband:innengruppe abgeleitet. In der Gruppe der Proband:innen wird jedoch neben den Fachkräften der Fokus zusätzlich auf Studierende und Auszubildende gelegt. Aufgrund der grossen Bandbreite der technischen Einsatzbereiche in der Metallindustrie sind unterschiedliche Kompetenzniveaus und Kontexte der Aus- und Weiterbildung sowie des Studiums in den Blick zu nehmen, sodass sich die Anwendungsmöglichkeiten sehr vielfältig in Bezug auf die Zielgruppen erproben lassen.

Mit den Anwendenden- und Proband:innengruppen geht auch der Aspekt der differenzierten Ausgestaltung der Aufgabe einher. In Verknüpfung mit dem ersten genannten Parameter («Kompetenzentwicklung») zeigt die Vielfalt der Anwendenden, wie wichtig der Einbezug der individuellen Voraussetzungen und gleichzeitig eine Differenzierung der Aufgabenschwierigkeit nach vorhandenen Vorerfahrungen und Kompetenzen ist, *um eine möglichst lernhaltige Umgebung und Aufgabengestaltung* für den Rüstprozess an der Biegemaschine *vorzunehmen*.

3.2.3 Biegemaschine/Demonstrator

Auf der technischen Seite steht zunächst die Entwicklung eines «Demonstrators» im Vordergrund. Dadurch ist es möglich, einen Rüstprozess an der Biegemaschine realitätsgetreu zu simulieren. Der Demonstrator beinhaltet alle wesentlichen Komponenten eines Rüstprozesses (Abb. 1). Seine transportable Grösse ermöglicht es dem Projektteam, die Versuchsanordnung flexibel an den unterschiedlichen Stand- und Lernorten der Anwendenden zu nutzen. Besonders im Blick steht in dem Projekt die Erprobung, inwieweit sich der Demonstrator auch für Lernprozesse im Rahmen der Lehramtsausbildung für das Berufskolleg eignet.

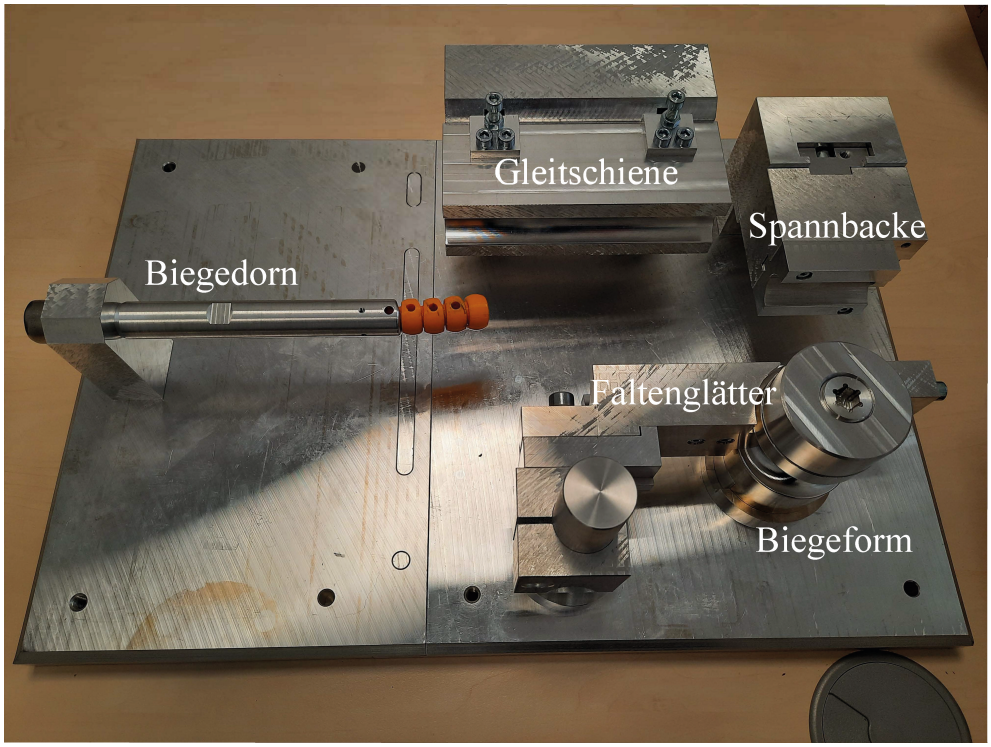


Abb. 1: Der «Demonstrator» als transportables Modell für das Rüsten einer Biegemaschine.

Insgesamt besteht der vorliegende Rüstprozess, wie er im Rahmen von LAARA aufgrund von Arbeitsprozessanalysen ausgewertet wurde, aus elf Arbeitsschritten. Nach der Montage der einzelnen Bauteile folgt im Rüstprozess das Einstellen der Maschine am Panel, um die erforderlichen Parameter des Biegeprozesses einzugeben. Die Einstellungen können aufgrund der Komplexität (in Abhängigkeit von Material, Produkt etc.) in ihrem Umfang in den Versuchsverläufen des Projekts nicht vollkommen abgebildet werden. Daher werden den Proband:innen drei unterschiedliche Grundeinstellungen der Maschinen zur Verfügung stehen, die auch im realen Arbeitsprozess zu berücksichtigen sind.

3.2.4 Device und Software

Für die Durchführung des Rüstprozesses stehen den Proband:innen eine AR Brille (HoloLensII) und ein Tablet zur Verfügung. Auch wenn der Fokus im Vorhaben auf der Nutzung einer AR-Brille liegt, ist im Sinne der Forschungsfrage das Ziel, in einer Vergleichsgruppe auch die (virtuelle) Darstellung mithilfe eines Tablets zu evaluieren und damit die Aussagekraft der Daten und Ergebnisse zu erweitern.

Die HoloLens wird mit «Microsoft Guides» betrieben. Das Programm bietet die Möglichkeit, die benötigten Darstellungsformen (siehe nächster Abschnitt) einzubinden und dabei die Handhabung für Anwendende möglichst einfach zu halten. Analog zum Design von Microsoft Guides wurde eine App für das Tablet programmiert. Diese App blendet die funktionell gleichen Inhalte ein, die auch auf der HoloLens zur Verfügung gestellt werden. Obwohl versucht wird, das Design möglichst ähnlich zu halten, bleiben die technik-typischen Unterschiede: das Tablet hat die typische «Drehfunktion», welche von den Proband:innen ein- und ausgeschaltet werden kann – bei der AR-Brille hingegen haben die Proband:innen die Wahl, die Sichtfenster der AR-Brille festzustellen oder diese «hinterherlaufen» (also dem Blickfeld folgend) zu lassen.

3.2.5 Darstellung

Den Proband:innen werden für die Versuchsdurchführung drei Darstellungsformen ermöglicht, um untersuchen zu können, welche von diesen dreien bevorzugt wird und warum. Auch die individuellen Aspekte der Probanden spielen eine Rolle.

2. *Video (V)*: Von den einzelnen Montageschritten werden Videos aufgenommen und diese dann den Proband:innen auf ihrem Device gezeigt.
3. *Symbol (S)*: Diese Darstellungsform ist mit einer Anleitung (Skizze) vergleichbar, wie sie beispielsweise für den Aufbau von Möbeln zur Verfügung gestellt wird.
4. *3D-Darstellung (3D)*: Die 3D-Darstellung ist die eigentlich besondere Darstellungsform im Kontext von Augmented Reality. Pfeile oder auch Bauteile können in Form einer holografischen Darstellung in das reale Sichtfeld eingefügt werden und verbinden so die Realität mit einer digitalen Darstellung.

Alle Darstellungsformen werden den Proband:innen sowohl für die HoloLens auch für das Tablet (jeweils mit und ohne 3D) zur Verfügung gestellt.

Device	**Darstellung**	
	Symbol	**Video**
Tablet (T) ohne 3D	T(S)	T(V)
Tablet (T) mit 3D	T(DS)	TD(V)
AR-Brille (AR) ohne 3D	AR(S)	AR(V)
AR-Brille (AR) mit 3D	AR(3DS)	AR(3DV)

Tab. 2: Mögliche Kombinationen der Endgeräte in den Testgruppen.

Welche Darstellung den Proband:innen angeboten wird, ist im Versuchsplan festgehalten. Das Projekt beinhaltet drei Versuchsphasen mit jeweils zwei Versuchsdurchläufen. Daraus ergeben sich die folgenden Versuchskombinationen:

Phase 1	**Gruppe 1**	**Gruppe 2**	**Gruppe 3**	**Gruppe 4**
Durchgang 1	TS/ARV	ARS/TV	ARS/ARDS	ARV/ARDV
Durchgang 2	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl
Phase 2	**Gruppe 4**	**Gruppe 5**	**Gruppe 6**	**Gruppe 7**
Durchgang 1	TDS/ARDV	TDV/ARDS	TDS/ARDS	TDV/ARDV
Durchgang 2	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl
Phase 3	**Gruppen 1+**	**Gruppen 4+**	**Gruppen 3+4**	**Gruppen 6+7**
Durchgang 3	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl	Freie Wahl

Tab. 3: Übersicht der Versuchsphasen und -abläufe.

Im ersten Durchgang wird der Fokus auf den Bereich *Agieren* gelegt, hier geht es darum, den Arbeitsprozess korrekt durchzuführen und nur an der Maschine zu agieren. Im zweiten Durchgang liegt der Fokus auf dem *Lernen*. Die Anzahl der Arbeitsschritte und der Anspruch an das Lernen unterscheiden sich in den beiden Durchgängen und werden mit entsprechend gestalteten Lern- und Arbeitsaufgaben umgesetzt. Als Hauptunterscheidungsmerkmal wird im zweiten Durchgang eine Lernsituation vorangestellt und es werden zusätzliche Informationen zur Durchführung der Arbeitsschritte und zur eigentlichen Funktionsweise des jeweiligen Arbeitsschritts (sowie zusätzliche, optional nutzbare kontextbezogene Informationen) angeboten. Diese dienen dazu, den jeweiligen Arbeitsschritt besser zu verstehen und zu *lernen,* warum zum Beispiel ein bestimmter Arbeitsschritt vor einem anderem geschieht. Um das Gelernte zu überprüfen, werden im Interview entsprechende Fragen gestellt, um das Handeln und die Lernerfahrungen zu reflektieren.

4. Ausblick

Um die genannten Forschungsfragen im Rahmen der Versuchsdurchführung zu beantworten und die Lernhaltigkeit zu prüfen, sind v. a. aus didaktisch-methodischer Perspektive noch gezielte Entwicklungsschritte für den Einsatz von AR im Arbeitsprozess sowie im Lernkontext vorzunehmen. Zwei grundlegende Schritte hierfür sind einerseits die *Verwendung von Lern- und Arbeitsaufgaben* sowie die Einbindung von Elementen des *handlungsorientierten Lernens*.

Aus forschungsmethodischer Sicht ist mit dem aktuellen Design und dem Ansatz, in den dargestellten Versuchsgruppen durch systematische Vergleiche die Aspekte des Medieneinsatzes und der Darstellungsform in ihrer Wirkung auf das Lernen und die Kompetenzentwicklung zu analysieren, ein Vorgehen gewählt, welches im

Idealfall gezielte Zusammenhänge zwischen einzelnen Kriterien und dem Lernerfolg andeuten kann.

Inhaltlich wird es nach der ersten Durchführung der Versuchsabläufe Hinweise darauf geben, inwiefern Vorerfahrungen in Bezug auf die Medienkompetenz und unterschiedliches Lernverhalten die Auswahl des digitalen Mediums und der Darstellungsform bzw. auch die Dauer der Nutzung, die Einschätzung des Lerneffekts sowie der Usability beeinflussen. Besonders für die Erprobungsphase in den berufsbildenden Schulen sowie den überbetrieblichen Ausbildungszentren sind hier Einblicke zu erwarten, die Hinweise für den Einsatz von AR im Bildungskontext bieten. Gleichzeitig ist auch für die Qualifizierung von Fachkräften ein neues und bisher im Kontext von AR innovatives Forschungsfeld vorhanden, um auch das Lernen im Arbeitsprozess voranzubringen – ganz im Sinn des lebenslangen beruflichen Lernens, das durch innovative digitale Medien unterstützt, aber nicht ersetzt wird!

Literatur

Becker, Fred, Vanessa Friske, Cornelia Meurer, Yves Ostrowski, Sascha Piezonka, und Ellena Werning. 2010. «Einsatz des Problemorientierten Lernens in der betriebswirtschaftlichen Hochschullehre.» *WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 8, 366–71. https://doi.org/10.15358/0340-1650-2010-8-366.

Bundesministerium für Bildung und Forschung. 2021. *eQualification 2021. Lernen und Beruf digital verbinden – Gamification. Projektband des Förderbereiches ‹Digitale Medien in der beruflichen Bildung›*, herausgegeben von Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/3/31653_equalification_2021.pdf.

Dörner, Dietrich. 1987. *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.

Dörner, Ralf, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Hermann Jung. 2019. *Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1.

Euler, Dieter, und Eckart Severing. 2019. *Berufsbildung für eine digitale Arbeitswelt. Fakten, Gestaltungsfelder, offene Fragen*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. https://doi.org/10.11586/2019003.

Fehling, Christian Dominic. 2017a. «Erweiterte Lernwelten für die berufliche Bildung. Augmented Reality als Perspektive». In *Lernen in Virtuellen Räumen: Perspektiven des Mobilen Lernens*, herausgegeben von Frank Thissen. Berlin: De Gruyter Saur. 125–42. https://doi.org/10.1515/9783110501131-009.

Fehling, Christian Dominic. 2017b. «Neue Lehr- und Lernformen in der Ausbildung 4.0. Social Augmented Reality in der Druckindustrie». *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis: Berufsbildung 4.0*. (2): 30–3. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0035-bwp-17230-7.

Fischer, Renate. 2021. *Problemorientiertes Lernen in Theorie und Praxis*. Stuttgart: Kohlhammer.

Hermann, Ralf, und Hannelore Kress. 2019. «Gestaltungsfelder beruflicher Bildung im digitalen Wandel». In *Berufsbildung International Digitalisierung*, herausgegeben von DLR Projektträger, 45-50. Bonn. https://www.berufsbildung-international.de/files/IBB_Publikation_02-19_Digitalisierung_web.pdf.

Kolb, Dieter. 1985. *Learning Style Inventory*. Boston: McBer and Company.

Lee, Elinda Ai-Lim, Kok Wai Wong, und Chun Che Fung. 2010. «Learning with virtual reality: its effects on students with different learning styles». *Transactions on Edutainment IV*, herausgegeben von Zhigeng Pan, Adrian David Cheok, Wolfgang Müller, Xiaopeng Zhang, und Kevin Wong, 79–90. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14484-4_8.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, Isabell Wohlgenannt. 2020. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Sachse, Uwe, und Frederic Graeb. 2019. «Potentiale von Augmented Reality in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Entwicklung und Prototyping AR App Robotik». In *Berufsbildung International Digitalisierung*, herausgegeben von DLR Projektträger, 32–7. Bonn. https://www.berufsbildung-international.de/files/IBB_Publikation_02-19_Digitalisierung_web.pdf.

Thomas, Oliver, Helmut Niegemann, und Dirk Metzger, Hrsg. 2018. *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3.

Zender, Raphael, Matthias Weise, Markus von der Heyde, und Heinrich Söbke. 2018. «Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? Was funktioniert?». In *Proceedings of DeLFI Workshops 2018 co-located with 16th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2018) Frankfurt*, herausgegeben von Daniel Schiffner. http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Wohnungsabnahmen virtuell trainieren

Entwicklung eines Virtual Reality-Lernszenarios für Immobilienverwaltende

Jonathan Dyrna[1]

[1] Technische Universität Dresden

Zusammenfassung
Immersiven Virtual Reality-Lernumgebungen wird ein hohes mediendidaktisches Potenzial zugesprochen, das in der derzeitigen Bildungspraxis jedoch nicht ansatzweise ausgeschöpft wird. Die Formulierung fundierter Handlungsempfehlungen für Leitungs-, Koordinations- und Lehrpersonen zur nachhaltigen Implementation von Virtual Reality-Lernszenarien in ihren Bildungseinrichtungen und Betrieben wird durch eine unzureichende empirische Ergründung erschwert. Sie betrifft insbesondere Kriterien ihrer didaktischen Konzeption und ihres Einsatzes in der Praxis. Hierfür fehlt es bis dato weitgehend an elaborierten Konzepten. Um dem zu begegnen, wird im vorliegenden Beitrag die Entwicklung eines Lernszenarios beschrieben und reflektiert, das eine immersive virtuelle Trainingswelt nutzt, um Immobilienverwaltende aus- bzw. weiterzubilden. Den Kern seines didaktisch flexiblen Konzepts bildet ein Rollenspiel, das einen situierten, konstruktivistischen und sozialen Lernprozess anregen und dadurch die beruflichen Handlungskompetenzen der Lernenden nachhaltig aufbauen bzw. stärken soll. Seine Entwicklung erfolgt in einem iterativen Gestaltungsprozess, der von einer mehrstufigen Mixed-Methods-Evaluation begleitet wird. Das Lernszenario kann in verschiedenen Formen u. a. in Berufsschulen, Berufsförderungswerken und Betrieben eingesetzt werden. Bisherige Pilotversuche zeigen vielversprechende Ergebnisse, machen aber auch wesentliche Herausforderungen für die weitere Entwicklung deutlich.

Simulating Apartment Inspections. Development of a Virtual Reality-Enhanced Learning Experience for Real Estate Professionals

Abstract
Immersive virtual reality learning environments are considered to have a high mediadidactic potential. Yet this potential is not exploited in current educational practice. Insufficient empirical research hinders the development of sound guidelines for managers, coordinators and teachers concerning the sustainable implementation of

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

such environments in educational institutions and companies. This particularly concerns facets of didactic conception and practical application, for which elaborate concepts are largely lacking to date. The present paper aims to address this issue by describing and discussing the development of an innovative learning scenario that uses an immersive virtual environment to train real estate managers. At the heart of its highly flexible didactic concept is a virtual reality-enhanced role play designed to encourage a situated, constructivist and social learning process, which aims to sustainably build and strengthen learners' professional skills. The development of the learning scenario follows an iterative design process, accompanied by a multi-level mixed-methods evaluation. The scenario can be implemented in various forms in vocational schools, vocational training centres and companies. Pilots to date show promising results but also highlight important challenges to the further development process.

1. Ausgangssituation und Zielstellung

Der in seiner Form und Intensität unvorhersehbare Ausbruch und Verlauf der Covid-19-Pandemie hat die Bedeutung von digitalen Technologien für alle Bildungsbereiche schonungslos aufgezeigt. In der Folge sind Bildungseinrichtungen (beispielsweise) im deutschsprachigen Raum (nach wie vor) darum bemüht, fundamentale Bildungstechnologien – wie etwa Online-Kommunikationswerkzeuge oder Lernplattformen – einzuführen und die damit einhergehenden Herausforderungen zu bewältigen (z. B. Kerres 2020; für einen Überblick siehe Mseleku 2020). Innovativere Technologien für das Lehren und Lernen, wie etwa immersive *Virtual-Reality (iVR)*-Umgebungen, rücken derzeit dagegen eher in den Hintergrund. Dabei sind Bildungspolitiker:innen ebenso wie die Leitenden von Bildungseinrichtungen im Begriff, die Chance zu verpassen, solche Technologien im selben Atemzug in die Medienentwicklungspläne ihrer Institutionen zu integrieren. Eine solche Praxis erscheint zielführend, da iVR-Umgebungen ein hohes Potenzial für die (formale) Bildung mitbringen (z. B. Allcoat und von Mühlenen 2018; Wu et al. 2020).

Der eher zögerliche Einzug von iVR-Technologien in Bildungseinrichtungen ist vor dem Hintergrund der nach wie vor inkonsistenten empirischen Befundlage jedoch nicht gänzlich verwunderlich. Einige Studien kommen zu dem Ergebnis, dass Lernende beim Einsatz solcher Technologien im Vergleich zu weniger immersiven Repräsentationsformen, etwa Lehrbüchern und Videos, mehr positive Emotionen erleben und mehr Engagement zeigen, die letztendlich in bessere Lernergebnisse münden (z. B. Allcoat und von Mühlensen 2018). Inzwischen deutet die Mehrzahl der empirischen Untersuchungen jedoch darauf hin, dass eine alleinige Variation der Nutzungstechnologie noch nicht automatisch zu einer höheren Lernleistung führt (z. B. Parong und Mayer 2021; Makransky et al. 2019; 2020). Folglich kann davon ausgegangen werden,

dass die Lernförderlichkeit von iVR-Umgebungen von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Erste Betrachtungen in diesem Kontext deuten u. a. auf die folgenden Moderatorvariablen hin:

1. die *Eigenschaften der Lernenden* (etwa ihr räumliches Vorstellungsvermögen; Lee und Wong 2014),
2. die *Art der zu erwerbenden Fähigkeiten und Fertigkeiten* (wie etwa deklaratives oder prozedurales Wissen; s. a. Meyer et al. 2019),
3. die *lernpsychologische Gestaltung* solcher Umgebungen (wie beispielsweise mit oder ohne Hervorhebungen; Albus et al. 2019) sowie
4. ihre konkrete *didaktische Konzeption und Umsetzung* (die etwa die Anwendung von spezifischen Lernstrategien umfassen kann; Makransky et al. 2020).

Insbesondere die didaktischen Einflussfaktoren wurden bis dato kaum empirisch untersucht. Eine Ursache für diesen Umstand könnte darin liegen, dass bislang kaum geeignete didaktische Konzepte für die Gestaltung und den Einsatz von iVR-Umgebungen in der (formalen) Bildung entwickelt bzw. in Form hinreichend detaillierter Beschreibungen publiziert wurden (s. a. Radianti et al. 2020). Der vorliegende Beitrag zielt darauf, die wenigen bisherigen Veröffentlichungen (z. B. Buchner und Aretz 2020) um ein weiteres Fallbeispiel zu ergänzen. Nachfolgend werden die theoretischen Grundlagen und die praktische Umsetzung eines iVR-Lernszenarios beschrieben, das ein aktuelles Bildungsproblem im Bereich der Immobilienwirtschaft adressieren soll. Der Beitrag schliesst mit einem ersten Einblick in bzw. Ausblick auf dessen empirische Erprobung.

2. Theoretische Grundlagen und empirische Befundlage

2.1 Was sind immersive Virtual Reality-Lernumgebungen?

Die Entwicklung von fundierten didaktischen Konzepten für iVR-Lernumgebungen erfordert ein umfassendes Verständnis davon, was iVR ist und wie diese Umgebungen (optimal) eingesetzt werden können, um *kumulative Lernprozesse* (engl.: ‹meaningful learning›; Mayer 2014) zu fördern. Diese ermöglichen den Lernenden, Bildungsinhalte zu verstehen, anzuwenden, zu analysieren sowie zu bewerten und durch den Einsatz der dabei erworbenen Kompetenzen neue Ideen, Strukturen und Produkte zu kreieren (Anderson et al. 2013). Virtual Reality-Umgebungen sind (nahezu) vollständig computer-generierte Welten, die möglichst viele Sinnesmodalitäten ansprechen und dadurch von Personen als Illusion einer physischen Umgebung wahrgenommen und von ihnen (idealerweise) mithilfe von Eingabegeräten (mit-)gestaltet und verändert werden sollen (Tao Ni et al. 2006). Ihre vollumfassend künstliche Animation

unterscheidet sie von realitätserweiternden Technologien wie *Augmented Reality* und *Augmented Virtuality*, die auf dem *Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum* (Milgram und Kishino 1994) zwischen einer solchen, gänzlich computer-simulierten Umgebung und der ‹realen› Welt angesiedelt sind.

Lernende können auf VR-Umgebungen zugreifen und sie betrachten sowie steuern, indem sie entweder (ein oder mehrere) 2D-Displays oder (verschiedene Arten von) VR-Headsets verwenden. Letztere sollen im Vergleich zu ersteren einen höheren Grad an Immersion hervorrufen und werden daher häufig als *immersive* VR-Technologien (iVR) bezeichnet (z. B. Lee und Wong 2014). Im Allgemeinen gibt es drei Arten von VR-Headsets:

1. *Angebundene* (engl.: ‹tethered›) *VR-Headsets* besitzen integrierte Displays und werden von einer externen Recheneinheit betrieben.
2. *Stand-alone VR-Headsets* haben ebenfalls fest installierte Displays und bewältigen mittels eigener Prozessoren den gesamten Rechenaufwand, der für das VR-Erlebnis erforderlich ist.
3. *Smartphone-Halterungen* (wie z. B. Cardboards) umfassen eine vor den Augen anzulegende Halterung mit Linsen, in die ein Smartphone eingesetzt wird. Hierzu kommt ein Betriebsmodus zum Einsatz, der das Display zweiteilt.

Während die ersten beiden Zugriffsformen aufgrund ihrer (in der Regel) stärkeren Rechenleistung u. a. eine höhere Auflösung und Performanz der Darstellung ermöglichen, zeichnen sich letztere insbesondere durch ihre geringen Anschaffungskosten aus. Aus diesem Grund erscheinen sie für den breiten Einsatz in der (formalen) Bildung besonders geeignet (z. B. Hellriegel und Čubela 2018).

2.2 Lernpsychologische Wirkungen von iVR-Lernumgebungen

Seit einigen Jahren stehen iVR-Lernumgebungen zunehmend im Fokus der lernpsychologischen Forschung. Eine Reihe von empirischen Studien befasste sich bereits damit, wie sich der Einsatz von iVR in der Bildung auf die wesentlichen Variablen von Lernprozessen auswirkt. In diesem Kontext wurden entsprechende Versuchsgruppen insbesondere im Vergleich zu eher konventionellen Nutzungsformaten wie etwa (elektronischen) Büchern bzw. Lernvideos oder zu Kontrollgruppen untersucht, die keine iVR-Trainings durchliefen. Ihre Auswertungen zeigen beispielsweise, dass Studierende, die eine iVR-Lernumgebung nutzten, bessere Lern- und insbesondere Erinnerungsleistungen erzielten als ihre Kommiliton:innen, die denselben Lerninhalt unter Verwendung eines Lehrbuchs oder eines Lernvideos bearbeiteten (Allcoat und von Mühlenen 2018). Zusätzlich erlebten sie mehr positive und weniger negative Emotionen und brachten ein höheres Engagement in den Lernprozess ein. Eine Meta-Analyse von insgesamt 35 Studien ermittelte für den Einsatz von VR-Headsets

– beispielsweise im Vergleich zu weniger immersiven Repräsentationsformen und ‹unbehandelten› Kontrollgruppen – im Mittel einen (kleinen) positiven Effekt (Wu et al. 2020).

Insbesondere in Bezug auf die Art der Darstellung bzw. des Zugriffs zeigen viele aktuelle Studien jedoch – etwa im Vergleich zu Lernvideos – für den Einsatz von iVR keinen signifikanten Einfluss auf die Lernleistung (z. B. Makransky et al. 2020). In einer Untersuchung berichteten Lernende, die eine iVR-Lernumgebung nutzten, zwar eine höhere Motivation sowie ein höheres Engagement und Interesse im Lernprozess als andere Lernende, denen konventionelle Präsentationsfolien bereitgestellt wurden (Parong und Mayer 2018), zeigten jedoch geringere Lernerfolge. Laut Elektroenzephalografie (EEG)-Messungen erleben Lernende mit einem VR-Headset zwar eine stärkere *Präsenz* (engl.: ‹presence›) in der Lernumgebung (Makransky et al. 2019). Sie sind dabei aber auch einer höheren (lernirrelevanten) kognitiven Belastung und einer stärkeren emotionalen Erregung ausgesetzt und erzielen (deshalb) geringere Lernergebnisse als ihre Mitlernenden, welche die Lerninhalte unter Verwendung von Präsentationsfolien bzw. eines konventionellen Displays studieren (Makranksy et al. 2019; Parong und Mayer 2021).

Diese konträren Befunde lassen die Vermutung zu, dass der Einsatz von iVR-Technologien bzw. -Lernumgebungen nicht per se lernförderlich oder lernhinderlich ist, sondern sein Einfluss auf menschliche Lernprozesse von moderierenden Faktoren bestimmt wird. Erste empirische Studien dazu deuten darauf hin, dass die Wirkung von iVR beispielsweise eng mit spezifischen Eigenschaften der Lernenden – wie etwa ihrem räumlichen Vorstellungsvermögen (Lee und Wong 2014) oder ihrer intrinsischen Motivation (Vogt et al. 2021) – zusammenhängt. Diese können wiederum in Wechselwirkung mit lernpsychologischen Gestaltungsprinzipien – wie z. B. hinzugefügten Annotationen (Vogt et al. 2021) oder Hervorhebungen (Albus et al. 2019) stehen. Aktuelle Untersuchungsergebnisse deuten zudem darauf hin, dass die Lernförderlichkeit von iVR-Umgebungen massgeblich davon abhängt, wie sie didaktisch konzipiert und umgesetzt – also beispielsweise, welche Lernstrategien dabei angewandt (z. B. Makransky et al. 2020; Parong und Mayer 2018) und wie sie in ein Gesamtlernarrangement (wie etwa eine Unterrichtseinheit) integriert – werden. Dieser Aspekt wird nachfolgend näher betrachtet.

2.3 Didaktische Potentiale von iVR-Lernumgebungen

Aus didaktischer Sicht bringen iVR-Lernumgebungen den wesentlichen Vorteil mit, dass sie Inhalte und Vorgänge simulieren können, deren Durchführung in der ‹Realität› sehr gefährlich, kostenintensiv oder überhaupt nicht möglich wäre (Bailenson et al. 2008). Daran anknüpfend werden sie vorrangig in vier didaktischen Varianten konzipiert bzw. eingesetzt, die sich in Bezug nach der Form der Handlungsmöglichkeiten unterscheiden (Mulders und Buchner 2020; Schwan und Buder 2002):

1. als *Trainingswelten*, die es den Lernenden ermöglichen, Fertigkeiten zu üben, die in der Realität nur erschwert oder überhaupt nicht trainiert werden können,
2. als *Konstruktionswelten*, welche die individuelle Erschaffung und Gestaltung von virtuellen Umgebungen und Artefakten ermöglichen,
3. als *Explorationswelten*, in denen Lernende authentisch und realistisch gestaltete Umgebungen, die in der ‹Realität› häufig nicht oder nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand zugänglich gemacht werden können, selbstgesteuert erkunden und erleben können, und
4. als *Experimentalwelten*, in denen physikalische Grenzen überwunden und Lernszenarien geschaffen werden können, die unter ‹realen› Bedingungen nicht möglich sind.

Grundsätzlich können iVR-Lernumgebungen auch mehrere dieser Umsetzungsformen gleichzeitig annehmen. Mediendidaktiker:innen entscheiden sich bei der Konzeption einer solchen Lernumgebung auf Basis der vorliegenden Anforderungen für den Ansatz bzw. die Ansätze, der bzw. die in Bezug auf die formulierten Lern- bzw. Kompetenzentwicklungsziele am besten geeignet ist bzw. sind. Allen vier Umsetzungsvarianten ist gemeinsam, dass die dem übergeordneten Ziel dienen, Lernende in kumulativen Lernprozessen zu (möglichst) versierten Handlungen zu befähigen. Im Kontext des handlungsorientierten Kompetenzerwerbs sind iVR-Lernumgebungen besonders geeignet, um die folgenden didaktischen Prinzipien zu unterstützen:

1. ein (praktisch) *situiertes Lernen* durch (metaphorische) Visualisierungen des Lerngegenstandes in einem konkreten Kontext (Köhler et al. 2014) bzw. in einer authentisch gestalteten Umgebung. Die Lernenden können sich hier präsent fühlen und auch komplexe Sachverhalte aus der eigenen Perspektive wahrnehmen, betrachten und in den Kontext einer physischen Präsenz stellen (Martín-Gutiérrez et al. 2017).
2. ein *entdeckendes Lernen*, wobei die Lernenden sich in realitätsnah gestalteten, oftmals in der ‹Realität› schwer oder nicht zugänglichen Umgebungen selbstständig bewegen und diese aktiv (und mitunter spielerisch) erkunden bzw. untersuchen können (Buchner und Aretz 2020). Hierbei erwerben sie insbesondere deklaratives Wissen (Mulders und Buchner 2020) als Basis für die Konstruktion und Anpassung einer kognitiven Repräsentation der erkundeten Welt.
3. ein (selbstgesteuert) *konstruierendes Lernen*, indem sich die Lernenden darin zum Beispiel frei bewegen, die Lerninhalte in ihrem eigenen Tempo entdecken (Dyrna 2021), ihre Standpunkte frei wählen und eigenständig Objekte, Inhalte oder sogar ganze Welten erschaffen können. Dabei generieren und adaptieren sie (fortlaufend) mentale Modelle, Strategien und Konzepte bzw. wenden diese an (Schwan und Buder 2002).

4. ein *experimentelles Lernen*, indem die Lernenden in Umgebungen eigene Versuche durchführen, die nicht zwingend an geltende physikalische Gesetze gebunden sind (Mulders und Buchner 2020). Dadurch erhalten sie einen induktiven und erfahrungsorientierten Zugang zu fachspezifischen Inhalten, dem oft ein spielerischer Charakter innewohnt. Letzterer kann den Lernerfolg fördern (z. B. Boyle et al. 2016; Wouters et al. 2013).
5. ein *soziales Lernen*, bei dem die Lernenden in iVR-Lernumgebungen mit virtuell ko-präsenten, ‹realen› oder artifiziell konstruierten, Lebewesen (Menschen oder Tieren) interagieren, kooperieren bzw. kollaborieren (Martín-Gutiérrez et al. 2017). Dabei stärken sie ihre kommunikativen und kooperativen Fähigkeiten und Fertigkeiten durch Anwendung (Köhler et al. 2014) und reflektieren fortlaufend ihre individuellen Kompetenzen bzw. vertreten ihre Einstellungen, um sie (bei Bedarf) anzupassen. Auch das *Lernen am Modell* wird hierbei gefördert.

Im Gegensatz zu lernpsychologischen Effekten wurden didaktische Einflussfaktoren auf Lernvorgänge mit iVR-Umgebungen bis dato kaum untersucht. Als Grund hierfür wird mitunter aufgeführt, dass es nach wie vor weitgehend an didaktisch fundierten Beschreibungen von iVR-Lernszenarien sowie den dabei durchzuführenden Lernaktivitäten und zu verwendenden Materialien fehle (Radianti et al. 2020; Jensen und Konradsen 2018; Wang et al. 2018). Daran anknüpfend wird nachfolgend die didaktische Konzeption und Umsetzung eines solchen Lernszenarios skizziert, das die zuvor aufgeführten didaktischen Grundlagen und Potenziale aufgreift, um ein aktuelles Bildungsproblem zu adressieren.

3. Ein didaktisches Design für ein iVR-gestütztes Lernszenarios für Immobilienverwaltende

Um ein bedarfsgerechtes didaktisches Konzept zu entwickeln, wurde nach dem Ansatz der gestaltungsorientierten Mediendidaktik (Kerres 2005) zunächst eine Ausgangs- bzw. Anforderungsanalyse durchgeführt. Sie diente dazu, das adressierte Bildungsproblem zu spezifizieren sowie die inhaltlichen, didaktischen und technischen Anforderungen zu identifizieren, welche das iVR-gestützte Lernszenario erfüllen muss, um dem adressierten Bildungsanliegen bestmöglich zu begegnen. Daran anknüpfend wurde unter Verwendung des *Rahmenmodells der Mediendidaktik* (Kerres 2018) ein didaktisches Gesamtkonzept erstellt.

3.1 Bildungsproblem, Bedingungen und Zielgruppe

Die Immobilienverwaltung als Teilbereich der Immobilienwirtschaft weist in Bezug auf ihren Bildungsbedarf verschiedene Spezifika auf. Neben ihrer sehr kleinteiligen Struktur mit überwiegend kleinen und mittelgrossen Unternehmen (VDIV 2021) und einer hohen Anzahl von Seiteneinsteigenden ohne einschlägigen Berufsabschluss ist sie auch mit einer starken Personalfluktuation sowie hochfrequenten gesetzlichen Regulierungen bzw. Neuerungen konfrontiert (Oertel et al. 2019). Diese Umstände führen zu einem hohen Aus- und Weiterbildungsbedarf, den jedoch insbesondere kleinere Unternehmen aus organisatorischen und finanziellen Gründen nur schwer erfüllen können (Teichmann et al. 2020; Weiß 2018). Zudem erfolgte die bisherige (berufsschulische) Ausbildung von Immobilienkaufleuten fast ausschliesslich mithilfe von einfachen, statischen Teilaufnahmen von Mietobjekten. Eine solche Trainingsgrundlage kann den komplexen Vorgang einer Wohnungsabnahme bzw. übergabe jedoch unter vielen Gesichtspunkten – wie etwa dem erforderlichen Grad an Adaptivität und Praxisnähe – nur unzureichend abbilden. Eine virtuelle Trainingswelt erscheint vielversprechend, um diesen Aspekten zu begegnen. Sie soll zur Ausbildung, Umschulung und Weiterbildung von Immobilienverwaltenden jeglichen Alters sowohl in Bildungseinrichtungen als auch Betrieben eingesetzt werden können.

3.2 Lernziele und Lerninhalte

Um derzeit oder zukünftig tätige Immobilienverwaltende bestmöglich auf ihre beruflichen Anforderungen vorzubereiten, soll das Trainingsszenario sie dazu befähigen, Wohnungsabnahmen fachgerecht durchzuführen. Die erfolgte Anforderungsanalyse zeigte, dass die hierfür benötigte Handlungskompetenz neben fachlichen auch überfachliche – wie methodische, personale und soziale – Fähigkeiten und Fertigkeiten umfasst. Mit Bezug auf ein *vierdimensionales Kompetenzmodell* (z. B. Erpenbeck et al. 2017) sollen die Lernenden mit Unterstützung durch erfahrene Lernbegleitende und unter Verwendung der iVR-Lernumgebung trainieren,

- Wohnungsabnahmen zu organisieren bzw. zu planen (Methodenkompetenz),
- die relevanten Vertrags- und Regelwerke zu recherchieren und anzuwenden (Methodenkompetenz),
- vom Idealzustand des Mietobjekts abweichende Sachverhalte (sicher) zu erkennen (Fachkompetenz).
- den Zustand des Mietobjekts juristisch korrekt zu bewerten (Fachkompetenz).
- ihre Rolle als Vertreter des Vermietenden zu verstehen und auszufüllen (Personen- und Sozialkompetenz),
- die juristische Bewertung gegenüber der Mietpartei angemessen zu kommunizieren (Personal- bzw. Sozialkompetenz),

– im Konfliktfall adäquat auf die Mietpartei zu reagieren (Personal- und Sozialkompetenz) und
– den Zustand des Mietobjekts sachgerecht zu protokollieren (Methodenkompetenz).

Die Lerninhalte des Szenarios werden passend dazu so definiert, dass sie bestmöglich zur Erreichung dieser Lernziele beitragen. Es ist davon auszugehen, dass das Lernangebot die überfachlichen Kompetenzen der Lernenden nicht nur mit Bezug zum hier adressierten Handlungskontext, sondern auch darüber hinaus fördern kann. Dies betrifft auch ihre Digitalkompetenz, die sie – ebenso wie die Lehrenden – durch die Nutzung des multimedialen Szenarios stärken.

3.3 Methodik, eingesetzte Lernmedien und Ablauf

Das entwickelte virtuelle Lernszenario ist Teil eines didaktischen Gesamtarrangements, das sich aus drei Segmenten zusammensetzt (Oertel et al. 2019; siehe Abb. 1):

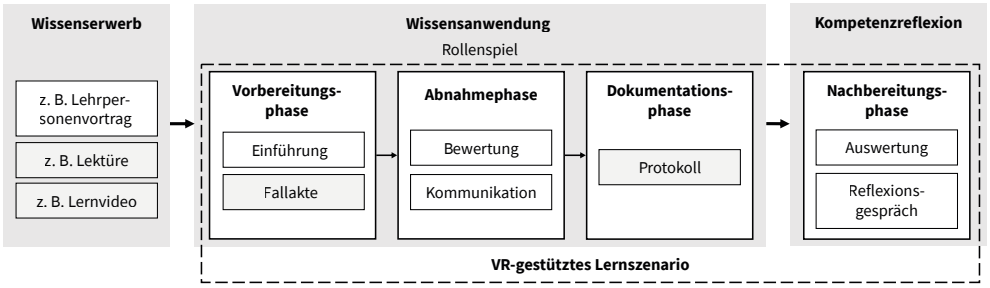


Abb. 1: Didaktisches Arrangements zum Training von Wohnungsabnahmen.

1. *Wissenserwerb:* Zunächst erwerben die Lernenden grundlegende Kenntnisse zur fachgerechten Durchführung von Wohnungsabnahmen. Hierzu gehören Inhalte zur fachlich-rechtlichen Bewertung solcher Mietobjekte ebenso wie Leitfäden für deren situationsadäquate Kommunikation. Der Wissenserwerb findet ausserhalb der iVR-Lernumgebung statt. Er kann sowohl angeleitet bzw. begleitet – wie etwa im Präsenzunterricht (an berufsbildenden Schulen und weiterbildenden Einrichtungen) – als auch autodidaktisch – z. B. über geeignete Lehrbücher oder digitale Lernwerkzeuge sowie die relevanten Regelwerke – erfolgen.
2. *Wissensanwendung:* Im zweiten Schritt sollen die Lernenden das zuvor erworbene Wissen in der iVR-Lernumgebung praktisch anwenden, um ihre individuelle Handlungskompetenz zu stärken. Die Wissensanwendung erfolgt im Rahmen eines begleiteten Rollenspiels, in dem der Ablauf einer Wohnungsabnahme nahezu vollständig simuliert wird. Es setzt sich aus drei Phasen zusammen:

a. *Vorbereitungsphase:* Alle am Lernszenario beteiligten Akteur:innen arbeiten sich in die exemplarische Fallakte ein, die eine Rollenbeschreibung der ausziehenden Mietpartei (siehe Abb. 2) sowie deren Mietvertrag und Wohnungsübergabeprotokoll (zum Einzug; siehe Abb. 3) enthält. Die Akte wird vor dem Beginn der Anwendungsphase mithilfe einer eigens hierfür entwickelten (mobilen) Webanwendung im Rahmen der Konfiguration und Erstellung eines individuellen Lernszenarios digital generiert.

Kurzbeschreibung Mieter:in Mieter:in 1	
Name	Petra Wilke
Alter	38 Jahre
weitere Personen im Haushalt	keine
Kurzbeschreibung	Petra Wilke lebt allein in der Wohnung. Ihre beiden Kinder (8 und 11 Jahre alt) besuchen sie aller zwei Wochen am Wochenende. Sie ist derzeit als Sachbearbeiterin tätig und plant, sich beruflich zu verändern. Deshalb zieht sie in ein Stadtviertel, das näher an ihrer neuen Arbeitsstelle liegt. Frau Wilke ist oft launig und neigt dazu, auf ihrer Meinung zu beharren.
Hobbys	Tennis spielen, Bücher lesen
Haustiere	keine
Bisherige Meldungen	Frau Wilke hat vor drei Wochen einen Wasserfleck an der Zimmerdecke im Wohnzimmer angezeigt.
Kündigung	Die Kündigung des laufenden Mietvertrags ist durch die Mieterin fristgerecht erfolgt.
Vorabnahme	Eine Vorabnahme der Wohnung ist nicht erfolgt, da die Immobilienverwaltung und die Mieterin keinen geeigneten Termin finden konnten.
Nachvermietung und Neubezug	Die Wohnung wurde bereits nachvermietet und wird zum nächsten Monatsbeginn neu bezogen.
Lage der Wohnung	Bestlage

Abb. 2: Rollenbeschreibung einer Mietpartei der Fallakte (Beispiel).

Zustand der Mieträume und Inventarliste

Mieter und Vermieter haben gemeinsam die Mietsache besichtigt. Dabei haben sie die nachfolgend dokumentierten Mängel festgestellt. Die ebenfalls nachfolgend aufgeführten Einrichtungen und Einbauten wurden vom Vermieter beschafft und werden nun wieder an ihn zurückgegeben.

Raum	Mängel		Inventar	
	keine Mängel	festgestellte Mängel	kein Inventar	Inventar
Diele/Flur	☑	**Behebung:**	☐	Einbauschrank
Küche	☐	Sprung in einer Fliese **Behebung:** durch den Vermieter	☑	
Wohnzimmer	☐	kleiner Lackschaden am Heizkörper **Behebung:** nicht vorgesehen	☑	
Schlafzimmer	☐	Lackschaden am Heizkörper **Behebung:** durch den Vermieter	☑	

Abb. 3: Auszug aus einem Übergabeprotokoll der Fallakte (Beispiel).

b. *Abnahmephase:* Die Akteur:innen bekommen eine von drei Rollen zugeteilt oder wählen selbst eine davon aus. Mindestens eine Akteurin bzw. ein Akteur – in der Regel eine Lernende bzw. ein Lernender – nimmt dabei die Rolle der Verwaltungsperson ein, die die Wohnung abnehmen soll. Mindestens eine andere Person – wenn verfügbar eine Lernbegleitende bzw. ein Lernbegleitender – simuliert die ausziehende Mietpartei. Alle übrigen Personen übernehmen die Rolle von (nicht unmittelbar beteiligten) Beobachtenden. Die Lernenden in der Rolle der Verwaltungsperson begehen die, im Rahmen der erfolgten Szenario-Konfiguration generierte, virtuelle Mietwohnung (siehe Abb. 4) unter

Verwendung eines VR-Headsets in Form einer Smartphone-Halterung vollständig. Sie schätzen ihren Zustand ein und kommunizieren ihre Bewertungen gegenüber der ausziehenden Mietpartei, die über ein Webinterface auf eine kongruente Repräsentation der Wohnung zugreift bzw. zugreifen. Dabei kann sie (ebenso wie alle Beobachtenden) über einen entsprechenden Modus auch alle Aktionen des bzw. der Verwaltenden in der virtuellen Wohnung verfolgen. Eine solche Einschätzung der Verwaltungsperson kann beispielsweise einen identifizierten Schaden sowie die Erforderlichkeit und Verantwortlichkeit für seine Beseitigung betreffen. Er bzw. sie hält die als relevant identifizierten Sachverhalte bei Bedarf (zunächst) per Screenshot fest. Die Mietpartei reagiert gemäss ihrer Rollenbeschreibung in verbaler Form mehr oder weniger interessiert oder kritisch auf die Bewertungen der Verwaltungsperson, wodurch ein realitätsnaher Dialog entstehen soll.



Abb. 4: Stereoskopische Ansicht der virtuellen Mietwohnung auf dem Smartphone.

c. *Dokumentationsphase:* Nach vollständiger Begutachtung der Wohnung dokumentiert die Verwaltungsperson ihre Einschätzungen unter Verwendung der erstellten Screenshots und mit Bezug zu möglicherweise mit der Mietpartei getroffenen Absprachen in einem digitalen Abnahmeprotokoll. Mit der erfolgten oder verweigerten Unterschrift der Mietpartei unter dem Dokument endet das Rollenspiel.

3. *Kompetenzreflexion:* Im letzten Schritt sollen der Lernvorgang und insbesondere die dabei erworbenen bzw. trainierten Kompetenzen durch eine Reflexion (weiter) gestärkt und gefestigt werden. Zu diesem Zweck erfolgt ein nachbetrachtender Diskurs, an dem alle oder ausgewählte Akteur:innen des Rollenspiels teilnehmen können. Hierbei geben die Lernbegleitenden und Mitlernenden allen Lernenden,

die im Szenario (mindestens zeitweise) die Rolle der Verwaltungsperson eingenommen haben, – im Sinne einer Reflection on Action (Schön 1983) – eine möglichst konstruktive und lernzielorientierte Rückmeldung zu ihrer Anwendungsleistung. Als inhaltliche Basis für die fachlich-methodische Reflexion können hierbei die erstellten Abnahmeprotokolle verwendet werden. Dabei ermöglichen die technischen Funktionen der Weboberfläche – etwa durch ein erneutes Betreten der virtuellen Wohnung oder durch erstellte Screenshots oder Videoaufzeichnungen – bei Bedarf eine ‹Rückkehr› der Akteur:innen zur betreffenden Lernhandlung. Die Reflexionsvorgänge sollen den Lernenden ihren Kompetenzerwerb bewusstmachen und ihre (weiterhin) bestehenden Lernbedarfe aufzeigen.

3.4 Nachhaltigkeit durch didaktische Flexibilisierung

Begleitend zur Entwicklung des beschriebenen Lernszenarios wurde eine Strategie erarbeitet und umgesetzt, die dessen nachhaltigen Einsatz in der Bildungspraxis ermöglichen soll. Sie adressiert drei wesentliche Herausforderungen. *Erstens* ist die aus Auszubildenden, Umzuschulenden und Weiterzubildenden bestehende bundesweite Zielgruppe in Bezug auf ihre Eigenschaften – wie etwa ihre fach- und methodenbezogenen Vorkenntnisse und Erfahrungen und ihre Medienaffinität – als weitgehend heterogen zu betrachten. *Zweitens* laufen Wohnungsabnahmen zwar in der Regel nach einem grundlegenden Schema ab, dieses kann jedoch in Bezug auf zahlreiche inhaltliche Faktoren fallspezifisch deutlich variieren. Hierzu zählen beispielsweise die Inhalte des jeweiligen Mietvertrags, der Zustand der Wohnung, die Persönlichkeit der ausziehenden Mietpartei oder die Gestaltung des Abnahmeprotokolls. *Drittens* ist bei der Entwicklung und Erstellung von iVR-Umgebungen für (formale) Bildungskontexte eine hinreichende Verfahrensökonomie zu gewährleisten. Bildungsbezogene Simulationen sollten so konzipiert und umgesetzt werden, dass Lernende sie mehrfach absolvieren können, ohne dabei in ihrer Motivation bzw. ihren Lernfortschritten durch Bekanntheitseffekte signifikant beeinträchtigt zu werden. Folglich erfordert eine nachhaltige Konzeption und Umsetzung eines iVR-gestützten Lernszenarios für Immobilienverwaltende einen hohen Grad an (didaktischer) Flexibilisierung. Um diese zu erreichen, wurden auf drei Ebenen spezifische Massnahmen zur dynamischen Gestaltung der Trainingssimulation durchgeführt, die nachfolgend zusammengefasst werden:

1. *Festlegung der Lerninhalte:* Zum Zweck der inhaltlichen Flexibilisierung wurde zum einen eine *dynamische Fallakte* integriert, die sich aus einer Rollenbeschreibung der ausziehenden Mietpartei sowie deren Mietvertrag und Wohnungsübergabeprotokoll (vom Einzug) zusammensetzt. Für jedes dieser Dokumente wurden jeweils drei strukturell gleiche, aber inhaltlich variierende Fallbeispiele entworfen, die beliebig kombinierbar sind und sich wechselseitig beeinflussen. Dadurch

entstehen insgesamt 27 mögliche Szenarien. Diese Anzahl ist insofern skalierbar, dass die Nutzenden – beispielsweise in Orientierung an den spezifischen Gegebenheiten ihrer (Bildungs-)Institution – selbstständig weitere Dokumente kreieren und hinzufügen können. Die bereitgestellten Varianten unterscheiden sich jeweils hinsichtlich ihrer Inhalte (wie etwa spezifischen Paragraphen in den Mietverträgen) und ihres Anforderungsniveaus (wie etwa eines mehr oder weniger vorhersehbaren Sozialverhaltens der Mietpartei). Zum anderen können die zu identifizierenden bzw. zu beachtenden Mängel in der virtuellen Wohnung – vergleichbar zur ‹Realität› – eine hohe Bandbreite von Ausprägungen annehmen. Hierzu gehören Abnutzungen, die eine oder keine (Schönheits-)Reparatur erfordern, ebenso wie entstandene Schäden oder Verletzungen der Nebenpflicht, Verschmutzungen und unrechtmässig hinterlassene Einrichtungen bzw. durchgeführte Einbauten in verschiedenen Formen, die in einem Texturenatlas abgebildet und kodiert werden.

2. *Präsentation der Lerninhalte* in der iVR-Umgebung: Die Flexibilität der Lerninhalte wird weiter erhöht, indem die Darstellung der virtuellen Wohnung und der darin enthaltenen Mängel nach einem teilweise vorkonfigurierbaren randomisierten Modell erfolgt. Bei der Erstellung eines neuen Szenarios können die Lernbegleitenden bzw. Lernenden die Anzahl der dargestellten Räume ebenso variieren wie die Anzahl und Problematik der darin vorhandenen Mängel. Dadurch wird gleichzeitig eine Variation der Schwierigkeit des Lernszenarios ermöglicht. So ist der Anspruch an die Lernenden beispielsweise dann erhöht, wenn die virtuelle Wohnung mehr Räume oder mehr bzw. schwieriger identifizierbare Mängel enthält oder wenn ihnen weniger Zeit für die Abnahme zur Verfügung steht. Gleichzeitig werden die Mängel nach erfolgter Rahmenkonfiguration durch einen automatisierten Algorithmus weitestmöglich zufällig in der Umgebung angeordnet, um einer unerwünschten Reduktion der Schwierigkeit durch Bekanntheitseffekte entgegenzuwirken. Die dabei verfügbare Variation orientiert sich massgeblich am Grad ihrer Praxiskonsistenz und ihrer Ökonomie im Rahmen der (technischen) Umsetzung.
3. *Kommunikationshandlung:* Auch die Anwendung der iVR-Lernumgebung im Rahmen eines Rollenspiels trägt (auf natürliche Weise) zur Flexibilisierung des Szenarios bei. Die Lernbegleitenden geben den ‹Verwaltenden› zwar zu Beginn der Abnahmephase einige basale Instruktionen zum Ablauf der Besichtigung. Über eine ungefähre Personenbeschreibung der ausziehenden Mietpartei hinaus bestehen jedoch keine weiteren Vorgaben für das kommunikative Verhalten der Handelnden in den jeweiligen Rollen. Wie sie diese ausfüllen, ist ihnen vollumfänglich selbst überlassen. In Wechselwirkung mit den verfügbaren Variationen bei der Festlegung und Darstellung der Lerninhalte entsteht somit bei jedem Durchlauf

des Lernszenarios eine gänzlich individuelle Kommunikationshandlung. Auf diese Weise sollen die Personen- und Sozialkompetenzen der Lernenden bestmöglich gefördert werden.

3.5 Einsatzszenarien

Die beschriebene didaktische Gestaltung des iVR-basierten Lernszenarios ermöglicht einen breiten und flexiblen Einsatz in allen Bildungskontexten der Immobilienverwaltung. Zu den möglichen Nutzungsszenarien gehören insbesondere:

1. die *Ausbildung in berufsbildenden Schulen:* Im staatlichen Ausbildungscurriculum für angehende Immobilienkaufleute ist die Thematik der Wohnungsabnahme im Lernfeld 5 («Wohnräume verwalten und Bestände pflegen») verortet. Die iVR-Umgebung soll den Lehrenden die Möglichkeit eröffnen, die vorab vermittelten inhaltlichen Grundlagen in ihrem Unterricht praxisnah zu veranschaulichen und durch eine gemeinsame Anwendung mit den Lernenden deren Handlungskompetenz zu stärken.
2. die *Ausbildung in Betrieben:* Im Rahmen des betrieblichen Teils der dualen Berufsausbildung kann die Lernumgebung von Ausbildenden bzw. Lernbegleitenden im Unternehmen eingesetzt werden, um ihre Auszubildenden adäquat auf curriculare Prüfungen oder die (eigenständige) Durchführung von Wohnungsabnahmen in ihrer beruflichen Praxis vorzubereiten.
3. die *Umschulung und Weiterbildung in Bildungseinrichtungen* (wie z. B. Berufsförderungswerken): Ähnlich wie berufsbildende Schulen sollen auch Umschulungs- und Weiterbildungseinrichtungen durch das iVR-gestützte Lernszenario in die Lage versetzt werden, die für Wohnungsabnahmen benötigten Handlungskompetenzen der Lernenden in Einzeltrainings oder im Gruppenunterricht in einer authentischen und praxisnahen Form zu fördern.
4. die *Umschulung und Weiterbildung in Betrieben:* Nicht zuletzt soll das Lernszenario auch von Betrieben dazu eingesetzt werden, Mitarbeitende zu Wohnungsverwaltenden umzuschulen oder ihre bereits vorhandenen Kenntnisse und Fertigkeiten in diesen Bereich individuell zu erweitern.

Die dabei adressierten Zielgruppen können sich sowohl in Bezug auf ihr fachspezifisches Vorwissen als auch in der Ausprägung ihrer Personen-, Methoden- und Sozialkompetenz signifikant voneinander unterscheiden. Beispielsweise hängen die Vorkenntnisse von Auszubildenden massgeblich davon ab, in welchem Lehrjahr sie sich befinden und inwieweit sie in ihrem Betrieb mit dieser Thematik konfrontiert werden. Auch das Fachwissen von Umzuschulenden variiert je nach Bildungsfortschritt im geringen bis mittleren Bereich. Aufgrund von persönlichen Prägungen bzw. beruflichen Vorerfahrungen – wie etwa im sozialen bzw. pädagogischen Bereich – können diese

Personen dagegen schon zu Beginn ihrer beruflichen Neuorientierung über ausgeprägte Sozialkompetenzen verfügen. Weiterzubildende Immobilienfachkräfte wiederum, deren Kenntnisse mithilfe des iVR-gestützten Lernszenarios auf den neuesten Stand gebracht werden sollen, weisen oftmals bereits sehr umfangreiche praktische Vorerfahrungen auf. Das vorgestellte didaktische Konzept begegnet dieser Heterogenität mit den zuvor beschriebenen Adaptionsmöglichkeiten. Dabei erscheint es zielführend, dass die verantwortlichen Lernbegleitenden bzw. die Lernenden selbst bei der Lernszenario-Konfiguration einen Schwierigkeitsgrad wählen, der zu den Vorkenntnissen der bzw. des Lernenden passt. Gleichermassen können die Akteur:innen in der Rolle der Mietpersonen – wie ebenfalls bereits beschrieben – ihr kommunikatives Verhalten lernzielspezifisch anpassen.

Der Einsatz des iVR-gestützten Lernszenarios im Rahmen dieser Szenarien ist grundsätzlich in vier verschiedenen Formen denkbar. Hierzu zählen die (unbegleitete) *Einzelübung*, die (unbegleitete) *Gruppenübung*, die *begleitete Einzelübung* und die *begleitete Gruppenübung* (s. Tab. 1). Da der Erweiterung von Personen- und Sozialkompetenzen im Rahmen von realitätsnahen kommunikativen Handlungen in der durchgeführten Anforderungsanalyse von Expert:innen eine essenzielle Bedeutung bei Wohnungsabnahmen beigemessen wurde, wird die unbegleitete Einzelübung als Anwendungsform bei der Entwicklung zurückgestellt. Die Auswahl der am besten geeigneten Form aus den drei verbleibenden Varianten hängt von den Rahmenbedingungen ab, die das jeweils vorliegende Einsatzszenario vorgibt. Während insbesondere bei der Aus- und Weiterbildung in Betrieben begleitete Einzelübungen von erfahrenen mit weniger erfahrenen Mitarbeitenden oder in Gruppenübungen von zwei oder mehr Aus- bzw. Weiterzubildenden zielführend erscheinen, eignen sich für (grössere) Klassenverbände in Berufsschulen oder Berufsförderungswerken aufgrund der dort in der Regel gegebenen Rahmenbedingungen (wie etwa der räumlich-technischen Infrastruktur und den Vorkenntnissen der Lernenden) vermutlich eher begleitete Gruppenübungen.

	individuell	**kollaborativ**
unbegleitet	*unbegleitete Einzelübung:* Ein Lernender übt selbstständig.	*unbegleitete Gruppenübung:* Zwei oder mehr Lernende üben gemeinsam selbstständig.
begleitet	*begleitete Einzelübung:* Ein Lernender übt unter Anleitung eines Lernbegleitenden.	*begleitete Gruppenübung:* Zwei oder mehr Lernende üben unter Anleitung eines Lernbegleitenden.

Tab. 1: Mögliche Einsatzformen des iVR-gestützten Lernszenarios.

4. Erprobung

4.1 Untersuchungsdesign

Die Entwicklung des vorgestellten didaktischen Konzepts folgt einem gestaltungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsansatz (Design-Based Research), der einen exemplarischen Beitrag zur Lösung des zuvor skizzierten Bildungsproblems leisten sowie eine gelingende Implementierung in der beruflichen Bildungspraxis ermöglichen und bestenfalls auch theoretische Implikationen hervorbringen soll. Sie erfolgte im Rahmen eines iterativen Vorgehens nach ISO 9241-210 (DIN 2020), wonach prototypische Zwischenstände in einem vierstufigen Mixed-Methods-Untersuchungsdesign frühzeitig und kontinuierlich mit den Zielgruppen erprobt, überarbeitet und weiterentwickelt wurden. Das methodische Design setzte sich aus einer unvermittelten, nicht-teilnehmenden, offenen Fremdbeobachtung in Kombination mit Lautem Denken sowie leitfadengestützten Interviews als qualitativen Komponenten und einer quantitativen Befragung zusammen. Letztere erfolgte mittels standardisierter Fragebögen, die neben validierten Skalen, z. B. der Kurzform des User Experience Questionnaires (UEQ-S; Schrepp et al. 2017) und des Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ; Kim et al. 2018), auch Ad-Hoc-Elemente – etwa zur Erfassung von Vorerfahrungen hinsichtlich der Nutzung von iVR – beinhalten. Die Auswertung der Zwischenergebnisse geschah im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse sowie halbautomatisiert deskriptivstatistisch unter Verwendung einer Analysesoftware.

4.2 Vorläufige Stichprobe und Ergebnisse

An der Erprobung, die in einer berufsbildenden Schule, einem Berufsförderungswerk sowie mehreren kleinen und mittleren Unternehmen in Sachsen (Deutschland) durchgeführt wurde, nahmen bis dato 25 Auszubildende und Umzuschulende (40 % weiblich; M_{Alter} = 25,4; SD_{Alter} = 10,6) teil. Die Probanden berichteten eine eher geringe Vorerfahrung mit iVR-Anwendungen (M = 1,52; SD = 0,82 auf einer 5-stufigen Likert-Skala). Sie nahmen das Nutzungserlebnis (engl.: ‹user experience›) mit dem iVR-gestützten Lernszenario sowohl hinsichtlich seiner Fähigkeit zur Befriedigung von psychogenen Grundbedürfnissen (hedonische Ebene; M = 6,3; SD = 0,9; 7-stufige Likert-Skala) als auch in Bezug auf seine Gebrauchstauglichkeit (pragmatische Ebene; M = 5,7; SD = 0,8; 7-stufige Likert-Skala) positiv wahr und gaben bei dessen Nutzung eine eher geringe Ausprägung der Bewegungskrankheit (M = 1,79; SD = 0,71; 5-stufige Likert-Skala) an. In der qualitativen Befragung sahen viele Probanden den wesentlichen Mehrwert des Lernszenarios darin, dass es ein realitätsnahes Training einer Handlungssituation ermöglicht, die im ‹echten Leben› nur schwer geübt werden kann. Die Befragten schätzten es zudem mehrheitlich als sehr geeignet für den

Einsatz im curricularen Unterricht an Berufsschulen und Bildungszentren ein. Sie machten aber auch deutlich, dass einige technische Aspekte, etwa die verwendete Steuerung mittels Kopfbewegungen sowie die reduzierte und von einigen Lernenden als nicht ausreichend bewertete Darstellungsqualität, dessen Benutzerfreundlichkeit etwas einschränkten. Während viele Teilnehmende die iVR-gestützte Lösung als ansprechend und zukunftsweisend betrachteten, äusserten einige Probanden auch die Nachfrage, ob eine monoskopische Umsetzung ohne VR-Headset denkbar bzw. technisch möglich sei. Eine detaillierte Beschreibung der Forschungsmethodik sowie eine vollständige Auswertung der Ergebnisse ist nicht Gegenstand dieses Beitrags. Sie wird nach Abschluss der Erprobung und Auswertung durchgeführt und veröffentlicht.

5. Diskussion

Zusammenfassend beschreibt der vorliegende Beitrag die Konzeption und Umsetzung einer virtuellen Trainingswelt, die über eine Smartphone-Halterung betreten wird, und gibt erste Einblicke in ihre Erprobung. Die iVR-Lernumgebung soll Immobilienverwaltenden in Ausbildung, Umschulung und Weiterbildung sowohl in überbetrieblichen Bildungseinrichtungen als auch im Unternehmen selbst die anschauliche und praxisnahe Einübung von Wohnungsabnahmen ermöglichen. Eine solche Vorgehensweise ist in der bisherigen Praxis nur mit einem unverhältnismässig hohen ökonomischen Aufwand möglich, da Betriebe und insbesondere Bildungseinrichtungen in der Regel nicht über (diverse) ‹Trainingswohnungen› in ihrer unmittelbaren Nähe verfügen, die für solche Zwecke genutzt werden können. Das bislang häufig praktizierte Beobachtungslernen an der Seite von erfahrenen Kolleg:innen findet darin seine Grenzen, dass die Lernenden die konkreten Handlungen dabei nicht selbst durchführen (können). Die Nutzung der hierfür konzipierten iVR-Lernumgebung im Rahmen eines Rollenspiels gibt ihnen die Möglichkeit, den vollständigen Ablauf einer Wohnungsabnahme aktiv zu simulieren und zu reflektieren (Riedel 2021). Dieser stark situierte Lernvorgang unterstützt die Handlungsorientierung der Lernenden (Riedel und Möbius 2021). Hierbei werden auch die oben beschriebenen Potenziale von iVR-Lernumgebungen zur Förderung sozialer Lernprozesse (z. B. Martín-Gutiérrez et al. 2017) genutzt. Darüber hinaus kann eine eigenständige (nicht professionell begleitete) Nutzung des Lernszenarios die bildungsbezogene Selbststeuerungsfähigkeit der Lernenden (Müller 2021) fördern.

Die Auswertung der bisherigen Testläufe mit Probanden aus den Zielgruppen deutet darauf hin, dass sich das iVR-gestützte Lernszenario auf einem guten Weg dahin befindet, den skizzierten Anforderungen gerecht zu werden. Obgleich die Testpersonen die Nutzung des Szenarios nach eigenen Angaben als qualitativ hochwertig erlebten, geben die immer wieder angesprochenen technisch bedingten

Einschränkungen ebenso wie der vereinzelt geäusserte Wunsch nach einer monoskopischen Lösung Anlass zur kritischen Reflexion des gewählten Ansatzes. Aus der Sicht des Konzeptions- und Entwicklungsteams, die auch viele Erprobungsteilnehmende in ihren Einschätzungen teilten, geht die Umsetzung des Konzepts als iVR-Lernumgebung mit wesentlichen Vorteilen auf drei Ebenen einher:

1. Auf der *motivationalen* Ebene soll die eher neuartige technische Umsetzung bei den Lernenden eine hohe Neugier hervorrufen und damit zusammenhängend ihr Interesse und Engagement steigern.
2. Aus *didaktischer* Perspektive ermöglicht die stereoskopische Rezeption der virtuellen Wohnung eine dreidimensionale Wahrnehmung, die auch das Gefühl der Lernenden für den Raum schulen soll. Schliesslich sind für die fachliche Beurteilung identifizierter Mängel an einer Mietsache oft auch deren Abstände, Masse und physikalische Beschaffenheit (wie z. B. der Umfang und die Tiefe eines Bohrlochs) von Bedeutung.
3. Unter ökonomischen Gesichtspunkten ist zu beachten, dass Betriebe und insbesondere Bildungsinstitutionen oft weder über professionelles Equipment für den Zugriff auf High-End-VR-Anwendungen noch über eine hinreichende Anzahl von Notebooks oder Tablets für alle Lernenden verfügen. Im Sinne einer breiten Nutzbarkeit erscheint die avisierte Smartphone-Cardboard-Lösung, die den Lernenden auch den Zugang über ihre eigenen Endgeräte ermöglichen soll, durchaus sinnvoll (Dyrna et al. 2020).

Dennoch ist im weiteren Evaluationsprozess eingehend zu ergründen, inwieweit die technisch bedingten Einschränkungen diese Vorteile u. U. teilweise oder vollständig negieren. Schliesslich sollte der didaktische Mehrwert bei der Entwicklung und Implementierung von Virtual-Reality-Anwendungen in Organisationen mit Bildungsaufträgen im Vordergrund stehen (Dyrna et al. 2020). In dieser Hinsicht können didaktische Konzepte für mobile iVR-Lernanwendungen mit Optimismus auf den rasanten technologischen Fortschritt unserer Gesellschaft blicken. Er führt mutmasslich dazu, dass die weiterentwickelte Hardware-Ausstattung zukünftiger Smartphones die technisch bedingten Kritikpunkte früher oder später obsolet werden lässt.

6. Fazit und Ausblick

Das hohe mediendidaktische Potenzial immersiver Virtual Reality-Lernumgebungen wird in der Bildungspraxis bislang nur begrenzt genutzt. Eine Ursache hierfür könnte in der bis dato unzureichenden empirischen Ergründung ihrer (vielversprechenden) Einsatzmöglichkeiten liegen. Hierfür fehlen wiederum didaktisch fundierte Beschreibungen von iVR-Lernszenarien und dabei durchzuführenden Lernaktivitäten bzw. zu

verwendenden Materialien (Radianti et al. 2020). Der vorliegende Beitrag möchte diesem Desiderat begegnen, indem er die Gestaltung eines iVR-gestützten Lernszenarios für Ausbildung, Umschulung und Weiterbildung von Immobilienverwaltenden detailliert erläutert. Begleitend zur Entwicklung erfolgt eine wissenschaftliche Evaluation mit Proband:innen aus den unmittelbaren Zielgruppen, deren Erkenntnisse in die weitere Konzeption und Umsetzung des Szenarios einfliessen. Hierfür wird ein umfassendes Mixed-Methods-Design eingesetzt. Die Testpersonen aus der Praxis bewerten ihr Erlebnis bei der Nutzung des Lernszenarios als positiv und berichten nur geringe Symptome der Bewegungskrankheit. Ihre Einschätzungen zeigen aber auch Herausforderungen für die weitere technische Umsetzung des vorgestellten Konzepts sowie die zukünftige Entwicklung von iVR-gestützten Lernszenarien auf, die gleichermassen auf verhältnismässig preisgünstige Cardboard-Smartphone-Systeme setzen möchten. Die Fertigstellung des iVR-gestützten Lernszenarios soll im März 2022 erfolgen. Es wird unter einer freien Lizenz als *Open Educational Resource (OER)* bereitgestellt, die allen interessierten Anwendenden eine unentgeltliche Nachnutzung und idealerweise auch eine kontinuierliche und gemeinschaftliche Weiterentwicklung ermöglichen soll. Sie soll dazu beitragen, die vielfältigen Potenziale von VR-Technologien für die berufliche Bildung sichtbar zu machen und ihre Verbreitung dort zu erhöhen.

Literatur

Albus, Patrick, Andrea Vogt, und Tina Seufert. 2021. «Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load». *Computers & Education* 166: 104154. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104154.

Allcoat, Devon, und Adrian von Mühlenen. 2018. «Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement». *Research in Learning Technology* 26: 2140. https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140.

Anderson, Lorin, David R. Krathwohl, Peter W. Airasian, Kathleen A. Cruikshank, Richard E. Mayer, und Paul R. Pintrich. 2013. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives.* Harlow: Pearson.

Bailenson, Jeremy N., Nick Yee, Jim Blascovich, Andrew C. Beall, Nicole Lundblad, und Michael Jin. 2008. «The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context». *Journal of the Learning Sciences* 17: 102–41. https://doi.org/10.1080/10508400701793141.

Boyle, Elizabeth A., Thomas Hainey, Thomas M. Connolly, Grant Gray, Jeffrey Earp, Michela Ott, Theodore Lim, Manuel Ninaus, Claudia Ribeiro, und João Pereira. 2016. «An Update to the Systematic Literature Review of Empirical Evidence of the Impacts and Outcomes of Computer Games and Serious Games». *Computers & Education* 94: 178–92. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003.

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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.

Deutsches Institut für Normung (DIN). *ISO 9241-210:2019-07: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme.* Berlin: Beuth.

Dyrna, Jonathan. 2021. «Selbstgesteuertes Lernen. Begriffsbestimmung und Operationalisierung». In *Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung: Ein Handbuch für Theorie und Praxis*, herausgegeben von Jonathan Dyrna, Jana Riedel, Sylvia Schulze-Achatz, und Thomas Köhler, 65–83. Münster: Waxmann.

Dyrna, Jonathan, Maximilian Liebscher, Helge Fischer, und Marius Brade. 2020. «Implementierung von VR-basierten Lernumgebungen – Theoretischer Bezugsrahmen und praktische Anwendung». In *Seamless Learning – lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen*, herausgegeben von Claude Müller Werder, und Jennifer Erlemann, 59–68. Münster: Waxmann.

Erpenbeck, John, Lutz von Rosenstiel, Sven Grote, und Werner Sauter, Hrsg. 2017. *Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis.* 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. https://doi.org/10.34156/9783791035123.

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* (Occasional Papers): 58–80. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X.

Jensen, Lasse, und Flemming Konradsen. 2018. «A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training». *Educ Inf Technol* 23: 1515–29. https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0.

Kerres, Michael. 2005. «Gestaltungsorientierte Mediendidaktik und ihr Verhältnis zur Allgemeinen Didaktik». In *Allgemeine Didaktik im Wandel*, herausgegeben von Peter Stadtfeld, und Bernhard Dieckmann, 214–34. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kerres, Michael. 2018. *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote.* 5., erweiterte Auflage. Berlin: De Gruyter Oldenbourg. https://doi.org/10.1515/9783110456837.

Kerres, Michael. 2020. «Against All Odds: Education in Germany Coping with Covid-19». *Postdigital Science and Education* 2: 690–94. https://doi.org/10.1007/s42438-020-00130-7.

Kim, Hyun K., Jaehyun Park, Yeongcheol Choi, und Mungyeong Choe. 2018. «Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ): Motion Sickness Measurement Index in a Virtual Reality Environment». *Applied Ergonomics* 69: 66–73. https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.12.016.

Köhler, Thomas, Sander Münster, und Lars Schlenker. 2014. «Smart communities in virtual reality. A comparison of design approaches for academic education». *Interaction Design and Architecture(s) Journal* 22: 48–59.

Lee, Elinda Ai-Lim, und Kok Wai Wong. 2014. «Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected». *Computers & Education* 79:49–58. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010.

Makransky, Guido, Niels K. Andreasen, Sarune Baceviciute, und Richard E. Mayer. 2021. «Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality». *Journal of Educational Psychology* 113: 719–35. https://doi.org/10.1037/edu0000473.

Makransky, Guido, Thomas S. Terkildsen, und Richard E. Mayer. 2019. «Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning». *Learning and Instruction* 60: 225–36. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007.

Martín-Gutiérrez, Jorge, Carlos Efrén Mora, Beatriz Añorbe-Díaz, und Antonio González-Marrero. 2017. «Virtual Technologies Trends in Education». *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 13: 469–86. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a.

Mayer, Richard E. 2014. «Introduction to Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 1–24. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.002.

Meyer, Oliver A., Magnus K. Omdahl, und Guido Makransky. 2019. «Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment». *Computers & Education* 140: 103603. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103603.

Milgram, Paul, und Fumio Kishino. 1994. «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays». *IEICE Transactions on Information System* 77: 1321–29.

Mseleku, Zethembe. 2020. «A Literature Review of E-Learning and E-Teaching in the Era of Covid-19 Pandemic». *International Journal of Innovative Science and Research Technology* 5: 588–97.

Mulders, Miriam, und Josef Buchner. 2020. «Lernen in immersiven virtuellen Welten aus der Perspektive der Mediendidaktik». *Medienimpulse* 58: 1–23. https://doi.org/10.21243/mi-02-20-22.

Müller, Holger. 2021. «Zehn wichtige Fähigkeiten für selbstgesteuertes Lernen». In *Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung: Ein Handbuch für Theorie und Praxis*, herausgegeben von Jonathan Dyrna, Jana Riedel, Sylvia Schulze-Achatz, und Thomas Köhler, 346–57. Münster: Waxmann.

Müller Werder, Claude, und Jennifer Erlemann, Hrsg. 2020. *Seamless Learning – lebenslanges, durchgängiges Lernen ermöglichen.* Münster: Waxmann. https://doi.org/10.31244/9783830992448.

Oertel, Lars, Jonathan Dyrna, Helge Fischer, und Marius Brade. 2019. «DOmIcILE-VR – Wohnungsabnahmen Virtuell Trainieren». In *Gemeinschaften in neuen Medien. Erforschung der digitalen Transformation in Wissenschaft, Wirtschaft, Bildung und öffentlicher Verwaltung*, herausgegeben von Thomas Köhler, Eric Schoop, und Nina Kahnwald, 306–13. Dresden: TUDpress. https://doi.org/10.25656/01:22407.

Parong, Jocelyn, und Richard E. Mayer. 2018. «Learning science in immersive virtual reality». *Journal of Educational Psychology* 110: 785–97. https://doi.org/10.1037/edu0000241.

Parong, Jocelyn, und Richard E. Mayer. 2021. «Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality». *Journal of Computer Assisted Learning* 37: 226–41. https://doi.org/10.1111/jcal.12482.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda». *Computers & Education* 147: 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Riedel, Jana. 2021. «20 Methoden zur Unterstützung des selbstgesteuerten Lernens». In *Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung: Ein Handbuch für Theorie und Praxis*, herausgegeben von Jonathan Dyrna, Jana Riedel, Sylvia Schulze-Achatz, und Thomas Köhler, 202–47. Münster: Waxmann.

Riedel, Jana, und Kathrin Möbius. 2021. «Zehn Prinzipien für erfolgreiches selbstgesteuertes Lernen». In *Selbstgesteuertes Lernen in der beruflichen Weiterbildung: Ein Handbuch für Theorie und Praxis*, herausgegeben von Jonathan Dyrna, Jana Riedel, Sylvia Schulze-Achatz, und Thomas Köhler, 130–43. Münster: Waxmann.

Schön, Donald A. 1983. *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York, NY: Basic Books.

Schrepp, Martin, Andreas Hinderks, und Jörg Thomaschewski. 2017. «Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S)». *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence* 4:103–8. https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.09.001.

Schwan, Stephan, und Jürgen Buder. 2002. «Lernen und Wissenserwerb in Virtuellen Realitäten». In *Virtuelle Realitäten*, herausgegeben von Gary Bente, Nicole C. Krämer, und Anita Petersen, 109–32. Göttingen: Hogrefe.

Tao, Ni, G. S. Schmidt, O. G. Staadt, M. A. Livingston, R. Ball, und R. May. 2006. «A Survey of Large High-Resolution Display Technologies, Techniques, and Applications». In *IEEE Virtual Reality, Haptics Symposium and Symposium on 3D User Interface*, herausgegeben von IEEE, 223–36: IEEE. https://doi.org/10.1109/VR.2006.20.

Teichmann, Malte, André Ullrich, Julian Wenz, und Norbert Gronau. 2020. «Herausforderungen und Handlungsempfehlungen betrieblicher Weiterbildungspraxis in Zeiten der Digitalisierung». *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 57: 512–27. https://doi.org/10.1365/s40702-020-00614-x.

Verband der Immobilienverwalter Deutschland e. V. (VDIV). 2021. *9. VDIV-Branchenbarometer.* Berlin: VDIV.

Vogt, Andrea, Patrick Albus, und Tina Seufert. 2021. «Learning in Virtual Reality: Bridging the Motivation Gap by Adding Annotations». *Frontiers in Psychology* 12: 645032. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.645032.

Wang, Peng, Peng Wu, Jun Wang, Hung-Lin Chi, und Xiangyu Wang. 2018. «A Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training». *International Journal of Environmental Research and Public health* 15: 1204. https://doi.org/10.3390/ijerph15061204.

Weiß, Reinhold. 2018. «Bildungsökonomie und Finanzierung von Weiterbildung». In *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, herausgegeben von Rudolf Tippelt, und Aiga von Hippel, 565–86. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19979-5_28.

Wouters, Pieter, Christof van Nimwegen, Herre van Oostendorp, und Erik D. van der Spek. 2013. «A Meta-Analysis of the Cognitive and Motivational Effects of Serious Games.» *Journal of Educational Psychology* 105: 249–65. https://doi.org/10.1037/a0031311.

Wu, Bian, Xiaoxue Yu, und Xiaoqing Gu. 2020. «Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis». *British Journal of Educational Technology* 51: 1991–2005. https://doi.org/10.1111/bjet.13023.

Förderhinweis

Diese Veröffentlichung ist ein Ergebnis des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens «Digitale Bildungsangebote in der Immobilienwirtschaft mittels Virtual Reality» (DOmIcILE-VR), das vom Europäischen Sozialfonds (ESF) und vom Freistaat Sachsen der Bundesrepublik Deutschland gefördert wurde.

Europäische Union

Europa fördert Sachsen.
ESF
Europäischer Sozialfonds

Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf Grundlage des von den Abgeordneten des Sächsischen Landtags beschlossenen Haushaltes.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Einsatz von virtuellen Rundgängen in der Distanz-Laborlehre

Praxisbeispiele aus dem Projekt Lab4home

Christoph Braun[1], Fares Kayali[2], Thomas Moser[1]

[1] Fachhochschule St. Pölten

[2] Universität Wien

Zusammenfassung
Die praktische Laborlehre an der Fachhochschule St. Pölten ist seit Aufkommen der Covid-19-Pandemie von situationsbedingten Problemen betroffen. Zusätzlich zu dem durch einzuhaltende Abstandsregeln entstandenen Platzmangel und erweiterten Zutrittsbeschränkungen zur Benutzung der Labore kommt es zu kurzfristigen Umplanungen bzw. Umstellungen der Lehreinheiten von Präsenz- auf Hybrid- oder Onlinelehre. Aufgrund der eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten der Laborinfrastruktur, startete daher das Projekt Lab4home mit dem Ziel, neue didaktische Szenarien zur Durchführung von Distanz-Laborlehreinheiten zu entwickeln. Dabei steht eine gemeinsame Konzeption von didaktischen Elementen der Vermittlung, Aktivierung und Betreuung im Einklang mit technisch und finanziell realisierbaren Möglichkeiten. Dieser Beitrag soll nun anhand von zwei Praxisbeispielen zeigen, wie aktuelle Virtual-Reality-Technologien in Form von interaktiv aufbereiteten 360°-Bildmaterialien in didaktische Szenarien eingegliedert wurden. Beantwortet wird dabei, welche Entscheidungen es benötigte, um in Anlehnung an bereits erprobte Gestaltungsprinzipien und Theorien diese Technologie in der Online-Laborlehre einzusetzen. Im Einsatz der entwickelten Szenarien zeigten sich dann zuvor nicht bedachte Auswirkungen auf die Lehre und die infrastrukturelle Organisation. In Form von didaktisch geplanten Panoramafotos wurden den Lernenden beispielsweise Inhalte zur 3D-Druck-Technologie aus wenig bekannten Blickwinkeln (Innerhalb eines 3D-Druckers) vermittelt, wobei bereits medientechnische Grundkenntnisse ausreichten, um die Lernmaterialien zu entwickeln. Das erhobene Feedback der Studierenden zeigt, dass die inhaltliche Erweiterung der Distanz-Laborlehre positiv wahrgenommen wird. Die aus der Umsetzung der ersten beiden Praxisanwendungen entstandenen Erkenntnisse dienen nun zur Entwicklung und Durchführung einer weiterführenden Feldstudie.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Braun, Christoph, Fares Kayali, und Thomas Moser. 2022. «Einsatz von virtuellen Rundgängen in der Distanz-Laborlehre. Praxisbeispiele aus dem Projekt Lab4home». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 196–219. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.10.X.

Using Virtual Tours to Support Distance Laboratory Lectures. Practical Examples from the Project Lab4home

Abstract

Practical laboratory lectures at the University of Applied Sciences St. Pölten are affected by situational problems since the outbreak of the Covid-19-pandemic. Due to the limited possibilities for the use of the lab in presence lectures, the project Lab4home was initialized to develop new didactic scenarios for the use in distance laboratory lectures. The connection of didactic elements of teaching, activation, and support with technically and financially feasible components should be in the project focus. This article will show how current virtual reality technologies in the setting of interactive 360° image content are integrated into didactic scenarios, described in two practical examples. The Article shows, which decisions were necessary to use this technology in online lab lectures, based on proven design principles and theories. Under field use of the developed scenarios, previously unconsidered effects in the area of teaching and infrastructural organization appeared. For example, using didactically planned panoramic photos, learners got the chance for information about the 3D printing technology from little-known point of views (inside a 3D printer). The first outcomes showed, that even with basic knowledge of media technology, it is possible to produce learning materials for supporting distance lab settings which students reported positively in their Feedback. The knowledge gained from the implementation of the first two practical applications is now being used to develop a further field study, using empirical research methods.

1. Einleitung

Wie viele nationale und internationale Hochschulen verfügt auch die österreichische Fachhochschule St. Pölten über mehrere den Studiengängen und Projekten zugeordnete, effektiv gestaltete Lern- und Lehrräume. Gemeint sind damit thematisch angepasste und ausgestattete Räume, um gezielt gemeinschaftliche, aktive und kompetenzorientierte Lernsettings zu fördern (Gerlich 2014). So wurde bereits im Jahr 2015 ein Raum zum damaligen Trendthema «Industrie 4.0» geschaffen, welcher bis heute einen fixen Bestandteil mit weitgehender Integration in Lehre und Projekte darstellt. Neben Grundlagen wie Elektrotechnik oder Maschinenbau werden in dem als Industrie 4.0 Labor bezeichneten Raum auch themennahe Fachkompetenzen aus den Bereichen Web 2.0, Internet der Dinge, 3D-Druck und Robotertechnologie vermittelt (Pfeiffer et al. 2016). Das ursprünglich aus der industriellen Produktion stammende Thema Industrie 4.0 hat sich mittlerweile in verschiedenen Arbeitsumfeldern bzw. Branchen sowie in kleinen und mittleren Unternehmen etabliert und wird heutzutage auch als Synonym für die digitale Transformation von Unternehmen verstanden

(Moser et al. 2017). Aufgrund dieser breit aufgestellten Themen stieg die Auslastung des Labors in den letzten Jahren stetig an, wobei neben den Lehrveranstaltungen für Studierende ebenso Seminare und Workshops für Unternehmen abgehalten wurden. Leider wurde auch dieses erfolgreiche Laborkonzept durch die aussergewöhnliche Covid-19-Situation beeinflusst. Als der Zugang zum Industrie 4.0 Labor ab dem Sommersemester 2020 aufgrund der einzuhaltenden Abstandsregeln und Zutrittsbeschränkungen sowie durch kurzfristige Umplanungen der Lehreinheiten von Präsenz- auf Hybrid- oder Onlinelehre, nur noch sehr eingeschränkt möglich war, startete daher das hausinterne Projekt «Lab4home». Gezielt möchte man in diesem Projekt neue Ansätze erarbeiten, um das Labor durch technische und didaktische Adaptierungen in eine Art Fernlehre-Modus zu versetzen. Die im Labor verfügbaren Lehr- und Lerninstallationen, Geräte und Maschinen sollen dabei den Studierenden trotz Distanzlehre ortsunabhängig zugänglich gemacht werden, um so einerseits die Laborlehre aufrechtzuerhalten, andererseits Studierenden neue Chancen zur selbstgesteuerten Kompetenzaneignung zu bieten. Herausfordernd dabei ist, dass je nach Lehrveranstaltung und den somit variierenden Lehr-Lernzielen der Raum in seiner Funktion stark variiert. Dennoch wurden seit Projektstart bereits erste neu adaptierte didaktische Szenarien ausgearbeitet und durchgeführt, wobei neben mobil einsetzbarer Labor-Ausstattung und Elektronik-Simulations-Tools (z. B. Tinkercad) auch erstmals «virtuelle Rundgänge» in der Distanz-Laborlehre zum Einsatz kamen. Die virtuellen Rundgänge wurden dabei in Form von 360°-Kugelpanoramafotos umgesetzt, die per Web-Anwendung zu einer Art Rundgang angeordnet sind und interaktiv betrachtet werden können. Der Einsatz dieser Medien wird bereits seit längerer Zeit z. B. als Ersatz für reale Exkursionen im Bildungsreich untersucht (Bowman et al. 1999). Ebenso sind virtuelle Rundgänge, wie Hirzinger und Strackenbrock (2020) sie beschreiben, auch bereits seit längerer Zeit im Bereich touristischer Anwendungen bekannt. Wie von Trentsios, Wolf und Frerich gezeigt (2020), werden virtuelle Rundgänge auch bereits mit den Möglichkeiten eines Labor-Fernzugriffs kombiniert. Gemeint sind dabei sogenannte Remote-Labore; diese ermöglichen den Lehrenden und Lernenden, dezentral gesteuerte und überwachte Experimente durchzuführen. Ein im Labor befindlicher Roboter kann etwa von zu Hause aus gesteuert und per Videokamera überwacht werden. Remote-Labore stellen einen weiteren Ansatz zur Distanz-Laborlehre dar, werden allerdings in diesem Artikel nicht weiter betrachtet. Obwohl die bereits erwähnten 360°-Kugelpanoramafotos nicht mehr unbedingt als neuartige Technologie zu bezeichnen sind, können sie doch als «Virtual-Reality» (VR) Technologie diskutiert bzw. sogar wie von Hellriegel und Čubela (2018) oder auch von Zobel et al. (2018) als solche klassifiziert werden. Werden zudem einzelne 360°-Medien oder auch daraus erstellte virtuelle Rundgänge in kompatiblen VR-Datenbrillen besichtigt, schreibt Feurstein (2019) von einer *immersiven Betrachtungsweise*. Fokussiert auf das Thema der virtuellen Rundgänge, sollen mit diesem Artikel

die bereits umgesetzten Szenarien aus der Lehre am Praxisbeispiel des aufgrund der Covid-19-Situation nichtzugänglichen Industrie 4.0 Labors der FH St. Pölten vorgestellt sowie erste Erfahrungen aus der didaktisch-technologischen Entwicklung und Anwendung geteilt werden. Obwohl die beiden im Artikel thematisierten Beispiele in einem explorativen Format durchgeführt wurden, stellte man sich während der Phasen der Entwicklung und Umsetzung dennoch mehrere zu beantwortende Fragen hinsichtlich der Gestaltung und Anwendung von virtuellen Rundgängen in der Distanz-Laborlehre. Die erarbeiteten Fragestellungen werden in Kapitel 2 nun näher betrachtet und diskutiert. Das Ziel des Artikels ist, diese Fragestellungen für die Entwicklung weiterer Distanz-Laborlehreinheiten transferierbar darzustellen. Vorstellbar sind z. B. virtuelle Rundgänge im Bereich von Physiklaboren (Pirker et al. 2019). Die praktische Umsetzung der zu den jeweiligen Fragstellungen getroffenen Gestaltungsentscheidungen wird dann in Form der beiden Beispiele in Kapitel 3 verdeutlicht. Die damit zu beantwortende Forschungsfrage lautet: *Wie können virtuelle Rundgänge als Element eines didaktischen Szenarios in der Distanz-Laborlehre eingesetzt werden?* Die in diesem Artikel beschriebene Herangehensweise zur Entwicklung und Anwendung der virtuellen Rundgänge wie auch die Fragestellungen und Gestaltungsentscheidungen sollten dabei als nicht vollständig betrachtet werden. Es handelt sich dabei vielmehr um erste explorative und auf Feedback von Studierenden basierende Erkenntnisse, die zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen werden. Auch die u. a. von Janßen et al. (2016) genannten und für den breiteren Einsatz von VR-Medien im Bildungsbereich thematisierten wichtigen Anforderungen hinsichtlich allgemeiner Akzeptanz von Personal- und Organisationsentwicklung zum Einsatz solcher Technologien werden in diesem Artikel aufgrund der speziellen Betrachtung der Praxisbeispiele nicht diskutiert.

2. Entwicklung didaktischer Szenarien

Den Beginn zur Entwicklung und Durchführung einer Distanz-Laborlehreinheit stellte die Ausarbeitung eines *didaktischen Szenarios* dar. Auch wenn dieser Begriff in der Vergangenheit wie z. B. von Schulmeister (2006) oder auch von Hasanbegovic (2004) eine etwas variierende Definition erfahren hat, wird in diesem Artikel von einem praktisch orientierten Plan zur Abhaltung von Lehreinheiten, nach der Strukturierung von Reinmann (2015), ausgegangen. Wie in ihrem Studientext beschrieben, beinhaltet dieser zumindest Informationen zu Einsatz und Gestaltung von Lehrmaterialien (Komponente Vermittlung), Aufgaben (Komponente Aktivierung) und begleitenden Kommunikationsmassnahmen (Komponente Betreuung). Dabei orientieren sich die einzelnen Bestandteile (Komponenten) an den zu Beginn der Planung definierten Lehr-Lernzielen für die jeweilige Lehrveranstaltung. Das Zusammenspiel aller Komponenten bildet dabei das Szenario. Bezogen auf den Einsatz von virtuellen

Rundgängen wurden nun im Vorfeld zu jeder der genannten Komponenten die zu klärenden Fragen aufgestellt. In einigen Artikeln wurden diese – in der Planungsphase getroffenen – Entscheidungen auch später in Entscheidungsbäumen aufbereitet (Daling et al. 2021). Herausfordernd dabei ist, dass zwar jede Komponente für sich individuell geplant wird, aber dennoch eine gewisse Harmonie mit den beiden weiteren Komponenten bestehen soll. Krämer (2017) schreibt dazu, dass neben der Abstimmung der Technologie auf die Lehr-Lernziele auch die damit geplante didaktische Umsetzung lerntheoretisch fundiert sein soll.

2.1 Komponente Vermittlung

Beim ersten zu planenden Element wurden Entscheidungen hinsichtlich der Auswahl von Lerninhalten sowie der Art der Darbietung von Lernmaterialien getroffen. Dazu erfolgte ebenfalls eine Auseinandersetzung mit den Grundlagen zu rezeptiven Lernprozessen, deren Fokus auf den Modellen von Mayer (2005) und Schnotz (2005) lag. So werden in der «kognitiven Theorie des multimedialen Lernens» oder im «integrativen Modell des Text- und Bildverständnisses» Empfehlungen zur Darbietung von multimedialen Lernmaterialen gegeben, an denen sich diese im Artikel beschriebenen Praxisbeispiele orientieren. Angelehnt an diese Theorien und Modelle haben zudem bereits Mulders, Buchner und Kerres (2020) begonnen, dafür Rahmenbedingungen zur Anwendung bei VR-Lernumgebungen zu entwickeln.

1. *Was soll virtuell abgebildet werden?* Auch wenn die hier beschriebenen Fragestellungen nicht unbedingt in der aufgelisteten Reihenfolge beantwortet werden müssen, wird dennoch empfohlen, diese Frage als Ausgangsposition anzusehen, ist sie doch direkt mit den Lehr-Lernzielen und den damit festzulegenden Inhalten verknüpft. Beispielsweise kann hierbei definiert werden, ob ein gesamtes Labor virtuell abgebildet werden soll oder ob es genügt bzw. sogar gewünscht ist, jeweils nur eine Position, z. B. in der Nähe des 3D-Druckers, detailliert in Form von mehreren Bildern aufzubereiten.
2. *Welche Technologie soll zur Abbildung gewählt werden?* Wie bereits beschrieben fand im Projekt Lab4home lediglich die Technologie der 360°-Panoramafotografie Verwendung. Jedoch zeigt sich selbst bei dieser heutzutage als wenig aufwendig und schnell einsetzbar geltenden Technologie, dass es wesentliche Unterschiede in technischer Qualität, Ausführung und den damit verbundenen Arbeitsschritten zur Produktion der Fotos gibt. So geht dabei, wie Cai, Ch'ng und Li (2018) oder auch Ceulemans et al. (2018) beschreiben, die Bandbreite an Möglichkeiten zur Anfertigung eines Panoramafotos von der Smartphone-App (Google Street View) über diverse Actioncams (z. B. GoPro) hin zu professionellen 360°-Kameras (z. B. Insta360 Titan) oder noch weiter zu Spezialkonstruktionen in Kombination mit

digitalen Spiegelreflexkameras. Aufsteigend in der Bildqualität und den Anschaffungskosten der beschriebenen Lösungen, steigt zudem auch die Anforderung an technische Kompetenzen, welche es benötigt, um die Panoramabilder zu produzieren. Hervorzuheben ist hierbei allerdings, dass sich die Bedienung selbst von professionellen 360°-Panoramakameras sich nicht wesentlich von derjenigen einer normalen Actioncam unterscheidet. Lediglich im Einsatz von Spezialkonstruktionen mit Spiegelreflexkameras wird erweitertes Wissen zur Kameratechnologie vorausgesetzt. Neben der Entscheidung zur Bildqualität hat das Projekt Lab4home gezeigt, dass auch die inhaltliche Frage an der Entscheidung der passenden Kameratechnologie beteiligt ist. Soll z. B. das Innere eines 3D-Druckers veranschaulicht werden, muss dazu aufgrund des Platzmangels eine eher kleinere 360°-Actioncam zur Abbildung verwendet werden.

3. *Welche Endgeräte sollen zur Betrachtung der Lernmaterialien verwendet werden?* Auch auf diese Frage hat man heutzutage eine breite Auswahl an Antwortmöglichkeiten. Einerseits ist es sehr einfach und unabhängig vom Betriebssystem möglich, virtuelle Rundgänge und Panoramafotos per Webbrowser auf Laptop, Smartphone und Tablet zu betrachten; andererseits wird bereits verstärkt auf die neu entstehenden hochtechnologischen Möglichkeiten durch den Einsatz von multisensorischen Datenbrillen hingewiesen (Radianti et al. 2020). Im Projekt Lab4home wurde diese Frage anhand einer Betrachtung der Zielgruppe beantwortet. Dabei wurde konkret auf deren vorhandene technische Ausstattung sowie auf ihr Vorwissen geachtet, wobei ebenfalls der Lernort im Entscheidungsprozess berücksichtigt wurde, also der Ort, wo Studierende physisch mit ihren Endgeräten an der Distanz-Lehre teilnehmen, sowie die Dauer der Lehrveranstaltung. Bedacht werden sollte auch noch, ob ein klarer «Use your own Device» Ansatz verfolgt wird oder andere Möglichkeiten, etwa eine Fernleihe von Datenbrillen bestehen.
4. *Welcher Interaktivität bedarf es?* Auch wenn dieser Begriff im Bereich der virtuellen Rundgänge nicht eindeutig definiert werden kann, soll an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, dass dieses Thema dennoch bei der Planung der Szenarios berücksichtigt wurde. Grundsätzlich könnte hierbei bestimmt werden, welche Elemente zur Bedienung des Lernmaterials benötigt werden, wobei ebenso die Frage gestellt werden sollte, welche und wie viel Interaktion zur Unterstützung des Lernprozesses notwendig ist. Es sollte jedenfalls bedacht werden, dass eine nicht zielführende Gestaltung von Interaktionselementen auch negative Auswirkungen auf die Lernprozesse haben kann (Richards 2017). Dabei kann es, wie in der «Cognitive load theory» beschrieben, zu erhöhter kognitiver Belastung kommen (Sweller, Ayres, und Kalyuga 2011). Auch in aktuellerer Literatur wird auf diese Form der Überlastung, auch in Bezug auf virtuelle Rundgänge hingewiesen

(Makransky, Terkildsen, und Mayer 2019). Im Projekt Lab4home folgte man zur besseren Planung der Interaktivität den definierten Kategorien nach Dörner et al. (2013). Dabei werden die möglichen Interaktionen in Selektion (z. B. Auswahl von Punkten, Flächen), Manipulation (Veränderung z. B. eines Gegenstands in der Position oder Grösse), Navigation (Veränderung der Kameraposition im Raum bzw. Änderung der Blickrichtung) und Systemsteuerung (Änderung der Lautstärke, Play/Pause, Laden einer Szene) unterteilt. Zudem sollten ebenfalls noch die Möglichkeiten der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine berücksichtigt werden. So variieren heutzutage – besonders seit dem Aufkommen von Datenbrillen bzw. auch als VR-Headsets bezeichneter Geräte – die Eingabemöglichkeiten. Dabei reichen die Möglichkeiten von Maus und Tastatur über Touchscreens, hin zu Spracheingabe, Hand- und Kopfbewegungen oder weiteren multisensorischen Varianten, wie der Beitrag von Fraune et al. (2021) zeigt. Die Auswahl der passenden Mensch-Maschinen-Interaktionen hängt auch bereits von der Wahl der eingesetzten Endgeräte und daher wieder von den technologischen Vorkenntnissen der Lernenden ab. Um eine Überlastung bzw. den dadurch möglichen resultierenden Motivationsverlust oder negative Emotionen bei Lernenden gering zu halten, wird an dieser Stelle nochmals auf die in der Entwicklungsphase durchgeführte Betrachtung der Zielgruppe hingewiesen. Beispielsweise wurden die Studierenden in der Entwicklungsphase befragt, ob sie über ein VR-Headset verfügen und dessen Benutzung in ihrer räumlichen Lernsituation möglich sei.

5. *Welche multimediale Darstellung der Inhalte benötigt es?* Ein weiteres und mit den bisherigen Fragestellungen verknüpftes Thema, ist letztlich jenes der Art der Darstellung der Inhalte. So sollte in der Planung die Entscheidung getroffen werden, ob die Informationen in Form von Sprache (gesprochen oder schriftlich), Bildern (Grafik, Fotos und Videos) oder dynamischen Kompositionen (animierte Grafiken oder Modelle) dargestellt werden. Über in virtuelle Rundgänge eingebundene Hotspots (auch access points), die wiederum Elemente für Interaktionen darstellen, bekommen Lernende z. B. durch das Anklicken zusätzlich zu dem jeweiligen Kugelpanoramafoto erweiterte Informationen in den genannten Formen (auch Codierung genannt) vermittelt (Heinz, Büttner, und Röcker 2019). Als Herausforderung gilt hier, die möglicherweise bereits getroffene Entscheidung über die Endgeräte zu berücksichtigen. Beispielsweise können keine gesprochenen Informationen vermittelt werden, wenn das Ausgabegerät über keinerlei Lautsprecher verfügt oder die Situation der Lernenden aufgrund unzureichender Internetanbindung am Lernort keine Videoeinbindung zulässt. Zusätzlich zu dieser Anmerkung soll hier auch die Wichtigkeit einer Auseinandersetzung mit bekannten Prinzipien sowie den daraus oft resultierenden Gestaltungsempfehlungen zum multimedialen Lernen unterstrichen werden. Abgeleitete Empfehlungen aus der bereits

beschriebenen «cognitive load theory», beispielweise Multimedia-, Kontiguitäts-, Kohärenz-, Modalitäts-, und Redundanzprinzip, sollen daher wahrgenommen und in der Gestaltung von Text-Bild-Kombinationen angewendet werden, wie sie häufig in virtuellen Rundgängen vorkommen.

2.2 Komponente Aktivierung

Nach der Darstellung von Elementen zur Vermittlung von Informationen in der Distanz-Laborlehre unter Anwendung von virtuellen Rundgängen soll dieses Unterkapitel nun die im Projekt Lab4home berücksichtigten Elemente zur Aktivierung der Lernenden darstellen. Der Begriff selbst kann beschrieben werden als Gestaltung von Massnahmen, die der Motivierung, Einladung und Bindung von Lernenden zur produktiven und reproduktiven Auseinandersetzung mit den Lernmaterialien dienen (Reinmann 2015). Die Massnahmen können dabei je nach Zielen, Inhalten und Materialien sehr vielfältige Formen aufweisen. Einzel- oder Gruppenarbeiten in Form von Diskussionen, Schnitzeljagd, Lückentexte, Quizzes, Design- oder Projektaufträge sollen hierbei nur stellvertretend als Überblick für die Fülle an Möglichkeiten zur Aufgabengestaltung genannt werden. Im folgenden Absatz werden nun die im Projekt Lab4home beachteten Entscheidungen dargestellt.

1. *Wie kann der virtuelle Rundgang selbst als Motivation genutzt werden?* Auch wenn in der Vergangenheit empirische Forschungsergebnisse zum Thema Lernen mit VR teils widersprüchliche Ergebnisse zu den Auswirkungen auf Lernprozesse geliefert hatten, so wird im Projekt Lab4home dennoch – und ebenfalls im Beitrag von Daling et al. (2020) beschrieben – davon ausgegangen, dass die Aufbereitung der Materialien in Form von virtuellen Rundgängen eine positive Auswirkung auf die Motivation der Lernenden mitbringt. Zumal eine Laborübung in Präsenz ohnehin in manchen Phasen der Corona-Situation keinesfalls erlaubt war, entschloss man sich dazu, virtuelle Rundgänge explorativ in die Distanz-Laborlehre einzubauen, ohne die Auswirkungen auf die Lernenden vorab zu kennen. Um die Studierenden zur Teilnahme an einer Distanz-Laborlehre zu motivieren, wurden daher in den im Projekt entwickelten Szenarien Massnahmen eingeplant, die dazu dienen, die Studierenden über die neuartige Technologie und deren Einsatz im Labor zu informieren. Ziel war es, die Lernenden auf einer allgemeinen Ebene, basierend auf dem Interesse an der Technologie, zur Teilnahme an den Laborübungen zu aktivieren. Als Beispiel kann hier die Benachrichtigung von Studierenden über den Einsatz eines virtuellen Rundgangs in der kommenden Lehrveranstaltung genannt werden. Eine Aktivierung der Studierenden soll dabei auf einem Neuheitseffekt basieren, ausgelöst durch den Einsatz der Technologie in der Lehrveranstaltung. Hier sollte beobachtet werden, ob mit der voranschreitenden technischen Entwicklung in den kommenden Jahren weitere Studien wie

jene von Cai, Ch'ng und Li (2018) oder auch Jokela, Ojala und Väänänen (2019), publiziert werden, die derartige Auswirkungen eines Neuheitseffekts auf die Motivation auch explizit untersuchen.

2. *Welche vorbereitenden Aktivitäten sind zu beachten?* Als Vorbereitung werden in diesem Artikel die an die teilnehmenden Studierenden kommunizierten Aufgaben verstanden, die im Vorfeld einer später synchron abgehaltenen Online-Einheit ausgeführt werden sollen. Dabei sollen die Lernenden in den Aktivitäten einerseits die VR-Technologie und deren Umgang erlernen, andererseits bereits erste einfache inhaltliche Themen vermittelt bekommen. Angenommen wird dabei, dass es durch die vorab abgehaltenen Aktivitäten zu einer Verminderung der kognitiven Belastung in den später folgenden Online-Einheiten kommt (R. E. Mayer und Pilegard 2014). So kann beispielsweise in eigens angepassten virtuellen Rundgängen bereits ein Labor oder ein Raum virtuell frei erkundet werden, um sich mit der Interaktionsgestaltung der VR-Webanwendung wie auch mit der Art des Lernmaterials auseinanderzusetzen. Bei zielgerichteter Auswahl des virtuellen Raums können zudem auch erste thematisch sinnvolle Inhalte vermittelt werden. Ob ein Kennenlernen der VR-Technologie ohne inhaltlichen Bezug zu den Lerninhalten, z. B. die Besichtigung eines Berggipfels als Vorbereitung für eine Lehreinheit zum Thema Automatisierungstechnik, zu eher negativen Emotionen bei Lernenden führt, bleibt eine offene Frage, die in diesem Projekt bisher nicht beantwortet werden konnte. Im Projekt wird jedoch das Ziel verfolgt, den Lernenden den Zweck des Erlernens und Anwendens von VR-Technologien im Zuge von Lehrveranstaltungen klar zu vermitteln. Angemerkt sei hier auch, dass in diesem Artikel unter aktivierenden bzw. vorbereitenden Aufgaben jedenfalls auch Tätigkeiten zum Aufbau oder der Überprüfung von Internetanbindung, Endgeräten und physischen Lernplätzen verstanden werden. In den Praxisbeispielen strukturierte man zudem die aktivierenden Massnahmen in kleine und aufeinander aufbauende Arbeitspakete. Damit soll eine Überlastung der Lernenden und eine daraus resultierende Ablehnung der Lernmaterialien vermieden werden.
3. *Welche nachbereitenden Aktivitäten sind zu beachten?* Diese Aktivitäten können – ähnlich wie in der Vorbereitung – mit dem Ziel gestaltet werden, Lernenden zur weiteren Beschäftigung mit Lerninhalten zu motivieren. Beispielsweise können nach Abschluss von Arbeitsaufträgen (z. B. Beantwortung von Fragen durch Recherchearbeiten) neue virtuelle Räume freigeschaltet oder die Lernenden aufgefordert werden, dass sie sich die bereits zur Verfügung gestellten Rundgänge in der Nachbereitung mit weiteren Endgeräten ansehen, z. B. mit einer Datenbrille (z. B. Oculus Quest) oder am Smartphone. Dadurch erfolgt eine wiederholte Auseinandersetzung mit den Lerninhalten, wobei dieser Prozess durch das geänderte Endgerät und die wiederum neu entstehenden Erfahrungen (anderer Blickwinkel, etc.) für Lernende aktivierend wirken soll.

4. *Wie kann eine Kombination aus online und offline stattfindenden Aktivitäten hergestellt werden?* Eine weitere Fragestellung, die sich in der Entwicklung der Praxisbeispiele stellte, ist jene, wie möglicherweise eine Verknüpfung zwischen online (zugänglich nur mit Internetanschluss) abrufbaren Lernmaterialien und offline verfügbaren Lernaktivitäten gestaltet sein könnte. Mit solchen Kombinationen könnte durch die besondere Abwechslung eine weitere Auseinandersetzung der Lernenden mit den thematischen Inhalten erreicht werden, wobei gleichzeitig der Zwang zu permanenten infrastrukturellen Voraussetzungen (z. B. Endgeräte und Internetanbindung) reduziert wird. Eine Form dafür kann eine offene Übungsaufgabe sein. Dabei sollen Lernende nach der virtuellen Besichtigung eines Labors und seiner Ausstattung eine Planskizze auf Papier zeichnen. Die Aufgabe besteht darin, dass der zu zeichnende Raumplan der eigenen räumlichen Umgebung (eigene Wohnung, Zimmer etc.) entspricht und diese mit den Geräten des Labors ausgestattet wird. Die Aufgaben sind abhängig vom jeweiligen Lehr-Lernziel, aber bei entsprechendem Aufwand für die Lehrenden dennoch konzipierbar. Anzudenken sind auch offline (ohne Internetverbindung) abgehaltene digitale Aktivitäten, z. B. das Erstellen von Mindmaps, z. B. zur Fragestellung, wie der virtuell besichtigte Raum in der Realität genutzt oder erweitert (Welche weitere Ausstattung benötigt der Raum?) werden kann.

2.3 Komponente Betreuung

Obwohl die Sinnhaftigkeit von Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden in den vorangegangenen Unterkapiteln bereits indirekt erwähnt wurde, soll nun diese in Verbindung mit der Aktivierung stehende Komponente noch im Detail beschrieben werden. Ziel ist es, den Lernprozess für Lernende durch abgestimmte Elemente der Kommunikation zu fördern. Die Komponente beinhaltet Massnahmen wie z. B. einen angeleiteten virtuellen Rundgang und Instruktionen zum Erlernen der Bedienung der Webanwendung, genauso wie Besprechungen von erarbeiteten Aufgabenergebnissen oder Massnahmen zur Unterstützung von kooperativen Lernsettings (Gruppenarbeit unter Anwendung des virtuellen Rundgangs). Es handelt sich um eine Art Bindeglied zwischen Vermittlung und Aktivierung, wobei Kommunikation in sehr unterschiedlichen Formen auftreten kann. So können Lehrende nach Reinmann (2015) beispielsweise als tutorielle und problemlösende Personen im didaktischen Szenario auftreten oder auch feedbackgebende und weitere Rollen einnehmen.

1. *Wie erfolgt die Auswahl der Möglichkeiten zur synchronen Betreuung?* Gemeint ist dabei vorrangig die Festlegung von Massnahmen zur Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden, die zwar örtlich (Distanz-Laborlehre) unabhängig, aber zeitlich synchron und gemeinsam stattfinden. Stellvertretend kann dafür eine Online-Videokonferenz genannt werden, wobei auch diverse Webanwendungen für

kollaborierendes Arbeiten wie beispielsweise Notizblöcke, Whiteboards, Abstimmungsplattformen (Voting) als synchrone Kommunikation z. B. für Gruppenarbeiten angesehen werden können. Die besagten Varianten und Tools sollen in den geplanten Szenarien jedenfalls dort berücksichtigt werden, wo bereits im Vorfeld zur Abhaltung der Lehre Verständnisprobleme in der Informationsvermittlung erwartet werden oder wo es methodisch vorteilhaft sein kann, einen bidirektionalen Vermittlungsstil (z. B. Fragen, Antworten, Diskussionen) anzuwenden. Durch die synchrone Kommunikation lässt sich zudem eine Art Präsenz aufbauen, was besonders in der Distanz-Lehre einen Motivationsfaktor darstellen kann. Speziell in den ersten Einheiten der Distanz-Lehre sollte auf eine synchrone Kommunikation gesetzt werden, z. B. zur Überprüfung der Kenntnisse zur Bedienung der VR-Anwendung und in der Unterstützung bei technischen oder strukturellen Fragen oder Problemen. Ebenso können gewisse Inhalte auch als synchron abgehaltener Vortrag vermittelt werden, die Bilder des virtuellen Rundgangs dabei als Unterstützung dienen. Es wäre dabei möglich, dass der Lehrende seine eigene Bildschirmansicht während des Rundgangs per Screensharing-Funktion mit den Lernenden teilt und mit diesen Bildern seine Präsentation unterstützt. Letztlich können auch Aufgabenstellungen synchron gut besprochen werden, wobei der zeitliche Rahmen eine nicht zu unterschätzende Rolle spielt. Gemeint ist damit, ob die Aufgaben in einer einzigen Einheit ausgeführt werden oder in einem gewissen Zeitraum, z. B. über mehrere Wochen erledigt werden sollen. Hier gilt es sicherlich auch anzudenken, mehrere und eventuell auch kürzere virtuelle Präsenzeinheiten über einen Zeitraum verteilt anzubieten. Wie bereits beschrieben, sollen mit diesem Artikel erste Versionen von Fragestellungen zur Gestaltung präsentiert werden. Wie und warum die jeweiligen Antworten bzw. Entscheidungen getroffen werden, kann zumeist nur in der Praxis bestimmt werden, wie jenem in diesem Artikel vorgestellten Projekt geschehen.

2. *Wie erfolgt die Auswahl der Möglichkeiten zur asynchronen Betreuung?* Die zweite und sicherlich häufig in E-Learning-Settings anzutreffende Form ist jene der zeitlich (im Bereich von Distanz-Lehre auch örtlich) unabhängigen bzw. versetzten Betreuung. Fern vom bekannten Frontalunterricht passen sich die Szenarien mit asynchronen Elementen für die Lernenden hinsichtlich Lernzeit und -tempo sowie an die Anzahl der Wiederholungen (z. B. der Übung) an. Zur Vor- oder Nachbereitung von Präsenzblöcken können Aufgaben einzeln oder sogar in der Gruppe abgearbeitet und die Ergebnisse auf einer begleitenden Plattform, z. B. einer gängigen Online-Lernplattform eingereicht werden. Das Feedback zum Ergebnis erfolgt dabei aber ebenfalls zumeist asynchron. Das Setting der asynchronen (und auch jenes der synchronen) Online-Lehre ist selbst nicht neu; mit diesem Artikel soll aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass diese Elemente ebenso in Kombination beim Einsatz von neueren Technologien wie eben VR, eingeplant bzw.

beachtet werden sollten. Damit soll mehr Interaktion und Austausch in das jeweilige Szenario gebracht und so vermieden werden, dass sich Lernende in asynchronen Settings alleine oder nicht unterstützt fühlen (Gabriel und Pecher 2021). Die Möglichkeiten sind auch hier vielfältig und reichen von der Beantwortung von Fragen in einem Chatportal bis hin zur Gestaltung eigener virtueller Räume durch die Lernenden, welche zu einem späteren Zeitpunkt vom Lehrenden erkundet und beurteilt werden. Mit dem Blick auf die zu erreichenden Lehr-Lernziele wäre auch ein Mix aus online, offline, analog und digital basierter asynchroner Betreuung denkbar, beispielsweise nach virtuellen Rundgängen und darauffolgenden Einreichungen bzw. der Abgabe eines physisch aufgebauten Prototyps, z. B. eines Zahnrads oder einer Maschine.

2.4 Zusammenwirken der Komponenten

Wie dieser Artikel vermitteln soll, drängte sich bei der explorativen Entwicklung von didaktischen Szenarien unter Einsatz von virtuellen Rundgängen eine Vielzahl an Fragestellungen auf. Einige dieser Fragen werden von erfahrenen E-Learning-Lehrenden in ähnlicher Form sicherlich als bekannt und selbstverständlich eingeordnet. Jedoch ist auch für erfahrene Lehrende, der Umgang mit medientechnisch anspruchsvollem Equipment und Werkzeugen sowie der mehrstufige Prozess zur Produktion von qualitativ höherwertigen Panoramafotos und eine Erstellung von virtuellen Rundgängen eine Herausforderung (Feurstein 2018). Wie Bett (2018) schreibt, entstehen dazu auch bereits geänderte Berufsbilder in der Lehre; beispielsweise verfügen «Learning & Development-Spezialisten» über bereichsübergreifende Kompetenzen und bringen daher sowohl inhaltliche als auch medientechnische Expertise in die Lehre ein. Die Autoren dieses Beitrags und Umsetzer der im nächsten Kapitel gezeigten Praxisbeispiele verfügen mit einer Hochschulausbildung in den Bereichen Medientechnik, Elektronik, Informatik und Automatisierungstechnik sowie einer Ausbildung und mehrjährigen Erfahrung in der Hochschuldidaktik ebenso über ein breites Kompetenzspektrum. Dieses kam in der Konzeption, Entwicklung und bei der Durchführung der im folgenden Kapitel beschriebenen didaktischen Szenarien zur Geltung. Bezugnehmend auf die Szenarien sei hier angemerkt, dass es sich aus Sicht der Autoren dabei lediglich um *einen* Ansatz zur Gestaltung von Distanz-Lehre handelt. Wie bereits erwähnt, existieren sicherlich weitere Ansätze und Werkzeuge (z. B. Remote Labore), welche in didaktischen Szenarien der Distanz-Laborlehre angewendet werden können. Wichtig ist hier die Auseinandersetzung mit Theorien, Prinzipien und Richtlinien des multimedialen Lernens und dem Thema der Distanz-Lehre (Ouyang und Stanley 2014). Die für die im nächsten Kapitel beschriebenen Praxisbeispiele beachteten Fragestellungen bzw. gemachten Entscheidungen orientieren sich, wie bereits beschrieben, an den Komponenten *Vermittlung, Aktivierung und Betreuung*. Ziel war es, auch

unter Einsatz von VR-Technologie keine der Komponenten wegzulassen oder gar alleinstehend anzuwenden. Die Praxisbeispiele sollen veranschaulichen, dass sich alle drei Komponenten auch im Einsatz von virtuellen Rundgängen, wie eben jener in der Distanz-Laborlehre, verknüpfen lassen. Dadurch soll bei Studierenden eine Steigerung der Lernmotivation hervorgerufen werden. Wie Burdinski (2018) zeigt, ist dazu aber eine genaue Konzeption und zielgerichtete Entwicklung von Lernmaterialien in Abstimmung der Lehr-Lernziele erforderlich.

3. Praxisbeispiele aus dem Projekt Lab4home

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die für die Gestaltung der virtuellen Rundgänge erarbeiteten Fragestellungen vorgestellt wurden, werden nun zwei konkret an der Fachhochschule St. Pölten umgesetzte Beispiele aus der Distanz-Laborlehre beschrieben. Dabei werden didaktische wie auch technologische Entscheidungen und die wichtigsten Umsetzungsschritte vorgestellt und diskutiert. Eine Evaluierung der folgenden Beispiele erfolgte in Form der hausinternen Lehrveranstaltungsevaluierung nach Weißenböck (2016). Diese soll einen ersten Überblick zur studentischen Zufriedenheit mit der Qualität der Lehre bieten. Das Feedback der Studierenden erfolgt hier in Form einer Ampelevaluierung von grün (alles ok), gelb (ok mit Verbesserungsmöglichkeit) und rot (nicht ok, klare Mängel) in Kombination mit einer Kommentarfunktion. Die Studierenden sollen dabei in einem Kommentar die gewählte Ampelfarbe begründen. Die Befragung der Studierenden wurde etwa 1 Monat nach dem Ende der Lehrveranstaltung per Onlineformular anonymisiert durchgeführt.

3.1 Praxisbeispiel 1: Laboreinschulung

Wie zu Beginn erwähnt, verfügt das Industrie 4.0 Labor über eine auf die jeweiligen technischen Studiengänge abgestimmte Infrastruktur und Ausstattung. Darunter befinden sich elf als Elektronik-Arbeitsplatz ausgelegte Werktische. Diese Tische verfügen neben allgemeiner Ausstattung wie Arbeitslicht und Computersysteme auch über diverse Elektronik-Messgeräte, Werkzeug und Zubehör. Stellvertretend seien hier Multimeter, Schraubendreher, Messkabel und Lötstationen genannt. Aufgrund der erweiterten Ausstattung und der zumeist bei Studierenden fehlenden Vorkenntnisse und Kompetenzen zur Anwendung der Tische wurden speziell im ersten Semester und in Vorbereitung auf Lehrveranstaltungen wie z. B. «Grundlagen der Elektrotechnik» Einschulungen abgehalten. Mit definierten und in der Taxonomie nach Krathwohl, Bloom und Masia (1978) einzuordnenden Lehr-Lernzielen im Bereich «Erinnern» und «Verstehen» sollten die Lernenden nach den Einschulungen, die im Labor vorzufindende Ausstattung benennen und deren Zweck zum Einsatz in den darauf folgenden Labor-Lehrveranstaltungen begründen können. Ausgehend von diesen Zielen wurde

ein erster virtueller Rundgang bzw. einige Panoramafotos dazu produziert. Die Vermittlung erfolgte in Form einer Einbettung in eine Online-Lernplattform, basierend auf Moodle. Die Abbildung der Tische wurde mit einer 360°-Kamera (Insta360 Pro) durchgeführt, da diese eine schnelle und hochauflösende Aufnahme (7.680 x 3.840) mit wenig Aufwand in der Nachbearbeitung ermöglicht. Die Bedienung ähnelt der einer Consumer-Actioncam, wobei in der Nachbearbeitung eine speziell mitgelieferte Software zur Erstellung des Kugelpanoramas (Zusammenführen der aufgenommenen Fotos) verwendet werden muss. Eine Korrektur von Helligkeit, Farbe etc. kann nach diesem Prozess in jeder beliebigen Bildbearbeitungssoftware durchgeführt werden. Es wurden insgesamt drei Panoramafotos für einen Tisch erstellt, wobei der zeitliche Aufwand zur Vorbereitung des physischen Tischs sicherlich höher war als jener für die Fotoaufnahmen. Auf den Tischen mussten die für die Einschulung wichtigen Geräte und Werkzeuge sowie das Zubehör sichtbar positioniert und ebenso unwichtige Dinge (Stifte, Papier, Sessel) entfernt werden. Dieser Vorgang diente, wie bereits beschrieben, zur Reduzierung kognitiver Überlastung. Die Studierenden sollen nicht von unnötigen Dingen am Tisch abgelenkt werden. Hinsichtlich einer Aktivierung der Lernenden zur Besichtigung der Panoramafotos und somit zur Vorbereitung auf die in Präsenz stattfindenden Laborübungen wurden die Studierenden zu einer Online-Präsentationsveranstaltung und Diskussionsrunde eingeladen. Dabei wurde der Raum, das Equipment und ebenso die Steuerung der Webanwendung erstmals virtuell per synchron abgehaltener Online-Videokonferenz vorgestellt. Eine Woche vor dem eigentlichen Präsenztermin sollten die Studierenden noch zusätzlich einen Multiple Choice-Fragebogen zur Laborausstattung bearbeiten. Dabei konnte ebenfalls der durchgängig auf der Lernplattform ersichtliche virtuelle Rundgang zur Beantwortung der Fragen hinzugezogen werden. Die Informationen zu den Labortischen und dem Equipment konnten die Lernenden dazu aus dem virtuellen Rundgang beziehen, da – wie auch in Abbildung 1 ersichtlich – zu den Panoramafotos interaktive Text- und Bildelemente hinzugefügt wurden. Ein Hinzufügen von erweitertem Content und die Veröffentlichung als interaktive Webanwendung kann neben professionellen Entwickleranwendungen (z. B. Pano2VR) auch mit einfach (wenig Zeitaufwand) zu erlernenden Web-Toolkits umgesetzt werden. Als Empfehlung soll hier die Virtual-Tour-Funktion von H5P genannt werden. Der virtuelle Rundgang ist vorerst zur Betrachtung auf Desktop und mobilen Endgeräten (Smartphone und Tablets) ausgelegt. Eine Betrachtung per Datenbrille wäre ebenso bereits möglich, wofür aber noch eine Adaptierung der Eingabemöglichkeiten (derzeit erfolgt die Steuerung per Maus) erfolgen sollte.

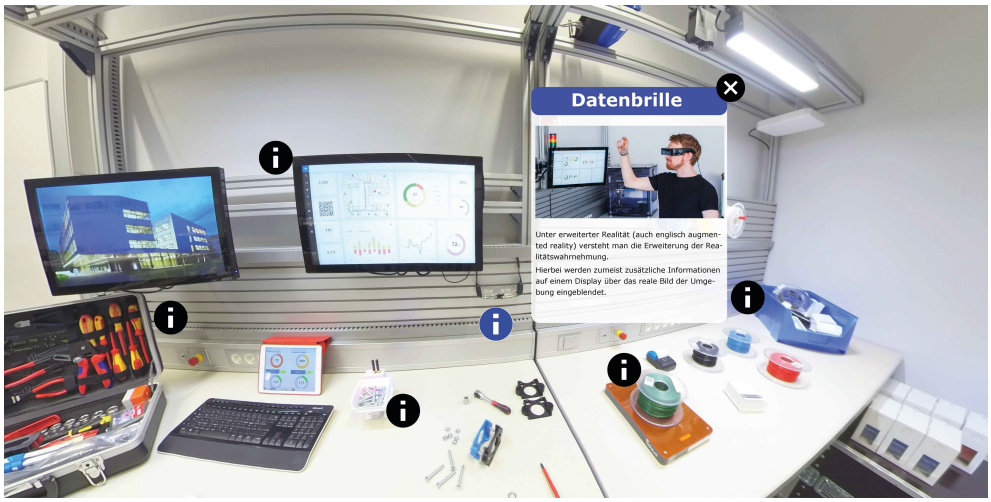


Abb. 1: Screenshot des virtuellen Rundgangs mit interaktiven Elementen.

Resultat Praxisbeispiel 1

Nach der ersten Umsetzung sowie der Einbettung ins Lehrkonzept zeigte sich, dass Konzeption und auch Umsetzung von niederschwelligen Angeboten im Bereich der 360°-Rundgänge nur wenig Zeit in Anspruch nehmen. Neben allgemeinen Fachkompetenzen im Bereich E-Learning reichten zudem lediglich Kenntnisse zum Umgang mit Actioncams aus, um das dargestellte Beispiel praktisch umzusetzen und anzuwenden. Durch die virtuelle Einschulung konnte die Dauer der Präsenzzeit im Lab wie auch die Zeit für nachträgliche Einschulungen in der tatsächlichen Lehrveranstaltung reduziert werden. Vor der Adaptierung dieses didaktischen Konzepts dauerte eine Einschulung in Präsenz ca. 45 Minuten, danach hatten die Studierenden keine Möglichkeit mehr, sich weiter mit dem Equipment zu beschäftigen. Dadurch ging bei den folgenden Lehrveranstaltungen Zeit aufgrund der nachträglichen Einschulungen verloren. Mit der virtuellen Abbildung steht nun den Studierenden über Monate hinweg und begleitend zur Lehrveranstaltung eine Möglichkeit zur weiteren Aneignung von Wissen zur Verfügung. Tabelle 1 soll nochmals verdeutlichen, wie die in Kapitel 2 präsentierten Fragestellungen im Rahmen dieses Beispiels beantwortet wurden.

Komponente Vermittlung (2.1)	
Was soll virtuell abgebildet werden?	Tische und Equipment des Labs
Welche Technologie zur Abbildung?	Insta360 Pro, einfach und hohe Auflösung
Welches Endgerät?	Smartphone und Laptop
Welche Interaktivität?	Navigation im Raum und Auswahl von Punkten (Hotspots)
Welche multimediale Darstellung?	Klickbare Text- und Bildelemente (Hotspots mit Infos)

Komponente Aktivierung (2.2)	
Nutzung des virtuellen Rundgangs zur Motivation?	E-Mail-Einladung zur Präsentation des neuen virtuellen Rundgangs im Lab.
Welche vorbereitenden Aktivitäten?	Sicherstellung der Internetverbindung und Verfügbarkeit passender Endgeräte .
Welche nachbereitenden Aktivitäten?	Den Virtueller Rundgang vor der Präsenzeinheit nochmals ansehen.
Kombination aus Online und Offline?	Diese Frage wurde aufgrund von Zeitmangel zur Umsetzung nicht berücksichtigt.
Komponente Betreuung (2.3)	
Art der synchronen Betreuung?	Gemeinsamer Online-Präsentationstermin und Diskussion.
Art der asynchronen Betreuung?	Fragen können asynchron per Moodle an die Lehrenden gesendet werden.

Tab. 1: Praktische Umsetzung der Szenario-Elemente im Beispiel 1.

Feedback der Studierenden – Praxisbeispiel 1

Das beschriebene Praxisbeispiel wurde in der Lehrveranstaltung «Labor Elektrotechnik» im Wintersemester 2020 erstmals umgesetzt und evaluiert. Dabei kam es in der per Onlineformular durchgeführten Erhebung bei 30 angemeldeten Studierenden zu einem Rücklauf von neun ausgefüllten Formularen. Die Wahl der Ampelfarbe fiel bei allen an der Evaluierung teilgenommenen Studierenden auf grün (alles ok). Sechs Studierende begründeten zusätzlich ihr Ampelfeedback mit einem Kommentar, wobei wiederum alle Kommentare trotz der Umstellung auf Distanz-Laborlehre, aus der Sicht der Autoren positiv ausfielen.

> «[…] einer der besten Lehrer im Semester […]. Der Aufbau des Unterrichts, die fachliche Kompetenz als auch der Umgang mit den Studenten […].» (Feedback-Kommentar 1)
>
> «[…] Großartige Umsetzung des online Labors, der beste online Unterricht dieses Studiums.» (Feedback-Kommentar 2)
>
> «[…] das Wissen sehr gut trotz Fernsehlehre übermittelt!.» (Feedback-Kommentar 3)
>
> «Sehr interessant gestaltet und macht Lust auf mehr Elektrotechnik-Labor! Leider konnten wir durch Corona nicht alle Übungen in Präsenz abhalten.» (Feedback-Kommentar 4)

«Leider coronabedingt absolute Ausnahmesituation, dafür sehr sehr gut gelöst. Besonderes Lob für Christoph Braun, wie er es geschafft hat ausgerechnet dieses Fach derart gut in Fernlehre zu vermitteln. » (Feedback-Kommentar 5)

«Hier einfach nur ein großen Lob an die Vortragenden. […]» (Feedback-Kommentar 6)

3.2 Praxisbeispiel 2: Laborführungen

Ein weiterer bereits durchgeführter Anwendungsfall stellt seit Sommersemester 2020 die Möglichkeit zu virtuellen Laborführungen dar. Neben den bereits beschriebenen Elektronik-Arbeitsplätzen verfügt das Industrie 4.0 Labor der Fachhochschule St. Pölten über mehrere thematisch gestaltete Lerninstallationen. Diese befinden sich zumeist in Form eines Tischs mit darauf platzierten speziellen Technologien im Raum. Als Beispiel soll hier nun der 3D-Druck-Tisch genannt werden. Mit diesem Tisch soll, wiederum nach definierten Lehr-Lernzielen, den Lernenden Wissen zum Thema 3D-Druck vermittelt werden. Die Lernenden kennen nach einer Lehreinheit beispielsweise die mechanischen Komponenten und können deren Funktionsweise innerhalb der Maschine (3D-Drucker) erklären. Auch hier wurden die aufgrund des Einsatzes der VR-Technologie neu entstehenden Möglichkeiten und eine Kombination bzw. Eingliederung in ein didaktisches Szenario überprüft. Es wurde, wie bereits im Beispiel 1, der Tisch bzw. die Lerninstallation per 360°-Actioncam abgebildet. Auch hier wurden inhaltlich nicht relevante Dinge vom Tisch entfernt und inhaltlich wichtige Dinge gezielt in Szene gesetzt, z. B. durch eine vorteilhaftere Ausleuchtung oder Platzierung der Komponenten. Nach der Anpassung wurden wieder drei verschiedene Aufnahmen gemacht, wobei zusätzlich zur allgemeinen Abbildung des gesamten Tisches zwei Aufnahmen innerhalb des 3D-Druckers entstanden. Dazu wurde die 360°-Kamera (Insta360 ONE X) oberhalb und unterhalb des sogenannten Druckbetts im Inneren des Druckers für jeweils eine Aufnahme platziert. Der Drucker befand sich dabei im ausgeschalteten Zustand. Den Lernenden werden damit in drei verschiedenen Kameraeinstellungen Informationen zur Grösse, Platzierung und Anwendung der Maschine und, wie in Abbildung 2 ersichtlich, technische Details zur Drucktechnologie direkt aus dem Inneren eines 3D-Druckers vermittelt. In der Online-Lehre bzw. bei Laborführungen werden diese Aufnahmen in einer vom Lehrenden abgehaltenen Präsentation gezeigt. Dazu werden die Kugelpanoramafotos vom Lehrenden aufgerufen und per Screensharing-Funktion den Lernenden über ein Online-Videokonferenztool präsentiert. Die Studierenden haben damit keine Möglichkeit, den virtuellen Rundgang selbst zu steuern, lediglich der Lehrende präsentiert den jeweils inhaltlich relevanten Blickwinkel. Dazu wird nur gesprochener Text (des Lehrenden) in Kombination mit den Fotoaufnahmen vermittelt. Diese Gestaltungsentscheidung basiert auf dem

Modalitätseffekt nach Sweller, Ayres und Kalyuga (2011) und soll in der gemeinsamen Nutzung von visuellem und akustischem Mediencontent als lernförderlich wirken. Eine Aktivierung erfolgt in diesem Praxisbeispiel durch Diskussionen während der synchron abgehaltenen Präsentation der Panoramafotos. Diese Bilder werden zusätzlich nach der Lehreinheit wieder als interaktive Version (aufbereitet mit Textelementen) auf einer Online-Lernplattform veröffentlicht, um damit eine Möglichkeit zur nachträglichen Betrachtung zu schaffen, welche auch für weiterführende nachbereitende Aufgaben dienen kann.

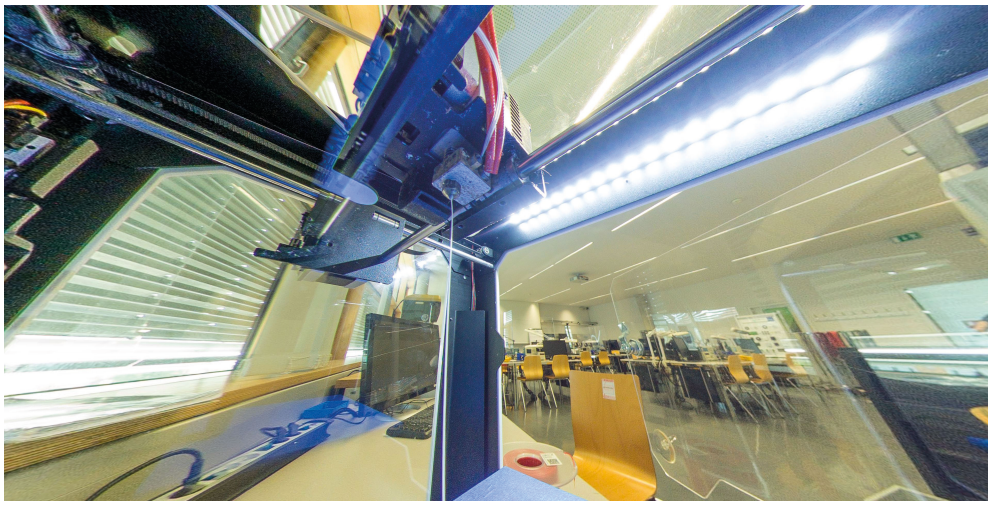


Abb. 2: Screenshot des 360°-Panoramafotos im Inneren eines 3D-Druckers ohne interaktive Elemente.

Resultat Praxisbeispiel 2

Dieses Praxisbeispiel ist aktuell weiterhin im Einsatz und zeigt bisher im Vergleich zu in Präsenz abgehaltenen Laborführungen mehrere Auswirkungen auf die Lehre und deren Planung. Auch wenn, wie von Gabriel und Pecher (2021) beschrieben, bei jeder Distanz-Laborlehre beachtet werden sollte, dass die Qualität der sozialen Kommunikation eingeschränkt ist, vertreten die Autoren dieses Artikels die Meinung, dass durch die detaillierte Betrachtungsweise (z. B. im Innenraum des 3D-Druckers) der Maschine für Studierende neue Möglichkeiten zur Vermittlung der Lerninhalte entstehen. Beispielsweise ist das physische Platzangebot rund um den 3D-Druck-Tisch begrenzt, was zur Folge hat, dass nicht alle Lernenden (zumeist 10 bis 20 Personen) den gleichen Blickwinkel zur Lerninstallation haben. Die Online-Variante bietet durch die 360°-Aufnahmen einen persönlich wie auch real wirkenden Blick auf die Maschine und ermöglicht dazu noch Einblicke in die Maschine, die in Präsenz in dieser Art auch nicht möglich wären. Die Erfahrung hat bereits gezeigt, dass das Industrie 4.0 Labor zudem mit einer Online-Laborführung planungstechnisch besser

genutzt werden kann. So kann eine reale Lehrveranstaltung eines Studiengangs im Labor abgehalten werden, während ebenfalls synchron online eine Laborführung für einen weiteren Studiengang abgehalten wird.

Komponente Vermittlung (2.1)	
Was soll virtuell abgebildet werden?	Lerninstallationen und Maschinen des Labs
Welche Technologie zur Abbildung?	Insta360 ONE X, Platzierung in der Maschine
Welches Endgerät?	Smartphone und Laptop
Welche Interaktivität?	Keine Interaktion – nur zum synchronen Mitverfolgen in der Online-Lehre gedacht.
Welche multimediale Darstellung?	Bilder werden kombiniert mit gesprochenem Text des Lehrenden synchron präsentiert.
Komponente Aktivierung (2.2)	
Nutzung des virtuellen Rundgangs zur Motivation?	E-Mail-Einladung zur Präsentation des neuen virtuellen Rundgangs im Lab.
Welche vorbereitenden Aktivitäten?	Sicherstellung der Internetverbindung und Endgerät zur Verfügung.
Welche nachbereitenden Aktivitäten?	Rundgang steht danach zur nochmaligen selbstständigen Betrachtung bereit.
Kombination aus Online und Offline?	Diese Frage wurde aufgrund von Zeitmangel zur Umsetzung nicht berücksichtigt.
Komponente Betreuung (2.3)	
Art der synchronen Betreuung?	Gemeinsamer Online-Präsentationstermin und Diskussion.
Art der asynchronen Betreuung?	Fragen können asynchron per Moodle an die Lehrenden gesendet werden.

Tab. 2: Praktische Umsetzung der Szenario-Elemente im Beispiel 2.

Feedback der Studierenden – Praxisbeispiel 2

Das beschriebene Praxisbeispiel wurde in der Lehrveranstaltung Labor Maschinenbau im Wintersemester 2020 erstmals umgesetzt und evaluiert. Per Onlineformular wurde dabei von 31 angemeldeten Studierenden ein Rücklauf von zehn ausgefüllten Formularen erhalten. Die Wahl der Ampelfarbe fiel dabei bei drei Studierenden auf gelb (ok mit Verbesserungsmöglichkeit) und bei sieben auf grün (alles ok). Das Ampelfeedback wurde hier allerdings mit nur wenigen Kommentaren begründet. Auf dieser Basis war es vorerst somit nicht möglich, einzelne Gestaltungsentscheidungen wie z. B. die Innenansicht eines 3D-Druckers im Detail zu beurteilen.

«[…] Vorreiter, wie online Unterricht zu führen ist. […]» (Feedback-Kommentar 1)

«Interessant und gute Abwechslung zum theoretischen Teil. Dozent sehr bemüht.» (Feedback-Kommentar 4)

«Sehr interessant gestaltet und freut sich immer über Gespräche und Mitarbeit. In Summe können alle sehr viel lernen aus dieser Übung.» (Feedback-Kommentar 5)

«[…] Erklärung zum 3D Druck. Den Umständen entsprechend sehr gut gelöst.» (Feedback-Kommentar 7)

4. Fazit und Ausblick

Die in diesem Artikel gezeigten Beispiele zu Entwicklung und Einsatz von 360°-Bildmaterialien in didaktischen Szenarien der Distanz-Laborlehre stellen für die Autoren lediglich die Ausgangsbasis zu einer breiten Untersuchung unter Anwendung von Methoden der empirischen Bildungsforschung dar. Auf die in der Einleitung gestellte Frage, wie virtuelle Rundgänge als Element eines didaktischen Szenarios in der Distanz-Laborlehre eingesetzt werden können, erfolgte eine Beantwortung mit der explorativen Entwicklung und Umsetzung von zwei Praxisbeispielen. Basierend darauf wurden Fragestellungen sowie erste Gestaltungsempfehlungen zur Umsetzung weiterer didaktischer Szenarien erarbeitet. Weitere virtuelle Rundgänge sollen mit diesen Fragestellungen entwickelt und evaluiert werden, um damit eine Adaptierung und Generalisierung dieser Fragestellungen zu forcieren. Gezwungen, durch die Corona-Pandemie kurzfristig neue sowohl finanziell als auch technisch machbare Möglichkeiten zur Informationsvermittlung zu erarbeiten, stellen die gezeigten Praxisbeispiele vorerst einen persönlichen Erfahrungsbericht dar, unterstützt durch eine rudimentäre Evaluierung auf der Grundlage des Feedbacks Studierender. In der ersten Phase des Projekts Lab4home wurde jedoch gezeigt, dass bereits Möglichkeiten bestehen, eine Distanz-Laborlehre durch den Einsatz von virtuellen Rundgängen inhaltlich zu erweitern und damit für Studierende eine Attraktivierung der Distanz-Laborlehre zu erreichen. Neben grundlegenden E-Learning Kompetenzen genügten bereits wenige medientechnische Praxiskenntnisse aus den Bereichen Fotografie und Webdesign, um die didaktischen Szenarien durchzuführen. Zu beachten gibt es dabei, dass virtuelle Rundgänge auch weitere Möglichkeiten zur Verknüpfung, etwa mit offline gestalteten Distanz-Szenarien bieten. Genannt werden soll dabei das ebenfalls im Projekt Lab4home untersuchte Beispiel zu mobilen Labor-Trainingskits für zu Hause, welches einen Flipped-Lab Ansatz verfolgt, aber in diesem Artikel nicht

weiter thematisiert wurde. In Zukunft sollen weitere Untersuchungen zur Verknüpfung von didaktischer Anforderung und technischer Machbarkeit (z. B. Einblendung von Live-Daten des Labors und Live-Videos durch mobile 360°-Kameras) angestrebt und die Zweckmässigkeit virtueller Rundgänge gegenüber weiteren Abbildungsformen wie z. B. Lernvideos im Einsatz der Distanz-Lehre untersucht werden.

Literatur

Bett, Katja. 2018. «Didaktisches Design digitaler Lernformate – Was macht eigentlich ein Learning & Development-Spezialist?» In *eLearning erfolgreich konzipieren: Strategie, Methodik, Didaktik: Best Practice, Handlungsempfehlungen, Testberichte*, herausgegeben von Frank Siepmann, 24-30 Seiten. Praxisratgeber 2018/2019. Hagen im Bremischen: Siepmann Media. https://clc-learning.de/app/uploads/2020/03/elj32018_art_bett.pdf.

Bowman, Doug A., Larry F. Hodges, Don Allison, und Jean Wineman. 1999. «The Educational Value of an Information-Rich Virtual Environment». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 8 (3): 317–31. https://doi.org/10.1162/105474699566251.

Burdinski, Dirk. 2018. «Flipped Lab Ein verdrehtes Laborpraktikum». In *Digitalisierung und Hochschulentwicklung: Proceedings zur 26. Tagung der Gesellschaft für Medien in der Wissenschaft e.V*, herausgegeben von Barbara Getto, Patrick Hintze, und Michael Kerres, 164–72. Medien in der Wissenschaft, Band 74. Münster New York: Waxmann. https://doi.org/10.25656/01:17082.

Cai, Shengdan, Eugene Ch'ng, und Yue Li. 2018. «A Comparison of the Capacities of VR and 360-Degree Video for Coordinating Memory in the Experience of Cultural Heritage». In *2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) held jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018)*, 1–4. San Francisco, CA, USA: IEEE. https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2018.8810127.

Ceulemans, Danielle S, Renate G Klaassen, Merle M de Kreuk, Jan Douma, und Michel J J Beerens. 2018. «360-Degree Virtual Tour for Educational Purposes. An Exploration on the Design Considerations and Decisions». In *Proceedings of the 14th International CDIO Conference, Kanazawa Institute of Technology*. Kanazawa, Japan. http://www.cdio.org/files/document/file/27_Final_MS_Word.pdf.

Daling, Lea, Christopher Kommetter, Anas Abdelrazeq, Markus Ebner, und Martin Ebner. 2020. «Mixed Reality Books: Applying Augmented and Virtual Reality in Mining Engineering Education». In *Augmented Reality in Education*, herausgegeben von Vladimir Geroimenko, 185–95. Springer Series on Cultural Computing. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4_10.

Daling, Lea M., Samira Khodaei, Stefan Thurner, Anas Abdelrazeq, und Ingrid Isenhardt. 2021. «A Decision Matrix for Implementing AR, 360° and VR Experiences into Mining Engineering Education». In *HCI International 2021 - Posters*, herausgegeben von Constantine Stephanidis, Margherita Antona, und Stavroula Ntoa, 1420:225–32. Communications in Computer and Information Science. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78642-7_30.

Dörner, Ralf, Christian Geiger, Leif Oppermann, und Volker Paelke. 2013. «Interaktionen in Virtuellen Welten». In *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*, herausgegeben von Ralf Dörner, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Bernhard Jung, 157–93. eXamen.press. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3_6.

Feurstein, Michael S. 2018. «Towards an Integration of 360-Degree Video in Higher Education». In *Proceedings of DeLFI Workshops 2018 Co-Located with 16th e-Learning Conference of the German Computer Society*, herausgegeben von Daniel Schiffner. Frankfurt, Germany. http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper3.pdf.

Feurstein, Michael S. 2019. «Exploring the Use of 360-degree Video for Teacher- Training Reflection in Higher Education». In *Proceedings of DELFI Workshops 2019*, herausgegeben von Sandra Schulz, 152–60. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.z. https://doi.org/10.18420/delfi2019-ws-117.

Fraune, Marlena R., Ahmed S. Khalaf, Mahlet Zemedie, Poom Pianpak, Zahra NaminiMianji, Sultan A. Alharthi, Igor Dolgov, Bill Hamilton, Son Tran, und Z.O. Toups. 2021. «Developing Future Wearable Interfaces for Human-Drone Teams through a Virtual Drone Search Game». *International Journal of Human-Computer Studies* 147 (März): 102573. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102573.

Gabriel, Sonja, und Helmut Pecher. 2021. «Soziale Präsenz in Zeiten von CoViD-19 Distanz-Lehre». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 40 (CoViD-19): 206–28. https://doi.org/10.21240/mpaed/40/2021.11.17.X.

Gerlich, Wolfgang. 2014. «Lehrräume effektiv gestalten». In *Neue Technologien – Kollaboration – Personalisierung*, herausgegeben von Johann Haag, Josef Weißenböck, Wolfgang Gruber, und Christian F Freisleben-Teutscher, 78–84. Tag der Lehre an der FH St. Pölten. Leobersdorf: druck.at. http://skill.fhstp.ac.at/wp-content/uploads/2014/06/Tagungsband_TagderLehre_Online_2015-31.pdf.

Hasanbegovic, Jasmina. 2004. «Kategorisierungen als Ausgangspunkt der Gestaltung innovativer E-Learning-Szenarien». In *E-Learning in Hochschulen und Bildungszentren*, herausgegeben von Dieter Euler und Sabine Seufert. Berlin, Boston: DE GRUYTER. https://doi.org/10.1515/9783486593754.243.

Heinz, Mario, Sebastian Büttner, und Carsten Röcker. 2019. «Exploring Training Modes for Industrial Augmented Reality Learning». In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments – PETRA '19*, 398–401. Rhodes, Greece: ACM Press. https://doi.org/10.1145/3316782.3322753.

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* (Occasional Papers): 58–80. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X.

Hirzinger, Gerd, und Bernhard Strackenbrock. 2020. «Das Projekt „Bayern 3D – Heimat Digital"». *ICOMOS – Hefte des Deutschen Nationalkomitees* August: 237-246. https://doi.org/10.11588/IH.2019.0.75039.

Janßen, Daniela, Christian Tummel, Anja Richert, und Ingrid Isenhardt. 2016. «Towards Measuring User Experience, Activation and Task Performance in Immersive Virtual Learning Environments for Students». In *Immersive Learning Research Network*, herausgegeben von Colin Allison, Leonel Morgado, Johanna Pirker, Dennis Beck, Jonathon Richter, und Christian Gütl, 621:45–58. Communications in Computer and Information Science. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41769-1_4.

Jokela, Tero, Jarno Ojala, und Kaisa Väänänen. 2019. «How People Use 360-Degree Cameras». In *Proceedings of the 18th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, 1–10. Pisa Italy: ACM. https://doi.org/10.1145/3365610.3365645.

Krämer, Nicole C. 2017. «The Immersive Power of Social Interaction». In *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*, herausgegeben von Dejian Liu, Chris Dede, Ronghuai Huang, und John Richards, 55–70. Smart Computing and Intelligence. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_4.

Krathwohl, David R., Benjamin Samuel Bloom, und Bertram B. Masia. 1978. *Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich*. 2. Aufl. Beltz-Studienbuch 85. Weinheim Basel: Beltz.

Makransky, Guido, Thomas S. Terkildsen, und Richard E. Mayer. 2019. «Adding Immersive Virtual Reality to a Science Lab Simulation Causes More Presence but Less Learning». *Learning and Instruction* 60 (April): 225–36. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007.

Mayer, Richard E. 2005. «Cognitive Theory of Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 1. Aufl., 31–48. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004.

Mayer, Richard E., und Celeste Pilegard. 2014. «Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pre-training, and Modality Principles». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 2. Aufl., 316–44. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.016.

Moser, Thomas, Petra Wochner, Katalin Szondy, Franz Fidler, Herwig W. Schneider, Roman Dorfmayr, Sebastian Schlund, und Valentina Flores. 2017. «Anwendungsfallbasierte Erhebung Industrie 4.0 relevanter Qualifikationsanforderungen und deren Auswirkungen auf die österreichische Bildungslandschaft». Wien. https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/Produktion/aeiqu_endversion_20171027.pdf.

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): 208–24. https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615.

Ouyang, John Ronghua, und Nile Stanley. 2014. «Theories and Research in Educational Technology and Distance Learning Instruction through Blackboard». *Universal Journal of Educational Research* 2 (2): 161–72. https://doi.org/10.13189/ujer.2014.020208.

Pfeiffer, Sabine, Horan Lee, Christopher Zirnig, und Anne Suphan. 2016. «Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025». Frankfurt am Main: VDMA. https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Pfeiffer-Industrie40-Qualifizierung2025.pdf.

Pirker, Johanna, Michael Holly, Isabel Lesjak, Johannes Kopf, und Christian Gütl. 2019. «MaroonVR—An Interactive and Immersive Virtual Reality Physics Laboratory». In *Learning in a Digital World*, herausgegeben von Paloma Díaz, Andri Ioannou, Kaushal Kumar Bhagat, und J. Michael Spector, 213–38. Smart Computing and Intelligence. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8265-9_11.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda». *Computers & Education* 147 (April): 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Reinmann, Gabi. 2015. «Studientext Didaktisches Design». https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/07/Studientext_DD_Sept2015.pdf.

Richards, John. 2017. «Infrastructures for Immersive Media in the Classroom». In *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*, herausgegeben von Dejian Liu, Chris Dede, Ronghuai Huang, und John Richards, 89–104. Smart Computing and Intelligence. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_6.

Schnotz, Wolfgang. 2005. «An Integrated Model of Text and Picture Comprehension». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 1. Aufl., 49–70. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.005.

Schulmeister, Rolf. 2006. *eLearning: Einsichten und Aussichten*. München: Oldenbourg.

Sweller, John, Paul Ayres, und Slava Kalyuga. 2011. *Cognitive Load Theory*. 1. ed. Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies. New York, Heidelberg: Springer.

Trentsios, Pascalis, Mario Wolf, und Sulamith Frerich. 2020. «Remote Lab Meets Virtual Reality – Enabling Immersive Access to High Tech Laboratories from Afar». *Procedia Manufacturing* 43: 25–31. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.104.

Weißenböck, Josef. 2016. «LV-Evaluierung mittels Ampelfeedback und Evaluierungsdialog an der FH St. Pölten». In *Gutes Lernen und gute Lehre - Welchen Beitrag leistet die Qualitätssicherung?*, herausgegeben von AQ Austria – Agentur für Qualitätssicherung und Akkreditierung Austria, und Achim Hopbach, 95–98. Wien: Facultas.

Zobel, Benedikt, Sebastian Werning, Lisa Berkemeier, und Oliver Thomas. 2018. «Augmented- und Virtual-Reality-Technologien zur Digitalisierung der Aus- und Weiterbildung – Überblick, Klassifikation und Vergleich». In *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung*, herausgegeben von Oliver Thomas, Dirk Metzger, und Helmut Niegemann, 20–34. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3_2.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Welche Merkmale zeigt eine vollimmersive Mehrpersonen-VR-Simulation im Vergleich zum Einsatz von Videokonferenzsoftware in Gruppenarbeitsprozessen?

Urszula Hejna[1], Carolin Hainke[2], Stefanie Seeling[1] und Thies Pfeiffer[2]

[1] Hochschule Osnabrück

[2] Hochschule Emden/Leer

Zusammenfassung
Der Einsatz von vollimmersiven VR-Lernumgebungen fördert bei Lernenden die individuellen Fähigkeiten und ihr Vorwissen. Konkrete Lerneffekte und Integrationskonzepte sind jedoch noch nicht ausreichend untersucht. Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Forschungsprojektes soll mit diesem Beitrag deshalb der Frage nachgegangen werden: Welche didaktisch-gestalterischen sowie kommunikativ-interaktiven Unterschiede zeigen vollimmersive virtuelle Lernumgebungen gegenüber dem Einsatz von Videokonferenzsoftware im Kontext der Gruppenarbeit? Das Ziel ist es, den Einsatz von Multiplayer-VR-Szenarien der Nutzung von Videokonferenztools für Gruppenarbeitsprozesse im Rahmen der Fallarbeit gegenüberzustellen und deren Vor- und Nachteile aufzuzeigen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich für Gruppenarbeitsprozesse in beiden Formaten Vor- und Nachteile finden lassen. Die Umsetzung des Konzeptes der Fallarbeit fällt jedoch in beiden Formaten positiv aus. Folglich ist der Erfolg einer Gruppenarbeit von der konzeptionellen Einbindung der Methode in den Lehrkontext abhängig, sodass die Form der Umsetzung vorwiegend Einfluss auf die Performanz nimmt. Zukünftig gilt es, konkrete Implementierungskonzepte für den Einsatz von VR-Anwendungen in der Lehre zu entwickeln und zu erproben.

What Characteristics does a Full-Immersive Multiplayer-VR-Simulation have in Comparison to the Application of Software for Video Conferences in the Processes of Group Work?

Abstract
The use of full-immersive VR learning environments promotes the individual skills and prior knowledge of students. However, more specific effects on learning and concepts for integration are not sufficiently studied yet. As part of a BMBF-funded research project,

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Hejna, Urszula, Carolin Hainke, Stefanie Seeling, und Thies Pfeiffer. 2022. «Welche Merkmale zeigt eine vollimmersive Mehrpersonen-VR-Simulation im Vergleich zum Einsatz von Videokonferenzsoftware in Gruppenarbeitsprozessen? *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 220–245. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.11.X.

this article pursues the following question: What are the design and didactical as well as communicative-interactive differences between full-immersive virtual learning environments and the usage of tools for video conferences in the context of group work? The goal is to compare the use of multiplayer VR scenarios with tools for video conferences for working in groups within the framework of casework and to point out their advantages and disadvantages. Results show that both formats render advantages and disadvantages for working in groups, though the implementation of the concept of casework turns out to be positive in both formats. Consequently, the success of working in groups depends on the conceptual inclusion of one of the methods in the learning context, so that its performance is mainly influenced by the way of how it is implemented. Prospectively, specific concepts for the implementation of VR applications in teaching processes need to be developed and evaluated.

1. Einleitung

Um Lehrinhalte handlungsorientierter und lebensweltbezogener zu vermitteln, wurden exemplarische Unterrichtseinheiten eingeführt, die sich an realen Fallbeispielen orientieren. Die Falllösung erfordert dabei einen fachübergreifenden Einsatz von Wissensstrukturen. Das übergeordnete Ziel ist die Förderung von beruflichen Handlungskompetenzen der Lernenden. In der fallorientierten Didaktik wird die Intention verfolgt, die Entwicklung von Fähigkeiten zur Problemlösung und Entscheidungsfindung zu fördern (Dieterich und Reiber 2014). Diese Art des Lernens kommt insbesondere dann zur Anwendung, wenn der Umgang mit komplexen Problemen erlernt werden soll, für die es keine standardisierten Lösungen gibt (Zumbach und Mandl 2008).

In der Pflege besteht der Anspruch auf eine ganzheitliche Betrachtungsweise von pflegebedürftigen Menschen. Daraus resultiert eine hohe Komplexität der Pflegesituationen, die umfassendes Fachwissen, Erfahrungswissen und Problemlösungsfähigkeit im Individualfall von professionell Pflegenden erfordern (Schrems 2013). Folglich ist die fallorientierte Didaktik besonders gut im Bildungsbereich der Pflege und weiterer Gesundheitsberufe geeignet (Dieterich und Reiber 2014). In der Pflege wird das Konzept der Fallarbeit wie folgt definiert:

1.1 Das Konzept der Fallarbeit

Unter dem Konzept der Fallarbeit findet die Verknüpfung zwischen wissenschaftlichen Erkenntnissen, organisatorischen Anforderungen und individuellen Bedürfnissen von Betroffenen statt. Das Konzept bietet einen methodischen Zugang zu Lösungen von konkreten Pflegesituationen (welche aus Patientenfällen hervorgehen) unter der Berücksichtigung theoretischer Erkenntnisse und organisatorischer Bedingungen. Dabei wird auf den Wissenstransfer und insbesondere auf die Förderung der

Problemlösungsfähigkeiten von Lernenden gezielt. Mit der Fallarbeit wird ein Situationsbewusstsein geschaffen, welches die situativen beruflichen Kernkompetenzen stärkt (Schrems 2019). Die Fallarbeit wird folglich «als Erkenntnisgewinn, der aus der Auslegung von konkreten Situationen oder Ereignissen folgt […]» (Schrems 2019, 9) definiert.

In der Fallarbeit im Bereich der Pflegepraxis ist ein kooperatives und kollaboratives[1] Arbeiten erforderlich. In der Praxis interpretieren bei der Fallarbeit Pflegepersonen, Patient:innen und Angehörige anderer Disziplinen komplexe Situationen. Dies erfolgt beispielsweise in Form von Fallbesprechungen oder Peer Reviews im Rahmen von ‹Advanced Nursing Practice› (Schrems 2013). Ähnlich ist es in der Lehre, wo Lernende aus verschiedenen Perspektiven (beispielsweise des Patienten / der Patientin oder einer Pflegefachperson) einen Fall bearbeiten und gemeinsam reflektieren. Die Form der Gruppenarbeit dient hier der interaktiven Erschliessung von Unterrichtsinhalten. Auch im problemorientierten Lernen in der Fallarbeit werden Gruppenarbeiten durchgeführt (Dieterich und Reiber 2014). Darüber hinaus werden zur Vorbereitung auf interprofessionelle Zusammenarbeit von Gesundheitsberufen in der Praxis schon während der Ausbildung Gruppenarbeiten mit Lernenden aus verschiedenen Gesundheitsbereichen empfohlen (Diefenbach und Höhle 2018).

> «[Aufgrund der im Jahr 2020 begonnen Corona-Pandemie] mussten alle Lehrenden für alle Studierenden in allen Studiengängen ihre Veranstaltungen in elektronischen Lehrformen anbieten.» (Dittler und Kreidl 2021, 6).

So nutzen 2020 beispielsweise laut den Studienergebnissen von Kienle und Appel (2021) 73,8% der Lehrenden an der FH Dortmund Videokonferenzsoftware zur vollständigen und 26,2% zur teilweisen Umsetzung ihrer Lehre (ebd.). Besonders für die Arbeitsform der Gruppenarbeit ergaben sich aufgrund der veränderten Interaktionsmöglichkeiten Umsetzungsschwierigkeiten. So spielen für Gruppenarbeiten mittels Videokonferenzsoftware sowohl technische als auch individuelle Faktoren eine wichtige Rolle. Darunter zählen u.a. die Aufmerksamkeitsspanne und die Kontaktfreudigkeit der Studierenden (Greimel-Fuhrmann et al. 2021). Folglich musste auch das Lernen in Form der Fallarbeit aufgrund der Isolation während der Corona-Pandemie in den digitalen Raum überführt werden.

1 Aufgrund des hier zugrundeliegenden interdisziplinären Ansatzes wird die Gruppenarbeit sowohl in kooperativer (überwiegend im interdisziplinären Kontext) als auch kollaborativer (überwiegend im intradisziplinären Kontext) Form durchgeführt. Da in der Literatur im Zusammenhang mit der Gruppenarbeit ebenfalls beide Lernformen benannt werden und keine eindeutige Trennschärfe zwischen den Begriffen vorliegt, werden folglich beide Begriffe je nach Literaturquelle im Zusammenhang mit der Gruppenarbeit verwendet.

Im Rahmen des hier zugrundeliegenden Forschungsprojektes[2] und aufgrund der einleitend geschilderten Notwendigkeit zur Digitalisierung der Lehre wird in diesem Beitrag der Frage nachgegangen: Welche didaktisch-gestalterischen sowie kommunikativ-interaktiven Unterschiede zeigen vollimmersive virtuelle Lernumgebungen gegenüber dem Einsatz von Videokonferenzsoftware im Kontext der Gruppenarbeit? Ziel dieses Beitrags ist es, den Einsatz vollimmersiver Mehrpersonen-Virtual Reality (VR)-Szenarien der Nutzung von Videokonferenzsoftware für Gruppenarbeitsprozesse gegenüberzustellen und die Vorteile wie auch Herausforderungen der Umsetzung von Gruppenarbeiten im Rahmen der Fallarbeit in einer VR-Umgebung aufzuzeigen.

2. Die Arbeitsform der Gruppenarbeit

> «Es liegt […] die Annahme vor, dass Individuen in Gruppen ihre Kompetenzen und Qualifikationen besser internalisieren, reflektieren und adaptieren können, als sie es als einzelne Personen jeweils für sich tun könnten.» (Nikodemus 2017, 55)

Die Methode der Gruppenarbeit ist in der Hochschuldidaktik eine etablierte Form des kooperativen Lernens, welche die berufliche Handlungskompetenz fördert. So stärken Gruppenarbeiten die Sozialkompetenz einschliesslich der Kooperationsfähigkeit und Solidarität der Studierenden. Zudem lernen sie, Position zu beziehen und diese zu vertreten, sich zu reflektieren und zu hinterfragen. Folglich wird mit dieser Methode ebenfalls ihre Personal- wie auch Methodenkompetenz gestärkt (Kostorz und van den Berg 2013).

2.1 Gruppenarbeit in Videokonferenzen

Auch im digitalen Raum gelten «[d]ie […] in der Präsenzlehre bewährten didaktischen Gestaltungsprinzipien […]» (Entner, Fleischmann, und Strasser 2021, 35) wie beispielsweise die Anregung zum aktiven Nachdenken, der Einsatz von Feedback oder die Gliederung von Lerninhalten (ebd.). Die Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden sowie unter den Lernenden ist ein relevantes Merkmal von Pädagogik. Aufgrund der häufig notwendigen Isolation in der Corona-Pandemie wurde

2 «DiViFaG – Digitale und Virtuell unterstützte Fallarbeit in den Gesundheitsberufen» ist ein vom BMBF gefördertes Kooperationsprojekt, in dem unter Einsatz digitaler Medien und vollimmersiver Virtual Reality (VR)-Szenarien Lehr-Lernmodule für Studierende der gesundheitsbildenden Berufe entwickelt werden. Ein hier fokussierter Schwerpunkt liegt auf der Förderung des kooperativen und interdisziplinären Arbeitens zwischen den Berufs- und Studierendengruppen. Dabei soll den Studierenden ebenfalls ein ortsunabhängiges Lernen ermöglicht werden. Das Projekt bewegt sich thematisch im Bildungsbereich der Gesundheitsberufe mit dem speziellen Fokus auf das Konzept der Fallarbeit, in deren Rahmen die Gruppenarbeit zur Anwendung kommt.

deren Realisierung zunächst zu einer wesentlichen Herausforderung. Als eine mögliche Lösung wird der Einsatz von Videokonferenzsoftware betrachtet, das im Jahr 2020 das am häufigsten genutzte Veranstaltungsformat in der Hochschullehre gewesen ist (Marczuk, Multrus, und Lörz 2021). «[…] [Dabei kann] über Breakout-Rooms […] synchrone Kleingruppenarbeit gestaltet werden […]» (Entner, Fleischmann, und Strasser 2021, 30), welche die soziale Eingebundenheit der Studierendengruppe auch im digitalen Raum stärkt. Dieser Aspekt ist in der Präsenzlehre zwar automatisch enthalten, muss jedoch in der Onlinelehre bewusst mitgestaltet werden, um Studierende darin einzubeziehen und sie zum Lernen zu motivieren. Die Gestaltung der Lernatmosphäre hat neben den Inhalten einen hohen Einfluss auf das Lernen (ebd.), z. B. über die bewusste Einbindung von Interaktionsmöglichkeiten der Teilnehmenden zur Steigerung von Aufmerksamkeit und Motivation (Hey und Bodenstein-Dresler 2021). Hier ist eine wesentliche Gelingensbedingung die eingeschaltete Kamera aller Teilnehmenden, um Aufmerksamkeit und Beteiligung zu fördern (Holtermann 2020). Allerdings zeigen Greimel-Fuhrmann et al. (2021) in ihrer Studie auf, dass vielen Studierenden der Kontakt über eine Kamera fremd ist und sie, anders als in physischer Anwesenheit, ihre Komfortzone zur Interaktion verlassen müssen. Zudem erfolgt durch Videokonferenzsoftware wie Zoom eine gewisse Anonymisierung der Teilnehmenden, was zu einer emotionalen Belastung durch die fehlenden sozialen Kontakte und die persönliche Betreuung durch Dozierende führt (Brunner 2021).

Hey und Bodenstein-Dresler (2021) beschreiben, dass Austausch und Zusammenarbeit der Teilnehmenden wichtige Bestandteile längerer Präsenzveranstaltungen sind. Hierzu zählen sowohl Gruppenarbeitsphasen als auch Pausengespräche. Um auch im virtuellen Raum auf diese interaktiven Prozesse nicht verzichten zu müssen, werden sogenannte Breakout-Sessions angewendet. Diese bieten einen Rückzugsort für ausgewählte Kleingruppen. Wie in Präsenzveranstaltungen ist auch hier für den Austausch sowohl die verbale als auch die nonverbale Kommunikation relevant. In Videokonferenzen lässt sich die im digitalen Raum häufig fehlende Körpersprache in Teilen kompensieren. Dieses ist beispielsweise durch das Schauen in die Kamera, um einen Blickkontakt zum Gegenüber zu simulieren, durch den Einbezug der eigenen Mimik und Gestik beim Sprechen vor der Kamera oder durch das Artikulieren von unsichtbaren Tätigkeiten möglich (ebd.). Kollaboratives Lernen ist zudem dann förderlich, wenn Interaktionen zwischen den Lernenden stattfinden. Allerdings ist das kollaborative Lernen sowohl für Lehrende als auch für Lernende eine Herausforderung (Strauß und Rummel 2020). So verleiten Videokonferenzen oft Teilnehmende dazu, parallel weitere Aktivitäten durchzuführen (ebd.; Rumpf, Bühringer, und Mühlig 2021). In einer Studie zum Fatigue-Empfinden durch Videokonferenzen gaben ca. 60% der Befragten (n=422) an, eine solche Müdigkeit zu verspüren, wobei 64,1% von ihnen eine starke oder sehr starke Intensität angaben. Hauptmerkmal ist die Reduktion der Konzentration. Bei der Hälfte der Befragten kommen Ungeduld und

das «Genervt-Sein» zu den am häufigsten genannten Merkmalen hinzu (Rump und Brandt 2020). «Die stärksten Belastungen entstehen durch mangelnden sozialen und informellen Austausch (keine non-verbale Kommunikation, kein Smalltalk)» (ebd., 10). Auch Rumpf, Bühringer und Mühlig (2021) weisen auf ein Gefühl der Erschöpfung im Zusammenhang mit Videokonferenzen hin. Dabei verweisen sie auf die Studie von Bailenson (2021). Dieser benennt hierfür die folgenden Gründe:

- Kognitive Überlastung durch zu geringe soziale Distanz, aufgrund unausweichlicher direkter Blicke ins Gesicht
- Zwanghafte Bewegungseinschränkung durch das Gebunden-Sein vor der Kamera
- Kognitive Belastung durch konstantes Monitoring nonverbaler Signale (ebd.)
- «permanente Selbstkontrolle und Ausdruckskorrektur» (Rumpf, Bühringer, und Mühlig 2021, 118).

In einer Studie von Strauß und Rummel (2020) werden als die fünf häufigsten frustrierenden Situationen bei der Interaktion in online-Kleingruppen unterschiedliche Beitragsmengen der Gruppenmitglieder, die Kurzfristigkeit der Erledigung von Aufgabenstellungen vor dem Abgabetermin, ineffektive Kommunikation unter den Gruppenmitgliedern, unterschiedliche Mitarbeit und fehlende Terminfindung benannt. Ausserdem neigen Studierende in vielen Gruppenarbeits-Formaten zur voneinander unabhängigen Arbeitsteilung mit anschliessender Zusammenführung der Ergebnisse. Der Gruppenprozess beinhaltet folglich eine reine Arbeitsorganisation, jedoch keine gemeinsame Auseinandersetzung mit dem Material, sodass lernförderliche Interaktionen ausbleiben (ebd.). Wird allerdings das Konzept der Fallarbeit im Gruppenprozess eingesetzt (wie in der Einleitung dieses Beitrags beschrieben), lernen Studierende in selbstgesteuerten Kleingruppen mithilfe von Instruktionen des Lehrenden Sachverhalte in Fallbeispielen entlang des Problemlösungsprozesses multiperspektivisch zu deuten bzw. zu diagnostizieren (Goeze und Hartz 2008). Die Zusammenarbeit der Gruppenmitglieder wird unter digitaler Einbindung des Konzeptes der Fallarbeit als erfolgreich beschrieben. Bei der Fallarbeit in Videokonferenzen ist jedoch zu bedenken, dass auch hier die Koordination von Sprecherwechseln eine grössere Herausforderung darstellt als in Präsenz. Folglich werden Gruppengrössen von drei Personen empfohlen (Dähling und Standop 2021).

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Hautproblematik der Umsetzung von Gruppenarbeitsprozessen in Form von Videokonferenzen darin liegt, dass ein grosser Teil der Lernenden an starker Müdigkeit und Erschöpfung leidet. Zudem erfahren sie durch die veränderte Kommunikations- und Interaktionsform eine kognitive Be- und Überlastung, wobei ihnen der persönliche und informelle Austausch untereinander und mit Dozierenden fehlt. Durch die Einbindung von Interaktionsmöglichkeiten zwischen Teilnehmenden kann deren Aufmerksamkeit und Motivation verbessert werden. Eine mögliche Lösung bietet der Einsatz von vollimmersiven

Virtual-Reality-Anwendungen. VR ist eine weit verbreitete Technologie, die Zusammenarbeit als Interaktionsmedium verwendet, um mehreren Benutzenden eine gemeinsame Bearbeitung von Aufgaben zu ermöglichen (Affendy und Wanis 2019).

3. Virtual Reality-Anwendungen im Lehr-Lernkontext

Einleitend wird zunächst der Begriff VR definiert und ein kurzer Überblick über den aktuellen technischen Stand von VR gegeben. Im Anschluss wird auf das Lernen und Lehren in und mit VR eingegangen.

3.1 Virtual Reality

VR beschreibt eine Umgebung aus virtuellen Objekten, in welcher Nutzende mit diesen Objekten interagieren können und sich in der Umgebung präsent fühlen (Mirgram und Kishino 1994). Diese virtuelle Welt kann beispielsweise auf einem Desktop-Bildschirm oder einem Head-Mounted-Display (HMD) dargestellt werden. Nach Gutierrez, Vexo, und Thalmann (2008) hat das System, mit welchem Nutzende in die virtuelle Welt eintauchen, Einfluss auf die von ihnen wahrgenommene Immersion. Während Darstellungen auf einer VR-Brille (=HMD) als vollimmersiv beschrieben werden, gelten die Darstellungen auf einem Desktop als wenig bis nicht-immersiv. Der dabei verwendete Begriff «Immersion» beschreibt ein Mass, mit welchem das System den Nutzenden das Gefühl von Realität vermitteln kann (Slater und Wilbur 1997). Eine hohe Immersion bedeutet also, dass sich die Nutzenden in der virtuellen Welt stärker präsent fühlen können (Nichols, Haldane, und Wilson 2000), und hat somit fundamentalen Einfluss auf die Nutzererfahrung: Weniger immersive Systeme rufen ein Gefühl von «etwas anschauen» hervor, während vollimmersive Systeme ein Gefühl von «dort sein» auslösen (Shneiderman 1998).

Übersicht der Hardware

Ende 2021 gibt es verschiedene technische Umsetzungen von VR-Brillen. VR-Brillen, die an einen Computer angeschlossen werden (Abb. 1), fungieren als weiterer Bildschirm, auf dem der Computer die virtuelle Szene darstellt. Die Berechnungen der Szenenbilder finden auf dem Computer selbst, nicht auf der Brille statt. Dadurch können die leistungsstarken Grafikkarten und -prozessoren des Computers für die Darstellung der VR-Anwendung verwendet werden. Meist werden diese Brillen per Kabel mit dem Rechner verbunden (Beispiel HTC Vive[3] und Valve Index[4]), allerdings gibt es auch die Möglichkeit, auf das Kabel zu verzichten und so weniger in der Bewegung

3 https://www.vive.com/us/product/vive-pro2-full-kit/overview/.
4 https://store.steampowered.com/valveindex.

eingeschränkt zu sein (Beispiel HTC Vive Wireless Adaper[5], Oculus Air Link[6]). Ein Computer in der Nähe ist in diesem Fall jedoch trotzdem erforderlich.



Abb. 1: HTC Vive Pro Eye inklusive Controller als Beispiel für eine PC-gebundene VR-Brille.

VR-Brillen, welche die virtuelle Welt ohne einen Anschluss an den Computer (Abb. 2) darstellen, verwenden für die Berechnung der Szenendarstellung interne Prozessoren. Diese sind in der Regel weniger leistungsstark als solche, die in die Computer eingebaut werden, weshalb VR-Anwendungen für solche Brillen oft auf weniger rechenintensive Welten beschränkt sind. Dies wirkt sich auf die Darstellung und die Komplexität der Interaktion aus. Da für diese Brillen allerdings kein Computer nötig ist, muss nur die Brille selbst angeschafft werden und kann portabel an unterschiedlichen Orten eingesetzt werden. Somit skalieren solche Lösungen besser mit hohen Nutzerzahlen.

5 https://www.vive.com/us/accessory/wireless-adapter/.
6 https://support.oculus.com/airlink/.



Abb. 2: Oculus Quest 2 inklusive Controller als Beispiel für eine nicht PC-gebundene VR-Brille.

Zusätzlich zu den VR-Brillen kann durch die Verwendung weiterer Hardwarekomponenten die Immersion der virtuellen Welt erhöht werden. Systeme, welche die Hände des Nutzers (Beispiel LeapMotion[7]) oder sogar den gesamten Körper (Beispiel MotionCapturing[8]) tracken, ermöglichen eine genauere Abbildung der Bewegungen des Nutzenden in der virtuellen Welt. Andere Trackinghardware, welche beispielsweise das Gesicht oder die Augenbewegungen des Nutzenden verfolgt (Beispiel Eye[9]- und Facetracking[10] von HTC Vive), erlaubt unter anderem die genauere Darstellung von Mimik. In diesem Beitrag fokussieren wir uns auf VR-Anwendungen, die ohne zusätzliche Hardware auskommen.

3.2 VR im Lehr-Lernkontext

In diesem Beitrag sind eben diese vollimmersiven Systeme gemeint, welche die virtuelle Welt auf einer VR-Brille darstellen, wenn von VR gesprochen wird. Studien aus den letzten Jahren zeigen, dass der Einfluss von Immersion auf Lernergebnisse positiv sein kann. Jensen und Konradsen (2018) führen Studien an, die einen positiven Effekt beim Lernen mit vollimmersiven Systemen auf das Lernergebnis beobachten

7 https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller/.
8 https://optitrack.com/.
9 https://www.vive.com/us/product/vive-pro-eye/overview/.
10 https://www.vive.com/us/accessory/facial-tracker/.

konnten. So wurde beispielsweise die vollimmersive Lernumgebung von den Lernenden ernster genommen oder sie haben freiwillig mehr Zeit mit der Lernaufgabe in der vollimmersiven Lernumgebung verbracht. Jensen und Konradsen (2018) konnten aber auch negative Effekte finden, beispielsweise Lernende, welche durch die vollimmersive Anwendung mehr von der Lernaufgabe abgelenkt waren. Da der Einsatz von VR in der Lehre also nicht immer nur positive Effekte erzielen kann, sollte individuell abgewogen werden, wann und welche VR-Lernanwendung in der Lehre zum Einsatz kommt.

Seit VR-Brillen zu für den Endnutzer erschwinglichen Preisen angeboten werden können, wächst das Interesse an dieser Technologie für den Einsatz als Lernmedium (Freina und Ott 2015). Laut Concannon, Esmail, und Roberts (2019) können VR-Brillen bei Lernenden die Motivation und das Engagement erhöhen und bieten zudem Vorteile für Bildungseinrichtungen gegenüber herkömmlichen Methoden (ebd.) wie Textarbeit oder Frontalunterricht.

Zudem werden beispielsweise weniger Materialien verbraucht (Concannon, Esmail, und Roberts 2019) und weniger Kosten verursacht (Buehler und Kohne 2019), wenn das Einüben bestimmter aufwendiger, praxisbezogener Prozesse zunächst in VR stattfinden kann. Nach einer Studie von Haerling (2018) haben Pflegestudierende die Versorgung eines Patienten entweder in VR oder anhand einer Simulationspuppe gelernt. Der Transfer des Gelernten in die Realität war in beiden Gruppen gleich gut, allerdings war das Training in VR signifikant günstiger (ebd.). Auch das Risiko, Schaden an einer Patientin oder einem Patienten zu verursachen, fällt in einer VR-Simulation geringer aus als beispielsweise beim Training im Operationssaal, da patientenbezogene Fälle in VR simuliert und beliebig oft und ohne Risiko vor dem eigentlichen Eingriff eingeübt werden können (Mazur et al. 2018). Zudem können weit entfernte Personen ortsunabhängig miteinander und mit der virtuellen Welt interagieren, ohne dass Reisekosten entstehen (Freina und Ott 2015). Die Lehrenden haben die Möglichkeit, mit den Lernenden wiederholt Situationen zu erproben, die in der Realität gefährlich sind und ein hohes Risiko für Teilnehmende darstellen oder so selten vorkommen, dass ein routiniertes Einüben erschwert wird (ebd.). Da die virtuellen Lernumgebungen immer an den Lernkontext angepasst werden können (Concannon, Esmail, und Roberts 2019), kann die konkrete Situation von den Lehrenden oder Lernenden an die persönlichen Bedürfnisse angepasst werden. Beispielsweise können die Fähigkeiten von den Lernenden in Pretests ermittelt werden, sodass die Anwendung hierauf abgestimmt werden kann (Lang et al. 2018). Aber auch während der Durchführung des Trainings können Informationen über Nutzerverhalten genutzt werden, um den dargestellten Inhalt entsprechend anzupassen und Feedback anzuzeigen (Fricoteaux, Thouvenin, und Mestre 2014).

Weiterhin ist es in der VR möglich, realistisch gestaltete Lernumgebungen zu erstellen, in denen man quasi natürlich und intuitiv interagieren kann. Nach der situativen Lerntheorie und dem erfahrungsbasierten Lernen kann diese Realitätsnähe und Interaktion mit dem Lernmaterial helfen, das Gelernte besser in die Realität zu übertragen (Lindwedel-Reime et al. 2019). Nach Schwan und Buder (2006) muss die Lernumgebung optisch jedoch nicht möglichst realistisch gestaltet sein. Sie beziehen Realismus auf die Verräumlichung des Lerninhalts, also bildliche Analogien, beispielsweise «die Darstellung der Verwandtschaft psychologischer Theorien als räumliche Anordnung von Objekten in virtuellen Umgebungen» (Schwan und Buder 2006, 5) und das damit verbundene Ansprechen mehrerer Sinneskanäle (ebd.), wie es auch beim Lernen in realen Umgebungen der Fall ist. Ähnlich wie in der realen Welt kann den Lernenden auch in VR während des Lernprozesses Feedback gegeben werden. Die hohe Kontrollierbarkeit der VR-Lernumgebung ermöglicht ausserdem, das Feedback für die Lernenden an Interaktionen in VR zu knüpfen (Buehler und Kohne 2019), sodass dieses angepasst auf die Lernenden und deren Lernfortschritt situationsbedingt und direkt erfolgt.

Um die Frage zu beantworten, ob nicht auch mit dem Einsatz von VR-Brillen, wie bereits in den Videokonferenzen, eine soziale Isolation von Lernenden stattfindet, wird im Folgenden auf die Umsetzung von Gruppenarbeiten in VR und ihre Herausforderungen eingegangen.

3.3 Gruppenarbeit in VR

In einer Mehrpersonen-VR-Anwendung können sich mehrere Nutzende in einer virtuellen Welt treffen. Die VR-Brille überträgt die Kopfposition und -rotation in die Anwendung und kann so den Nutzenden ermöglichen, sich ähnlich wie in der echten Welt fortzubewegen. Durch die Controller, welche die Handinteraktionen in die virtuelle Welt übertragen, können die Nutzenden dort miteinander sowie mit der Umgebung interagieren. Dies bezieht das gemeinsame Interagieren mit Objekten wie auch die Kommunikation und, abhängig von der Darstellung der Nutzenden in der VR, unter Umständen auch die Gestik mit ein. Nach Affendy und Wanis (2019) hilft diese Gestik, das Gefühl von menschlicher Gesellschaft in VR zu verstärken.

Mehrpersonen-VR-Anwendungen simulieren einen virtuellen Arbeitsplatz, den sich die Nutzenden teilen (Affendy und Wanis 2019). Trotzdem haben alle Nutzenden ihre individuellen Positionen in der VR und können unabhängig voneinander mit der Umgebung interagieren, ohne die Aktionen der anderen zu beeinflussen oder zu unterbrechen (ebd.). So entsteht auch ein Gefühl von Nähe und Distanz zu anderen (Dzardanova et al. 2021).

Gemeinsam können sie dort nach einer Lösung suchen oder versuchen, ein bestimmtes Problem zu verstehen (ebd.). Gelingt das Problemlösen der Gruppe nicht, kann dies als Information verwendet werden, um durch Modifikation der virtuellen Umgebung den Schwierigkeitsgrad anzupassen und die Aufgabenstellung zwischen Herausforderung und Unterstützung zu balancieren. So kann durch das Einbeziehen von Erfolg und Misserfolg ein passender Schwierigkeitsgrad für die Gruppe gefunden werden (Wang et al. 2019). Die Teamarbeit, die bei diesem kollaborativen Problemlösen angewandt wird, erfordert «higher order thinking skills» (Sancho et al. 2009, 3): Strategien entwickeln, Hypothesen aufstellen und Entscheidungen treffen, statt lediglich Fakten zu merken und wiederzugeben. Dadurch wird, neben dem Lerninhalt als solchem, auch die Art des Denkens und des Problemlösens geschult (ebd.).

Garneli, Patiniotis, und Chorianopoulos (2021) haben eine Methode zum kollaborativen Lernen in Mehrpersonen-VR-Anwendungen unter der «Multiplayer Serious Game Methodology» (MSGM) zusammengefasst. Nach MSGM werden zunächst Personae erstellt, um die Bedürfnisse der unterschiedlichen Perspektiven der Nutzenden zu ermitteln. Anschliessend wird das zu lösende Problem eingeführt und die Lernenden werden motiviert, sich auf die Lernanwendung einzulassen. Dies ist beispielsweise mittels eines Patientenfalls im Rahmen der Umsetzung des Konzeptes der Fallarbeit möglich. Das Problem kann in zusammenhängende Teilaufgaben zerlegt werden, welche die Lernenden auf dem Weg zur Lösung des Gesamtproblems bearbeiten (ebd.). Diese Teilaufgaben können durch Erfolge oder Belohnungen dazu beitragen, das Interesse der Lernenden an der Anwendung aufrechtzuerhalten und ihre Motivation zu erhöhen, sich wiederholt mit dem Lerninhalt auseinanderzusetzen (Sancho et al. 2009). Nach MSGM hat dann jede und jeder Lernende eine eigene Rolle, die zur Lösung des Problems beiträgt (Garneli, Patiniotis, und Chorianopoulos 2021). Diese Rollen können aufgrund der Fähigkeiten der Lernenden ermittelt oder nach persönlichem Interesse gewählt bzw. getauscht werden. Unterschiedliche Perspektiven, die durch den Rollenwechsel entstehen, können beispielsweise durch das Arbeiten an einem Patientenfall motiviert werden. Durch das Arbeiten an einem Fall können Aspekte auch ohne konkreten Handlungsdruck diskutiert und gedeutet werden (Goeze und Hartz 2008). Die multiperspektivische Betrachtung eines Patient:innenfalls ist ein wesentliches Merkmal des Konzeptes der Fallarbeit (Schrems 2013).

Mehrpersonen-VR-Anwendungen müssen jedoch nicht zwangsläufig eine komplexe Geschichte unterstützen oder kollaborative Zusammenarbeit beinhalten. Auch für weniger komplexe Anwendungen ist das Konzept denkbar. In AltspaceVR[11] ist es beispielsweise möglich, vorher eigens erstellte virtuelle Welten und Objekte in einer Mehrpersonen-VR-Anwendung zur Verfügung zu stellen, in welcher die Nutzenden sich frei bewegen und Objekte betrachten sowie mit ihnen interagieren können. In einer Studie von Bangay et al. (2020) wurde unter anderem AltspaceVR als mögliche

11 https://altvr.com/.

Lernumgebung untersucht. Zwar äusserten die Proband:innen, dass das Zusammenfinden in einem Raum noch Schwierigkeiten beinhalte, betrachteten aber generell das Konzept der Lehre in einem anpassbaren virtuellen Raum als vielversprechend.

Selbst wenn nur eine Lernende oder ein Lernender das Problem aktiv löst und weitere Lernende in der Anwendung dabei zuschauen können, kann das VR-Training genauso gute Lernergebnisse erzielen, wie das Training mit echten Geräten (Berg und Steinsbekk 2021). So steht zwar die kollaborative Zusammenarbeit nicht mehr im Vordergrund, wohl aber könnte ein Training an echten Geräten durch ein Training in VR unterstützt werden.

Mit dem aktuellen Stand der Technik sind in VR oft keine Übertragungen von Augenbewegungen oder Mimik möglich (hier wäre zusätzliche Hardware nötig, siehe 3.1) (Schild et al. 2018), was aber nach Buehler und Kohne (2019) wichtig für einen guten Austausch unter den Lernenden sowie zwischen Lernenden und Lehrenden ist. Trotzdem konnten beispielsweise Berg und Steinsbekk (2021) in ihrer Studie zeigen, dass beim Erlernen der ABCDE-Methode die verwendete Mehrpersonen-VR-Anwendung genauso gute Lernergebnisse erzielt hat wie das Lernen mit physischen Geräten.

4. Vergleich zwischen dem Einsatz von Videokonferenzsoftware und VR

Abbildung 3 visualisiert wesentliche Umsetzungsunterschiede von vollimmersiven Mehrpersonen-VR-Anwendungen und Videokonferenzen für dieselben Personen und die von diesen betrachteten Inhalte. Es wird deutlich, dass (hier am Beispiel der Häuser) in Videokonferenzen eine zweidimensionale und mittels VR-Brille eine dreidimensionale Betrachtungsweise möglich ist. Im Weiteren befindet sich die Betrachterin/der Betrachter bei Videokonferenzen allein vor einem Bildschirm, auf dem weitere Teilnehmende und das zu betrachtende Objekt zu sehen sind. Bei dem Einsatz von VR-Brillen befindet sich die Betrachterin/der Betrachter gemeinsam mit anderen Teilnehmenden in einem virtuellen Raum, in dem sie sich das Objekt gemeinsam anschauen und mittels Controller mit dem Objekt interagieren können. Die Interaktion mit Objekten in einer Videokonferenz ist wie abgebildet lediglich mit dem Cursor der Computermaus möglich, durch das Teilen des Bildschirms werden den anderen Teilnehmenden Objekt und Interaktion gezeigt. In Videokonferenzen sind die Teilnehmenden in Form eines Ausschnittes ihrer Oberkörper als rechteckige Video-Kacheln zu sehen, während in der virtuellen Umgebung die Teilnehmenden als Avatare dargestellt werden. In beiden Formen sind die Teilnehmenden durch ein Netzwerk miteinander verbunden.



Abb. 3: Gemeinsames Arbeiten am Aufbau eines Hauses in einer Mehrpersonen-VR-Anwendung (rechts) vs. in einer Videokonferenz (links).

In Situationen, in denen Lehre online stattfindet, werden vermehrt Videokonferenzsoftware für die Zusammenarbeit von Lehrenden und Lernenden verwendet (Lecon 2020). Diese Software ermöglicht den direkten Austausch zwischen Lehrenden und Lernenden sowie die Zusammenarbeit der Lernenden untereinander. Um die Zusammenarbeit der Studierenden über die Videokonferenz hinaus zu ermöglichen, können zusätzlich weitere Tools wie beispielsweise Blogs, Wikis oder 3D-Welten verwendet werden (Gregory und Bannister-Tyrrell 2017). Blogs ermöglichen den asynchronen Austausch von Lehrenden und Lernenden, während Wikis einen Ort bieten, um Wissen zu sammeln.

Die «Embodiment Theory of Learning» besagt, dass Wissen über Events, Objekte oder theoretische Zusammenhänge besser verinnerlicht werden kann, wenn Lernevents mit sensorisch-motorischen Informationen kombiniert werden (Kiefer und Trumpp 2012). Mit VR-Lernanwendungen können Lernumgebungen geschaffen werden, die diese Interaktionen mit virtuellen Umgebungen und Objekten simulieren und dadurch motorische Informationen zum Gelernten hinzufügen. So könnte über den gezielten Einsatz von VR-Lernanwendungen eine Interaktionsmöglichkeit mit Gruppenteilnehmenden sowie der Umwelt geschaffen werden, was einen Nachteil der Videokonferenzsoftware in Bezug auf Gruppenarbeiten in körperlicher Präsenz ausgleichen könnte (Pottle 2019). Die Lernenden werden zudem zu aktiven Mitarbeitenden, während sie im klassischen Lernkontext oder in Videokonferenzen häufig die passive Rolle eines Hörers bzw. einer Hörerin einnehmen (Sancho et al. 2009).

Weiterhin kann die Nutzung von VR-Brillen für die Darstellung virtueller Welten die Immersion und das Gefühl von Präsenz der Nutzenden in der virtuellen Welt stark erhöhen, da die Nutzerin oder der Nutzer durch das Tragen der VR-Brille visuell von der realen Welt getrennt ist (Rebelo et al. 2012). Dies gelingt aufgrund der technischen Begebenheit besser in Anwendungen, die mit VR-Brillen genutzt werden, als beispielsweise bei desktopbasierten VR-Szenarien (Lerner, Wichmann, und Wegner 2019). Hinter der VR-Brille entsteht weniger Ablenkung durch die reale Welt; die Lernenden können sich auf die Lernumgebung fokussieren und konzentrieren. Denn beim Lernen mit Videokonferenztools von zu Hause, wird häufig die Gefahr der Ablenkung als ein grosser Nachteil dieser Methodik gesehen (Aguilera-Hermida 2020; Strauß und Rummel 2020). Für Lernende ist ihr zu Hause eher ein Ort der Freizeit und Entspannung. Soll nun dort gelernt werden, fällt das Konzentrieren schwer. Hinzu kommen weitere Faktoren wie Lärm oder Ablenkungen durch andere Familienmitglieder (Aguilera-Hermida 2020).

Studierende können allerdings auch abgeneigt sein, VR-Lernanwendungen zu nutzen. Ein Phänomen, welches bei der Durchführung von VR-Anwendungen auftreten kann, ist die *Cybersickness* – ein Gefühl von Unwohlsein während der Nutzung von VR oder virtuellen Desktopanwendungen (Burhenne, Kerling, und Gordon 2018). Porcino, Trevisan, und Clua (2021) beschreiben in ihrem Review mehrere Ansätze, wie Cybersickness vorgebeugt werden kann. Beispielsweise sollte, wenn die VR-Brille diese Funktion bietet, immer der Augenabstand (Interpupillary Distance, IPD) an den Nutzer angepasst werden. Auch Eingewöhnungszeiten und Pausen während der Nutzung tragen positiv zum Wohlbefinden bei (ebd.).

Weiterhin kann die Nutzung einer VR-Lernanwendung für die Studierenden bedeuten, dass sie sich während des Studiums mit einer weiteren digitalen Technologie befassen müssen. Dies kann besonders für weniger technikaffine Studierende eher wie eine zusätzliche Last denn als Unterstützung bedeuten. Abhängig ist dies meist davon, wie intuitiv und verlässlich die Technologie an sich funktioniert und in den Lernkontext eingebunden ist. Häufige Ausfälle und Fehlfunktionen können sowohl bei den Studierenden als auch bei den Lehrenden für Frustration sorgen. Lehrende müssen (oft zeitaufwendig) VR-Anwendungen in bereits existierende Kurse und Module einbinden. Werden die Anwendungen falsch integriert, entwickeln sie sich schnell von einem unterstützenden Tool zu einer Ablenkung. Weiterhin muss die Technik langfristig genutzt und gewartet werden können, sodass sich der Aufwand der Integration lohnt (Burhenne, Kerling, und Gordon 2018).

Zur besseren Übersicht über die Unterschiede zwischen dem Einsatz von Virtual Reality und Videokonferenzen in der Lehre folgt eine tabellarische Zusammenfassung benannter kommunikativ-interaktiver (Tab. 1), technischer (Tab. 2) und didaktisch-gestalterischer (Tab. 3) Unterschiede zwischen den beiden Methoden.

Kommunikativ-interaktive Unterschiede:		
Merkmale	**Videokonferenz**	**VR**
Sprache	– Belastung durch fehlenden ‹Smalltalk› (Rump und Brandt 2020) – Koordination der Sprechendenwechsel notwendig (Dähling und Standop 2021)	– Lautstärke der Stimme kann je nach Entfernung des Sprechenden angepasst werden (Du et al. 2018) – Sprachübertragung ermöglicht Austausch in Gruppendiskussionen oder Einzelgesprächen (Gregory und Bannister-Tyrrell 2017)
Körperliche Anwesenheit	– Kleiner Ausschnitt von Teilnehmenden sichtbar (Gojowsky et al. 2014, zit. n. Hey und Bodenstein-Dresler 2021) – Eingeschränkte körperliche Mobilität, starke körperliche Nähe (Bailenson 2021)	– Kann das Gefühl von körperlicher Präsenz erhöhen (Rebelo et al. 2012) – Gestik hilft, das Gefühl von menschlicher Gesellschaft in VR zu verstärken (Affendy und Wanis 2019)
Nonverbale Kommunikation	– Schwer zu erkennen; Erkennen mit erheblichem Aufwand verbunden; übliches Verhalten in engen Beziehungen muss gegenüber Fremden und Kollegen genutzt werden (z.B. langer Blickkontakt); erzwungene Beobachtung des nonverbalen Verhaltens und übertriebene Nutzung (z.B. starkes Nicken als Zustimmung) (Bailenson 2021) – In Teilen umsetzbar (Hey und Bodenstein-Dresler 2021) (siehe Kap. 2)	Bis auf Mimik kann nonverbale Kommunikation (wie Zeigen, Winken oder das Gefühl von Nähe) in VR dargestellt werden (Dzardanova et al. 2021)
Mimik	– Bei ausgeschalteter Kamera nicht zu sehen (Gojowsky et al. 2014, zit. n. Hey und Bodenstein-Dresler 2021) – Belastung durch das Fehlen nonverbaler Hinweise wie Mimik (Rump und Brandt 2020)	– Zur Erkennung wird zusätzliche Hardware benötigt (siehe 3.1) – Unterstützung von Mimik in VR ist noch in der Entwicklung (Dzardanova et al. 2021)
Gestik	– Bei ausgeschalteter Kamera nicht zu sehen (Gojowsky et al. 2014, zit. n. Hey und Bodenstein-Dresler 2021) – Belastung durch das Fehlen nonverbaler Hinweise wie Gestik (Rump und Brandt 2020)	– Wird die Handposition dargestellt, können Gesten (wie beispielsweise Zeigen, Winken) dargestellt werden – Gestik hilft, das Gefühl von menschlicher Gesellschaft in VR zu verstärken (Affendy und Wanis 2019)

Tab. 1: Kommunikativ-interaktive Unterschiede zwischen Videokonferenzen und VR.

Technische Unterschiede		
Merkmale	**Videokonferenzen**	**VR**
Notwendige Technik	– PC mit Videokamera und Mikrofon, stabiles Internet	– VR-Brille und ggf. Rechner (siehe Unterkapitel 3.1)
Technische Möglichkeiten	– Nutzung/Einbindung von: Breakout-Rooms, Videokonferenztool wie GatherTown, Chat, Forum, Wiki, Quests für Lerngruppen, Challenges und Gamification Elemente (Entner, Fleischmann, und Strasser 2021)	– Anpassbare Räume, in denen teilweise dokumentiert werden kann (über Whiteboard o. Ä.); teilweise ist die Einbindung von YouTube möglich oder ein Desktop-Sharing (Bangay et al. 2020) – In den anpassbaren Räumen in VR können Dinge oder Situationen dargestellt werden, die so in der Realität nicht oder nur schwer abzubilden wären (Affendy und Wanis 2019)
Technische Herausforderungen	– Nicht ausreichende Tonqualität, Zeitverlust durch Latenzen, instabile Internetverbindung, schlechte Bildqualität (Rump und Brandt 2020)	– Zusammenfindung aller in demselben virtuellen Raum; unterschiedliche Applikationen haben unterschiedliche Knopfbelegungen und erschweren damit den Einstieg in die Nutzung der Technik; Privatsphäre-Einstellungen müssen so gewählt werden, dass Fremde nicht den Unterricht stören können (Bangay et al. 2020)

Tab. 2: Technische Unterschiede zwischen Videokonferenzen und VR.

Didaktisch-gestalterische Unterschiede		
Merkmale	**Videokonferenz**	**VR**
Umsetzungsmöglichkeiten der Gruppenarbeit	– Geringe Interaktion zwischen Studierenden in Gruppenarbeiten (Holtermann 2020) – Stärkt soziale Eingebundenheit in Kleingruppen; systematische Kollaboration, systematisches Peer-Feedback möglich; Schaffen von gemeinsamen Erlebnissen (Entner, Fleischmann, und Strasser 2021) – Neigung zur voneinander unabhängigen Arbeitsteilung (Strauß und Rummel 2020)	– Kleingruppendiskussion möglich durch die Nutzung von privaten Räumen (Bangay et al. 2020) – Arbeiten mit virtuellen Objekten (beispielsweise Maschinen oder Geräten): eine Person arbeitet und die anderen schauen zu (Berg und Steinsbekk 2021)

Didaktisch-gestalterische Unterschiede		
Merkmale	**Videokonferenz**	**VR**
Positive Auswirkungen	– Stärkung des Kontaktes zwischen Lehrenden und Studierenden durch synchrone Elemente, z. T. verstärkt durch informelle, humorvolle, persönliche, abwechslungsreiche Anteile und Kleingruppenformate (Berendt et al. 2021) – Studierende wünschen sich, Zoom auch in Zukunft beizubehalten (Brunner 2021)	– Nutzer arbeiten oft kollaborativ daran, die Lösung eines Problems zu erarbeiten (Affendy und Wanis 2019) – Gestik hilft, das Gefühl von menschlicher Gesellschaft in VR zu verstärken (ebd.) – VR kann Motivation und Engagement beim Lernenden erhöhen (Concannon, Esmail, und Roberts 2019)
Nebenwirkungen/ negative Merkmale	– Niedrige Aufmerksamkeit, gehemmte Beteiligung, fehlende persönliche Kontakte (Holtermann 2020) – Zoom-Müdigkeit/Fatigue (Rump und Brandt 2020; Bailenson 2021): Reduktion der Konzentration, Fahrigkeit, Ungeduld, erhöhte Reizbarkeit, fehlende Balance, unwirkliches Agieren gegenüber Mitmenschen, Generyt Sein, Kopfschmerzen, – Magenschmerzen, Schlafstörungen, Sehstörungen; verleitet zu Nebentätigkeiten (Rump und Brandt 2020) – Physiologische Erregung durch angestarrt Werden; kognitive Belastung durch Videonutzung (Bailenson 2021) – Emotionale Belastung durch das Fehlen sozialer Kontakte und persönlicher Betreuung durch Dozierende (Brunner 2021)	– Soziale Interaktionen bisher oft nur bedingt möglich, Mimik ist aber beispielsweise wichtig für einen guten Austausch unter Lernenden sowie mit der Lehrkraft (Buehler und Kohne 2019) – Nutzer können sich mit dem VR-Headset unwohl fühlen, insbesondere, wenn zusätzlich eine Brille getragen wird (Krajčovič et al. 2021) oder aufgrund von Cybersickness (Burhenne, Kerling, und Gordon 2018)

Tab. 3: Didaktisch-gestalterische Unterschiede zwischen Videokonferenzen und VR.

Zusammengefasst lässt sich die Frage «Welche didaktisch-gestalterischen sowie kommunikativ-interaktiven Unterschiede zeigen vollimmersive virtuelle Lernumgebungen gegenüber dem Einsatz von Videokonferenzsoftware im Kontext der Gruppenarbeit?» wie folgt beantworten: Die Methode der Gruppenarbeit ist in der Hochschuldidaktik und das Konzept der Fallarbeit ist in der Pflegedidaktik etabliert. Die voranschreitende Digitalisierung und die durch die Corona-Pandemie bedingte Notwendigkeit der sozialen Isolation erfordern neue Formen der methodischen Umsetzung von Gruppenarbeiten.

Die Rechercheergebnisse zeigen, dass derzeit vielerorts Videokonferenzsoftware (Rumpf, Bühringer, und Mühlig 2021) zur Kompensation der Corona-bedingten Einschränkungen der Interaktion zwischen Lehrenden und Studierenden sowie Studierenden untereinander und zum ortsunabhängigen Lernen genutzt wird. Weiter findet darin eine Teilkompensation nonverbaler Sprache und eine Stärkung der sozialen Eingebundenheit in der Gruppe statt. Zudem erlaubt die Nutzung von Videokonferenzsoftware den Einbezug von ergänzenden digitalen Tools wie Blogs, Chats oder Wikis. Der Einsatz von VR im Lernsetting erhöht wiederum die Motivation und das Engagement der Lernenden, reduziert den Verbrauch von Ressourcen, ermöglicht ortsunabhängiges Lernen und multiple Wiederholungsmöglichkeiten von seltenen oder gefährlichen Situationen. Ausserdem werden darin Lerninhalte verräumlicht, die Übertragbarkeit des Gelernten durch die physikalische Interaktion auf die Realität wird verbessert. Auch in der VR ist eine Interaktion mit anderen Studierenden, aber auch mit Objekten möglich. Die Motivation und die Lernerfolge können zudem mittels Storytelling und eingebundener individueller Problemlösungsprozesse, beispielsweise im Rahmen der Fallarbeit, gefördert werden.

Beide Formate haben jedoch auch Nachteile. Teilnehmende von Videokonferenzen sind anfällig für Ablenkungen durch ihr Umfeld, können sich nur bedingt untereinander informell austauschen und leiden häufig unter dem Fatigue-Syndrom sowie dem daraus folgenden Rückgang der Konzentration durch kognitive Be- und Überlastung, Bewegungseinschränkung sowie permanente Selbstkontrolle. Zudem kann eine Frustration bei der Interaktion in Kleingruppen durch Gruppenmitglieder mit geringem Beitragsanteil, sowie organisatorische und kommunikative Schwierigkeiten entstehen. Im Weiteren neigen solche Gruppen zur Arbeitsteilung, in der die lernförderliche Interaktion fehlt. Bei der Anwendung von VR muss wiederum insbesondere die Technik funktionsfähig sein, um nicht ihrerseits zur Ablenkung zu werden. Dieses gilt allerdings auch für den Einsatz von Videokonferenzsoftware. Im Gegensatz zur Videokonferenz ist jedoch keine visuelle Ablenkung durch die Umwelt gegeben, wobei alle Teilnehmenden gleichermassen darin eingebunden sind und sich der Interaktion untereinander nur schwer entziehen können. In der VR-Anwendung kann jedoch ein unerwünschter Effekt der Cybersickness bei Nutzenden hervorgerufen werden. Zudem ist zum aktuellen Stand der Technik nur unter Einbezug zusätzlicher Technik in Teilen die Mimik der Teilnehmenden darin übertragbar, was sowohl die dauerhafte Konzentration auf nonverbale Signale des Gegenübers reduziert als auch die für den Lernprozess förderlichen Aspekte der nonverbalen Kommunikation ausschliesst. Ebenso ist der Einsatz ergänzender digitaler Tools hier nur bedingt möglich. Die Ortsunabhängigkeit ist allerdings in beiden Formaten gegeben, wenn die Studierenden über die entsprechende Hardware verfügen.

Während die Fallarbeit in Videokonferenzen in Breakout-Sessions durchgeführt werden kann (wie es beispielsweise Dähling und Standop (2021) sehr detailliert beschreiben), zeigt das folgende Persona-Beispiel eine Möglichkeit der Umsetzung des Konzeptes der Fallarbeit als Gruppenarbeitsprozess im vollimmersiven virtuellen Raum.

5. Ausblick: Umsetzung des Konzeptes der Fallarbeit mittels VR in einem Gruppenarbeitsprozess

Im Folgenden wird die Erstellung von Personae (vgl. Garneli, Patiniotis, und Chorianopoulos 2021) am Beispiel einer Mehrpersonen-VR-Anwendung für eine Fallbesprechung zur Versorgung eines Menschen mit einem Kolostoma (künstlicher Darmausgang) skizziert. Wie eine konkrete Umsetzung des Mehrpersonen-VR-Szenarios in Verbindung mit der multiperspektivischen Fallbesprechung aussehen kann, soll im Rahmen des zuvor benannten Forschungsprojektes erprobt und evaluiert werden. Die detaillierte Beschreibung des methodischen Vorgehens und der Evaluationsergebnisse der Erprobung werden voraussichtlich im zweiten Teil der Beitragsreihe zum immersiven Lernen veröffentlicht.

In der VR-Anwendung sollen sich mehrere Lernende treffen und gemeinsam den Fall einer Patientin oder eines Patienten mit einem Kolostoma diskutieren. Die Lernenden befinden sich in einem virtuellen Patientenzimmer und haben die Möglichkeit, den Fall in der Patientenakte nachzuschlagen. An der Wand hängen Abbildungen mit Stichpunkten zu den unterschiedlichen theoretischen Perspektiven. Sie können miteinander sprechen, Objekte, über die diskutiert werden soll, an eine Pinnwand heften und auf dieser Skizzen bzw. Notizen vornehmen. Zudem haben sie die Möglichkeit, von ihrem Blickfeld ein Foto (Screenshot) aufzunehmen, das anschliessend auf einem Computer abgerufen werden kann. Das Szenario kann aufgezeichnet und für die Reflexion genutzt werden. Nutzende werden als Avatar dargestellt, welchen sie selbst wählen können. Mit diesem haben sie die Möglichkeit zur nonverbalen Kommunikation in Form der Gestik sowie zur verbalen Kommunikation durch den Einsatz der eigenen Sprache. Die Avatare unterscheiden sich sowohl in ihrem Aussehen voneinander als auch in der Rolle, die sie repräsentieren, was insbesondere die Verkörperung und den Rollenwechsel für die Lernenden erleichtert. So kann eine Lernende oder ein Lernender beispielsweise in die Rolle der Patientin oder des Patienten schlüpfen, während zwei andere die Rolle eines Arztes oder einer Ärztin und einer Pflegefachperson einnehmen.

In der Anwendung gibt es demnach drei Perspektiven: Die Lernenden, die durch die unterschiedlichen Rollen einen Perspektivwechsel auf den Fall erleben können, die Gruppe der Lernenden, die eine gemeinsame Individuallösung für den Patient:innenfall finden möchte und die Lehrenden, die durch den Einsatz der

Anwendung das Ziel verfolgen, interprofessionelle Kommunikation sowie multiperspektivisches Denken zu fördern. Anhand dieser Personae kann beispielhaft aufgezeigt werden, welche Möglichkeiten die VR-Anwendung in der Lehre bieten kann.

6. Fazit

Abschliessend kann auf Grundlage der Literaturergebnisse kein eindeutiges Urteil darüber gefällt werden, welches Medium (Videokonferenzsoftware oder VR-Brille) sich besser für das Lernen in Gruppen eignet. Die positiven Ergebnisse bei der Mediennutzung unter dem Einbezug des Konzeptes der Fallarbeit zeigen allerdings, dass der Lernerfolg der Studierenden mit der didaktischen Aufbereitung des Lehr-Lernmaterials korreliert. Eine solche Abhängigkeit zwischen «der didaktisch-methodischen Aufarbeitung, dem Design der Lernmodule und der Qualität des Mediums wie auch der Lehre» (Hejna und Seeling 2022, 12) wird ebenfalls in einem systematischen Review zum Einsatz digitaler Medien in Verbindung mit der hermeneutischen Fallarbeit für den Bildungsbereich der Gesundheitsberufe beschrieben (ebd.). Folglich ist die Notwendigkeit von Implementierungskonzepten für den Einsatz digitaler und virtueller Medien in der Lehre sowie von Untersuchungen zur Effektivität des Einsatzes neuer Medien wie der VR-Brille nochmals zu betonen.

Literatur

Affendy, Nor'a Muhammad Nur, und Ismail Ajune Wanis. 2019. «A Review on Collaborative Learning Environment across Virtual and Augmented Reality Technology». *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 551: 12050. https://doi.org/10.1088/1757-899X/551/1/012050.

Aguilera-Hermida, A. Patricia. 2020. «College students' use and acceptance of emergency online learning due to COVID-19». *International Journal of Educational Research Open* 1: 100011. https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2020.100011.

Bailenson, Jeremy N. 2021. «Nonverbal overload: A theoretical argument for the causes of Zoom fatigue». *Technology, Mind, and Behavior* 2 (1). https://doi.org/10.1037/tmb0000030.

Bangay, Shaun, Guy Wood-Bradley, Hasan Ferdous, Thuong Hoang, Sophie Mckenzie, Alexander Baldwin, und Elicia Lanham. 2020. «On Repurposing Social Virtual Reality Platforms to Support Distributed Learning». In *2020 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT)*, 981–86: IEEE. https://doi.org/10.1109/WIIAT50758.2020.00150.

Berendt, Brigitte, Andreas Fleischmann, Niclas Schaper, Birgit Szczyrba, Matthias Wiemer, und Johannes Wildt, Hrsg. 2021. *Neues Handbuch Hochschullehre*. DUZ. https://doi.org/10.36197/DUZOPEN.029.

Berg, Helen, und Aslak Steinsbekk. 2021. «The Effect of Self-Practicing Systematic Clinical Observations in a Multiplayer, Immersive, Interactive Virtual Reality Application Versus Physical Equipment: A Randomized Controlled Trial». *Advances in health sciences education: theory and practice* 26 (2): 667–82. https://doi.org/10.1007/s10459-020-10019-6.

Brunner, Georg. 2021. «Das Corona-Semester – die Zwangsumstellung auf Fernlehre aus Sicht der Hochschulleitung am Beispiel der Pädagogischen Hochschule Freiburg». In *Wie Corona die Hochschullehre verändert*, herausgegeben von Ullrich Dittler, und Christian Kreidl, 71–87. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32609-8_5.

Buehler, Kai, und Andreas Kohne. 2019. «Lernen mit Virtual Reality: Chancen und Möglichkeiten der digitalen Aus- und Fortbildung». In *Zukunftsfähige Unternehmensführung: Ideen, Konzepte und Praxisbeispiele*, herausgegeben von Matthias Groß, Matthias Müller-Wiegand, und Daniel F. Pinnow, 209–24. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59527-5_11.

Burhenne, Rebecca A., Kristin A. Kerling, und Randy M. Gordon. 2018. «Challenges and Disadvantages With Virtual Technology Integration». *Virtual Simulation in Nursing Education.* https://doi.org/10.1891/9780826169648.0006.

Concannon, Brendan J., Shaniff Esmail, und Mary Roduta Roberts. 2019. «Head-Mounted Display Virtual Reality in Post-Secondary Education and Skill Training». *Front. Educ.* (4). https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00080.

Dähling, Christoph, und Jutta Standop. 2021. «Kollaborative Fallarbeit in Videokonferenzen». *Die Materialwerkstatt. Zeitschrift für Konzepte und Arbeitsmaterialien für Lehrer*innenbildung und Unterricht* 3 (1): 32–39. https://doi.org/10.11576/dimawe-4458.

Diefenbach, Sabine, und Dörthe Höhle. 2018. «Interdisziplinarität – (k)ein Thema im Unterricht an Gesundheitsfachschulen». *PADUA* 13 (2): 99–106. https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000422.

Dieterich, Juliane, und Karin Reiber. 2014. *Fallbasierte Unterrichtsgestaltung Grundlagen und Konzepte: Didaktischer Leitfaden für Lehrende.* Pflege fallorientiert lernen und lehren. Stuttgart: Kohlhammer.

Dittler, Ullrich, und Christian Kreidl, Hrsg. 2021. *Wie Corona die Hochschullehre verändert.* Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32609-8.

Du, Jing, Yangming Shi, Zhengbo Zou, und Dong Zhao. 2018. «CoVR: Cloud-Based Multiuser Virtual Reality Headset System for Project Communication of Remote Users». *J. Constr. Eng. Manage.* 144 (2): 4017109. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001426.

Dzardanova, Elena, Vlasios Kasapakis, Damianos Gavalas, und Stella Sylaiou. 2021. «Virtual Reality as a Communication Medium: A Comparative Study of Forced Compliance in Virtual Reality Versus Physical World». *Virtual Reality* 1–21. https://doi.org/10.1007/s10055-021-00564-9.

Entner, Cornelia, Andreas Fleischmann, und Alexandra Strasser. 2021. «Hochschullehre im digitalen Wandel: Überlegungen zur didaktischen Gestaltung von Präsenz- und Onlinelehre». In *Neues Handbuch Hochschullehre*, herausgegeben von Brigitte Berendt, Andreas Fleischmann, Niclas Schaper, Birgit Szczyrba, Matthias Wiemer, und Wildt, Johannes, 24–42: DUZ. https://doi.org/10.36197/DUZOPEN.029.

Freina, Laura, und Michela Ott. 2015. «A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives». In *The international scientific conference elearning and software for education* 1: 133–41. Bucharest. https://doi.org/10.12753/2066-026X-21-020.

Fricoteaux, Loïc, Indira Thouvenin, und Daniel Mestre. 2014. «GULLIVER: A decision-making system based on user observation for an adaptive training in informed virtual environments». *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 33: 47–57. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2014.03.005.

Garneli, Varvara, Konstantinos Patiniotis, und Konstantinos Chorianopoulos. 2021. «Designing Multiplayer Serious Games with Science Content». *MTI* 5 (3): 8. https://doi.org/10.3390/mti5030008.

Goeze, Annika, und Stefanie Hartz. 2008. «Die Arbeit an Fällen als Medium der Professionalisierung von Lehrenden». *REPORT – Zeitschrift für Weiterbildungsforschung* 03/2008: 68–78. https://doi.org/10.3278/REP0803W068.

Gregory, Sue, und Michelle Bannister-Tyrrell. 2017. «Digital learner presence and online teaching tools: higher cognitive requirements of online learners for effective learning». *Research and Practice in Technology Enhanced Learning* 12 (1): 1–17. https://doi.org/10.1186/s41039-017-0059-3.

Greimel-Fuhrmann, Bettina, Julia Riess, Tim Loibl, und Susanne Schuster. 2021. «Lehren aus der Distanzlehre ziehen – eine Interviewstudie zur Distanzlehre ander Wirtschaftsuniversität Wien.». In *Wie Corona die Hochschullehre verändert*, herausgegeben von Ullrich Dittler, und Christian Kreidl, 89–103. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32609-8_6.

Gutierrez, Mario, F. Vexo, und Daniel Thalmann. 2008. *Stepping into Virtual Reality*. Wiesbaden: Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6.

Haerling, Katie A. 2018. «Cost-Utility Analysis of Virtual and Mannequin-Based Simulation». *Simulation in healthcare: journal of the Society for Simulation in Healthcare* 13 (1): 33–40. https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000280.

Hejna, Urszula, und Stefanie Seeling. 2022. «Digitale und virtuelle Unterstützung hermeneutischer Fallarbeit in der gesundheitsberuflichen Bildung». *Pflege*, 1–13. https://doi.org/10.1024/1012-5302/a000861.

Hey, Barbara, und Friederike Bodenstein-Dresler, Hrsg. 2021. *Virtuelle Veranstaltungen in Wissenschaft und Lehre.* essentials. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-33194-8.

Holtermann, Sebastian. 2020. «Teleteaching – Provisorium oder langfristige Ergänzung für die Lehre?». Masterarbeit, Hochschule Hannover. https://doi.org/10.25968/opus-1779.

Jensen, Lasse, und Flemming Konradsen. 2018. «A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training». *Educ Inf Technol* 23 (4): 1515–29. https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0.

Kiefer, Markus, und Natalie M. Trumpp. 2012. «Embodiment theory and education: The foundations of cognition in perception and action». *Trends in Neuroscience and Education* 1 (1): 15–20. https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.07.002.

Kienle, Andrea, und Tamara Appel. 2021. «In 25 Tagen in die digitale Welt: Das Online-Semester an der Fachhochschule Dortmund.». In *Wie Corona die Hochschullehre verändert*, herausgegeben von Ullrich Dittler, und Christian Kreidl, 105–18. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32609-8.

Kostorz, Peter, und Marco van den Berg. 2013. «Gruppenarbeit im Studium». *PADUA* 8 (1): 4–12. https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000097.

Krajčovič, Martin, Gabriela Gabajová, Beáta Furmannová, Vladimír Vavrík, Martin Gašo, und Marián Matys. 2021. «A Case Study of Educational Games in Virtual Reality as a Teaching Method of Lean Management». *Electronics* 10 (7): 838. https://doi.org/10.3390/electronics10070838.

Lang, Yining, Liang Wei, Fang Xu, Yibiao Zhao, und Lap-Fai Yu. 2018. «Synthesizing Personalized Training Programs for Improving Driving Habits via Virtual Reality». In *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*: IEEE. https://doi.org/10.1109/vr.2018.8448290.

Lecon, Carsten. 2020. «Corona E-Learning Cocktail: Sustainability of University Education in Times of Pandemics». In *2020 15th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, 57–65. https://doi.org/10.1109/ICCSE49874.2020.9201619.

Lerner, Dieter, Dominik Wichmann, und Konstantin Wegner. 2019. «Virtual-Reality-Simulationstraining in der Notfallsanitäterausbildung». *retten!* 8 (4): 234–7. https://doi.org/10.1055/a-0820-8614.

Lindwedel-Reime, Ulrike, Christian Plotzky, Lisa Blattert, Stefan Walzer, Christophe Kunze, und Peter König. 2019. «Evaluation eines VR-gestütztes Absaugtrainings für professionell Pflegende in Ausbildung und Praxis». Unveröffentlichtes Manuskript.

Marczuk, Anna, Frank Multrus, und Markus Lörz. 2021. *Die Studiensituation in der Corona-Pandemie. Auswirkungen der Digitalisierung auf die Lern- und Kontaktsituation von Studierenden:* Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Zugriff am 27. August 2021. https://www.dzhw.eu/pdf/pub_brief/dzhw_brief_01_2021.pdf.

Mazur, Travis, Tarek R. Mansour, Luke Mugge, und Azedine Medhkour. 2018. «Virtual reality-based simulators for cranial tumor surgery: a systematic review». *World neurosurgery* 110: 414–22. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.11.132.

Mirgram, Paul, und Fumio Kishino. 1994. «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays». *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* E77-D (12): 1321–29. https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays.

Nichols, Sarah, Clovissa Haldane, und John R. Wilson. 2000. «Measurement of presence and its consequences in virtual environments». *International Journal of Human-Computer Studies* 52 (3): 471–91. https://doi.org/10.1006/ijhc.1999.0343.

Nikodemus, Paul. 2017. *Lernprozessorientiertes Wissensmanagement und kooperatives Lernen.* Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-17681-5.

Porcino, Thiago, Daniela Trevisan, und Esteban Clua. 2021. «A Cybersickness Review: Causes, Strategies, and Classification Methods». *JIS* 12 (1): 269–82. https://doi.org/10.5753/jis.2021.2058.

Pottle, Jack. 2019. «Virtual Reality and the Transformation of Medical Education». *Future healthcare journal* 6 (3): 181–5. https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036.

Rebelo, Francisco, Paulo Noriega, Emília Duarte, und Marcelo Soares. 2012. «Using Virtual Reality to Assess User Experience». *Human factors* 54 (6): 964–82. https://doi.org/10.1177/0018720812465006.

Rump, Jutta, und Marc Brandt. 2020. «Zoom- Fatigue». https://www.ibe-ludwigshafen.de/wp-content/uploads/2020/09/IBE-Studie-Zoom-Fatigue.pdf.

Rumpf, Hans-Jürgen, Gerhard Bühringer, und Stephan Mühlig. 2021. «Online-Konferenzen, Zoom-Fatigue und virtuelle Kongresse – Kommunikation in der Pandemie». *SUCHT* 67 (3): 117–20. https://doi.org/10.1024/0939-5911/a000709.

Sancho, Pilar, Ruben Fuentes, Pedro Pablo Gomez-Martin, und Baltasar Fernandez-Manjon. 2009. «Applying multiplayer role based learning in engineering education: Three cases of study to analyze the impact on student's performance». *International Journal of Engineering Education* 25 (4): 665-679.

Schild, Jonas, Dieter Lerner, Sebastian Misztal, und Thomas Luiz. 2018. «EPICSAVE – Enhancing vocational training for paramedics with multi-user virtual reality». In *2018 IEEE 6th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 1–8. https://doi.org/10.1109/SeGAH.2018.8401353.

Schrems, Berta. 2013. *Fallarbeit in der Pflege: Grundlagen, Formen und Anwendungsbereiche.* Wien: facultas.

Schrems, Berta. 2019. *Fallarbeit in der Pflege: Grundlagen, Formen und Anwendungsbereiche.* 3., überarbeitete und ergänzte Auflage. Wien: facultas. https://doi.org/10.24989/9783990308790.

Schwan, Stephan, und Jürgen Buder. 2006. «Virtuelle Realität und E-Learning». https://www.e-teaching.org/materialien/literatur/schwan-buder-2005.

Shneiderman, Ben. 1998. *Designing the user interface – Strategies for effective human-computer.* 3. Aufl. o. O.: Addison-Wesley Longman. https://www.mti-express.fr/sites/default/files/webform/pdf-designing-the-user-interface-strategies-for-effective-human-comp-ben-shneiderman-pdf-download-free-book-442e0d2.pdf.

Slater, Mel, und Sylvia Wilbur. 1997. «A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments». *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 6 (6): 603–16. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603.

Strauß, Sebastian, und Nikol Rummel. 2020. «Promoting interaction in online distance education: designing, implementing and supporting collaborative learning». *ILS* 121 (5/6): 251–60. https://doi.org/10.1108/ILS-04-2020-0090.

Wang, Annie, Meredith Thompson, Dan Roy, Katharine Pan, Judy Perry, Philip Tan, Rik Eberhart, und Eric Klopfer. 2019. «Iterative user and expert feedback in the design of an educational virtual reality biology game». *Interactive Learning Environments*, 1–18. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1678489.

Zumbach, Jörg, und Heinz Mandl, Hrsg. 2008. *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis: Ein fallbasiertes Lehrbuch.* Göttingen: Hogrefe.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Virtual Reality im modernen Englischunterricht und das Potenzial für Inter- und Transkulturelles Lernen

Jeanine Steinbock[1], Rebecca Hein[1], Maria Eisenmann[1], Marc Erich Latoschik[1] und Carolin Wienrich[1]

[1] Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Zusammenfassung
Der Aufbau von inter- und transkulturellen Kompetenzen im modernen Englischunterricht verlangt nach authentischen, kulturübergreifenden Begegnungs- und Kommunikationssituationen. Virtual Reality (VR) als Ort der Partizipation und Konstruktion kann dem Erwerb kultureller Kompetenzen zentrale Vorteile bieten, die die physischen Grenzen des Klassenzimmers auflösen und Lernende weltweit in authentische Kommunikationssituationen mit Lernenden treten lassen. Als Teil des Forschungsinteresses soll dabei untersucht werden, inwiefern Avatare, Kontexte und virtuelle Objekte Initiatoren und Begleiter kultureller Lernprozesse sein können. Für den Forschungsfokus auf virtuelle Objekte wurde eigens das InteractionSuitcase entwickelt, eine Sammlung virtueller Objekte, die unterschiedliche Stereotypisierungsgrade aufweisen und von Lernenden in der Kommunikationssituation genutzt werden können. Aufbauend auf dieser Entwicklung wurde ein universitäres Seminarkonzept entwickelt, in dem die Studierenden handlungs- und produktorientiert Unterrichtskonzepte für den Einsatz von VR im Fremdsprachenunterricht entwerfen. Ziel dieses Beitrages ist, die Entwicklung der VR-Welt und des Seminarkonzeptes vor dem Hintergrund medien- und kulturdidaktischer sowie empirischer Überlegungen vorzustellen (1) und anschliessend über die Ergebnisse der empirischen Begleitforschung zu berichten (2).

Virtual Reality in Modern English Teaching and its Potential for Inter- and Transcultural Learning

Abstract
Fostering inter- and transcultural competencies in modern foreign language teaching requires authentic, cross-cultural communication and collaboration. Virtual reality (VR) as a tool for participation and co-construction can offer key advantages to these learning processes, dissolving the physical boundaries of the classroom and allowing learners to

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Steinbock, Jeanine, Rebecca Hein, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik, und Carolin Wienrich. 2022. «Virtual Reality im modernen Englischunterricht und das Potenzial für Inter- und Transkulturelles Lernen». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 246–266. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.12.X.

engage in authentic communication activities with learners worldwide. As part of the research interest, the extent to which avatars, contexts and virtual objects can be initiators and facilitators of cultural learning processes will be explored. For the research focus on virtual objects, we developed the InteractionSuitcase, a collection of virtual objects that have different degrees of stereotyping and can be used by learners as initiators for communication. Based on this development, a university seminar concept was developed, in which students design action- and product-oriented teaching concepts integrating VR in foreign language teaching. The goal of this paper is to present the development of the VR environment and the seminar concept considering media- and cultural didactics as well as empirical considerations (1) and then to report on the results of the accompanying empirical research (2).

1. Einleitung

Technischer Fortschritt, Digitalisierung und die stetige Weiterentwicklung didaktischer Ansätze und Methoden bringen immer neue Möglichkeiten in die Klassenzimmer, welche sich wiederum verstärkt der digitalen Welt öffnen (García García 2016, 34). In einer weltweiten Vernetzung treffen durch die Affordanzen digitaler Medien verschiedene Kulturgefüge aufeinander, wodurch sich für den Fremdsprachenunterricht Herausforderung und Aufgabe gleichermassen ergeben, den Aufbau digitaler Kompetenzen mit der Förderung inter- und transkultureller Kompetenzen zu verbinden. Aktuelle politische und sozio-kulturelle Ereignisse wie die *Black Lives Matter*-Bewegung geben diesem Ansatz neue Brisanz, die der Fachdiskurs unter dem Begriff «Rassismuskritischer Fremdsprachenunterricht» adressiert (Römhild und Matz 2021). Durch digitale Infrastruktur und Zugriff auf digitale Kommunikationsplattformen können sich Lernende an einem internationalen themenspezifischen Diskurs beteiligen, für den sie im modernen Englischunterricht essenzielle kulturelle und digitale Kompetenzen erwerben. Der wissenschaftliche Diskurs kann hierzu einen wichtigen Beitrag leisten, wenn er in einem disziplinübergreifenden Austausch die Beziehung zwischen Mensch und Computer mit Inhalten und Kompetenzzielen eines modernen fremdsprachlichen Unterrichts verbindet. Dieser Beitrag stellt das Kooperationsprojekt des *Lehrstuhls für Fachdidaktik – Moderne Fremdsprachen* mit dem *Lehrstuhl für Human-Computer-Interaction* an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg vor, bei dem ausgehend vom Fokus des Erwerbs inter- und transkultureller kommunikativer Kompetenzen im Englischunterricht unter besonderer Berücksichtigung digitaler Kompetenzen, Virtual Reality (VR) Interventionen konzipiert und getestet werden. Ziel ist es aufzuzeigen, welche Manipulationen und Eigenschaften von VR sich positiv auf den Erwerb inter- und transkultureller Kompetenzen im Setting eines Englischunterrichts in der gymnasialen Oberstufe auswirken. Grundsätzlich besteht das Forschungsinteresse daher aus drei Forschungsfragen, die zugleich die kulturell-thematische Fokussierung aufzeigen:

1. Wie kann man VR im Kontext von inter- und transkulturellen Lernprozessen gewinnbringend im Englischunterricht einsetzen?
   a. mit Fokus auf virtuelle Objekte
   b. mit Fokus auf Selbst- und Fremdverkörperung (Avatare)
   c. mit Fokus auf virtuelle situationelle Umgebungen
2. Wie sollte eine Unterrichtseinheit zum Thema «Rassismus» aufgebaut sein, um mittels VR inter- und transkulturelle Lernprozesse zu initiieren?
3. Wie wird der *InteractionSuitcase* im Rahmen einer VR gestützten Unterrichtseinheit zum Thema «Rassismus» von den Studierenden genutzt?

Die für das Forschungsvorhaben verwendete Plattform *ViLeArn*[1] bietet Nutzenden sowohl die Möglichkeit, in Verkörperung eines Avatars die Umgebung eigenständig zu erleben und zu manipulieren (Latoschik et al. 2019), als auch im Sinne eines social VR Interventionen, in denen *Peers* synchron und remote miteinander interagieren können. Social VR hat die Art und Weise, wie Menschen sich online treffen, interagieren und Kontakte knüpfen, dramatisch verändert (Freeman et al. 2020). Im Kontext dieses Aufsatzes wird übergreifend der Terminus «VR» verwendet, welcher o. g. Aspekte von social VR inkludiert. Die in diesem Schritt des Forschungsprojekts gewonnenen Ergebnisse mit Lehramtsstudierenden sollen in einem späteren Schritt auf Englischlernende als hypothesensupportive Kohorte übertragen werden.

2. Der Stellenwert des inter- und transkulturellen Lernens im modernen Englischunterricht

Im Zeitalter der Digitalisierung, der eine an Bedeutung gewinnende globale Vernetzung inhärent ist, ist es Aufgabe der Schulen, Lernende zu mündigen und selbstständigen Agierenden einer kulturübergreifenden Gesellschaft auszubilden (Kultusministerkonferenz 2012). Diese Forderung nach inter- und transkulturellen Vermittlern betonen sowohl Fachlehrpläne und Bildungsstandards als auch die europäische Bildungspolitik, die inter- und transkulturelle Kompetenzen als Teil des *lifelong learning* ansieht:

> «It is important to have an open attitude towards, and respect for, diversity of cultural expression […]. A positive attitude also includes a curiosity about the world, an openness to imagine new possibilities, and a willingness to participate in cultural experiences.» (Official Journal of the European Union 2018)

Prägend für die Entwicklung des zunächst rein interkulturellen Lernens im Kontext des Fremdsprachenunterrichts ist das Modell Michael Byrams, das in den 90er-Jahren entwickelt wurde und bis heute von zentraler Bedeutung ist. Michael Byram

1 https://vilearn.hci.uni-wuerzburg.de.

postulierte das Konzept der «Intercultural Communicative Competence» und betonte damit den Bezug von Sprache und Kultur (Byram 1997). Dieses Konzept wurde in das *Common European Framework of Reference for Languages* aufgenommen und damit die Förderung interkulturell-kommunikativer Kompetenzen als eines der Ziele europäischer Bildungspolitik definiert (Council of Europe 2001). Auf Basis kognitiver, affektiver und konativer Kompetenzen erlangen Lernende Wissen, Haltungen und Handlungskompetenzen, die ihnen ermöglichen, Mittler und Vermittler zwischen Kulturen zu sein. Die Wissensebene beinhaltet neben dem kulturellen Faktenwissen ein soziokulturelles Orientierungswissen, welches kulturelle Werte, Bräuche und Normen beschreibt. Handlungskompetenzen statten die Lernenden mit Fähigkeiten aus, in anderen Kulturen zu agieren, kulturelle Besonderheiten zu erkennen und annehmen zu können und in einer stetigen Selbstreflexion kulturelle Bedeutungen auszuhandeln. Daneben sollen die Lernenden positive Haltungen gegenüber anderen Kulturen entwickeln, die nur auf der Grundlage eines respektvollen Umgangs, Offenheit gegenüber neuen Erfahrungen und der Fähigkeit zur Perspektivübernahme möglich sind (Kultusministerkonferenz 2012).

Den fremdsprachlichen Unterricht stellt eine gleichgewichtete Berücksichtigung dieser drei Dimensionen interkulturellen Lernens vor Herausforderungen, wobei zu betonen ist, dass die Fremdsprachenforschung schon früh begann, sich neben kognitiven Aspekten vermehrt affektiv-emotionalen Aspekten des Fremdsprachenlernens zu widmen und diese aus unterschiedlichen fremdsprachendidaktischen Perspektiven zu betrachten (Krashen 1982, Burwitz-Melzer, Riemer, und Schmelter 2020). Der moderne Englischunterricht verzeichnet eine verstärkte Hinwendung zu authentischen Interaktionssituationen, die zwar eines höheren Aufwandes bedürfen, jedoch aufgrund ihrer Bedeutsamkeit für den Aufbau aufgeschlossener und toleranter Haltungen vielversprechend erscheinen (O'Dowd 2020). Haben Lernende die Möglichkeit, mit *Peers* anderer Kulturkreise zu kommunizieren und interagieren, so können sie im Klassenzimmer in einen kulturübergreifenden Austausch treten und gemeinsam kulturelle Bedeutungen aushandeln. Der Abbau von Vorurteilen, die Entkräftung von Stereotypen und die Identifikation von Gemeinsamkeiten können so in konstruktivistischem Sinne ermöglicht werden und den Lernenden kann eine aktive Rolle im Lerngeschehen zugeschrieben werden.

Um in diesem Austausch sprachlich interagieren können, ist die zentrale Basis des Aufbaus inter- und transkultureller Kompetenzen das Verfügen über kommunikative Kompetenzen (Eisenmann 2015, 222). Auf dieser Grundlage, so Eisenmann (2015), solle ein kulturell-kommunikativer Kompetenzaufbau über inter- hin zu transkulturellen Kompetenzen angestrebt werden, Letzteres mit besonderer Relevanz für Lernende der Oberstufe. Die Vermittlung interkultureller Kompetenzen, kennzeichnend an einem binären Identitätsgefüge von Eigen und Fremd, hat zum Ziel ethnozentrische Sichtweisen zu überwinden und ethnorelative Standpunkte einzunehmen, die

Offenheit und Neugier gegenüber anderen Kulturen, aber auch die kritische Reflexion eigener und anderer Kulturgefüge beinhalten (Hammer, Bennett, und Wiseman 2003). Agieren Lernende offen und tolerant in diesem binären Kulturgefüge, kann die Vermittlung transkultureller Kompetenzen hieran anknüpfen, welche Kultur als fluide Gebilde definieren, die einem steten Wandel unterlegen sind und scheinbare kulturelle Grenzen verschwimmen lassen (Eisenmann 2015). Moderne Ansätze im Englischunterricht, bspw. *global education* oder *global citizenship education*, tragen dieser Entwicklung auch begrifflich Rechnung (Volkmann 2014). Diese Ansätze betonen die Rolle der Lernenden als aktive Mitglieder der Gesellschaft und betonen ihre soziale Verantwortung für globale gesellschaftspolitische Themen wie Nachhaltigkeit, soziale Ungleichheit oder Diskriminierung. In dieser Bedeutungsaushandlung sind Einflüsse digitaler Medien von vermehrter Bedeutung für Lernende und fordern daher Aufmerksamkeit der Fremdsprachenforschung. Nicht nur beeinflussen digitale Medien den Alltag der Lernenden auch haben sie bedeutende Einflüsse auf deren Kommunikationsverhalten, indem sie Austausch in immer neuen Formen ermöglichen, ihn schneller und einfacher machen, gleichzeitig aber auch Kompetenzanforderungen an Nutzende im Sinne einer *critical literacy* stellen.

Betrachtet man die *Black Lives Matter*-Bewegung, so befasst man sich nicht nur mit einer für den Englischunterricht höchst relevanten Thematik, sondern beobachtet auch die Multimedialität, von der die Bürgerrechtsbewegung umgeben ist (Braselmann 2021). Durch soziale Medien gelangen Informationen an einen grossen Adressatenkreis, der aktiv oder passiv diese Informationen verarbeitet oder konsumiert. Gerade auch durch diese Zugänglichkeit fordert der Englischunterricht eine Auseinandersetzung mit dem Thema «Rassismus» in Form eines rassismuskritischen Unterrichts und kritisiert dabei gleichzeitig etablierte Formen interkulturellen Lernens (Römhild und Matz 2021). So merken Römhild und Matz (2021, 5) das in den Fachlehrplänen nach wie vor stark präsente Binaritätsgefüge an, welches wirksamen *anti-bias*-Trainings entgegenstehe. Zwar kann das interkulturelle Lernen durch tatsächlich vorhandene kulturelle Unterschiede nicht ausgeklammert werden (Eisenmann 2015, 222), jedoch kann die Forderung nach einem Zugang über «Perspektivwechsel», «Menschenrechtserziehung» und «Lebensweltbezüge» richtungsweisend für die Weiterentwicklung des inter- und transkulturellen Lernens sein und dies mit Rassismuskritik verbinden.

VR bringt hier einen neuen Forschungsfokus in den Englischunterricht, wenn die immersiven Eigenschaften von VR deren korrespondierenden Wahrnehmungen von Interaktion und Kommunikation, bspw. Empathie, eine persönliche Relevanz geben und neue Zugänge zu Perspektivübernahme ermöglichen (Wienrich, Döllinger, und Hein 2020).

3. Das Potenzial von Virtual Reality für inter- und transkulturelle Lernprozesse

Das Potenzial von VR für Lehr/Lernprozesse wird im Fachdiskurs verstärkt betont und soll nun im Kontext des inter- und transkulturellen Lernens im Englischunterricht beleuchtet werden. Durch die Schaffung einer vollständig künstlichen und virtuellen Umgebung bietet VR ein sehr hohes Mass an Immersion (Buhl und Winter 2009, Latoschik et al. 2019, Wohlgenannt, Simons, und Stieglitz 2020), mit der Studien immer wieder eine positive Präsenzassoziation verbinden (Waltemate et al. 2018, Latoschik et al. 2017), welche wiederum mit affektiven und motivierenden Empfindungen einhergeht und sich positiv auf das Lernen auswirkt (Bürki und Buchner 2020; Wong und Adesope 2021). Inkludiert man hier Aspekte des social VR, also soziale Präsenz und damit «the sense of being with another» hat dies Auswirkungen auf kognitive, affektive und interpersonelle Prozesse (Cummings und Bailenson 2016; Oh, Herrera, und Bailenson 2019). Immersive Technologien unterstützen die Potenziale moderner pädagogischer Prinzipien, die kompetenz- und handlungsorientiertes sowie situiertes Lernen, Konnektivität und Ko-Konstruktion in den Mittelpunkt stellen (Hein, Wienrich, und Latoschik 2021). Nutzende können über Head-Mounted-Displays (HMD) mit der simulierten Umgebung interagieren und so in eine Zielkultur und -sprache eintauchen (Walshe und Driver 2019). Im Unterrichtsgeschehen ermöglicht dies die Schaffung von Situationen und Umgebungen, die auf traditionelle Weise kaum imitierbar sind (Wienrich et al. 2020).

An diesen Kontext anknüpfend wurde im Zuge des Forschungsprojekts ein Literatur-Review durchgeführt, welches immersive Anwendungen im Bereich des Fremdsprachenunterrichts von 2001-2020 untersuchte (Hein, Wienrich, und Latoschik 2021). Es zeigte sich, dass vollständig immersive Interventionen, d. h. simulierte VR-Welten, und die damit verbundenen Vorteile vergleichsweise selten genutzt wurden. Darüber hinaus zeigte sich ein prädominierender Fokus auf kognitive Fähigkeiten, z. B. das Erlernen von Vokabeln, insbesondere mit AR-Anwendungen, oder die explizite Messung affektiver Merkmale, z. B. Motivation, im Gegensatz zu impliziten Messmethoden oder konativen Merkmalen. Auffallend war ausserdem, dass interkulturelle Kompetenz selten Gegenstand der Messungen war (Hein, Wienrich, und Latoschik 2021).

Insbesondere soziale Präsenz kann jedoch ein Gewinn für den Erwerb inter- und transkultureller Kompetenz sein. VR als Ort der Begegnung lässt sich mit Konzepten der inter- bzw. transkulturellen Forschung in Verbindung bringen, die in abstraktem Sinne Räume diskutieren, in denen hybride Identifikationen möglich sind und sich Dialoge zwischen Kulturen entwickeln (Bhabha 1990). VR macht diese Räume, in denen kulturelle Begegnungen auf der Basis von zeitlich und räumlich unabhängiger Kommunikation und Kollaboration stattfinden können, erlebbar (Wienrich, Döllinger, und Hein 2020; Hein, Wienrich, und Latoschik 2021). Zusätzlich ist hier auch die Studie von Liaw (2019) zu nennen, die Auswirkungen des Einsatzes von VR

auf das interkulturelle Kommunikationslernen von Studierenden des Faches Englisch an Universitäten untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Teilnehmenden die soziale Präsenz, die VR-Umgebungen bieten, positiv wahrnehmen. Die Interaktionen der Teilnehmenden via VR zeigen Belege für interkulturelle kommunikative Kompetenz (Liaw 2019).

Im Zusammenspiel mit den immersiven Eigenschaften von VR wird ebenso der Faktor Empathie diskutiert (Shin 2018) und damit affektive Lernziele adressiert. In der Literatur finden sich Hinweise auf eine positive Reziprozität von Immersion und Empathie, jedoch keinesfalls als Selbstverständlichkeit, sondern als abhängig von individuellen Persönlichkeitsmerkmalen Nutzender, denen VR eine Interventionsplattform ermöglicht (Shin 2018). Ein zentraler Faktor sind dabei Erfahrungen eines Perspektivwechsels, der mittels der Immersivität von VR und der dadurch erfahrenen Präsenz initiiert werden kann (Wienrich, Döllinger, und Hein 2020; Barbot und Kaufman 2020; Foerster et al. 2021).

Neben Eigenschaften von VR, wie Immersion und korrespondierenden Wahrnehmungen, wie Empathie finden sich Indikatoren für positive Affekte von VR auf Lehr/Lernprozesse. So können virtuelle Objekte und die Interaktion mit diesen den Englischunterricht um eine neuartige Lernerfahrung bereichern. Mit ihrer Vielzahl an Interaktionsmöglichkeiten, die greifen, platzieren und manipulieren beinhalten, machen sie das Lernen innovativ erlebbar (Yang und Liao 2014; Hein, Wienrich, und Latoschik 2021). Das macht sie wiederum als potenzielle Initiatoren für inter- und transkultureller Kommunikationsprozesse forschungshypothetisch interessant (Hein, Wienrich, und Latoschik 2021). Zwar konnten Yang und Liao (2014) in einer Studie, in der augmentierte Objekte durch intuitive Handgesten gedreht, skaliert und verändert werden konnten, zeigen, dass «[d]adurch […] kulturelle Inhalte einfach und schnell visualisiert und somit paraphrasiert werden [konnten], wie z. B. Fussballregeln, die allein durch verbale Erklärungen schwerer zu vermitteln sind» (Yang und Liao 2014, 114). Grundsätzlich ist jedoch der Forschungsbedarf zu Wirkweisen von virtuellen Objekten auf das Lehren und Lernen hervorzuheben (Zender et al. 2018). Gerade im Kontext des inter- und transkulturellen Lernens im Englischunterricht sind Assoziationen und Konnotation zu virtuellen Objekten von Interesse (Hein, Wienrich, und Latoschik 2021; Hein et al. 2021). So können stark kontextspezifisch stereotypisierte Abbildungen Verallgemeinerungen hervorrufen und zu *critical incidents* führen, was eine kritisch reflexive Begleitung der Interaktion mit diesen Objekten bedingt.

Neben virtuellen Objekten stellen zudem Avatare ein zentrales Forschungsinteresse dar. Für Perspektivübernahme und Empathieentwicklung interessant ist der Einbezug des dokumentierten *Proteus Effekts* (Yee und Bailenson 2007; Banakou, Hanumanthu, und Slater 2016), welcher eine sich verändernde Selbstwahrnehmung in Abhängigkeit von der Physiognomie des verkörperten Avatars beschreibt (Banakou, Hanumanthu, und Slater 2016). Er wird durch unterbewusste Assoziationen mit

Identitätsmerkmalen (d. h. Stereotypen) ausgelöst, die sich je nach Nutzenden individuell unterscheiden (Ratan et al. 2020). So verknüpfen Nutzende ihr Verhalten mit ihrem virtuellen Erscheinungsbild, indem sie dessen Handlungen, Meinungen und Einstellungen attribuieren (Banakou, Hanumanthu, und Slater 2016). Für einen rassismuskritischen Fremdsprachenunterricht von besonderem Interesse ist in diesem Kontext die von Banakou et al. (2016) durchgeführte Studie zur Wirkung von Hautfarben im Zusammenhang mit der Verkörperung virtueller Avatare. Konkret verkörperten Weisse Teilnehmende Avatare mit Schwarzer oder Weisser Hautfarbe; eine Identifikation dieser Merkmale war durch einen Spiegel möglich (Banakou, Hanumanthu, und Slater 2016, 4). Sie berichten von einem Rückgang rassistischer Vorurteile bei den Teilnehmenden, die einen Avatar Schwarzer Hautfarbe verkörperten, und identifizieren ein Potenzial in der tatsächlichen, d. h. erlebbaren Perspektivübernahme im Gegensatz zu einem rein imaginären Perspektivwechsel (Banakou, Hanumanthu, und Slater 2016, 8). Für den Ansatz der Rassismuskritik bedeutet dies die Möglichkeit, Rassismuserfahrungen im Englischunterricht erlebbar zu gestalten und hierüber in Austausch und Reflexion zu treten.

Neben dieser Beleuchtung der immersiven Eigenschaften, Manipulationsmöglichkeiten und korrespondierenden Wahrnehmungen einer VR Umgebung spielen mediendidaktische Überlegungen eine ebenso zentrale Rolle.

4. Mediendidaktische Überlegungen

Die mediale Vielfalt, mit welcher Lernende in ihrem Alltag konfrontiert sind, verlangt nach Wissens- und Handlungskompetenzen im Umgang mit diesen multimedialen und multimodalen Angeboten. Das Web 2.0 bietet einen unerschöpflichen Pool an Interaktions- und Kommunikationsmöglichkeiten, von denen Lernende stets umgeben sind. In den Forderungen der Bildungspolitik integriert die Schule diese Entwicklungen und erarbeitet mit den Lernenden die Chancen und Grenzen einer digitalen Kommunikationswelt (Redecker 2017). Da Englisch weithin als *lingua franca* Verwendung findet, eignet sich der moderne Englischunterricht in besonderem Masse als Wegbereiter von Interaktionen und Kommunikation über Landes- und Sprachgrenzen hinweg. VR stellt ein für den Unterricht noch junges Medium dar, mit dem Lehrende und Lernende bisher selten in Kontakt gekommen sind. Es erscheint daher sinnvoll, bereits im Lehramtsstudium die Arbeit mit VR zu ermöglichen, über Möglichkeiten und Grenzen dieses Mediums zu reflektieren und damit einen Grundstein für einen späteren Einsatz im Englischunterricht zu legen. Zentrales Element eines methodisch-didaktischen Wissens- und Kompetenzaufbaus ist die Betonung des Mehrwerts von VR für den Kompetenzerwerb in Ergänzung zu technikgeleiteten Überlegungen des Einsatzes (Zender et al. 2018, Mulders und Buchner 2020).

4.1 Partizipation

Die partizipative Mediendidaktik stellt für das Gefüge aus Sprache, Kultur und Digitalität einen zentralen Bezugsrahmen dar. Sie definiert sich als «Modell einer kritisch-konstruktivistischen Mediendidaktik», welche die

> «Analyse, Planung und Gestaltung partizipativen Lernens und Lehrens unter den Bedingungen der Digitalisierung und Digitalität […] im Kontext des Metaprozesses einer (tiefgreifenden) Mediatisierung […]» fokussiert (Mayrberger 2020, 61).

Zentral hierbei ist eine durch Digitalität bedingte «Beziehungsgestaltung» (Mayrberger 2020, 61), welche sich auf Prozesse der Erlebbarkeit auswirkt und gesellschaftlich-demokratische Teilhabeprozesse unterstützt.

Im Englischunterricht können die Lernenden als sprachlich-kulturelle Agierende durch Kollaboration in einem virtuellen Raum die Teilhabe an der globalen Gesellschaft praktizieren. Digitale Medien bieten die Möglichkeit für schülerzentriertes Fremdsprachenlernen, bei dem die Lernenden eine aktive Rolle im Erwerb digitaler und kultureller Kompetenzen übernehmen. Im Sinne einer partizipativen Mediendidaktik bietet VR die Möglichkeiten, an diesen sozialen Interaktionsprozessen teilzunehmen:

> «Aus mediendidaktischer Perspektive gehört dazu über eine medienbezogene soziale Interaktion hinaus auch eine technische Infrastruktur, die es Lernenden erlaubt und ermöglicht, mitunter auch über Grenzen formaler Bildungskontexte hinaus, auf bestimmten Interaktions- und Kommunikationsplattformen in den Austausch zu gehen und Praktiken von Partizipation beispielsweise in Form von Kollaboration zu erproben» (Mayrberger 2020, 62f.).

Partizipation stellt hierbei ein Konstrukt verschiedener Beteiligungsformen dar, die skaliert von einer Mitwirkung über eine Mitbestimmung hin zu einer Selbstbestimmung führen (Mayrberger 2020, 69).

Hieran lassen sich die Forderungen der europäischen Bildungspolitik anknüpfen, die digitale Kompetenzen im Sinne einer kritisch-reflexiven Diskursfähigkeit und aktiven Teilhabe an gesellschaftlichen Prozessen im Kontext der Digitalisierung als zentrales Element des *lifelong learnings* ansehen (Redecker 2017). Das *Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu)* dient hier als Richtlinie zur Umsetzung dieser Forderungen an Lehrkräfte, digitale Medien einzusetzen und Lernumgebungen zu schaffen, in denen Lernende digitale Medienkompetenzen erwerben können. Konkret formuliert *DigComEdu* das Ziel, Lernenden die Partizipation zu ermöglichen wie folgt:

> «To use digital technologies to foster learners' active and creative engagement with a subject matter. To use digital technologies within pedagogic strategies that foster learners' transversal skills, deep thinking, and creative expression. To open learning to new, real-world contexts, which involve learners themselves in hands-on activities, scientific investigation or complex problem solving, or in other ways increase learners' active involvement in complex subject matters» (Redecker 2017, 22).

Die hier zentralen Aspekte konstruktivistischer Pädagogik lassen sich nun in einer virtuellen Umgebung adaptieren, um einem Lehr/Lernkontext einen realweltlichen Bezug zu geben, in dem Lernende selbstbestimmt an komplexen Problemlösestrategien teilnehmen und damit an einem hohen Aktivitätsgrad an ihrem Lernprozess beteiligt sind. Aufgrund der Eigenschaften von VR können zudem Bedeutungsaushandlungen in einem *Peer*-Setting kritisch-reflexive Lernprozesse unterstützen.

4.2 Konstruktion und Exploration

Mulders und Buchner diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen von VR im Bildungskontext an vier Einsatzwelten: Trainingswelten, Konstruktionswelten, Explorationswelten und Experimentierwelten (Mulders und Buchner 2020). Die für dieses Forschungsprojekt zentrale Kombination aus einer Konstruktions- und Explorationswelt bietet Chancen gleichsam für den mediendidaktischen und kulturellen Kompetenzaufbau. Konstruktionswelten bieten Lernenden die Möglichkeit, eigene Welten in VR zu erschaffen und diese zu manipulieren (Mulders und Buchner 2020). Vor dem Hintergrund des Aufbaus kultureller Kompetenzen stehen den Lernenden in diesem Forschungsprojekt skaliert stereotype Abbildungen zur Verfügung, die sie frei im Raum platzieren können und mit denen sie eine Raumeinrichtung kultureller Repräsentation erschaffen können. Im Sinne eines *object-proximity*-Ansatzes können Lernende bspw. einen individuellen Kulturbegriff aushandeln und diesen mit *Peers* reflektieren. Indem die Lernenden die virtuellen Objekte diskutieren, entdecken sie im Sinne einer Explorationswelt die Wirkung bildlicher Darstellung von Kultur, deren Stereotypisierungsgrad und die Wirkung von Objektplatzierungen im Raum. Mulders und Buchner schlagen für diesen explorativen Ansatz die Verwendung von Lernstrategien der *Generative-Learning-Theory* nach Fiorella und Mayer vor, nach der die Lernenden begleitend über ihre Wahrnehmungen reflektieren (Mulders und Buchner 2020). Daran kann sich auch eine Metareflexion über die Wirkungen dieser Objekte speziell in VR und etwaigen Unterschieden zu Wahrnehmung in der Realität anschliessen (Mulders und Buchner 2020).

5. Die Konzipierung einer VR-Umgebung für den Aufbau inter- und transkultureller Kompetenzen

Das Forschungsprojekt nutzt die an der Universität Würzburg eingesetzte VR-Plattform *ViLeArn* und reichert diese um den *InteractionSuitcase* als weiteres Werkzeug an. Der Begriff *InteractionSuitcase* ist dabei als Metapher für eine Sammlung virtueller Objekte zu verstehen, die für den Einsatz in einem inter- und transkulturellen Kontext konzipiert wurden. In der Entwicklung waren sowohl curriculare Rahmenbedingungen der Fachlehrpläne und Lehrwerke für das Fach Englisch an der gymnasialen Oberstufe als auch technische Möglichkeiten der VR-Entwicklung massgeblich. Grundlage der Objektsammlung waren die an bayerischen Gymnasien gängigen Lehrwerke *Greenline Oberstufe* (Ernst Klett Verlag 2015) und *Context* (Cornelsen Schulverlage 2015) sowie 53 bestehende VR-Anwendungen und 3D-Modellbibliotheken (Hein et al. 2021). Mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring 2015) wurden in den Kategorien «self- and other representation», «objects» und «context» 128 Objekte identifiziert. Die Kategorien wurden dem *Behavioral Framework for Immersive Technologies* (BehaveFIT) entnommen (Wienrich, Döllinger, und Hein 2020). Die Objekte wurden von einer heterogenen Stichprobenkohorte deutsch- und englischsprachiger Befragungsteilnehmender implizit und explizit evaluiert. Diese Daten sind noch nicht veröffentlicht, erlauben jedoch in Zukunft weiterführende Rückschlüsse auf die Objektverwendung (z. B. stereotype Wahrnehmung oder Zugehörigkeit zu einem Kulturraum). Mithilfe dieser standardisierten visuellen Stimuli-Datenbank können die 128 virtuellen Objekte in VR remote genutzt werden.

Neben diesem eigens entwickelten Werkzeug greift das Forschungsprojekt auf folgende bestehende Features der VR-Plattform zurück:

- Eine Datenbank stilisierter Avatare, die Teilnehmende individuell gestalten können im Hinblick auf Namen, Grösse, Phänotyp, Haarfarbe, Hautfarbe und Kleidungsfarbe
- Die Kollaborationsplattform *Notion*[2]*,* über die Teilnehmende Inhalte teilen und präsentieren können
- Virtuelle Tablets, die allen Teilnehmenden individuell zu Verfügung stehen. Hiermit haben die Teilnehmenden Zugriff auf Browser sowie die Möglichkeit, Räume zu wechseln und den *InteractionSuitcase* aufzurufen
- Eine Leinwandfläche für Präsentationen im VR-Raum.
- Eine Schreibfunktion (Kern et al. 2021)
- Eine Sprachmemofunktion

Zudem können Teilnehmende verschiedene Rollen einnehmen: *Moderator*, *Observer*, *Participant*. In Abhängigkeit von der gewählten Rolle können Features de- bzw. enaktiviert werden wie bspw. eine Timerfunktion im Zusammenhang mit einer Aufgabenbearbeitung (Latoschik et al. 2019).

2 https://www.notion.so.

6. Seminarkonzept

Um die Wirkung der virtuellen Objekte in der konzipierten Konstruktions- und Explorationswelt zu testen, wurde ein Universitätsseminar entworfen, bei dem die teilnehmenden Studierenden als hypothesensupportive Gruppe in der VR-Umgebung agieren und über diese reflektieren und diskutieren. Übergeordnetes Ziel des Seminars ist in einem handlungs- und produktorientierten Sinne die Entwicklung von Unterrichtsstunden in VR, die den Aufbau von inter- und transkulturellen Kompetenzen im Englischunterricht der gymnasialen Oberstufe unter Beachtung der Chancen und Grenzen von VR initiieren. Zielgruppe sind daher fortgeschrittene Lehramtsstudierende für das Fach *Englisch an Gymnasien*, die bereits die Einführungskurse abgeschlossen und unterrichtspraktische Erfahrungen in Praktika gesammelt haben. Das Seminar fand als Blockveranstaltung an mehreren Terminen im Semester statt (Abbildung 1).

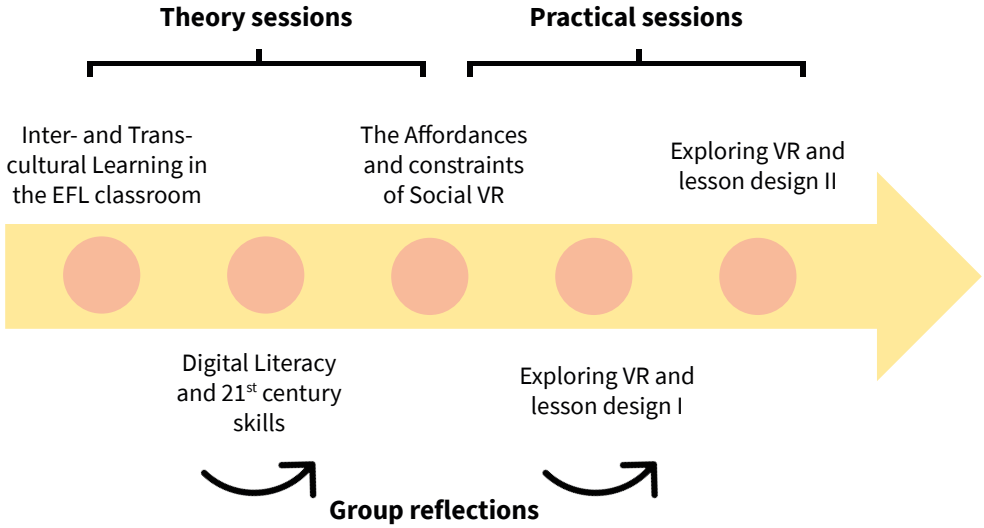


Abb. 1: Übersicht zum zeitlichen und inhaltlichen Ablauf des Aufbauseminars.

Die Theoriebasis des Seminars stellen drei Komponenten dar: Inter- und transkulturelles Lernen im modernen Englischunterricht, digitale Kompetenzen von Lehrenden und Lernenden sowie die Eigenschaften von VR. Am Ende jeder Theoriesitzung haben die Studierenden die Möglichkeit, gruppenintern die Theoriebasis zu rekapitulieren und daraus erste Überlegungen für ihr Unterrichtsdesign ableiten. In zwei praktischen Sitzungen arbeiten die Studierenden in VR, um die entworfenen Konzepte in VR zu validieren und Anpassungen vorzunehmen. In der abschliessenden Seminarsitzung werden die Unterrichtsentwürfe im Plenum präsentiert und diskutiert. Im Bereich des inter- und transkulturellen Lernens wurde für das Forschungsprojekt der inhaltliche Schwerpunkt «Rassismus» gewählt, um Studierenden eine thematische

Leitlinie anzubieten und gezielteres *Peer*-Feedback zu ermöglichen. Hierfür erfolgte im Zuge der ersten Theoriesitzung eine gemeinsame Erarbeitung des Begriffs «rassismuskritischer Englischunterricht», gefolgt von einer Diskussion dreier Unterrichtsbeispiele, die jeweils mittels sozialer Medien, Filme oder Bücher eine unterrichtliche Umsetzung vorschlagen. In der Ausgestaltung dieses Themas im Hinblick auf eine Schwerpunktsetzung sind die Studierenden in ihren Arbeitsgruppen frei, d. h. sie können sich bspw. aktuellen politischen und gesellschaftlichen Ereignissen widmen oder einen historischen Ansatz wählen.

Die praktischen Sitzungen und damit die Arbeit in VR verfolgt einen offenen, explorativen Ansatz. Es wurde hier bewusst darauf verzichtet, einzelne Werkzeuge hervorzuheben oder Anwendungsempfehlungen zu geben, um Aussagen über die Attraktion der verschiedenen Werkezeuge geben zu können. In Abhängigkeit vom gewählten inhaltlichen und methodisch-didaktischen Fokus konnten die Studierenden entscheiden, ob sie ihre Unterrichtsentwürfe ausschliesslich in VR konzipieren oder einzelne Elemente des Unterrichts in VR abhalten.

Im Zuge dieses Seminars fanden Begleiterhebungen statt, die im Folgenden vorgestellt werden.

7. Begleitforschung

Seit Blascovich et al. (2002) vorschlugen, VR als Werkzeug für die Grundlagenforschung der Psychologie und anderer Bereiche zu nutzen, nahm die Zahl empirischer Studien in diesem Forschungsfeld zu (Schultheis und Rizzo 2001; Blascovich et al. 2002; Fox, Arena, und Bailenson 2009; Hamilton et al. 2021). Hamilton et al. (2021) stellten jedoch einen Mangel an VR-Anwendungen für affektive und verhaltensbezogene Veränderungen im nicht-pädagogischen Bereich fest. Auch im pädagogischen Bereich gibt es noch deutliche Lücken. VR ist ein noch junges Forschungsfeld in der Fremdsprachenforschung. Die forschungshypothetisch positive Wirkung dieser Technologie auf das Fremdsprachenlernen muss noch untersucht und dokumentiert werden (Hein, Wienrich, und Latoschik 2021). Da empirische Arbeiten speziell aus fremdsprachendidaktischer Perspektive rar sind, bedient sich die Forschung hier der Erkenntnisse der allgemeinen Bildungswissenschaften, der Psychologie oder der HCI-Grundlagenforschung. Letztere bietet bereits einen Einblick in die Wirkungsweisen von VR. Hier sind neben dem o. g. *Proteus Effekt* die Wirkung der Veränderung der virtuellen Umgebung auf Nutzende zu betonen. Situationen und Umgebungen können simuliert werden, die in der Realität oder im Labor nicht reproduzierbar sind. So haben Forscher Menschen über VR als Kuh oder Koralle verkörpert, um die Empathie zu erhöhen und damit das Umweltbewusstsein zu schärfen (Ahn et al. 2016). Andere verkörperten Studienteilnehmende als obdachlose Menschen, um die Empathie gegenüber diesen zu erhöhen (Herrera et al. 2018) oder als Person mit anderer

Hautfarbe, um implizite rassistische Vorurteile abzubauen (Peck et al. 2013). Letzteres ist für das inter- und transkulturelle Lernen im Hinblick auf Perspektivübernahme und Empathieentwicklung von besonderem Interesse. In der Begleitforschung beschrieben werden soll daher, ob und wie Studierende Avatare unter Berücksichtigung des *Proteus Effekts* in ihre Unterrichtsentwürfe integrieren. Daran anschliessend sollen die Teilnehmenden in einem Fragebogen über ihre Entscheidungen reflektieren und die aus ihrer Sicht positiven Effekte von Avataren auf das inter- und transkulturelle Lernen einschätzen. Darüber hinaus soll beispielhaft ein Unterrichtsentwurf diskutiert werden, der diesem Kontext in besonderem Masse gerecht wird.

Neben dem Fokus auf Avatare ergaben sich aus der Entwicklung des *InteractionSuitcase* zentrale Aspekte der seminarbegleitenden Forschung. Es finden daher des Weiteren Erhebungen statt, die sich auf Wirkung und Einsatz virtueller Objekte und die didaktischen sowie lernpsychologischen Zugänge konzentrieren. Das übergeordnete Ziel dieses Ansatzes besteht darin, mithilfe von VR-Interventionen, die virtuelle Objekte beinhalten, die inter- und transkulturelle Kompetenz Lernender zu steigern. Zur Visualisierung wurde eine Methodenlandkarte entwickelt, aus der Interventionsbausteine extrahiert werden können, womit verschiedene Interventionen besser vergleichbar und reproduzierbar sind (Abbildung 2). Hier am Beispiel des Fokus auf virtuelle Objekte des *InteractionSuitcase* befinden sich diese auf der y-Achse. Die Wahl des virtuellen Objekts, die Art des Einsatzes, aber auch die ausführenden *Peers* können als Variablen genutzt werden, um Schlussfolgerungen bspw. auf Ambiguitätstoleranz, Akzeptanz von Stereotypen und Selbstreflexion zu ziehen. Der *InteractionSuitcase* kann als quantifizierbares, behaviorales Mass, aber auch als Kommunikationsinitiator bei inter- und transkulturellen Begegnungen in VR dienen. Ziel dieser Erhebungen ist die Beobachtung der Nutzung der virtuellen Objekte mittels Aufzeichnung in VR sowie eine Befragung zu Rezeption und Potenzialen dieser Objekte für das inter- und transkulturelle Lernen aus Sicht der Teilnehmenden.

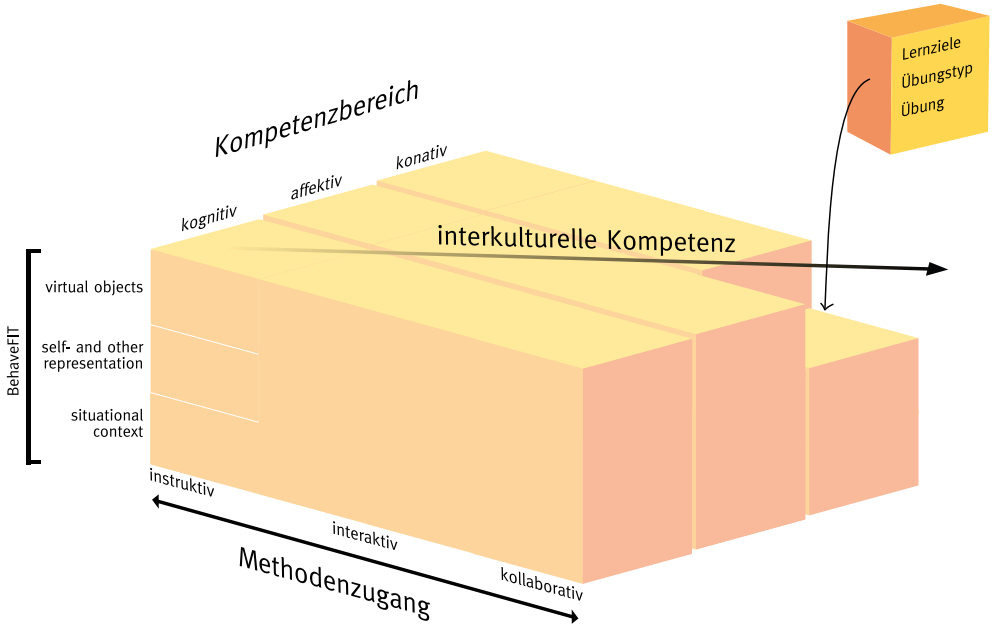


Abb. 2: Methodenlandkarte für VR-Interventionen in Anlehnung an Bolten (2016). Die y-Achse beschreibt die zu manipulierenden VR-Elemente nach dem BehaveFIT (Wienrich, Döllinger, und Hein 2020).

Darüber hinaus ist es Ziel der Begleitforschung, Aussagen über das inter- und transkulturelle Kompetenzinventar der Teilnehmenden zu treffen, welches dann mit der Einschätzung und Verwendung von VR Werkzeugen in Zusammenhang gebracht werden soll, um damit weiterführende Erhebungen zu einem tatsächlichen Kompetenzzuwachs vorzubereiten. Der Fachdiskurs sucht hier nach der Möglichkeit, interkulturelle Kompetenzen zu messen und diese Messungen zu quantifizieren. In diesem Zusammenhang wird betont, dass der Komplexität des Konstruktes der interkulturellen Kompetenz nur der Einsatz vielschichtiger Messinstrumente Rechnung tragen kann (Volkmann 2014). Sinnvoll ist also ein dem Kontext des gewählten Kompetenzmodells angepasstes Vorgehen, das aus unterrichtlicher Befragung und Beobachtung besteht und zusätzlich externe Messinstrumente hinzuzieht (Fantini 2009, Volkmann 2014). Im Kontext der im Fremdsprachenunterricht gebräuchlichen Modelle zur Beschreibung inter- und transkultureller Kompetenz werden Messinstrumente zur Erfassung dieser Kompetenzstrukturen vorgeschlagen, die die einzelnen Modellkomponenten eingliedern oder Modelle umfassend abdecken (Hammer, Bennett, und Wiseman 2003). Das Council of Europe (2009) schlägt die «Autobiography of Intercultural Encounters» als Instrument der Messung interkultureller Kompetenz vor und adressiert in diesem Design die Faktoren «acknowledgment of identities», «tolerance of ambiguity», «respect for otherness», «empathy», «communicative awareness», «knowledge», «knowledge discovery», «interpreting and relating», «critical

cultural awareness» und «action orientation». Teilnehmende haben die Möglichkeit, von kulturellen Begegnungssituationen zu berichten, die sie in positivem oder negativem Sinne beschäftigt und beeinflusst haben. Die Auswertung dieses Fragebogens gibt Aufschluss über Empathiefähigkeit, kritische Selbstreflexionsfähigkeit und interkulturelle Kommunikationsfähigkeit. Von Interesse ist hierbei zu beschreiben, inwiefern Zusammenhänge zwischen dem Stand der interkulturellen Kompetenz, der Akzeptanz für Stereotype, der Nutzung von Avataren, sowie der Nutzung stereotyper und nicht-stereotyper virtueller Objekte bestehen. Das Forschungsdesign und die empirischen Ergebnisse der Begleitforschung werden im zweiten Teil dieses Beitrags präsentiert.

8. Fazit und Ausblick

Dieses Forschungsprojekt möchte einen Beitrag zur Weiterentwicklung des inter- und transkulturellen Lernens im modernen Fremdsprachenunterricht leisten und hierfür VR verstärkt in den Fachdiskurs einbringen. Obwohl es bereits allgemein fremdsprachendidaktische Ansätze zum Lernen in VR gibt, ist der kulturelle Fokus doch neu und muss aufgrund des Potenzials von VR für diese Lernaspekte untersucht und etabliert werden. Die Forschungsfragen versuchen, hier ein umfassendes empirisches Bild zu zeichnen. Der derzeitige Arbeitsstand konzentriert sich auf virtuelle Objekte und Avatare und deren positive Wirkung auf inter- und transkulturelle Lernprozesse. Das entwickelte universitäre Seminarkonzept soll Aufschluss darüber geben, wie ein entsprechendes Unterrichtsszenario aussehen sollte und welche Eignung der *InteractionSuitcase* bereits jetzt für eine Verwendung in einem Seminarsetting hat. Darüber hinaus kann der *InteractionSuitcase* für weitere disziplinübergreifende Projekte angedacht und stetig weiterentwickelt werden, sodass sich daraus immer wieder Synergien mit anderen Fächern oder Forschungsprojekten ergeben sollen. Übergeordnetes Ziel ist es, ein Unterrichtskonzept für den modernen Englischunterricht zu entwickeln, bei dem VR einen methodisch-didaktischen Mehrwert für das inter- und transkulturelle Lernen bietet.

Literatur

Ahn, Sun Joo, Joshua Bostick, Elise Ogle, Kristine L. Nowak, Kara T. McGillicuddy, und Jeremy N. Bailenson. 2016. «Experiencing nature: Embodying animals in immersive virtual environments increases inclusion of nature in self and involvement with nature». *Journal of Computer-Mediated Communication*, 399–419. https://doi.org/10.1111/jcc4.12173.

Bürki, Rolf, und Josef Buchner. 2020. «Immersive Virtuelle Realität mit VR-Brillen im Geographieunterricht: Potentiale und Herausforderungen». *Progress in Science Education (PriSE)* 3(2) 49–53. https://doi.org/10.25321/prise.2020.1001.

Banakou, Domna, Parasuram Dora Hanumanthu, und Mel Slater. 2016. «Virtual embodiment of white people in a black virtual body leads to a sustained reduction in their implicit racial bias». *Frontiers in human neuroscience* 10. 601. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00601.

Barbot, Baptiste, und James C. Kaufman. 2020. «What makes immersive virtual reality the ultimate empathy machine? Discerning the underlying mechanisms of change». *Computers in Human Behavior* 111. https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106431.

Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. 2012. «Fachlehrpläne Englisch 11». *Fachlehrpläne Englisch 11.* https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/11/englisch.

Bennett, Milton J., und M Hammer. 2011. «A developmental model of intercultural sensitivity». *In International encyclopedia of intercultural communication*, herausgegeben von Kim Young Yun. Wiley.

Bhabha, Homi K. 1990. *Nation and narration.* London: Routledge.

Blascovich, Jim, Jack Loomis, Andrew C. Beall, Kimberly R. Swinth, Crystal L. Hoyt, und Jeremy N. Bailenson. 2002. «Immersive Virtual Environment Technology as a Methodological Tool for Social Psychology». *Psychological Inquiry* 13 (2): 103–24. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1302_01.

Bolten, Jürgen 2016. «Interkulturelle Trainings neu denken». *interculture journal: Online Zeitschrift für interkulturelle Studien*, 15(26), 75–92. http://www.interculture-journal.com/index.php/icj/article/view/293/.

Braselmann, Silke. 2021. «Activism or ‹Slacktivism›? Politisches Engagement im Internet am Beispiel von #BlackLivesMatter und #BlackOutTuesday reflektieren». *Der Fremdsprachliche Unterricht Englisch* 173 (Black Lives Matter): 26-31. https://doi.org/10.5555/fue-173-2021_05.

Buhl, Hans Ulrich, und Robert Winter. 2009. «Full virtualization – BISE‘s contribution to a vision». *Business and Information Systems Engineering*, 133–6. https://doi.org/10.1007/s12599-008-0023-2.

Burwitz-Melzer, Eva, Claudia Riemer, und Lars Schmelter. 2020. «Affektiv-emotionale Dimensionen beim Lehren und Lernen von Fremd- und Zweitsprachen». *Arbeitspapiere der 40. Frühjahrskonferenz zur Erforschung des Fremdsprachenunterrichts.* Tübingen: Narr.

Byram, Michael 1997. *Teaching and Assessing Intercultural Communicative Competence.* Clevedon: Multilingual Matters.

Cornelsen Schulverlage. 2015. *Context. Gymnasium Bayern*. Berlin: Cornelsen Schulverlage.

Council of Europe. 2001. *Common European Framework of Reference for Languages.* Cambridge: University Press.

Council of Europe. 2009. *Common European Framework of Reference for Languages.* Cambridge: University Press.

Cummings, James J., und Jeremy N. Bailenson. 2016. «How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence». *Media Psychology* 19 (2): 272–309. https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740.

Eisenmann, Maria. 2015. «Crossovers – Postcolonial Literature and Transcultural Learning». In *Learning with Literature in the EFL classroom*, herausgegeben von Maria Eisenmann, Frauke Matz und Werner Delanoy, 217–36. Frankfurt a. M.: Peter Lang.

Ernst Klett Verlag. 2015. *Greenline Oberstufe, Ausgabe für Bayern.* Stuttgart: Ernst Klett.

Fantini, A E. 2009. «Assessing Intercultural Competence. Issues and Tools». In *Competence, The Sage Handbook of Intercultural*, herausgegeben von Darla K. Deardorff, 456–76. Los Angeles: Sage.

Foerster, Kristina, Rebecca Hein, Silke Grafe, Marc Erich Latoschik, und Carolin Wienrich. 2021. «Fostering Intercultural Competencies in Initial Teacher Education. Implementation of Educational Design Prototypes using a Social VR Environment». In *Innovate Learning Summit. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).* 95–108. https://www.learntechlib.org/primary/p/220276/.

Fox, Jesse, Dylan Arena, und Jeremy N. Bailenson. 2009. «Virtual reality: A survival guide for the social scientist». *Journal of Media Psychology*, 95–113. https://doi.org/10.1027/1864-1105.21.3.95.

Freeman, Guo, Samaneh Zamanifard, Divine Maloney, und Alexandra Adkins. 2020. «My Body, My Avatar: How People Perceive Their Avatars in Social Virtual Reality». In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–8. Honolulu HI USA: ACM. https://doi.org/10.1145/3334480.3382923.

García García, Martha 2016. «Authentizität und Aufgaben 2.0». In *Web 2.0 und komplexe Kompetenzaufgaben im Fremdsprachenunterricht*, herausgegeben von Carmen Becker, Gabriele Blell, and Andrea Rössler, 29–40. Frankfurt a. M.: Peter Lang.

Hamilton, D, J McKechnie, E Edgerton, und C Wilson. 2021. «Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design». *Journal of Computers in Education*, 1–32. https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2.

Hammer, Mitchell R., Milton J. Bennett, und Richard Wiseman. 2003. «Measuring intercultural sensitivity: The intercultural development inventory». *International Journal of Intercultural Relations*, 421–43. https://doi.org/10.1016/S0147-1767(03)00032-4.

Hein, Rebecca, Carolin Wienrich, und Marc Erich Latoschik. 2021. «A Systematic Review of Foreign Language Learning with Immersive Technologies (2001-2020)». *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 117–45. https://doi.org/10.3934/electreng.2021007.

Hein, Rebecca, Jeanine Steinbock, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik, und Carolin Wienrich. 2021. «Development of the InteractionSuitcase in virtual reality to support inter-and transcultural learning processes in English as Foreign Language education». *DELFI 2021 Die 19. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V.*, 91–6. https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/36994.

Herrera, Fernanda, Jeremy N. Bailenson, Erika Weisz, Elise Ogle, und Jamil Zaki. 2018. «Building long-term empathy: A large-scale comparison of traditional and virtual reality perspective-taking». *PloS one* 13 (10): e0204494. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204494.

Kern, Florian, Peter Kullmann, Elisabeth Ganal, Kristof Korwisi, René Stingl, Florian Niebling, und Marc Erich Latoschik. 2021. «Off-The-Shelf Stylus: Using XR Devices for Handwriting and Sketching on Physically Aligned Virtual Surfaces». *Frontiers in Virtual Reality* 2 (69). https://doi.org/10.3389/frvir.2021.684498.

Krashen, Stephen D. 1982. *Principles and Practice in Second Language Acquisition.* New York u.a.: Prentice-Hall.

Kultusministerkonferenz. 2012. *Bildungsstandards für die fortgeführte Fremdsprache (Englisch/Französisch) für die Allgemeine Hochschulreife.* München: Williams Lea & Tag GmbH.

Latoschik, Marc Erich, Florian Kern, Jan-Philipp Stauffert, Andrea Bartl, Mario Botsch, und Jean-Luc Lugrin. 2019. «Not alone here?! scalability and user experience of embodied ambient crowds in distributed social virtual reality». *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 2134–44. https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2899250.

Latoschik, Marc Erich, Daniel Roth, Dominik Gall, Jascha Achenbach, Thomas Waltemate, und Mario Botsch. 2017. «The effect of avatar realism in immersive social virtual realities». *In Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* 1–10. https://doi.org/10.1145/3139131.3139156.

Liaw, Meei-Ling 2019. «EFL learners' intercultural communication in an open social virtual environment». *Journal of Educational Technology and Society*, 38–55. https://www.jstor.org/stable/26819616.

Mayrberger, Kerstin. 2020. «Partizipative Mediendidaktik: Darstellung von Eckpunkten und Vertiefung des Partizipationsraums als konstituierendes Strukturelement». 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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 59–92. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.04.26.X.

Mayring, Philipp 2015. «Qualitative content analysis: Theoretical background and procedures». *In Approaches to qualitative research in mathematics education*, 365–80. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13.

Mishra, Punya und Matthew J. Koehler. 2006. «Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge». *Teachers College Record* 108, 1017–54.

Mulders, Miriam, und Josef Buchner. 2020. «Lernen in immersiven virtuellen Welten aus der Perspektive der Mediendidaktik». *Medienimpulse* 58 (2): 23. https://doi.org/10.21243/mi-02-20-22.

O'Dowd, Robert 2020. «Reviewing the Learning Outcomes of Virtual Exchange in Foreign Language Education». *In Sprache, Kulturen, Identitäten: Umbrüche durch Digitalisierung*, herausgegeben von Maria Eisenmann and Jeanine Steinbock, 15–28. Baltmannsweiler: Schneider.

Official Journal of the European Union. 2018. *Council Recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning.* https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01).

Oh, Catherine, Fernando Herrera, und Jeremy N. Bailenson. 2019. «The effects of immersion and real-world distractions on virtual social interactions». *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* 22 (6): 365–72. https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0404.

Peck, Tabitha C., Sofia Seinfeld, Salvatore Aglioti, und Mel Slater. 2013. «Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias». *Consciousness and cognition*, 779–87. https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.04.016.

Römhild, Regina, und Frauke Matz. 2021. «This is not a moment, it's a movement - Kritische Diskursfähigkeit am Thema Black Lives Matter fördern». *Der fremdsprachliche Unterricht Englisch: Black Lives Matter* 173: 2–7.

Ratan, Rabindra, David Beyea, Benjamin Li, und Luis Graciano Velazquez. 2020. «Avatar characteristics induce users' behavioral conformity with small-to-medium effect sizes: A meta-analysis of the proteus effect». *Media Psychology*, 651–75. https://doi.org/10.1080/15213269.2019.1623698.

Redecker, Christine 2017. «European Framework for the Digital Competence of Educators. DigCompEdu». *Luxemburg: Publications Office of the European Union.* https://doi.org/10.2760/159770.

Ripka, Gabriela, Silke Grafe, und Marc Erich Latoschik. 2020. «Preservice Teachers' encounter with Social VR–ExploringVirtual Teaching and Learning Processes in Initial Teacher Education». *SITE Interactive Conference*, 549–562. https://www.learntechlib.org/primary/p/218201/.

Schultheis, Maria T., und Alberto Rizzo. 2001. «The application of virtual reality technology in rehabilitation». *Rehabilitation psychology* 46 (3): 296–311. https://doi.org/10.1037/0090-5550.46.3.296.

Shin, Donghee 2018. «Empathy and embodied experience in virtual environment: To what extent can virtual reality stimulate empathy and embodied experience?» *Computers in Human Behavior* 78: 64–73. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.09.012.

Volkmann, L. 2014. «Die Abkehr vom Differenzdenken: Transkulturelles Lernen und global education». In *Transkulturelles Lernen im Fremdsprachenunterricht*, hrsg. v. Michael Rogge and Philipp Siepmann Frauke Matz, 37–52. Frankfurt a. M.: Peter Lang.

Walshe, Nicola, und Paul Driver. 2019. «Developing reflective trainee teacher practice with 360-degree video». *Teaching and Teacher Education*, 97–105. https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.11.009.

Waltemate, Thomas, Dominik Gall, Daniel Roth, Mario Botsch, und Marc Erich Latoschik. 2018. «The impact of avatar personalization and immersion on virtual body ownership, presence, and emotional response». *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 24 (4): 1643. https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2794629.

Wienrich, Carolin Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik, und Silke Grafe. 2020. «CoTeach - Connected Teacher Education». *VRinSight Greenpaper, special edition, E.N.T.E.R.* 53–5.

Wienrich, Carolin Nina Döllinger, und Rebecca Hein. 2020. «Behavioral Framework of Immersive Technologies (BehaveFIT): How and Why Virtual Reality can Support Behavioral Change Processes». *Frontiers in Virtual Reality*, 84. https://doi.org/10.3389/frvir.2021.627194.

Wohlgenannt, Isabell, Alexander Simons, und Stefan Stieglitz. 2020. «Virtual reality». *Business & Information Systems Engineering* 62 (5): 455–61. https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9.

Wong, Rachel M., und Olusola O. Adesope. 2021. «Meta-analysis of emotional designs in multimedia learning: A replication and extension study». *Educational Psychology Review* 33 (2): 357–85. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09545-x.

Yang, Mau-Tsuen, und Wan-Che Liao. 2014. «Computer-assisted culture learning in an online augmented reality environment based on free-hand gesture interaction». *IEEE T Learn Technol* 7, 107–17. https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2307297.

Yee, Nick, und Jeremy N. Bailenson. 2007. «The Proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior». *Human communication research* 33 (3): 271–90. https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2007.00299.x.

Zender, Raphael, Matthias Weise, Markus von der Heyde, und Heinrich Söbke. 2018. «Lehren und Lernen mit VR und AR–Was wird erwartet? Was funktioniert». In *Proceedings der Pre-Conference-Workshops der 16. E-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2018)*. Frankfurt, Germany. http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Immersives Lernen für Geringliteralisierte

Chancen der Augmented Reality am Beispiel der Finanziellen Grundbildung

Esther Winther[1], Jessica Paeßens[1], Monika Tröster[2] und Beate Bowien-Jansen[2]

[1] Universität Duisburg-Essen

[2] DIE – Deutsches Institut für Erwachsenenbildung

Zusammenfassung
Vorliegende Befunde zeigen, dass die Versprechungen der Digitalisierung des Lernens (noch) nicht eingelöst werden konnten. Der Zugang zur Bildung ist trotz digitaler Angebote in den verschiedenen Bildungssektoren hoch selektiv, die Nutzung von Bildungsangeboten hängt (nach wie vor) von der individuellen Bildungssozialisation, vom Alter und Wohnort ab. Gerade für die Erwachsenenbildung, die in hohem Masse auf die freiwillige Beteiligung an ihren Bildungsangeboten setzt, sind diese Befunde alles andere als ermutigend. Der Beitrag zeigt auf, mit welchen Ansätzen immersive Angebote der Erwachsenenbildung – und hier insbesondere im Bereich der Alphabetisierung/Grundbildung – eine hohe Teilnehmendenbindung sowie günstige Lernprognosen realisieren können. Der Fokus liegt insbesondere darauf, wie immersive Lerngelegenheiten inhaltlich und didaktisch gestaltet sein müssen, um vielfältige Herausforderungen in Grundbildungskursen (u. a. lebensweltrelevante Themen, Lernortunabhängigkeit, Kollaborationsfähigkeit) zu adressieren. Das hier vorgestellte Konzept stellt auch auf die sich zunehmend wandelnde Rolle von Kursangeboten in der Grundbildung (von sozialen Räumen hin zu Lernräumen) ab und lotet hierfür die Potenziale immersiver und spielerischer Kursgestaltung mittels Augmented Reality aus.

Immersive Learning for Low-Literate People. Opportunities of Augmented Reality in Basic Financial Literacy

Abstract
The present findings show that the promises of the digitalisation of learning have not (yet) been fulfilled. Despite digital offerings, access to education is highly selective in the various educational sectors, and the use of educational offerings (still) depends on individual educational socialisation, age and place of residence. These findings are

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Winther, Esther, Jessica Paeßens, Monika Tröster, und Beate Bowien-Jansen. 2022. «Immersives Lernen für Geringliteralisierte. Chancen der Augmented Reality am Beispiel der Finanziellen Grundbildung». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 267–287. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.13.X.

anything but encouraging, especially for adult education, which relies heavily on voluntary participation in its educational offerings. The article shows which approaches immersive adult education offers – and here especially in the area of literacy/basic education – can use to realise a high level of participant loyalty as well as favourable learning prognoses. The focus is particularly on how immersive learning opportunities must be designed in terms of content and instruction in order to address a variety of challenges in basic education courses (e.g. topics relevant to life, independence of learning location, ability to collaborate). The concept presented here also focuses on the increasingly changing role of course offerings in basic education (from social spaces to learning spaces) and explores the potential of immersive and game-based course design with augmented reality.

Vorbemerkungen

Wie lassen sich Bildungsprozesse für Zielgruppen initiieren, die sich aus eher bildungsfernen Schichten rekrutieren? Welche didaktisch-methodischen Umsetzungen schaffen Lehr-Lernprozesse, die ein Verbleiben in Lehr-Lern-Kontexten wahrscheinlich machen und den Kompetenzerwerb anregen? Der Beitrag gibt auf diese Fragen exemplarisch für den Bereich der Finanziellen Grundbildung Antworten.[1] Hierzu werden in Kapitel 1 zunächst zentrale Herausforderungen und damit verknüpfte Motivationen im Grundbildungsbereich beschrieben. Herausforderungen wie negative Lernerfahrungen oder Lernortabhängigkeiten können durch immersive Lernangebote inhaltlich an lebensweltrelevante Themen angebunden werden und zugleich die Lernräume erweitern. Nach der Vorstellung eines didaktisch-inhaltlichen Konzeptes für die Finanzielle Grundbildung in Kapitel 2 wird dessen methodische Umsetzung in Kapitel 3 dargestellt. Die Weiterentwicklung von spielerischen Lernsituationen erfolgt mittels immersiver und kollaborativer Elemente. Der Einsatz von Augmented Reality (AR) als Werkzeug, um Lernanwendungen zu verbessern, wird abschliessend in Kapitel 4 diskutiert.

1. Vielfältige Herausforderungen adressieren

Basale Kompetenzen im Lesen, Schreiben und Rechnen gelten als individuelles Antezedens für gesellschaftliche Partizipation (Abraham und Linde 2018; Sting 2005). Die *Nationale Dekade für Alphabetisierung und Grundbildung in Deutschland* zielt auf die Verbesserung der Schriftsprachkenntnisse sowie den Erwerb von Grundkenntnissen in lebensweltlich relevanten Bereichen wie Gesundheit, Finanzen und Ernährung (BMBF und KMK 2016). Die Lese- und Schreibkompetenz sowie basale

1 Das dieser Veröffentlichung zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen W 141300 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Rechenkompetenzen des alltäglichen Lebens werden als Literalität im engeren Sinne verstanden; das weitere Begriffsverständnis umfasst auch den Umgang mit Wissen (Sting 2005). Laut Befunden der Level One Studie, die Literalität von Erwachsenen auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus misst, haben 6,2 Millionen in Deutschland lebende deutschsprachige Erwachsene im Alter von 18 bis 64 Jahren Lese- und Schreibschwierigkeiten. Der Anteil von Erwachsenen mit Lese- und Schreibschwierigkeiten an der Gesamtbevölkerung beträgt somit 12 Prozent. Trotz geringer Literalität sind davon 62,3 Prozent erwerbstätig und 76 Prozent erhielten im Verlauf ihrer Bildungsbiografie einen Schulabschluss (Grotlüschen et al. 2020). In diesem Zusammenhang ist gesellschaftspolitisch hoch relevant, dass (a) die Quote der Analphabeten in Abhängigkeit zum sozialen Kapital erheblich variiert (hierzu u. a. Grotlüschen und Riekmann 2012), dass (b) eine zunehmende Selektivität im Hinblick auf Arbeitsmarkteintritt und qualifizierte Beschäftigung nachweisbar ist und dass (c) für die gering literalisierten Erwachsenen insgesamt eine schlechte Sozialprognose vorliegt (OECD 2012).

1.1 Gelingende Alphabetisierung/Grundbildung inhaltlich an lebensweltrelevante Themen anbinden

Als zentrale Herausforderung für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen für gering literalisierte Erwachsene gilt, dass bei dieser Zielgruppe eher negative Lernerfahrungen und durchbrochene Lernsozialisationen vorliegen. Die Lehrenden sind daher mit komplexen Anforderungen in der Planung und Gestaltung von Alphabetisierungs- und Grundbildungskursen konfrontiert (Löffler und Korfkamp 2016). Die Kurse, die u. a. von Volkshochschulen (VHS), Justizvollzugsanstalten und Vereinen organisiert werden, umfassen Formate wie Alphabetisierungskurse, Vorbereitungskurse zum Nachholen von Schulabschlüssen, vorgeschaltete Alphabetisierungskurse vor Integrationskursen oder offene Lerncafés (Mania und Thöne-Geyer 2019). Ein Grossteil der Kurse verfolgt einen zielorientierten Instruktionsansatz, bei dem gelingende Alphabetisierung inhaltlich an lebensweltrelevante Themengebiete gebunden wird, um den Zugang zu den Bildungsangeboten möglichst niedrigschwellig zu organisieren und um direkte, alltagsrelevante Problemlösungen anbieten zu können (in der beruflichen Bildung konnte gezeigt werden, dass diese Form der lerninhaltlichen Konzeptintegration zu einem Abbau sozialer Disparitäten führt; hierzu u. a. Winther et al. 2016). Alphabetisierungsarbeit fliesst damit zunehmend in das Konzept der Grundbildung ein (Kastner 2016). Neben der Förderung von Lese- und Schreibkompetenzen greift die Grundbildung insbesondere auf die Lernbereiche Medien-/Computerkompetenz, Gesundheitskompetenz, Ernährungskompetenz, ökonomische Literalität, politische Bildung sowie grundlegende Fremdsprachenkenntnisse zurück (Abraham und Linde 2018; Mania und Tröster 2018; Tröster und Schrader 2016). Gerade im

Bereich der ökonomischen Literalität konnten in den letzten Jahren Lehr-Lernprozesse empirisch expliziert werden (vgl. hierzu Fortunati und Winther 2021; Aprea et al. 2016; Ackermann et al. 2018; Ackermann 2019). Damit liegen erste Erkenntnisse vor, die (1) die bislang nur begrenzten Lernerfolge in den Grundbildungskursen erklären, die (2) neue Formen der Grundbildungsarbeit begründen können und die (3) eine Forschungslücke decken, die seit Etablierung der ersten Alphabetisierungskurse (1978 in Bremen; vgl. hierzu Nienkemper und Bonna 2011) ausgeblendet wurde: das Beschreiben von Lehr-Lernprozessen in der Alphabetisierung und Grundbildung.

Seit den Verwerfungen der Finanzkrise 2008/2009 ist der Bedarf an ökonomischem Wissen zur Erklärung von realpolitischen Ereignissen gestiegen (Ackermann et al. 2018). Dabei stehen im internationalen bildungspolitischen Fokus insbesondere zwei Konzepte: «Umgang mit Geld» sowie «Umgang mit finanziellem Risiko» (OECD 2013, 2014, 2017). Studien zeigen, dass finanziell nicht literalisierte Personen häufiger finanzielle Fehlentscheidungen treffen (Agarwal et al. 2011, 2013) und häufiger an Überschuldung leiden (Disney und Gathergood 2011; Lusardi und Tufano 2015). Für den deutschsprachigen Bereich der Finanziellen Grundbildung sind hier insbesondere durch die Projekte CurVe und CurVe II («Curriculum und Professionalisierung der Finanziellen Grundbildung») praxisrelevante Materialien und Unterrichtshilfen sowie niedrigschwellige Ansprachestrategien entwickelt worden (u. a. Mania und Tröster 2014; Tröster und Bowien-Jansen 2019; Winther et al. 2021). Der Bereich der Finanziellen Grundbildung eignet sich sehr gut, gering literalisierte Erwachsene an Angebotsstrukturen der Erwachsenenbildung zu binden: Eine hohe Pro-Kopf-Verschuldung der privaten Haushalte, prekäre Beschäftigungsverhältnisse, komplexe Finanzdienstleistungen oder der steigende Bedarf an privater Vorsorge sind Themen, die eine Vielzahl von Lernenden beschäftigen (Remmele et al. 2013); sie sind Ausgangspunkt für die didaktische Ausgestaltung von Angeboten der Finanziellen Grundbildung.

1.2 Lernortunabhängigkeit durch immersive Lerneinheiten erreichen

Gelingende Lehr-Lernprozesse profitieren vom Austausch; hier spielen Peers als Bildungs- und Sozialisationsinstanzen (vgl. Harring et al. 2010) eine ebensolche Rolle wie institutionalisierte Lehr-Lerngelegenheiten, wenngleich die Kursleitendenorientierung sukzessive zurückgeht (u. a. Siebert 2017). Die Frage, wo Lehr-Lernprozesse stattfinden, wird trotz zunehmender Digitalisierung im privaten Raum örtlich an Kursräume und den analogen Austausch gebunden. Hierbei wird unterschätzt, dass neue Medien die Grenzen des Lernens und die Möglichkeiten der Partizipation verschieben können, da sie neue Lernräume schaffen und mit bestehenden verbinden. Das hier liegende Potenzial wird aktuell (noch) nicht ausgeschöpft. Die vorliegenden Befunde attestieren der Erwachsenenbildung eine geringe Digitalisierungsdurchdringung

– für Menschen mit geringer formaler Bildung und Nichtberufstätige gilt dies in besonderem Masse: So lernt diese Zielgruppe deutlich seltener digital (28 Prozent) als Erwerbstätige und Akademiker (59 Prozent; vgl. Schmid, Goertz und Behrens 2018, 7). Dem stehen Befunde gegenüber, die aufzeigen, dass insbesondere unterrepräsentierte Gruppen wie Erwerbslose oder Ältere von informellen Lernformen profitieren und diese nachfragen (vgl. Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2020, 228). In der Konsequenz lässt sich schlussfolgern, dass sich die soziale Weiterbildungsschere, die sich bei nicht digitalen Weiterbildungsangeboten immer wieder zeigt, im digitalen Bereich fortsetzen wird, wenn nicht – gerade im Hinblick auf non-formale und informelle Lernformen – die Chancen der Digitalisierung aufgegriffen werden.

Hierbei ist ein der Digitalisierung zugeschriebener Aspekt von besonderer Bedeutung: Digitalisierung ermöglicht (niedrigschwellige) Teilhabe und kann durch Simulation der Realität den Anwendungsbezug im Lernprozess in besonderer Weise betonen. Innerhalb dieses Kontextes wird immersiven Lernprozessen hohes Potenzial zugeschrieben; neben motivationalen Vorteilen werden vor allem erweiterte Zugänge zum Lerngegenstand und damit direkte Kompetenzerfahrungen erwartet. Immersion meint das Eintauchen in eine virtuelle Umgebung. Ein hoher Immersionsgrad zeichnet sich durch ein authentisches Erleben digitaler Inhalte aus (Steuer 1992; Wirth et al. 2007). Neben einer möglichst realistischen Visualisierung werden auch Akustik, Haptik und Interaktionsmöglichkeiten geschaffen. Insgesamt ist die Immersion damit vor allem situational hoch motivationswirksam (vgl. hier Flow; Csikszentmihalyi 1990) – insbesondere in schwierigen Lernsettings ist dies ein bedeutsamer Mediator für Lernerfolg und -persistenz. Gerade für den Grundbildungsbereich sehen wir hier weitgehende Gestaltungsfreiräume: So setzen die aktuell zur Verfügung stehenden Materialien und didaktischen Designs sehr stark auf ein Lernen vor Ort und auf intensive Beziehungen zwischen Kursleitenden und Lernenden. Als Lernraumerweiterung liesse sich z. B. spielbasiertes Lernen (GBL; Game-based Learning) in der Grundbildung stärker integrieren, um neue Distributionswege zu erschliessen, bereits angebahnte Lernbeziehungen aufrechtzuerhalten und das Lernen implizit in den privaten Raum zu ziehen. Die damit verbundenen AR-Anwendungen können auf Mobiltelefonen und/oder Tablets realisiert werden; damit ist der Immersionsgrad zwar geringer als in Virtual Reality (VR)-Anwendungen, jedoch ist eine höhere Verfügbarkeit dieser Endgeräte bei den Lernenden erwartbar. Nicht nur pandemiebedingt besitzen Bildungstechnologien Potenziale in der Lernprozesssteuerung: Über immersive Spielszenarien lassen sich Lehr-Lernprozesse umsetzen, die in einem geschützten Spielsetting Lerninhalte authentisch und lebensweltnah, aber ohne direkte realweltliche Konsequenzen vermitteln und gleichsam direktes Feedback im Spielszenario selbst geben (Jackson Kellinger 2017). Technologische Entwicklungen, insbesondere immersive oder erweiterte Realitäten, erlauben zunehmend die Entwicklung von authentischen und realweltlichen Spielumgebungen, die als Lernumgebungen einsetzbar sind (Tamborini und Skalski 2006).

1.3 Kollaborationsfähigkeit fördern, um (informell) zu lernen

Nicht nur pandemiebedingt gewinnen validierte Aufgaben an Bedeutung, die in der Lage sind, kollaborative Lernprozesse auf Distanz anzuregen und damit die Lernortabhängigkeit zu überwinden. Aus der beruflichen Bildung ist bekannt, dass Lehrende in kollaborativen Aufgaben eine gute Option sehen, die Bindung der Lernenden untereinander sowie zu Ausbildern und Lehrenden ortsunabhängig aufrechterhalten zu können (Ma et al. 2021). Zusätzlich machen herausfordernde veränderte Bedingungen in den Arbeits- und Produktionsprozessen den Bedarf an kollaborativen und immersiven Lerngelegenheiten deutlich (Fischeret al. 2020; Hillmayr et al. 2020); kollaboratives Problemlösen (CPS; collaborative problem-solving) wird als eine wichtige Fähigkeit im Arbeitsmarkt betont (Davier et al. 2017; Graesser et al. 2018; Hesse et al. 2015).

Erwerbsverlaufsstudien zeigen, dass gering qualifizierte und literalisierte Erwachsene durch einen Wechsel des Arbeitgebers oder durch Tätigkeitswechsel ihre Fähigkeiten weiterentwickeln; sie lernen sprichwörtlich an neuen Herausforderungen (Brynin und Longhi 2007). Erstens ist hierbei peer learning bedeutend: Das Anlernen beruflicher Abläufe erfolgt in Zusammenarbeit mit einem Kollegen. Zweitens erfolgt ein ‹Lernen am Modell› (Bandura 1976) und damit ein informelles Hineinwachsen in die Anforderungsbereiche. Und drittens spielen technologische Automatisierungsroutinen und deren Bewältigung eine Rolle: Gerade bei wenig qualifizierten Arbeitsplätzen laufen Routinetätigkeiten zunehmend technologisch automatisiert ab (u. a. Hasenbeck 2019). Alle drei Aspekte zeigen, dass Interaktionsformen zwischen menschlicher und technischer Aktivität sowie Aspekte der Kommunikation und Kooperation innerhalb technischer Assistenzen und zwischen Menschen und Technik als systematische Ausgangspunkte für die Gestaltung von Lernsituationen von Relevanz sind (hierzu u. a. Schlicht 2019). Lernsituationen sollten vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen die Kollaborationsfähigkeit stärken. Es ist didaktisch auszuloten, wie dies auch im immersiven Raum gelingen kann – gerade auch, um informelle Lernformen weiter auszudifferenzieren und in der Weiterbildung unterrepräsentierte Teilnehmendengruppen zu erreichen.

1.4 Zwischenfazit: Anforderungen an die Gestaltung von Lernsituationen

Insbesondere die Bildungs- und Beschäftigungssituationen von gering literalisierten und unqualifizierten Erwerbspersonen werden vor dem Hintergrund der erwarteten Digitalisierungsfolgen als problematisch beschrieben (vgl. Dengler und Matthes 2015; Hirsch-Kreinsen 2017). Chancen, die die Immersion gerade für diese Gruppe der Lernenden entfalten kann, werden hingegen wenig aufgezeigt. Tabelle 1 stellt die Herausforderungen bei der Gestaltung von Grundbildungsangeboten den immersiven Perspektiven gegenüber.

(Pandemiebedingte) Herausforderungen in der Gestaltung von Grundbildungsangeboten	(Immersive) Perspektiven für die Gestaltung von Grundbildungsangeboten
Negative Lernerfahrungen aufgrund geringer Transferierbarkeit und geringer praktischer Anwendung	Inhaltliche Anbindung an lebensweltrelevante Themen, die immersiv präsentiert werden können, verstärken den Anwendungsbezug
Lernortabhängigkeit durch Bindung an Bildungseinrichtungen und spezifische Kursangebote	Immersive Lerngelegenheiten erweitern Lernräume und verstärken informelle Zugänge zu Lerninhalten
Keine Einbindung der veränderten Bedingungen in die Arbeits- und Produktionsprozesse durch starke Heterogenität der Kursteilnehmenden	Berücksichtigung der Entwicklungen innerhalb der Arbeits- und Produktionsprozesse durch Förderung ausgewählter Schlüsselkompetenzen (u. a. Kollaborationsfähigkeit, um von Kollegen zu lernen und mit Maschinen interagieren zu können)

Tab. 1: Herausforderungen und Perspektiven bei der Angebotsentwicklung in der Grundbildung.

2. Konzepte für die Umsetzung des immersiven und kollaborativen Lernens in der Grundbildung

In den vergangenen Jahren wurden umfangreiche Materialien (u. a. Handreichungen für Lehrkräfte in der Grundbildung, ein Curriculum Finanzielle Grundbildung mit passendem Unterrichtsmaterial) zur Gestaltung von Grundbildungsangeboten entwickelt, in der Praxis eingesetzt und evaluiert (vgl. hierzu u. a. Paeßens und Winther 2021; Winther et al. 2021; Tröster und Bowien-Jansen 2020). Zudem wurde herausgearbeitet, welche Angebotsformate zu entwickeln sind, um eine schwer erreichbare Zielgruppe besser ansprechen und für den Besuch eines Grundbildungskurses motivieren zu können. Die Frage der Ansprache bei einem vorrangig aufsuchenden Kursangebot in der Erwachsenenbildung wurde mehrfach diskutiert (vgl. hierzu u. a. Gieseke 2016). Vor diesem Hintergrund wird das Ziel verfolgt, Zugänge zu Bildungsangeboten der Grundbildung Erwachsener zu vereinfachen. Hierbei wurden und werden folgende Wege gegangen: Es wurde (1) ein Lernspiel entwickelt, das sich an der Lebensrealität von erwachsenen Lernenden orientiert und so einen direkten Anwendungsbezug ermöglicht (vgl. Infobox in Abbildung 1; das Lernspiel ist beschrieben in Winther et al. 2021). Die Spielelemente des Lernspiels werden (2) durch immersive Elemente erweitert, sodass die Nutzung des Spiels unabhängig von einem institutionellen Lernort möglich wird; darüber hinaus werden (3) kollaborative Elemente in das Lernspiel eingebracht, um den aktiven Austausch mit anderen Lernenden sowie zu den Kursleitenden zu fördern und um Peer-Lernen sowie Lernen am Modell/Beobachtungslernen (Bandura 1997) anzuregen. Tabelle 2 fasst die Ziele entsprechend zusammen:

Ziele	Angestrebte Effekte
1. Weiterentwicklung von spielerischen Lernsituationen	Steigerung des Anwendungsbezugs durch authentische Problemformulierung
2. Anreicherung spielerischer Lernsituationen um immersive Elemente	Steigerung der lernortunabhängigen Nutzung durch immersive Erklärungen, Spielunterstützungen und themenbezogenen Problemvertiefungen
3. Anreicherung spielerischer Lernsituationen um kollaborative Elemente	Steigerung der informellen Nutzung der Angebote durch Einbindung von Peer- sowie Lehrpersonen-Beziehungen und durch Simulation authentischer Alltags- und/oder Berufsanforderungen als beobachtbare Lernmodelle

Tab. 2: Ziele des Angebots für Bildungsferne.

2.1 Ziel 1: Weiterentwicklung von spielerischen Lernsituationen

Die weiterentwickelten Spielszenarien orientieren sich an der Lebensrealität von erwachsenen Lernenden und ermöglichen so einen direkten Anwendungsbezug. Die Konstruktion der Spielszenarien erfolgt hierbei theoriegeleitet entlang der Lehr-Lern-Ansätze des Anchored Instruction- (CTGV 1990, 1992, 1996) und des Kompetenzmodells Finanzielle Grundbildung (Mania und Tröster 2015). Das Lernen in der Situation wird multimedial unterstützt (CTGV 1996). Aus der Begleitforschung zu den didaktischen Grundsätzen der Erwachsenenbildung (u. a. Schrader 2019) als auch der Alphabetisierung und Grundbildung (u. a. Brödel 2012) haben sich Gestaltungsprinzipien herauskristallisiert (Scharnhorst 2001), die für die Entwicklung der Spielszenarien – hier am Beispiel der Finanziellen Grundbildung – adaptiert wurden:

- *Situiert und anhand authentischer Probleme lernen:* Der Ausgangspunkt von Lernprozessen sind authentische Probleme, die aufgrund ihres Lebensweltbezugs und ihrer Relevanz dazu motivieren, neues Wissen zu erwerben. Die Lernszenarien sind dementsprechend so gestaltet, dass sie den Umgang mit realistischen Problemen und authentischen Situationen ermöglichen und anregen. Das Prinzip des Lebensweltbezugs sichert die praktische Anwendung des Gelernten. Hierzu werden in den spielerischen Lernsituationen lebensnahe Themen narrativ präsentiert, die das Prinzip der Problemorientierung aufgreifen. Geldliche Angelegenheiten sind Ausgangspunkte von authentischen Problemen, die didaktisch reduziert sind, um neues Wissen zu erwerben. Als Problemeinstiege sind bspw. die Lohnabrechnung, der Arbeitsvertrag, der Mindestlohn oder eine Jobsuche geeignet.
- *In multiplen Kontexten und unter multiplen Perspektiven lernen:* Um zu verhindern, dass neu erworbene Kenntnisse auf eine bestimmte Situation fixiert bleiben, werden dieselben Inhalte in mehreren verschiedenen Kontexten gelernt. Hierfür ist die Lernumgebung so gestaltet, dass das Gelernte auch auf andere

Problemstellungen übertragen werden kann. Zudem wird sichergestellt, dass einzelne Inhalte oder Probleme aus verschiedenen Blickwinkeln gesehen oder unter verschiedenen Aspekten beleuchtet werden können. – In der hier vorgeschlagenen Konzeption werden multiple Perspektiven und multiple Kontexte über Rollenzuweisungen realisiert. Die Lernenden sind beispielsweise aufgefordert, die Perspektive einer (alleinerziehenden) Arbeitnehmerin, eines Verbrauchers oder eines Arbeitssuchenden einzunehmen. Dieses Prinzip sowie die hierzu genutzten Methoden sichern die Flexibilität bei der Anwendung des Gelernten.

– *Mit instruktionaler Unterstützung kollaborativ lernen:* Lernen ohne jegliche instruktionale Unterstützung ist in der Regel – und für distante Formate gilt dies im Besonderen – ineffektiv und führt leicht zu Überforderung. Lehrende können sich deshalb nicht darauf beschränken, nur Lehrangebote zu machen, sie müssen Lerngelegenheiten anbieten. Die Lernumgebung ist folglich so gestaltet, dass neben vielfältigen Möglichkeiten eigenständigen Lernens in komplexen Situationen vor allem der kollaborative Austausch zu Peers und Lehrpersonen unterstützt wird. Ziel ist es, das zur Bearbeitung von Problemen erforderliche Reflexionswissen bereitzustellen und zu vermitteln. Das gemeinsame Lernen in spielerischen Lernsituationen wird im Rahmen situierter Probleme durch spezifische Interaktionsformate umgesetzt. Hierzu wird ein Austausch mit Experten – einerseits mit einer privaten Vertrauensperson in Form einer Nachbarin, andererseits mit einem professionellen Experten in Form eines Schuldenberaters – simuliert (Lernen am Modell).

2.2 Ziel 2: Anreicherung spielerischer Lernsituationen um immersive Elemente

Insbesondere mit Blick auf die Förderung von Lernortunabhängigkeit können Lerninhalte von immersiven Elementen profitieren. Es wird zudem erwartet, dass der Zugang zu den Lerninhalten erleichtert und der Austausch über das Gelernte angeregt wird. Befunde aus dem Game-based Learning belegen, dass insbesondere die Immersion durch Augmented Reality (AR) gestärkt und damit das Lernen (im Spiel) gefördert werden kann.

Am vorliegenden Beispiel der Finanziellen Grundbildung nehmen die Lernenden die reale Umgebung, also das Spielbrett, noch wahr. Sie erhalten weiterführende visuelle und auditive Inhalte auf ihrem Tablet oder Smartphone. Die immersiven Elemente bestehen aus drei Komponenten, die auf die Spielkarten projiziert werden:

– Kurzvideos, die eine typische Alltagssituation (beispielsweise Kauf von Kleidung) oder praxisnahe Lösungsstrategien beschreiben. In den Situationen handeln Figuren der Familie Müller, die bereits im Curriculum *Finanzielle Grundbildung* eingeführt wurden, als pädagogische Advokaten (vgl. DIE 2019). Über die verschiedenen finanziellen Probleme der Familienmitglieder gelingt den Lernenden eine Identifikation mit den Protagonisten.

- Die videobasierte authentische Ausgangssituation schliesst mit einer Lernaufgabe ab. Hierbei zielt eine Wissens- und Leseaufgabe auf das sinnentnehmende Lesen und das inhaltliche Verständnis des videobasierten finanziellen Problems. Die Rechenaufgaben orientieren sich an den Kompetenzdomänen des Kompetenzmodells für die Finanzielle Grundbildung (Mania und Tröster 2015) und erfordern, dass Lernende basale Rechenoperationen zur Lösung der Textaufgaben anwenden und durchführen. Die Lernaufgabe wird den gering Literalisierten als Single Choice angeboten, um automatisiert Feedback zu geben.
- Das Feedback erfolgt über Lösungshinweise zu den Aufgaben. Die Aufgabe wird sehr kurz paraphrasiert und die Lösung kontextualisiert. Hierbei sollen ergänzende Informationen mit den bereits vorhandenen verknüpft werden.

2.3 Ziel 3: Anreicherung spielerischer Lernsituationen um kollaborative Elemente

Befunde belegen, dass Spielszenarien, die in Dyaden statt alleine gespielt werden, die Beteiligung, das Engagement und das Lernergebnis erhöhen (Squire 2011; Schrier 2007). Da das Spielen in Dyaden durch Diskussionen die Handlungsreflexion fördert, die Gedanken von Spielenden verbalisiert und das Teilen von Problemen ermöglicht (Squire 2011), werden für die kollaborativen Spielszenarien weitere Spielcharaktere entwickelt. Diese werden in einem kollaborativen Lernsetting zur Förderung von Peer-Beziehungen auf kognitiver und sozialer Ebene eingesetzt (vgl. Komponenten von CPS: Hesse et al. 2015) und bieten sich für den Grundbildungskontext adaptierte Gestaltungsprinzipien an (vgl. Graesser et al. 2015; Graesser et al. 2017). Die Merkmale prägen eine kollaborative Problemlösesituation und sind geeignet, um spezifische Inhalte der Grundbildung abzubilden und Kollaborationsprozesse didaktisch mit computersimulierten, automatischen und virtuellen Agenten (vgl. embodied agents in Graesser et al. 2017) zu modellieren. So können authentische Situationen dargestellt und informelles Lernen gesteigert werden:

- Beobachtung mit geringer Beteiligung des Lernenden: Hierbei sprechen zwei Charaktere miteinander und stellen dem Lernenden eine Entscheidungsfrage.
- Wettbewerb zwischen einem Peer-Charakter und dem Lernenden: Dieser spielerische Wettbewerb zwischen Peer-Charakter und Experten-Charakter motiviert den Lernenden als Zuschauer.
- Umleitung von Feedback auf den Peer-Charakter: Der Peer-Agent bringt ähnliche Beiträge ein wie der Lernende. Während der Peer-Charakter für seine Beiträge negatives Feedback erhält, erhält der Lernende neutrales Feedback. Dieses Designprinzip wird aufgrund technischer Limitationen von AR ausgeschlossen, da keine Rückmeldungen in Echtzeit möglich sein werden.

Gerade mit Blick auf die Stärkung der Kollaboration zwischen Lernenden in immersiven Lernumgebungen lassen sich Designkriterien für die Grundbildung entwickeln, die die besondere Zielgruppe in den Blick nehmen, die Lehrenden/Kursleitenden didaktisch unterstützen und diagnostische Möglichkeiten eröffnen (vgl. Tabelle 3). Die Entwicklung der Lerngelegenheiten ist hinsichtlich der Lernerfolgskontrolle zu begleiten. Da bislang wenige Befunde zu den Lernerfolgen in der Grundbildung vorliegen, gilt es zukünftig, empirisch belastbare Befunde aus dem vorgestellten Vorhaben zu generieren.

Designkriterien zur Förderung der Kollaboration	**Umsetzung als immersive und kollaborative Spielelemente**	**Diagnostische Begleitung des Lernprozesses**
Zwei Agenten sprechen miteinander und stellen dem Lernenden eine Entscheidungsfrage.	Hinzufügen immersiver Spielelemente über Augmented Reality als Projektion auf die Tipp- und Rechenkarten, um den Wissenserwerb von Lernenden mit geringer finanzieller Grundbildung/geringer Literalität/wenig Vorwissen durch Immersion zu fördern.	Wissens- und Lesekompetenztests im Hinblick auf – das sinnentnehmende Lesen – das inhaltliche Verständnis des videobasierten finanziellen Problems
Ein spielerischer Wettbewerb zwischen Peer-Agent und Experten-Agent expliziert das Lernen am Modell.	Hinzufügen immersiver Spielelemente über Augmented Reality als Projektion auf Tipp- und Rechenkarten, um die Kollaborationskompetenz zu entwickeln. Ein Experten-Charakter und ein Peer-Charakter der Familie Müller lösen das finanzielle Problem gemeinsam (Lernen am Modell) und geben Hinweise zum gemeinsamen Weiterlernen.	Messung der Kollaborationskompetenz – kognitive Komponenten (Aufgabenregulation, Wissensaufbau) – soziale Komponenten (Partizipation, Perspektivübernahme, soziale Reputation)

Tab. 3: Experimentelles Design der immersiven und kollaborativen Spielelemente.

3. Immersiv angereicherte Lernszenarien im Bereich der Finanziellen Grundbildung

Die Weiterentwicklung von spielerischen Lernsituationen erfolgt für die Tipp- und Rechenkarten in der Domäne «Einnahmen» des Kompetenzmodells Finanzielle Grundbildung (vgl. Mania und Tröster 2015; vgl. Infobox in Abbildung 1).

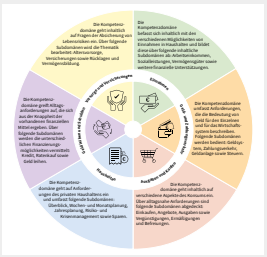
INFOBOX

Das Lernspiel *MONETTO – Das Spiel rund ums Geld* ist ein umfangreiches Brettspiel für die Finanzielle Grundbildung. Das Spielbrett stellt einen Stadtplan der fiktiven Stadt Maisenbohn dar (vgl. Spielbrett). In Maisenbohn lebt Familie Müller (vgl. Steckbriefkarten), die von den Spielenden bei finanziellen Herausforderungen begleitet wird. Auf einer Aktionskarte wird die Herausforderung für eine Spielfigur der Familie Müller beschrieben. Die Aktionskarte ist der Spielauftrag für die Spielfigur (vgl. Aktionskarte).





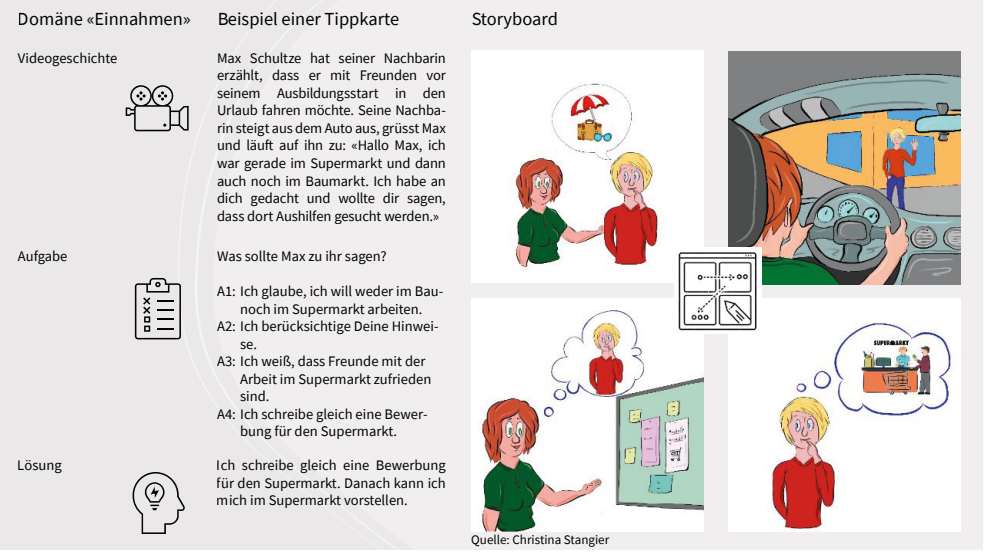
Während des Spiels ist die Spielfigur an einen Zielort in Maisenbohn zu ziehen – hierbei müssen die Spielenden eine bestimmte Anzahl von Tipps und Münzen erspielen. Die Tipps oder Münzen können Spielende erhalten, indem sie während eines Spielzugs auf ein Feld mit einem Tipp- oder Rechensymbol ziehen (vgl. Tipp und Rechenkarten). Ferner sorgen Ereignisfelder auf dem Spielbrett für Überraschungen im Spielverlauf (vgl. Ereigniskarte). An bestimmten Orten auf dem Spielbrett gibt es Quizkarten, die zusätzliche Punkte bringen (vgl. Quizkarte). Das Quiz kann auch losgelöst vom Brettspiel allein gespielt werden.



Die Quiz-, Tipp- und Rechenkarten greifen alle Subdomänen des Kompetenzmodells Finanzielle Grundbildung auf (vgl. Mania und Tröster 2015). Die Rechenaufgaben unterscheiden sich zusätzlich zur Kompetenzdomäne auch noch in ihrer Schwierigkeit.
Entlang des Kompetenzmodells wurden für den deutschsprachigen Bereich der Finanziellen Grundbildung im Projekt CurVe praxisrelevante Materialien und Unterrichtshilfen sowie niedrigschwellige Ansprachestrategien entwickelt (u.a. DIE 2019; Mania und Tröster 2014; Tröster und Bowien-Jansen 2019). Weitere Informationen: https://www.die-bonn.de/curve

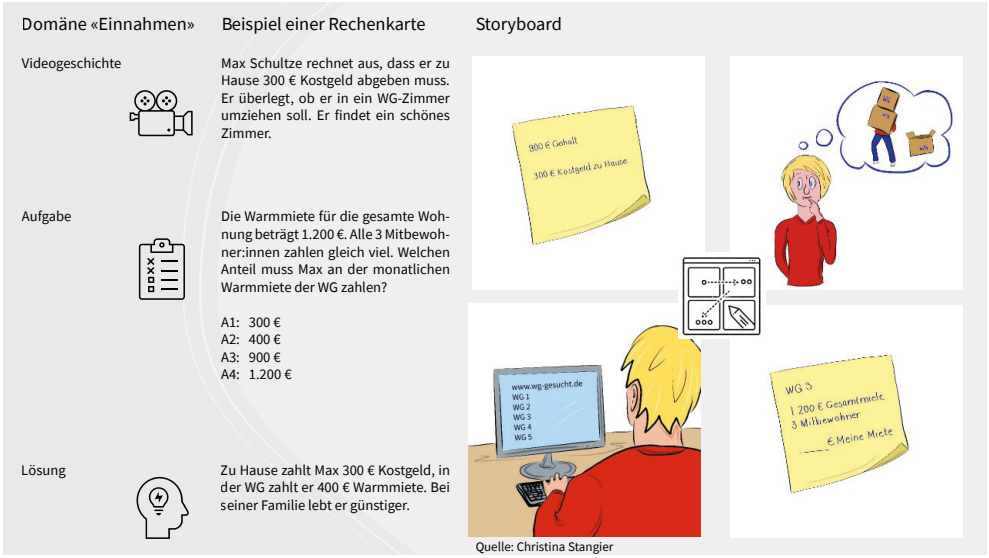
Abb. 1: Infobox zum Lernspiel *MONETTO*.

Das nachfolgende Storyboard (Abbildung 2 und 3) illustriert AR-basierte Erweiterungen, die (a) den Einstieg in die Situation durch Immersion erleichtern, um den Wissensaufbau zu fördern und innerhalb derer (b) virtuelle Agenten («Modelle») eine spezifische Alltagssituation gemeinsam lösen und damit das Beobachtungslernen lernortunabhängig unterstützt wird.



Quelle: Christina Stangier

Abb. 2: Storyboard der AR-basierten kollaborativen Lerngelegenheit.



Quelle: Christina Stangier

Abb. 3: Storyboard der AR-basierten kollaborativen Lerngelegenheit.

Technisch wird die analoge Fläche der Spielkarte zur immersiven Projektionsfläche (vgl. Abbildung 4). Der Lernende sieht mittels Tablet oder Smartphone zusätzliche immersive Inhalte auf den Tipp und Rechenkarten.



Abb. 4: AR-basierte kollaborative Lerngelegenheit in der Finanziellen Grundbildung.

4. Immersives Lernen: Modellbasiert, zielgruppenadäquat und mit didaktischer Zielsetzung

Lerntechnologien verändern sich und mit ihnen die Anforderungen an Kursangebote als Grundlage für die Integration in Bildungsinstitutionen. In der Grundbildung versprechen immersive Lernangebote, dass eine schwer erreichbare Zielgruppe besser ansprechbar und einfacher für den Besuch eines Grundbildungskurses zu motivieren ist – hierfür genügt es jedoch nicht, typische analoge Lernformen eins zu eins in eine digitale Form zu übersetzen. Bisher deutet alles darauf hin, dass diese als Substitution beschriebene Praxis (vgl. hierzu SAMR-Modell der Integration von Lerntechnologien; Puentedura 2006) nicht zu einer veränderten Lernhaltung oder zu erweiterten Beteiligungsformen führt – zukünftig bleibt dies zu überprüfen. Die hier vorgeschlagenen immersiven Gestaltungselemente sehen in der Digitalisierung von Lernangeboten die Chance einer strukturell-organisatorischen sowie pädagogisch-individuellen Weiterentwicklung (Ebene der Modifikation im SAMR-Modell): Neue Lerntechnologien wie AR ermöglichen eine veränderte Gestaltung von Lerninhalten und -aufgaben.

Hierbei werden Lerninhalte und -aufgaben so umformuliert, dass eine digitale Unterstützung einen erkennbaren Mehrwert für die Lernsituation darstellt und die Potenziale der Lerntechnologie effektiv genutzt werden können. Während Puentedura (2006) hier auf die Integration von Tabellenkalkulationen oder grafischen Darstellungen zielt, wird im vorliegenden Konzept die Lerntechnologie der AR als praktisch, aber auch sinngebend erlebt und eingesetzt, um mehr Authentizität und Kollaboration in den Lernaufgaben zu erreichen. Die AR kann die reale Umgebung des Spielbretts durch digitale Informationen anreichern. Es ist zu prüfen, wie die Lernenden die Usability der Lernanwendung einschätzen (v. a. ob die Projektion auf die Spielarte oder auf den gesamten Bildschirm angenehmer ist). Bei der Gestaltung von Lerninhalten und -aufgaben steht damit AR als geeignetes Werkzeug, um die Lernanwendungen zu verbessern. Die AR-Technologie kann als didaktisches Medium das (audio-)visuelle Lernen in der Finanziellen Grundbildung innovieren, indem die Gestaltung des Lernprozesses eines gering literalisierten Erwachsenen um mehrere Komponenten modifiziert wird: Der Einsatz von (1) Kurzvideos soll das induktive Lernen erleichtern – die videobasierte authentische Ausgangssituation mit einer abschliessenden Lernaufgabe regen den Lernprozess an. Die Kurzvideos in Kombination mit (2) Lese- und Rechenaufgaben sollen das Gelernte festigen – die Lernenden werden mit konkreten Situationen konfrontiert und lernen durch ihr eigenes Handeln. Die (3) Lösungshinweise zu den Aufgaben fördern das Elaborieren – hierbei sollen neue Informationen mit den bereits vorhandenen verknüpft werden. Mit Blick auf die besondere Zielgruppe soll entlang der Cognitive Load Theorie (Sweller 2003) eine Entlastung des visuellen Verarbeitungskanals durch den auditiven Dialog im Kurzvideo erfahren werden. Ein solcher Lernprozess wäre ohne die Erweiterung der Spielkarte um immersive

Inhalte so nicht möglich – daher wird der Lernprozess durch die Umgestaltung signifikant geändert. Hierbei entfaltet die AR, die die modifizierten Komponenten durch Objekterkennung platziert, ihr Potenzial: Die «neue» Spielwelt und die neuen Interaktionsmechanismen motivieren gering Literalisierte zum orts- und zeitunabhängigen Lernen. Die interaktive Erweiterung der Spielkarten unterstützt die didaktische Idee des spielbasierten Lernens. Hierbei ist die Geschichte, die immersiv als Video präsentiert wird, als mentaler Simulationsraum und geistiges Experimentierfeld zu verstehen. Mithilfe der im Kurzvideo dargestellten Geschichte können Lernende ihre Erfahrungen abgleichen und lernen über die Aufgaben bzw. Lösungshinweise neue, alternative Handlungsoptionen kennen. Dabei dient die Geschichte als Ersatzhandlung, in der die Spielcharaktere Situationen und Ereignisse stellvertretend für die Lernenden durchlaufen werden und anhand der Simulation gelernt wird. Die Geschichte als narrativer Anker ergänzt so die Authentizität, die handlungsleitend für die Instruktion und den AR-Einsatz ist.

Insgesamt ermöglicht AR eine beachtliche Neugestaltung der Lerninhalte und aufgaben im Lernspiel, sodass gering literalisierte Erwachsene ihren (authentischeren und kollaborativeren) Lernprozess selbst kontrollieren können: Sie konstruieren aktiv Bedeutungen oder neue kognitive Schemata, die ein verbessertes (inhaltliches) Verständnis von finanziellen/geldlichen Angelegenheiten und die komplexe Aufgabenbewältigung in (simulierter) Zusammenarbeit ermöglichen. Der Technologieeinsatz ermöglicht ferner neuartige Beteiligungsformen – unabhängig von Lernort/Bildungseinrichtung – und verstärkt den informellen Zugang zu Lerninhalten. Die inhaltliche Anbindung an lebensreale Themen im Kurzvideo unterstützt die praktische Transferierbarkeit/Anwendung.

Während manche Lernende ihren Lernprozess selbst gestalten, fehlt es anderen in der AR-Lernumgebung an *realer* Peer-Kollaboration; wieder andere brauchen möglicherweise noch die Betreuung und Beratung durch Lehrende. Die Qualifizierung und ein Mindset-Shift des pädagogischen Personals sind nicht weniger herausfordernd als die Entwicklung eines Gesamtkonzeptes «Digitale Mündigkeit» für Bildungsinstitutionen. Die Implementierung von AR als Lehr-Lernelement ist durch die Bildungsinstitution bspw. durch Schulungsangebote und/oder Austauschformate für die Lehrenden zu unterstützen, durch Zeitpläne zu organisieren und durch angemessene Sicherheit/Infrastruktur vorzubereiten. Die Lehrenden sollten AR-basierte Lehr-Lernsituationen in Form von Prototypen einsetzen können, um iterativ das Lernangebot auf die Bedarfe der Lernenden anzupassen und um gemeinsam die Möglichkeiten der Bildungstechnologie kennenzulernen. Es gibt noch zu wenige evidente Erfolgsgeschichten zur immersiven Lehre im Bereich der Grundbildung. Auch fehlen Bewertungsmodelle, mit denen der Erfolg des Einsatzes von Lehr-Lern-Innovationen in der Grundbildung beschrieben und für Best-Practices weiterentwickelt werden kann. Schmitt und Röwert (2021) schlagen einen Analyserahmen vor,

der das Transferpotenzial von Bildungstechnologien über Leitfragen zu Organisation, Ökonomie, Kultur, Didaktik und Technologie ausdifferenziert. Diese oder ähnliche Leitfragen als Grundlage für die kritische Würdigung des immersiven Lernens in der Grundbildung zu adaptieren, stellt ein Forschungsdesiderat dar: Die Integration neuer Technologien und die Entwicklung immersiver Angebote in der Erwachsenenbildung – und hier insbesondere im Bereich der Alphabetisierung/Grundbildung – werden entscheidend davon abhängen, wie eine hohe Teilnehmendenbindung erreicht und wie günstige Lernprognosen realisiert werden können. Der Beitrag zeigt u. E. aber eine Bandbreite von Möglichkeiten auf, wie sich über technologiebasierte kollaborative Lernszenarien ein Kursangebot in der Grundbildung entwickeln lässt, das den Bildungszugang vereinfacht und die Potenziale immersiver Lehr-Lernkonzepte ausspielt. Es ist zu erwarten, dass die implementierte AR-Technologie intuitiv bedienbar ist und auch im Hinblick auf die individuelle technische Ausstattung ein Einsatz als realisierbar gelten kann.

Literatur

Abraham, Ellen, und Andrea Linde. 2018. «Alphabetisierung/Grundbildung als Aufgabengebiet der Erwachsenenbildung». In *Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung*, herausgegeben von Rudolf Tippelt und Aiga v. Hippel, 6. Aufl., 1297–1320. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91834-1_56.

Ackermann, Nicole 2019. *Wirtschaftsbürgerliche Kompetenz Deutschschweizer Gymnasiastinnen und Gymnasiasten: Kompetenzmodellierung, Testentwicklung und evidenzbasierte Validierung* (Doctoral dissertation, University of Zurich). https://doi.org/10.5167/uzh-175377.

Ackermann, Nicole, Thomas Ruoss, und Carmen Flury. 2018. «Warum fördern sie ökonomische Bildung: Aktivitäten, Argumente und Handlungslegitimationen von Akteuren am Beispiel der Schweiz». *Bwp@ Berufs-und Wirtschaftspädagogik* (35): 1–19. http://www.bwpat.de/ausgabe35/ackermann_etal_bwpat35.pdf.

Agarwal, Sumit, Gene Amromin, Itzhak Ben-David, Suophala Chomsisengphet, und Douglas D. Evanoff. 2011. «Financial counseling, financial literacy, and household decision-making». *Financial literacy: Implications for retirement security and the financial marketplace*, 181. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199696819.003.0010.

Agarwal, Sumit, und Bhashkar Mazumder. 2013. «Cognitive abilities and household financial decision making». *American Economic Journal: Applied Economics* 5 (1): 193–2. https://doi.org/10.1257/app.5.1.193.

Aprea, Carmela, Eveline Wuttke, Klaus Breuer, Noi Keng Koh, Peter Davies, Bettina Greimel-Fuhrmann, und Jane S. Lopus, Hrsg. 2016. *International handbook of financial literacy*. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0360-8.

Autorengruppe Bildungsberichterstattung. 2020. *Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt*. Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.3278/6001820gw.

Bandura, Albert. 1976. *Lernen am Modell*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Bandura, Albert. 1997. *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.

Brödel, Rainer. 2012. «Didaktik der Grundbildung: «Plädoyer für einen lebensweltorientierten Ansatz». *Erwachsenenbildung: Vierteljahresschrift für Theorie und Praxis* 58 (2): 63–6. https://doi.org/10.3278/EBZ1202W063.

Brynin, M., und Longhi, S. 2007. *The transformation of work. Occupational change in Europe*, Essex.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), und Kultusministerkonferenz (KMK). 2016. *Grundsatzpapier zur Nationalen Dekade für Alphabetisierung und Grundbildung 2016–2026*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_10_06-Grundsaetze-Nationale-Dekade.pdf.

Cognition and Technology Group at Vanderbilt – CTGV. 1990. «Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition». *Educational Researcher* 19 (6): 2–10. https://doi.org/10.3102/0013189X019006002.

Cognition and Technology Group at Vanderbilt – CTGV. 1992. «The Jasper Experiment: An Exploration of Issues in Learning and Instructional Design». *Educational Technology Research and Development* 40 (1): 65–80. https://www.jstor.org/stable/30219998.

Cognition and Technology Group at Vanderbilt – CTGV. 1996. «Looking at technology in context: A framework for understanding technology and education research». In *The handbook of educational psychology,* herausgegeben von D. Berliner und R. Calfee, 807–840. New York: Macmillan. https://doi.org/10.4324/9780203053874.

Csikszentmihalyi, Mihaly. 1990. *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper und Row.

Davier, Alina A. von, Mengxiao Zhu, und Patrick C. Kyllonen, Hrsg. 2017. *Methodology of educational measurement and assessment. Innovative assessment of collaboration*. Cham, s.l.: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33261-1.

Dengler, Katharina, und Britta Matthes. 2015. *Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland*. IAB-Forschungsbericht 11, Nürnberg: IAB. https://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb1115.pdf.

Deutsches Institut für Erwachsenenbildung. 2019. *Curriculum Finanzielle Grundbildung*. https://www.die-bonn.de/curve/curriculum.

Disney, Richard, und John Gathergood. 2011. «House price growth, collateral constraints and the accumulation of homeowner debt in the United States». *The BE Journal of Macroeconomics* 11 (1): 1-28. https://doi.org/10.2202/1935-1690.2229.

Fischer, Frank, Karsten Stegmann, und Rudolf Tippelt. 2020. «Digitale Medien und schulisches Lernen – Forschungs- und Gestaltungsaufgaben für Bildungsforschung und Pädagogik». *Zeitschrift für Pädagogik* 2: 155-158. https://doi.org/10.3262/ZP2002155.

Fortunati, F. und Winther, E. 2021. «Ein neues Curriculum genügt nicht: Wie aus neuen Inhalten gute Instruktionsprozesse für die ökonomische Grundbildung werden (können)». herausgegeben von M. Friese und D. Münk, *berufsbildung* 75 (188). https://doi.org/10.3278/BB2102W.

Gieseke, Wiltrud. 2016. «Beratung über die Lebensspanne: Zwischen Steuerung, neuen Optionen und Erweiterung von Autonomiespielräumen – Wechselwirkungen». In *Handbuch Pädagogische Beratung über die Lebensspanne*, herausgegeben von Wiltrud Gieseke, und Dieter Nittel, 31–41. Weinheim, München: Beltz Juventa.

Graesser, Arthur C., Whitney Baer, Shi Feng, Breya Walker, Danielle Clewley, David P. Hays, und Daphne Greenberg. 2016. «Emotions in Adaptive Computer Technologies for Adults Improving Reading». In *Emotions, Technology, Design, and Learning*, herausgegeben von Sharon Y. Tettegah und Martin Gartmeier, 3–25. Emotions and Technology. San Diego: Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801856-9.00001-3.

Graesser, Arthur C., Nia Dowell, und Danielle Clewley. 2017. «Assessing Collaborative Problem Solving Through Conversational Agents». In *Innovative Assessment of Collaboration,* herausgegeben von Alina A. von Davier, Mengxiao Zhu, und Patrick C. Kyllonen, 65–80. Methodology of Educational Measurement and Assessment. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33261-1_5.

Graesser, Arthur C., Stephen M. Fiore, Samuel Greiff, Jessica Andrews-Todd, Peter W. Foltz, and Friedrich W. Hesse. 2018. «Advancing the science of collaborative problem solving». *Psychological science in the public interest: A Journal of the American Psychological Society* 19 (2): 59–92. https://doi.org/10.1177/1529100618808244.

Grotlüschen, Anke, Buddeberg, K., Gregor Dutz, Heilmann, L. und Stammer, C. 2020. «Hauptergebnisse und Einordnung zur LEO-Studie 2018 – Leben mit geringer Literalität». In *LEO 2018 – Leben mit geringer Literalität,* herausgegeben von Anke Grotlüschen und Klaus Buddeberg, 13–64. Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.3278/6004740w.

Grotlüschen, Anke, und Wibke Riekmann. 2012. *Funktionaler Analphabetismus in Deutschland. Ergebnisse der ersten leo.-Level-One Studie*. Münster u. a.: Waxmann.

Harring Marius, Oliver Böhm-Kasper, Carsten Rohlfs, und Christian Palentien. 2010. «Peers als Bildungs- und Sozialisationsinstanzen – eine Einführung in die Thematik». In *Freundschaften, Cliquen und Jugendkulturen, herausgegeben von* Marius Harring, Oliver Böhm-Kasper, Carsten Rohlfs, und Chriatian Palentien, 9-19. Wiesbaden: VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92315-4_1.

Hasenbeck, Felix. 2019. *Macht die Digitalisierung alles komplexer?* Roundtable. https://www.abitur-und-studium.de/Blogs/Fraunhofer-Gesellschaft/Roundtable-Macht-die-Digitalisierung-alles-komplexer.

Hesse, Friedrich, Esther Care, Juergen Buder, Kai Sassenberg, und Patrick Griffin. 2015. «A framework for teachable collaborative problem solving skills». In *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and Approach,* herausgegeben von Esther Care, und Patrick E. Griffin, 37–56. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9395-7.

Hillmayr, Delia, Lisa Ziernwald, Frank Reinhold, Sarah Isabelle Hofer, und Kristina M. Reiss. 2020. «The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis». *Computers und Education* 153: 1–25. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut. 2017. «Digitalisierung industrieller Einfacharbeit. Entwicklungspfade und arbeitspolitische Konsequenzen. Arbeit». *Zeitschrift für Arbeitsforschung, Arbeitsgestaltung und Arbeitspolitik* 26 (1): 7–32. https://doi.org/10.1515/arbeit-2017-0002.

Jackson Kellinger, Janna, Hrsg. 2017. *Advances in Game-Based Learning. A Guide to Designing Curricular Games: How to ‹Game› the System*. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42393-7.

Kastner, Monika, Hrsg. 2016. Dossier erwachsenenbildung.at. *Alphabetisierung und Basisbildung für Erwachsene*. https://erwachsenenbildung.at/images/themen/dossier/ebooks/dossier-basisbildung.pdf.

Löffler, Cordula, und Jens Korfkamp, Hrsg. 2016. *Handbuch zur Alphabetisierung und Grundbildung Erwachsener*. Münster, New York: Waxmann.

Lusardi, Annamaria, und Peter Tufano. 2015. «Debt literacy, financial experiences, and overindebtedness». *Journal of Pension Economics & Finance* 14 (4): 332–368. https://doi.org/10.1017/S1474747215000232.

Ma, B., Jessica Paeßens, und Esther Winther. 2021. «Individual- und Gruppenleistungen in kaufmännischen Lernprozessen». In *Abstractband digiGEBF*, 197-198. https://express.converia.de/custom/media/GEBF_2021/Abstractband_TTBildungCorona.pdf.

Mania, Ewelina, und Bettina Thöne-Geyer. 2019. «Die Auswahl von Lerninhalten in der Alphabetisierung und Grundbildung: Spannungsfelder an der Schnittstelle von Programmplanung und Angebotsentwicklung». *Hessische Blätter für Volksbildung* (2): 151–158. http://doi.org/10.3278/HBV1902W151.

Mania, Ewelina und Monika Tröster. 2018. «Finanzen, Politik und Gesundheit als notwendige Inhalte der Grund-/Basisbildung. Stand, Bedarfe und Herausforderungen». *Magazin erwachsenenbildung.at. Das Fachmedium für Forschung, Praxis und Diskurs* (33): 09/2–09/10. https://doi.org/10.25656/01:15405.

Mania, Ewelina, und Monika Tröster. 2014. «Finanzielle Grundbildung – Ein Kompetenzmodell entsteht». *Hessische Blätter für Volksbildung* 02/2014: Grundbildung (60): 136–145. Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.3278/HBV1402W136.

Mania, Ewelina, und Monika Tröster. 2015. «Kompetenzmodell Finanzielle Grundbildung: Umgang mit Geld als Thema der Basisbildung». *Magazin Erwachsenenbildung.at* 66 (25): 72–81. https://doi.org/10.25656/01:10955.

Nienkemper, Barbara, und Franziska Bonna. 2011. «Zur Akzeptanz von Diagnostik in Alphabetisierungskursen – aus der Perspektive von Kursleitenden und Teilnehmenden». In *Bildungsforschung* (8) 2: 61–85. https://doi.org/10.25656/01:8401.

OECD. 2012. *Literacy, numeracy and problem solving in technology-rich environments*. Framework for the OECD Survey of Adult Skills. https://doi.org/10.1787/9789264128859-en.

OECD. 2013. *Financial Literacy Framework. In PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. Paris: OECD. http://doi.org/10.1787/9789264190511-en.

OECD. 2014. *PISA 2012 Results: Students and Money (Volume VI): Financial Literacy Skills for the 21st Century*, PISA. Paris: OECD. https://doi.org/10.1787/9789264208094-en.

OECD. 2017. *PISA 2015 Results (Volume IV)*. *Students' Financial Literacy*. Paris: OECD. http://doi.org/10.1787/9789264270282-en.

Paeßens, Jessica, und Esther Winther. 2021. «Game Design in Financial Literacy. Exploring design patterns for a collaborative and inclusive serious game from different perspectives». In *Game-based Learning Across the Disciplines*, herausgegeben von Carmela Aprea und Dirk Ifenthaler, 43–59. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75142-5_3.

Puentedura, Ruben R. 2006. *Transformation, Technology, and Education*. http://www.hippasus.com/resources/tte/.

Remmele, Bernd, Günther Seeber, Sandra Speer, und Friederike Stoller. 2013. *Ansprüche an und Grenzen von ökonomischer Grundbildung*, 41–76. Bielefeld: Bertelsmann.

Scharnhorst, Ursula. 2001. «Anchored Instruction: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen». *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften* 23 (3): 471–492. https://doi.org/10.25656/01:3776.

Schlicht, Juliana. 2019. *Kommunikation und Kooperation in Geschäftsprozessen: Modellierung aus pädagogischer, ökonomischer und informationstechnischer Perspektive*. Wirtschaft – Beruf – Ethik 37. Bielefeld: wbv.

Schmid, Ulrich, Goertz, L., und Julia Behrens. 2018. *Monitor Digitale Bildung. Die Weiterbildung im digitalen Zeitalter*, 7. Bielefeld: Bertelsmann. https://doi.org/10.11586/2018007.

Schmitt, Alexander, und Ronnie Röwert. 2021. «Analyserahmen für Veränderungs- und Transferpotentiale digitaler hochschulischer Lehr-Lernsituationen». In *Hochschullehre im Spannungsfeld zwischen individueller und institutioneller Verantwortung*, herausgegeben von Carla Bohndick, Margret Bülow-Schramm, Daria Paul, und Gabi Reinmann, 323–9. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32272-4.

Schrader, Josef. 2019. «Lehren und Lernen in der Erwachsenen- und Weiterbildung» (2., korrigierte Auflage). *Erwachsenen- und Weiterbildung, Befunde – Diskurse – Transfer*: Band 1. Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.36198/9783838552835.

Schrier, Karen. 2007. «Reliving History with ‹Reliving the Revolution›: Designing Augmented Reality Games to Teach the Critical Thinking of History». In *Games and Simulations in Online Learning: Research and Development Frameworks,* herausgegeben von David Gibson, Clark Aldrich, und Marc Prensky, 250–269. Hershey, PA: Information Science Publishing.

Siebert, Horst. 2017. *Lernen und Bildung Erwachsener. Erwachsenenbildung und lebensbegleitendes Lernen.* Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.3278/6004185bw.

Squire, Kurt. 2011. *Video Games and Learning: Teaching and Participatory Culture in the Digital Age.* New York: Teachers College Press.

Steuer, Jonathan. 1992. «Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence». *Journal of Communication* 42 (4): 73–93. https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x.

Sting, Stephan. 2005. «Literacy versus Schriftlichkeit». In *Literalität, Bildung und Biographie: Perspektiven erziehungswissenschaftlicher Biographieforschung,* herausgegeben von Jutta Ecarius, und Barbara Friebertshäuser, 18–38. Opladen: Barbara Budrich. https://doi.org/10.2307/j.ctvbkk4jp.

Sweller, John. 2003. «Evolution of human cognitive architecture». *The Psychology of Learning and Motivation* 43: 215–266. https://doi.org/10.1016/S0079-7421(03)01015-6.

Tamborini, Ron, und Paul Skalski. 2006. «The Role of Presence in the Experience of Electronic Games». In *Playing video games: Motives, responses, and consequences,* herausgegeben von Peter Vorderer, und Jennings Bryant, 225–40. Lawrence Erlbaum.

Tröster, Monika, und Beate Bowien-Jansen. 2020. «Grundbildung über die Lebensspanne – Ideen für die Angebotsentwicklung». In *Lebenslang lernen können – Gesellschaftliche Transformationen als Herausforderung für Bildung und Weiterbildung,* herausgegeben von Bernhard Schmidt-Hertha, Erik Haberzeth, und Steffen Hilmert, 187–201. Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.3278/6004776w.

Tröster, Monika, und Beate Bowien-Jansen, Hrsg. 2019. *Perspektive Praxis. Sensibel für Finanzielle Grundbildung: Studienmaterialien und Handlungsempfehlungen*. Bielefeld: wbv. https://doi.org/10.3278/43/0060w.

Tröster, Monika, und Josef Schrader. 2016. «Alphabetisierung, Grundbildung, Literalität: Begriffe, Konzepte, Perspektiven». In *Handbuch zur Alphabetisierung und Grundbildung Erwachsener,* herausgegeben von Cordula Löffler, und Jens Korfkamp, 42–58. Münster, New York: Waxmann.

Winther, Esther, Dagmar Festner, Klotz, Viola K., und Julia Sangmeister. 2016. «Facing Commercial Competence: Modeling Domain-Linked and Domain-Specific Competence as Key Elements of Vocational Development». In *Economic Competence and Financial Literacy of Young Adults. Status and Challenges,* herausgegeben von Eveline Wuttke, Jürgen Seifried, und Stephan Schumann, 149–64. Opladen: Barbara Budrich. https://doi.org/10.25656/01:12165.

Winther, Esther, Jessica Paeßens, Monika Tröster, und Barbara Bowien-Jansen. 2021. «MONETTO – Das Lernspiel für die Finanzielle Grundbildung». *Hessische Blätter für Volksbildung* 71 (4): 53–70. https://doi.org/10.3278/HBV2104W006.

Wirth, Werner, Tilo Hartmann, Saskia Böcking, Peter Vorderer, Christoph Klimmt, Holger Schramm et al. 2007. «A process model of the formation of spatial presence experiences». *Media Psychology* 9 (3): 493–525. https://doi.org/10.1080/15213260701283079.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Virtual Reality im Sprachunterricht

Eine soziologische Reflexion der technischen Voraussetzungen einer immersiven Lernumgebung mit Oculus Go

Nathaly Tschanz[1] und Bianca Baerlocher[1]

[1] Fachhochschule Graubünden

Zusammenfassung
Virtueller Realität (Virtual Reality, VR), welche auf drei fundamentalen Prinzipien beruht – Immersion, Interaktion und User Involvement –, wird grosses Potenzial beim Sprachenlernen zugeschrieben (Merchant u. a. 2014; Chen 2016; Lloyd, Rogerson, und Stead 2018). Der vorliegende Beitrag stellt die Erfahrungen vor, die bei der Entwicklung von VR-Sequenzen im Sprachunterricht im Projekt ‹Around the world in 5 days› gemacht wurden. Die hier vorgestellte Analyse basiert auf der soziologischen Perspektive der ‹Science and Technology Studies› (STS), um einen kritischen Blick auf die Mensch-Maschine-Interaktion zu werfen. Jede Projektphase – von der Entwicklung von Unterrichtsplänen und VR-Sequenzen über den Nutzertest und den Einsatz im Unterricht – wurde dokumentiert und wissenschaftlich begleitet. Der Artikel gibt zuerst einen Überblick über Ansätze von VRLEs in Bezug auf die Begriffe ‹Immersion› und ‹Präsenz›, präsentiert die wichtigsten Erkenntnisse, die von der theoretischen Konzeption bis hin zur technischen Umsetzung gemacht wurden.

Virtual Reality in Language Teaching. A Sociological Reflection on the Technical Requirements of an Immersive Learning Environment with Oculus Go

Abstract
Virtual reality (VR), which is based on three fundamental principles, namely immersion, interaction and user involvement, is seen as having great a potential in language learning (Merchant et al. 2014; Chen 2016; Lloyd, Rogerson, and Stead 2018). This paper presents the experience of developing VR sequences in language teaching in the ‹Around the world in 5 days› project. The analysis presented here draws on the sociological perspective of ‹Science and Technology Studies› (STS) to take a critical look at human-machine interaction. Each phase of the project, from the development of lesson planning and VR sequences to user testing and classroom use, was documented and scientifically monitored. The article first gives an overview of approaches to VRLEs in terms of ‹immersion› and ‹presence›, presents the main findings made from theoretical conception to technical implementation.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Tschanz, Nathaly, und Bianca Baerlocher. 2022. «Virtual Reality im Sprachunterricht. Eine soziologische Reflexion der technischen Voraussetzungen einer immersiven Lernumgebung mit Oculus Go». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 288–311. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.14.X.

1. Einleitung

‹Virtuelle Realität› (Virtual Reality, VR) ist kein neues Phänomen. Ihre Wurzeln reichen bis ins 17. Jahrhundert zurück, als verschiedene Künstler:innen begannen, mit 360-Grad-Kunst zu experimentieren, dies zum Beispiel mit panoramischen Wandmalereien sowie illusionistischen Malereien, wie dem Trompe-l'œil. Der Begriff ‹Virtual Reality›, wie er im heutigen Sprachgebrauch verwendet wird, wurde erst 1987 von Jaron Lanier geprägt (Steuer 1992). Der seitdem technisch geprägte Begriff lässt sich wie folgt charakterisieren:

> «Virtual Reality refers to immersive, interactive, multi-sensory, viewer-centered, three-dimensional computer-generated environments and the combination of technologies required to build these environments.» (Cruz-Neira 1993)

Bei VR-Anwendungen geht es also darum, eine Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine zu schaffen, welche eine besonders intuitive Interaktion mit der dreidimensional simulierten Umgebung ermöglicht (Dörner u. a. 2019). Seit mehr als 30 Jahren wird dieses simulierte Erleben technisch kontinuierlich weiterentwickelt. Jedoch war die Anwendung aufgrund der hohen Kosten für die erforderlichen Headsets auf grössere Industrie- und Laborumgebungen beschränkt (Castelvecchi 2016). Eine Nutzung in Lehr- und Lernsituationen war dadurch bisher limitiert (Fabris u. a. 2019).

In den letzten Jahren haben jedoch mehrere Hersteller von VR-Headsets die Entwicklung deutlich vorangetrieben, sodass heute wesentlich billigere und leichtere Geräte erhältlich sind (Riva und Wiederhold 2015). Diese neuen Geräte sind wesentlich günstiger und einfacher in der Bedienung, was sie für eine verbreitete Anwendung im Bildungssektor attraktiv macht (Checa und Bustillo 2020).

Da ‹Virtuelle Realität› auf drei Grundprinzipien beruht, nämlich der Immersion, der Interaktion der Nutzenden in der Umgebung und der Vermittlung dargestellter Inhalte, bietet VR grosses Potenzial in Bildungskontexten. 3D-animierte Lerninhalte können zum Beispiel Trainings an teuren Objekten oder Besuche unerreichbarer Orte ermöglichen (Salzman u. a. 1999; Pantelidis 2010; Chen 2016; Lloyd, Rogerson, und Stead 2018; Hu Au und Lee 2017). Die Erfahrung des Eintauchens in eine virtuelle interaktive Welt, während man eigentlich im Klassenzimmer sitzt, stimuliert verschiedene Sinne (Tzanavari und Tsapatsoulis 2010; Stein 2012). VR bietet Interaktion und ermöglicht soziale und räumliche Präsenz, was es von anderen Medien wie Fernsehen oder Büchern unterscheidet (Schuemie u. a. 2001).

Im Laufe der Jahrzehnte wurden mehrere Studien zum Einsatz von Virtual Reality im Bildungsbereich und durchgeführt (Freina und Ott 2015; Merchant u. a. 2014). Auch in Bezug auf den Spracherwerb zeigt sich ein wachsendes Potenzial im Einsatz von VR-Technologien (Peterson 2012; Lin und Lan 2015).

Doch trotz der Vorteile, die dem Einsatz von VR-Technologien zugeschrieben werden, bleiben in Bezug auf komplexe Lernprozesse Fragen zu klären. Zum einen lässt sich schwer prognostizieren, welche Charakteristiken und Eigenheiten des Mediums die grösste Hebelwirkung auf die Wahrnehmung und das Verständnis von Informationen haben (Salzman u. a. 1999). Zum anderen ist der Umgang mit immersiver VR in Bildungskontexten noch nicht weit verbreitet (Buchner und Aretz 2020). Viele Lehrpersonen haben Hemmungen, virtuelle Lernanwendungen im Unterricht zu benutzen. Deshalb sei das Erproben immersiver Bildungstechnologien besonders wichtig, um mehr über deren Nutzen im Lehren und Lernen zu erfahren (Buchner und Mulders 2020). Dies betrifft auch Erkenntnisse über die optimale Gestaltung von VR-Anwendungen im Spracherwerb (Andujar und Buchner 2019).

In diesem Sinne wurde im Projekt «Around the world in 5 days» der Prozess von der Entwicklung der VR-Lernsequenzen bis zu deren Anwendung im Sprachunterricht dokumentiert und analysiert. Der vorliegende Artikel will Einblicke in die Beobachtungen geben, die im Rahmen dieses angewandten Forschungsprojekts bei der Produktion und Nutzung von VR-Sequenzen in einer Sprachlernumgebung gemacht wurden. Sowohl der Entwicklungsprozess als auch die Nutzungserfahrungen wurden mit der zugrundeliegenden Perspektive der ‹Science and Technology Studies (STS)› wissenschaftlich dokumentiert. Der Ansatz der STS wurde gewählt, weil er eine interdisziplinäre Perspektive beinhaltet, welche die Interrelation zwischen Gesellschaft, Politik, Kultur und der Schaffung von wissenschaftlichem Wissen sowie der Entwicklung und Innovation von Technologie makroperspektivisch ermöglicht (Jasanoff u. a. 2012; Bauer, Heinemann, und Lemke 2017; Beck, Niewöhner, und Sörensen 2012).

Der Fokus lag also auf der Mensch-Maschine-Interaktion im gesamten Entwicklungsprozess und den Tests mit den Nutzenden, um die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Anwendung im Unterricht transparent zu machen.

Dieser Artikel gibt zuerst einen Überblick über Ansätze von VRLEs im Hinblick auf die Begriffe ‹Immersion› und ‹Präsenz›, da diese Konzepte auch die Zielsetzung bei der Konzipierung der VR-Sequenzen am meisten prägte. Des Weiteren wird erläutert, wie der STS-Ansatz eine kritische und reflektierende soziologische Sicht auf VR ermöglicht. Dabei werden die wichtigsten Schlussfolgerungen aus dem Projekt ‹Around the world in 5 days› von der Produktion bis zum Einsatz von VR im Unterricht mit Test-Nutzenden präsentiert. Im Fazit werden einige Schlussfolgerungen auch auf didaktische Implikationen im Hinblick auf technische Limitationen und Hürden gezogen. Diese beziehen sich vor allem auf die Projekt-Erfahrungen mit der VR-Brille Oculus Go im Sprachunterricht.

2. Virtuelle Lernumgebungen (VRLEs)

Forschende sind sich einig, dass VR-Charakteristika das Lernen von komplexen Informationen unterstützen können (Psotka 1995; Salzman u. a. 1999; Dörner u. a. 2019). Das Potenzial von Virtual Reality als didaktische Ressource wird von pädagogischen Fachkräften und Lehrpersonen seit mehr als zwei Jahrzehnten diskutiert und reflektiert (W. Bricken 1990; M. Bricken 1991; Helsel 1992; Schwienhorst 2002). Zahlreiche Studien befassen sich mit den Vorteilen des Einsatzes von VR beim Lehren und Lernen in verschiedenen Fächern (Lee und Wong 2008; Radianti u. a. 2020; Pan u. a. 2006; Deuchar und Nodder 2003; Dickey 2003; Falloon 2010; de Freitas 2006; Garris, Ahlers, und Driskell 2002).

VR gewinnt zunehmend an Aufmerksamkeit, weil die dreidimensionalen, multisensorisch gestalteten virtuellen «Welten» den Lernenden ermöglichen, abstrakte Informationen zu verarbeiten, indem sie ihnen einen Sinn für den physischen Raum und Wahrnehmungsphänomene geben (Salzman u. a. 1999). Neben einer Motivationssteigerung und dem Spass beim Lernen durch den Einsatz von VR (Dhimolea, Kaplan-Rakowski und Lin 2021) setzen sich die Lernenden aktiv mit dem Lernstoff auseinander, was ein vertieftes Verständnis und eine längerfristige Speicherung der Inhalte zur Folge hat (Rizzo u. a. 2006). Die Analyse von Merchant u. a. (2014) geht davon aus, dass auch die Lernergebnisse selbst durch den Einsatz von VR verbessert werden. Diese Einschätzungen werden auf verschiedene Eigenschaften der Mensch-Maschine-Schnittstelle bei VR zurückzuführt. Zum einen ermöglicht die dreidimensionale Immersion den Lernenden, den subjektiven Eindruck zu entwickeln, Teil einer «realen» Welt zu sein, die realistisch genug ist, um eine willentliche Aufhebung der Ungläubigkeit zu bewirken (Dede 1995). Die sogenannte «Suspension of Disbelief» ist die subjektive Fähigkeit, unglaubwürdige Elemente des Geschehens willentlich auszublenden, um sich der virtuellen Realität hinzugeben und diese als ‹wahre› Realität anzunehmen (Dörner u. a. 2019). Zum anderen können gut konzipierte virtuelle Lernumgebungen dazu beitragen, dass die Lernenden mehr Zeit und Konzentration auf eine Aufgabe verwenden (M. Bricken und Byrne 1992). Bei der Verwendung eines Headsets konzentriert sich die Aufmerksamkeit der Nutzenden nämlich auf die virtuelle Umgebung ohne Ablenkungen, die in vielen anderen Lernsituationen auftreten. In VRLEs können die Lernenden Teil einer geschaffenen Szene werden und diese direkt, detailliert und in Echtzeit erleben. Die Echtzeitaktivität bedeutet, dass das System die Eingaben der Nutzenden direkt erkennt und sofort auf die Aktivität reagiert (Huang, Rauch, und Liaw 2010). Die Lernenden können auch von der unmittelbaren Situation, in der sie sich befinden, zurücktreten und eine globale Sichtweise einnehmen (Salzman u. a. 1999). Das bedeutet, dass VR eine Fokussierung auf das grosse Ganze bei gleichzeitiger Betrachtung von Details ermöglicht – was die komplexen Interaktionen zwischen den Komponenten eines Systems abbildet (Alizadeh 2019). Die Möglichkeit, die Perspektive und den Blickwinkel zu wechseln, ist ein besonderes Kriterium von VRLEs und erleichtert die Reflexion über und im Handeln.

Über High-End-VR-Schnittstellen können Lernende visuelle, auditive und haptische Hinweise interpretieren, um Informationen zur Navigation und Steuerung von Objekten in der virtuellen Umgebung zu sammeln. Dies kann das Lernen und Memorieren vertiefen (Salzman u. a. 1999; Psotka 1995). VR bietet reichhaltige Wahrnehmungshinweise und multimodales Feedback (Huang, Rauch, und Liaw 2010). Das bedeutet fallbasiertes und personalisiertes Lernen und die Anpassung an verschiedene Lernstile sowie die Möglichkeit für die Lernenden, Wissen in ihrem eigenen Tempo und in der von ihnen bevorzugten Reihenfolge zu entdecken und zu konstruieren. Dies kann zur Schaffung individueller Lernpfade führen, die kontext- und inhaltsabhängiges Wissen sowie gamifizierte Problemlösungen beinhalten (Alizadeh 2019). Wenn sich die Lernenden aktiv in immersiver VR engagieren, können sie durch die Interaktion mit Objekten, Menschen und Ereignissen in der künstlichen Welt Wissen aufbauen (Huang, Rauch, und Liaw 2010). Daher kann VR eine lebensnahe Erfahrung für die Lernenden bieten (ebd.).

Im Bildungskontext lassen sich verschiedene lernbezogene Handlungsmöglichkeiten für den Einsatz von VR eruieren, in welchen das Trainieren, Konstruieren, Explorieren und Experimentieren möglich werden (Buchner und Aretz 2020; Buchner und Mulders 2020).

3. Präsenz und Immersion

Die Begriffe ‹Präsenz› und ‹Immersion› werden häufig synonym verwendet (McMahan 2003) – sowohl in der technischen Wissenschaft als auch in der Psychologie. Doch es gibt Abgrenzungen zwischen den beiden Begriffen (Calleja 2014; Hwang und Kim 2010; Mütterlein 2018). Präsenz ist die menschliche Reaktion auf Immersion, die sehr individuell sein kann (Slater 2003). Es handelt sich um ein subjektives Konzept, das in der Psychologie der Nutzenden begründet ist. Nach Slater und Wilbur (1997) ist Präsenz ein Bewusstseinszustand – das (psychologische) Gefühl, in der virtuellen Umgebung zu sein (Slater und Wilbur 1997).

In ihrem Buch ‹Stepping into Virtual Reality›, erklären Gutiérrez u. a. (2008) den Begriff wie folgt:

> «Presence is when the multimodal simulations (images, sound, haptic feedback, etc.) are processed by the brain and understood as a coherent environment in which we can perform some activities and interact. Presence is achieved when the user is conscious, deliberately or not, of being in a virtual environment (VE).» (Gutiérrez, Vexo, und Thalmann 2008)

Beim Spielen eines Videospiels weiss eine Person, dass die virtuell geschaffene Welt nicht real ist, passt sich ihr aber an, als wäre sie eine reale Umgebung. Interessant ist, dass Präsenz in einer virtuellen Umgebung erreicht werden kann, die nicht einmal einer realen Umgebung ähnelt, z. B. in den Fantasiewelten von Videospielen.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass der Begriff ‹Präsenz› häufig für viele miteinander verknüpfte wahrnehmungsbezogene und psychologische Faktoren verwendet wird. Obwohl es kaum möglich ist, den Grad der Präsenz zu messen (Schuemie u. a. 2001), stellen die folgenden Kriterien einen Versuch der Analyse dar (Lombard und Ditton 1997; Schuemie u. a. 2001):

- Sozialer Reichtum charakterisiert, inwieweit das Medium als gesellig, einfühlsam, warm wahrgenommen wird. Diese Dimension kann auch Interaktionen mit Menschen umfassen.
- Realismus erklärt, inwieweit das Medium wahrnehmbar und sozial realistisch erscheint.
- Transport beschreibt das Gefühl, «dort» zu sein.
- Immersion beschreibt, in welchem Masse die Sinne angesprochen werden.
- Mit sozialer Aktion kann beschrieben werden, inwieweit Nutzende mit den dargestellten Personen in VR interagieren oder inwieweit das Medium selbst als Akteur wahrgenommen wird.

Wie oben gezeigt, sind die Begriffe ‹Immersion› und ‹Präsenz› miteinander verwandt, und ihre Beziehung ist ein wissenschaftlich interessantes Thema (McMahan 2003). Präsenz bedeutet nicht, dass jemand automatisch emotional beteiligt oder engagiert ist (Slater 2003).

Immersion hingegen ist eine emotionale und kognitive Erfahrung, die durch einen Mangel an Bewusstsein für die reale Umgebung des Individuums gekennzeichnet ist (Davis u. a. 2009; Jennett u. a. 2008). Die Immersionsfähigkeit von Gamer:innen wurde bereits beforscht (Jennett u. a. 2008; Brockmyer u. a. 2009; Qin, Patrick Rau, und Salvendy 2009), wobei sowohl die Bedingungen für die Entstehung von Immersion untersucht wurden als auch das Erleben der Testpersonen (Nacke, Stellmach, und Lindley 2011; Brown und Cairns 2004). Forschende bewerten Immersion auf der Grundlage unterschiedlicher Konzepte und Ebenen (Brown und Cairns 2004; Huang, Rauch, und Liaw 2010; Jennett u. a. 2008; Suh und Prophet 2018). Sherman und Craig (2018) unterscheiden zwischen zwei Arten von Immersion, nämlich der physischen und der mentalen Immersion. Erstere wird durch visuelle, auditive und haptische Hinweise in einer virtuellen Umgebung hervorgerufen, während sich die mentale Immersion auf den Grad der Involvierung innerhalb einer virtuellen Umgebung bezieht.

In Bezug auf die Interpretation der mentalen Immersion erweist sich die Definition von Murray (1998) als interessant:

> «A stirring narrative in any medium can be experienced as a virtual reality because our brains are programmed to tune into stories with an intensity that can obliterate the world around us.» (Murray 1998)

Murray vergleicht den Begriff ‹Immersion› metaphorisch mit einem Tauchgang, bei dem der Wahrnehmungsapparat die gesamte Aufmerksamkeit übernimmt (ebd.).

Diese Überlegungen zu den Begriffen ‹Präsenz› und ‹Immersion› zeigen, dass Erzählungen in allen Medien einen immersiven Charakter haben können. Es scheint jedoch, dass ein höherer Grad an Immersion erreicht werden kann, wenn Nutzende geistig *und* körperlich beteiligt sind.

Neben der Tatsache, dass die Konventionen in der virtuellen Realität konsistent sein müssen, erwähnt McMahan (2003) eine weitere Bedingung, die ein Gefühl der Immersion erzeugt – nämlich dass die Handlungen der Nutzenden Auswirkungen auf die VR-Umgebung haben müssen (McMahan 2003). Dies ist ein entscheidender Punkt, in dem sich VR von anderen Medien unterscheidet. Selbst beim Eintauchen in eine Geschichte im Fernsehen hat die Reaktion der Zuschauenden keinen Einfluss auf den Film selbst. Immersion hat also ein partizipatorisches Element, das eine andere Art von Engagement und Beteiligung ermöglicht. Es liegt auf der Hand, dass Beteiligung und Selbstbestimmung in Bildungssituationen eine wichtige Rolle spielen können.

4. Around the world in 5 days – ein angewandtes Forschungsprojekt

Auf Basis dieser theoretischen Ausgangslage wurde in Zusammenarbeit mit der Klubschule Migros, einer Schweizer Anbieterin von Sprach- und Weiterbildungskursen, ein Englisch-VR-Kurs für Personen entwickelt, die ihre Sprachkenntnisse zu Reisezwecken auffrischen wollen. Das Projekt, welches an der Fachhochschule Graubünden angesiedelt ist, wurde von der Schweizer Innovationsagentur Innosuisse mitfinanziert.

Das interdisziplinäre Projektteam konzipierte zusammen mit den Fachdidaktiker:innen der Sprachschule einen modularen Kurs aus fünf Einheiten (5 x 3 Lektionen mit einer Dauer von je fünfzig Minuten). Im Sinne einer Explorationswelt, in der es darum geht, unzugängliche Lernorte und soziale Situationen zu erkunden (Buchner und Aretz 2020), sollten die Lernenden mithilfe von VR-Headsets und speziell bereitgestellten Inhalten an verschiedene Orte reisen können, um dort die englische Sprache in verschiedenen kulturellen Situationen zu praktizieren.

4.1 VR unter dem Vergrösserungsglas der Science and Technology Studies

Die theoretischen Ausführungen zu Beginn des Artikels haben verdeutlicht, dass die Nutzung von VR eine komplexe Mensch-Maschine-Interaktion darstellt, wobei die Wirkung der VR-Technologie auf den Menschen und insbesondere auf das Lernen im Fokus vieler Studien steht. Im Projekt ‹Around the world in 5 days› wurde versucht, die Verzahnung von theoretischer Ausgangslage und praktischer Umsetzung inklusive der Herstellung und Durchführung im Unterricht zu analysieren. Dabei ging es vor allem um die wechselseitigen Abhängigkeiten von menschlichem Handeln und der Dynamik, die von der Technik ausgelöst werden.

Die Erforschung dieser Art von Wechselbeziehung war in der wissenschaftlichen Forschung schon immer eine Herausforderung. Die Praxis der Trennung von sozialer, natürlicher oder technischer Entwicklung war und ist immer noch eine gängige wissenschaftliche Tradition (Lau und Keller 2001). Aus diesem Grund haben die STS seit den 1970er-Jahren kritische Reflexionen über die ‹Produktion› von wissenschaftlichem Wissen und technologischen Artefakten entwickelt (Bauer, Heinemann, und Lemke 2017).

Die verschiedenen Ansätze dieser Theoriesammlung konzentrieren sich hauptsächlich darauf, wie Technologie sozial konstruiert ist und wie soziales Handeln auch die Gewohnheiten und die Nutzung von Erfindungen beeinflusst (ebd.). Daher bieten die Science and Technology Studies (STS) eine ganzheitliche interdisziplinäre Perspektive, um die erwähnte Wechselbeziehung zwischen menschlichem Handeln sowie technologischen Entwicklungen und Praktiken zu untersuchen und zu reflektieren.

Eine Grundannahme der STS besteht darin, dass wissenschaftliches Wissen seinerseits konstruiert ist und mit gesellschaftlichem Handeln zusammenhängt. Keine technologische Entwicklung kann ohne ihren gesellschaftlichen Kontext und die gesellschaftliche Gruppe, die sich mit den Artefakten befasst, betrachtet werden (Pinch und Bijker 1987). Ein Beispiel: Die frühe Entwicklung des Fahrrads wurde von der Gruppe männlicher Nutzer beeinflusst, sodass Fahrräder an die Kleidung der Männer angepasst wurden. Die Tatsache, dass auch Frauen Fahrräder benutzen wollten, hatte Auswirkungen auf die Architektur der Fahrräder und auch auf die weibliche Kleidung (Meikle und Bijker 1996). Dieses Beispiel veranschaulicht, wie verwoben die Wechselbeziehung zwischen Menschen und Technik ist.

Daraus lässt sich für Virtual Reality, ihre Herstellung und Anwendung Folgendes ableiten: Die technologische Entwicklung sowie die Nutzung von VR bedingen sich gegenseitig und führen zu neuen Praktiken und Adaptionen – nicht nur in Lehren und Lernen, sondern auch in Bezug auf die Herstellung virtueller Realitäten und der damit verbundenen Technologie selbst. Für den Kontext des Lernens mit VR ergibt sich für das hier dargestellte Projekt die Annahme, dass die Technologie nicht einfach nur nutzbar gemacht wird, sondern dass neue Praktiken während des Entwicklungsprozesses als auch in der Lernsituation mit VR entstehen.

4.2 Theoretischer und methodischer Ansatz

Um die wechselseitigen Praktiken und Bedingungen im Sinne der STS zu erfassen, wurde das Strukturkonzept sozialer und technischer Wechselwirkungen verwendet (Abbildung 1, Baerlocher 2013). Die Abbildung zeigt, dass jede individuelle Handlung – bestehend aus Handlungsorientierung, Handlungsentwurf und Handlungsrealisierung – eingebettet ist in soziale und physische Strukturen. Bereits die Klassiker der Soziologie haben sich mit der Einbettung des individuellen Handelns in die soziale Ordnung befasst (z. B. Schütz 1932; Weber 1922). Die Herausforderung, wie physische und soziale Strukturen wechselseitig auf das Handeln wirken, wurde bereits beschrieben (u. a. Zierhofer 2002; Rammert 1998). Im Gegensatz zur Akteurs-Netzwerk-Theorie (Latour 2008), in welcher handelnde Menschen und physische Objekte gleichgestellt sind, bewahrt das in Abbildung 1 dargestellte Modell die Autonomie im Handeln (Baerlocher 2013, 103). Dies hat zur Folge, dass weder die Technik selbst, noch soziale Normen das Handeln kontrollieren, sondern vielmehr Handlungsoptionen anhand der Orientierung am Sozialen und Physischen ausgelotet werden (ebd.). Für das Projekt ‹Around the world in 5 days› ergab sich daraus abgeleitet die Frage, welche Handlungsoptionen und Praktiken sich in den verschiedenen Handlungsschritten von der Entwicklung bis zur Nutzung der VR-Sequenzen zeigen.

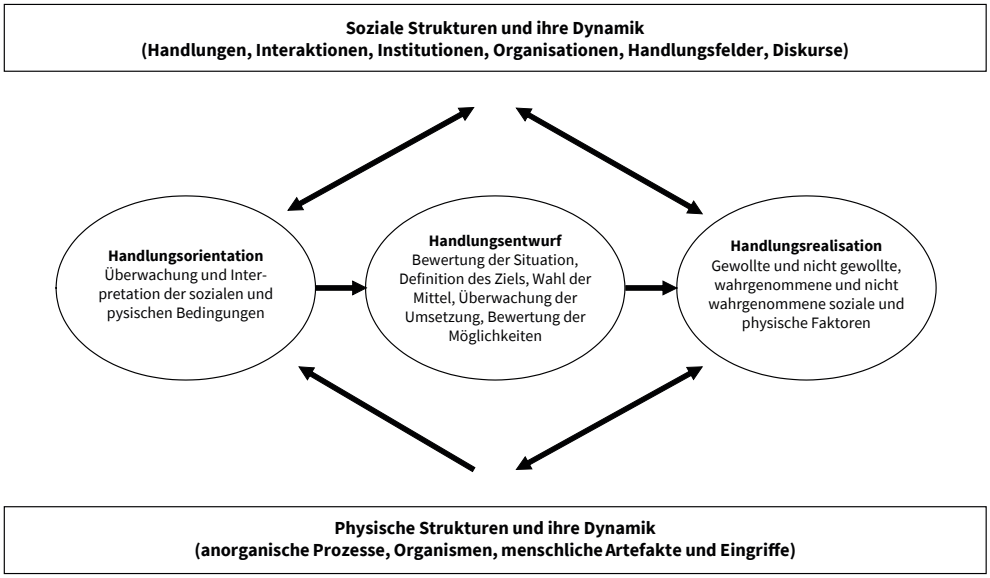


Abb. 1: Strukturkonzept sozialer und technischer Wechselwirkung (Baerlocher 2013) angelehnt an (Zierhofer, Baerlocher, und Burger 2008).

Auf Basis des Strukturkonzepts wurde ein theoriegeleitetes Analyseraster entwickelt, welches während des gesamten Produktions- und Testprozesses von allen Beteiligten ausgefüllt wurde. Die Kategorien, die das Analyseraster prägten, behandelten jeweils die Möglichkeiten und Hindernisse, die die Handlungsorientierung,

den Handlungsentwurf und die Handlungsrealisierung beeinflussten (Pfeile in der Abbildung). Das Entwicklungsteam bestand aus sechs Personen inklusive Fachdidaktiker:innen, welche in allen sechs Phasen des Projektes die Fragen des Analyserasters ausfüllten. Die Fragen lauteten:

Handlungsentwurf

1. What is the/your aim in this phase of the project?
2. How do you plan to achieve this aim?

Handlungsorientierung in Bezug auf die physischen Strukturen der Technologie

3. Concerning the Technology …
   a. What are you assuming concerning your knowledge and observation of the Oculus Go?
   b. What is technically enabling and what is constraining?
   c. What is feasible and realistic regarding the technological device (hardware and software)?

Handlungsorientierung in Bezug auf die sozialen Strukturen

Concerning the social dimension …

4. What are you assuming concerning the future users?
5. What is socially and in social interactions enabling and what is constraining in this phase?

Handlungsrealisierung

6. What outcome do you expect?

In der Vorphase hat die Klubschule Migros eine Umfrage zu den Kundenbedürfnissen durchgeführt, begleitet von einem ersten Test von VR-Sequenzen während einer Englischlektion. Die Beobachtungen während des Fokusgruppentests zeigten, dass die Teilnehmenden eine Affinität zum digitalen Lernen haben. Die meisten Testpersonen verwenden häufig digitale Technologien und befürworten den Einsatz von VR im Unterricht. Darüber hinaus würden sie VR auch gerne als Selbstlern-Instrument zu Hause nutzen (nicht repräsentative User- und Bedürfnisanalyse Migros Klubschule). Die anderen Projektphasen, in welchen sie die Fragen während der Entwicklung der VR-Sequenzen ausfüllten, gestalteten sich wie folgt:

Phase 1: Entscheidungsfindungsprozesse des Didaktik-Teams (Unterrichtspläne/ Storyboards VR-Sequenzen)
Phase 2: Technische Umsetzung
Phase 3: User Pre-Testings
Phase 4: Re-Information über die technische Entwicklung (Anpassungen der VR-Sequenzen)
Phase 5: Unterrichtsbeobachtungen
Phase 6: Rückmeldung der Ergebnisse (Anpassungen der VR-Sequenzen und Unterrichtspläne)

Von der Entwicklung der Unterrichtspläne und der VR-Sequenzen bis hin zu den Nutzungstests und dem effektiven Einsatz im Klassenzimmer wurde 36-mal das Analyseraster ausgefüllt. Dadurch wurde der gesamte Entwicklungsprozess (Konzeption – Implementierung – Einsatz) wissenschaftlich dokumentiert.

Da in Phase 5 auch Personen aus dem Entwicklungsteam unterrichteten, dokumentierten sie auch in Bezug auf den Unterricht ihre Wahrnehmungen anhand der im Analyseraster aufgestellten Fragen. Nur einmal unterrichtete eine aussenstehende Person mithilfe der VR-Sequenzen. Diese Person wurde auf Basis der theoriegeleiteten Fragen per Telefon befragt. Weiterhin wurden die Kurs-Teilnehmenden während der Lektionen und der virtuellen Exkursionen beobachtet (5 teilnehmende Beobachtungen in Phase 5). Die Ergebnisse jeder Phase wurden genutzt, um die gesammelten Erkenntnisse wiederum in den Entwicklungsprozess in Phase 6 einfliessen zu lassen, was ebenfalls dokumentiert wurde. Die pro Phase und Person gemachten Aussagen wurden pro Fragekategorie mit zuvor festgelegten Ankerbeispielen zusammengefasst.

5. Ergebnisse der STS-basierten Begleitforschung

In Phase 1 wurden durch das didaktische Team zusammen mit dem Produktions- und Forschungsteam die wichtigsten Inhalte und Bedürfnisse innerhalb des Projekts definiert. Das übergeordnete Ziel war es, die Lernenden in eine immersive Explorationswelt zu versetzen, welche soziale Interaktion und das Erfahren anderer kultureller Kontexte ermöglicht, indem die Nutzenden eine Bestellung im Restaurant aufgeben oder Informationen über Sehenswürdigkeiten an einer Hotelrezeption einholen. In der folgenden Darstellung der Ergebnisse zeigt sich, dass Immersion und Präsenz jeweils die übergeordnete Zielsetzung in jeder Projektphase in der Umsetzung der Handlungen waren.

5.1 Handlungsentwurf: Immersion durch soziale und räumliche Präsenz

Ziel des Produktionsteams war es, die Nutzenden direkt in die Szenen zu versetzen und ihnen bewusst zu machen, warum es für sie wichtig ist, Englisch zu lernen. Die Nutzenden sollten also zu aktiven Teilnehmenden werden (Dörner u. a. 2013), eine soziale und räumliche Präsenz wahrnehmen und auf Impulse reagieren können (Zinn 2019). Für das Produktionsteam war es wichtig, fotorealistisches Videomaterial in hoher Auflösung zu verwenden, da dies ein realistischeres Setting schaffen kann als computergenerierte virtuelle Welten (Dhimolea, Kaplan-Rakowski, und Lin 2021).

Um in den Szenen mit einer Dauer von fünf bis sieben Minuten die soziale und räumliche Präsenz zu erhöhen und ein hohes Mass an Immersion zu erreichen, wurden professionelle Schauspieler:innen für die fotorealistischen Aufnahmen besetzt. Die Szenen wurden so gestaltet, dass die Nutzenden aktiv an der Geschichte teilnehmen konnten. Aufgrund dieser Entscheidung mussten verschiedene Storyboards erstellt werden, zwischen denen die Lernenden wählen könnten. Je nach Auswahl reagieren die Protagonist:innen in der VR-Szene unterschiedlich. Aus diesem Grund mussten Storyboards erstellt werden, die verschiedene Handlungsstränge abbilden. Dieser Handlungsentwurf hatte wiederum Einfluss auf die Interaktionsmöglichkeiten, die Dauer des Gesamterlebnisses und auf die technische Umsetzung. Darüber hinaus musste aus produktionstechnischer Sicht berücksichtigt werden, dass jede einzelne Interaktionsmöglichkeit Einfluss auf den Dreh der VR-Sequenzen hat. Da reale Schauspieler:innen zum Einsatz kamen, mussten alle Handlungsstränge mit ihren jeweiligen möglichen Reaktionen sorgfältig geplant und auf logische Stimmigkeit geprüft werden.

Die Ziele des Didaktik-Teams in Bezug auf die soziale Interaktion und Präsenz stellten das Produktionsteam vor einige Herausforderungen. Da sich der Kurs speziell an Personen richtete, die ihre Englischkenntnisse zur Vorbereitung auf Geschäfts- und Urlaubsreisen auffrischen wollen, war es dem Didaktik-Team wichtig, dass die Lernenden in der VR auf Protagonist:innen mit unterschiedlichen Akzenten treffen. Die Didaktiker:innen betonten, dass sie die Bedeutung der sprachlichen Souveränität veranschaulichen wollten.





Abb. 2 und 3: User-Perspektive in zwei VR-Applikationen (Bildquelle: Fachhochschule Graubünden)

5.2 Handlungsorientierung und -realisierung anhand physisch-technischer Strukturen

Frühere Tests in der Vorphase des Projekts mit VR-Anwendungen hatten gezeigt, dass Headsets mit zwei Controllern und komplexen Interaktionsschemata ein umfassendes Tutorial erfordern und insbesondere ältere und weniger technikaffine Personen eine recht lange Gewöhnungsphase benötigen. Das Produktionsteam entschied sich daher für ein eigenständiges VR-Headset (Oculus Go) mit einem einfachen Cursor mit nur wenigen Eingabetasten und nahm dafür Kompromisse in Kauf in Bezug auf Interaktionsmöglichkeiten.

Bei der Frage danach, welche Möglichkeiten und Einschränkungen Oculus Go biete, um das Ziel einer möglichst hohen Immersion zu verwirklichen, wurde in der Dokumentation des Entwicklungsteams deutlich, dass passende und schon bestehende Softwarelösungen zur Erstellung interaktiver VR-Sequenzen gesucht werden mussten. Der Software-Entwickler wies in der Planungsphase darauf hin, dass Abhängigkeit von Drittanbietern in einem schnelllebigen Ökosystem aufgrund geringer Stabilität problematisch sei. Ein weiterer problematischer Aspekt war, dass die vorhandenen Softwarelösungen in ihren Funktionen eingeschränkt waren und nicht die notwendige Flexibilität boten, die während des Projekts erforderlich war. Das Produktionsteam entschied sich daher dafür, mit der Game Engine Unity ein eigenes Framework zu entwickeln, das den einfachen Austausch von Videos und Audios ermöglicht. Um Immersionsbrüche aufgrund von Ladezeiten zu vermeiden, musste darauf geachtet werden, dass die Szenenübergänge (verschiedene Auswahlmöglichkeiten) sofort erfolgten (minimale Latenz) und die Initialisierung während des gesamten Erlebnisses stabil funktionierte.

In Phase 2 (Umsetzung) wurde das Videomaterial in 8K-Auflösung gefilmt. Jedoch ergaben sich durch die immensen Dateigrössen Probleme – einerseits betreffend eingeschränktem Speicherplatz auf den Headsets, aber auch bei erhöhten Latenzzeiten, die bei Interaktionen mit Content-Elementen auftraten. Tests zeigten, dass die Toleranzwerte überschritten werden, was die Immersion stört. Um die Dateigrössen zu verringern, musste daher eine geringere Auflösung verwendet werden. Bei Sprachinput als Eingabemethode zeigten sich weitere technische Einschränkungen.

In Phase 3, den User-Pretest, wurde festgehalten, dass die Sequenzen für Lernende mit einem niedrigen Englischniveau (A2) bei fehlerhafter Aussprache zu Initialisierungsproblemen der entsprechenden Folgesequenzen führten. Die Pretest-Nutzenden hätten es mehrmals versuchen müssen, was den Flow beeinträchtigt und sich negativ auf die Immersion ausgewirkt hatte. Aufgrund der noch nicht genügend sensiblen Spracherkennung wurde die Anwendung wie folgt angepasst: Den Nutzenden wurden verschiedene Auswahlfelder angeboten, die mit dem Cursor ausgewählt werden konnten. Gleichzeitig wurde eine aufgenommene Audiodatei ausgelöst und die Antwort vorgelesen. Es zeigte sich während der Pretests auch, dass eine voraufgezeichnete Stimme, die nicht dem eigenen Geschlecht entspricht, sich negativ auf die Immersion auswirkte. Daher wurde die Anwendung entsprechend angepasst. Nach dem Öffnen der installierten App (vor der Auswahl der jeweiligen VR-Szene) werden die Nutzenden daher gefragt, ob sie männlich oder weiblich sind. Je nach Auswahl wird der Text dann entweder von einer weiblichen oder einer männlichen Stimme vorgelesen.

Die Integration von computergenerierten Elementen, z. B. von umherschwebenden grafischen Benutzeroberflächen (GUIs), kann sich negativ auf die Immersion auswirken. Daher mussten verschiedene Tests durchgeführt werden, um herauszufinden, wo und wie das Anwendungsmenü (zurück zum Hauptmenü, zurück zu einzelnen Interaktionsmöglichkeiten, Lautstärkeregelung usw.) am besten integriert werden soll. Das Produktionsteam entschied sich für eine Lösung mit einer grafischen Benutzeroberfläche, die im unteren Sichtfeld der Nutzenden angezeigt wird, wenn die zentrale Taste des Cursors leicht angetippt wird. Wenn innerhalb von 5 Sekunden keine Interaktion mit der GUI stattfindet, verschwindet sie automatisch.

Bei der technischen Umsetzung wurde deutlich, dass heutige VR-Headsets für die *individuelle* Nutzung konzipiert sind. Beim Einsatz in einem Klassenzimmer mit mehreren Benutzern gleichzeitig werden die Grenzen und Herausforderungen deutlich. Das Einrichten mehrerer Geräte ist komplex und zeitaufwendig. Auch die Bereitstellung der Inhalte für die Geräte ist umständlich. Da nicht sicher war, dass die Internetverbindung in allen Klassenzimmern stabil genug war, um die Inhalte zu streamen, und die Dateien sehr gross waren, konnte die Stabilität bei einer Online-Version nicht garantiert werden. Das Produktionsteam entschied sich daher für eine Anwendung, die offline funktioniert.

5.3 Handlungsorientierung und -realisierung anhand sozialer Strukturen

Bei der Auswertung aller Dokumentationen fiel auf, dass unter dem Aspekt sozialer Einschränkungen immer auf das begrenzte Projektbudget hingewiesen wurde. Das heisst, dass das Entwicklungsteam hier die grössten Einschränkungen in der Entwicklung einer immersiven Lernumgebung sah. Dies hatte nicht nur Folgen für die gewählte Technologie, sondern auch für die VR-Sequenzen, die nicht an den vorgesehenen realen Orten gedreht werden konnten. Stattdessen musste das Produktionsteam sorgfältig geeignete Drehorte, Requisiten und Komparsen auswählen, um möglichst realistische Nachbildungen der Szenerien zu schaffen. Dies sowie das Casting geeigneter Schauspieler:innen (Aussehen, Akzent) erwies sich als zeitaufwendig und wurde ebenfalls als wichtiger Einflussfaktor für die Realisierung gesehen.





Abb. 4 und 5: Detaillierte Instruktion der Protagonisten vor dem Shooting (Bildquelle: Fachhochschule Graubünden).

5.4 Die User-Tests in Unterrichtsettings

Nach der Produktionsphase wurden User-Testings und teilnehmende Beobachtungen in der Unterrichtssituation durchgeführt.[1] Ein einschränkender Faktor war, dass die Emotionen der Nutzenden hinter den Brillen nicht gut sichtbar sind, was deren Beobachtung erschwerte. Dabei ging es einerseits darum, die Reaktionen auf VR zu beobachten und zu notieren, andererseits aber auch zu prüfen, ob die Vor- und Nachbereitung methodisch-didaktisch zu den VR-Sequenzen passt und wie gut sich die Testpersonen in der auf den VR-Geräten installierten App zurechtfanden, damit vor dem Kursangebot an der Klubschule Migros Verbesserungen vorgenommen werden konnten. Die Leitenden der User-Tests haben wiederum das Analyseraster ausgefüllt, um Aussagen über die Mensch-Maschine-Interaktion zu gewinnen.

Die Testpersonen hatten das Gefühl, an einen anderen Ort versetzt und eingeladen zu werden, mit den Protagonist:innen in den VR-Szenen zu interagieren, was ja das Ziel der VR-Sequenzen war. Keine Testperson berichtete von *Motion Sickness* – ein wichtiger Aspekt, der in der Produktionsphase sorgfältig berücksichtigt wurde.

1 Eingeschränkt durch den Lockdown 2020.

Die Nutzungserfahrung unterschied sich je nach VR-Erfahrung und Alter der Testpersonen. Noviz:innen verhielten sich anders als erfahrene VR-Nutzende. Es war zum Beispiel interessant zu beobachten, dass Testpersonen ohne VR-Erfahrung am Anfang nur nach vorne schauten und sich kaum trauten, den ganzen Raum zu erkunden. Erst nach einer Weile fingen sie an, ihren Kopf zu bewegen.

Auch die Übergangszeit (wie schnell die Teilnehmenden in die Szene gelangen) erwies sich als unterschiedlich lang. Einige Testpersonen ohne VR-Erfahrung waren verwirrt, wie sich die Wahrnehmung des eigenen Körpers veränderte: z. B. «Oh, ich habe keine Beine».

Die meisten Testpersonen empfanden das VR-Headset als bequem und die Erfahrung als angenehm. Nur wenige Testpersonen erwähnten, dass sich das Headset schwer und etwas unbequem anfühle (vor allem, wenn die Befestigungsriemen nicht richtig eingestellt waren) und nur für eine begrenzte Zeit getragen werden könne.

Das Standalone-Headset mit einem einzigen Hand-Controller erwies sich als einfach zu bedienen. Die Navigation in der App selbst wurde in den meisten Fällen als intuitiv eingestuft. Einige Lernende fanden es jedoch schwierig, durch das Betriebssystem des Headsets zu navigieren, um die App zu finden.



Abb. 6: User-Testing mit Testpersonen mit geringer Technik-Affinität (Bildquelle: Fachhochschule Graubünden).

Jüngere Testpersonen und Personen mit Gaming-Erfahrung hätten gerne weitere Interaktions-/Gamification-Elemente implementiert gesehen (z. B. die Möglichkeit, Dinge anzufassen oder mit dem Laserstrahl zu schiessen), hätten sich grössere Bewegungsfreiheit in den VR-Szenen gewünscht und gaben an, dass dies ihre Immersion zusätzlich verstärkt hätte.

Die Auswertung der Beiträge der Kursleitenden ergab, dass die Einrichtung der Headsets im Klassenzimmer zeitaufwendig war. Das umfassende Tutorial für die Lehrpersonen erwies sich als unerlässlich, sollte aber durch einen Abschnitt über häufig auftretende Probleme (Cursor funktioniert nicht, Horizontlinie im Headset verschoben usw.) ergänzt werden, damit die Kursleitenden in solchen Fällen schnell reagieren können. Es gab aber auch den Hinweis, dass ein Tutorial allein nichts nütze, sondern dass sich die Lehrperson selbst intensiv mit den Headsets auseinandersetzen müsse, bevor sie diese in ihren Klassen einführe – denn nur so lasse sich der kompetente Umgang damit lernen. Ein Kursleiter dokumentierte, dass eine Gruppe junger Test-Nutzenden zu Beginn ungeduldig war, sofort das Headset benutzen wollte und Schwierigkeiten hatte, sich auf einleitende Bemerkungen und vorbereitende Aktivitäten zu konzentrieren. In der gleichen Usergruppe fiel es dem Kursleiter schwer, die Aufmerksamkeit der Gruppe nach Benutzung der VR-Brillen wiederzugewinnen, denn nach der Rückkehr aus der virtuellen Welt wurde die Immersion der anderen durch Kommentare und Diskussionen gestört. Das ist manchmal keine leichte Aufgabe, wie die Beobachtungen zeigten. Einige Testpersonen zeigten nach dem Eintauchen in die virtuelle Welt ein erhöhtes Kommunikationsbedürfnis und wollen ihre Erfahrungen sofort mit anderen teilen.

6. Fazit

Das angewandte Forschungsprojekt ‹Around the world in 5 days› kann zwar keine Antworten auf die Fragen nach dem Lernerfolg in immersiven Lernsettings geben, die Stärke der Analyse liegt aber darin, systematisch den Prozess von der Konzipierung, Entwicklung/Herstellung der VR-Sequenzen für den Sprachunterricht und den User-Tests, eingebettet in einen Englischkurs, dokumentiert zu haben. Obwohl Fachdidaktiker:innen von Beginn an mitwirkten, lag das Ziel bei der Entwicklung der VR-Sequenzen immer auf der möglichen Immersion durch soziale und räumliche Präsenz, nicht auf einem Gesamtkonzept für den Englischkurs. Einbettung und didaktische Erfahrung im Einsatz der hier vorgestellten virtuellen Weltreise müssen erst noch erprobt werden.

Auch wenn in der Analyse eine soziologische Perspektive eingenommen wurde, möchten wir hier einige Interpretationen hinsichtlich der Verwendung von VR in Bildungskontexten und in Bezug auf didaktische Fragen im Umgang mit VR wagen, denn diese können für die zukünftige Entwicklung und Nutzung von virtuellen Lernumgebungen (Virtual Reality Learning Environments, VRLEs) wichtig sein.

Während des gesamten Entwicklungsprozesses wurden die didaktischen und gestalterischen Überlegungen durch die Möglichkeiten und Limitationen von Hardware (Headset, Cursor) und Software überlagert. Es zeigten sich durch die Auswahl der Oculus Go verschiedene Einschränkungen in Bezug auf die gewünschte Immersion der Nutzenden. Hier lässt sich folgern, dass generell bei der Arbeit mit VR *eine grosse Abhängigkeit von den Technologieanbietern* besteht. Das Projekt hat deutlich gezeigt, dass VR-Headsets heute noch primär auf die individuelle Nutzung ausgerichtet sind (Dörner u. a. 2013). Beim Einsatz im Bildungsbereich, z. B. bei der Arbeit im Klassenverband, könnten deutliche Hürden entstehen. Es bleibt abzuwarten, ob die Technologieanbietenden das Potenzial erkennen, das sich im Bildungsbereich ergibt, und mit entsprechenden Lösungen reagieren werden. Trotz der derzeitigen Einschränkungen haben die Nutzungstests in der Pilotphase und die Beobachtungen während des Unterrichts gezeigt, dass es auf jeden Fall möglich ist, einen hohen Grad an Immersion zu erreichen, der es den Nutzenden erlaubt, wirklich in die Szenen «einzutauchen», fremde Welten zu erkunden und damit aktiv in Interaktionen verwickelt zu werden (Pinto u. a. 2021).

Aus fachdidaktischer Sicht ist ein Englischkurs mit der Möglichkeit, die Teilnehmenden durch verschiedene Länder reisen zu lassen und «echte» Native Speaker zu treffen, attraktiv. In einem traditionellen Klassenzimmer-Setting werden oft Rollenspiele mit Peers eingesetzt, um Sprachstrukturen und Vokabeln zu üben. VR bietet die Möglichkeit, dass sich Lernende in eine reale Kommunikationsszene hineinversetzen, in der sie auf Muttersprachler:innen treffen und so authentisch mit unterschiedlichen Akzenten konfrontiert werden. Dadurch wird ihnen die Notwendigkeit der im Unterricht eingeführten Sprachstrukturen bewusst – ein Vorteil, der von vielen Proband:innen erwähnt wurde. Die Lehrpersonen beobachteten, dass die Kursteilnehmenden schnell lernten und ein hohes Mass an Motivation zeigten, weil sie sich in einer realen Situation wähnten.

Trotz der positiven Aspekte wurde aber auch festgestellt, dass der Einsatz von VR-Headsets im Unterricht hohe Anforderungen an die Lehrkräfte stellt: Die Bereitstellung der notwendigen Hardware vor dem Unterricht ist zeitintensiv (Sicherstellen, dass die Headsets geladen und funktionsfähig sind, dass die Cursors richtig mit den Headsets gekoppelt sind usw.). Auch sind die Lernenden manchmal ungeduldig, wenn sie das Headset benutzen wollen, und haben daher manchmal Schwierigkeiten, sich auf einleitende Bemerkungen und vorbereitende Aktivitäten zu konzentrieren. Um einen reibungslosen Übergangsprozess zu ermöglichen und auf auftretende Probleme kompetent reagieren zu können, müssen die Lehrkräfte selbst den Umgang mit dem Headset und den Cursors beherrschen. Dies erfordert eine umfangreiche Vorarbeit. Treten während des Einsatzes im Unterricht Probleme mit der Hardware auf, ist eine kompetente und schnelle Fehlerbehebung notwendig, da sonst die Immersion der anderen Lernenden gestört wird, sobald sie neben sich Stimmen aus

der Aussenwelt hören. Generell sollte nach einer VR-Sequenz ausreichend Zeit eingeplant werden, da es eine Weile dauert, bis die Konzentration aller Lernenden wiederhergestellt ist.

Trotz dieser Einschränkungen, wurde der Einsatz als motivierender Faktor im Lernprozess wahrgenommen. VR inspirierte die Testenden und machte sie neugierig. In Bezug auf die Lernmotivation stellt sich die Frage, ob, sobald die Neugier gestillt ist, VR motivierend bleibt. Im User-Test zeigte sich, dass die Neuheit einen Teil der Spannung in der Benutzung ausmachte.

Besonders im Bereich des Spracherwerbs kann man in der Projektausführung einen Widerspruch feststellen, der durch die Technik geprägt war. Da es keine sensible Spracherkennung für das gewählte Sprachniveau gab, stellte sich die Frage, ob das gewählte Setting überhaupt sinnvoll wäre, wenn die Technik das didaktische Ziel limitiert. In Bezug auf den mündlich-kommunikativen Ansatz mit Sprachinput mussten in diesem Projekt nämlich aufgrund der heterogenen Zielgruppe und technischer Einschränkungen Kompromisse eingegangen werden. Aber es ist anzunehmen, dass zukünftig natürlichere und intuitivere Lernerfahrungen möglich werden, da sich die Voice-Technologie rasant entwickelt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die hier dargestellte Analyse den Schluss zulässt, dass VR nicht nur ermöglichend für den Unterricht gedacht werden kann, sondern dass der Umgang auch neue Implikationen für soziale Praktiken und für den Unterricht darstellt. Insofern kann der Nutzen nicht einfach nur durch Erproben immersiver Bildungstechnologien erkannt werden, wie Mulders und Buchner 2020 schreiben; vielmehr braucht es auch einen kritischen Blick dafür, welche Veränderungen im Gesamtkonzept des Unterrichts damit einhergehen. In diesem Sinne muss auch auf die hier gemachten Ausführungen hin kritisch angemerkt werden, dass die Immersion wahrscheinlich nur einen Teil in solchen Lernsettings ausmacht, auch wenn sie im untersuchten Projekt der vorwiegende Fokus war.

Literatur

Alizadeh, Mehrasa. 2019. «Virtual Reality in the Language Classroom : Theory and Practice». *Call-Ej* 20: 21–30.

Andujar, Alberto, und Josef Buchner. 2019. «The potential of 3D Virtual Reality (VR) for language learning: An overview». *Proceedings of the 15th International Conference on Mobile Learning 2019, ML 2019* 2019: 153–56. https://doi.org/10.33965/ml2019_201903r002.

Baerlocher, Bianca. 2013. «Natur und soziales Handeln. Ein sozialtheoretischer Beitrag für die Nachhaltigkeitsforschung». *Soziologische Revue* 37 (3): 360-362. https://doi.org/10.1515/srsr-2014-0063.

Bauer, Susanne, Torsten Heinemann, und Thomas Lemke. 2017. «Science and Technology Studies. Klassische Positionen und aktuelle Perspektiven». Suhrkamp. https://doi.org/10.1515/srsr-2019-0014.

Beck, Stefan, Jörg Niewöhner, und Estrid Sörensen. 2012. *Science and Technology Studies: Eine sozialanthropologische Einführung*. Bielefeld: transcript. https://doi.org/10.14361/transcript.9783839421062.

Bijker, Wiebe, und Trevor Pinch. 1987. «The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other». In *The social construction of technological systems. New direction in the sociology of technology*, herausgeben von Wiebe Bijker, Thomas Highes Parke, und Trevor Pinch, 17-50. Cambridge, MA: MIT Press.

Bricken, Meredith. 1991. «Virtual reality learning environments: potentials and challenges». *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* 25 (3): 178–84. https://doi.org/10.1145/126640.126657.

Bricken, Meredith, und Chris M. Byrne. 1992. «Summer students in virtual reality: a pilot study on educational applications of virtual reality technology». In *Virtual Reality. Applications and Explorations*, 199-217. Cambridge, US: Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-745045-2.50019-2.

Bricken, William. 1990. «Learning in Virtual Reality». *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning* 10: 9–20.

Brockmyer, Jeanne H, Christine M Fox, Kathleen A Curtiss, Evan McBroom, Kimberly M Burkhart, und Jacquelyn N Pidruzny. 2009. «The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing». *Journal of Experimental Social Psychology* 45 (4): 624–34. https://doi.org/10.1016/j.jesp.2009.02.016.

Brown, Emily, und Paul Cairns. 2004. «A grounded investigation of game immersion». In *Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems - CHI '04*, 1297. New York, New York, USA: ACM Press. https://doi.org/10.1145/985921.986048.

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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.

Buchner, Josef, und Miriam Mulders. 2020. «Lernen in immersiven Welten aus der Perspektive der Mediendidaktik». *Medienimpulse* 58: 1-23. https://doi.org/10.21243/mi-02-20-22.

Calleja, Gordon. 2014. *Immersion in virtual worlds*. Herausgegeben von Mark Grimshaw. *The Oxford Handbook of Virtual Reality*, 52. Oxford University Press. https://doi.org/10.5860/choice.52-0886.

Castelvecchi, Davide. 2016. «Low-cost headsets boost virtual reality's lab appeal». *Nature*. Nature Publishing Group. https://doi.org/10.1038/533153a.

Checa, David, und Andres Bustillo. 2020. «A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training». *Multimedia Tools and Applications* 79 (9–10): 5501–27. https://doi.org/10.1007/s11042-019-08348-9.

Chen, Yu Li. 2016. «The Effects of Virtual Reality Learning Environment on Student Cognitive and Linguistic Development». *Asia-Pacific Education Researcher* 25 (4): 637–46. https://doi.org/10.1007/s40299-016-0293-2.

Cruz-Neira, Carolina. 1993. «Virtual Reality Overview». In *SIGGRAPH'93 Course Notes*.

Davis, Alanah, John Murphy, Dawn Owens, Deepak Khazanchi, und Ilze Zigurs. 2009. «Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses». *Journal of the Association for Information Systems* 10 (2): 90–117. https://doi.org/10.17705/1jais.00183.

Dede, Chris. 1995. «The evolution of constructivist learning environments: Immersion in distributed, virtual worlds». *Educational Technology* 35 (5): 46–52.

Deuchar, Sue, und Carolyn Nodder. 2003. «The Impact of Avatars and 3D Virtual World Creation on Learning». In *Proceedings of the 16th Annual NACCQ, Palmerston North New Zealand July, 2003*, herausgegeben von S. Mann und A. Williamson*. www.naccq.ac.nz*, 255–58.

Dhimolea, Tetyana, Regina Kaplan-Rakowski, und Lin Lin. 2021. «A Systematic Review of Research on High-Immersion Virtual Reality for Language Learning». *SSRN*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3863724.

Dickey, Michele D. 2003. «Teaching in 3D: Pedagogical affordances and constraints of 3D virtual worlds for synchronous distance learning». *International Journal of Phytoremediation* 24 (1): 105–21. https://doi.org/10.1080/01587910303047.

Dörner, Ralf, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Bernhard Jung, Hrsg. 2013. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28903-3.

Dörner, Ralf, Wolfgang Broll, Paul Grimm, und Bernhard Jung, Hrsg. 2019. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität.* 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1.

Fabris, Christian P., Joseph A. Rathner, Angelina Y. Fong, und Charles P. Sevigny. 2019. «Virtual reality in higher education». *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education* 27 (8): 69–80.

Falloon, Garry. 2010. «Using avatars and virtual environments in learning: What do they have to offer?» *British Journal of Educational Technology* 41 (1): 108–22. https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00991.x.

Freina, Laura, und Michela Ott. 2015. «A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives». *Proceedings of eLearning and Software for Education (eLSE)(Bucharest, Romania, April 23--24, 2015)*, 8. https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020.

Freitas, Sara de. 2006. «Learning in Immersive worlds A review of game-based learning». *JISC e-Learning Programme* 3: 73.

Garris, Rosemary, Robert Ahlers, und James E. Driskell. 2002. «Games, motivation, and learning: A research and practice model». *Simulation and Gaming* 33 (4): 441–67. https://doi.org/10.1177/1046878102238607.

Gutiérrez, Mario, Frédéric Vexo, und Daniel Thalmann. 2008. *Stepping into virtual reality*. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6.

Helsel, Sandra. 1992. «Virtual reality and education». *Educational Technology* 32 (5): 38–42.

Hu Au, Elliot, und Joey J. Lee. 2017. «Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age». *International Journal of Innovation in Education* 4 (4): 215. https://doi.org/10.1504/ijiie.2017.10012691.

Huang, Hsiu Mei, Ulrich Rauch, und Shu Sheng Liaw. 2010. «Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach». *Computers and Education* 55 (3): 1171–82. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014.

Hwang, Jane, und Gerard J. Kim. 2010. «Provision and maintenance of presence and immersion in hand-held virtual reality through motion based interaction». *Computer Animation and Virtual Worlds* 21 (6): 547–59. https://doi.org/10.1002/CAV.336.

Jasanoff, Sheila, Gerald Markle, James Peterson, und Trevor Pinch. 2012. *Handbook of Science and Technology Studies*. *Handbook of Science and Technology Studies*. https://doi.org/10.4135/9781412990127.

Jennett, Charlene, Anna L. Cox, Paul Cairns, Samira Dhoparee, Andrew Epps, Tim Tijs, und Alison Walton. 2008. «Measuring and defining the experience of immersion in games». *International Journal of Human Computer Studies* 66 (9): 641–61. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004.

Latour, Bruno. 2008. *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Lau, Christoph, und Reiner Keller. 2001. «Zur Politisierung gesellschaftlicher Naturabgrenzung». In *Die Modernisierung der Moderne*, herausgegeben von U Beck und W Bon, 82–95. Frankfurt a. M.: Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft.

Lee, Elinda Ai Lim, und Kok Wai Wong. 2008. «A review of using virtual reality for learning». In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5080 LNCS:231–41. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69744-2_18.

Lin, Tsun Ju, und Yu Ju Lan. 2015. «Language learning in virtual reality environments: Past, present, and future». *Educational Technology and Society* 18 (4): 486–97. https://drive.google.com/file/d/1NVe2QrgsqsqPKkW3_49Kxxu6MSI3ESf9/view.

Lloyd, Anna, Sarah Rogerson, und Geoff Stead. 2018. «Imagining the Potential for Using Virtual Reality Technologies in Language Learning». In *Digital Language Learning and Teaching*, 222–34. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315523293-19.

Lombard, Matthew, und Theresa Ditton. 1997. «At the heart of it all: The concept of presence». *Journal of Computer-Mediated Communication*. Wiley Blackwell. https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x.

McMahan, Alison. 2003. «Immersion, Engagement, and Presence: A Method for Analyzing 3-D Video Games». In *The Video Game Theory Reader*, 1–20. https://doi.org/10.4324/9780203700457-10.

Meikle, Jeffrey L., und Wiebe E. Bijker. 1996. *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*. *Technology and Culture*. Bd. 37. https://doi.org/10.2307/3107114.

Merchant, Zahira, Ernest T. Goetz, Lauren Cifuentes, Wendy Keeney-Kennicutt, und Trina J. Davis. 2014. «Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis». *Computers and Education* 70 (Januar): 29–40. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033.

Murray, Janet H. 1998. *Hamlet on the Holodeck*. *MIT Press*. https://doi.org/10.1177/135485659800400413.

Mütterlein, Joschka. 2018. «The Three Pillars of Virtual Reality? Investigating the Roles of Immersion, Presence, and Interactivity». In *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*. Hawaii International Conference on System Sciences. https://doi.org/10.24251/hicss.2018.174.

Nacke, Lennart E., Sophie Stellmach, und Craig A. Lindley. 2011. «Electroencephalographic assessment of player experience: A pilot study in affective ludology». *Simulation and Gaming* 42 (5): 632–55. https://doi.org/10.1177/1046878110378140.

Pan, Zhigeng, Adrian David Cheok, Hongwei Yang, Jiejie Zhu, und Jiaoying Shi. 2006. «Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments». *Computers and Graphics (Pergamon)* 30 (1): 20–28. https://doi.org/10.1016/j.cag.2005.10.004.

Pantelidis, Veronica S. 2010. «Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality». *Themes in Science and Technology Education* 2 (1–2): 59–70.

Peterson, Mark. 2012. «Towards a research agenda for the use of three-dimensional virtual worlds in language learning». *CALICO Journal* 29 (1): 67–80. https://doi.org/10.11139/cj.29.1.67-80.

Pinch, Trevor J., und Wiebe E. Bijker. 1987. «Die soziale Konstruktion von Fakten und Artefakten, oder: Wie Wissenschafts- und Techniksoziologie voneinander profitieren können». In *Science and Technology Studies. Klassische Positionen und aktuelle Perspektiven*, herausgegeben von Susanne Bauer, Torsten Heinemann, und Thomas Lemke, 123–69. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Pinto, Rafael, Bruno Peixoto, Miguel Melo, Luciana Cabral, und Maximino Bessa. 2021. «Foreign Language Learning Gamification Using Virtual Reality – A Systematic Review of Empirical Research». *Education Sciences* 11 (5): 222. https://doi.org/10.3390/educsci11050222.

Psotka, Joseph. 1995. «Immersive training systems: Virtual reality and education and training». *Instructional Science* 23 (5–6): 405–31. https://doi.org/10.1007/BF00896880.

Qin, Hua, Pei Luen Patrick Rau, und Gavriel Salvendy. 2009. «Measuring player immersion in the computer game narrative». *International Journal of Human-Computer Interaction* 25 (2): 107–33. https://doi.org/10.1080/10447310802546732.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda». *Computers and Education* 147 (April): 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Rammert, Werner. 1998. *Technik und Sozialtheorie*. Frankfurt a.M.: Campus.

Riva, Giuseppe, und Brenda K. Wiederhold. 2015. «The New Dawn of Virtual Reality in Health Care: Medical Simulation and Experiential Interface». *Studies in Health Technology and Informatics* 219: 3–6. https://doi.org/10.3233/978-1-61499-595-1-3.

Rizzo, Albert A., Todd Bowerly, Galen Buckwalter, Dean Klimchuk, Roman Mitura, und Thomas D. Parsons. 2006. «A virtual reality scenario for all seasons: The virtual classroom». *CNS Spectrums* 11 (1): 35–44. https://doi.org/10.1017/S1092852900024196

Salzman, Marilyn C., Chris Dede, R. Bowen Loftin, und Jim Chen. 1999. «A model for understanding how virtual reality aids complex conceptual learning». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 8 (3): 293–316. https://doi.org/10.1162/105474699566242.

Schuemie, M. J., P. Van der Straaten, M. Krijn, und C. A.P.G. Van der Mast. 2001. «Research on presence in virtual reality: A survey». *Cyberpsychology and Behavior*. Cyberpsychol Behav. https://doi.org/10.1089/109493101300117884.

Schütz, Alfred. 1932. *Der sinnhafte Aufbau der sozialen Welt: Eine Einleitung in die verstehende Soziologie*. Wien: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-3108-4.

Schwienhorst, Klaus. 2002. «Why virtual, why environments? Implementing virtual reality concepts in computer-assisted language learning». *Simulation and Gaming* 33 (2): 196–209. https://doi.org/10.1177/1046878102332008.

Sherman, William, und Alan Craig. 2018. *Understanding Virtual Reality*. Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics. Cambridge, US: Elsevier. https://doi.org/10.1016/c2013-0-18583-2.

Slater, Mel. 2003. «A note on presence terminology». *Presence Connect* 3 (January 2003): 1–5.

Slater, Mel, und Sylvia Wilbur. 1997. «A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (6): 603–16. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603.

Stein, Berry E., Hrsg. 2012. *The New Handbook of Multisensory Processing*. MIT Press.

Steuer, Jonathan. 1992. «Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence». *Journal of Communication* 42 (4): 73–93. https://doi.org/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x.

Suh, Ayoung, und Jane Prophet. 2018. «The state of immersive technology research: A literature analysis». *Computers in Human Behavior* 86 (September): 77–90. https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019.

Weber, Max. 1922. *Wirtschaft und Gesellschaft*. Tübingen: J. C. B. Mohr (Paul Siebeck).

Tzanavari, Aimilia, und Nicolas Tsapatsoulis. 2010. *Affective, interactive and cognitive methods for e-learning design: Creating an optimal education experience*. IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-60566-940-3.

Zierhofer, Wolfgang, Bianca Baerlocher, und Paul Burger. 2008. «Ökologische Regimes: Konzeptionelle Grundlagen zur Integration physischer Sachverhalte in die sozialwissenschaftliche Forschung». *Berichte zur Deutschen Landeskunde* 82 (2): 135–50.

Zinn, Bernd. 2019. «Editorial: Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität». *Journal of Technical Education (JOTED)* 7 (1). https://doi.org/10.48513/joted.v7i1.181.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Virtuelle Realität: Immersion als Erlebnisdimension beim Lernen mit visuellen Informationen

Michael Kerres[1], Miriam Mulders[1] und Josef Buchner[1]

[1] Universität Duisburg-Essen

Zusammenfassung
Der Begriff der Immersion wird häufig als Merkmal von Technik verwendet. Doch Immersion wird nicht durch eine bestimmte Technologie (etwa eine VR- oder AR-Brille) erzeugt, sondern ist die Leistung des psychischen Systems und eine Dimension des Erlebens einer visuell dargebotenen Information. Eine solche Klärung lenkt den Blick auf die Determinanten des Immersionserlebens und die Frage, wie die mediendidaktische Gestaltung von Lernanwendungen Immersion nutzen kann, um den Lernprozess zu fördern. Der Artikel setzt das Erleben von Immersion in Beziehung zu anderen Dimensionen der visuellen Wahrnehmung (Raum-, Realitäts-, Bewegungs-, Präsenzerleben), um die Besonderheiten des Immersionserlebens herauszuarbeiten. Vorgestellt wird ein Modell des Erlebens visueller Information beim Lernen, das Merkmale der Technik, des Erlebens, des Lernprozesses und des Lernergebnisses separiert und in ihrer Relation verdeutlicht. Das Modell zeigt auf, wie sich Forschungsfragen zu Implikationen des Immersionserlebens anlegen lassen. Für mediendidaktische Konzepte wird deutlich, dass Immersion nicht durch eine bestimmte Technologie eingelöst wird und nicht automatisch zum Lernerfolg beiträgt. Die verschiedenen Dimensionen des Erlebens visueller Information sind im Hinblick auf den Lernprozess und die Lernergebnisse sehr genau zu prüfen und durch die Gestaltung von Lernumwelten und -aufgaben gezielt anzuregen.

Virtual Reality: Immersion as an Experiential Dimension in Learning with Visual Information

Abstract
Often, the term immersion is being used as an attribute of digital technologies. However, immersion is not created by a technology (like VR- or AR-glasses), but a result of cognitive processing. The paper explains how immersion can and should be understood as an experiential dimension related to the individual interpretation of visual information. Such a clarification helps to understand how the various dimensions of the experience

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

(immersion, presence, embodiment, reality, movement) are influencing the learning process and learning results. The model helps to plan research designs on the impact of virtual reality-technology and sheds light on the instructional design of visual information for learning.

1. Einleitung

Die Computerindustrie ist gut darin, Geräte und Anwendungen durch geschickte Wahl von Begrifflichkeiten semantisch aufzuwerten. Wurden kleine Computer in den 1980er-Jahren als «Mikrorechner» bezeichnet, brachte die Firma IBM den «Personal Computer» auf den Markt und setzte damit das Label für eine ganze Klasse von Geräten. Ein «persönlicher» Rechner ist etwas, das wir positiv konnotieren können, und verspricht mehr als die nüchterne Klassifikation eines Computers nach seiner Leistungsklasse. Auch am anderen Ende der Leistungsfähigkeit nutzen Computerhersteller selten Bezeichnungen wie Hochleistungsrechner, sondern bevorzugen etwa den Begriff *Supercomputer*. Die Industrie spricht von *Intelligent Devices* oder *Smart Home*, von *erweiterter* oder *virtueller Realität* (vgl. Hölterhof 2008).

Im Falle der sogenannten «immersiven Technologien» finden wir eine Begrifflichkeit, die bestimmten Geräten eine nicht-technische Eigenschaft zuschreibt. Durch die wiederholte Nutzung der Begrifflichkeit in der (Fach-) Öffentlichkeit wird die assoziative Koppelung der Begriffe gestärkt, mit der die nicht-technische Eigenschaft zunehmend als selbstverständliches Merkmal des Gerätes aufgefasst wird (Koch und Stahl 2017). Dieser Mechanismus ist immer schon Grundlage von Werbestrategien gewesen, die einfache Konsumwaren als Objekte von Lebensfreue, Lifestyle oder Luxus aufwerten. Er ist auch in der wissenschaftlichen Diskussion erkennbar, wenn es als selbstverständlich erachtet wird, dass z. B. eine Brille, die Informationen in das Gesichtsfeld einblendet, als «immersive Technologie» bezeichnet wird, und über «virtuelle Realitäten» gesprochen wird, wo es am Ende um neue Techniken zur Darstellung bildhafter Information mit spezifischen Eigenschaften geht, die es – in ihrer Bedeutung für das Erleben und Lernen – genauer herauszuarbeiten gilt.[1]

Im Folgenden wird dazu der Differenz nachgegangen zwischen Merkmalen der Technik einerseits und den psychologischen Erlebensdimensionen andererseits, die nicht mit den Merkmalen der Technik, sondern mit den spezifischen Formen der Aufbereitung der Inhalte zusammenhängen, durch die die Bedeutung für die Rezipierenden entsteht.

1 Der Begriff der *Virtualität* eröffnet eine weitere, nicht minder komplexe Diskussion, die für die Mediendidaktik wichtig und ertragreich erscheint, hier aber nicht angemessen eingeführt werden kann (vgl. Welsch 2000).

2. Einordnung des Erlebens von Immersion

Immersion und das metaphorische «Eintauchen in fremde Welten» werden als herausragende Eigenschaft der VR-Brillentechnologie propagiert: Ich kann den Urwald in Südamerika erkunden, eine Wanderung auf dem Mond unternehmen oder als Rennfahrer an Autorennen teilnehmen. In gleicher Weise können Lernwelten in einer dreidimensionalen Welt dargestellt werden, in der die Lernenden sich (scheinbar) bewegen und Lernaufgaben bearbeiten. Die Brille ermöglicht eine Rundumsicht in einer computergenierten Welt, die die Person umfasst und in ihren Bann zieht (Chavez und Bayona 2018).

Doch Immersion ist zuallererst ein Phänomen des Erlebens und kein Merkmal eines Gerätes[2] und bezieht sich auf die Erfahrung, die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Welt auszurichten. Dies kann der Ort sein, an dem ich mich gerade befinde: Manche Orte ziehen uns vollständig in ihren Bann. Sie umfassen uns kognitiv und emotional und können uns nachhaltig verändern. Dies wäre etwa das Anliegen der Gedenkstätte Yad Vashem in Israel, die an den jüdischen Holocaust erinnert, in der Artefakte, Bilder und andere Zeitzeugnisse durch ihr Arrangement den Menschen umfassen. In einer empirischen Untersuchung zeigen Bickman und Hamner (1998), dass die Lerneffekte des Besuchs dieser «realen» Gedenkstätte eher gering sind.

Dabei ist zu bedenken, dass die Darstellung bzw. ein Besuch eines Ortes genau dann Bedeutung gewinnt, wenn eine Person bereit ist, sich auf die Umgebung einzulassen, ihre Aufmerksamkeit auf den Ort zu richten und seine Botschaften aufzunehmen. Die Installation spricht für sich, und dennoch bedarf es der Resonanz des Menschen, der sich genauso abwenden und die Botschaft leugnen kann. Damit wird deutlich: Für den menschlichen Wahrnehmungsapparat ist es unerheblich, durch welche Erfahrungen, Medien oder Arrangements eine Immersion erzielt wird, ob sich die Immersion auf computergenerierte Bildwelten, Installationen, Artefakte oder Begegnungen mit anderen Menschen im Hier-und-Jetzt bezieht. Die Gedenkstätte ist ein physischer Ort der Gegenwart und doch macht sie uns aufmerksam auf eine andere, vergangene Zeit (vgl. Pearce und Chapman 2017; Lu 2017).

Das Beschäftigung mit einer anderen Welt bedarf keiner aufwendigen Technologie: Wenn wir das Tagebuch der Anne Frank, die sich als Jüdin in Amsterdam versteckt hielt, lesen oder hören, versetzen wir uns in die Protagonistin und ihre Welt, wir fühlen mit. Eine gekonnte filmische Umsetzung des Geschehens kann dieses Erleben verstärken: Der Film bietet die audiovisuelle Reizfläche, auf die der Betrachtende seine persönliche (Re-)Konstruktion des Geschehens projiziert, wenn er das dargestellte Geschehen verfolgt (Derry 2021). Dabei werden Stimmungen auch stark über die Geräuschkulisse transportiert, die Emotionen subtil auslöst. Das Erleben

2 Dieses Verständnis von Immersion als Erlebensdimension unterscheidet sich von dem in der VR-Forschung üblichen Verständnis von Immersion als objektiver Beschreibung einer Technologie, wie es etwa von Slater und anderen geprägt wurde (vgl. Slater 2009; Slater und Sanchez-Vives 2016; Slater und Wilbur 1997).

der Immersion in der filmischen Darstellung ist gegenüber der Rezeption des Buches keineswegs zwingend stärker, etwa wenn die Umsetzung der Geschichte nicht den Erwartungen der Rezipierenden entspricht (Schulz 2019). Die Qualität der Immersion ist nicht von der gewählten Medientechnik, sondern dem Inhalt, der Aufbereitung und der Passung der Aufbereitung zu dem Medium bzw. den Rahmenbedingungen der Rezeption abhängig (vgl. Perry 2018; Graver 2020).

Des Weiteren kann ein Immersionserleben angeregt werden, wenn die Person nicht nur als Zuschauer fungiert, sondern aktiv werden kann, und zwar nicht nur durch z. B. Wegschauen oder Vorspulen, sondern indem das Dargebotene durch Aktivitäten der Person in einer «Interaktion» beeinflusst wird. Sie kann, im einfachsten Fall bei der Darstellung über einen Bildschirm mit einer Maus, in der dargestellten Umgebung navigieren. Sie kann z. B. dargestellte Objekte aufnehmen und an anderer Stelle ablegen, Objekte in ihren Eigenschaften modifizieren und Aktionen auslösen, z. B. eine Tür öffnen, um in einen anderen Raum zu gelangen.

Diese Art der Interaktion kennen wir von digitalen Spielen oder Computersimulationen, in der Interaktion mit simulierten Maschinen, in Wirtschaftsplanspielen oder der Nachbildung von ökologischen Systemen, wie sie auch in Lernanwendungen zum Einsatz kommen (Vlachopoulos und Makri 2017). Diese Computeranwendungen operieren alle mit Bildschirmen, die ein zweidimensionales Bild präsentieren und doch das Operieren in einer dreidimensionalen Welt ermöglichen. Der Wahrnehmungsapparat extrahiert die Tiefeninformation mühelos und vollkommen automatisch aus der zweidimensionalen Darstellung (vgl. Tverksy 2000).

Das Interagieren mit solchen computergenerierten Welten kann die Menschen in ihren Bann ziehen, Gefühle auslösen und dazu motivieren, wie beim Buch, gedankenversunken die Zeit zu vergessen. Besonders ist hier auch die soziale Dimension: Die Protagonisten im Buch oder Film bleiben in ihrer Geschichte. Die Spiel- oder Simulationswelt kann dagegen vorsehen, dass *ich* mit diesen (nachgebildeten) Charakteren – auf bestimmte, eingeschränkte – Weise «interagieren» kann. Zusehends kann in diesen Welten auch mit anderen mitspielenden Menschen interagiert werden, man bildet Gruppen und Gilden und organisiert sich, um gemeinsam sogenannte Missionen in diesen Welten zu erfüllen. Die Personen sind dabei als Avatare unterwegs, die die eigene Identität bildhaft und schematisch anzeigen – oder aber als Einblendung der Person über die synchrone Schnittstelle einer Videokonferenzanwendung. Die damit angesprochene soziale Dimension kann die Eindringlichkeit und Verbindlichkeit dieser Welten deutlich erhöhen.

Kommen wir damit zu Visualisierungstechnologien, die, in Brillen montiert, Information auf die Netzhaut projizieren, und durch eine solche stereoskopische Darstellung das dreidimensionale Raumempfinden unterstützen. Dabei finden wir zwei grundlegend unterschiedliche Ansätze: Während *Augmented Reality*-Brillen Informationen in das bestehende Sehfeld der Person projizieren, nutzen *Virtual*

Reality-Brillen das gesamte Sehfeld für ihre Projektion, sodass die Wahrnehmung des räumlichen Umfelds der Person ausgeblendet wird und sich die Person nun weitgehend *in einer anderen Welt* erlebt, zumindest bis sie über ein Möbelstück in ihrer Umwelt stolpert und so mental in ihre ursprüngliche Welt zurückgeholt wird. Wenn nun die Computeranwendung, die die Bilder der VR-Brille liefert, Körperbewegungen der Person über Sensoren aufnimmt und die dargestellte Information entsprechend nachführt, entsteht der Eindruck einer Bewegung im dargestellten Raum. Ich muss dabei nicht mehr ein technisches Hilfsmittel an der Mensch-Maschine-Schnittstelle, wie die Maus, nutzen. Meine körperliche Bewegung scheint unmittelbar eine Reaktion auszulösen, was freilich ein Irrtum ist, weil auch hier (bislang oft wenig sensible) Sensoren erforderlich sind, um diese Bewegungen auszuwerten.

Um an das bereits eingeführte Thema anzuschliessen: Das Versteck von Anne Frank in Amsterdam ist sowohl als Website als auch als VR-Anwendung implementiert worden (Lichtman 2021) und vermittelt einen emotionalen Eindruck von der beengten und bedrückenden Unterkunft, in der sich die jüdische Familie vor den deutschen Besatzern verstecken musste. Diese Varianten der Visualisierung bieten Erfahrungsangebote, die Anlass geben zum Nachdenken, aber auch zum Nach-Empfinden eines ansonsten relativ abstrakt bleibenden Sachverhalts (Hartmann 2019; Nahm 2020). In einer aktuellen Untersuchung gehen wir am *Learning Lab*, Universität Duisburg-Essen, der Frage nach, ob und wie sich diese Erfahrung von den anderen Darstellungs- und Erlebensvarianten unterscheidet.

Damit wird deutlich, dass die Besonderheit der Brillenprojektion für didaktische Anliegen weniger darin besteht, durch die stereoskopische Darbietung ein Raumempfinden zu ermöglichen oder zu steigern, denn ein Raumerleben kann völlig mühelos in der zweidimensionalen Darstellung auf einem Bildschirm erzeugt werden. Menschen haben keinerlei Probleme, Tiefeninformation aus einer 2D-Darstellung auf einem Bildschirm zu extrahieren. Das Umgekehrte ist der Fall: Wenn es sich anbietet, erzeugen wir aus zweidimensionalen Darstellungen *immer* dreidimensionale Vorstellungen, auch wenn dies zu widersinnigen Modellen führt, wie es die «unmöglichen Bilder» von Maurits C. Escher gezeigt haben (Coltelli, Barsanti, und Gualtieri 2020). Es ist eine angeborene Eigenschaft des menschlichen Wahrnehmungsapparats, visuelle Stimuli nach Tiefeninformation abzutasten und zu detektieren. Dies kann als eine evolutionär sinnvolle Qualität der Wahrnehmung bewertet werden, denn für das Überleben ist es grundlegend wichtig, Schallquellen räumlich zu orten und Entfernungen von Objekten abzuschätzen (vgl. Walk 1979).

Die Besonderheit der brillenbasierten Visualisierungstechnologie besteht vielmehr darin, dass sie die Umwelt der Person in der Wahrnehmung ausblendet und stattdessen eine «andere» Welt anbietet, die sich als responsiv erweist in Relation zu bestimmten Parametern der Person. Der Grad der Responsivität hängt von Umfang und Qualität der eingesetzten Sensorik ab. Neben Bewegungssensoren lassen

sich auch weitere Variablen in die Mensch-Maschine-Interaktion einbeziehen – Blickbewegungen, Gehirnströme oder physiologische Parameter –, um sie in das System zurückzuführen, wobei die Frage offenbleibt, ob und wie (angemessen) das System überhaupt mit solchen Variablen umgehen kann (vgl. Schneider, Romano, und Drachsler 2019).

Das Merkmal der VR-Brille, die Umwelt der Person auszublenden und durch eine andere Welt zu ersetzen, ist keineswegs immer und automatisch erwünscht und wünschenswert, wie Ghosh et al. (2018) aufzeigen. Das Setup beinhaltet einen Kontrollverlust. Ich gebe den Kontakt zu meiner Umwelt auf und kann mir nicht sicher sein, was in dieser Umwelt passiert, während ich mich mental in eine andere Welt begebe, etwa wer das Zimmer betritt und mich beobachtet, ob ich mich falsch bewege und gegen ein Hindernis stossen werde etc. Es bleibt die Frage, ob das Ausblenden der eigenen Umwelt tatsächlich nötig oder von Vorteil ist, um die Immersion zu erreichen. Kann die Sensorik die Bewegungen tatsächlich hinreichend erkennen und umsetzen? Sind die Interfaces zur Steuerung der Anwendung intuitiv oder benötigen sie lange Anleitung und Eingewöhnung? Regelmässig wird darauf verwiesen, dass die Nutzung der VR-Brillen für z. B. eine halbe bis ganze Stunde ausgelegt ist und danach eine Pause erforderlich ist, um einer Überanstrengung zu entgegnen (vgl. Smith und Burd 2019). Chang et al. (2020) berichten über eine ganze Reihe von Gründen und Folgen für «VR-Sickness».

Dies alles ist abzuwägen gegenüber der Alternative einer Anwendung über den etablierten Weg einer Darstellung am Bildschirm und der Steuerung mit einer Computermaus. Auch hier ist zu bedenken, dass die flüssige Nutzung der Maus vielfach eine längere Einübung erforderlich gemacht hat, vielen Menschen heute aber «in Fleisch und Blut» übergegangen ist. Alternative Schnittstellen der Mensch-Maschine-Interaktion müssen sich insofern dagegen bewähren (vgl. zu Alternativen der Computermaus: Radwan et al. 2018).

3. Weitere Erlebnisdimensionen

Als zentrales Merkmal der Immersion wurde die eindringliche Fokussierung der Aufmerksamkeit auf ein Geschehen beschrieben, das in unterschiedlicher Weise präsentiert werden kann. Immersion weist dabei in ihrer Wahrnehmungsqualität Ähnlichkeiten zum Flow-Erleben auf: Das Flow-Erleben beschreibt nach Csikszentmihalyi (1987) die Konzentration auf die Ausführung einer Handlung, in der die Person aufgeht, in der sie alles andere vergisst und die Umgebung ausblendet. Dies kann nahezu jede Tätigkeit sein, für die man sich begeistert, und ist z. B. beim Bergsteigen oder Motorradfahren, aber auch beim Lernen untersucht worden (Rheinberg 2005). Flow entsteht und lässt sich nur bedingt durch externe Prozesse anregen. Flow kann sich grundsätzlich auch in einer VR-Anwendung einstellen, die in eine andere Umwelt

führt, etwa wenn die Person in dieser Umgebung einer Tätigkeit nachgehen kann, die ihr viel bedeutet und in der sie das Interface in der Ausführung ihrer Handlung nicht unangemessen behindert (Lackey et al. 2016). Hier wäre auch an das Training von Piloten oder passionierten Hobbypiloten zu denken, die in einer VR-Anwendung lernen, mit ihrem Flugzeug über die Kontinente zu fliegen und im Rundumblick ihren Ausblick geniessen (Oberhauser und Dreyer 2017).

Damit wird deutlich: Beim Immersionserleben steht die *Rezeption einer Umwelt* im Vordergrund, die die Person in ihren Bann zieht. Beim Flow-Erleben ist die Aufmerksamkeit dagegen auf die *Handlungsausführung* gerichtet; die Umgebung wird beim Flow-Erleben eher ausgeblendet. Im Folgenden werden weitere Erlebensdimensionen benannt, die einen Bezug zum Immersionserleben haben, um zu analysieren, in welchem Verhältnis diese zueinander stehen können und herauszuarbeiten, was das Spezifische des Immersionserlebens darstellt.

Häufig thematisiert wird der *Realitätsgrad* einer Darstellung: Durch hochauflösende Grafiken können Welten in einer Weise dargestellt werden, dass das Auge den Unterschied zur Realität kaum mehr wahrnehmen kann. Die erreichte Qualität in der Präsentation ist beeindruckend und erscheint vielfach als das entscheidende Argument für entsprechende Präsentations- und Visualisierungstechniken. Die Leistung des menschlichen Wahrnehmungsapparats wird hierbei jedoch oftmals falsch eingeschätzt, denn eine realitätsnahe Darstellung, u. a. in Lernkontexten, ist für das Raum- und Immersionserleben weniger zwingend als vielfach vermutet. Dies liegt daran, dass «fehlende» Information in der Perzeption ohne Anstrengung generiert werden und das Erleben nicht trüben (Gisbergen et al. 2019). Scerbo und Dawson (2007, 224) kommen sogar zu dem Schluss: «Simulation-based training systems should be developed to maximize their effectiveness, not their fidelity».

Ein verwandtes Konstrukt bezieht sich auf das *Präsenzerleben*. Bulu (2012) unterscheidet *place presence, social presence* und *co-presence*. Die örtliche Präsenz meint, mental an dem Geschehen an einem bestimmten Ort involviert zu sein. Soziale Präsenz bezieht sich auf die Erfahrung der Anwesenheit anderer Menschen (ohne dass ich mit diesen interagiere) und Co-Präsenz verweist, im Anschluss an Goffman (1963), auf die Erfahrung von Interaktion in einem Raum mit anwesenden Personen.

Ein Student kann in einem Hörsaal anwesend sein, aber dennoch nicht am Geschehen teilhaben, etwa weil er in Gedanken an einem anderen Ort ist oder mit anderen Dingen beschäftigt ist. Im Internet können sich Personen, die sich geografisch an weit entfernten Orten aufhalten, anderen Menschen zugleich in einem Online-Raum nahe und verbunden fühlen. Das soziale Präsenzerleben setzt auch im physikalischen Raum nicht voraus, dass die andere Person tatsächlich körperlich im gleichen Raum anwesend ist. Manchmal empfinden wir in bestimmten Räumen die Anwesenheit anderer, auch wenn sie nicht physisch präsent sind.

Gleichzeitig ist, gerade in der Pandemie, für viele Menschen deutlich geworden, dass es einen qualitativen Unterschied ausmacht, ob Menschen sich Face-to-Face in einem Raum oder medial vermittelt in einer Videokonferenz begegnen. Grundsätzlich hat sich die Videokonferenz als ein sehr wichtiges Mittel erwiesen, um Informationen über Distanzen auszutauschen, sich abzusprechen und Dinge zu klären. Doch die sozialpsychologische Forschung kann wesentliche Unterschiede in der Kommunikationssituation aufzeigen, die das verbreitete Unbehagen an der (extensiven) Nutzung von Videokonferenzen gerade in Gruppen erklären kann.

Eigentlich, so könnte vermutet werden, stehen uns in der Videokonferenz alle verbalen und auch nonverbalen Artikulationen des Gegenübers zu Verfügung, und dennoch bleibt ein Defizit. Es entsteht vor allem dadurch, dass sich die Personen nicht in einem gemeinsam geteilten Raum aufhalten. Damit stellt sich das Erleben von Sozialität (gerade in Gruppengesprächen) nur bedingt ein. Beginnend bei dem fehlenden Gefühl für Augenkontakt über die Unsicherheit, wer sich wem zu- oder abwendet, bis hin zu den fehlenden Elementen, die den Gesprächsfluss natürlich regulieren – sie alle beeinträchtigen die Erfahrungsqualität menschlicher Interaktion und Zuwendung (vgl. Kerres 2020).

Diese Differenz entsteht nicht durch einen Mangel an übertragener Detailinformation und insofern wird auch die Konferenz mithilfe von VR-Brillen, die die Personen in einem dreidimensionalen Raum erscheinen lassen, kaum qualitative Vorteile mit sich bringen (vgl. Mulders und Zender 2021). Es handelt sich hier weniger um Beschränkungen des Sehfeldes und der Informationsmenge, sondern um die Implikationen eines abgebildeten Raums, den die Gesprächsteilnehmenden nicht leiblich teilen. Bailenson (2021) geht sogar davon aus, dass das Problem durch ein Zuviel an nonverbaler Information in der Videokonferenz entsteht, die gleichzeitig von den Personen übermittelt wird.

Diese Überlegung ist ganz zentral für die phänomenologische Theorietradition: Sie beruht «auf der Überzeugung, dass die Kategorie des Raumes nur dann angemessen beschrieben werden kann, wenn von der leiblichen Verankerung des Selbst in Raum und Zeit ausgegangen wird» (Schneider 2012, 196). Die Erfahrung computergenerierter Räume gibt Anlass, diese Position überdenken, und spricht dafür, dass das Raumerleben auch ohne leibliche Verankerung stattfinden kann, wie Computerspiele oder SocialVR-Anwendungen anzeigen (vgl. Mulders und Zender 2021), wo Menschen in digitalen Räumen navigieren, die für sie bedeutungsvoll sind (vgl. Scavarelli, Arya, und Teather 2019).

Für die Psychologie wie auch die Soziologie war lange Zeit eine Vorstellung von sozialer Interaktion prägend, die auf der Face-to-Face Begegnung an einem Ort basiert. Erst später ist zur Kenntnis genommen worden, dass soziale Interaktion auch medienvermittelt stattfindet (vgl. Houben 2018). Gleichwohl wird medienvermittelte Kommunikation häufig in ihren Defiziten zur «echten» Interaktion konzipiert, statt

aufzuzeigen, wie sich die verschiedenen Varianten und Konstellationen der Interaktion mit und ohne analoge oder digitale Medien in der Lebenswelt ergänzen, fortführen, verschränken und zusammenfliessen – ohne die Differenzen zu übersehen.

Die Forschung zum – medienvermittelten – Präsenzerleben hat Aufschwung genommen, seit das Internet nicht nur für die Bereitstellung von Informationen Nutzung findet, sondern digitale Plattformen soziale Kommunikation ermöglichen. Es zeigt sich, dass Plattformen, in denen Personen aktiv beitragen können, Kontakte knüpfen und sich austauschen, eine hohe Akzeptanz entwickelt haben. Bereits der Eindruck, dass auf einer Plattform zeitgleich andere Personen anwesend sind, trägt zum Eindruck einer sozialen Umgebung bei. Hierzu können kleine Hinweise ausreichen, etwa die Information über die Anzahl der zeitgleich auf einer Website Angemeldeten oder die Anzeige der Information über die Anwesenheit einer Person über Farbcodes. Die Wahrnehmung von Hinweisen sozialer Präsenz auf Online-Plattformen kann auch das Lernen im Internet wesentlich unterstützen (vgl. Kerres, Hölterhof, und Nattland 2011).

In der internationalen Forschung zu *instructional design* ist schliesslich das Konstrukt *student engagement* wesentlich: Lernengagement hat sich als zentrale Variable der Lehr-Lern-Forschung herauskristallisiert (Bond et al. 2020; Wong und Liem 2021). Will man letztlich den Effekt eines instruktionalen Treatments auf das Lernergebnis feststellen, so kann das Lernengagement als «Proxy» aufgefasst werden, der eine Bedingung für Lernerfolg ist, zugleich aber näher am Lernprozess ist und unmittelbare Hinweise auf Qualitäten des Lernprozesses in Abhängigkeit von didaktischen Designs liefert.

Tabelle 1 verdeutlicht, dass die aufgeführten Dimensionen, trotz Überlappung hinsichtlich der Definitionen, sich auf unterschiedliche Sachverhalte beziehen und voneinander abgegrenzt werden können. Die hier benannten Dimensionen des Erlebens sind nicht abgeschlossen. Auch ein unmittelbarer Kausalzusammenhang zwischen den Dimensionen und dem Lernerfolg einer Massnahme kann nicht per se angenommen werden. Vielmehr soll im Folgenden betrachtet werden, in welchen Relationen die genannten Variablen mit Blick auf Lernergebnisse aufgefasst werden können.

Erleben von	Definition	Beispiel	Abgrenzung
Immersion	Aufmerksamkeit ist fokussiert auf eine bestimmte Umgebung / imaginierte Welt.	Gedenkstätte: Die Artefakte ziehen die Betrachterin in ihren Bann. Die VR-Brille ermöglicht Ausflüge in das Amazonas-Delta.	Beim Flow-Erleben steht die Handlungsausführung, bei Immersion die Rezeption im Vordergrund. Immersion setzt kein Raum- oder Präsenzerleben voraus.
Realitäts-empfinden	Hochauflösende Präsentationen erhöhen Empfinden realitätsnaher Darstellungen.	Die Darstellung der Landschaft auf dem Bildschirm erscheint hochgradig realistisch («wie echt»).	Realitätsempfinden ist nur bedingt Voraussetzung für Präsenz- oder Immersionserleben.
Präsenzerleben (soziales)	Erleben der Anwesenheit Anderer in der Welt, auf die meine Aufmerksamkeit gerichtet ist.	Ich höre Stimmen aus einem Raum und gehe davon aus, dass dort eine angeregte Diskussion stattfindet (oder ist es ein Fernseher, der läuft?). Auf der Lernplattform wird angezeigt, wer zurzeit anwesend ist.	Soziale Präsenz geht i. d. R. mit Raumerleben einher, ausser in Online-Umgebungen bei z. B. einfachen Präsenzindikatoren.
Körpererleben, Embodiment	Gefühl, in einem Körper zu sein / ein Körper zu sein und diesen zu kontrollieren. («being inside, having, and controlling a body»).	Sich im Körper einer Person mit einer anderen Hautfarbe wiederfinden (vgl. Peck et al. 2013) oder den eigenen Körper erweiternde Körperteile als Teil des eigenen Ichs empfinden (vgl. Steptoe, Steed, und Slater 2013).	Ich erfahre Raum, indem ich mich in dem Raum bewege. Allerdings: Körper- und Raumerleben können auch unabhängig sein.
Raumerleben	Erleben, sich in einem dreidimensionalen Raum zu befinden und bewegen zu können	Erleben von Raum: – Kino mit 360°-Projektion, – Filme für 3D-Brillen, – interaktive 3D-Simulation auf Bildschirm.	Raumerleben geht nicht automatisch mit Immersion einher: Eine Darstellung vermittelt Einblicke in mir unbekannte Räume – ohne dass ich mich als Teil davon erfahre.
Agency	Erleben, in einer Umwelt aktiv werden zu können / etwas verändern zu können.	Auf einer Plattform kann ich mich einbringen und meine Umgebung konfigurieren.	Agency trägt zu Immersions- und Präsenzerleben bei, ist aber unabhängig von diesen.
Flow-Erleben	Aufmerksamkeit fokussiert die Handlungsausführung und blendet Umgebung aus.	Die Bergsteigerin vergisst alles um sich herum und konzentriert sich voll auf den Aufstieg. Der Online-Spieler ist absorbiert vom Spielgeschehen.	Aufmerksamkeit ist fokussiert auf Handlungsausführung. Immersions-, Raum- oder Präsenzerleben geht damit nicht zwingend einher.
Lernengagement	Aufmerksamkeit fokussiert Bearbeitung von Lernmaterial oder Lernaufgabe.	Die Schülerin bearbeitet eine interaktive Simulation im Physikunterricht.	Lernengagement wird durch Flow-Erleben gefördert.

Tab. 1: Dimensionen des Erlebens in (nicht-)medienvermittelten Umwelten.

4. Effekte der Erlebensdimensionen auf Lernergebnisse

In welchem Verhältnis stehen die genannten Erlebensdimensionen, und hier insbesondere die Immersion, zu Lernerfolg? Der grosse Teil der bildungstechnologischen Forschung zu VR beruht auf der Annahme, dass VR eine höhere Immersion, ein besseres Präsenz- und Raumerleben bedingt und dadurch bessere Lernleistungen durch Nutzung entsprechender Technologien zu erwarten sind.

Aus lernpsychologischer Sicht spricht zunächst wenig für diese Annahme. Folgt man der *Cognitive Load* Theorie (CLT) von John Sweller (2010), dann ist davon auszugehen, dass der Lernprozess massgeblich durch die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses charakterisiert ist. Aus diesem Grund spricht die *Cognitive Load* Theorie sich auch z. B. gegen überflüssige Dekorationen in Textbüchern und für stark strukturierte Darstellungen aus, die den Aneignungsprozess unterstützen.

Bisherige empirische Untersuchungen stützen diese Annahmen auch für das Lernen in VR. Parong und Mayer (2018) berichten in ihrem Beitrag über zwei Experimente, in denen Studierende mithilfe einer VR-Umgebung über den menschlichen Körper lernen sollten. Im ersten Experiment zeigte sich, dass die 3D-Welt einer VR-Anwendung von den Lernenden als ablenkend und kognitiv überlastend empfunden wurde. Dementsprechend zeigten die Lernenden der VR-Bedingung keine bessere Lernleistung im Vergleich zu einer Gruppe von Lernenden, die mithilfe klassischer Folien lernten. Interessanterweise berichteten die Lernenden der VR-Bedingung eine signifikant höhere affektive Eingebundenheit während des Lernprozesses, was sich jedoch nicht positiv auf die Leistung auswirkte. Im zweiten Experiment segmentierten Parong und Mayer (2018) die VR-Welt in kleinere Einheiten, in welchen die Lernenden die VR-Brille abnahmen und eine Zusammenfassung der eben erfahrenen Inhalte anfertigten. Als Ergebnis zeigte sich, dass die Gruppe der Lernenden mit der strukturierten Darstellung der VR-Inhalte eine bessere Lernleistung erzielte und dabei dieselbe hohe affektive Eingebundenheit in den Lernprozess empfand wie die Kontrollgruppe, die erneut ohne Segmentierung lernte. Makransky et al. (2019) fanden ebenso negative Effekte beim Lernen mit einer interaktiven VR-Simulation, in der die Lernenden über die Sicherheit in einem Labor lernten. Wie eine Messung der Gehirnströme mittels EEG ergab, führte die hohe Involviertheit in die VR-Simulation zu einer kognitiven Überlastung, die sich negativ auf die Lernleistung auswirkte. Die Kontrollgruppe agierte in dieser Studie über einen Desktop-PC, auf dem dieselbe Simulation über eine Computer-Maus gesteuert wurde.

Mayer (2020, 362) analysierte weitere VR-Studien und kommt zu dem Schluss, dass VR-Anwendungen die Lernenden kognitiv und affektiv überfordern können. Als Konsequenz aus dieser Auswertung formuliert Mayer (2020) das *Immersionsprinzip* als ein weiteres Prinzip des multimedialen Lernens, das besagt, dass die Anregung starker Immersion das Lernen beeinträchtigt. Er kritisiert bisherige Forschungsarbeiten, die die Effekte von VR auf den Lernprozess nicht angemessen untersuchen,

und fordert, weitere Forschung zu VR in authentischen Lehr- und Lernkontexten sei notwendig, um die Bedingungen einer erfolgreichen Nutzung von VR genauer herauszuarbeiten.

Immersion, Realitäts-, Raum- oder Präsenzerleben sind damit auf den Prüfstand zu stellen: Inwiefern tragen sie tatsächlich dazu bei, den Aneignungsprozess eines Lerninhalts zu fördern oder inwieweit beeinträchtigen sie die Lernenden bei der kognitiven Elaboration, – dem Vorgang der Verknüpfung neuer Inhalte mit vorliegenden kognitiven Schemata, mit dem Wissen in das Langzeitgedächtnis überführt wird? Ein hohes Erleben von Immersion kann auch Ablenkung bedeuten und das Arbeitsgedächtnis belasten, wie auch die Auswertung von Cummings und Bailenson (2016) belegt.

Hinzu kommt, dass für das Lernen vielfach eine didaktisch reduzierte Darstellung vorteilhaft ist. In der VR-Lackierwerkstatt von Zender et al. (2020) üben Auszubildende im Lackierhandwerk die Bearbeitung von Teilen einer Pkw-Karosserie in einer nachgebildeten Lackierwerkstatt, die über eine VR-Brille präsentiert wird. Die zu bearbeitenden Bauteile sind, etwa in ihrer Wölbung, sehr exakt nachgebildet. Die weitere Einrichtung der Werkstatt und auch die Person des Ausbilders, der Erklärungen liefert und Rückmeldungen gibt, ist dagegen eher grob angedeutet, da diese Information für den Lernprozess – aber auch für das Immersionserleben – vergleichsweise unbedeutend ist. Als bedeutend erwiesen hat sich dagegen ein spezielles, mit einem 3D-Drucker hergestelltes Inputdevice, das in Gewicht und Form einer «echten» Spritzpistole stark ähnelt (s. a. zu einem Golfschläger als Inputdevice bei Franzluebbers und Johnsen 2018).

Neben einer Reihe empirischer Studien wurden bereits einige theoretische Modelle zum Lernen und Lehren mit VR-/AR-Technologien aufgestellt (Übersicht in Dengel et al. 2021). In einem davon, dem *Cognitive Affective Model of Immersive Learning* (CAMIL), definieren Makransky und Petersen (2021) Immersion und Repräsentationsgenauigkeit als statische technologische Merkmale von VR, welche bedingen, dass VR-Umgebungen stets über zwei Charakteristika verfügen, nämlich *Präsenzerleben* und *Handlungsfähigkeit*. Eben diese beiden Charakteristika vermitteln gemäss CAMIL über affektive und kognitive Faktoren (z. B. Motivation, Selbstwirksamkeit) hinweg den Lernerfolg einer Massnahme auf verschiedenen Ebenen (z. B. deklaratives Wissen).

In unserem Analysemodell in Abbildung 1 werden Eigenschaften der Technik und des Erlebens deutlicher getrennt, um die Bedingungskette in ihrer Relevanz für den Lernprozess genauer lokalisieren und Hypothesen für ihr Zusammenwirken präziser untersuchen zu können. Das Modell bietet eine Grundlage, um entsprechende Forschungsdesigns zu Immersion und weiteren Erlebensdimensionen begründet anzulegen und die verschiedenen Effekte, ggfs. als Moderatorvariablen, präzise verorten zu können. Das würde z. B. bedeuten, dass der Grad des Raum- oder Immersionserlebens

jeweils als abhängige (oder kovariierende) Variable zu erheben sind und nicht als Merkmal der Technik zugeschrieben werden sollten. Interessant wird dann, die verschiedenen Dimensionen des Erlebens vor allem zu Merkmalen des Lernprozesses wie *cognitive load* oder *student engagement* in Beziehung zu setzen, die in ihrer Relation zu den Variablen des Lernergebnisses bereits vielfach untersucht worden sind. Dabei wäre das Geflecht des Immersionserlebens zu den anderen Dimensionen des Erlebens in der Untersuchung genauer zu differenzieren, denn Immersionserleben und die weiteren Dimensionen hängen nicht automatisch zusammen.

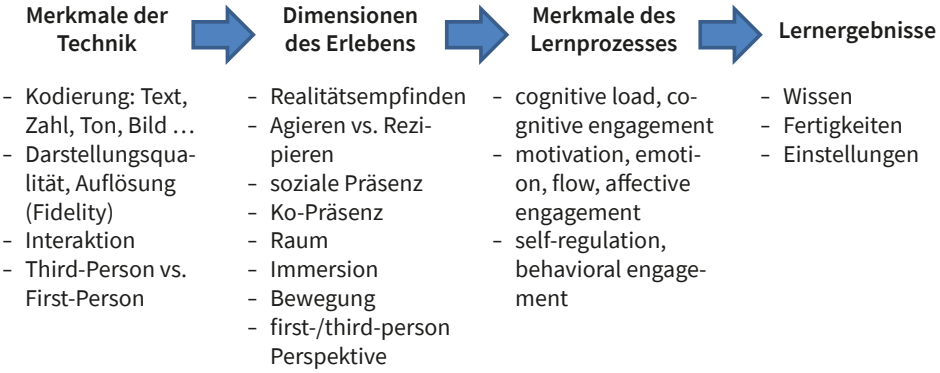


Abb. 1: Analysemodell zur Wirkung von Technikmerkmalen und Erlebensdimensionen beim Lernen mit visuellen Informationen.

In jedem Fall wird deutlich, dass ein «mehr» an Immersion nicht automatisch mit einer höheren Qualität des Lernprozesses einhergeht und jeweils zu prüfen ist, wie ein bestimmtes Setting diese Dimension des Erlebens anregen kann. Dabei wird weiter zu klären sein, wie die verschiedenen Erlebensdimensionen – wie Raum-, Präsenz- oder Bewegungserfahrung ebenso wie Realitätsempfinden – Einfluss auf die genannten Indikatoren der Lernprozessqualität haben, die eng mit den Lernergebnissen zusammenhängen (vgl. Makransky und Petersen 2021).

Auch für das didaktische Design erscheint die Logik zielführend, die diesem Modell zugrunde liegt: Es gilt zu überlegen, wie durch die Gestaltung der Lernumwelt und der Lernaktivitäten das Erleben in den unterschiedlichen Dimensionen (wie Raum-, Präsenz- und Immersionserleben) angeregt werden kann. Dabei ist sehr genau zu überlegen, welche der Erlebensdimensionen tatsächlich zur Qualität des Lernprozesses und zum Lernergebnis beitragen. Ein «mehr» ist dabei nicht immer «besser».

5. Schlussfolgerung

Aus Sicht der Kognitions- und Lernpsychologie gibt es keinen Grund zu der Annahme, ein bestimmtes Gerät oder Medium könne *a priori* mehr Immersionserleben vermitteln als ein anderes. Es liegt eine Reihe von Untersuchungen vor, die der Frage nachgehen, wie z. B. VR-Anwendungen das Erleben von Immersion begünstigen. Sie kommen regelmässig zu dem Ergebnis, dass VR-Anwendungen die Immersion wesentlich steigern. Gleichzeitig wird unterschätzt, dass die Brille als solches diesen Eindruck keineswegs unmittelbar erzeugt, sondern letztlich die Aufbereitung eines Inhalts unter Nutzung und Ausschöpfung der Möglichkeiten einer Technik das Empfinden von Gefühlen, Immersion und Engagement auslöst.

Erinnert sei an die für die Mediendidaktik massgebliche Kontroverse zwischen Richard Clark und Robert Kozma in den 1990er-Jahren: Clark (1994) behauptete «Media will never influence learning» und meinte, Medien seien Transporter, die notwendig und mit Blick auf die jeweils zu bewältigenden Herausforderungen auszuwählen sind; eine weitere direkte Wirkung auf den Lernprozess sei nicht zu erwarten. Kozma (1994) sprach dagegen von den Potenzialen der Medien und verwies darauf, dass mit den jeweiligen Techniken unterschiedliche Möglichkeiten für das Lernen verbunden seien, die allerdings nur zum Tragen kommen, wenn sie von einem didaktischen Konzept eingelöst werden, das genau diese Möglichkeiten aufgreift.

In der aktuellen Diskussion über VR wird regelmässig angenommen, dass mit dem Einsatz digitaler Medien ein bestimmter Effekt für das Lernen eintrete. Die Frage, ob Videos einen höheren Effekt auf das Erinnern als Bücher haben, ist aber genauso wenig zu beantworten, wie die Frage, ob mit VR-Brillen besser gelernt werden kann als mit Büchern, Videos oder Computersimulationen. Medientechniken entfalten ihre Wirkung beim Lernen erst durch die gezielt aufbereiteten Inhalte, die sie kommunizieren. Es geht immer um eine adäquate didaktische Aufbereitung eines Lehrinhalts, die sich der Möglichkeiten eines Mediums gezielt bedient und dabei auch den Grad der Immersion reflektieren muss (vgl. Kerres 2021). Es bleibt die Frage, ob Immersion und die anderen hier aufgezeigten Erlebensdimensionen für die angestrebten Lernprozesse hilfreich sind oder nicht. Eine hohe Immersion kann den Lernprozess unterstützen, indem bestimmte Perspektiven sichtbar gemacht werden, in denen interaktiv handelnd operiert werden kann. Der Umgang mit der Darstellung und die Eingewöhnung in die VR-Technik kann aber auch mit einer unangemessenen Belastung des Arbeitsgedächtnisses einhergehen und ist somit im Hinblick auf die die angestrebten Lernprozesse genauer zu begründen (vgl. Mulders, Buchner, und Kerres 2020).

Literatur

Bailenson, Jeremy N. 2021. «Nonverbal Overload: A Theoretical Argument for the Causes of Zoom Fatigue». *Technology, Mind, and Behavior* 2 (1). https://doi.org/10.1037/tmb0000030.

Bickman, Leonard, und Karl M. Hamner. 1998. «An Evaluation of the Yad Vashem Holocaust Museum». *Evaluation Review* 22 (4): 435–46. https://doi.org/10.1177/0193841X9802200401.

Bond, Melissa, Katja Buntins, Svenja Bedenlier, Olaf Zawacki-Richter, und Michael Kerres. 2020. «Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: a systematic evidence map». *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 17 (2). https://doi.org/10.1186/s41239-019-0176-8.

Bulu, Saniye Tugba. 2012. «Place Presence, Social Presence, Co-Presence, and Satisfaction in Virtual Worlds». *Computers & Education* 58 (1): 154–61. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.024.

Chang, Eunhee, Hyun Taek Kim, und Byounghyun Yoo. 2020. «Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements». *International Journal of Human–Computer Interaction* 36 (17): 1658–82. https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351.

Chavez, Bayron, und Sussy Bayona. 2018. «Virtual Reality in the Learning Process». In *Trends and Advances in Information Systems and Technologies*, herausgegeben von Álvaro Rocha, Hojjat Adeli, Luís Paulo Reis, und Sandra Costanzo, 1345–56. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77712-2_129.

Clark, Richard E. 1994. «Media will never influence learning». *Educational Technology: Research & Development* 42 (2): 21–9. https://doi.org/10.1007/BF02299088.

Coltelli, Primo, Laura Barsanti, und Paolo Gualtieri. 2020. «Unveiling the Secrets of Escher's Lithographs». *Journal of Imaging* 6 (2): 5. https://doi.org/10.3390/jimaging6020005.

Csikszentmihalyi, Mihaly. 1987. *Das flow-Erlebnis: jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Cummings, James J., und Jeremy N. Bailenson. 2016. «How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence». *Media Psychology* 19 (2): 272–309. https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740.

Dengel, Andreas, Josef Buchner, Miriam Mulders, und Johanna Pirker. 2021. «Beyond the Horizon: Integrating Immersive Learning Environments in the Everyday Classroom». In *Proceedings of 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN 2021)*, 380–84. Online (Corona). https://immersivelrn.org/ilrn2021/ilrn-2021-proceedings/.

Derry, Ken. 2021. «Where Is Anne Frank?» *Journal of Religion and Film* 25 (2): https://doi.org/10.32873/uno.dc.jrf.25.02.016.

Franzluebbers, Anton, und Kyle Johnsen. 2018. «Performance Benefits of High-Fidelity Passive Haptic Feedback in Virtual Reality Training». In *Proceedings of the Symposium on Spatial User Interaction*, 16–24. SUI '18. New York, NY: Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3267782.3267790.

Ghosh, Sarthak, Lauren Winston, Nishant Panchal, Philippe Kimura-Thollander, Jeff Hotnog, Douglas Cheong, Gabriel Reyes, und Gregory D. Abowd. 2018. «NotifiVR: Exploring Interruptions and Notifications in Virtual Reality». *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 24 (4): 1447–56. https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2793698.

Gisbergen, Marnix van, Michelle Kovacs, Fabio Campos, Malou van der Heeft, und Valerie Vugts. 2019. «What We Don't Know. The Effect of Realism in Virtual Reality on Experience and Behaviour». In *Augmented Reality and Virtual Reality: The Power of AR and VR for Business*, herausgegeben von M. Claudia tom Dieck, und Timothy Jung, 45–57. Progress in IS. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06246-0_4.

Goffman, Erving. 1963. *Behavior in public places*. New York: The Free Press.

Graver, Lawrence. 2020. *An Obsession with Anne Frank: Meyer Levin and the Diary*. University of California Press. https://doi.org/10.1525/9780520313231.

Hartmann, Rudi. 2019. «Virtualities in the new tourism landscape: The case of the Anne Frank House Virtual Tour and of the visualizations of the Berlin Wall in the Cold War context». In *Tourism Fictions, Simulacra and Virtualities*. Routledge.

Hölterhof, Tobias. 2008. «Was Bedeutet ‹virtuelles Lernen›?». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie Und Praxis Der Medienbildung* (Occasional Papers): 1-12. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2008.05.29.X.

Houben, Daniel. 2018. «Von Ko-Präsenz zu Ko-Referenz – Das Erbe Erving Goffmans im Zeitalter digitalisierter Interaktion». In *Leib und Netz: Sozialität zwischen Verkörperung und Virtualisierung*, herausgegeben von Matthias Klemm, und Ronald Staples, 3–20. Medienkulturen im digitalen Zeitalter. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18863-4_1.

Kerres, Michael. 2020. «Frustration in Videokonferenzen vermeiden: Limitationen einer Technik und Folgerungen für videobasiertes Lehren». In *Handbuch E-Learning*, herausgegeben von Karl Wilbers, 4.69:59–78. Köln: Wolters Kluwer.

Kerres, Michael. 2021. *Didaktik. Lernangebote gestalten*. Münster: Waxmann.

Kerres, Michael, Tobias Hölterhof, und Axel Nattland. 2011. «Zur Didaktischen Konzeption Von ‹Sozialen Lernplattformen› für Das Lernen in Gemeinschaften». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie Und Praxis Der Medienbildung* (Occasional Papers): 1-22. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2011.12.09.X

Koch, Iring, und Christoph Stahl. 2017. «Lernen – Assoziationsbildung, Konditionierung und implizites Lernen». In *Allgemeine Psychologie*, herausgegeben von Jochen Müsseler, und Martina Rieger, 319–55. Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-53898-8_10.

Kozma, Robert B. 1994. «Will media influence learning? Reframing the debate». *Educational Technology: Research & Development* 42: 7–19.

Lackey, Stephanie J., J. N. Salcedo, James L. Szalma, und Peter A. Hancock. 2016. «The stress and workload of virtual reality training: the effects of presence, immersion and flow». *Ergonomics* 59 (8): 1060–72. https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1122234.

Lichtman, Sarah A. 2021. «Designing Absence at the Anne Frank House Museum, Amsterdam, and the Secret Annex Online: Exhibition design, virtual reality, and historic preservation». In *Design and Heritage. The Construction and Identity of Belonging. hrsg. v. Grace Lees Maffei, and Rebecca House*. Routledge.

Lu, Fangqing. 2017. «Museum Architecture as Spatial Storytelling of Historical Time: Manifesting a Primary Example of Jewish Space in Yad Vashem Holocaust History Museum». *Frontiers of Architectural Research* 6 (4): 442–55. https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.08.002.

Makransky, Guido, Thomas S. Terkildsen, und Richard E. Mayer. 2019. «Adding Immersive Virtual Reality to a Science Lab Simulation Causes More Presence but Less Learning». *Learning and Instruction* 60 (April): 225–36. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007.

Makransky, Guido, & Petersen, Gustav. B. (2021). «The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality». *Educational Psychology Review (33)*, 1-22.

Mayer, Richard E. 2020. *Multimedia Learning*. 3rd Edition. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

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): 208–24. https://www.learntechlib.org/p/218562/.

Mulders, Miriam, und Raphael Zender. 2021. «An Academic Conference in Virtual Reality?-Evaluation of a SocialVR Conference». In *Proceedings of the 2021 7th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*, herausgegeben von D. Economou, A. Peña-Rios, A. Dengel, H. Mentzelopoulos, A. Klippel, K. Erenli, M.J.W. Lee, und J. Richter, 1–6. IEEE. https://doi.org/10.23919/iLRN52045.2021.9459319.

Nahm, Veronika. 2020. «Erinnern an Anne Frank. Digitale und analoge Angebote in der neuen ständigen Ausstellung des Anne Frank Zentrums in Berlin». In *Entgrenzte Erinnerung*, 267–77. Berlin, München, Boston: De Gruyter Oldenbourg. https://doi.org/10.1515/9783110668971-011.

Oberhauser, Matthias, und Daniel Dreyer. 2017. «A Virtual Reality Flight Simulator for Human Factors Engineering». *Cognition, Technology & Work* 19 (2): 263–77. https://doi.org/10.1007/s10111-017-0421-7.

Parong, Jocelyn, und Richard E. Mayer. 2018. «Learning Science in Immersive Virtual Reality.» *Journal of Educational Psychology* 110 (6): 785–97. https://doi.org/10.1037/edu0000241.

Pearce, Andy, und Arthur Chapman. 2017. «Holocaust education 25 years on: challenges, issues, opportunities». *Holocaust Studies* 23 (3): 223–30. https://doi.org/10.1080/17504902.2017.1296082.

Peck, Tabitha C., Sofia Seinfeld, Salvatore M. Aglioti, und Mel Slater. 2013. «Putting Yourself in the Skin of a Black Avatar Reduces Implicit Racial Bias». *Consciousness and Cognition* 22 (3): 779–87. https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.04.016.

Perry, Gillian Walnes. 2018. *The Legacy of Anne Frank*. Grub Street Publishers.

Radwan, Ahmed, Tyler Kallasy, Abigail Monroe, Emily Chrisman, und Orrin Carpenter. 2018. «Benefits of alternative computer mouse designs: A systematic review of controlled trials». Herausgegeben von Zhongmin Jin. *Cogent Engineering* 5 (1): 1–18. https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1521503.

Rheinberg, Falko 2005. «Intrinsische Motivation und Flow-Erleben». In *Motivation und Handeln*, herausgegeben von Jutta Heckhausen und Heinz Heckhausen. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-29975-0_13.

Scavarelli, Anthony, Ali Arya, und Robert J. Teather. 2019. «Towards a Framework on Accessible and Social VR in Education». In *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 1148–9. https://doi.org/10.1109/VR.2019.8798100.

Scerbo, Mark W., und Steven Dawson. 2007. «High Fidelity, High Performance?» *Simulation in Healthcare* 2 (4): 224–30. https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e31815c25f1.

Schneider, Jan, Gianluca Romano, und Hendrik Drachsler. 2019. «Beyond Reality –Extending a Presentation Trainer with an Immersive VR Module». *Sensors* 19 (August): 3457. https://doi.org/10.3390/s19163457.

Schneider, Martin. 2012. *Der Mensch als Gestalter von Räumen: Räumliche Praktiken und gesellschaftliche «Raumproduktionen»*. Paderborn: Brill Schöningh. https://doi.org/10.30965/9783657775422_005.

Schulz, Farriba. 2019. «Figures of Memory: Das Tagebuch der Anne Frank zwischen Text und Bild, Wort und Symbol». *Jahrbuch der Gesellschaft für Kinder- und Jugendliteraturforschung*, Dezember, 51–62. https://doi.org/10.21248/gkjf-jb.37.

Slater, Mel. 2009. «Place Illusion and Plausibility Can Lead to Realistic Behaviour in Immersive Virtual Environments». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364 (1535): 3549–57. https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138.

Slater, Mel, und Maria V. Sanchez-Vives. 2016. «Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality». *Frontiers in Robotics and AI* 3 (Dezember). https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074.

Slater, Mel, und Sylvia Wilbur. 1997. «A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (6): 603–16. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603.

Smith, Shamus. P., und Elizabeth L. Burd. 2019. «Response activation and inhibition after exposure to virtual reality». *Array, 3:* 100010. https://doi.org/10.1016/j.array.2019.100010.

Steptoe, William, Anthony Steed, und Mel Slater. 2013. «Human Tails: Ownership and Control of Extended Humanoid Avatars». *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 19 (4): 583–90. https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.32.

Sweller, John. 2010. «Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load». *Educational Psychology Review* 22 (2): 123–38. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5.

Tverksy, Barbara. 2000. «Levels and structure of spatial knowledge». In *Cognitive Mapping. Past, present and future*, herausgegeben von Rob Kitchin, und Scott Freundschuh. London: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315812281.

Vlachopoulos, Dimitrios, und Agoritsa Makri. 2017. «The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review». *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 14 (1): 22. https://doi.org/10.1186/s41239-017-0062-1.

Walk, Richard D. 1979. «Depth Perception and a Laughing Heaven». In *Perception and its Development*. Psychology Press.

Welsch, W. (2000). «Virtual to Begin with?» In *Subjektivität und Öffentlichkeit: Kulturwissenschaftliche Grundlagenprobleme virtueller Welten*, herausgegeben von Mike Sandbothe, und Winfried Marotzki, 25–60. Köln: Halem.

Wong, Zi Yang, und Gregory Arief D. Liem. 2021. «Student Engagement: Current State of the Construct, Conceptual Refinement, and Future Research Directions». *Educational Psychology Review* (34): 107–38. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09628-3.

Zender, Raphael, Pia Sander, Matthias Weise, Miriam Mulders, Ulrike Lucke, und Michael Kerres. 2020. «HandLeVR: Action-Oriented Learning in a VR Painting Simulator». In *Emerging Technologies for Education*, herausgegeben von Elvira Popescu, Tianyong Hao, Ting-Chia Hsu, Haoran Xie, Marco Temperini, und Wei Chen, 46–51. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_6.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Medienkulturwissenschaftliche Perspektiven auf Augmented und Virtual Reality in formalen Bildungskontexten

Nicola Przybylka[1]

[1] Ruhr-Universität Bochum

Zusammenfassung
Der Beitrag widmet sich aus einer medienkulturwissenschaftlichen Perspektive dem Einsatz von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) in formalen Bildungskontexten. Insbesondere stehen die medientechnischen Grundlagen von AR und VR sowie deren Verschränkung mit Diskursen aus Bildungspolitik, Wirtschaft und Wissenschaft im Fokus. Zunächst wird eine Vernachlässigung der spezifischen Medialität der beiden Technologien anhand des Skalenmodells von Milgram und Kishino (‹virtuality continuum›) aus dem Jahr 1994 und der darin angelegten Verhältnisbestimmung von Virtualität und Realität sowie anhand eines Paradigmenwechsels bei der Interfacekonzeption der beiden Technologien identifiziert. Um die Relevanz der materiellen und datentechnischen Dimension zu verdeutlichen, verweist der Beitrag anschliessend anhand des Grosskonzerns Facebook bzw. Meta auf die systematische Verschränkung der Lernenden mit wirtschaftlichen Akteuren, deren popkulturell geprägten Visionen und ökonomischen Interessen. Daran anknüpfend wird auf das im Kontext von AR und vor allem VR dominante Narrativ der sogenannten ‹Empathie-Maschine› eingegangen und dessen Auswirkung auf die inhaltliche Ausgestaltung von AR- und VR-Anwendungen diskutiert. Die im Beitrag aufgeworfenen Fragen ergänzen didaktische Auseinandersetzungen mit dem Einsatz der beiden Technologien in formalen Bildungskontexten.

Media Cultural Perspectives on Augmented and Virtual Reality in Educational Contexts

Abstract
This paper focuses on the use of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) in educational contexts (school and higher education) from the perspective of Media Studies. In particular, the paper addresses the basic principles of AR and VR in terms of media technology and its intertwinement with discourses from fields such as education policy, economy and science. First, a neglect of the specific mediality of the two technologies is

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

established on the basis of a scale model by Milgram and Kishino, the ‹virtuality continuum› from 1994, which aims to determine the relationship between virtuality and reality. Moreover, a paradigm shift in the interface designs of the two technologies is identified. In order to emphasize the relevance of the material and data-technical dimension, the article then uses Facebook (now named Meta) as an example to refer to the systematic entanglement of learners with economic actors, their visions influenced by pop culture and economic interests. Subsequently, the author presents the narrative of the so-called ‹empathy machine›, which is dominant in the context of AR and especially VR. The author discusses the narrative's impact on the content of AR and VR applications. The questions raised in the article are intended to supplement didactic discussions on the use of the two technologies in educational contexts.

1. Einleitung[1]

Unmittelbar nach dem Vorwort zur Digitalstrategie leitet das ganzseitige Stockfoto einer Frau mit einem Head Mounted Display (HMD) auf dem Kopf zu den Grundüberzeugungen des BMBF zum Thema «Digitale Zukunft: Lernen. Forschen. Wissen.» über (Abb. 1). Obwohl AR- und VR- Anwendungen, die mit einer solchen Brille rezipiert werden können, im gesamten Strategiepapier nicht thematisiert werden, fungiert das HMD als symbolträchtiges Gimmick für eine zukunftsfähige digital-technische Aufrüstung der Bundesrepublik. Auf die gleiche Symbolkraft wird auf einem Wahlplakat der SPD für die Bundestagswahl 2021 (Abb. 2) oder in einem Erklärvideo für den DigitalPakt Schule gesetzt, in dem Lehrer Müller neben einem Whiteboard und schnellem W-LAN auch eine VR-Brille für seinen Unterricht beantragen möchte (Abb. 3). Im September 2021 erklärte Schul- und Bildungsministerin Yvonne Gebauer zudem, dass Virtual Reality als «wegweisende Zukunftstechnologie […] dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien einen weiteren Schub verleihen» werde (Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen 2021).

1 Der Aufsatz entstand im Rahmen des Projekts «Digitalisierung in der Ausbildung von Lehramtsstudierenden: Orientierung und Gestaltung ermöglichen» an der Ruhr-Universität Bochum, das von der gemeinsamen «Qualitätsoffensive Lehrerbildung» von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2040 gefördert wird. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.



Abb. 1: Bildlicher Aufmacher für die Digitalstrategie des BMBF «Digitale Zukunft: Lernen. Forschen. Wissen.» (BMBF, Bundesministerium für Bildung und Forschung 2019, 3), Originalbild von Adobe Stock/Gorodenkoff.



Abb. 2: SPD-Wahlwerbung für die Bundestagswahl 2021, verfügbar auf dem offiziellen Twitter-Account der Partei. https://twitter.com/spdde/status/1439673314738376706



Abb. 3: Erklärvideo für den DigitalPakt Schule mit einer VR-Brille für Lehrer Müller (BMBF, Bildungsministerium für Bildung und Forschung, o. J.)

Dieser (Bild-)Sprache zum Trotz erfolgt der Einsatz von AR- und VR-Anwendungen in schulischen und universitären Bildungseinrichtungen jedoch noch verhalten, obwohl uns der coronabedingte Wegfall des Präsenzunterrichts digitalen Lehr- und Lernräumen neue (bildungs-)politische und gesellschaftliche Aufmerksamkeit zuteilwerden liess. Dies mag an der fehlenden technischen Infrastruktur an deutschen Schulen und Universitäten, an mangelnder Erfahrung und damit Akzeptanz sowie einer noch nicht ausgebauten Forschungslage zu diesen relativ neuen Technologien liegen. Im deutschsprachigen Raum finden sich neben bildungs- und lerntheoretischen sowie (medien-)pädagogischen Forschungsarbeiten zu AR und VR (Zender u. a. 2018; Hellriegel und Čubela 2018; Kaspar 2021; Buchner u. a. 2020) in jüngster Zeit auch erste fachspezifische Lehrkonzepte (Mohring und Brendel 2020; Bürki und Buchner 2020; Jauch 2019; Friedrich Verlag 2019) und Ideensammlungen von Medienzentren für den unterrichtlichen Einsatz von AR und VR (kmz 2020; Wössner, o. J.). Vorwiegend geht es dabei um organisatorische Fragen (technische Infrastruktur, Finanzierung, Anzahl der Geräte), eine (fach-)didaktisch sinnvolle Einbettung der beiden Technologien sowie um die Prüfung der fachlichen Qualität der durch sie vermittelten Inhalte. Medienkulturwissenschaftliche Auseinandersetzungen mit AR und VR, die ihren Blick auf die Medientechnologien selbst, auf ihre materiellen Bedingungen in Form von Hard- und Software sowie auf ihre Wechselwirkungen mit Praktiken, Diskursen, Subjekten und Inhalten richten (Weich 2020; Braun und Friess 2019; Othmer und Weich 2015), sind im deutschsprachigen Raum jedoch noch unterrepräsentiert. Erste Ansätze lassen sich mittlerweile in (Beinsteiner u. a. 2020) finden. Der Beitrag geht der Frage nach, wie eine medienkulturwissenschaftliche Perspektive auf die spezifische Medialität von Augmented und Virtual Reality (fach-)didaktische Überlegungen zu deren Einsatz im formalen Bildungskontext (Schule und Hochschule) bereichern kann. Dazu werden materielle und medientechnologische (Kapitel 3) sowie sozio-ökonomische Aspekte (Kapitel 4) und deren Wechselwirkung mit inhaltlichen Ausgestaltungen (Kapitel 5) beleuchtet.

2. Medien – Mehr als Werkzeuge

> «One core interest is how emerging technologies are potentially transforming education and society. Critical research is, in this sense, about observing emerging technologies, questioning the hype surrounding them and reflecting on their sociopolitical implications.» (Macgilchrist 2021, 243)

Medienwissenschaftliche Betrachtungsweisen zeichnet grundsätzlich aus, Medien nicht als neutrale Archive oder Vermittler von Informationen zu veranschlagen. Stattdessen strukturieren Medien durch ihre soziotechnischen, historischen, ästhetischen, identitätsstiftenden und normativen Dimensionen die durch sie

transportierten Inhalte stets mit. Jedes Medium legt durch seine eigene Operationslogik ein Repertoire oder einen Spielraum an Möglichkeiten von dem fest, was wahrnehmbar und erfassbar ist und was nicht (Strategiekommission GfM und AG Medienkultur & Bildung 2013; Seel 1998; Winkler 2004). Entsprechend sind Medien auch keine blossen Werkzeuge, derer sich der Mensch durch eine wie auch immer definierte ‹korrekte› Handhabung bedient – eine Haltung, die sich in Formulierungen wie «die Digitalisierung so gestalten, dass sie den Menschen dient» (BMBF, Bundesministerium für Bildung und Forschung 2019, 2) aus der eingangs erwähnten Digitalstrategie immer wieder manifestiert. Eine (Medien-)Kultur, in der wir dauerhaft mit digitalen Technologien interagieren, kommunizieren, unseren Wahrnehmungs- und Handlungsraum erweitern oder auch einschränken, lässt sich durch solch ein instrumentelles Verständnis von Medien nicht adäquat fassen und deutet auf ein Unbehagen gegenüber einer dem menschlichen Subjekt entzogenen Handlungsmacht hin, wie es Valentin Dander auch in Forschungsansätzen der Medienpädagogik ausmacht (Dander 2017, 51). Einem medien(kultur-)wissenschaftlichen Zugang geht es dementsprechend um die Grundsätzlichkeit medialer Bedingtheiten von Selbst- und Welterschliessung, die unter dem Vorzeichen der Digitalisierung neu in den Blick genommen werden müssen (Missomelius 2015; Othmer und Weich 2015; Bettinger 2020). Jenseits der Übersetzung analoger in digitale Signale verändert Digitalität nämlich die Bedingungen für Bildungsprozesse und eröffnet neue Handlungsräume, in denen gelehrt und gelernt wird. So ist ein Smartboard nicht einfach die digitale Version einer Tafel, sondern bringt auch neue Praktiken (u. a. das fehlende Schreiben an der frontal positionierten Tafel mit dem Rücken zum Klassenraum), Subjektpositionen und Machtkonstellationen (Ergebnisse der Schüler:innen können durch Verknüpfung von Smartboard und Tablet potenziell jederzeit eins zu eins der gesamten Klasse sichtbar gemacht werden) sowie Inhalte (u. a. schnelle Verknüpfung mit dem Internet) mit sich:

> «Es geht also nicht nur um die Informationen, die vermittelt werden, sondern darum, wie die Technologie und die mit ihr verbundenen Praktiken bestimmte Wissens-, Subjektivierungs- und Deutungsangebote nahelegen bzw. wie die Technologie, verschränkt mit anderen menschlichen und nicht-menschlichen Dingen, im Unterricht agiert und zum Handeln auffordert» (Macgilchrist 2018, 282).

Den nicht-menschlichen Dingen und damit der Bedeutung der «Materialität pädagogischer Prozesse» (Nohl und Wulf 2013) widmet sich auch die Erziehungswissenschaft seit einiger Zeit im Rahmen des ‹material turns›.[2] Wie Nohl und Wulf ausführen, ist dieser Turn analog zu anderen kultur- und sozialwissenschaftlichen

2 Für eine aktuelle Ausarbeitung der verschiedenen Strömungen des ‹material turns› siehe (Hoppe und Lemke 2021).

Disziplinen im Wesentlichen durch Bruno Latours Akteur-Netzwerk-Theorie inspiriert. Aber bereits vor dessen Konjunktur liessen sich erziehungswissenschaftliche Arbeiten zur «Verwicklung von Menschen und Dingen in pädagogischen Prozessen» finden (Nohl und Wulf 2013). Die materiellen Komponenten technischer Artefakte bedürfen jedoch einer gesonderten Betrachtung, die, wie Patrick Bettinger feststellt, in der deutschsprachigen, erziehungswissenschaftlichen Forschung noch nicht systematisch vollzogen wird (Bettinger 2020), denn die Materialität als Träger von Zeichen und Informationen bestimmt die spezifische Medialität und damit die Interaktion zwischen Medium und Subjekt wesentlich mit. Meist tritt sie jedoch hinter den durch das Medium vermittelten Inhalt zurück. Um die Relevanz dieser Feststellung für den Einsatz von AR und VR in unterrichtlichen Settings zu verdeutlichen, widmet sich das folgende Kapitel der materiellen Dimension von AR- und VR-Technologien. Dazu wird jenes Verständnis von Virtualität und Realität herausgearbeitet, das sich in einem verbreiteten Definitionsmodell von AR und VR äussert und das sich in der Gestaltung von Ein- und Ausgabeelementen, dem sogenannten Interface, fortschreibt.

3. Das virtuality continuum und Natural User Interfaces

Zur Systematisierung und Definition von AR und VR hat sich gemeinhin das virtuality continuum, manchmal auch als reality-virtuality continuum bezeichnet, von Milgram und Kishino aus dem Jahr 1994 durchgesetzt. Das Modell grenzt die beiden Technologien konzeptionell voneinander ab, indem es AR und VR auf einer Skala einordnet. Auf der linken Seite ist dabei die real environment («consisting solely of real objects»), auf der rechten Seite die virtual environment («consisting solely of virtual objects») angeordnet (Abb. 4).

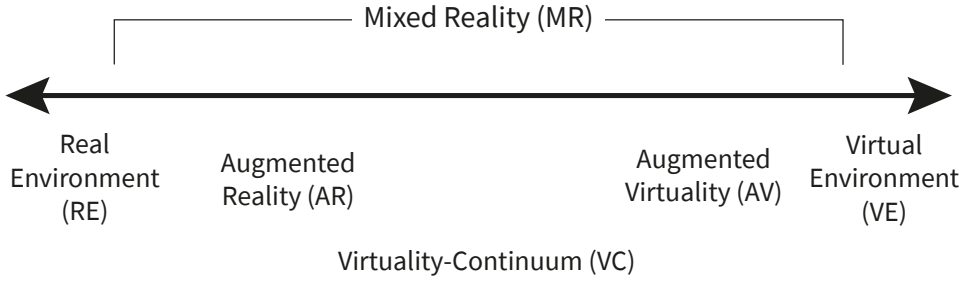


Abb. 4: Das virtuality continuum (Milgram und Kishino 1994).

Das virtuality continuum führt durch diese polare Gegenüberstellung eine Ontologie von Realität fort, die von virtuellen Elementen bereinigt sei, und bestärkt das Bild einer von der Realität getilgten Virtualität. Diese Semantik ist damit tendenziell an Diskurse anschlussfähig, die einerseits im bewahrpädagogischen Stil digitale Technologien im Allgemeinen und VR im Besonderen als eskapistische, gegensätzliche

Form einer wie auch immer gearteten ‹wahren Wirklichkeit› abqualifizieren oder andererseits AR und VR als Befreiung des Menschen von einer ihn physikalisch und biologisch limitierenden Realität ansehen. Der grundsätzlichen Interdependenz von virtuellen und realen Räumen, die unsere Lebenswelt ausmacht, wird eine solche Ontologie jedoch nicht gerecht. Dies kann bereits an alltäglichen Phänomenen illustriert werden: Ein Gespräch mit einem Freund über einen Messenger-Dienst oder ein im Internet gestreamtes Konzert sind nicht weniger ‹wahr› oder ‹wirklich› als das Konzerterlebnis vor Ort oder ein Face-To-Face-Gespräch. Auch Entwicklungen wie das Internet der Dinge führen die Wirkkraft des Virtuellen im Realen eindrücklich vor Augen (Sprenger 2019). Wie Martin Seel in seinem Aufsatz *Medien der Realität und Realität der Medien* feststellt «haben die Neuen Medien[3] Realität und schaffen sie neue Realitäten – nicht freilich durch eine Abschaffung der Wirklichkeit, sondern durch deren Veränderung» (Seel 1998). Analog dazu formuliert der Philosoph David J. Chalmers in seinem Aufsatz *The Virtual and the Real*:

> «It may be a second-level reality, in that it is contained within physical reality and realized by processes in the physical world, but this need not make it less real or less valuable.» (Chalmers 2017, 350)

Das Kontinuum und die dazugehörige Taxonomie wurden mittlerweile von unterschiedlichen Fachrichtungen aus überarbeitet, ergänzt und an technische Weiterentwicklungen und Studien zur Medienrezeption angepasst (Skarbez, Smith, und Whitton 2021). In medien- und fachdidaktischen Ausführungen steht das Schaubild von 1994 jedoch häufig für sich, ohne die modellhafte und techni(zisti)sche Gegenüberstellung von Realität und Virtualität näher einzuordnen. Neben der Fortführung einer überholten Dualität wird dadurch ein weiterer Aspekt in den Hintergrund gedrängt – nämlich, dass alles Virtuelle handfeste, materielle Grundlagen hat. Gemeint sind die technischen Komponenten der Hardware sowie die mit ihnen verschränkte Software und interagierenden Körper. Die Vernachlässigung dieser Dimension wird nicht nur anhand des virtuality continuum deutlich, sondern drückt sich auch im Sprechen über die spezifische Bildlichkeit von AR und VR aus. Als Erfinder des Head Mounted Displays legte Ivan Sutherland durch das Entpacken von Daten in Echtzeit den technologischen Grundstein für AR und VR:

> «The fundamental idea behind the three-dimensional display is to present the user with a perspective image which changes as he moves. […] The image presented by the three-dimensional display must change in exactly the way that the image of a real object would change for similar motions of the user's head». (Sutherland 1968, 757)

3 Mit «Neuen Medien» meint Seel elektronische Medien (Seel 1998). Auf eine Kategorisierung von Medientypen wird im Hinblick der Kürze des Beitrags verzichtet.

Die Anpassung des augmentierten oder virtuellen Bildes an die Blickrichtung beziehungsweise an die Positionierung des digitalen Endgeräts wird seitdem diskursiv mit Begriffen wie Immersion oder Authentizität aufgeladen und medienkomparativ von anderen Bewegtbildmedien abgegrenzt. So beschreibt Chris Milk (siehe Kapitel 5) die Rezeption von VR folgendermassen:

> «I mean, all the media that we watch – television, cinema – they're these windows into these other worlds. […] But I don't want you in the frame, I don't want you in the window, I want you through the window, I want you on the other side, in the world, inhabiting the world.» (Milk 2015)

Wenn Sybille Krämer schreibt: «Medien wirken wie Fensterscheiben: Sie werden ihrer Aufgabe umso besser gerecht, je unauffälliger sie unterhalb der Schwelle unserer Aufmerksamkeit verharren» (Krämer 1998, 74), dann soll mit AR und VR die Metapher des Fensters obsolet werden und Nutzende durch das Fenster hindurchsteigen (VR) bzw. der augmentierte Inhalt in die Welt der Nutzenden hineintreten.

Die diskursive Verdrängung des Materiellen steht wiederum mit der Interfacegestaltung der Hard- und Software von AR und VR in Wechselwirkung. Während in den 1960er-Jahren Pioniere wie Douglas Engelbart die Mensch-Computer-Interaktion revolutionierten – anstelle einer schriftlichen Befehlseingabe von Maschinencodes konnte nun mittels grafischer Elemente, Maus und Tastatur mit dem Computer kommuniziert werden – sollen haptische Schnittstellen einem scheinbar immateriellen Interaktionsraum weichen und durch eine Navigation mittels ‹natürlicher› Gesten und Körperbewegungen abgelöst werden. Subsumiert werden diese neuen Interaktionsangebote unter der Bezeichnung Natural User Interface, wobei die Fragilität der Betitelung ‹natürlich› bereits hinreichend diskutiert wird (Wirth 2017; Schemer-Reinhard 2020; Rieger 2019). In einem Werbespot für die Oculus Quest 2 wird sich dementsprechend dem Game-Controller entledigt, der nur noch als Spielzeug für den Hund taugt (Oculus 2020). Michael Abrash von *Facebook Reality Labs* (siehe Kapitel 4) fordert unter Rekurs auf Engelbart und erinnernd an Mark Weisers Vorstellungen vom Ubiquitous Computing – eine alle Lebensbereiche umfassende Verbreitung von Computern, die möglichst unter der Wahrnehmungsschwelle der Menschen in das alltägliche Leben integriert werden[4] – einen Paradigmenwechsel bei der Interfacegestaltung für AR-Brillen:

> «A paradigm shift is needed because always-on AR glasses have the potential to be integral to almost everything we do. They will always be available to help us communicate, navigate, learn, share, and act, so the user interface has to work seamlessly no matter what we're doing. […] That, in turn, opens the door for an interface that's proactive rather than reactive, that's intuitive,

4 «The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it» (Weiser 1991, 94).

> that understands our intent and acts almost before we know we need it. Ideally, that interface would have very little friction, would be highly reliable and private, and would allow us to remain completely present in the real world at all times.» (Facebook Connect | Keynote 2020 2020, 1:16:14-1:17:48)

Der Beitrag plädiert dafür, in formalen Bildungskontexten wie Schule und Hochschule die diskursiv ausgeklammerte materielle Grundlage von AR und VR in Form von physischen Hard- und datentechnischen Softwarekomponenten und die in sie eingeschriebenen normativen Setzungen zu thematisieren sowie die mit ihnen in Wechselwirkung stehenden Praktiken, Subjektpositionen und Wissensbestände zu berücksichtigen. Es liesse sich beispielsweise fragen, welches Handhabungswissen das Interfacedesign von den Lehrenden und Lernenden erfordert und wie der Zugang zu diesem Wissen mit sozialstrukturellen Faktoren verknüpft ist (zum *First-Level und Second-Level* Digital Divide siehe (Verständig, Klein, und Iske 2016). Was wird von der Hard- und Software als Lernerfolg ausgewiesen und wie wird dies den Lernenden übermittelt? Für welche Körper sind die als ‹natürlich› ausgewiesenen Schnittstellen ausgelegt und wie fungiert ein VR-Headset demzufolge auch als Inklusions- oder Exklusionsinstanz? Welche personenbezogenen Daten werden während der Nutzung einer Anwendung gesammelt, und von welchen Akteuren werden sie ausgewertet? So können aktuelle HMD-Modelle neben Körperbewegungen auch Augenbewegungen und Gesichtsregungen sowie die Herzfrequenz tracken. Mit AR-Filtern für die Bearbeitung von Fotos werden Gesichter gescannt, analysiert und bearbeitet. Darüber hinaus begleitet das Smartphone als mobiler Informationsträger für AR-Anwendungen, die auf GPS-Daten zurückgreifen, die Lernenden auf Schritt und Tritt. Mit der materiellen und datentechnischen Dimension zusammenhängend wird im Folgenden anhand des Technologiekonzerns Facebook bzw. Meta weiterführend illustriert, mit welchen ökonomischen Interessen, Unternehmensphilosophien und Technikvisionen die Lernenden durch die Nutzung von AR und VR explizit oder implizit konfrontiert werden.

4. Die Sache mit Facebook (Meta)[5]

In die Entwicklung von Hardware, System- und Anwendungssoftware für Augmented und Virtual Reality wird von führenden Technologiekonzernen wie Google, Microsoft, Apple, Samsung, Sony oder Huawei seit einiger Zeit verstärkt investiert. Am öffentlichkeitsstärksten stellt jedoch Facebook seine marktpolitischen Ambitionen aus, AR- und VR-Hardware sowohl für Unternehmen als auch für den Consumer-Bereich

5 Im Oktober 2021 wurde das Unternehmen in Meta Platforms, kurz Meta umbenannt. ‹Facebook› steht seither nur noch für das soziale Netzwerk, nicht mehr für den Konzern allgemein. Da die Umbenennung beim Verfassen des Artikels noch nicht in den allgemeinen Sprachgebrauch übergegangen ist, verwendet der Beitrag weiterhin den Namen Facebook für den gesamten Technologiekonzern.

zu etablieren (Roettgers 2021b; Egliston und Carter 2022). Durch den Kauf zahlreicher VR- und AR-Studios baut Facebook seine Marktmacht aus (Newton 2022) und bindet beide Technologien narrativ in die eigene Firmenphilosophie ein. Aus diesem Grund wird sich im Folgenden nur auf Facebook konzentriert, ohne die ökonomische Relevanz anderer Technologiekonzerne in Abrede stellen zu wollen. Bereits im März 2014 kaufte Facebook das Unternehmen Oculus VR für ca. 2,3 Milliarden Dollar. Gegründet wurde das Unternehmen 2012 von dem amerikanischen VR-Enthusiasten Palmer Luckey[6], der die Oculus Rift, eine vergleichsweise günstige VR-Brille für Konsumierende ausserhalb des unternehmerischen Kontextes, im selben Jahr auf den Markt brachte. Der Hype-Train um VR nahm damit erneut an Fahrt auf, nachdem Vermarktungsversuche im Unterhaltungssektor seit den 1990er-Jahren, zum Beispiel mit Nintendos Virtual Boy von 1995, keine langfristigen Erfolge erzielt hatten. Mark Zuckerberg, Gründer und CEO von Facebook, sprang mit dem Kauf von Oculus VR auf diesen Zug auf und skizzierte 2014 in einem Facebook-Post, wie er mit VR (und später auch AR) eine neue Kommunikationsplattform etablieren wolle. Schon hier positionierte er das Präsenzgefühl (‹sense of presence›) als zentrales Anliegen der Entwicklung von AR- und VR-Formaten, um bei den Rezipierenden trotz örtlicher Distanz in einem virtuellen Raum das Gefühl von Nähe und Beisammensein zu erzeugen (Zuckerberg 2014). 2020 brachte das Unternehmen die Oculus Quest 2 heraus, das preiswerteste und mittlerweile weltweit meistverkaufte VR-Headset (Bezmalinovic 2021). Zudem eröffnete das Unternehmen mit Project Aria seine Pläne für die Entwicklung einer AR-Brille in Kooperation mit dem Brillenhersteller Ray Ban. Mit Facebook Reality Labs wurde überdies ein eigener Forschungsbereich zu AR und VR innerhalb des Unternehmens eingerichtet. Auf der Online-Veranstaltung Facebook-Connect äusserte sich Zuckerberg mit Bezug auf die Coronapandemie und die dadurch prekär gewordene körperliche Nähe folgendermassen über die verstärkt in das Produktportfolio aufgenommenen Technologien:

> «What we're missing is this feeling of presence, the feeling of actually being right there with someone else with all of the different sensations that that includes. So that's what the whole fields of virtual and augmented reality are about: delivering that sense of presence». (Facebook Connect | Keynote 2020 2020, 1:19-1:37).

Andrew Bosworth, damals Vizepräsident bei Facebook Reality Labs und seit September 2021 Chief Technology Officer von Facebook, sieht AR und VR gleichsam an der Spitze einer Mediengenealogie, die als lineare Steigerung der Überbrückung von physischer und emotionaler Distanz zwischen Menschen verstanden wird:

6 Neben Luckey zählen auch Brendan Iribe, Michael Antonov und Nate Mitchell zu den Mit-Gründern von Oculus VR. Ohne genauer auf die Verbindung zwischen VR und Militärtechnik eingehen zu können, sei darauf hingewiesen, dass Luckey im Juli 2017 das Verteidigungsunternehmen Anduril gründete, das u. a. Überwachungssysteme für Grenzkontrollen an der texanischen Grenze testet (Förtsch 2020).

> «At Facebook Reality Labs, we often say that we see AR and VR as the next step in computer evolution. From mainframes and desktops, desktops to laptops, and laptops to smartphones, these are what comes next. […] I mean, everyone knows that computers are useful […], but from the very beginning, they've also had another important purpose: to connect people.» (Facebook Connect | Keynote 2020 2020, 20:41-21:23)

Aufbauend auf den verstärkten Investitionen in AR- und VR-Technologie und einer personellen Umstrukturierung (siehe Andrew Bosworths Beförderung zum CTO) eröffnete Zuckerberg im Sommer 2021, dass Facebook an der Entwicklung des sogenannten Metaverse einer Art «embodied internet» arbeite (Newton 2021). Im Oktober 2021 erfolgte daran anknüpfend die Umbenennung des Konzerns Facebook zu Meta Platforms, kurz Meta. Das Metaverse stellt eine begriffliche Anlehnung an den dystopischen Science Fiction-Roman *Snow Crash* von Neal Stephenson aus dem Jahr 1992 dar. In dieser Geschichte ist das Metaverse ein virtueller Fluchtraum vor den Grausamkeiten der Welt, in den sich der Mensch als Avatar verkörpert begeben kann. Bisher ist das Metaverse jenseits dieser popkulturellen Aufladung allenfalls vage mit technischen Konkretisierungen gefüllt.[7] Als geräteübergreifende und damit Facebooks Wirkkreis stark erweiternde Infrastruktur beziehungsweise Kommunikationsplattform solle es den Nutzenden ermöglichen, das Internet in Form von verkörperten Avataren zu rezipieren (Roettgers 2021a). In einem Interview mit Casey Newton vom Mediennetzwerk The Verge formuliert es Zuckerberg so:

> «And you feel present with other people as if you were in other places, having different experiences that you couldn't necessarily do on a 2D app or webpage, like dancing, for example, or different types of fitness. […] I've been thinking about some of this stuff since I was in middle school and just starting to code […]. And some of them I was able to do back then, but one of the things that I really wanted to build was basically the sense of an embodied internet where you could be in the environment and teleport to different places and be with friends» (Newton 2021).

Mit AR und VR scheint Facebook eine Lücke im Geschäftsmodell schliessen zu wollen, die der Historiker Yuval Noah Harari in einem Interview mit Zuckerberg von 2019 auf den Punkt bringt:

> «And then the practical question for a service provider like Facebook is, ‹what is the goal›? I mean, are we trying to connect people, so ultimately, they will leave the screens and go and play football […]? Or are we trying to keep them as long as possible on the screens?» (Harari 2019, 10:58-11:16)

7 Auch andere Akteure innerhalb der Technik-Branche entwickeln mittlerweile Ideen rund um das Schlagwort ‹Metaverse› (Newton 2021; Eisenbrand und Peterson 2020; Pierce 2021).

Wenn Facebook seine Nutzenden also erfolgreich miteinander vernetzt, gelangen sie irgendwann an den Punkt, ihre online-Kommunikation durch eine Begegnung in Präsenz zu unterbrechen und sich damit aus dem Facebook-Universum zu verabschieden. Indem Facebook Augmented und vor allem Virtual Reality werbetechnisch an ein Präsenzgefühl knüpft und damit in die Facebookphilosophie und -strategie einer Kommerzialisierung von Konnektivität (‹to connect people›) einfügt, scheint das Unternehmen eben diesem Interessenkonflikt begegnen zu wollen. AR und VR erweitern nämlich nicht nur das generelle Angebot an Kommunikationsmöglichkeiten, sondern machen es nun möglich, die fehlende körperliche Nähe in einen gemeinsamen Handlungsraum zu verlagern, der Menschen potenziell dazu bringt, die Bildschirme zu verlassen und sich zu treffen: die virtuellen Räume Facebooks. Diese Feststellung verbleibt nicht nur auf der Ebene der Werbeversprechen, sondern hat auch Auswirkungen auf die technische Entwicklung von AR- und VR-Formaten. Da Facebooks Firmenpolitik eine Übereinstimmung von Online- und Offline-Identität voraussetzt, wurde beispielsweise für den Gebrauch der Oculus Quest 2 die Verknüpfung mit dem eigenen Facebook-Account obligatorisch. Die sich daraus ergebenden datenschutzrechtlichen Bedenken haben den Verkauf der Brillen in Deutschland verunmöglicht. Facebooks Werbeversprechen, in VR alles und jeder sein zu können, das als Topos seit jeher mit Virtual Reality in Verbindung gebracht wird und an eine in den 1990ern kursierende Utopie vom *Internet als machtfreien und identitätslosgelösten Raum* erinnert, wird dadurch ad absurdum geführt.

Warum ist dieser Exkurs zu popkulturellen Bezugnahmen und der marktstrategischen Einbindung von AR und VR in Facebooks Firmenphilosophie für Bildungskontexte von Interesse? Zum einen setzt Facebook als einer der grössten Technologiekonzerne weltweit technische Standards, die mit der massiven Verbreitung von WhatsApp, Instagram und der Social Media Plattform facebook den Bereich der Anwendungssoftware betreffen, mit der Entwicklung von AR- und VR-Geräten aber auch Hardware und Systemsoftware standardisieren. Schüler:innen oder Studierende sind durch die Nutzung von AR und VR aus dem Hause Facebook daher mit den ökonomischen Interessen und der Ideologie eines global agierenden Technologiekonzerns verschränkt. *Facebook als Data Mining Plattform* lebt davon, «die sozialen Beziehungen und die Kommunikation ihrer User zu speichern, zu analysieren und an Dritte zu verkaufen, sowie, wie hinlänglich bekannt, Werbung zu schalten» (Leistert 2015, 171), wofür die Verknüpfung des Oculus-Headsets mit einem Facebook-Account nur ein Beispiel ist. Durch verschiedene Sensoren und Kameras werden Daten in Echtzeit generiert, welche die Position des VR-Headsets und die Bewegungen der Nutzenden tracken oder die Bereitstellung ortsspezifischer Informationen mittels einer AR-Brille ermöglichen (Näheres zu den technischen Details siehe (Hesch, Kozminski, und Linde 2019). Darüber hinaus stehen Planungen im Raum, gesammelte Daten von VR-Workouts und Sportspielen mit der Health-App von Apple zu koppeln (Gurman

2021). Wenn global vernetzte Unternehmen lediglich als Bereitsteller technischer Infrastrukturen verstanden werden, bleiben für die Bildungspraxis hochrelevante Perspektiven auf Kommerzialisierungsprozesse, technische Standardsetzungen und Big Data unberücksichtigt.[8] Zum anderen sind Zuckerbergs Bezugnahmen auf Science-Fiction Literatur ein Beispiel dafür, wie popkulturelle Diskurse bei der Entwicklung von AR und VR als Ideengeber oder Orientierungshilfe fungieren können:

> «For the Gen X and Millennial tech entrepreneurs who dominate Silicon Valley today, the science fiction stories of their youth have always treated VR as an ambient part of the future technological landscape.» (Karpf 2021)

Die Zirkulation zwischen Wissenschaft und Bildern der Wissenschaft (Weingart und Hüppauf 2009) macht deutlich, dass es keinen vordiskursiven Status von Medienprodukten gibt (Stauff 2005) und AR/VR als sozio-technische Arrangements keine abgeschlossenen, für sich allein stehende Artefakte sind:

> «By emerging technologies, we are referring to technologies that exist largely on a discursive register, possibly existing in the world, but not fully integrated into society (e. g. Facebook's vision of the Oculus).» (Egliston und Carter 2022, 74)

Medientechnische Leitbilder und Visionen wie das Metaverse, das Holodeck aus Star Trek, EDTIH aus Iron Man oder OASIS aus Ready Player One lösen Erwartungen und Deutungsannahmen aus, die sich nicht nur bei der Entwicklung von und dem wissenschaftlichen Schreiben über AR und VR, sondern auch bei der Interaktion mit den beiden Technologien durch die Lernenden und die Lehrkraft wirksam zeigen.

Im Anschluss an die aufgezeigten blinden Flecke hinsichtlich der materiellen Komponenten, medientechnischen Funktionsweisen und die Einschreibung von ökonomischen Interessen in die Entwicklung von und Imagination über AR und VR widmet sich der letzte Abschnitt einem prominenten Narrativ, das sich im Zusammenhang mit Augmented und Virtual Reality herausgebildet und in bildungsbezogene Anwendungen eingeschrieben hat.

5. Die Empathie-Maschine

> «Delivering a sense of presence is the thing that I care about. And VR and AR are going to be the technologies that do that. VR by fully immersing you in a new environment, and AR by bringing people into your existing environment through holograms». (Newton 2020)

8 Veröffentlichungen aus der Disziplin der *Critical Data Studies* sind hier einschlägig.

Das Zitat von Mark Zuckerberg aus einem Interview mit Casey Newton fasst eine verbreitete Kommunikationsabsicht von AR- und VR-Anwendungen zusammen: etwas oder jemanden in den physischen Raum hereinzuholen (AR) oder die Rezipierenden in einen computergenerierten Raum hineinzuversetzen (VR). Voraussetzung für diese konzeptionelle Idee ist die Adaptivität von computergenerierten visuellen Informationen, die AR- und VR-Technologien ausmacht. Das über ein digitales Endgerät augmentierte Bild oder der über ein HMD rezipierte Bildraum passen sich dem Blickwinkel und der Blickposition in Echtzeit an. Eine sichtbare Bildgrenze in Form eines Rahmens ist damit nicht mehr erkennbar, weshalb sich die Rede vom Hineinversetzen in andere Welten durch VR oder vom Herholen ebendieser durch AR als besonders anschlussfähig erweist.[9] Das aus dem Zusammenspiel zwischen Diskurs und technischer Möglichkeitsbedingung herausgebildete Narrativ zeigt sich in Anwendungen, die einen entfernten und möglicherweise unerreichbaren Ort, eine vergangene Zeit oder eine Perspektive jenseits des Erfahrungshorizontes der Nutzenden ‹erlebbar› machen wollen. In AR- und VR-Formaten für das Fach Geschichte äussert sich dies zum Beispiel folgendermassen: Die Anwendung *WDR AR 1933-45* wurde von der WDR-Redaktion Doku & Digital mit dem Ansatz konzipiert, Schüler:innen (ab Klasse 7) mittels hologrammartiger Augmentierungen von Zeitzeug:innen «erfahrbar und spürbar zu machen, was die Zeitzeug*innen im Zweiten Weltkrieg erlebt haben» (WDR 2021). In *I Am A Man* (2018) wiederum soll der Memphis Sanitation Strike im Jahr 1968 aus Sicht einer schwarzen Person ‹erlebt› werden. Der 360°-Film *Was wollten Sie in Berlin?!* (2017) von der Intro VR & Video GmbH stellt den Inhaftierungsprozess aus Sicht eines Sträflings dar. Mit VR sollen die Lernenden demnach ein vergangenes Ereignis nacherleben und dies zuweilen aus der Perspektive oder dem Körper[10] einer Person aus jener Zeit. Die beispielhaft aufgelisteten Anwendungen gehen damit über Lern- und Schulungsansätze mit AR und VR hinaus, bei denen das Training von Handlungs- und Fachwissen (z. B. Wartungsarbeiten an einer Maschine) oder ressourcensparende Katastrophenübungen (z. B. Feuerwehr, Militär etc.) im Fokus stehen.[11] Auch heben sie sich von Einsatzszenarien im medizinischen oder psychologischen Bereich ab. Statt der in diesen Feldern praktizierten Konfrontation mit eigenen Traumata unter kontrollierten Bedingungen (z. B. Höhenangst oder Spinnenphobie) geht es in den vorgestellten Anwendungen zur Geschichtsvermittlung darum, die Gefühlswelt einer fremden Person nachzuvollziehen und dadurch einen Zugang zu vergangenen Zeiten zu erhalten. Aus fachwissenschaftlicher sowie fachdidaktischer Sicht werden diese Ansätze bereits kritisch diskutiert (Bunnenberg 2018; de Jong 2020). Ein Blick auf den Diskurs um die ‹empathy machine› kann eine solche Einordnung unterstützen.

9 Für eine nähere Betrachtung der speziellen Bildlichkeit von AR und VR siehe (Przybylka im Review).

10 In diesem Fall ist für den User bzw. die Userin ein Körper sichtbar oder es werden Körperglieder wie Arme, Hände, Rumpf etc. in der VR abgebildet.

11 Braun und Friess ziehen diesbezüglich den Vergleich zum mimetischen Probehandeln im Theater (Braun und Friess 2019, 6).

Als dessen prominenter Vertreter gilt der (Musikvideo-)Regisseur Chris Milk, der im Jahr 2015 auf einem TED-Talk (Technology, Entertainment and Design) von Virtual Reality als «the ultimate empathy machine» (Milk 2015) spricht. Der von ihm mitgestaltete und von der UN unterstütze 360°-Film *Clouds over Sidra* (2015) erzählt vom Alltag eines zwölfjährigen Mädchens in einem Flüchtlingscamp in Zaatari, Jordanien. Milk attestiert dem Medium VR in seinem Vortrag in Abgrenzung zu anderen audiovisuellen Medien die Eigenschaft, die Betrachterin oder den Betrachter zum Anwesenden der Situation zu machen:

> «And when you're sitting there in her room, watching her, you're not watching it through a television screen, you're not watching it through a window, you're sitting there with her.» (Milk 2015, 02:38-02:30)

Die Verknüpfung von Empathie und VR deutet sich bereits in der Immersions- und Präsenzforschung der 1990er-Jahre und den daran anschliessenden Auseinandersetzungen mit dem Phänomen des Embodiment an. Im Zuge dessen entstanden empirische Studien, die mittels VR Proband:innen in die Position marginalisierter Personen versetzten und prüften, ob sie dadurch für Erfahrungen mit Diskriminierung und Gewalt (Neyret u. a. 2020; Seinfeld u. a. 2018) oder Rassismus (Patané u. a. 2020; Peck u. a. 2013) sensibilisiert werden können.[12] Facebook hat für diese konzeptionelle Ausrichtung ein eigenes Genre mit dem Namen *VR for Good* im Oculus-Store eingerichtet. Da der Hype um Virtual Reality seit den 1990er-Jahren eng mit der Gamingindustrie verknüpft ist, zieht die Spielekritikerin Lana Polansky eine Parallele zwischen Empathie evozierender VR und dem Genre der ‹empathy games›. Deren Etablierung habe überwiegend ein strategisches Vorgehen gegen das durch ‹Killerspiele› beschädigte Image der digitalen Spiele zugrunde gelegen:

> «Games really were no longer just the purview of the antisocial male loner – now they were prosocial, therapeutic, empathy-inducing, a cure-all for any problem be it psychological, moral, or even political. Instead of just rallying promotion around ‹fun› – escapism, competition, play aggression, frivolity – marketers could also present games as ‹empathetic›, and therefore respectable.» (Polansky 2019)

Kritiker:innen entgegnen, dass es sich bei der Empathie-Maschine eher um eine «appropriation machine» handele (Polansky 2019). Die anthropologische Konstante einer Lust, fremde Orte oder Zeiten zu bereisen und zu erkunden, gehe damit über in eine Lust, temporär ‹das Fremde› selbst zu sein – und dies möglichst investitionsfrei und aus einer sicheren, privilegierten Position heraus. Ob bei der Betrachtung von *Clouds over Sidra* via VR-Brille auf symbolischer Ebene tatsächlich derselbe Boden

12 Über das Hineinversetzen in menschlicher Akteure gibt es auch Anwendungen, die an einer artenübergreifenden Alteritätserfahrung ansetzen (Preiß 2021).

mit den Geflüchteten geteilt wird («When you look down, you're sitting on the same ground that she's sitting on», (Milk 2015, 02:30-02:25)), obwohl eine Vulnerabilität und Bedrohung des eigenen Körpers nicht gegeben sind, sollte problematisiert werden. Auch das in die Bildproduktion eingeschriebene Machtverhältnis zwischen jenen, die (zu)schauen, und jenen, die angeschaut und betrachtet werden, könnte in eine kritische Reflexion mit einfliessen. Zudem wäre zu diskutieren, ob anstelle eines Hineinversetzens in die Gefühlswelt einer anderen Person der Rezipient oder die Rezipientin auf sich selbst zurückgeworfen wird (Bollmer 2017). Anstatt sich vorzustellen, wie eine andere Person fühlt, stünde damit das eigene Befinden und die eigene existenzielle Sorge im Fokus. Kate Nash fasst diese Kritikpunkte mit Rekurs auf die Medien- und Kommunikationswissenschaftlerin Lilie Chouliaraki folgendermassen zusammen:

> «In contrast to proper distance Chouliaraki (2011) defines improper distance as practices of communication that subordinate the voices of distant others to those of the West while distancing the Western spectator from their own position of privilege. The voice of the other is marginalised in favour of our own ‹narcissistic self-communications›» (2011, 368).
>
> «Central to this shift is a collapse in the distance between the spectator and other in which the latter's own emotional experience is foregrounded». (Nash 2018, 125)

Dass eine empathische Verknüpfung zwischen dem virtuellen Setting beziehungsweise der 360°-Aufnahme und der ‹real-weltlichen› Referenz kein Automatismus ist, demonstrieren ausgerechnet Mark Zuckerberg und seine Kollegin Rachel Franklin während einer Vorstellung der VR-App *Facebook Spaces* im Jahr 2017. Hierzu projizierten sie sich in das von einem Hurrikan zerstörte Puerto Rico, wo sie ihre Begeisterung über die ‹authentische› Wirkung der Anwendung mit einem High Five zum Ausdruck brachten – nur um kurz darauf zu betonen, dass es sich durch die VR Technik so anfühle, als ob man wirklich vor Ort sei.

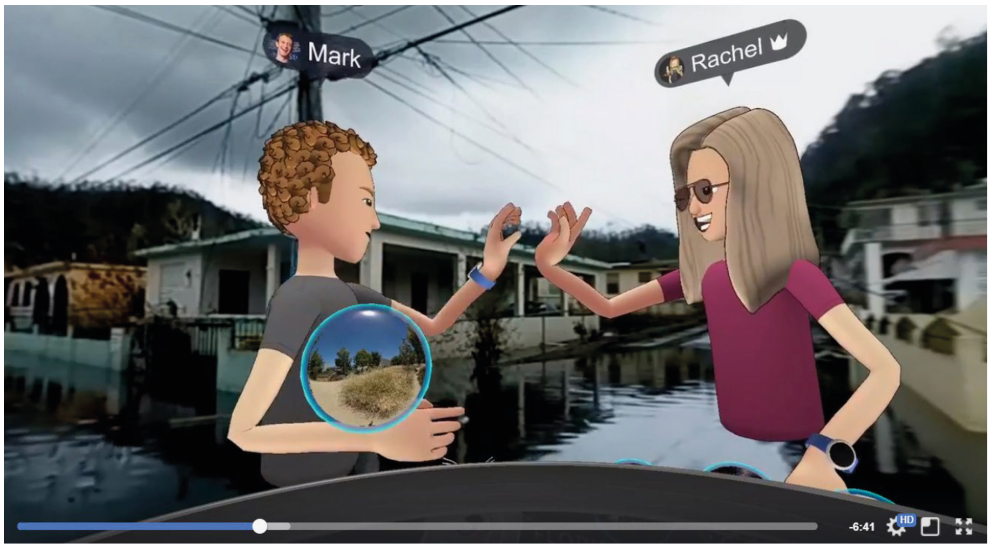


Abb. 5: Das High Five zwischen Mark Zuckerberg und Rachel Franklin in Facebook Spaces in der 360°-Aufnahme von Puerto Rico (Kaerlein und Köhler 2018, 188).

An dieser Stelle kann nicht näher auf die empirische Evidenz der Koppelung von Empathie und AR/VR oder auf emotionale und neurologische Prozesse beim Betrachten audio-visueller Bilder (Zacks 2014) eingegangen werden. Festzuhalten ist jedoch, dass das Narrativ der Empathie-Maschine und die damit intendierte Differenzauflösung von Wahrnehmungssituation und wahrgenommener Situation (Seel 1998) beim Einsatz von AR und VR in Lehr- und Lernsettings Relevanz besitzt, da den Lernenden dadurch bestimmte Subjekt- und Erfahrungspositionen angeboten werden, die wiederum neue didaktisch angeleitete Reflexionspraxen verlangen: Nehmen die Lernenden die aufgeführten Geschichtsdarstellungen in einer beobachtenden oder einer teilnehmenden Rolle wahr? Werden sie in die Position einer Person der dargestellten Zeit hineinversetzt oder nicht? Auf welche Ästhetik wird dabei zurückgegriffen und ist diese aus Filmen und Games bekannt? Erfordert dies wiederum spezifische Wahrnehmungsweisen und wie sind diese mit den Lernenden zu reflektieren? Wie Steffi de Jong in ihrem Beitrag *Witness Auschwitz? Wie VR Zeugenschaft verändert* ausführt, ist die angestrebte Identifikation der mit Zeitzeug:innen in VR mit geschichts- beziehungsweise erinnerungskulturellen Inhalten kein singuläres Phänomen. Die Autorin sieht darin einen zeitdiagnostischen «Wandel der Erinnerungskultur hin zu einer neuen, digital-somatischen Phase» (de Jong 2020), in der Geschichte(n) mit dem Körper erlebt und über Affekte und Emotionen wiederum in diesen eingeschrieben wird/werden. Die geschichtsdidaktische Aufgabe der Quellendistanz, der Reflexion und Dekonstruktion der Geschichts*darstellung* muss demzufolge verstärkt berücksichtigen, aus welcher Position die Lernenden die VR erleben und aus welchen persönlichen Dispositionen heraus das Erlebte wahrgenommen wird. Auf der

medienreflexiven Ebene liesse sich mit den Worten Kristin Kleins zudem fragen, welche Vorstellungswelten und Begehren in die Technologien eingeschrieben sind oder welche sie wiederum selbst hervorbringen (Klein 2019). So könnte dem Konzept der Empathie-Maschine unterstellt werden, technologiegetriebene Lösungskonzepte zu bedienen, die Tech-Unternehmen im Silicon Valley allgemein inhärent ist. Dem Nicht-Wissen über die Gefühlswelt einer anderen Person oder dem fehlenden Bewusstsein für Menschen ausserhalb der eigenen Peer-Group könnte mit diesem Technikverständnis durch das Aufsetzen eines HMD begegnet werden. Ein Gespräch über diesen Solutionismus sowie den darin erkennbaren Allverfügbarkeitsanspruch, überall alles sein zu können, könnte Teil einer überfachlichen Medienreflexion sein.

6. Fazit

Erziehungswissenschaftliche Arbeiten zum material turn beschäftigen sich bereits seit einigen Jahren mit der Bedeutung der Dinge in Bildungsprozessen. (Digitale) Medien stellen dabei eine besondere Form der Dinge dar, zu deren Analyse medien(kultur)wissenschaftliche Theorien und Perspektiven beitragen, denn

> «Medien sind mehr als Zweckverwirklichungs-Instrumente innerhalb eines Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs. Sie sind keine Ursachen, sie sind Katalysatoren, also Ermöglichungsbedingungen für menschliche Praxis» (Moser 2020, 109).

Ebenso sieht Patrick Bettinger im «Stellenwert der Materialitäten für pädagogische Prozesse» (Bettinger 2017, 75) eine Verbindungslinie zwischen der Erziehungswissenschaft und kulturwissenschaftlich ausgerichteten Disziplinen. In diesem Sinne hat der Beitrag die Bedeutung der spezifischen Medialität von AR- und VR-Medien für Lern- und Bildungsprozessen herausgearbeitet. Dazu wurde auf die vernachlässigte materielle und datentechnische Dimension von AR und VR eingegangen und die Einschreibung wirtschaftlicher Interessen in eben diese problematisiert. Anhand des Faches Geschichte legte der Beitrag zudem dar, wie aus dem Zusammenspiel zwischen Diskurs und technischer Möglichkeitsbedingung Narrative entwickelt werden, die sich auch in Anwendungen für Bildungskontexte einschreiben. Dies erfordert veränderte (fach-)didaktische Herangehensweisen und Reflexionspraxen, für die die im Beitrag aufgeworfenen Fragen eine Orientierung bieten.

Trotz ihrer Symbolkraft für einen unterschiedentlich ausgelegten digitalen Fortschritt haben sich AR und VR noch nicht als gängige Bildungsmedien etabliert. Um nicht in ein instrumentelles, rein zweckorientiertes Medienverständnis zu verfallen, sollte nicht versucht werden, ihren noch ungefestigten Status und die damit zwangläufig einhergehenden Störungen im Mediengebrauch vollkommen durch konkrete Lehranleitungen einzuhegen. Stattdessen könnte die durch Störungsmomente

sichtbar werdende Medialität von AR und VR zum Gegenstand kritischer Auseinandersetzung werden und damit für die Bildungspraxis produktiv gemacht werden (Combe und Gebhard 2019).

Literatur

Beinsteiner, Andreas, Lisa Blasch, Theo Hug, Petra Missomelius, und Michaela Rizzolli, Hrsg. 2020. *Augmentierte und virtuelle Wirklichkeiten*. 1. Aufl. Medien – Wissen – Bildung. Innsbruck: Innsbruck University Press. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/9783903187894.pdf.

Bettinger, Patrick. 2017. «Medienpädagogik als Kulturwissenschaft!? Überlegungen zu disziplinären Öffnungen und Anschlüssen». Herausgegeben von Sven Kommer, Thorsten Junge, und Christiane Rust. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 27 (Spannungsfelder & blinde Flecken): 65–85. https://doi.org/10.21240/mpaed/27/2017.02.02.X.

Bettinger, Patrick. 2020. «Materialität Und Digitale Medialität in Der Erziehungswissenschaftlichen Medienforschung: Ein Praxeologisch-Diskursanalytisch Perspektivierter Vermittlungsversuch». In *Jahrbuch Medienpädagogik 15: Erziehungswissenschaftliche und medienpädagogische Online-Forschung: Herausforderungen und Perspektiven*, herausgegeben von Johannes Fromme, Stefan Iske, Therese Leik, Steffi Rehfeld, Jasmin Bastian, Manuela Pietraß, und Klaus Rummler, 53–77. Zürich: Zeitschrift MedienPädagogik / Sektion Medienpädagogik (DGfE). https://doi.org/10.21240/mpaed/jb15/2020.03.04.X.

Bezmalinovic, Tomislav. 2021. «Virtual Reality 2021: Die Ruhe vor dem Sturm». https://mixed.de/virtual-reality-2021-die-wichtigsten-news-des-jahres/.

BMBF, Bildungsministerium für Bildung und Forschung. o. J. *Digitalpakt Schule – so erhalten Sie Förderung*. Erklärvideo. https://www.digitalpaktschule.de/de/erklar-video-1702.html.

BMBF, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Hrsg. 2019. *Digitale Zukunft: Lernen. Forschen. Wissen. Die Digitalstrategie des BMBF*. Berlin. https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/BMBF_Digitalstrategie.pdf.

Bollmer, Grant. 2017. «Empathy machines». *Media International Australia* 165 (1). https://doi.org/10.1177/1329878X17726794.

Braun, Holger, und Regina Friess. 2019. «Empirische Zugänge zur Virtual Reality. Heterogenes Netzwerk, Diskurs und Wahrnehmungsform». In *Handbuch Virtualität*, herausgegeben von Dawid Kasprowicz und Stefan Rieger, 1–21. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16358-7_33-1.

Buchner, Kristina, Sebastian Oberdörfer, Silke Grafe, und Marc Erich Latoschik. 2020. «Von Medienbeiträgen und Applikationen - ein interdisziplinäres Konzept zum Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality für die Hochschullehre». In *Schnittstellen und Interfaces - Digitaler Wandel in Bildungseinrichtungen*, herausgegeben von Thomas Knaus und Olga Merz, 7:225–38. München: kopaed. http://downloads.hci.informatik.uni-wuerzburg.de/2020-framediale-medienbeitraege-preprint.pdf.

Bunnenberg, Chirstian. 2018. «Virtual Time Travels? Public History and Virtual Reality». *Public History Weekly* 6 (3). https://doi.org/10.1515/phw-2018-10896.

Bürki, Rolf, und Josef Buchner. 2020. «Immersive Virtuelle Realität mit VR-Brillen im Geographieunterricht: Potentiale und Herausforderungen». *Progress in Science Education* 3 (2): 49–53. https://doi.org/10.25321/prise.2020.1001.

Chalmers, David J. 2017. «The Virtual an the Real». *Disputatio* 9 (46): 309–52. https://doi.org/10.1515/disp-2017-0009.

Combe, Arno, und Ulrich Gebhard. 2019. «Irritation, Erfahrung und Verstehen». In *Irritation als Chance*, herausgegeben von Ingrid Bähr, Ulrich Gebhard, Claus Krieger, Britta Lübke, Malte Pfeiffer, Tobias Regenbrecht, Andrea Sabisch, und Wolfgang Sting, 133–58. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20293-4_4.

Dander, Valentin. 2017. «Medien – Diskurs – Kritik. Potenziale der Diskursforschung für die Medienpädagogik». Herausgegeben von Sven Kommer, Thorsten Junge, und Christiane Rust. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 27 (Spannungsfelder & blinde Flecken): 50–64. https://doi.org/10.21240/mpaed/27/2017.01.15.X.

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen. 2021. «Pilotprojekt ‹Virtual Reality in der Lehrerausbildung›». 6. September 2021. https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/pilotprojekt-virtual-reality-der-lehrerausbildung-wird-ausgeweitet.

Egliston, Ben, und Markus Carter. 2022. «Oculus imaginaries: The promises and perils of Facebook's virtual reality». *new media & society* 24 (1): 70–89. https://doi.org/10.1177/1461444820960411.

Eisenbrand, Roland, und Scott Peterson. 2020. «Metaverse – The full story behind the hottest buzzword in the tech scene». *OMR* (blog). 2020. https://omr.com/en/metaverse-snow-crash/.

Facebook Connect. 2020. «Keynote 2020». https://www.youtube.com/watch?v=-cRxT32G7y4.

Förtsch, Michael. 2020. «Der Gründer von Oculus baut jetzt KI-Grenzüberwachung, Panzer und Anti-Drohnen-Drohnen». *1E9.community* (blog). 2020. https://1e9.community/t/der-gruender-von-oculus-baut-jetzt-ki-grenzueberwachung-panzer-und-anti-drohnen-drohnen/4951.

Friedrich Verlag, Hrsg. 2019. *Augmented & Virtual Reality*. Bd. 114. Computer+Unterricht. Friedrich Verlag.

Gurman. 2021. «Facebook Explores Integrating Oculus Workouts With Apple Health». *Boolmberg* (blog). 2021. https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-26/facebook-explores-integrating-oculus-workouts-with-apple-health.

Harari, Yuval Noah. 2019. *Mark Zuckerberg & Yuval Noah Harari im Gespräch*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=Boj9eD0Wug8.

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* (Occasional Papers): 58-80. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X.

Hesch, Joel, Anna Kozminski, und Oskar Linde. 2019. «Powered by AI: Oculus Insight». https://ai.facebook.com/blog/powered-by-ai-oculus-insight/.

Hoppe, Katharina, und Thomas Lemke. 2021. *Neue Materialismen zur Einführung*. 2., Unveränderte Auflage. Junius.

Jauch, Steffen. 2019. «Virtual und Augmented Reality im Klassenraum? Ein Überblick bildungsrelevanter Angebote». *bpb* (blog). 2019. https://www.bpb.de/lernen/digitale-bildung/werkstatt/298516/virtual-und-augmented-reality-im-klassenraum-ein-ueberblick-bildungsrelevanter-angebote.

Jong, Steffi de. 2020. «Witness Auschwitz? Wie VR Zeugenschaft verändert». *Public History Weekly* 8 (4). https://doi.org/10.1515/phw-2020-15689.

Kaerlein, Timo, und Christian Köhler. 2018. «Around a Table, around the World. Facebook Spaces, Hybrid Image Space and Virtual Surrealism». In *Image – Action – Space. Situating the Screen in Visual Practice*, herausgegeben von Luisa Feiersinger, Kathrin Friedrich, und Moritz Queisner, 177–90. Berlin, Boston: De Gruyter. https://doi.org/10.25969/mediarep/12208.

Karpf, David. 2021. «Virtual Reality Is the Rich White Kid of Technology». *WIRED* (blog). 2021. https://www.wired.com/story/virtual-reality-rich-white-kid-of-technology/.

Kaspar, Kai. 2021. «Medienentwicklung und Medienpädagogik: Virtual Reality und Augmented Reality». In *Handbuch Medienpädagogik*, herausgegeben von Uwe Sander, Friederike von Gross, und Kai-Uwe Hugger, 1–12. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25090-4_68-1.

Klein, Kristin. 2019. «Ästhetische Dimensionen digital vernetzter Kunst: Forschungsperspektiven im Anschluss an den Begriff der Postdigitalität». *Kulturelle Bildung Online*. https://doi.org/10.25529/92552.527.

kmz. 2020. «Augmented Reality: Apps und Dienste». *Kreis-Medienzentrum Ludwigsburg* (blog). 2020. https://kmz-ludwigsburg.de/augmented-reality-apps-und-dienste-welche-augmented-reality-apps-und-dienste-gibt-es-im-bildungsbereich-ein-ueberblick/.

Krämer, Sybille. 1998. «Das Medium als Spur und als Apparat». In *Medien, Computer, Realität. Wirklichkeitsvorstellungen und Neue Medien*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Macgilchrist, Felicitas. 2018. «Medialität. Zur Performativität des Schulbuchs». In *Kompendium Qualitative Unterrichtsforschung. Unterricht beobachten - beschreiben – rekonstruieren*, herausgegeben von Matthias Proske und Kerstin Rabenstein, 281–98. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Macgilchrist, Felicitas. 2021. «What is 'critical' in critical studies of edtech? Three responses». *Learning, Media and Technology* 46 (3): 243–49. https://doi.org/10.1080/17439884.2021.1958843.

Milgram, Paul, und Fumio Kishino. 1994. «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays». *IEICE Transactions on Information System* 77 (12): 1321–29. https://web.cs.wpi.edu/~gogo/courses/cs525H_2010f/papers/Milgram_IEICE_1994.pdf.

Milk, Chris. 2015. «How Virtual Reality Can Create the Ultimate Empathy Machine». *TED-Talk*. https://www.ted.com/talks/chris_milk_how_virtual_reality_can_create_the_ultimate_empathy_machine.

Missomelius, Petra. 2015. «Der medienkulturelle Quellcode von Wissen und Bildung: Warum Bildungsprozesse heute nicht ohne fundierte Kenntnis von Medienkulturen zu diskutieren sind». In *Medienkultur und Bildung. Ästhetische Erziehung im Zeitalter digitaler Netzwerke*, herausgegeben von Malte Hagener und Vinzenz Hediger, 151–75. Frankfurt am Main/New York: Campus.

Mohring, Katharina, und Nina Brendel. 2020. «Virtual-Reality-Exkursionen im Geographiestudium – neue Blicke auf Virtualität und Raum». In *Augmentierte und virtuelle Wirklichkeiten*, herausgegeben von Andreas Beinsteiner, Lisa Blasch, Theo Hug, Petra Missomelius, und Michaela Rizzolli, 189–204. Innsbruck: Innsbruck University Press. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/9783903187894.pdf.

Moser, Heinz. 2020. «Medienkritik und -praxis in ‹Übergangsräumen›». In *Augmentierte und virtuelle Wirklichkeiten*, herausgegeben von Andreas Beinsteiner, Lisa Blasch, und Theo Hug, 109–22. Medien - Wissen - Bildung. Innsbruck: Innsbruck University Press. https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/9783903187894.pdf.

Nash, Kate. 2018. «Virtual reality witness: exploring the ethics of mediated presence». *Studies in Documentary Film* 12 (2): 119–31. https://doi.org/10.1080/17503280.2017.1340796.

Newton, Casey. 2020. «Mark Zuckerberg on AR, VR, and ‹putting an Apple Watch on your face›». *The Interface* 569. https://www.getrevue.co/profile/caseynewton/issues/mark-zuckerberg-on-ar-vr-and-putting-an-apple-watch-on-your-face-278513.

Newton, Casey. 2021. «Mark in The Metaverse». *The Verge* (blog). 2021. https://www.theverge.com/22588022/mark-zuckerberg-facebook-ceo-metaverse-interview.

Newton, Casey. 2022. «Meta's real antitrust problems are only beginning». *Platformer* (blog). 2022. https://www.platformer.news/p/metas-real-antitrust-problems-are.

Neyret, Solène, Xavi Navarro, Alejandro Beacco, Ramon Oliva, Pierre Bourdin, Jose Valenzuela, Itxaso Barberia, und Mel Slater. 2020. «An embodied perspective as a victim of sexual harassment in virtual reality reduces action conformity in a later milgram obedience scenario». *Scientific reports* 10. https: //doi.org/10.1038/s41598-020-62932-w.

Nohl, Arnd-Michael, und Christoph Wulf. 2013. «Die Materialität pädagogischer Prozesse zwischen Mensch und Ding». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 16 (2): 1–13. https://doi.org/10.1007/s11618-013-0406-0.

Oculus. 2020. *Oculus Quest 2: First Steps*.

Othmer, Julius, und Andreas Weich. 2015. «Medien – Bildung – Dispositive. Eine Einleitung». In *Medien – Bildung – Dispositive. Beiträge zu einer interdisziplinären Medienbildungsforschung.*, 30:9–20. Medienbildung und Gesellschaft. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-07186-8_1.

Patané, Ivan, Anne Lelgouarch, Gregoire Verdelet, Clement Desoche, Eric Koun, Romeo Salemme, Mel Slater, Domna Banakou, und Alessandro Farnè. 2020. «Exploring the effect of cooperation in reducing implicit racial bias and its relationship with dispositional empathy and political attitudes». *Frontiers in psychology* 11. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.510787.

Peck, Tabitha C., Sofia Seinfeld, Salvatore M. Aglioti, und Mel Slater. 2013. «Putting yourself in the skin of a black avatar reduces implicit racial bias». *Consciousness and Cognition* 22: 779–87. https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.04.016.

Pierce, David. 2021. «The land of too many metaverses». *protocol* (blog). 2021. https://www.protocol.com/newsletters/sourcecode/too-many-metaverses.

Polansky, Lana. 2019. «Empathy is Not Enough, part 1. How empathy became a buzzword in the games industry». *Rhizome* (blog). 2019. https://rhizome.org/editorial/2019/mar/27/empathy-is-not-enough-part-1/.

Preiß, Cecilia Mareike Carolin. 2021. *Kunst mit allen Sinnen. Multimodalität in zeitgenössischer Medienkunst*. Bd. 4. Das Dokumentarische. Exzess und Entzug. Bielefeld: transcript. https://doi.org/10.1515/9783839456712.

Przybylka, Nicola. 2022. «Wer versetzt wen oder was wohin – und wozu? Eine kritische Auseinandersetzung mit Augmented und Virtual Reality in schulischen Bildungsangeboten». Herausgegeben von Claudia Roßkopf, Benjamin Jörissen, Klaus Rummler, Patrick Bettinger, Mandy Schiefner-Rohs, und Karsten D. Wolf. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, Jahrbuch Medienpädagogik*, 18 (Jahrbuch Medienpädagogik): 441–67. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb18/2022.03.06.X.

Rieger, Stefan. 2019. «Interface. Die Natur der Schnittstelle». In *Mensch-Maschine-Interaktion. Handbuch zur Geschichte – Kultur – Ethik*, herausgegeben von Kevin Liggieri und Oliver Müller, 190–97. Stuttgart: J. B. Metzler Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05604-7.

Roettgers, Janko. 2021a. «A CTO for the metaverse». *protocol* (blog). 2021. https://www.protocol.com/newsletters/sourcecode/andrew-bosworth-facebook-cto.

Roettgers, Janko. 2021b. «Everything You Need To Know About The Metaverse». *protocol* (blog). 2021. https://www.protocol.com/metaverse-meaning.

Schemer-Reinhard, Timo. 2020. *Interfaces und Formen: Zu den psychologischen und kulturellen Grundlagen von Mensch-Maschine-Interaktion*. Schriften zur Medienmorphologie und Medienphilosophie 5. Münster: LIT.

Seel, Martin. 1998. «Medien der Realität und Realität der Medien». In *Medien, Computer, Realität. Wirklichkeitsvorstellungen und Neue Medien*, herausgegeben von Sybille Krämer. Frankfurt am Main: Suhrkamp. gekürzte Fassung verfügbar unter http://www.medien-gesellschaft.de/html/seel-_medienrealitat.html.

Seinfeld, Sofia, Jorge Arroyo-Palacios, Guillermo Iruretagoyena, Ruud Hortensius, Luis E. Zapata, David Borland, Beatrice de Gelder, Mel Slater, und Maria V. Sanchez-Vives. 2018. «Offenders become the victim in virtual reality: Impact of changing perspective in domestic violence». *Scientific reports* 8. https://doi.org/10.1038/s41598-018-19987-7.

Skarbez, Richard, Missie Smith, und Mary C. Whitton. 2021. «Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum». *Frontiers in Virtual Reality* 2 (647997). https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997.

Sprenger, Florian. 2019. «Ubiquitous Computing vs. Virtual Reality. Zukünfte des Computers um 1990 und die Gegenwart der Virtualität». In *Handbuch Virtualität*, herausgegeben von Dawid Kasprowicz und Stefan Rieger, 1–13. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16358-7_9-1.

Stauff, Markus. 2005. *‚Das neue Fernsehen'. Machtanalyse, Gouvernementalität und digitale Medien*. Medien'Welten. Braunschweiger Schriften zur Medienkultur 2. Münster: LIT. https://doi.org/10.25969/mediarep/1111.

Strategiekommission GfM und AG Medienkultur & Bildung. 2013. «‹Medienkultur und Bildung› Positionspapier der GfM». https://gfmedienwissenschaft.de/sites/gfm/files/pdf/2018-02/3961dd_d3f6c0806fdb4fab96150ce6959de750.pdf.

Sutherland, Ivan E. 1968. «A head-mounted three dimensional display». *Fall Joint Computer Conference*, 757–64. https://doi.org/10.1145/1476589.1476686.

Verständig, Dan, Alexandra Klein, und Stefan Iske. 2016. «Zero-Level Digital Divide. Neues Netz und neue Ungleichheiten». *SIEGEN:SOZIAL - Analysen, Berichte, Kontroversen (SI:SO)* 21: 50–55. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:467-11973.

WDR. 2021. «Mehr als eine Million Downloads». *WDR* (blog). 2021. https://www1.wdr.de/fernsehen/unterwegs-im-westen/ar-app/ar-app-info-100.html.

Weich, Andreas. 2020. «Hervorbringung von Medienkonstellationen statt Nutzung didaktischer Werkzeuge. Versuch einer medienkulturwissenschaftlichen Didaktik der Bildungsmedien am Beispiel von Videokonferenzen als Unterrichtsform». *Medienimpulse* 58 (2): 1–32. https://doi.org/10.21243/mi-02-20-20.

Weingart, Peter, und Bernd Hüppauf. 2009. «Wissenschaftsbilder - Bilder der Wissenschaft». In *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*, herausgegeben von Peter Weingart und Bernd Hüppauf, 11–44. Bielefeld: transcript. https://doi.org/10.1515/9783839408926-001.

Weiser, Mark. 1991. «The Computer for the 21st Century». *Scientific American*, 94–104.

Winkler, Hartmut. 2004. «Mediendefinition». *MEDIENwissenschaft* 21 (1): 9–27. https://doi.org/10.17192/ep2004.1.1857.

Wirth, Sabine. 2017. «‹The ‚unnatural' Scrolling Setting›. Don Ihdes Konzept der embodiment relations diskutiert am Beispiel einer ubiquitären Touchpad-Geste». *Navigationen - Zeitschrift für Medien- und Kulturwissenschaften* 17 (2): 117–29. https://doi.org/10.25969/mediarep/1822.

Wössner, Stephanie. o. J. «Virtual Reality: Apps und Dienste». *Landesmedienzentrum Baden-Württemberg* (blog). https://www.lmz-bw.de/medien-und-bildung/medienwissen/virtual-und-augmented-reality/virtual-reality-apps-und-dienste/#/medien-und-bildung/medienwissen/virtual-und-augmented-reality/virtual-reality-apps-und-dienste/.

Zacks, Jeffrey. 2014. *Flicker: Your Brain on Movies*. Oxford: Oxford University Press.

Zender, Raphael, Matthias Weise, Markus von der Heyde, und Heinrich Söbke. 2018. «Lehren und Lernen mit VR und AR-Was wird erwartet? Was funktioniert?» In *Proceedings der Pre-Conference-Workshops der 16. E-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI 2018)*. Frankfurt am Main. http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf.

Zuckerberg, Mark. 2014. «Social Media Platform». *Facebook* (blog). 25. März 2014. https://www.facebook.com/zuck/posts/10101319050523971s.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Förderung der emotionalen und sozialen Kompetenzen mit XR-Medienkunstprojekten

Eine Skizze zur Begründung und Aufstellung der ersten Rahmenbedingungen

Anna Zembala[1]

[1] Katholische Hochschule Nordrhein-Westfalen

Zusammenfassung
Das gegenwärtig starke Interesse an Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) bzw. Extended Reality (XR) auch Mixed Reality (MR) genannt – einer Mischform der AR- und VR-Umgebung – stellt eine Chance dar, sich mit den aktuellen didaktischen und pädagogischen Herausforderungen des schulischen und ausserschulischen Lernens auseinanderzusetzen. Während die kognitiven Kompetenzen in Lernprozessen in multimedialer XR-Umgebung oft berücksichtigt werden, werden die emotionalen und sozialen Kompetenzen selten bedacht. Sowohl die gegenwärtigen Medienkunstprojekte als auch positive (SEL) und transformative Lerntheorien (Illeris) können neue Impulse für XR-Bildungsprojekte geben, die eben emotionale und soziale Kompetenzen einbeziehen und fördern. Nicht die Technologie oder die Endgeräte sollten über die Qualität der XR-Bildungsprojekte entscheiden, sondern die Inhalte, mit denen sie sich insbesondere gut fördern lassen, eine positive Lernatmosphäre, zu der sie beitragen und die Persönlichkeitsförderung, die sie unterstützen können.

Promoting Emotional and Social Competencies with XR Media Arts Projects. An Abstract of the Rationale and Draft Framework

Abstract
The current strong interest in Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR), Mixed Reality (MR) or Extended Reality (XR) – all of the foregoing forms hereafter – presents an opportunity to address the also current didactic and pedagogical challenges of learning in and out of school. While cognitive competencies are often considered in the learning processes in multimedia XR environments, emotional and social competencies rarely receive attention. Current media arts projects, as well as positive (SEL) and transformative learning theories (Illeris) can provide new ideas for XR education projects that account for

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Zembala, Anna. 2022. «Förderung der emotionalen und sozialen Kompetenzen mit XR-Medienkunstprojekten. Eine Skizze zur Begründung und Aufstellung der ersten Rahmenbedingungen». *MedienPädagogik* 47 (AR/VR - Part 1): 355–372. https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.17.X.

and promote emotional and social competencies. It is not the technology or the specific devices that should determine the quality of the XR educational projects, but the content they can promote, the positive learning atmosphere they can contribute to, and the personal development they can support.

1. Notwendigkeit der XR-Lernprojekte

Unübersehbar etablieren sich aktuell in vielen Bereichen unseres Lebens immer wieder neue digitale Anwendungen. Dies erfordert einen Blick auf die Potenziale dieser Anwendungen in Lernprozessen. Wir sind konfrontiert mit Virtueller Realität (VR), Augmented Reality (AR) oder Mixed bzw. Extended Reality (XR), wenn unterschiedliche reale Abbildungen wirklicher oder imaginärer Objekte, Prozesse oder Situationen in dafür vorgesehenen, mehr oder weniger immersiven Universen, Simulationen oder Schnittstellen zwischen realen und digitalen, Off-/Online-Anwendungen auftreten. Im Folgenden wird der Begriff der Extended Reality (XR) verwendet, da er alle möglichen Formen immersiver Umgebungen umfasst und die Unterschiede zwischen Virtueller Realität (VR) und Augmented Reality (AR) für die einführende Diskussion des Themas zunächst nicht entscheidend sind.

Ende 2021 meldete sich die Online-Plattform «Facebook» zu Wort und verkündete ihr zentrales Projekt für die Zukunft: «(Wir) richten eine Metaverse-Produktgruppe ein, um die Teams zusammenzubringen, die sich auf den verantwortungsvollen Aufbau dieses ehrgeizigen Projekts konzentrieren» – so der «Facebook»-Manager Andrew Bosworth (Frankfurter Allgemeine 2021). Das Kofferwort «Metaverse» (deutsch «Metaversum») geht auf den Science-Fiction-Roman Snow Crash (1992) von Neal Stephenson zurück und setzt sich aus den Begriffen «Meta» und «Universum» zusammen. In diesem Sinne können digitale, virtuelle, erweiterte, 3D- und reale Räume zu einer Einheit («Metaverse») verbunden werden und sowohl realen Nutzern als auch ihren Avataren zur Verfügung stehen. Der Nachfolger der Online-Plattform Facebook, die «Meta» Plattform (meta.com), will nun Virtual-Reality-Headsets oder Smart Screens einsetzen, die den Nutzenden ihrer Online-Dienste trotz realer räumlicher Trennung das Gefühl geben sollen, einander nahe zu sein und so miteinander kommunizieren zu können. Wie lange die Idee von «Metaverse» aufrechterhalten wird, lässt sich derzeit noch nicht abschätzen. Zur Pflege sozialer Kontakte, zur Unterhaltung oder zum Experimentieren mit neuen Anwendungen könnte es das gleiche Potenzial haben wie andere Online-Netzwerke. In den Online-Videospielen «Roblox», «Fortnite» oder «Animal Crossing: New Horizons» bauen die Spielenden ihre eigenen Spielwelten auf. Sie sind dann nicht weit von einem «Metaversum» entfernt.

Verspricht das «Metaverse» realen Menschen eine Betätigung mittels ihrer Avatare in virtuellen/erweiterten Welten, so strebt die Plattform «Matterport» (matterport.com) an, real existierende Immobilienobjekte in eine digitale Welt zu übertragen.

Virtuelle 3D-Rundgänge durch Ausstellungsräume, Miet- oder Verkaufsobjekte werden möglich. Darüber hinaus kann man mit einer Technologie von NFT (Non-Fungible Tokens) virtuelle, digitale Güter erwerben. Die Online-Plattform «SuperRare» ermöglicht es beispielsweise, digitale Kunstwerke zu sammeln, zu tauschen und zu erwerben. Im März 2021 wurde dort das Kunstwerk «Mars House» (Kim 2020), das weltweit erste digitale NFT-Haus der kanadischen Medienkünstlerin Krista Kim, für 288 Ether (ca. 512.000 $) verkauft (Kim 2020; Kurutz 2021). Viele Medienkünstler experimentieren mit verschiedenen Formen einer erweiterten Realität (XR). Der virtuelle Designer und Architekt Anthony Authié begrüsst die digitalen Technologien und sagt, dass sie ihm erlauben, seine Kreativität zu entwickeln:

> «Die Digitalisierung hat die Entwicklung neuer Formen der Architektur ermöglicht und erlaubt uns, die Grenzen des Berufes ohne die Zwänge der Schwerkraft, der Finanzen und der Verwaltung zu erweitern. (…) Wir können also unserer Fantasie freien Lauf lassen, frei denken und die wildesten Träume verwirklichen, die in unseren Köpfen Gestalt annehmen» (Fairs 2021).

Allerdings ist heute schwer abzuschätzen, welche Erfolge die NFT-Kunstsammlungen erwarten können. Da die Digitalität unweigerlich in unsere Alltagswelt eingedrungen ist, brauchen wir didaktische und pädagogische Konzepte, die helfen, die neuen Herausforderungen zu verstehen. Die Auseinandersetzung mit Medienkunst kann neue Ressourcen für didaktische und pädagogische Projekte erschliessen. Erste Erfahrungen mit virtuellen Realitäten, den NFT-Objekten oder experimentellen Apps und Online-Plattformen sowie eine reflexiv-kritische Auseinandersetzung damit Erfahrungen können auf diese Weise gesammelt werden. Seit den 1990er-Jahren beschäftigen sich Medienkünstler mit den unterschiedlichen Qualitäten virtueller Welten sowie deren ethischen und moralischen Fragen (Dinkla 1997). Künstler wie Bill Viola, Lynn Hershmann-Leeson oder das Künstlerkollektiv Studio Azzurro hinterfragen in verschiedenen XR-Kunstprojekten medial unsere menschliche Suche nach Transzendenz, unseren Glauben oder die Erwartung, dass hinter realen Objekten oder Situationen eine andere Dimension unserer Wahrnehmung vermutet werden könnte.

Dank der voranschreitenden Entwicklung digitaler Anwendungen sind die technischen Voraussetzungen für neue pädagogische und didaktische XR-Bildungsprojekte realisierbar. Mit einer offenen Online-Plattform wie «Roblox», einer AR-App wie «Artvive» oder einer kostenlosen Software für Head-Mounted Displays («Till Brush Toolkit») ist es heute möglich, mit Kindern und Jugendlichen über Smartphones und/oder Tablets hochwertige XR-Kunst- und/oder -Bildungsprojekte durchführen (Camuka und Peez 2017; Meik und Peez 2019; Peez 2020; Heidloff, Kranz, und Pawelzyk 2020).

2. Notwendigkeit weiterer Lernziele

Bislang konnte man den Eindruck gewinnen, dass die vorhandenen didaktischen XR-Lernprojekte die neuen digitalen Anwendungen an die bestehenden Lernmethoden anpassen wollen. Die kognitiven Aspekte des Lernens stehen nach wie vor im Vordergrund. Im Folgenden wird auf die Notwendigkeit eingegangen, die emotionalen und sozialen Aspekte im Lernprozess zu berücksichtigen.

Eine aktuelle Metastudie «A Systematic Review of Immersive Virtual Reality Applications for Higher Education: Design Elements, Lessons Learned, and Research Agenda» (Radianti et al. 2020) die sich mit den Erfahrungen mit VR-Anwendungen im Hochschulkontext befasst, zeigt, dass zwei Drittel der Studien (68%) die technischen Feinheiten von VR-Anwendungen im Blick haben, aber keine Lerntheorien einbeziehen. Die Evaluierung der VR-Projekte befasst sich meist mit ihrer Nutzbarkeit, die Lernziele finden sich meist nur in der Vermittlung von prozeduralem, praktischem und deklarativem Wissen. Beispiele waren Brandschutz, Chirurgie, Krankenpflege und Astronomie. (Radianti et al. 2020, 21f.).

Darüber hinaus betrachten VR-Anwendungen, die darauf abzielen, Kompetenzen wie Kommunikation oder Soft Skills zu trainieren, Problemlösungsfähigkeiten hauptsächlich in einem technischen Kontext. Die wenigen Studien, die ihr Forschungsdesign auf Lerntheorien stützen, orientieren sich an Lernmethoden und sind heterogen; sie gehen von Behaviorismustheorie, Simulationstheorien, experimentellem Lernen, operativem Lernen, generativem Lernen, spielbasiertem Lernen oder kontextuellem Lernen aus.

In einer weiteren vor Kurzem erschienenen Studie (Mulders, Buchner, und Kerres 2020), die ebenfalls die Rahmenbedingungen erfolgreicher AR-/VR-Anwendungen untersuchte, verwendeten die Autor:innen die Kognitive Theorie des Multimedialen Lernens als theoretische Grundlage (CTML, Cognitive Theory of Multimedia Learning) nach Mayer (2002). Kern von Mayers Konzept ist es, nicht das Auswendiglernen auf dem Weg zum weiteren Wissenserwerb zu unterstützen, sondern sinnstiftendes Lernen (meaningful learning) anzustreben. Traditionelles Lernen fördert demnach oft nur die Fähigkeit, «sich an den Stoff zu einem späteren Zeitpunkt in der gleichen Art und Weise[,] wie [er] während des Unterrichts präsentiert wurde» zu erinnern (Mayer 2002, 226). Sinnvolles, nachhaltiges Lernen hingegen basiert auf mehreren Kompetenzen. Es geht darum, Transferleistungen zu erbringen, das Gelernte anzuwenden, um neue Probleme zu lösen, neue Fragen zu beantworten oder das Weiterlernen eines neuen Stoffes zu bewältigen. Die Entscheidung zugunsten des meaningful learnings brachte eine überarbeitete Taxonomie der Lernziele mit sich. Mit der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens werden demnach das Verstehen, Anwenden, Analysieren, Bewerten und Gestalten als Lernziele angestrebt. Lernen ist als eine generative Tätigkeit zu betrachten:

> «[Hier] ist Lernen ein Wechselspiel zwischen bereits gespeicherten Informationen und neuen Reizen und ist dann effektiv, wenn die aktive kognitive Verarbeitung des Lernenden angeregt wird. In der CTML wird die aktive kognitive Verarbeitung dadurch angeregt, dass die Lernenden das relevante Material auswählen, es in eine kohärente Struktur einordnen und es mit dem Vorwissen integrieren» (Mulders, Buchner, und Kerres 2020, 209).

Dies sind relevante Überlegungen, die zu praktischen didaktischen Lösungsvorschlägen führen, zum Beispiel dass Lerninhalte in der komplexen multimedialen Lernumgebung einer VR-Anwendung in kleine, sinnvolle Einheiten unterteilt werden müssen oder dass keine multimediale Lernumgebung ohne eine Einführung oder Verknüpfung mit den vorhandenen Wissenseinheiten genutzt werden sollte.

Die Autoren der Forschungsstudien argumentieren als Fachdidaktiker, für die eine komplexe mediale Lernumgebung dem Wissenszuwachs oder den Transferfähigkeiten der Lernenden zugutekommt. Keine der besprochenen Studien befasst sich mit der Frage, wie soziale und emotionale Kompetenzen Lernprozesse beeinflussen können und wie diese mit den neuen XR-Anwendungen gefördert werden könnten (vgl. Dengel und Mägdefrau 2018).

Dabei ist die Förderung emotionaler und sozialer – bzw. intra- und interpersonaler – Kompetenzen im Zusammenhang mit dem Wissenserwerb von Bedeutung (CASEL o. J.; Pellegrino und Hilton 2012; Diamond 2010; Diamond 2014): Alle drei Aspekte – Wissenserwerb, Emotionen und soziale Kompetenzen – bedingen sich gegenseitig und machen erst in ihrem Zusammenspiel einen Lernprozess aus. Dank dieser theoretischen Grundlage können Lern*methoden* besser von den Lern*zielen* unterschieden werden. Die Lernziele sind komplexer und heterogener. Spielerisches, exploratives oder spielbasiertes Lernen werden didaktischen Vermittlungsmethoden zugeordnet. Die Wechselwirkung, die alle am Lernprozess Beteiligten – Lernende, ihre Eltern/Erziehungsberechtigten, Lehrpersonen, Bildungseinrichtungen, Schulen usw. – betrifft, sollte ebenfalls in die Überlegungen einbezogen werden (vgl. Dengel und Mägdefrau 2018; Kankaraš, Feron, und Renbarger 2019). Knud Illeris (2007) unterstreicht dies in seiner Lerntheorie deutlich. Für ihn stellt der Lernprozess eine dialogische Einheit dar, die sowohl aus einer Interaktion zwischen einem Individuum und seiner materiellen und sozialen Umgebung als auch aus einem inneren geistigen Aneignungsprozess besteht. Das Lernen ist gleichzeitig auf einer individuellen und auf einer gesellschaftlichen Ebene zu verstehen. Für Illeris sind die Lernergebnisse zwar individuelle Phänomene, sind jedoch immer sozial und gesellschaftlich geprägt (Illeris 2007, 253). Aus psychologischer Sicht werden bei individuellen Lernprozessen sowohl kognitive Strukturen des Wissens und Verstehens als auch dynamische Muster von Emotionen und Motivationen aktiviert und entwickelt. So sind Wissensstrukturen immer auch emotional geprägt und Motivationen enthalten inhaltsbezogene

Merkmale. Lernen dient nicht nur dem Wissensaufbau oder -transfer, sondern auch der Entwicklung der Identität. Illeris fasst diesen Sachverhalt wie folgt zusammen:

> «Die internen psychologischen Prozesse können überwiegend kumulativen (mechanischen), assimilativen (additiven), akkommodativen (transzendenten) oder transformativen (persönlichkeitsverändernden) Charakter haben. Durch kumulative Prozesse werden neue Strukturen und Muster aufgebaut, während durch assimilative Prozesse neue Elemente zu bereits bestehenden Strukturen und Mustern hinzugefügt werden. Durch akkommodierende Prozesse werden bestehende Strukturen und Muster dissoziiert und rekonstruiert, sodass neue assimilative Konstruktionen stattfinden können. Und durch transformative Prozesse gibt es gleichzeitige Rekonstruktion mehrerer Strukturen und Muster über die Lerndimensionen hinweg. Akkommodierende und transformative Prozesse werden aktiviert, wenn das Individuum auf Impulse oder Situationen trifft, die es auf der Grundlage der bestehenden Strukturen und Muster nicht bewältigen kann» (Illeris 2007, 254).

Dieses Verständnis von Lernen, das sowohl Wissenserwerb als auch Identitätsbildung umfasst und nicht immer auf vorhandenem Wissen aufbaut, lädt zu innovativen medialen XR-Bildungsprojekten ein, unabhängig davon, wie die emotionalen und sozialen Kompetenzen oder die Eigendynamik der Lernprozesse zunächst im Detail definiert werden.

Paradoxerweise könnte man auf eine zeitliche Parallele zwischen der Entwicklung digitaler XR-Technologen und Lerntheorien hinweisen, die sich auf das Emotionale und Soziale in Lernprozessen konzentrieren. 1994 veröffentlichten Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi und Fumio Kishino ihre Parameter für die Beschreibung der AR-/VR-Projekte. Der wissenschaftliche Diskurs orientiert sich bis heute an den damals etablierten Schemata: wie der Bezug zur realen Welt gestaltet wird, wie immersives Eintauchen stattfindet und wie die dargestellten Objekte betrachtet werden (vgl. Zembala 2019). Im gleichen Jahr kam es zur Gründung von CASEL (Collaborative for Academic, Social, and Emotional Learning), einer Organisation, die sich um die Implementierung des sozialen und emotionalen Lernens (SEL) im breiten schulischen und gesellschaftlichen Kontext bemüht. Die Initiative ging aus einer Kooperation mehrerer Pädagog:innen und Wissenschaftler:innen hervor, die sich für eine positive Entwicklung von Kindern und Jugendlichen einsetzten. In diesem Kontext wird auch von einer Bewegung positiver Erziehung gesprochen. 1996 veröffentliche Daniel Goleman sein grundlegendes Buch «Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ», das seitdem das Denken über Emotionen und ihre Rolle in unserem Leben prägt. Die CASEL, die von Goleman unterstützt wird, brachte 1997 ihre erste Forschungsstudie heraus: «Promoting Social and Emotional Learning: Guidelines

for Educators» (Elias et al. 1997), eine Veröffentlichung, die das Forschungsfeld eindeutig umriss, evidenzbasierte Studienergebnisse zeigte und zur Akzeptanz des SEL-Konzeptes wesentlich beitrug.

Ende der 1990er-Jahre begann eine weitere theoretische Prämisse, die Positive Psychologie, an Bedeutung zu gewinnen. Unterschiedliche wissenschaftliche Forschungsprojekte – insbesondere von Martin Seligman (1992, 1995, 2002, 2011) – griffen neue Themen auf: Grundlagen des individuellen, aber auch sozialen Wohlbefindens sowie die Qualitäten eines lebenswerten, erfüllten, glücklichen Lebens. Infolge dieser Entwicklung werden seither positive Emotionen, positive individuelle Charaktereigenschaften, gute soziale Beziehungen oder auch positiv orientierte Einrichtungen und Institutionen systematisch untersucht, die sich für das Wohlbefinden ihrer jeweiligen Gemeinschaften und Strukturen einsetzen. Das «Netzwerk Lösungen für eine nachhaltige Entwicklung» der Vereinten Nationen («United Nations Sustainable Development Solutions Network») veröffentlichte 2012 zum ersten Mal den «World Happiness Report» (Helliwell et al. 2012). Von diesem Zeitpunkt an werden die Länder in regelmässigen Abständen danach eingestuft, wie sie das Wohlbefinden ihrer Bürger fördern. 2016 wurde der Internationale Tag des Glücks offiziell auf den 20. März festgelegt. Die OECD, Trägerin der PISA-Studie, führt aktuell eine dreijährige Studie durch (SSES, «Survey on Social and Emotional Skills», 2021), in die die Erfahrungen der CASEL und die Erkenntnisse der Positiven Psychologie eingehen. In ihr werden die individuellen emotionalen und sozialen Faktoren im Leben von Schüler:innen, aber auch Lehrenden, Eltern/Erziehungsberechtigten und Schulsystemen untersucht. Auch im deutschsprachigen Raum gibt es vereinzelt Hinweise auf SEL im schulischen Kontext (Clearing House Unterricht 2019a, 2019b, 2019c; Huber und Krause 2017; Reicher 2010).

Es ist inzwischen unbestritten, dass emotionale und soziale Kompetenzen erlernt werden können. Ihre systematische Förderung wirkt sich positiv auf die schulischen Leistungen der Schüler:innen aus. Förderprogramme haben ihre Berechtigung und zeigen Wirkung – sowohl im Vorschulalter als auch in der weiterführenden Schule (Clearing House Unterricht 2019a). Die Überzeugung, dass die emotionalen und sozialen Aspekte unserem Leben und den Lernprozessen eine unverzichtbare Grundlage geben, wurde umso stärker, je komplexer die digitale Technologie und je immersiver ihre Möglichkeiten wurden. Zumindest ist dies der Eindruck, der in den letzten Jahren gewonnen werden konnte. Neue didaktische und pädagogische Lernprojekte, die die Potenziale digitaler Technologien einbeziehen, können die Chance bieten, sowohl kognitive als auch emotionale und soziale Kompetenzen zu fördern – wie es in einigen Medienkunstprojekten bereits experimentell erprobt wird.

Das Verständnis dessen, was soziale und emotionale Kompetenzen sind oder welche ihrer Aspekte besonderes relevant sind, ist nicht konstant und wird interdisziplinär – in der Psychologie, Philosophie, Neurowissenschaften, Erziehungswissenschaften

etc. – diskutiert. Kastner et al. (2021) haben bereits darauf hingewiesen, dass eine blosse Beschäftigung mit Kunst nicht zwangsläufig emotionale oder soziale Kompetenzen fördern muss. Diese Lernziele müssen gezielt mit pädagogischen und psychologischen Lerninhalten aufbereitet werden. Im Sinne der Studie «Designing Visual-Arts Education Programs for Transfer Effects» (Kastner et al. 2021) stellt sich die Frage, auf welche Unterschiede in der Auseinandersetzung mit einer klassischen und mit einer XR-Medienkunst man im Erwerb der intra- und/oder interpersonellen Kompetenzen hinweisen kann.

Darüber hinaus kann man auf einen gewissen Dualismus im Umgang mit der Medienkunst hinweisen. Im schulischen Kontext sind Themen der Kunstgeschichte und das handwerkliche Können von Interesse. In einer ausserschulischen Auseinandersetzung können weitere individuelle Interessenschwerpunkte hinzukommen. Keuchel (2019), die die Wirkung der kulturellen Bildung in formalen und non-formalen Kontexten untersucht, stellt fest, dass im non-formalen Setting eine subjektstärkende Orientierung zu nennen ist:

> «Es geht hier um die Stärkung individueller Haltungen und Positionierungen, letztlich um die Frage der eigenen Identitätsbildung. Um neue, eigene Standpunkte zu entdecken, lädt das Medium der ‹Künste› zum Perspektivwechsel ein, Alltägliches wird in einen neuen künstlerischen Kontext gesetzt und damit Bestehendes in seiner bisherigen Deutung hinterfragt» (Keuchel 2019).

XR-Bildungskunstprojekte könnten eine Lücke zwischen formaler und non-formaler Bildung schliessen, wenn sie sich stärker an den Interessen der Lernenden orientieren, die transformativen Aspekte der Lerntheorie nach Illeris berücksichtigen und geeignete Konzepte zur gezielten Förderung von Emotionen und sozialen Kompetenzen entwickeln. Im Sinne der strukturalen Bildung können sie zur Transformation bestehender schulischer Strukturen beitragen (Jörissen und Marotzki 2009) und die Verzahnung von schulischem Curriculum und an eigenen Lerninteressen orientierter Bildung festigen.

In diesem Kontext taucht eine wichtige Frage auf, die die Bewertung der schulischen Leistung betrifft. Wenn die Förderung der Emotionen und sozialen Kompetenzen gezielt angestrebt wird, sollten denn auch die in diesen Bereichen erreichten Ergebnisse evaluiert und benotet werden? Transparent formulierte Lernziele könnten dazu führen, dass die Bewertung kognitiver Leistungen durch ein Feedback aus Kompetenzbereichen des Emotionalen und Sozialen ergänzt wird. Dabei sollte die Tatsache bedacht werden, dass diese Kompetenzen eine längere Zeit für ihre Herausbildung benötigen und in ihrer Entwicklung immer offen und dynamisch bleiben. Ein Feedback kann als Gelegenheit zur Reflexion oder Selbstreflexion verstanden werden.

3. Lernmethode und XR-Bildungskunstprojekte

Die von Kämpf-Jansen begründete und etablierte ästhetische Forschung (2001; Blohm et al. 2005) oder die aktuelle wissenschaftliche Auseinandersetzung mit digitalen Kunstprojekten der kulturellen Bildung (Jörissen, Kröner, und Unterberg 2019) weisen auf Gemeinsamkeiten und Schnittstellen zwischen Forschung und Kunst hin. Wenn in der ästhetischen Forschung die künstlerische Vorgehensweise in wissenschaftlichen Denkmustern aufgefasst wird, verdeutlichen die jüngsten Diskurse, dass in der Zeit der Digitalität neue Freiräume dafür entstanden sind und das Ästhetische ebenfalls im Kontext des Kulturellen, Gesellschaftlichen, Technologischen und Medialen zu verstehen sei. Eine weitere Begründung, *Kunst als Methode des Forschens* zu sehen, kann die Akademisierung künstlerischer Berufe geben. Gegenwärtig kann man auf diverse Auslegungen des Forschungsanspruchs innerhalb der Künste verweisen. Sie reichen von den Hinweisen auf die ästhetischen Elemente in der Wissenschaft über interdisziplinäre Forschungsprojekte zwischen Künstler:innen und Forschenden, Ateliers als Forschungslabore, Förderung der kreativen Wirtschaft, Annäherung der wissenschaftlichen Forschungsmethoden an das Kreative und Künstlerische und umgekehrt bis hin zur selbstverständlichen Gleichberechtigung unterschiedlicher Vorgehensweisen – der künstlerischen und der wissenschaftlichen (Bippus 2009; Ritterman, Bast, und Mittelstraß 2011; Tröndle und Warmers 2012). Medienkunstprojekte entstehen tatsächlich in komplexen Wissenschaftslaboren, wo ganze Teams aus unterschiedlichen Professionen zusammenarbeiten – Programmierende, Techniker:innen, Architekt:innen, Kunsthistoriker:innen, Handwerker:innen, Fachwissenschaftler:innen, Personalmanager:innen etc. Mit einer gewissen Offenheit für die unterschiedlichen Ansätze über Forschung und Kunst lässt sich – im Hinblick auf die Medienbildungsprojekte verkürzt zusammengefasst – sagen, dass die Medienkunst abhängig von Themen und künstlerischen Methoden als eine experimentelle, gewollte und reflektierte Selbstbeobachtung im medialen Kontext betrachtet werden kann, die es der Medienpädagogik und -didaktik ermöglicht, relevante Informationen über die Lernprozesse zu gewinnen und diese auch zu fördern.

Es liegt nahe, die virtuelle, immersive XR-Umgebung für Trainingseinheiten einzusetzen, da so konkrete Kompetenzen und Tätigkeiten in unterschiedlich realen Simulationen geübt werden können. Wie die vorangegangene Diskussion aktueller Forschungsstudien gezeigt hat, haben auch viele XR-Bildungsprojekte dies als Lernziel formuliert. Im Kontext der transformativen Lerntheorie und der Möglichkeiten der ästhetischen Forschung mit digitalen Kunstprojekten sollten die praxisnahen Lernziele kritisch hinterfragt werden:

> «The way to deal with this is not to employ some cunning methods and activities but rather to try to detect whether the learners actually have any serious interest in the intended transformations and, if so, where these interests are subjectively rooted and how they can be addressed» (Illeris, 2014, 13).

Diese Haltung gegenüber Trainingseinheiten kann nicht nur die Identitätsbildung, sondern auch den Erwerb von Fähigkeiten – wie «Ich lerne, wie man lernt» – stärken. Sie befähigt die Lernenden, sich möglicher manipulativer Lernstrategien – z. B. in der Werbung oder im Gaming – bewusst zu werden und damit umzugehen.

4. Neue Themen und Formate für die XR-Bildungsprojekte

Die Bedeutung der digitalen Technik wurde bereits erkannt (Krotz 2001; Krotz und Schulz 2014). Inzwischen lässt sich sagen, dass wie die Elektrizität und mit ihr die Medien Radio, Film und Fernsehen nun auch die Digitalität mit ihren eigenen Medien einen grundlegenden gesellschaftlichen Wandel herbeigeführt hat. Die Filmsprache, diverse Radio- und Fernsehformate haben sich erst im Lauf ihrer Geschichte entwickelt. Folglich ist davon auszugehen, dass die XR in Bezug auf ihre Sprache und Formate noch nicht ihr volles Potenzial erreicht hat. Während die Auseinandersetzung mit Kunst noch vor 30 Jahren überwiegend in öffentlichen Räumen stattfand, ist die Medienkunst heute in Online- und in privaten Räumlichkeiten präsent. Anfang 2021 konnten Kunstinteressierte an einem Medienkunstfestival («Unreal City at Home», 12.01.-9.02., Acute Art 2021) teilnehmen und auf öffentlichen Plätzen oder zu Hause virtuell-digitale Kunst betrachten bzw. sich an XR-Projekten beteiligen. Von August 2021 bis Februar 2022 fand in Düsseldorf (NRW Forum 2022) eine AR-Biennale statt, die AR-Medienkunstwerke in öffentliche und private Räume verlegt. Sie versucht, ein neues Publikum anzusprechen. Die Erzählformen sind interaktiv, die Betrachtungsregeln und Nutzungsbedingungen werden mithilfe spielerischer Elemente intuitiv vermittelt. Bei den Kunstwerken handelt es sich überwiegend um verschiedene digitale Objekte, die in die reale Umgebung hineinprojiziert werden, oder um kleine Überraschungsgeschichten. Das Medienstudio «Acute Art» stellt Medienkunstwerke teilweise kostenlos zur Verfügung und ermöglicht deren Betrachtung in der XR. In Marco Brambillas Videoinstallation «The four Temperaments» (2020) verkörpert die Schauspielerin Cate Blanchett vier verschiedene Charaktertypen, die auf die Persönlichkeitsklassifizierung des antiken griechischen Philosophen Galen zurückzuführen sind. Diesen vier Temperamenten werden entsprechende Farben zugeordnet: dem Sanguiniker das Gelb, dem Choleriker das Rot, dem Melancholiker das Blau und dem Phlegmatiker das Grün. Die verschiedenfarbigen Charaktertemperamente erscheinen jeweils in einer einzigen freischwebenden Kristallkugel, die die Betrachtenden mit einem und demselben Satz ansprechen. Auf diese Weise werden die Betrachtenden nicht nur mit eigenen Gefühlen konfrontiert, sondern auch mit den eigenen Vorstellungen darüber, was sie über die klischeehafte Kategorisierung der Persönlichkeiten denken. Zusätzlich erfährt das Kunstwerk von Brambilla durch eine AR-App eine Fortsetzung. Mit einem Smartphone lassen sich die bunten Kristallkugeln in beliebigen Settings filmen, fotografieren und weiterleiten. Jede und jeder moderiert

ihre und seine eigene Umgebung für die vier Temperamente, ist Teil des Medienkunstwerks selbst und begibt sich in eine Community von Menschen, denen Gleiches tun (Acute Art).

Noch greifbarer wird die Mischform der XR im Medienkunstprojekt «Earth Speakr» von Olafur Eliasson (2020). Es wurde anlässlich der deutschen Ratspräsidentschaft der EU 2020 ins Leben gerufen, vom Auswärtigen Amt gefördert und in Zusammenarbeit mit dem Goethe-Institut realisiert. In «Earth Speakr» lud Eliasson Kinder dazu ein, sich in einer Kunstaktion für den Planeten Erde einzusetzen, und versprach ihnen, Erwachsene über die Ergebnisse ihres Engagements zu informieren. Die Kunstaktion setzte die Nutzung von Augmented Reality voraus: Eine kostenlose App und eine interaktive Website (www.earthspeakr.art), die in 25 Sprachen verfügbar und weltweit zugänglich war, standen hierfür zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe nahmen sich die Kinder sprechend per Video auf und projizierten die Videoclips auf ausgesuchte Gegenstände, die dann in Form einer neuen virtuellen Animation das Gesagte mimten und nachsprachen. Auf diesem Weg entstanden zahlreiche Kurzanimationen/Videoclips, die auf die Internetseite des Projekts hochgeladen wurden. Da sie dort als kleine Pins auf einer Online-Weltkarte präsentiert sind, können sie immer wieder abgerufen und angeschaut werden. In diesem Kunstprojekt erweitert sich die AR zu einer online-virtuell-realen Umgebung und veranschaulicht noch einmal, über welche vielschichtigen Qualitäten die XR verfügen kann.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass oft nicht die Inhalte über die Art der digitalen Realität entscheiden, sondern die Endgeräte, mit denen diese rezipiert werden. Betrachtet man zum Beispiel die 360°-Videos, die von Museen auf ihren Internetseiten präsentiert werden, nicht auf dem Computer, sondern auf einem Smartphone mit Unterstützung von Apps wie «Cardboard», erscheinen diese als immersive XR-Realitäten. Mithilfe dieser Apps lassen sich sogar eigene Fotos in XR-Qualität betrachten, was es jedem Nutzer und jeder Nutzerin erlaubt, sich erneut in real erlebte Situationen digital zu versetzen.

Die Episode mit dem Kunstwerk «Mars House» (Kim 2020) lässt vermuten, dass die Grenzen zwischen Medienkunst, Wirtschaft, Edutainment und Freizeitaktivität dünn und durchlässig sind. Einige Entwicklungen deuten darauf hin, dass XR-Kunstprojekte auch primär für spielerische und freizeitorientierte Umgebungen eingesetzt werden: «AREA 15» in Las Vegas (Nevada/USA), «Seismique» in Houston (Texas/USA) oder «Otherworld» in Columbus (Ohio/USA).

Insgesamt zeichnen sich die XR-Kunstprojekte durch grosse Heterogenität aus. Einige von ihnen sind – wie oben vorgestellt – hochkomplex und entstehen in multiprofessionellen Teams, andere werden beiläufig in individueller Einzelarbeit mit kostenlosen Apps erstellt. Sie können einem Wissenserwerb oder einer angenehmen Freizeitbeschäftigung dienen oder einmal mehr dem Innovativem, dem Ästhetischen oder dem Profit verpflichtet sein. Dies sollte bei der Suche nach neuen Impulsen für Bildungsprojekte berücksichtigt werden.

Zeitgenössische Künstler beziehen digitale Tools und Techniken in alle künstlerischen Prozesse ein. Neue Tools haben eine Anziehungskraft, weil sie zum Experimentieren und Ausprobieren einladen; sie geben Hoffnung auf etwas Neues. Aber sind sie für Jugendliche und Kinder vielleicht auch deswegen attraktiv, weil sich mit ihrer Hilfe die aktuellen Fragen und Lösungsvorschläge am besten erschliessen lassen? Die Tradition der Pop-Art mit ihrer festen thematischen Verankerung im Alltag und dem Bezug zu den damaligen gesellschaftlichen Fragen ist heute auch in der XR-Medienkunst zu spüren. Zu den wichtigsten Themen gehören: Medienkunst-Aktivismus, künstliches Leben und künstliche Intelligenz, Körper und Identitäten, Visualisierung von Daten und Algorithmen, Raumüberschreitungen, räumlich und/oder zeitlich versetzte Kommunikation, neue Rahmenbedingungen für öffentliche Räume, Biodiversität, Globalisierung und Nachhaltigkeit (vgl. Paul 2012). Die Verbreitung der Digitalität geht mit einem neuen Weltbild und einer neuen Haltung einher. Wenn von Globalisierung die Rede ist, geht es nicht um wirtschaftliche Möglichkeiten, sondern um gemeinsame Verantwortung; wenn von Ressourcen die Rede ist, geht es um deren Erhalt, Kommunikation findet oft unter Einbeziehung sozialer Netzwerke statt etc. Daraus ergeben sich sowohl Chancen als auch didaktische und pädagogische Herausforderungen, insbesondere im Hinblick auf die Nutzung sozialer Plattformen für die Bildungsprojekte oder Planung und Einschätzung der Konsequenzen von Onlineaktivitäten. Auch diese Aspekte müssen bei der Konzipierung didaktischer und pädagogischer Medienprojekte bedacht werden.

Interaktivität ist in fast allen Medienkunstwerken vorhanden. Trotz kritischer theoretischer Diskurse (vgl. Strzebkowski und Kleeberg 2002) bleibt sie aus didaktischer und pädagogischer Perspektive eine grosse Unbekannte. Beschreibungen der Interaktivität bleiben auf der Ebene der Gestik oder Bewegung, des Technischen und des Durchführbaren. Eine zielgerichtete Zusammenführung der visuellen Darstellung, Erzählung und Dramaturgie im Kontext eingeführter medialer Aktivitäten bleibt aus. Im Zusammenhang mit der Förderung von emotionalen und sozialen Kompetenzen müsste hierzu eine weitere Betrachtungsperspektive herangezogen werden. *Die Theorie der exekutiven Funktionen*, die Entscheidungsplanung, -findung, -prozesse und -durchführung in den Fokus stellt, könnte eine geeignete theoretische Grundlage darstellen. Aus dieser Perspektive könnten bestimmte Kompetenzen gezielt gefördert werden:

> «eine Gruppe von Fähigkeiten, die uns helfen, uns auf mehrere Informationsströme gleichzeitig zu konzentrieren, Fehler im Auge zu behalten, Entscheidungen im Lichte der verfügbaren Informationen zu treffen, Pläne bei Bedarf zu revidieren, und dem Drang zu widerstehen, der Frustration zu unterliegen und überstürzt zu handeln» (Center on the Developing Child 2011, 3).

Aber insbesondere in diesem Kontext könnten die eingesetzten Elemente medialer Interaktivität auf ihre sinnhafte Wirksamkeit hin untersucht werden. Zugleich kommt damit eine weitere Herausforderung der medialen Lernumgebung zum Vorschein: Bislang wurden im schulischen oder ausserschulischen Kontext Wissensinhalte zur Aufnahme, Verarbeitung, zum Transfer etc. angeboten – wie die Lernprozesse zustande kamen, blieb eine individuelle Leistung. Mit der Einführung interaktiver XR-Lernumgebungen können die Lernprozesse selbst sichtbar gemacht werden. Dies erfordert eine andere Lernatmosphäre und setzt eine Offenheit der Lernenden für die Sichtbarkeit ihrer Leistungen voraus, was auch Nicht-Verstehen, langsames Verstehen, Übersehen von Zusammenhängen etc. einschliesst. Gleichzeitig eröffnet es aber auch die Möglichkeit, die Lernenden individuell zu fördern.

5. Fazit

Kulturelle Bildung muss ihre Lernziele nicht rechtfertigen. Genau wie alle anderen Wissensdisziplinen stellen die Künste einen wichtigen Teil menschlicher Erfahrung dar.

> «In diesem Sinne sind sie ein eigenständiger Bildungsbereich. Schüler/innen, die eine Kunstform beherrschen, können darin einen Beruf oder eine Leidenschaft für ihr Leben entdecken. Aber für alle Kinder bieten die Künste eine andere Art von Verständnis als die Wissenschaften und andere akademische Fächer. Da es in den Künsten keine richtigen oder falschen Antworten gibt, geben sie den Schülern die Freiheit, zu erforschen und zu experimentieren. Sie sind auch ein Ort der Selbstreflexion und der persönlichen Sinnfindung» (Winner, Goldstein, und Vincent-Lancrin 2013, 22)

So fasst die Metastudie «Art for Art's Sake» ihr Forschungsergebnis zusammen. Gleichzeitig beweist die Metastudie, dass man auf viele Studienergebnisse verweisen kann, die belegen, dass die Beschäftigung mit der Kunst einen positiven Einfluss auf die curricularen Lernziele hat. Der vorgelegte Überblick zur Begründung und Aufstellung der ersten Rahmenbedingungen für XR-Bildungsprojekte geht über die Lernziele der Kunstpädagogik hinaus und schlägt vor, die in der Medienkunst gesammelten Erfahrungen als didaktischen Leitfaden für alle XR-Bildungsprojekte zu nutzen. Im Sinne einer aktiven ästhetisch-digitalen Forschung oder einer künstlerisch-innovativen Lernumgebung können somit transformative Lernprozesse zur Stärkung der Identitätsbildung gefördert werden. Es könnten nicht nur Emotionen, soziale Kompetenzen, Wohlbefinden oder akademische Lernkompetenzen gezielt angesprochen werden, sondern auch neue gesellschaftliche Themen, Ideen für Problemlösungen, Aufbau von Aktivitäten in Netzwerken oder soziales Engagement. Die Grenzen zwischen formaler und non-formaler Bildung könnten im schulischen Kontext durchlässiger

werden. Oft wird fälschlicherweise angenommen, die jungen «Digital Natives» seien alle mit gleichen Medienkompetenzen ausgestattet. Mit neuen XR-Bildungsprojekten könnte aber auch die Bildungsungleichheit unter ihnen im Hinblick auf ihre Medienkompetenzen gefördert werden.

Literatur

Acute art. o. J. Virtual reality & augmented reality art production. https://acuteart.com/.

Acute Art. 2021. «Unreal city at home». Acute Art. https://acuteart.com/artist/unreal-city/.

Bippus, Elke. 2012. *Kunst des Forschens. Praxis eines ästhetischen Denkens*. 2., unveränd. Auflage (Erstauflage 2009). Schriftenreihe des Instituts für Gegenwartskünste, Bd. 4. Zürich: Diaphanes.

Blohm, Manfred, Christine Heil, Maria Peters, Andrea Sabisch, und Fritz Seydel, Hrsg. 2005. Über Ästhetische Forschung. Lektüre zu Texten von Helga Kämpf-Jansen. Kontext Kunstpädagogik, Bd. 5. München: kopaed.

Brambilla, Marco. 2020. «The four temperaments». https://www.marcobrambilla.com/the-four-temperaments.

Camuka, Ahmet, und Peez Georg, Hrsg. 2017. *Mit Smartphone und Tablet* [Themenheft]. *Kunst + Unterricht*, 415–16.

CASEL. o. J. «About CASEL». https://casel.org/about-2/.

Center on the Developing Child – Harvard University. 2011. *Building the brain's «air traffic control» system: How early experiences shape the development of executive function*. Working Paper, Bd. 11. Cambridge, MA: Harvard University. https://46y5eh11fhgw3ve3ytpwxt9r-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2011/05/How-Early-Experiences-Shape-the-Development-of-Executive-Function.pdf.

Clearing House Unterricht. 2019a. «Soziales und emotionales Lernen in der Schule = bessere Leistungen?» Clearing House Unterricht. https://www.clearinghouse.edu.tum.de/reviews/lehrstrategien-im-vergleich/soziales-und-emotionales-lernen-in-der-schule-bessere-leistungen/.

Clearing House Unterricht. 2019b. *Soziales und Emotionales Lernen (SEL): Definition und Kernkompetenzen.* Kurzreview, Bd. 24. München: TU. https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2019/06/CHU_KR-24_Corcoran-2018_Kernkompetenzen-SEL.pdf.

Clearing House Unterricht. 2019c. *Soziales und Emotionales Lernen (SEL): Möglichkeiten der Förderung.* Kurzreview, Bd. 24. München: TU. Zugriff 9.3.2022. https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2019/07/CHU_KR-24_Corcoran-2018_Fo%CC%88rdermo%CC%88glichkeiten-SEL.pdf.

Dengel, Andreas, und Jutta Mägdefrau. 2019. «Immersive learning explored: Subjective and objective factors influencing learning outcomes in immersive educational virtual environments». *IEEE Xplore/2019* (Vortrag von 2018), 608–15. https://doi.org/10.1109/TALE.2018.8615281.

Diamond, Adele. 2010. «The evidence base for improving school outcomes by addressing the whole child and by addressing skills and attitudes, not just content». *Early Education and Development,* 5/2010, 780–93. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3026344/pdf/nihms254599.pdf.

Diamond, Adele. 2014. «Want to optimize executive functions and academic outcomes? Simple, just nourish the human spirit». In *Developing cognitive control processes: Mechanisms, implications, and interventions,* herausgegeben von Philip D. Zelazo, und Maria D. Sera, 205–32. Minnesota symposia on child psychology, 37. Hoboken, NJ: Wiley. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4210770/pdf/nihms-605270.pdf.

Dinkla, Söke. 1997. *Pioniere Interaktiver Kunst von 1970 bis heute. Myron Krueger, Jeffrey Shaw, David Rokeby, Lynn Hershman, Grahame Weinbren, Ken Feingold*. Edition ZKM. Karlsruhe: Cantz.

Elias, Maurice J., Joseph E. Zins, Roger P. Weissberg, Karin S. Frey, Mark T. Greenberg, Norris M. Haynes, Rachael Kessler, Mary E. Schwab-Stone, und Timothy P. Shriver. 1997. *Promoting social and emotional learning. Guidelines for educators*. Alexandria, VA: ASCD. https://earlylearningfocus.org/wp-content/uploads/2019/12/promoting-social-and-emotional-learning-1.pdf.

Eliasson, Olafur. 2020. «Earth speakr». Olafur Eliasson. https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK110940/earth-speakr.

Fairs, Marcus. 2021. «‹The virtual world is taking over the real world,› says virtual designer Anthony Authié of Zyva Studio». *Dezeen,* 3. April 2021. https://www.dezeen.com/2021/04/03/anthony-authie-zyva-studio-launches-architoys-nft-auction/.

Frankfurter Allgemeine. 2021. «Facebook entwickelt virtuelle Welt». *Frankfurter Allgemeine*, 27. Juli 2021. https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/metaverse-facebook-entwickelt-virtuelle-welt-17456090.html.

Goleman, Daniel. 1996. *Emotional intelligence. Why it can matter more than IQ*. London: Bloomsbury.

Heidloff, Carolin, Fanny Kranz, und Sanne Pawelzyk. 2020. «‹Echt wahr?› Realität mit Zeichnung und Stop Motion erweitern, in Mixed Reality». *Kunst + Unterricht*, 439–40, 19–23.

Helliwell, John, Richard Layard, und Jeffrey Sachs, Hrsg. 2012. *World happiness report*. New York: Columbia University. https://s3.amazonaws.com/happiness-report/2012/World_Happiness_Report_2012.pdf.

Huber, Matthias, und Sabine Krause, Hrsg. 2017. *Bildung und Emotion*. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18589-3.

Illeris, Knud. 2007. *How we learn. Learning and non-learning in school and beyond*. London: Routledge.

Illeris, Knud. 2014. «Transformative Learning and Identity». *Journal of Transformative Education* 12 (2): 148–63. https://doi.org/10.1177/1541344614548423.

Jörissen, Benjamin, Stephan Kröner, und Lisa Unterberg, Hrsg. 2019. *Forschung zur Digitalisierung in der Kulturellen Bildung.* Kulturelle Bildung und Digitalität. München: kopaed. https://doi.org/10.25656/01:18486.

Jörissen, Benjamin, und Winfried Marotzki. 2009. *Medienbildung – eine Einführung. Theorie – Methoden – Analysen*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kämpf-Jansen, Helga. 2001. Ästhetische Forschung. Wege durch Alltag, Kunst und Wissenschaft. Zu einem innovativen Konzept ästhetischer Bildung. Diskussionsbeiträge zur ästhetischen Bildung, Bd. 2. Köln: Salon.

Kankaraš, Miloš, Eva Feron, und Rachel Renbarger. 2019. *Assessing students' social and emotional skills through triangulation of assessment methods*. OECD Education Working Papers, Bd. 208. Paris: OECD. https://doi.org/10.1787/717ad7f2-en.

Kastner, Lydia, Nora Umbach, Aiste Jusyte, Sergio Cervera-Torres, Susana Ruiz Fernández, Sven Nommensen, und Peter Gerjets. 2021. «Designing visual-arts education programs for transfer effects: Development and experimental evaluation of (digital) drawing courses in the art museum designed to promote adolescents' socio-emotional skills». *Frontiers in Psychology* 11. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.603984.

Kim, Krista. 2020. «Mars House». SuperRare. https://superrare.com/artwork-v2/mars-house-21383.

Krotz, Friedrich. 2001. *Die Mediatisierung des kommunikativen Handelns. Der Wandel von Alltag und sozialen Beziehungen, Kultur und Gesellschaft durch die Medien*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.

Krotz, Friedrich, und Iren Schulz. 2014. «Jugendkulturen im Zeitalter der Mediatisierung». In *Digitale Jugendkulturen*, herausgegeben von Hugger, Kai-Uwe, 31–44. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19070-9_2.

Keuchel, Susanne. 2019. «Chancen und Herausforderungen für kulturelle Bildungskooperationen im Ganztag: Zu Wirkungsfragen formaler und non-formaler Bildungspraxis». *Kulturelle Bildung Online*. https://doi.org/10.25529/92552.497.

Kurutz, Steven. 2021. «The curious world of NFT real estate and design. People are selling and buying art, furniture and even houses and land that exist only virtually». *New York Times*, 25. Mai 2021. https://www.nytimes.com/2021/05/25/fashion/selling-virtual-real-estate.html.

Mayer, Richard E. 2002. «Rote versus meaningful learning». *Theory Into Practice* 4: 226–32. https://web.mit.edu/jrankin/www/teach_transfer/rote_v_meaning.pdf.

Meik, Anna, und Peez Georg. 2019. «3D-Malen in einer Virtual Reality-Umgebung. Empirische Fallerkundung eines Gestaltungsprozesses». *BDK-Mitteilungen* 2: 20–5. https://georgpeez.de/wp-content/uploads/2019/07/3D-Malen-in-einer-Virtual-Reality-Umgebung.pdf.

Milgram, Paul, Haruo Takemura, Akira Utsumi und Fumio Kishino. 1994. «Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum». SPIE 2351, 282–292, Telemanipulator and Telepresence Technologies. https://doi.org/10.1117/12.197321.

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): 208–24. https://www.learntechlib.org/p/218562/.

NRW-Forum. 2022. «AR Biennale». *NRW-Forum*. https://www.nrw-forum.de/ausstellungen/ar-biennale.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. 2021. *Social and emotional skills. Well-being, connectedness and success.* Paris: OECD. https://doi.org/10.1787/db1d8e59-en.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. 2021. «OECD Survey on social and emotional skills». Paris: OECD. https://www.oecd.org/education/ceri/social-emotional-skills-study/.

Paul, Christiane. 2012. *Digital art.* World of art. London: Thames & Hudson.

Peez, Georg, Hrsg. 2020. *Mixed Reality* [Themenheft]. *Kunst + Unterricht,* 439-440.

Pellegrino, James W., und Margaret L. Hilton, Hrsg. 2012. *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: The National Academies Press. Zugriff 9.3.2022. https://www.hewlett.org/wp-content/uploads/2016/08/Education_for_Life_and_Work.pdf.

Radianti, Jaziar, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, und Isabell Wohlgenannt. 2020. «A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda». *Computers & Education* 147. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778.

Reicher, Hannelore. 2010. *Sozial-emotionales Lernen im Kontext inklusiver Pädagogik. Potenziale und Perspektiven*. Habilitationen, Dissertationen und Diplomarbeiten, Bd. 31. Graz: Leykam.

Ritterman, Janet, Gerald Bast, und Jürgen Mittelstraß. 2011. *Kunst und Forschung. Können Künstler Forscher Sein?* Edition die Angewandte. Wien: Springer.

Seligman, Martin E. P. 1992. *Learned optimism: How to change your mind and your life.* New York: Pocket Books.

Seligman, Martin E. P. 1995. *The optimistic child. How learned optimism protects children from depression*. Boston: Houghton Mifflin.

Seligman, Martin E. P. 2002. *Authentic happiness. Using the new positive psychology to realize your potential for lasting fulfillment*. New York: Free Press.

Seligman, Martin E. P. 2011. *Flourish. A visionary new understanding of happiness and well-being*. New York: Free Press.

Strzebkowski, Robert, und Nicole Kleeberg. 2002. «Interaktivität und Präsentation als Komponenten multimedialer Lernanwendungen». In *Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Lehrbuch für Studium und Praxis,* hrsg. v. Issing, Ludwig J., und Paul Klimsa, 229–46. 3., vollst. überarb. Auflage. Weinheim: Beltz.

SuperRare. Authentic digital art marketplace. o. J. SuperRare. https://superrare.co.

Tröndle, Martin, und Julia Warmers, Hrsg. 2012. *Kunstforschung als ästhetische Wissenschaft. Beiträge zur transdisziplinären Hybridisierung von Wissenschaft und Kunst*. Bielefeld: transkript.

Winner, Ellen, Thalia R. Goldstein, und Stèphan Vincent-Lancrin. 2013. *Art for art's sake? The impact of arts education. Educational research and innovation.* Paris: OECD. https://doi.org/10.1787/9789264180789-en.

Zembala, Anna. 2019. «Extended Reality (XR) im museumspädagogischen Kontext». *Merz* 3: 74–80.

MedienPädagogik
Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung
www.medienpaed.com **ISSN 1424-3636**

Themenheft Nr. 47:
Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 1.
Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel und Raphael Zender

Lernen in virtuellen Räumen

Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung

Christian Hartmann[1] und Maria Bannert[1]

[1] Technische Universität München

Zusammenfassung
«Immersive Medien bzw. Lernumgebungen» (vgl. «virtual reality») bezeichnen technologiegestützte Anwendungen, die es Lernenden ermöglichen, einen virtuell erzeugten Raum realitätsnah zu erleben. Innerhalb der Lehr-Lern-Forschung wird immersiven Medien das Potenzial zugesprochen, Lernprozesse zu fördern. Jedoch konnten Studien bislang dieses Potenzial nicht hinreichend belegen. Im Rahmen dieses Beitrags argumentieren wir, dass die heterogene Befundlage bisheriger Untersuchungen u. a. durch die Schwierigkeit erklärbar ist, das Lernen mit immersiven Medien theoretisch zu fassen. Wir adressieren diese Schwierigkeit im Rahmen des vorliegenden Beitrags damit, die räumlich-situative Repräsentation episodischer Inhalte als Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien herauszuarbeiten. Die Diskussion dieses Alleinstellungsmerkmals hinsichtlich potenzieller Effekte auf das Lernen macht deutlich, dass das Verhältnis zwischen exklusiven Merkmalen immersiver Medien und damit verbundenen Informationsverarbeitungsprozessen bisher nicht hinreichend durch theoretische Modelle erfasst wird. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, durch die Diskussion eines Alleinstellungsmerkmals immersiver Medien theoretische Beziehungen genauer abzubilden, sodass diese in künftigen Forschungsarbeiten besser zielgerichtet adressiert werden können.

Learning in Virtual Reality. Theoretical Foundations And Implications For Future Research

Abstract
Virtual reality learning environments respectively immersive media refer to technology-supported applications which enable learners to experience a virtually generated situation close to reality. Within educational research, immersive media is assumed to promote learning processes. However, studies have not yet been able to provide sufficient evidence of this assumption. We argue that the heterogeneous findings of previous studies can be explained by the difficulty to theoretically describe learning with immersive media. We address this difficulty by arguing that the spatial-situational representation of episodic

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

content is a unique feature of immersive media. We further argue that the relationship between exclusive features of immersive media and related learning processes has not been adequately addressed by theoretical models so far. The goal of this paper is to map theoretical relationships more precisely by discussing a unique feature of immersive media so that they can be addressed more specifically in future research.

1. Einleitung

Immersive Medien machen Phänomene für Lernende durch virtuell erzeugte Elemente realitätsnah erfahrbar (vgl. «virtual reality»). Lernende können mithilfe immersiver Medien z. B. eine virtuelle Reise durch die Blutbahn des Menschen unternehmen oder durch das Rom der Antike spazieren. Aufgrund umfassender Gestaltungsmöglichkeiten authentischer sowie interaktiver Lernumgebungen werden immersiven Medien im Diskurs der Lehr-Lern-Forschung grosse Potenziale zur Förderung von Lernprozessen zugeschrieben (für eine Übersicht s. Wu, Yu, und Gu 2020). Bisherige Studien liefern jedoch heterogene Befunde hinsichtlich der *Lernförderlichkeit* immersiver Lernumgebungen, d. h., die aktuelle empirische Lage wird dem zugesprochenen Lernpotenzial nicht gerecht: Auch wenn die potentielle Lernförderlichkeit immersiver *Lernumgebungen* in Studien empirisch unterstützt wird (für Metaanalysen, siehe: Merchant u. a. 2014; Zhao u. a. 2020; Wu, Yu, und Gu 2020), gibt es ebenfalls Studien, in denen ausbleibende (oder sogar lernhinderliche) Effekte berichtet werden (z. B. Moreno und Mayer 2002; Parong und Mayer 2018; Makransky, Terkildsen, und Mayer 2019; für eine Metaanalyse, siehe: Kaplan u. a. 2021). Im Rahmen dieses Beitrags argumentieren wir, dass die heterogene Befundlage bisheriger Forschung durch die Schwierigkeit erklärt werden kann, das Lernen in virtueller Realität theoretisch zu greifen, was wiederum die zielgerichtete, theoriegeleitete Operationalisierung von Studien erschwert. Immersive Medien zeichnen sich durch zahlreiche technische Eigenschaften aus, die wiederum potenziell mit einer Vielzahl von Lernmechanismen interagieren. Die zentrale Herausforderung der Forschung zum Lernen mit immersiven Medien besteht darin, Alleinstellungsmerkmale virtueller Lernumgebungen herauszuarbeiten, um so konkrete Wechselwirkungen zwischen Medienmerkmalen und Lernprozessen abbilden zu können. Im Rahmen dieses Beitrags unternehmen wir den Versuch, immersive Medien und deren Potenzial zur Förderung von Lernprozessen theoretisch zu greifen, indem wir zentrale Merkmale immersiver Medien herausarbeiten und darauf aufbauend Implikationen für die künftige Forschung zum Lernen in virtuellen Räumen diskutieren.

2. Unterschied zwischen «immersiven» und «nicht-immersiven» Medien

«Immersive Medien» bezeichnen technologiegestützte Anwendungen, die es Lernenden ermöglichen, einen digital erzeugten Raum realitätsnah zu erleben. Immersion bezeichnet dabei das Gefühl, sich selbst sowie eigene Handlungen in einem digital erzeugten Raum zu verorten (Wirth u. a. 2007). Dieser Effekt immersiver Medien kann potenziell durch zahlreiche Technologiemerkmale erzeugt werden wie z. B. die stereoskopische Wahrnehmung dreidimensionaler Inhalte (für eine Übersicht s. Cummings und Bailenson 2016). Es ist jedoch zu betonen, dass sämtliche Medien *potenziell* immersiv sind, d. h. eine Situation bzw. einen Ort *erfahrbar* machen können. Ein Buch kann durch räumlich-situative Beschreibungen ähnlich immersiv sein wie Visualisierungen in einem Film oder Computerspiel. Als Beispiel eines hochimmersiven Mediums gilt das «head-mounted-display» (HMD): Bei einer Variante erfahren Lernende die digitale Umgebung über einen am Kopf befestigten augennahen Bildschirm. Bewegungen des Kopfes entscheiden über das Sichtfeld, Handlungen werden durch Eingabegeräte in den digitalen Raum überführt. An dieser Stelle zeigt sich, dass Immersion durch mehrere Medienmerkmale erzeugt wird, aus welchen wiederum unterschiedliche Formen von Immersion resultieren. Dede, Jacobson und Richards (2017) unterscheiden zwischen *handlungsbasierter* (z. B. durch eine virtuelle Stadt laufen), *narrativer* (z. B. eine Beschreibung der Stadt lesen), *sensorische*r (z. B. in einem Taxi egoperspektivisch durch eine Stadt fahren) und *sozialer Immersion* (z. B. virtuelle Erfahrung mit mehreren Akteuren). In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass sich die theoretischen Ausführungen unseres Beitrags aufgrund der Komplexität des Forschungsgegenstandes überwiegend auf die visuelle Repräsentation räumlich-situativer Informationen in VR-Lernumgebungen beziehen (sensorische Immersion) und folglich interaktive Handlungen (z. B. die Rotation eines virtuellen Objektes durch Handbewegungen), soziale Interaktionen im virtuellen Raum sowie immersive Narrationen ausklammern. Als «immersiv» bezeichnen wir insbesondere HMD-gestützte Anwendungen. Erfahren Lernende räumlich-situative Stimuli mithilfe eines herkömmlichen Computers oder verbaler Beschreibungen, sprechen wir von «weniger immersiven» Medien. Zudem beziehen sich unsere Ausführungen vorrangig auf Anwendungen, die auf vollständig virtuell erzeugte Repräsentationen zurückgreifen und weniger auf Anwendungen, in welchen die Realität durch virtuelle Elemente angereichert wird (vgl. «augmented reality»).

3. Forschungsmethodische Anmerkungen zur Untersuchung immersiver Lernräume

Ein Problem bisheriger Forschung – wodurch die vorliegende heterogene Befundlage erklärt werden könnte – liegt in der Schwierigkeit, die *besondere* Lernförderlichkeit immersiver Medien theoretisch sowie empirisch herauszuarbeiten. VR-Technologien

ermöglichen die beinahe grenzenlose Gestaltung diverser Lernräume, in denen zudem nahezu alle Sinnesmodalitäten von Lernenden (z. B. durch auditive, visuelle und haptische Reize) je nach Lernziel adressiert werden können. Die daraus resultierende Frage nach der Lernförderlichkeit virtueller Realität gleicht daher in etwa der Frage nach der Bedeutung von Schriftsprache für Lernprozesse: So wie Wörter – scheinbar unbegrenzt vielfältige – Informationen zeichenhaft repräsentieren können, leisten immersive Medien dies auf der Ebene visuell repräsentierter Informationen. Anzumerken ist jedoch, dass dies – zumindest in Teilen – auch für Bildmaterial zutreffend ist. Dies verdeutlicht, dass die Beantwortung der Frage nach der potenziellen Lernförderlichkeit immersiver Medien erfordert, Alleinstellungsmerkmale des Mediums herauszuarbeiten, d. h. zu klären, inwiefern sich immersive von weniger immersiven Medien unterscheiden. Zunächst ist festzustellen, dass ein Medium nicht unmittelbar lernförderlich ist, d. h. *grundsätzlich* eine effektivere Informationsverarbeitung der Lernenden gewährleistet (Clark 1983) als vorherige. Vielmehr scheint es plausibel, dass bestimmte Medienmerkmale spezifische Informationsverarbeitungsprozesse effektiv stützen oder sogar hemmen. Im Rahmen der Lehr-Lern-Forschung wird diese Frage insbesondere im Bereich des multimedialen Lernens (für eine Übersicht s. Mayer 2014 2020) bzw. mediendidaktischer Arbeiten diskutiert (siehe: Buchner und Aretz 2020). Hervorzuheben ist, dass die Forschung zu immersiven Lernmedien zahlreiche wissenschaftliche Disziplinen einschliesst (Informatik, Kognitionspsychologie, Medienpädagogik etc.) und daher nur schwer auf wenige Forschungszweige zu begrenzen ist.

In Anlehnung an Mayer (2010) lassen sich zwei übergeordnete Forschungsansätze herausstellen, die der Frage nach der Beziehung zwischen Medien und Lernen nachgehen: Medien- und Instruktionsorientierte Ansätze. Medienorientierte Ansätze sind eher technologieorientiert und vergleichen unterschiedliche Medien bspw. hinsichtlich ihrer Lernförderlichkeit. Auch wenn medienorientierte Ansätze dabei helfen, Effekte immersiver Medien im Kontrast zu medialen Alternativen herauszuarbeiten, besteht eine Schwierigkeit darin, dass verschiedene Medienmerkmale oftmals zusammengenommen untersucht werden. Dies ist z. B. der Fall, wenn eine HMD-gestützte immersive Lernumgebung mit einer computerbasierten Anwendung verglichen wird, sich beide Anwendungen jedoch hinsichtlich mehrerer Merkmale wie etwa der stereoskopischen Wahrnehmung *und* Interaktionsmöglichkeiten unterscheiden. Differenzierte Effekte spezifischer Merkmale bleiben daher meist verborgen. Medienorientierte Forschungsansätze lassen sich durch Kontrastieren einzelner Medienmerkmale optimieren (vgl. Surry und Ensminger 2001), z. B. indem Merkmale HMD-gestützter Lernumgebungen weitestgehend getrennt voneinander untersucht werden. Ein weiteres Problem medienorientierter Ansätze besteht darin, dass einzelne Merkmale nur in technischer Hinsicht voneinander differenziert werden, d. h. Studien werden meist ohne hinreichende lerntheoretische Bezüge gestaltet.

Instruktionsorientierte Forschungsansätze fokussieren dagegen lerntheoretische Bezüge. Studien zum technologieunterstützten problembasierten Lernen deuten z. B. darauf hin, dass interaktive, problemorientierte sowie authentische Situationen Lernende dabei unterstützen, Zusammenhänge relevanter Lerninhalte besser zu verstehen und diese auf neue Situationen zu transferieren (für eine Übersicht s. Lu, Bridges, und Hmelo-Silver 2014). Da immersive Medien zahlreiche Gestaltungsmöglichkeiten bieten, scheint es naheliegend, bereits etablierte Instruktionsmethoden wie etwa das problembasierte Lernen mithilfe von immersiven Medien umzusetzen und zu untersuchen. Ähnlich wie beim medienorientierten Ansatz besteht eine Schwierigkeit des instruktionsorientierten Ansatzes darin, dass verschiedene Aspekte einer Lernsituation oftmals in einer Anwendung zusammengenommen umgesetzt werden, d. h. verschiedene Merkmale der Lernumgebung wie etwa Interaktivität oder Authentizität nicht separat untersucht bzw. experimentell manipuliert werden. Werden potenziell lernförderliche Komponenten einer Lernsituation (z. B. Lernaktivitäten) nicht kontrolliert betrachtet, ist nur schwer bestimmbar, welche genauen Lernprozesse durch immersive Medien gefördert werden. Dies gilt auch für einzelne Medienmerkmale, sofern instruktionsorientierte Ansätze diese nicht getrennt voneinander betrachten.

Zusammengenommen lässt sich feststellen, dass die Untersuchung der Lernförderlichkeit immersiver Medien aufgrund der Vermischung sowohl diverser Medienmerkmale als auch zahlreicher lerntheoretischer Bezüge bzw. didaktischer Gestaltungsmöglichkeiten erschwert wird. Auch wenn medien- und instruktionsorientierte Forschungsansätze dabei helfen, Potenziale immersiver Medien zur Förderung von Lernprozessen aufzuzeigen, deuten die stark heterogenen Befunde zur Lernförderlichkeit auf die Notwendigkeit hin, die Beziehung zwischen spezifischen Medienmerkmalen und konkreten Lernprozessen exakter zu beschreiben. Mit anderen Worten stellt sich die Frage nach *Alleinstellungsmerkmalen immersiver Medien*, welche diese in Abgrenzung zu Alternativen als Lernmedien auszeichnen. Im Grunde scheint eine Kombination aus medien- und instruktionsorientierten Ansätzen vielversprechend, sodass einzelne Merkmale und deren exakte Interaktion mit spezifischen Lernprozessen abbildbar werden.

Im folgenden Abschnitt wird zunächst – eher medienorientiert – beschrieben, was immersive Medien auszeichnet. Im Anschluss daran wird – eher instruktionsorientiert – diskutiert, inwiefern diese Medienmerkmale Lernprozesse fördern könnten. Das übergeordnete Ziel besteht darin, Alleinstellungsmerkmale immersiver Lernmedien herauszuarbeiten, um so das Lernen mit immersiven Medien theoretisch greifbar und für eine gezieltere Operationalisierung empirischer Studien nutzbar zu machen.

4. Räumlich-situative Modellierung als Alleinstellungsmerkmal

In einer Metaanalyse untersuchten Cummings und Bailenson (2016) insgesamt 83 Studien mit dem Ziel, die Wirkung immersiver Medien auf die Präsenzwahrnehmung zu spezifizieren. «Wahrgenommene Präsenz» lässt sich vereinfacht als die Empfindung beschreiben, sich an einem Ort, in einem Raum bzw. in einer Situation zu befinden (vgl. Wirth u. a. 2007). Cummings und Bailenson (2016) berücksichtigten Studien, in denen technologische Merkmale immersiver Medien manipuliert wurden, und verstehen Immersion als eine technologische Qualität der Medien, ausgedrückt durch Medieneigenschaften wie etwa die Qualität des Bildes. Ein weiteres Einschlusskriterium für die untersuchten Studien war die Erfassung der wahrgenommenen Präsenz durch Selbstberichte. Die Ergebnisse der Metaanalyse zeigen, dass technologische Merkmale immersiver Medien (z. B. die stereoskopische Wahrnehmung durch HMD-gestützte Anwendungen) – wie in gängigen Definitionen angenommen – eine erhöhte Präsenzwahrnehmung erzeugen. Bei genauerer Betrachtung spezifischer Medienmerkmale stellte sich heraus, dass die wahrgenommene Präsenz am stärksten durch das Ausmass der Freiheitsgrade in einer virtuellen Umgebung (z. B. Bewegungen), die stereoskopische Wahrnehmung visualisierter Elemente (z. B. räumliche Wahrnehmung von Umgebungsdetails) und ein möglichst umfassendes Sichtfeld erzeugt wurde. Die egoperspektivische Wahrnehmung, die Audioqualität sowie die Bildqualität hatten einen geringeren, jedoch ebenfalls bedeutsamen Einfluss. Cummings und Bailenson (2016) sehen durch ihre Befunde das Modell von Wirth u. a. (2007) bestätigt, in dem die medial erzeugte wahrgenommene Präsenz in einem Zweischritt erfolgt: (1) Individuen generieren zunächst ein räumlich-visuelles mentales Modell einer virtuellen Umgebung, aufgrund dessen (2) sie sich in der Umgebung verorten und eigene Handlungen als Folge wahrgenommener Präsenz nicht mehr ihrer realen Umgebung zuordnen.

Aus den bisher angeführten Arbeiten lässt sich ableiten, dass mit der Verwendung immersiver Medien zwei zusammenhängende, jedoch gegeneinander abzugrenzende Mechanismen verbunden sind: der Aufbau eines räumlich-situativen mentalen Modells und das daraus resultierende wahrgenommene Präsenzempfinden. Es wird deutlich, dass ein Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien darin besteht, durch Bewegungsmöglichkeiten im virtuellen Raum (z. B. Blick- oder Handbewegungen) die stereoskopische Wahrnehmung sowie ein umfassendes Sichtfeld ein räumlich-situatives Modell extern zu repräsentieren. Räumlich-situative Modelle umfassen Informationen über das «Was», «Wann» und «Wo» (Rinck 2005) und können ebenfalls als (interne sowie externe) Repräsentationen von Situationen oder Episoden bezeichnet werden. Im Gegensatz zu einfachen visuellen Modellen, binden räumlich-situative Modelle mehrere visuelle Darstellungen (Kosslyn, Thompson, und Ganis 2006). Nach Wirth u. a. (2007) kennzeichnen sich räumlich-situative Modelle zudem durch die Selbst-Lokation in einer Situation sowie die Verortung eigener Handlungen

in dieser. Insbesondere durch ein stereoskopisches sowie möglichst weites (egozentriertes) Sichtfeld haben Lernende die Möglichkeit, sich selbst in einer Situation zu verorten. Situationen haben räumliche sowie temporale Merkmale, d. h. sie umfassen Informationen über Grösse, Distanzen, Positionen sowie Bewegungsabläufe von Objekten. Verorten sich Lernende in einer (virtuell-erzeugten) Situation, werden zudem aufgrund möglicher Bewegungsfreiheiten eigene Handlungen in der virtuellen, nicht der «realen» Umgebung verortet.

Für uns ist entscheidend, dass die externe Repräsentation räumlich-situativer Informationen ein Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien ist, was wiederum bedeutsame Konsequenzen für die Diskussion der Lernförderlichkeit immersiver Medien hat. Dies lässt sich am Beispiel chemischer Eigenschaften von Molekülen verdeutlichen. Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass visuelle Repräsentationen von Molekülen mithilfe von computerbasierten Animationen Lernende dabei unterstützen, komplexe chemische Prozesse nachzuvollziehen (für eine Diskussion, siehe: Falvo 2008). Dieses Lernpotenzial wird auch für das Lernen mit immersiven Medien diskutiert (vgl. Jiménez 2019). Die Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt ist, welchen *Mehrwert* immersive Medien im Vergleich zu bspw. desktopbasierten Simulationen bieten. Der bisherigen Argumentation folgend besteht der essenzielle Unterschied zwischen computerbasierten Animationen und hoch-immersiven Medien darin, räumlich-situative Informationen detaillierter zu repräsentieren. Während Animationen ebenfalls Grösse, Positionen sowie Bewegungen von Molekülen oder Handlungen der Lernenden repräsentieren können, erweitern immersive Medien diese Repräsentation durch eine umfassendere räumliche (sowie körperliche) Einbindung: Grösse, Position, und Bewegungen von Objekten lassen sich durch immersive Medien daher unterschiedlich darstellen bzw. im Fall von eigenen Handlungen räumlich-situativ einbinden. Werden räumlich-situative Modelle extern dargestellt, können Lernende diese Informationen in ein internes (d. h. mentales) Modell überführen. Folglich ist die Lernförderlichkeit immersiver Medien an der Bedeutung der externen Repräsentation räumlich-visueller Modelle für Lernprozesse zu messen.

5. Bedeutung räumlich-situativer Repräsentationen für Lernprozesse

Im aktuellen Forschungsdiskurs wird die potenzielle Lernförderlichkeit immersiver Medien mithilfe zahlreicher theoretischer Ansätze diskutiert (für eine Übersicht s. Suh und Prophet 2018). Basierend auf den bisherigen Ausführungen scheint es vielversprechend, die Lernförderlichkeit immersiver Medien hinsichtlich folgender Fragen zu diskutieren: Wie werden externe Repräsentationen räumlich-situativer Informationen verarbeitet? Welche Vorteile zur Förderung von Lernprozessen entstehen durch die Repräsentation räumlich-situativer Inhalte und unter welchen Voraussetzungen können diese Vorteile räumlich-situativer Repräsentationen nutzbar gemacht

werden? Im Kern lassen sich diese Fragen mit der Annahme der «Situiertheit» von Lernprozessen adressieren, welche postuliert, dass Informationsverarbeitungsprozesse stets in (auch sozial-kulturellen) Situationen eingebettet sind (für eine Übersicht s. Morgan 2017). Hutchins (1995) diskutiert diese Sichtweise am Beispiel von Piloten, die ein Flugzeug steuern: Handlungen wie die Landung sind nicht allein durch individuelle kognitive Prozesse der Piloten (z. B. Gedächtnisfunktionen) erklärbar, sondern erscheinen als Resultat der Interaktion zwischen einer räumlich-situativen Umgebung (z. B. Geschwindigkeitsanzeigen) und kognitiven Verarbeitungsprozessen (z. B. Aufmerksamkeit). Dieser Gedanke zeigt sich ebenfalls in pädagogischen Konzepten, z. B. bei der Lehrmethode der «verankerten Instruktion», welche postuliert, dass Lerninhalte, die in einem anwendungsbezogenen Problemszenario eingebettet sind, effektiver gelernt werden (für eine Übersicht s. Scharnhorst 2001).

Da immersive Medien sich dadurch auszeichnen, räumlich-situative Inhalte extern zu repräsentieren, gewinnt das Verhältnis zwischen der Lernsituation und deren kognitiver Verarbeitung an Bedeutung. Während dieses Verhältnis bereits fester Bestandteil konstruktivistischer Theoriebildung ist (vgl. Gerstenmaier und Mandl 1995), wird es in – eher kognitivistisch orientierten – Theorien multimedialen Lernens (vgl. Mayer 2020; Schnotz 2014) kaum reflektiert. Dies liegt womöglich darin begründet, dass in «klassischen» Szenarien des multimedialen Lernens die Interaktion zwischen individuellen kognitiven Prozessen (z. B. Wissenserwerb) und externen Stimuli der «Umwelt» bisher weniger bedeutsam zur Erklärung der untersuchten Phänomene war. So wurden Prinzipien des multimedialen Lernens ursprünglich anhand der Verwendung (visueller und verbaler) Lernmaterialien untersucht, mit denen Lernende bspw. die Funktionsweise einer Luftpumpe erlernen sollten (vgl. Mayer 2020). In Bezug auf komplexere Repräsentationen wie das Lernen mit Animationen betonen Lowe und Schnotz (2014) bereits, dass Erklärungsansätze multimedialen Lernens um perzeptuelle Verarbeitungsprozesse (bspw. von Bewegungsabläufen) zu erweitern sind. Da immersive Medien das multimediale Lernen um die Erfahrung räumlich-situativer Inhalte erweitern, scheint es für uns vielversprechend, die Idee der Situiertheit in bestehende Theorien zum multimedialen Lernen zu integrieren.

5.1 Integration episodischer Informationsverarbeitung in bestehende Erklärungsmodelle multimedialen Lernens

Bisherige Theorien multimedialen Lernens fokussieren überwiegend lexikalisches Wissen, konzeptuelles Wissen, Faktenwissen, Strategiewissen sowie Transferwissen als Lernresultat (vgl. Mayer 2020; Schnotz 2014). Diese Wissensarten können nach Tulving (1972; 1999) der Kategorie des semantischen Wissens zugeordnet werden. Während semantisches Wissen Informationen über die Welt umfasst, werden situative, zeitliche, kontextuelle und räumliche Informationen sowie deren Beziehung

zueinander als episodisches Wissen definiert (Tulving 1992). *Episodisches Wissen* als Resultat multimedialen Lernens wird in der gegenwärtigen Diskussion zur Lernwirksamkeit immersiver Medien bisher nicht hinreichend berücksichtigt (vgl. Makransky und Petersen 2021). Da immersive Medien durch räumlich-situative, d. h. episodische Repräsentationen gekennzeichnet sind, ist zu vermuten, dass Lernprozesse in immersiven Lernumgebungen nicht vollständig durch die Verarbeitung semantischer Informationen erklärt werden können. Folglich scheint es vielversprechend, bestehende Theorien multimedialen Lernens (gerade in Hinblick auf immersive Medien) um den Aspekt der Verarbeitung episodischer Informationen zu ergänzen. Eine solche Anpassung umfasst insbesondere die Frage, inwiefern beide Wissensarten bzw. das semantische sowie das episodische Gedächtnis als Subsysteme des deklarativen Gedächtnisses miteinander interagieren. Die Beziehung zwischen semantischem und episodischem Gedächtnis gilt im Rahmen kognitionspsychologischer Forschung als ungeklärt (für eine Übersicht s. Yee, Chrysikou, und Thompson-Schill 2013), ist jedoch für die Diskussion der Lernförderlichkeit immersiver Medien relevant, da diese sowohl räumlich-situative (d. h. episodische) sowie semantische Informationen abbilden. Der Unterschied zu nicht-immersiven Mediendarstellungen besteht darin, dass räumlich-situative Informationen nicht vollständig extern repräsentiert werden.

Studien zum Textverständnis konnten zeigen, dass Individuen beim Lesen von Texten mit semantischen Informationen ebenfalls räumlich-situative Modelle aufbauen, auch wenn diese Informationen nicht explizit im Text genannt wurden (z. B. Noordzij, Zuidhoek, und Postma 2006; Bestgen und Dupont 2003) und diese Ergänzung das Textverständnis fördern kann (z. B. Gyselinck u. a. 2007). Werden diese räumlich-situativen Modelle mithilfe von immersiven Medien abgebildet, könnten diese den semantischen Wissensaufbau unterstützen, z. B. indem räumlich-situative Repräsentationen semantische Lerninhalte organisieren. Krokos et al. (2019) konnten diesbezüglich zeigen, dass Lernende unterschiedlich angeordnete Positionen und Namen, berühmter – als Bild dargestellter – Charaktere in einer immersiven Umgebung besser erinnerten als Probanden, welchen die identischen Informationen in einer weniger immersiven Umgebung präsentiert wurden. Die Probanden erinnerten zudem mehr Namen der Charaktere (d. h. semantisches Wissen). Basierend auf diesen Befunden liesse sich argumentieren, dass in immersiven Umgebungen repräsentierte episodische (räumlich-situative) Inhalte womöglich den Aufbau semantischen Wissens organisieren. So wäre denkbar, dass die für immersive Lernumgebungen charakteristische (räumlich-situative) Kontextualisierung Lernende dabei unterstützt, bestehende semantische Netzwerke zu aktivieren und aufzubauen. Als Beispiel für diesen Mechanismus dient die Loci-Methode: Lernende die sich eine Reihe von Informationen (z. B. Gegenstände) in einer imaginierten räumlich-situativen Szene vorstellen (z. B. den Weg zur Arbeit), zeigten deutlich bessere Erinnerungsleistungen beim Abruf der Informationen sowie deren Reihenfolge (für eine Metaanalyse,

siehe: Twomey und Kroneisen 2021). Der Unterschied zu immersiven Lernumgebungen besteht darin, dass immersive Medien räumlich-situative Szenen vollständig extern repräsentieren, sodass diese nicht durch die Lernenden selbst imaginiert werden müssen. Inwiefern die externe Repräsentation räumlich-situativer Modelle den Aufbau semantischer Netzwerke unterstützt, wäre – unter Berücksichtigung bestehender Modelle (vgl. Mayer 2020; Schnotz 2014) – ein vielversprechender Ansatz zur Erklärung der Lernförderlichkeit immersiver Medien.

Des Weiteren beziehen sich Theorien multimedialen Lernens (vgl. Mayer 2020; Schnotz 2014) auf die «Theorie dualer Kodierung» von Paivio (1991), die annimmt, dass verbale und visuelle Informationen im Arbeitsgedächtnis in unterschiedlichen Kanälen dual und somit effektiver verarbeitet werden. *Visuelle und verbale Informationen* werden nach Baddeley (2001) zunächst sensorisch erfasst und dann mithilfe der «phonologischen Schleife» und des «visuell-räumlichen Notizblocks» im Arbeitsgedächtnis separat verarbeitet. *Verbale Informationen* werden durch die phonologische Schleife durch eine «innere Stimme» kurzzeitig im Arbeitsgedächtnis gehalten, visuell-räumliche Elemente wie bspw. Objekte werden auf dem Notizblock festgehalten. Aufgrund der Verteilung auf unterschiedliche Verarbeitungskanäle ist es möglich, dass die duale Präsentation visueller und verbaler Informationen zu einer wenig belastenden Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis und einer vollständigen Repräsentation im Langzeitgedächtnis führt (vgl. Mayer und Anderson 1992). Dieser Multimedia- bzw. Modalitätseffekt wurde in zahlreichen Studien nachgewiesen (für eine Übersicht s. Mayer 2020) und liesse sich auf immersive Lernumgebungen übertragen. Es gibt jedoch Hinweise, dass räumlich-situative bzw. episodische Informationen nicht im Sinne «dualer Kodierung» verarbeitet werden, sondern mit einer weiteren Komponente assoziiert sind: dem «episodischen Puffer». Nach Baddeley (2001) bildet der episodische Puffer eine Art Bindeglied zwischen der phonologischen Schleife und dem Notizblock, d. h. durch den episodischen Puffer werden verbale und räumlich-visuelle Elemente – womöglich mit Anbindung an das episodische Gedächtnis – in Episoden gebunden, was wiederum die Verarbeitungskapazität der Schleife sowie des Notizblicks erweitert und eine zusätzliche Verbindung zwischen dem Arbeits- und (episodischen) Langzeitgedächtnis offeriert. Auch wenn die genaue Funktionsweise oder Existenz des episodischen Puffers kontrovers diskutiert wird, deutet eine Studie von Plancher et al. (2018) auf Besonderheiten von Verarbeitungsprozessen in immersiven Lernumgebungen hin, die durch die Mitwirkung des episodischen Puffers erklärt werden können. Probanden der Studie navigierten mit einem Auto durch eine virtuelle Stadt und sollten sich möglichst viele Elemente der Umgebung merken. Zudem wurden die Probanden gefragt, in welche Richtung sie nach der Sichtung eines bestimmten Objektes abgebogen sind (vgl. episodisch-kontextuelle Erinnerung). Je nach Bedingungen sollten die Probanden zusätzliche Aufgaben lösen, die mit dem visuell-räumlichen Notizblock oder der phonologischen Schleife assoziiert waren.

Die Ergebnisse zeigen, dass die episodische Erinnerungsleistung in einer immersiven Lernumgebung nicht vollständig durch zusätzliche Aufgaben gehemmt wurde, was Plancher et al. (2018) auf die Mitwirkung des episodischen Puffers als zusätzliche Komponente des Arbeitsgedächtnisses zurückführen. Der episodische Puffer wurden in bisherigen Theorien multimedialen Lernens nicht als Teil der Informationsverarbeitung hervorgehoben, scheinen nach den Befunden von Plancher et al. (2018) jedoch bei der Informationsverarbeitung in immersiven Lernumgebungen entscheidend mitzuwirken.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Prozesse der Informationsverarbeitung in immersiven Lernumgebungen stark mit dem episodischen Gedächtnis assoziiert sind und diese Besonderheit die Notwendigkeit deutlich macht, bisherige Ansätze multimedialen Lernens (insb. in immersiven Lernumgebungen) auf dieses auszurichten. Dabei wäre es lohnenswert, die Beziehung zwischen räumlich-situativen bzw. episodischen und semantischen Repräsentationen in immersiven Lernumgebungen trennschärfer zu fassen um zu verstehen, inwiefern die gesonderte Einbindung des episodischen Gedächtnisses die Verarbeitung semantischer Informationen unterstützt und umgekehrt. Dieser Aspekt ist in bisherigen Erklärungsansätzen multimedialen Lernens unterrepräsentiert (vgl. Mayer 2020; Schnotz 2014), wäre jedoch zur Erklärung immersiver Lernumgebungen vielversprechend. Eine erste Möglichkeit der Einbindung in bestehende Modelle multimedialen Lernens bestünde darin, das Verhältnis zwischen räumlich-situativen und semantischen Informationen hinsichtlich inhaltlicher Kohäsion genauer zu analysieren, d. h. zu hinterfragen, in welcher Beziehung der räumlich-situative (episodische) Kontext mit verbal präsentierten, semantischen Lerninhalten steht.

5.2 Inhaltliche Kohärenzbildung zwischen räumlich-situativen und semantischen Repräsentationen

In einer Studie mit fünf- bis siebenjährigen Kindern untersuchten Sipe und Pathman (2021) die Beziehung zwischen dem semantischen und episodischen Gedächtnis. Die Kinder führten während der Studie verschiedene Aktivitäten aus, die entweder zum jeweiligen räumlich-situativen Kontext passten (z. B. das Sortieren von Post in einer Postfiliale) oder mit diesem nicht in Beziehung standen (z. B. das Sortieren von Post in einem Lebensmittelgeschäft). Die Befunde zeigen, dass die Erinnerungsleistung räumlich-situativer, d. h. episodischer Merkmale besser war, wenn die Kinder eine zum Kontext passende Aktivität ausführten. Sipe und Pathman (2021) betonen auf Grundlage der Ergebnisse, dass die «Passung» bzw. Kohärenz semantischer und episodischer Merkmale einer Situation die Lernleistung positiv beeinflusst, da relevante Informationen so elaborierter in Gedächtnisstrukturen eingebettet werden. An dieser Stelle wird deutlich, dass die Lernförderlichkeit immersiver Medien im Sinne

einer kombinierten Darstellung und Verarbeitung semantischer und räumlich-situativer Inhalte vermutlich davon abhängt, wie kohärent Lernumgebung und Lerninhalt sind. Diese Annahme entspricht dem von Mayer (2020) formulierten *Kohärenzprinzip*: Multimediales Lernen ist effektiver, wenn unnötige Details visueller oder verbaler Darstellungen vermieden werden («seductive details»). Im Umkehrschluss bedeutet das, ausschliesslich essenzielle Informationen genutzter Darstellungen einzuschliessen. Besteht keine (kohärente) Beziehung zwischen multiplen Repräsentationen, so sind sie nicht essenziell. Wie sich inhaltliche Kohärenz bestimmen lässt bzw. wie sie von Lernenden geformt wird, bleibt im Rahmen der Forschung zum multimedialen Lernen bisher eher vage (Brünken, Seufert, und Zander 2005) – vermutlich auch, da inhaltliche Kohärenz stark davon abhängt, welche Lernziele für eine medial gestützte Lernsituation definiert werden.

Bestünde in einer immersiven Lernsituation das Lernziel darin, externe räumlich-situative Repräsentationen möglichst detailgetreu zu erinnern, liesse sich von einer grossen inhaltlichen Kohärenz sprechen. Sollen Studierende der Kunstgeschichte bspw. die Bauweise einer (virtuellen) Kathedrale erlernen, ist eine (immersive) Darstellung räumlich-situativer Informationen (ggf. ergänzt um verbale Beschreibungen) mit dem Lernziel vereinbar und somit kohärent zum Lerngegenstand. Ähnlich verhält es sich, wenn angehende Lehrkräfte z. B. zuvor erlernte Unterrichtsstrategien in einem (immersiv-virtuellen) Klassenzimmer anwenden sollen. Auch wenn die Funktion der immersiven Lernumgebung – anders als bei der Kathedrale – nicht darin besteht, räumlich-situative Inhalte möglichst detailgetreu zu erinnern, besteht die inhaltliche Kohärenz insbesondere in der Darbietung eines realitätsnahen Anwendungskontextes für zuvor erlernte Inhalte, die womöglich aufgrund des episodischen Charakters immersiver Lernumgebungen die Transferleistung in reale Situationen fördert (zur Übersicht s. Bossard u. a. 2008). Die inhaltliche Kohärenz ist jedoch weniger offensichtlich, wenn verbal repräsentierte semantische Inhalte in eine immersive Lernumgebung eingebettet werden, Semantik und virtuelle Umgebung jedoch nicht gleichzusetzen sind und die Umgebung über einen Anwendungskontext hinausgeht. Als Beispiel für dieses Szenario eignet sich eine virtuelle Lernumgebung, die in einer Studie von Parong und Mayer (2018) verwendet wurde, in der sich keine Vorteile der immersiven Lernumgebung gegenüber einer Kontrollbedingung mit Bildmaterial zeigten: Die Probanden bekamen in der immersiven Lernumgebung die Möglichkeit, sich mithilfe eines «Raumschiffs» in einem menschlichen Körper zu bewegen und so etwas über Zellen zu lernen. Eigenschaften und Funktionen der Zellen wurden durch eingeblendete schriftliche Benennungen sowie auditive Beschreibungen erläutert. Während die inhaltliche Kohärenz zwischen den verbalen Beschreibungen und den visualisierten Zellen vorhanden war, stellte sich jedoch die Frage, welche Bedeutung «der Körper» – der räumlich-situative Kontext der immersiven Lernumgebung – innehatte, da es sich dabei eher um einen animierten Hintergrund ohne deutlichen Bezug

für das Lernziel handelte. Auch wenn die inhaltliche Kohärenz der zuvor beschriebenen Lernsituation an dieser Stelle nicht hinreichend beurteilt werden kann, deutet sich an, dass räumlich-situative (episodische) Repräsentationen nicht notwendigerweise inhaltlich kohärent zu semantischen Elementen der immersiven Lernumgebung sind. Die Frage nach inhaltlicher Kohärenz besitzt folglich für die Diskussion der Lernförderlichkeit immersiver Lernumgebungen eine grosse Relevanz.

Ein geeigneter Ansatz um die inhaltliche Kohärenz zwischen (räumlich-situativen) visuellen und verbalen Repräsentationen näher zu spezifizieren ist das «DeFT» (design, function, task) Modell von Ainsworth (2014), in dem zwischen drei Funktionen multipler Repräsentationen unterschieden wird: Ergänzung, Reduktion und Konstruktion. «Ergänzung» bedeutet, dass verschiedene Darstellungen unterschiedliche, einander ergänzende Informationen innerhalb eines Konzepts repräsentieren. Beispielsweise liessen sich Dimensionen einer Kathedrale in ihren Abmessungen beschreiben und zeitgleich dimensional mithilfe immersiver Medien abbilden. «Reduktion» bedeutet, dass eine Repräsentation einen einfacheren Zugang zu einer komplexeren Repräsentation desselben Konzepts ermöglicht. Die komplexe Architektur einer Kathedrale ist bspw. einfacher zugänglich als deren verbale Beschreibungen. «Konstruktion» bedeutet, dass beide Repräsentationen zwar unterschiedliche Konzepte repräsentieren, die beidseitige Integration der Konzepte jedoch zu einem besseren Verständnis führt. Die Wirkung von z. B. Wandgemälden einer Kathedrale sowie deren detailgetreue dimensionale Darstellung unterstützen womöglich das Verständnis von Bemalungstechniken (z. B. Schattierungen) sowie Herausforderungen bei der Bemalung (z. B. Erreichbarkeit). Zusammengenommen zeigt sich, dass die potenzielle Lernförderlichkeit immersiver Medien durch inhaltliche Kohärenz zwischen räumlich-situativen und semantischen Repräsentationen bestimmt werden kann.

5.3 Imagination und Vorstellungsvermögen

Eine weitere wichtige Forschungsfrage zum Potenzial der Lernförderlichkeit immersiver Medien ist, inwiefern Lernende in der Lage sind, sich räumlich-situative Informationen mental vorzustellen, ohne diese Informationen in einer immersiven Lernumgebung visuell wahrgenommen zu haben. Dieser Aspekt lässt sich mit dem «Buchproblem» beschreiben (vgl. Turner 2014): Wie kann es sein, dass die Detailgenauigkeit virtuell erzeugter Realitäten von einer Geschichte, d. h. einer verbalen Repräsentation übertroffen werden kann? So ist es z. B. leicht vorstellbar, dass sich Lesende der Harry-Potter-Romane – scheinbar mühelos – in die räumliche Situation des Zauberlehrlings hineinversetzen können, ohne diese in virtuellen Realitäten zu erleben. Demnach ist anzunehmen, dass das Potenzial immersiver Medien durch die Fähigkeit der Lernenden moderiert wird, sich die dargestellten Inhalte vorzustellen.

Die Studie von Safadel und White (2020) konnte einen derartigen Effekt für das Lernen mit immersiven Medien nachweisen. Probanden mit einem geringen Vorstellungsvermögen erinnerten räumliche Details in einer immersiven Lernumgebung besser als diejenigen mit einer höheren Vorstellungskraft. Dieser Effekt kehrte sich jedoch um, wenn ihnen die identischen Inhalte in einer weniger immersiven Umgebung dargeboten wurden. Diese Befunde machen deutlich, dass Individuen mit hinreichendem Vorstellungsvermögen in der Lage sind, räumlich-situative Repräsentationen selbst zu imaginieren. Demnach kann die Präsentation visueller Repräsentationen, die in weniger immersiven Lernumgebungen nicht oder nur in Teilen dargestellt werden, womöglich durch interne kognitive Prozesse wie bspw. Imagination kompensiert werden.

6. Fazit

In diesem Beitrag haben wir den Versuch unternommen, ein Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien herauszuarbeiten, um in einem nächsten Schritt zu diskutieren, inwiefern dieses Merkmal das Potenzial immersiver Medien als wirksames Lernmedium identifiziert. Unserer Argumentation folgend, besteht ein Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien darin, räumlich-situative bzw. episodische Informationen innerhalb einer virtuellen Umgebung darzustellen. Es wurde anhand vorliegender Forschung gezeigt, dass diese Darstellung (1) mit räumlich-situativen (d. h. episodischen) Informationsverarbeitungsprozessen assoziiert ist, (2) je nach Lernziel unterschiedlich kohärent zu nicht-räumlich-situativen Repräsentationen sein kann und (3) Lernende ebenfalls in der Lage sind, sich räumlich-situative Repräsentationen ohne Darbietung vorzustellen. Diese drei übergeordneten Aspekte haben Implikationen für die Beantwortung der Frage, welches Potenzial immersive Medien für die Förderung von Lernprozessen haben, die richtungsweisend für die weitere Forschung sind und den erfolgreichen Einsatz von VR beim Lernen bestimmen. Diese Implikationen lassen sich in folgenden Leitfragen zusammenfassen:

- Welche Medienmerkmale charakterisiert die immersive Lernumgebung und lassen sich die Inhalte mit vergleichbaren «traditionellen» Medien darstellen? Worin bestehen die essenziellen Unterschiede der medialen Darstellung?
- Welche räumlich-situativen episodischen Inhalte werden in einer immersiven Lernumgebung dargestellt und was für ein mentales Modell bilden Lernende von diesen Inhalten?
- Welche semantischen Informationen werden den Lernenden zusätzlich dargeboten und in welcher Modalität (z. B. verbal oder visuell) werden diese präsentiert?
- Was sind die Lernziele der immersiven Lernumgebung? In welchem Verhältnis stehen die in der immersiven Lernumgebung dargestellten Repräsentationen? Wie kohärent sind die räumlich-situativen und semantischen Informationen?

Wodurch zeichnet sich die Kohärenz aus und inwiefern unterstützt die gemeinsame Darstellung das zuvor definierte Lernziel?
- Sind Lernende in der Lage, sich die räumlich-situativen Merkmale einer immersiven Lernumgebung vorzustellen? Falls nicht, welche Vorteile ergeben sich durch die externe Repräsentation räumlich-situativer Inhalte?

Diese Leitfragen bieten Anknüpfungspunkte zur Erklärung der zum Teil widersprüchlichen Befundlage zum Lernen mit immersiven Medien (siehe die eingangs erwähnte Befundlage) und bieten zudem Orientierungshilfen für künftige Forschung sowie die praktische Nutzung immersiver Medien in diversen Lehr-Lernkontexten. Diesbezüglich lassen sich folgende Annahmen formulieren:
- Immersive Medien zeichnen sich durch die externe Repräsentation räumlich situativer bzw. episodischer Informationen aus. Im Vergleich zu rein bildlichen oder verbalen Darstellungen besteht ein Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien darin, bildliche sowie verbale Informationen einer Situation vollständig abzubilden. Lernende können so räumlich-situative (d. h. episodische) Stimuli – ohne diese zu imaginieren – unmittelbar wahrnehmen.
- Diese Repräsentationen können von Lernenden in Form eines mentalen Modells internalisiert werden. Derartige mentale Modelle bilden – neben dem Gefühl räumlich-situativer Präsenz – das kognitive Resultat immersiver Lernumgebungen und sollten in künftigen Studien erfasst werden.
- Die Verarbeitung und Erinnerung räumlich-situativer episodischer Informationen unterscheidet sich von der Verarbeitung semantischer Informationen. Da Lernziele immersiver Lernumgebungen meist das Erlernen von sowohl semantischen als auch episodischen Informationen beinhalten, ist die Betrachtung des Wechselspiels beider Wissensformen zur Klärung des Lernpotenzials immersiver Medien essenziell. Das Wechselspiel beider Wissensformen äussert sich zudem über die inhaltliche Kohärenzbildung, also die Frage, inwiefern durch immersive Medien dargestellte räumlich-situative Merkmale der Umgebung mit semantischen Lerninhalten zusammenhängen und gemeinsam ein kohärentes mentales Modell bilden. Auch hier liegt der Unterschied immersiver Medien zu rein bildlichen und verbalen Darstellungen in der Präsentation räumlich-situativer bzw. episodischer Merkmale einer virtuellen Umgebung.
- Das Lernpotenzial immersiver Medien wird vermutlich über das Vorstellungsvermögen der Lernenden moderiert. Sind Lernende in der Lage sich räumlich-situative Inhalte auch ohne Repräsentation vorzustellen, wäre davon auszugehen, dass eine externe Repräsentation mit keinen zusätzlichen Lerneffekten verbunden ist.

Abschliessend möchten wir darauf hinweisen, dass unser Beitrag die Visualisierung räumlich-situativer Inhalte und die darauf bezogenen Lernaktivitäten fokussiert. Affektive Erklärungsansätze sowie handlungsbezogene Merkmale immersiver Lernumgebungen blieben aufgrund der umfassenden Komplexität unseres Fokus ausgeklammert, sollten aber in der weiteren Forschung ebenfalls theoriegeleitet ausdifferenziert werden, um das innovative Forschungsfeld zum Lernen in virtuellen Realitäten voranzubringen. Hierfür soll der vorliegende Beitrag einen Anhaltspunkt bieten.

Literatur

Ainsworth, Shaaron. 2014. «The multiple representations principle in multimedia learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 2. Aufl., 464–86. Santa Barbara: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.024.

Baddeley, Alan. 2001. «The Concept of Episodic Memory». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, September. https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0957.

Bestgen, Yves, und Vincent Dupont. 2003. «The construction of spatial situation models during reading». *Psychological Research* 67 (3): 209–18. https://doi.org/10.1007/s00426-002-0111-8.

Bossard, Cyril, Gilles Kermarrec, Cédric Buche, und Jacques Tisseau. 2008. «Transfer of Learning in Virtual Environments: A New Challenge?» *Virtual Reality* 12 (3): 151–61. https://doi.org/10.1007/s10055-008-0093-y.

Brünken, Roland, Tina Seufert, und Steffi Zander. 2005. «Förderung Der Kohärenzbildung Beim Lernen Mit Multiplen Repräsentationen: Fostering Coherence Formation in Learning with Multiple Representations». *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie* 19 (1/2): 61–75. https://doi.org/10.1024/1010-0652.19.12.61.

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 (Jahrbuch Medienpädagogik): 195–216. https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X.

Clark, Richard. 1983. «Reconsidering Research on Learning from Media». *Review of Educational Research* 53 (Dezember). https://doi.org/10.3102/00346543053004445.

Cummings, James J., und Jeremy N. Bailenson. 2016. «How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence». *Media Psychology* 19 (2): 272–309. https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740.

Dede, Christopher J., Jeffrey Jacobson, und John Richards. 2017. «Introduction: Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education». In *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*, herausgegeben von Dejian Liu, Chris Dede, Ronghuai Huang, und John Richards, 1–16. Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_1.

Falvo, David A. 2008. «Animations and Simulations for Teaching and Learning Molecular Chemistry». *International Journal of Technology in Teaching and Learning* 4 (1): 68–77. https://sicet.org/main/wp-content/uploads/2016/11/ijttl-08-01-4_1_5_Falvo.pdf.

Gerstenmaier, Jochen, und Heinz Mandl. 1995. «Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive». *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (6): 868–88. https://doi.org/10.25656/01:10534.

Gyselinck, Valérie, Rossana Beni, Francesca Pazzaglia, Chiara Meneghetti, und Amandine Mondoloni. 2007. «Working Memory Components and Imagery Instructions in the Elaboration of a Spatial Mental Model». *Psychological Research* 71 (3): 373–82. https://doi.org/10.1007/s00426-006-0091-1.

Hutchins, Edwin. 1995. «How a Cockpit Remembers Its Speeds». *Cognitive Science* 19 (3): 265–88. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1903_1.

Jiménez, Zulma A. 2019. «Teaching and Learning Chemistry via Augmented and Immersive Virtual Reality». In *ACS Symposium Series*, herausgegeben von Tanya Gupta und Robert E. Belford, 1318:31–52. Washington, DC: American Chemical Society. https://doi.org/10.1021/bk-2019-1318.ch003.

Kaplan, Alexandra D., Jessica Cruit, Mica Endsley, Suzanne M. Beers, Ben D. Sawyer, und P. A. Hancock. 2021. «The Effects of Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality as Training Enhancement Methods: A Meta-Analysis». *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 63 (4): 706–26. https://doi.org/10.1177/0018720820904229.

Kosslyn, Stephen, William Thompson, und Giorgio Ganis. 2006. *The Case for Mental Imagery*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195179088.001.0001.

Krokos, Eric, Catherine Plaisant, und Amitabh Varshney. 2019. «Virtual Memory Palaces: Immersion Aids Recall». *Virtual Reality* 23 (1): 1–15. https://doi.org/10.1007/s10055-018-0346-3.

Lowe, Richard K., und Wolfgang Schnotz. 2014. «Animation Principles in Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 2. Aufl., 513–46. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.026.

Lu, Jingyan, Susan Bridges, und Cindy E. Hmelo-Silver. 2014. «Problem-Based Learning». In *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, herausgegeben von R. Keith Sawyer, 2. Aufl., 298–318. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.019.

Makransky, Guido, und Gustav B. Petersen. 2021. «The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality». *Educational Psychology Review*, Januar. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2.

Makransky, Guido, Thomas S. Terkildsen, und Richard E. Mayer. 2019. «Adding Immersive Virtual Reality to a Science Lab Simulation Causes More Presence but Less Learning». *Learning and Instruction* 60 (April): 225–36. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007.

Mayer, Richard. 2020. *Multimedia Learning*. 3. Aufl. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355.

Mayer, Richard E. 2010. «Applying the Science of Learning to Medical Education: Applying the Science of Learning». *Medical Education* 44 (6): 543–49. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2010.03624.x.

Mayer, Richard E., Hrsg. 2014. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Second Edition. Cambridge Handbooks in Psychology. New York: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.

Mayer, Richard E., und Richard B. Anderson. 1992. «The Instructive Animation: Helping Students Build Connections between Words and Pictures in Multimedia Learning.» *Journal of Educational Psychology* 84 (4): 444–52. https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.444.

Merchant, Zahira, Ernest T. Goetz, Lauren Cifuentes, Wendy Keeney-Kennicutt, und Trina J. Davis. 2014. «Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis». *Computers & Education* 70 (Januar): 29–40. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033.

Moreno, Roxana, und Richard E. Mayer. 2002. «Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media». *Journal of Educational Psychology* 94 (3): 598–610. https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.3.598.

Noordzij, Matthijs L., Sander Zuidhoek, und Albert Postma. 2006. «The Influence of Visual Experience on the Ability to Form Spatial Mental Models Based on Route and Survey Descriptions». *Cognition* 100 (2): 321–42. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.05.006.

Paivio, Allan. 1991. «Dual Coding Theory: Retrospect and Current Status.» *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie* 45 (3): 255–87. https://doi.org/10.1037/h0084295.

Parong, Jocelyn, und Richard E. Mayer. 2018. «Learning Science in Immersive Virtual Reality.» *Journal of Educational Psychology* 110 (6): 785–97. https://doi.org/10.1037/edu0000241.

Plancher, Gaën, Valérie Gyselinck, und Pascale Piolino. 2018. «The Integration of Realistic Episodic Memories Relies on Different Working Memory Processes: Evidence from Virtual Navigation». *Frontiers in Psychology* 9 (47): 1-10. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00047.

Rinck, Mike. 2005. «Spatial Situation Models». In *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*, herausgegeben von Priti Shah und Akira Miyake, 1. Aufl., 334–82. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511610448.010.

Safadel, Parviz, und David White. 2020. «Effectiveness of Computer-Generated Virtual Reality (VR) in Learning and Teaching Environments with Spatial Frameworks». *Applied Sciences* 10 (16): 5438. https://doi.org/10.3390/app10165438.

Scharnhorst, Ursula. 2001. «Anchored Instruction: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen». *Swiss Journal of Educational Research* 23 (3): 471–92. https://doi.org/10.24452/sjer.23.3.4615.

Schnotz, Wolfgang. 2014. «Integrated Model of Text and Picture Comprehension». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard Mayer, 2. Aufl., 72–103. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.006.

Sipe, Sarah J., und Thanujeni Pathman. 2021. «Memory at Play: Examining Relations Between Episodic and Semantic Memory in a Children's Museum». *Child Development* 92 (3). https://doi.org/10.1111/cdev.13484.

Suh, Ayoung, und Jane Prophet. 2018. «The State of Immersive Technology Research: A Literature Analysis». *Computers in Human Behavior* 86 (September): 77–90. https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019.

Surry, Daniel W., und David Ensminger. 2001. «What's Wrong with Media Comparison Studies?» *Educational Technology* 41 (4): 32–35.

Tulving, E. 1992. «MEMORY SYSTEMS AND THE BRAIN». *Clinical Neuropharmacology* 15 (Part A): 63–214.

Tulving, Endel. 1972. «Episodic and Semantic Memory». In *Organization of Memory*, herausgegeben von Endel Tulving und Wayne Donaldson, 381–403. New York: Academic Press.

Tulving, Endel. 1999. «On the uniqueness of episodic memory». In *Cognitive neuroscience of memory*, 11–42. Ashland: Hogrefe & Huber.

Turner, Phil. 2014. «The "Book Problem" and Its Neural Correlates». *AI & SOCIETY* 29 (4): 497–505. https://doi.org/10.1007/s00146-013-0491-x.

Twomey, Conal, und Meike Kroneisen. 2021. «The Effectiveness of the Loci Method as a Mnemonic Device: Meta-Analysis». *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 74 (8): 1317–26. https://doi.org/10.1177/1747021821993457.

Wirth, Werner, Tilo Hartmann, Saskia Böcking, Peter Vorderer, Christoph Klimmt, Holger Schramm, Timo Saari, u. a. 2007. «A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences». *Media Psychology* 9 (Mai): 493–525. https://doi.org/10.1080/15213260701283079.

Wu, Bian, Xiaoxue Yu, und Xiaoqing Gu. 2020. «Effectiveness of Immersive Virtual Reality Using Head-mounted Displays on Learning Performance: A Meta-analysis». *British Journal of Educational Technology* 51 (6): 1991–2005. https://doi.org/10.1111/bjet.13023.

Yee, Eiling, Evangelia G Chrysikou, und Sharon L Thompson-Schill. 2013. «The Cognitive Neuroscience of Semantic Memory». In *Oxford Handbook of Cognitive Neuroscience*, herausgegeben von Kevin Ochsner und Stephen Kosslyn, 1–16. Oxford; New York: Oxford University Press. https://www.psychologie.uni-freiburg.de/Members/kiesel/Publications/YeeChrysikouThompsonSchill_SemMemChapInPress.pdf.

Zhao, Jingjie, Xinliang Xu, Hualin Jiang, und Yi Ding. 2020. «The Effectiveness of Virtual Reality-Based Technology on Anatomy Teaching: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies». *BMC Medical Education* 20 (1): 127. https://doi.org/10.1186/s12909-020-1994-z.