



51

MedienPädagogik

Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung

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

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

Themenheft Nr. 51

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

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

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



Mulders, Miriam, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender, Hrsg. 2023. *Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 2*. Themenheft 51, MedienPädagogik – Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung. Zürich: OAPublishing Collective. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51.X>.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Titel: Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 2
Herausgebende: Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel und Raphael Zender
Cover & Design: Klaus Rummmler
Produktion: Klaus Rummmler
Verlag: *OAPublishing Collective Genossenschaft* für die Zeitschrift MedienPädagogik, hrsg. durch die Sektion Medienpädagogik (DGfE)
Herstellung: Books on Demand GmbH, Norderstedt, Deutschland
Reihe: Themenhefte
Nummer: 51

ISBN (print): 978-3-03978-012-9
ISBN (online): 978-3-03978-067-9
DOI-URL: <https://doi.org/10.21240/mpaed/51.X>
ISSN: 1424-3636



© Zürich, Januar 12, 2023. Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), alle Rechte liegen bei den Autor:innen

Das Werk und jeder seiner Beiträge, sind urheberrechtlich geschützt. Sie dürfen das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten, das Material remixen, verändern und darauf aufbauen und zwar für beliebige Zwecke. Unter folgenden Bedingungen: Namensnennung – Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz einschl. Original-DOI beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben müssen den üblichen wissenschaftlichen Zitierformaten folgen.

Diese Publikation wurde unterstützt durch den Open-Access-Publikationsfonds der Universität Duisburg-Essen.

Inhalt

Editorial: Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 2. Empirische Untersuchungen Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel und Raphael Zender	i
Virtual Reality in der Schule. Bedenken und Potenziale aus Sicht der Akteur:innen in interdisziplinären Ratingkonferenzen Caterina Schäfer, Dorina Rohse, Micha Gittinger und David Wiesche	1
«Pedagogical Usability» von Augmented Reality zum Thema Elektrik. Eine qualitative Studie zum Potenzial des Einsatzes von AR im (naturwissenschaftlich-orientierten) Sachunterricht der Primarstufe Luisa Lauer und Markus Peschel	25
Effekte eines Augmented Reality Escape Games auf das Lernen über Fake News Josef Buchner	65
Lernen mit Augmented Reality Technologie in der Hochschullehre. Erkenntnisse einer Videostudie mit angehenden Sekundarlehrpersonen Florian Furrer, Wolfgang Bühner, Corinne Wyss, Adrian Degonda und Jan A. Hiss	87
Historisches Lernen immersiv. Studierende üben Unterrichtsgespräche in Virtual Reality Monika Fenn und Jakob Arlt	114
Fremdsprachendidaktik meets 360° & Virtual Reality. Studierendenperspektiven im Master Lehramt Kathleen Plötner und Florian Nowotny	131
Einstellungen und Werthaltungen von Sachunterrichtsstudierenden zum Lernen mit Augmented (AR) und Virtual Reality (VR) im Sachunterricht Marisa Alena Holzapfel, Silke Bakenhus, Nicolas Arndt und Maja Brückmann	151
Digitale pädagogische Inhaltskompetenzen gestalterisch aufbauen mit Augmented und Virtual Reality. Eine Pilotstudie mit angehenden Primarlehrpersonen anhand des DPACK-Modells Jérôme Zraggen	170
Virtual Reality im modernen Englischunterricht und das Potenzial für Inter- und Transkulturelles Lernen. Eine Pilotstudie Rebecca Hein, Jeanine Steinbock, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik und Carolin Wienrich	191
Handwerkliches Lackieren mit Virtual Reality (HandLeVR). VR-basierter Kompetenzerwerb in der beruflichen Ausbildung Miriam Mulders, Matthias Weise, Andrea Schmitz, Raphael Zender, Michael Kerres und Ulrike Lucke	214

Ein virtueller Laborrundgang – Gestaltung, Entwicklung und Evaluierung. Praxisbeispiel aus dem Projekt DigiLabTour Ost Christoph Braun, Fares Kayali und Thomas Moser	246
Immersives Lernen in der Berufsschule Elena Tangocci, Christian Hartmann und Maria Bannert	268
Vergleichende Evaluation von Explorationsarten in interaktiven 3D-360°-Anwendungen. Einsatz von explorativem Lernen zur Vorbereitung von Handwerkern auf Vor-Ort-Termine beim Kunden Johannes Funk und Ludger Schmidt	289
Mehrbenutzer-VR-Anwendungen für ein rollenbasiertes Falltraining. Ein explorativer Einsatz im Kontext der Pflegeausbildung Urszula Hejna, Carolin Hainke, Thies Pfeiffer und Stefanie Seeling	314
Konzeption und Evaluation einer virtuellen Lernumgebung für die Hochschullehre Sinja Müser, Jens Maiero, Christian Dominic Fehling, David Gilbert, Sevinc Eroglu, Daniel Bachmann, Sebastian Wiederspohn und Jörg Meyer	345
Aktives Integrieren von Repräsentationen bei interaktiven Augmented Reality-Anwendungen. Betrachtung von kognitiver Belastung und Lernerfolg Jule M. Krüger, Franziska Schacht und Daniel Bodemer	373
Und was kommt nach der Zeitreise? Eine empirische Untersuchung des ›Auftauchens‹ aus geschichtsbezogener Virtual Reality Elena Lewers und Lea Frenzel-Beyme	402
Verkörpernte Bildung durch die virtuelle Realität <i>THE SHAPE OF US</i>. Empirische Befunde, didaktisches Design und bildungstheoretische Schlüsse Marie Isabel Schwarz und Anna Mauersberger	430

Themenheft Nr. 51:

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

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

Editorial: Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality – Teil 2

Empirische Untersuchungen

Miriam Mulders¹ , Josef Buchner² , Andreas Dengel³  und Raphael Zender⁴ 

¹ Universität Duisburg-Essen

² Pädagogische Hochschule St. Gallen

³ Goethe Universität Frankfurt

⁴ Humboldt-Universität zu Berlin

1. Einleitung

Die Konzeption und Gestaltung von Lernumgebungen mit Augmented und Virtual Reality (AR/VR) Technologien erfährt gegenwärtig sowohl in Forschung als auch Praxis grosse Aufmerksamkeit. Beiden Technologien werden Potentiale für das Lehren und Lernen zugesprochen, die in Schulen, Hochschulen und Institutionen der beruflichen Bildung zu einer Erweiterung der bisherigen Bildungspraktiken beitragen können. So ermöglichen AR- und VR-Anwendungen etwa das Trainieren handwerklicher Fertigkeiten ohne hohen Materialverbrauch (Zender u. a. 2020), das Experimentieren in naturwissenschaftlichen Fächern durch die simulierte Manipulation physikalischer Kräfte (Schwan und Buder 2002) sowie die Visualisierung komplexer und abstrakter Phänomene (z. B. Fransson, Holmberg, und Westelius 2020).

Wie sich jedoch zeigt, wurden diese Potentiale bislang aus einer stärker technologischen Perspektive betrachtet, wohingegen Studien und Forschungsarbeiten, die die Chancen wie Herausforderungen von AR/VR aus didaktischen und (medien)pädagogischen Perspektiven untersuchen, noch unterrepräsentiert sind (z. B. Radianti u. a. 2020). Eine pädagogische Betrachtung AR/VR-unterstützter Lehr-/Lernarrangements (Tulodziecki, Grafe, und Herzig 2019) fokussiert etwa kognitive Verarbeitungsprozesse und Designprinzipien (z. B. Mulders, Buchner, und Kerres 2020), individuelle Eigenschaften und Kontexte der Lernenden (z. B. Dengel und Mägdefrau 2018) oder unterschiedliche didaktische Designs und deren Einfluss auf verschiedene Lernzieldimensionen (z. B. Buchner 2022).

Mit diesem Themenheft griffen die Herausgeber:innen die zuvor skizzierte Forschungslücke auf und erbatene Beiträge, die das Lehren und Lernen mit AR/VR-Anwendungen aus didaktischen und/oder (medien)pädagogischen Perspektiven theoretisch wie empirisch untersuchen und diskutieren.

Dabei gliedert sich das Themenheft in zwei Teile. Im ersten Heft riefen die Herausgeber:innen dazu auf, Lehren und Lernen mit AR/VR-Anwendungen aus (medien)didaktischen und (medien)pädagogischen Perspektiven zu ergründen. Das Heft erschien im Frühjahr 2022. In insgesamt 18 Beiträgen lag der Fokus auf der theoretischen Auseinandersetzung und der konkreten Umsetzung in der Bildungspraxis hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten von AR/VR zum Zwecke des Lehrens und Lernens (Buchner u.a. 2022).

Im vorliegenden zweiten Heft wurden Wissenschaftler:innen und Bildungspädagogen:innen eingeladen, empirische Beiträge zum Lehren und Lernen mit AR/VR Technologien einzureichen. Unterschiedliche forschungsmethodische Zugänge waren erwünscht (z.B. quantitative, qualitative und/oder Mixed Methods Studien, Pilotstudien). Auch das zweite Heft besteht aus insgesamt 18 Beiträgen. Alle Beiträge wurden einem double-blind Peer-Review-Verfahren mit zwei bis drei Gutachter:innen pro Einreichung unterzogen. Die Beiträge werden im folgenden Abschnitt kurz vorgestellt.

2. Beiträge in diesem Heft

Im ersten Beitrag des Themenhefts diskutieren **Caterina Schäfer, Dorina Rohse, Micha Gittinger und David Wiesche (2023)** die Ergebnisse vier interdisziplinärer Ratingkonferenzen zu Bedenken und Potentialen des schulischen Einsatzes von VR. Mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse wurden die Beiträge von schulischen Fachkräften, Wissenschaftler:innen und Schüler:innen in vier verschiedene Hauptkategorien eingeteilt und Herausforderungen sowie Potentiale von VR an Schulen herausgestellt.

Um die «Pedagogical Usability» von AR der Unterstützung von Lernprozessen im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht der Primarstufe beurteilen zu können, untersuchten **Luisa Lauer und Markus Peschel (2023)** in einer qualitativen Interviewstudie die Sichtweise von Lehrkräften. Eine Erkenntnis des Beitrags ist, dass es Lehrpersonen nicht gelingt, Vorteile von AR zu benennen und die Unterschiede zwischen verschiedenen Technologieformen zu erläutern.

In seiner Studie zu Effekten eines AR-basierten Escape Games zu Fake News untersuchte **Josef Buchner (2023)**, inwieweit die Anwendung Lernziele adressieren kann, die für den Unterricht über Fake News relevant sind. Die Prä-Post-Studie mit

27 Schüler:innen zeigte, dass mithilfe des Escape Games nicht nur Wissen zu Fake News vermittelt, sondern auch die Entwicklung einer kritischen und reflektierten Haltung gegenüber der Vertrauenswürdigkeit von Online-Informationen gefördert werden konnte.

Florian Furrer, Wolfgang Bühner, Corinne Wyss, Adrian Degonda und Jan A. Hiss (2023) leisteten mit ihrer Videostudie einen Beitrag zur Erforschung des Potentials der Nutzung von AR in der Ausbildung von Lehrpersonen. Hierbei wurde der Einsatz der Molekülbrowser-Software «Molegram-Scientist» innerhalb einer kollaborativen Lehreinheit erforscht. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass die Versuchspersonen trotz ihrer Unerfahrenheit die AR und dessen Interaktionsmöglichkeiten zur Lösung der Aufgabe nutzen konnten und damit AR für derartige kollaborative Unterrichtssettings geeignet zu sein scheint.

Monika Fenn und Jakob Arlt (2023) untersuchten in ihrer Studie das Potential von AR-Anwendungen hinsichtlich der Förderung von Kompetenzen zur Führung dialogischer Unterrichtsgespräche. Es wurde überprüft, ob mithilfe eines Klassenzimmers in VR in der Lehrer:innenausbildung die Durchführung von dialogischen Unterrichtsgesprächen, welche ein reflektiertes Nachdenken über das behandelte Themengebiet anregen sollen, unterstützt werden kann. Die Ergebnisse zeigen vor allem im Vergleich der Experimental- und Kontrollgruppe eine erhöhte Impulsanzahl innerhalb der Gespräche sowie ein erhöhtes Auftreten von Metakognition innerhalb der Gespräche zugunsten der Experimentalgruppe.

Zur Untersuchung des praktischen Einsatzes von VR-Technologien im Fremdsprachenunterricht befragten **Kathleen Plötner und Florian Nowotny** (2023) Lehramtsstudierende seminarbegleitend mithilfe eines teilstandardisierten Fragebogens zu den möglichen Einsatzmöglichkeiten vier verschiedener VR-Applikationen im Rahmen des Fremdsprachenunterrichts. Hierbei wurden besonders die genutzten Argumentationen und Bewertungskriterien der angehenden Lehrkräfte analysiert.

Um die Rolle der Einstellungen von Lehrpersonen zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht mit dem Ziel einer erfolgreichen Medienbildung der Schüler:innen zu untersuchen, befragten **Marisa Alena Holzapfel, Silke Bakenhus, Nicolas Arndt und Maja Brückmann** (2023) Sachunterrichtsstudierende zu ihrem Umgang und zu Kompetenzen im Umgang mit AR und VR im schulischen Kontext. Es zeigte sich eine insgesamt positive Einstellung zur schulischen Nutzung von AR und VR, jedoch schätzten die Studierenden ihre eigene Kompetenz im Umgang mit den digitalen Technologien als eher gering ein.

In einer online-basierten Fragebogenstudie mit 13 Lehramtsstudierenden wurde von **Jérôme Zraggen** (2023) untersucht, ob digitale pädagogische Kompetenzen und eine bewusste Haltung gegenüber digitalen Technologien durch die eigene gestalterische Auseinandersetzung mit AR und VR im Zuge der Erstellung von digitalen Unterrichtsmaterialien gefördert werden können.

Der Beitrag von **Rebecca Hein, Jeanine Steinbock, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik und Carolin Wienrich** (2023) präsentiert die Ergebnisse eines Semarkonzepts und Begleitforschung zum inter- und transkulturellen Lernen in VR im gymnasialen Englischunterricht. In Unterrichtsstunden, die die Entwicklung von Empathie und die Fähigkeit zur Perspektivübernahme in interkulturellen Situationen thematisierten, bewerteten Studierende das Potential der Applikation hinsichtlich der Unterstützung beim Erstellen von Unterrichtskonzepten. Darüber hinaus wurde eine qualitative Methode zur Erfassung interkultureller Kompetenz im Feld getestet.

Um den sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Hürden der Kompetenzentwicklung in der beruflichen Ausbildung zum/zur Fahrzeuglackierer:in oder entgegenzuwirken, untersuchen **Miriam Mulders, Matthias Weise, Andrea Schmitz, Raphael Zender, Michael Kerres und Ulrike Lucke** (2023) die Möglichkeiten und Grenzen eines VR-Trainings auf Grundlage des evidenzbasierten 4C/ID-Modells im Hinblick auf die Förderung von relevanten Kompetenzen für den Ausbildungsberuf.

Im Projekt «DigiLabTour» untersuchen **Christoph Braun, Fares Kayali und Thomas Moser** (2023), inwieweit Rundgänge in VR geeignet sind, um zur Kompetenzentwicklung von Mitarbeitenden in kleinen und mittelgrossen Unternehmen in Niederösterreich beizutragen. Eine formative Evaluierung der virtuellen Besichtigungen zeigte, dass die orts- und zeitunabhängige Webanwendung von der Zielgruppe positiv angenommen wird.

Um das Potential von digitalen VR- und AR-Anwendungen zur Lernförderung von kognitiv beeinträchtigten Personen zu untersuchen, führten **Elena Tangocci, Christian Hartmann und Maria Bannert** (2023) eine quasi-experimentelle Feldstudie durch. Bei dieser konnte nachgewiesen werden, dass sich bei kognitiv anspruchsvollen und prozeduralen Aufgaben sowie den Lerntransfer fördernden Inhalten die Lernleistung, das Interesse, die empfundene Kompetenz und Einstellung gegenüber des Lernmediums in der Experimentalgruppe signifikant von der Kontrollgruppe unterscheidet.

Johannes Funk und Ludger Schmidt (2023) evaluieren in ihrer Studie eine Simulation von Vor-Ort-Terminen von Handwerker:innen bei Kund:innen in Form von dreidimensionalen 360°-Anwendungen und vergleichen dabei drei Arten des explorativen Lernens. Die Studie mit 30 Teilnehmer:innen prüft unter anderem die Hypothese, ob sich die Explorationsart auf die Gebrauchstauglichkeit und das Benutzungserlebnis auswirkt.

Urszula Hejna, Carolin Hainke, Thies Pfeiffer und Stefanie Seeling (2023) stellen mit ihrer Studie ein Beispiel bereit, wie Mehrpersonen-VR-Anwendungen im hochschulischen Lehrkontext implementiert werden können. Zwar wurde die Anwendung durch die untersuchten Pflegestudierenden durchweg positiv bewertet, jedoch veranschaulichte die Studie ebenfalls den hohen Implementierungsaufwand einer solchen Anwendung und die damit einhergehende Notwendigkeit eines angemessen ausgearbeiteten Konzeptes zur Implementierung und didaktischen Umsetzung.

Sinja Müser, Jens Maiero, Christian Dominic Fehling, David Gilbert, Sevinc Eroglu, Daniel Bachmann, Sebastian Wiederspohn und Jörg Meyer (2023) untersuchen in ihrer Studie eine VR-Lernumgebung für die Hochschullehre, die sowohl mit einem Head Mounted Display als auch mittels Desktop genutzt werden kann. In einer Pilotstudie konnten positive Einschätzungen der Usability der Lernumgebung durch beide technischen Umsetzungen herausgestellt werden. Darüber hinaus zeigten sich positive Effekte auf die kognitive und affektive Wirkung der Lernumgebung im Vergleich zu konventionellen Lernmaterialien.

Jule M. Krüger, Franziska Schacht und Daniel Bodemer (2023) untersuchen in ihrem Beitrag die Effektivität des Lernens mit einer Kombination aus AR und dem eigenständigen aktiven Integrieren und Organisieren unterschiedlicher Repräsentationsformen. Ein experimenteller Vergleich zwischen einer vorintegrierten AR-Lernanwendung und einer Anwendung, bei welcher die Probanden selbst unterschiedliche Repräsentationsformen zuordnen mussten, zeigt keinen Vorteil bezüglich des Lernerfolgs zugunsten der Experimentalgruppe.

Zur Entwicklung einer didaktischen Möglichkeit, das «Wieder-Auftauchen» aus einer VR-Lernumgebung zu begleiten, wurden basierend auf medienpsychologischen und geschichtsdidaktischen Erkenntnissen Materialien für die Begleitung des Auftauchens entwickelt und in einer Laborstudie getestet. Der Fokus der Studie von **Elena Lewers und Lea Frentzel-Beyme** (2023) lag vor allem auf dem Präsenzerleben, den Emotionen und dem Geschichtsbewusstsein der Probanden infolge der VR-Lernerfahrung.

Basierend auf der Theorie der «Verkörpernten Bildung» untersuchen **Marie Isabel Schwarz und Anna Mauersberger** (2023) die VR-Umgebung «The Shape of Us» zum Thema «Klimakrise». Mit verschiedenen qualitativen Verfahren (z. B. Audioaufnahmen der Gruppendiskussionen) wurden Erlebensprozesse von Schüler:innen der Mittelstufe erhoben und ausgewertet.

3. Fazit

Die Autor:innen beider Hefte leisten einen wichtigen Beitrag zu den eingangs beschriebenen Forschungslücken und erweitern damit das Spektrum bisheriger Forschung zu AR und VR in Bildungskontexten. Während im ersten Heft theoretische Positionen, Modelle und Begriffe diskutiert wurden, lag der Fokus im zweiten Heft auf deren empirischer Untersuchung. In insgesamt 36 Beiträgen wurde der Einsatz von VR wie AR zu Bildungszwecken theoretisch beleuchtet, kritisch hinterfragt und empirisch überprüft. Zumindest für den deutschsprachigen Raum scheint beiden Technologien Potential für das Lehren und Lernen zugesprochen zu werden. Demzufolge tragen VR- und AR-Anwendungen mit dem Ziel des Lehren und Lernens in den verschiedensten Bildungsbereichen zu einer Erweiterung der bisherigen Bildungspraktiken bei.

Die Herausgeber:innen möchten sich besonders herzlich bei den vielen Gutachter:innen für die wertvollen Rückmeldungen an die Autor:innen und die damit sichergestellte Qualität der Beiträge bedanken.

Die Publikation beider Hefte wurde durch den Open Access Publikationsfond der Universität Duisburg-Essen gefördert.

Literatur

- Braun, Christoph, Fares Kayali, und Thomas Moser. 2023. «Ein virtueller Laborrundgang – Gestaltung, Entwicklung und Evaluierung: Praxisbeispiel aus dem Projekt DigiLabTour Ost». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 246–67. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.20.X>.
- Buchner, Josef. 2022. «Generative learning strategies do not diminish primary students' attitudes towards augmented reality». *Education and Information Technologies* 27: 701-717 <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10445-y>.
- Buchner, Josef. 2023. «Effekte eines Augmented Reality Escape Games auf das Lernen über Fake News». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 65–86. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.12.X>.

- 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». Herausgegeben von Josef Buchner, Miriam Mulders, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR-Part 1): i–x. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.11.28.X>.
- Dengel, Andreas, und Jutta Mägdefrau. 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>.
- Fenn, Monika, und Jakob Arlt. 2023. «Historisches Lernen immersiv: Studierende üben Unterrichtsgespräche in Virtual Reality». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 114–30. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.14.X>.
- Fransson, Göran, Jörgen Holmberg, und Claes Westelius. 2020. «The challenges of using head mounted virtual reality in K-12 schools from a teacher perspective». *Education and Information Technologies*:3383-3404. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10119-1>.
- Funk, Johannes, und Ludger Schmidt. 2023. «Vergleichende Evaluation von Explorationsarten in interaktiven 3D-360°-Anwendungen: Einsatz von explorativem Lernen zur Vorbereitung von Handwerkern auf Vor-Ort-Termine beim Kunden». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 289–313. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.22.X>.
- Furrer, Florian, Wolfgang Bühner, Corinne Wyss, Adrian Degonda, und Jan A. Hiss. 2023. «Lernen mit Augmented Reality Technologie in der Hochschullehre: Erkenntnisse einer Videostudie mit angehenden Sekundarlehrpersonen». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 87–113. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.13.X>.
- Hein, Rebecca, Jeanine Steinbock, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik, und Carolin Wienrich. 2023. «Virtual Reality im modernen Englischunterricht und das Potenzial für Inter- und Transkulturelles Lernen: Eine Pilotstudie». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 191–213. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.18.X>.
- Hejna, Urszula, Carolin Hainke, Thies Pfeiffer, und Stefanie Seeling. 2023. «Mehrbenutzer-VR-Anwendungen für ein rollenbasiertes Falltraining: Ein explorativer Einsatz im Kontext der Pflegeausbildung». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 314–44. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.23.X>.

- Holzappel, Marisa Alena, Silke Bakenhus, Nicolas Arndt, und Maja Brückmann. 2023. «Einstellungen und Werthaltungen von Sachunterrichtsstudierenden zum Lernen mit Augmented (AR) und Virtual Reality (VR) im Sachunterricht». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 151–69. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.16.X>.
- Krüger, Jule M., Franziska Schacht, und Daniel Bodemer. 2023. «Aktives Integrieren von Repräsentationen bei interaktiven Augmented Reality-Anwendungen: Betrachtung von kognitiver Belastung und Lernerfolg». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 373–401. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.25.X>.
- Lauer, Luisa, und Markus Peschel. 2023. ««Pedagogical Usability» von Augmented Reality zum Thema Elektrik: Eine qualitative Studie zum Potenzial des Einsatzes von AR im (naturwissenschaftlich-orientierten) Sachunterricht der Primarstufe». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 25–64. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.11.X>.
- Lewers, Elena, und Lea Frentzel-Beyme. 2023. «Und was kommt nach der Zeitreise? Eine empirische Untersuchung des «Auftauchens» aus geschichtsbezogener Virtual Reality». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 402–29. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.26.X>.
- 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>.
- Mulders, Miriam, Matthias Weise, Andrea Schmitz, Raphael Zender, Michael Kerres, und Ulrike Lucke. 2023. «Handwerkliches Lackieren mit Virtual Reality (HandLeVR): VR-basierter Kompetenzerwerb in der beruflichen Ausbildung». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 214–45. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.19.X>.
- Müser, Sinja, Jens Maiero, Christian Dominic Fehling, David Gilbert, Sevinc Eroglu, Daniel Bachmann, Sebastian Wiederspohn, und Jörg Meyer. 2023. «Konzeption und Evaluation einer virtuellen Lernumgebung für die Hochschullehre». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 345–72. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.24.X>.
- Plötner, Kathleen, und Florian Nowotny. 2023. «Fremdsprachendidaktik meets 360° & Virtual Reality: Studierendenperspektiven im Master Lehramt». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 131–50. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.15.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>.
- Schäfer, Caterina, Dorina Rohse, Micha Gittinger, und David Wiesche. 2023. «Virtual Reality in der Schule: Bedenken und Potenziale aus Sicht der Akteur:innen in interdisziplinären Ratingkonferenzen». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 1–24. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.10.X>.
- Schwan, Stephan, und Jürgen Buder. 2002. «Lernen und Wissenserwerb in Virtuellen Realitäten». In *Digitale Welten. Virtuelle Realität als Gegenstand und Methode der Psychologie*, herausgegeben von Gary Bente, Nicole C. Krämer, und Anita Petersen, 109–132. Göttingen: Hogrefe.
- Schwarz, Marie Isabel, und Anna Mauersberger. 2023. «Verkörperter Bildung durch die virtuelle Realität THE SHAPE OF US: Empirische Befunde, didaktisches Design und bildungstheoretische Schlüsse». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 430–59. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.27.X>.
- Tangocci, Elena, Christian Hartmann, und Maria Bannert. 2023. «Immersives Lernen in der Berufsschule: Fördert VR- und AR-Technologie das Lernen, die intrinsische Motivation und die Technologieakzeptanz von lernbeeinträchtigten Auszubildenden?» Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 268–88. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.21.X>.
- Tulodziecki, Gerhard, Silke Grafe, und Bardo Herzig. 2019. *Medienbildung in Schule und Unterricht: Grundlagen und Beispiele*. UTB.
- Zender, Raphael, Pia Sander, Matthias Weise, Miriam Mulders, Ulrike Lucke, und Michael Keres. 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.
- Zraggen, Jérôme. 2023. «Digitale pädagogische Inhaltskompetenzen gestalterisch aufbauen mit Augmented und Virtual Reality: Eine Pilotstudie mit angehenden Primarlehrpersonen anhand des DPACK-Modells». Herausgegeben von Miriam Mulders, Josef Buchner, Andreas Dengel, und Raphael Zender. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 51 (AR/VR-Part 2): 170–90. <https://doi.org/10.21240/mpaed/51/2023.01.17.X>.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Virtual Reality in der Schule

Bedenken und Potenziale aus Sicht der Akteur:innen in interdisziplinären Ratingkonferenzen

Caterina Schäfer¹ , Dorina Rohse² , Micha Gittinger¹  und David Wiesche¹ 

¹ Universität Duisburg-Essen

² Technische Universität Dortmund

Zusammenfassung

Dieser Beitrag präsentiert und diskutiert die Ergebnisse aus vier interdisziplinären Ratingkonferenzen, in denen Schüler:innen, Lehrpersonen und Expert:innen aus Entwicklung Medienpädagogik und Wissenschaft Bedenken und Potenziale des schulischen Einsatzes von Virtual Reality (VR) diskutieren. VR ist, obwohl zunehmend als Bildungstechnologie anerkannt, in der Schule noch nicht grundständig angekommen. Anhand der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz und induktiver Kategoriemittlung werden aus den Daten vier Hauptkategorien abgeleitet. Es fehlt laut den Akteur:innen an technischer Ausstattung sowie Erfahrungen, Ideen und erprobten Konzepten für den schulischen Unterricht. Einem Mehraufwand steht ein schwer einzuschätzender Mehrwert entgegen. Gleichzeitig attestieren die Teilnehmenden VR-gestützten Lernumgebungen eine Vielzahl an Potenzialen wie immersives Lernen, barrierefreie Zugänge und Möglichkeiten für eine differenzierte Unterrichtsgestaltung. Der Beitrag zeigt auch, dass weder der wissenschaftliche Diskurs noch die teilnehmenden Akteur:innen bisher konkrete Aspekte eines verkörperten Lernens in, mit und durch VR (Extended Embodied Education) beachten. Eine Zusammenarbeit der im Schulkontext beteiligten Akteur:innen ist im Sinne einer Netzwerkarbeit zur Implementierung von VR in der Schule erstrebenswert.

Virtual Reality in Schools. Concerns and Potentials from the Stakeholders' Point of View in Interdisciplinary Rating Conferences

Abstract

This paper presents and discusses the findings of four interdisciplinary rating conferences in which students, teachers, developers, media educators and scientists discuss the concerns and potentials regarding the use of Virtual Reality (VR) in a school context. VR,



although increasingly recognized as an educational technology, has not yet arrived in schools on a fundamental basis. Based on the content-structuring qualitative content analysis and inductively determined categories, four main categories are derived. According to the stakeholders, there is a lack in technical facilities as well as experience, ideas and tested best practice examples for the instructional use. An increased additional effort is opposed to an added value that is difficult to assess. At the same time the participants VR points out a number of potentials including immersive learning, accessibility and options for differentiated lesson planning. The article also shows that neither the scientific discourse nor the participating actors have so far considered specific aspects of embodied learning in, with and through VR (Extended Embodied Education). A cooperation of the actors involved in the school context is indicated in the sense of a network work for the implementation of VR in schools.

Einleitung

Virtual Reality (VR) ist zunehmend als Bildungstechnologie durch eine Vielzahl von Pilotprojekten und Studien bestätigt worden (Freina und Ott 2015; Jensen und Konradsen 2018; Radianti et al. 2020; Wiesche und Lipinski 2020). Die Interaktion mit der Umgebung sowie das zugeschriebene Potenzial, in die virtuelle Welt einzutauchen und immersiv zu agieren, sind konstitutive Merkmale von VR-Settings (u. a. Mulders, Buchner, und Kerres 2020). Doch im wissenschaftlichen Diskurs werden nicht nur Potenziale der Technologienutzung, sondern auch Bedenken zum Einsatz im Schulkontext aufgezeigt (Zender et al. 2022). Ausstehend sei allerdings, die Sicht der Schüler:innen, Lehrpersonen, Eltern, Bildungsadministrator:innen und der Entwickler:innen, also aller Beteiligten im Prozess der Implementierung zu berücksichtigen (ebd.). Im Folgenden wird dies aufgegriffen und werden Ergebnisse einer Studie präsentiert, in der eine Möglichkeit zur Schulentwicklung durch Netzwerkarbeit eröffnet und im Rahmen von Ratingkonferenzen Bedenken und Potenziale zum schulischen Einsatz von VR aus Sicht der Akteur:innen identifiziert werden.

1. Virtual Reality im schulischen Kontext

1.1 Lernen mit Virtual Reality: Extended Education

Das Spektrum technischer Umsetzungen sowie Anwendungsmöglichkeiten von VR ist breit. Beispielsweise kann mithilfe von Roomscale-Technologien oder Stand-Alone-HMDs ein freies Bewegen im physischen Raum ermöglicht werden, und es nehmen neben Wahrnehmungs- und visuellen Verarbeitungsprozessen vor allem auch Bewegungen eine zentrale Rolle ein (Boletsis und Chasanidou 2022). Somit gewinnt

der Körper gleichzeitig als Rezipient und Akteur an Bedeutung. An ausgewählten erfahrungsbasierten Anwendungen können fruchtbare Bildungsmomente nach Copei (1930/2019) inszeniert werden, die von Bildungseinrichtungen genutzt werden können (Wiesche et al. 2022). Auch zeigen internationale, systematische Reviews (Jensen und Konradsen 2018; Radianti et al. 2020) differenzierte Einsatzbereiche in verschiedenen Lernkontexten. Hellriegel und Čubela (2018, 75) fassen zusammen:

«Angebote und Anwendungen im Bereich der virtuellen Realität [sind] keine Neuheit und halten vermehrt Einzug in verschiedene gesellschaftliche Bereiche. Dementsprechend verwundert es nicht, dass sich auch der Bildungsbe- reich langsam öffnet und Hoffnungen bei Lehrkräften geweckt werden.»

Es entstehen didaktische Konzepte (Buchner und Aretz 2020), die das selbstge- steuerte und aktivierende Potenzial (Ip et al. 2016), die Motivation (Hsu 2020) sowie das praktische Handeln (Schmitz und Mulders 2021) adressieren.

Gleichzeitig werden im wissenschaftlichen Diskurs auch Bedenken zum Einsatz von VR mit Schüler:innen berichtet, die aus ungeklärten Fragen bezüglich der pädagogischen und didaktischen Gestaltung sowie aus medizinischen und ethischen Ein- satzrisiken resultieren (Zender et al. 2022). Es fehlen hinreichende Erkenntnisse zur maximalen Nutzungsdauer oder zu Nebenwirkungen der Rezeption von VR-Anwen- dungen (ebd.). Aus didaktischer Perspektive wird die empfundene Bühnensituation genannt, aus der Schamerfahrungen resultieren können, da die Blicke und Inter- aktionen der Personen im Raum durch das Headset nicht wahrgenommen werden können, woraus eine Imagination dieser Blicke resultiert (Southgate 2018). Auch die Verfügbarkeit von Anwendungen sowie die Zuschreibung als hedonistische Techno- logie rufen Bedenken hervor (Zender et al. 2022).

1.2 Verkörpertes Lernen: Embodied Education

Bailenson et al. (2008) beschreiben die Möglichkeiten, durch VR mit Sachverhalten in Berührung zu kommen, die entweder zu wertvoll, nicht zugänglich oder zu ge- fährlich sind. Durch den Einsatz von VR kann so ein Erfahrungsfeld eröffnet wer- den, das sonst buchstäblich nicht greifbar ist. So können Trainings-, Explorations-, Konstruktions- und Wahrnehmungswelten geschaffen werden, die ein Lernen mit allen Sinnen ermöglichen (Buehler und Kohne 2020). Wenn Bildung als *Veränderung innerhalb der subjektiven Schemata im Wahrnehmen, Erkennen, Denken und Fühlen* (Bourdieu 2001) verstanden wird, dann ist das Lernen immer ein körperliches. Es ist auf den Körper bezogen und gleichzeitig über den Körper vermittelt (Klinge 2016). Technologien wie VR, die auf das immersive Erleben ausgerichtet sind, ermöglichen ganzkörperliche Erfahrungen, die implizite Selbstverständlichkeiten des Körpers

(ebd.) reproduzieren oder auch bewusst irritieren können. Diese Verkörperungen (Brinkmann 2019) werden im englischsprachigen Raum als «Embodiment» (Slater 2017) diskutiert.

Maas und Hughes (2020) analysieren im Rahmen einer Metaanalyse ein gegenüber klassischen Lernformaten erhöhtes Engagement und erhöhte Motivation, sich mit den Lerninhalten zu beschäftigen, wenn VR-Technologien genutzt werden. Sie begründen dies mit dem Neuigkeitswert, der Immersion und dem praktischen Bezug, jedoch nicht mit verkörpertem Lernen. Gleichzeitig zeigen sie, dass für die Grundschule und weiterführende Schule (K-12 Education) nur wenige Studien vorliegen. Während in der Berufsausbildung (Zender et al. 2020) oder Lehrpersonenbildung (Lipinski et al. 2020) das praktische Handeln in VR und dessen Reflexion als Lernmöglichkeit(en) aufgegriffen werden, fehlen Konzepte für den schulischen Einsatz.

1.3 Extended Embodied Education

Als Rahmenmodell für diesen Beitrag wird das «*Cognitive Affective Model of Immersive Learning*» (Makransky und Petersen 2021, 943; Müser und Fehling 2022, 129) genutzt, da es ähnlich wie das *Framework* von Mulders, Buchner und Kerres (2020) die Affordanzen zur Nutzung immersiver Medien berücksichtigt und auch systematisch Zieltypen des Lernens adressiert. Es beschreibt, wie die Eigenschaften der VR-Settings Präsenzerleben (Presence) und Handlungsfähigkeit (Agency) sechs Faktoren beeinflussen, die im Gegensatz zu Mulders, Buchner, und Kerres (2020) nicht nur kognitive, sondern auch affektive Faktoren des immersiven Lernens berücksichtigen. Dem körperlichen Anteil des Lernens wird damit eine bedeutendere Rolle zugeschrieben und man kann von «Extended Embodied Education» sprechen (Wiesche et al. 2022). Das Interesse, die intrinsische Motivation, die Selbstwirksamkeit, das Embodiment, die kognitive Belastung und die Selbstregulation sind Faktoren, die aus diesen Eigenschaften resultieren und Einfluss auf die Ergebnisse des Lernens haben (Makransky und Petersen 2021). Diese Lernergebnisse gehen über das Erlernen von Faktenwissen hinaus und beziehen sich auf prozedurales Wissen, konzeptuelles Wissen und/oder den Transfer von Wissen (ebd.).

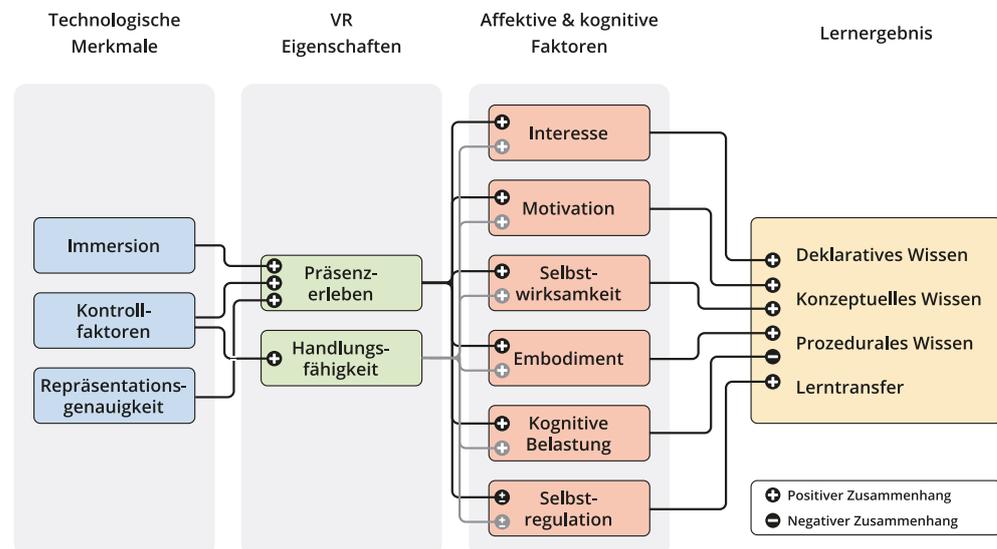


Abb. 1: Cognitive Affective Model of Immersive Learning (Müser und Fehling 2022, 129; Makransky und Petersen 2021, 943).

Während in Hochschulprojekten das immersive ganzkörperliche Lernen zunehmend in den Blick genommen wird und erste Evidenzen zu einem zielgerichteten Einsatz vorhanden sind (Müser und Fehling 2022; Hamilton et al. 2021), ist die Technologie in der Schule bisher kaum verbreitet. Gleichzeitig wird auf politischer Ebene gefordert, dass «aktuelle Entwicklungen und Ansätze wie z. B. [...] unterstützende Techniken wie z. B. Augmented-Reality und Virtual-Reality zu beachten, zu reflektieren und einzubeziehen [seien]» (Kultusministerkonferenz 2021, 12). Demnach stellt sich die Frage, wie innovative Technologien den Weg in die Schule finden.

2. Implementation von Medien-Innovationen

2.1 Probleme und Grenzen der Schulentwicklung in einer digitalen Welt

Der Einsatz digitaler Medien wie VR in Lehr-Lern-Prozessen ist massgeblich von Faktoren wie der Einstellung der Lehrpersonen zu digitalen Medien (Wilmers et al. 2020) abhängig. Dabei benötigen die Lehrpersonen eine offene Haltung gegenüber Ungewissheit und Kompetenzen, die eine reflektierte Mediengestaltung und -nutzung ermöglichen (van Ackeren et al. 2019). Hierzu gehört die Förderung einer forschenden Haltung zur Unterstützung eigenverantwortlicher und selbstgesteuerter Lernprozesse im Umgang mit digitalen Medien bei einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung (Schäfer et al. 2021). Gleichzeitig sind die Möglichkeiten digitaler Lehre durch Rahmenbedingungen wie die IT-Ausstattung begrenzt (Lorenz et al.

2021). Hinsichtlich des WLAN-Zugangs in Schulen lag Deutschland 2018 hinter dem internationalen Durchschnitt zurück, und eine Ausstattung der Lehrpersonen mit digitalen Endgeräten durch Schule oder Schulträger war bei den wenigsten gegeben (Eickelmann et al. 2019). Während die selbst eingeschätzten medienbezogenen Kompetenzen im Länderindikator 2021 einen positiven Trend aufzeigen, hält der Ausbau des Internetzugangs nicht Schritt (Lorenz et al. 2021).

Eine Implementation der beschriebenen Medien-Innovationen erfordert daher eine entsprechend ausgerichtete Schulentwicklung, die die Regeln und Implikationen der digitalisierten Welt aufgreift (Endberg et al. 2020). Gleichzeitig gilt es, die Forderung nach der Förderung der Kompetenzen der Lernenden zur Teilhabe an der digitalisierten Lebens- und Arbeitswelt zu berücksichtigen (Kultusministerkonferenz 2021). Die zusammenwirkenden Dimensionen der Schulentwicklung mit digitalen Medien nach Eickelmann und Gerick (2017) zeigt Abbildung 2 und erweitert diese um die notwendigen Unterstützungsleistungen des Schulsystems (äusserer Kreis) (Endberg, Engec, und van Ackeren 2021). Diese beinhalten die Aspekte der paternalistischen, subsidiären, professionellen und autonomen Unterstützung (Berkemeyer 2011) und werden ergänzt durch die technische Unterstützung und weitere Unterstützungsleistungen, die über die Einzelschule hinaus von weiteren Akteur:innen ausserhalb der Schule abhängig sind.

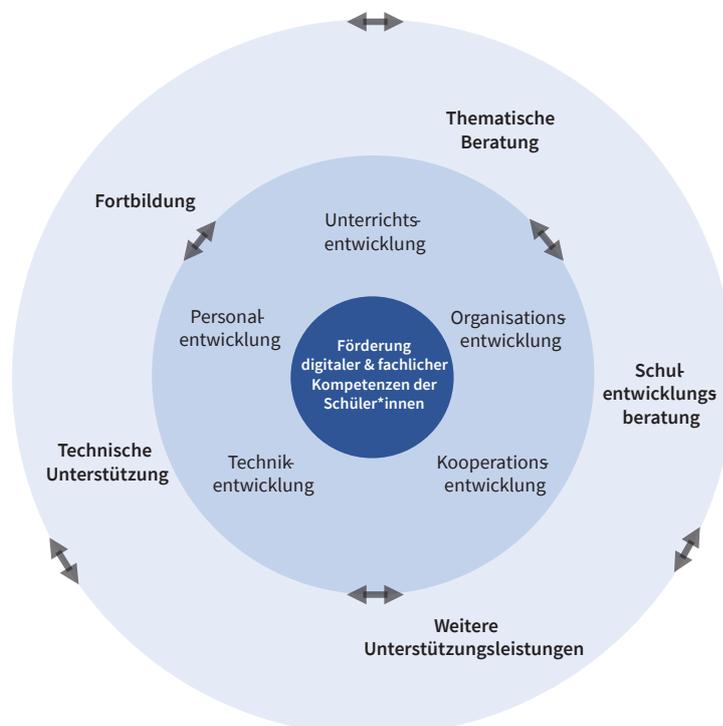


Abb. 2: Modell der Unterstützungsleistungen für Schulentwicklung im Kontext der Digitalisierung (Endberg, Engec, und van Ackeren 2021, 115).

2.2 Schulentwicklung in einer digitalen Welt durch Netzwerkarbeit

Die ausserhalb der Schule verortete Netzwerkarbeit (Abb. 2, Endberg, Engec, und van Ackeren 2021) bringt Schulen und ausserschulische Einrichtungen wie Universitäten und Unternehmen zusammen, um digitale Medien in die Lehre zu integrieren (Endberg et al. 2020). Die Ergänzung der KMK-Strategie 2021 nennt hierzu zum einen die Aufgabe von Schulleitungen und Schulaufsicht, unter anderem bestmögliche Voraussetzungen für Zusammenarbeit und Kooperation zu schaffen. Zum anderen wird die Zusammenarbeit von Wissenschaft, Praxis und Anbietern digitaler Bildungsmedien zur Unterstützung und Weiterentwicklung der Lehre gefordert (Kultusministerkonferenz 2021).

Die schulische Netzwerkarbeit im Kontext der Digitalisierung wurde bisher nicht dezidiert betrachtet (Endberg et al. 2020). Die Bedeutung der Kooperation mit schulischen und ausserschulischen Akteur:innen für die Integration digitaler Medien und die Entwicklung von Medienkonzepten wird jedoch hervorgehoben (ebd.).

Auf diesem Aspekt der Netzwerkarbeit fusst im weiteren Verlauf dieses Beitrags die Zusammensetzung von Akteur:innen verschiedener Statusgruppen.

3. Forschungsinteresse

Es sind demnach Desiderate hinsichtlich eines konkreten Einsatzes von VR im schulischen Kontext, möglicher Wirkmechanismen von Immersion und Lernen, der Bedeutung eines verkörperten Lernens mit VR sowie der Herausforderungen bei der Implementation von Medieninnovationen zu verzeichnen. Im Sinne der Netzwerkarbeit bedarf es eines runden Tisches, an dem die am System Schule beteiligten Akteur:innen mit unterschiedlichen Perspektiven über Belange der Schulentwicklung mit digitalen Medien diskutieren und gemeinsam mögliche Konzepte und Vorgehensweisen eruieren. Daher wird hier folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

1. Welche Bedenken äussern Akteur:innen für den Einsatz von Virtual Reality im schulischen Kontext?
2. Welche Potenziale äussern Akteur:innen für den Einsatz von Virtual Reality im schulischen Kontext unter der Perspektive von verkörperten Lernen sowie Lernen mit VR?

4. Methoden

4.1 *Ratingkonferenzen*

Die Methode der Ratingkonferenzen wurde in der Schulentwicklungsforschung durch Landwehr (2007) geprägt. Insbesondere im Bildungsbereich wird sie als bewährtes Instrument eingesetzt, etwa zur Schul- und Lehrevaluation (Keller, Heinemann, und Kruse 2012).

Ratingkonferenzen zeichnen sich durch eine Kombination aus einem standardisierten Kurzfragebogen und einem direkt anschließenden Gruppengespräch bzw. -interview aus: Die Teilnehmenden schätzen schriftlich zunächst individuell (hier elf Items (Landwehr 2007) auf einer Skala ein (Rating). Die Inhalte der Ratings sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Ergebnisse werden im Anschluss für alle offen visualisiert und bilden die Grundlage für eine Gruppendiskussion. Die Ratings werden kommunikativ validiert, indem die Teilnehmenden ihre Perspektiven erläutern und Bezug zu den Ratings der anderen nehmen können (Grüning und Winkler 2018). Zwei nicht zur Gruppe gehörende Personen übernehmen die Durchführung (Moderation und Protokoll) sowie Auswertung und orientieren sich an einem Interview-Leitfaden (Keller, Heinemann, und Kruse 2012). Damit genügend Raum für individuelle Einschätzungen und gleichzeitig eine Bandbreite an Aussagen entstehen kann, wird eine Gruppengröße von sechs bis neun Personen empfohlen (Grüning und Winkler 2018). Gruppendynamiken und unterschiedliche Gesprächsverläufe werden im Rahmen dieser Methode nicht analysiert. Das Protokoll ist für alle Teilnehmenden sichtbar und unmittelbar überprüfbar. Es erfolgt eine qualitative Auswertung anhand der Protokolle, und zentrale Aussagen werden mittels Zitaten belegt (Keller, Heinemann, und Kruse 2012).

Offene Einstiegsfragen
1. Welche Potenziale und Grenzen von VR in Schule waren für dich in der Phase 1 besonders spannend?
2. Was wurde noch nicht genannt?

Rating-Aussagen
1. Ich habe Vorerfahrungen mit VR im Kontext Schule.
2. VR hat Potenzial für den Einsatz im schulischen Unterricht.
3. Ich habe beim Einsatz von VR in der Schule Bedenken.
4. In der Schule der Zukunft wird und muss VR eine Rolle spielen.
5. Der Einsatz von VR ist für den schulischen Kontext organisatorisch zu aufwendig.
6. Der Einsatz von VR bietet Bildungschancen für alle Schüler:innen.
7. In der Ausbildung von Lehrpersonen sollte der Einsatz von VR im Schulkontext behandelt werden.
8. Um Medienkompetenz zu lernen, müssen innovative Techniken in die Schule.
9. In der Schule werden Kompetenzen vermittelt, die für unsere Welt, die von digitalen Medien geprägt ist, notwendig sind.
10. Körper und Bewegung brauchen wir für Lernprozesse nicht.
11. VR erweitert die Möglichkeiten, auf sinnlicher und körperlicher Ebene zu lernen.

Tab. 1: Einstiegsfragen und Aussagen der Ratingkonferenzen (eigene Darstellung).

4.2 Datenerhebung

An der Studie nahmen deutschlandweit insgesamt 19 Personen freiwillig teil, die Kompetenzen, Erfahrungen oder Interesse im Bereich VR aufwiesen, damit als Expertin bzw. Experte in eigener Sache gelten und sich mindestens einer der folgenden vier Statusgruppen zuordneten:

- Schüler:innen und Studierende,
- Lehrpersonen,
- VR-Entwickler:innen,
- Medienpädagog:innen und Wissenschaftler:innen.

Die Teilnehmenden meldeten sich zu dem fachlichen Austausch zum Thema «Virtual Reality in der Schule – wie, wo, wann macht das Sinn?!» am 26.10.2021 via Videokonferenz (Zoom). Sie folgten damit einer offenen Einladung, die in den Netzwerken der Forschenden, öffentlichen Stellen, Interessenverbänden der Statusgruppen sowie Elternvertretungen gestreut wurde. Auf Grundlage der Rückmeldungen fanden sich die Teilnehmenden für die Fachtagung zusammen. Zu Beginn erfolgte ein Austausch im Plenum sowie in den vier Statusgruppen (Phase 1). Im weiteren Verlauf wurden die Teilnehmenden zufällig in vier interdisziplinäre, heterogene Kleingruppen für vier Ratingkonferenzen aufgeteilt und nahmen 90 Minuten lang an den Ratingkonferenzen teil (Phase 2). Zu Beginn wurde in jeder Kleingruppe kommuniziert, dass die Diskussion in einem sichtbaren Ergebnisprotokoll dokumentiert

wird, die Teilnahme freiwillig ist und die persönliche Einschätzung aller Diskursbeiträge wertgeschätzt wird. Abschliessend wurden die zentralen Ergebnisse der Ratingkonferenzen im Plenum zusammengefasst und offene Fragen skizziert (Phase 3).

Die an den Ratingkonferenzen teilnehmenden Lehrpersonen gaben an, bisher entweder keine *Vorerfahrungen* mit VR oder solche teilweise in Fortbildungen gesammelt zu haben. Von einer Zusammenarbeit mit Medienscouts in einer Förder- schule wurde berichtet. Die vertretenen Studierenden haben im Seminarkontext erste Erfahrungen gesammelt und schätzen, dass insgesamt der Grossteil der Studierenden keinen Kontakt zu VR hat und dieser eher im Gaming-Bereich stattfindet. Ein Schüler berichtete, dass es bisher noch keine Erfahrungen im Schulkontext gibt.

4.3 Datenanalyse

Zur Datenanalyse wurde auf die inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) zurückgegriffen: In einem mehrstufigen Verfahren wird ein Kategoriensystem entwickelt. Entlang der Orientierung an Hauptkategorien wird Datenmaterial im ersten Schritt deduktiv codiert. Anschliessend erfolgt eine induktive Kategorienanpassung und -ausdifferenzierung, indem das Datenmaterial erneut codiert, kategorienbasiert ausgewertet und aufbereitet wird (ebd.).

Für die Auswertung der Protokolle wurden zunächst sieben Kategorien erstellt, die sich am Leitfaden für die Ratingkonferenzen orientierten. Daraufhin führten zwei Personen eine erste Codierung durch. Mittels einer zweiten Prüfung der Protokolle sowie Kategorienanwendung wurden dieselben sieben Hauptkategorien mit insgesamt 28 Unterkategorien zusammengefasst. Insgesamt wurden alle Protokolle doppelt codiert und unterschiedlich kodierte Aussagen in einer Interkoderkonferenz ausgeglichen. Aus einer Diskussion in der gesamten Arbeitsgruppe wurde ein finales Kategoriensystem erarbeitet (Tab. 2) sowie eine Einordnung der Ergebnisse in Potenziale und Bedenken vorgenommen, die im Hinblick auf die Forschungsfragen relevant sind.

5. Ergebnisse

VR & Bildung	Rahmenbedingungen
<ul style="list-style-type: none"> ↳ Immersion als Chance (13) ↳ Einsatz in Fächern (14) ↳ Emotionen (7) ↳ Zugang zu Bewegung in, mit und durch VR (8) ↳ Körper und Handlungsorientiertes Lernen (4) ↳ Bildung für alle (Inklusion) (9) ↳ Veränderte Rolle der Lehrperson (2) ↳ Vermittlung von Medienkompetenzen (5) ↳ Zukunftsbedeutung (5) 	<p><i>Institutionelle Rahmenbedingungen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Geringe Priorität von VR in Schule (9) ↳ Organisatorischer Aufwand im Schulkontext (4) ↳ Unterschiede in der technischen Ausstattung (4) ↳ Kosten (4) ↳ Kosteneinsparung und Risikominimierung (1) ↳ Datenschutz und wirtschaftliche Interessen herstellender Unternehmen (4) ↳ Hygiene (1) <p><i>Rahmenbedingungen für Schüler:innen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Voraussetzungen zur Nutzung (11) <p><i>Rahmenbedingungen für Lehrpersonen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Setting im Unterricht (7)
Zugänge zu VR	Zusammenführung von Technologie & Didaktik
<ul style="list-style-type: none"> ↳ Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen (13) ↳ Wert der Selbsterfahrung (9) 	<ul style="list-style-type: none"> ↳ Differenzierung Technologie als Selbstzweck und inhaltliche Begründung (6) ↳ Zusammenarbeit von VR-Entwicklung und Pädagogik/Didaktik (3)

Tab. 2: Übersicht der Kategorien (eigene Darstellung).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Ratingkonferenzen nach den vier gebildeten Hauptkategorien mit Ankerbeispielen vorgestellt (Tab. 2). Die zu den insgesamt 23 Subkategorien aufgeführten Zahlen geben die Anzahl der zugeordneten Codes an.

5.1 VR und Bildung aus immersiver, fachlicher und inklusiver und Perspektive

VR & Bildung	Ankerbeispiele
<ul style="list-style-type: none"> ↳ Immersion als Chance (13) ↳ Einsatz in Fächern (14) ↳ Emotionen (7) ↳ Zugang zu Bewegung in, mit und durch VR (8) ↳ Körper und Handlungsorientiertes Lernen (4) ↳ Bildung für alle (Inklusion) (9) ↳ Veränderte Rolle der Lehrperson (2) ↳ Vermittlung von Medienkompetenzen (5) ↳ Zukunftsbedeutung (5) 	<p>«Learning by doing. Man lernt durch das Anpacken.» (Entwickler:in)</p> <p>«Mit VR könnte man das [Amerika] sehen und sie [Lehrerin] müsste das nicht erklären. Das Gefühl, da gewesen zu sein.» (Schüler:in)</p> <p>«Es ist eine sinnvolle Ergänzung, damit man alle mitnimmt.» (Lehrperson)</p>

Tab. 3: VR und Bildung mit Ankerbeispielen (eigene Darstellung).

Ein *immersives* Erleben wird als grosse Stärke von VR für Bildungskontexte angesehen. Mehrere Sinne werden angesprochen, was erlebnis- und handlungsbezogenes Lernen ermöglicht. Die Schüler:innen können Orte anschauen, die sonst schwer zugänglich oder abstrakt sind. Themen wie Empathie und räumliche Vorstellung werden bedeutsam. Es wird geäussert, dass Lernziele und die Art zu Lernen neu gedacht werden müssen:

«Mit VR könnte man das [Amerika] sehen und sie [Lehrerin] müsste das nicht erklären. Das Gefühl, da gewesen zu sein» (Schüler:in).

Im Hinblick auf den *fachlichen Einsatz* von VR nennen die Diskutierenden die Fächer Sport, Kunst und Mathematik. VR kann Inhalte verständlicher machen, z. B. bei geometrischen Verhältnissen. Eine pädagogische Fachkraft führt an:

«VR ermöglicht Einblicke, die ich nicht mit dem Mikroskop sehen kann».

Zudem wird ermöglicht, individuell auf die Schüler:innen einzugehen. Auch in der Berufsausbildung gibt es denkbare Anwendungsmöglichkeiten. Insbesondere durch virtuelle Reisen entstehen Eindrücke, Erfahrungen und ein stärkerer Lebensweltbezug. Ausserdem lernen Schüler:innen z.B. über Geogebra, interaktiv und selbstständig zu arbeiten. In Meditationsreisen werden Potenziale für den Unterricht gesehen. Eine Lehrperson sieht hingegen den Fokus eher auf dem Unterhaltungswert. Einer weiteren fehlen die Beispiele für eine Umsetzung, sodass eine Beurteilung nicht möglich sei und die Frage aufkomme, wo der Mehrwert liege. Ein:e Student:in und VR-Entwickler:in äussert Skepsis, VR zurzeit in Schule einzusetzen.

Die Teilnehmenden diskutieren darüber, dass *VR Emotionen* auslöse und neue Zugänge zum Lernen schaffe, was Spass machen kann:

«Auch wenn fachliche Begriffe nicht hängen bleiben, bleibt ein emotionales Erlebnis» (Lehrperson).

Das virtuelle Reisen ist die grösste Stärke. Schüler:innen, aber auch Lehrpersonen können es als unangenehm empfinden, sich in neue Situationen mittels VR zu begeben, z. B. wenn sie die Kontrolle abgeben. Viele möchten das vielleicht gar nicht, denn «das macht ja auch was mit einem» (Medienpädagog:in).

Des Weiteren wird darüber gesprochen, inwiefern durch *VR ein Zugang zu Bewegung* geschaffen werden kann, z. B. Bewegungsabläufe zu erproben oder einen Zugang zu Bewegung für noch mehr Schüler:innen zu finden: «Kinder und Jugendliche brauchen definitiv Zugänge zur Bewegung, um lernen zu können. VR kann da eine weitere Möglichkeit sein» (Lehrperson), zu einer neuen Sportart zu motivieren. Allerdings muss in der Praxis *Motion Sickness* beachtet werden.

Auch ergibt sich der *Bezug zum Körper und zu handlungsorientiertem Lernen*. Menschen lernen nicht nur kognitiv, sondern auch über eigenes Tun. Sie brauchen den Körper für die Interaktion. In VR verstärken sich Erinnerungen und Erfahrungen durch die Körperlichkeit. VR ist «Learning by doing. Man lernt durch das Anpacken» (VR-Entwickler:in).

Es wird darüber gesprochen, dass VR der Individualität der Schüler:innen besser gerecht werden und im Kontext *Bildung für Alle* gesehen werden kann:

«Es ist eine sinnvolle Ergänzung, damit man alle mitnimmt» (Lehrperson).

Die technische Weiterentwicklung weitet den Kreis der Nutzenden aus und verbessert den Zugang. Nicht oder eingeschränkt barrierefreie Orte werden damit zugänglich. VR habe laut Aussage eines Studierenden einen starken Aufforderungscharakter und großes Potenzial für visuelle Lerntypen. Der Mehrwert für heterogene Lerngruppen sei abhängig vom Lerntyp. Probleme könnten entstehen, wenn Schüler:innen das Aufsetzen der Brille verweigern.

Hinsichtlich einer *veränderten Rolle der Lehrpersonen* ergibt sich, dass VR den Zugang zu Lerninhalten übernimmt und die Lehrpersonen die Perspektive wechseln können, indem sie sich auf die Begleitung der Schüler:innen konzentrieren.

Es wird über die *Vermittlung von Medienkompetenz* diskutiert. Die Studierenden betonen, dass Schüler:innen im Umgang mit aktuellen und zukünftigen Medien für den Arbeitsalltag und über den Schulkontext hinaus vorbereitet werden müssen. Hier wird angeregt, ob *Medienbildung* als eigenes Fach gesehen werden kann.

Im Hinblick auf die *Zukunftsbedeutung von VR* ergibt sich, dass es sich um eine technologische Entwicklung handelt, die aktuell sehr starke Aufmerksamkeit erfährt und daher zukünftig aus dem schulischen Setting nicht wegzudenken ist. Wichtig ist aus Perspektive der VR-Entwickler:innen, mit der Zeit zu gehen und gerade jetzt dabei zu sein. Ein:e Schüler:in äussert hingegen:

«Ich finde nicht, dass es [VR] eine Rolle in der Zukunft spielen muss in allen Themen und so, aber klar wäre es manchmal besser».

5.2 Zusammenführung von Technologie, Inhalten und Didaktik

Zusammenführung von Technologie & Didaktik	Ankerbeispiele
<ul style="list-style-type: none"> ↳ Differenzierung Technologie als Selbstzweck und inhaltliche Begründung (6) ↳ Zusammenarbeit von VR-Entwicklung und Pädagogik/Didaktik (3) 	<p>«Für die Akzeptanz ist es wichtig, dass Didaktik und Entwicklung zusammenarbeiten.» (Medienpädagog:in)</p> <p>«Lehrpersonen können dann sich auf etwas anderes konzentrieren, nämlich die Schüler:innen begleiten.» (Lehrperson)</p>

Tab. 4: Zusammenführung von Technologie und Didaktik mit Ankerbeispielen (eigene Darstellung).

Es wird darüber diskutiert, dass VR nicht aufgrund der Neuartigkeit des Mediums und als *Selbstzweck* verwendet werden sollte. Es soll eine Differenzierung erfolgen, sodass VR für angemessene Inhalte eingesetzt werden müsse. Es gibt viele schlechte Content-Beispiele.

Zudem wird eine *Zusammenarbeit von VR-Entwicklung und Pädagogik und Didaktik* gefordert. Für eine sinnvolle Umsetzung für die einzelnen Fächer ist eine Kooperation von Lehrpersonen und VR-Entwickler:innen notwendig. Dazu benötigen Lehrpersonen ein Grundverständnis für Technik und möglichst eigene Erfahrung mit VR: «Für die Akzeptanz ist es wichtig, dass Didaktik und Entwicklung zusammenarbeiten» (Medienpädagog:in).

5.3 Zugänge zu VR und Initiativen im Unterricht über Selbsterfahrungen und Aus- und Weiterbildung

Zugänge zu VR	Ankerbeispiele
<ul style="list-style-type: none"> ↳ Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen (13) ↳ Wert der Selbsterfahrung (9) 	<p>«[VR] einfach mal ausprobieren [können].» (Medienpädagog:in)</p> <p>«Lehrer[:innen] sollten sich mit VR auskennen, damit sie uns [Schüler:innen] zeigen können, wie das geht. Also sie sollten Weiterbildungen machen.» (Schüler:in)</p>

Tab. 5: Zugänge zu VR mit Ankerbeispielen (eigene Darstellung).

Die Teilnehmenden messen der *Ausbildung der Lehrpersonen* eine zentrale Rolle für zeitgemässes Unterrichten bei. Dieser Kenntniserwerb darf nicht nur auf Eigeninitiative der Lehrpersonen beruhen. Teilweise halten sich Lehrpersonen zurück und nutzen die Fortbildungsmöglichkeiten nicht oder diese werden nicht kommuniziert. Digitalisierung und VR müssen laut Aussagen der Expert:innen in der Hochschule

über Seminare ein Thema sein. In Fortbildungen sollen sich die Lehrpersonen eine eigene Meinung bilden können und Medienkompetenz entwickeln. Ein:e Schüler:in fordert in diesem Zusammenhang:

«Lehrer[:innen] sollten sich mit VR auskennen, damit sie uns [Schüler:innen] zeigen können, wie das geht. Also sie sollten Weiterbildungen machen.»

Der Wert der *Selbsterfahrung* wird in allen Ratingkonferenzen betont: Es ist für Lehrpersonen wichtig, eigene Erfahrungen mit VR gemacht zu haben. Laut Entwickler:in denken viele anders über VR, nachdem sie das erste Mal eine VR-Brille genutzt haben. Es sollen Möglichkeiten zum «einfach mal ausprobieren» (Medienpädagog:in) für Schüler:innen und Lehrpersonen geschaffen werden, um Barrieren zu senken und den Fokus auf das Erleben, Emotionalisieren und den Spielinstinkt zu legen.

5.4 Rahmenbedingungen in der Institution Schule, für Schüler:innen und Lehrpersonen

Rahmenbedingungen	Ankerbeispiele
<i>Institutionelle Rahmenbedingungen:</i> ↳ Geringe Priorität von VR in Schule (9) ↳ Organisatorischer Aufwand im Schulkontext (4) ↳ Unterschiede in der technischen Ausstattung (4) ↳ Kosten (4) ↳ Kosteneinsparung und Risikominimierung (1) ↳ Datenschutz und wirtschaftliche Interessen herstellender Unternehmen (4) ↳ Hygiene (1) <i>Rahmenbedingungen für Schüler:innen:</i> ↳ Voraussetzungen zur Nutzung (11) <i>Rahmenbedingungen für Lehrperson:</i> ↳ Setting im Unterricht (7)	«Ich sehe direkt VR als etwas hochgestochen als Ziel für den Schulwandel.» (Studierende: & Entwickler:in) «Wenn man sich auf Cardboards beschränkt, lässt man viele Funktionen liegen, wo Interaktionen möglich sind.» (Entwickler:in)

Tab. 6: Rahmenbedingung mit Ankerbeispielen (eigene Darstellung).

Institutionelle Rahmenbedingungen: Die Teilnehmenden sehen hinsichtlich der Ausstattung mit digitalen Medien und der Idee, VR zu implementieren, eine Diskrepanz zur Realität an Schulen. Andere Themen wie die Ausstattung mit Beamern und Computern seien dringender. Gleichzeitig berichtet eine Lehrperson, dass finanzielle Ressourcen bereitgestellt werden. Das Entwicklungstempo wird in den Diskussionen kritisch gesehen, insbesondere da die Einführung digitaler Technik nur schwer angenommen werde. Es scheint eher ein Handlungs- als ein Ausstattungsproblem

zu sein. Eine Lehrperson nennt als Beispiel die Nutzung von Microsoft Teams, die nach dem Lernen auf Distanz wieder rückläufig ist. Eltern sind nach dieser Aussage überrascht, dass es auch während des Präsenzunterrichts genutzt wird. Ein:e Studierende:r bemerkt:

«Ich sehe direkt VR als etwas hochgestochen als Ziel für den Schulwandel».

Je früher der Einsatz digitaler Technologien in der Schule beginnt, desto selbstverständlicher wird er. Zurzeit ist das aber noch nicht gegeben. Es sollten Anreize und eine Begeisterung geschaffen werden, denn Lehrpersonen scheuen einen Mehraufwand, bleiben lieber bei Bekanntem und zeigen wenig Eigeninitiative.

Für die Technik und Wartung (*organisatorischer Aufwand*) sind zuständige Personen im Sinne eines «digitalen Hausmeisters» (VR-Entwickler:in) notwendig. Auch dafür seien Ressourcen da; Lehrpersonen sollten das nicht übernehmen. Aus der Statusgruppe der Medienpädagog:innen sowie der Wissenschaftler:innen wird auf ein Verleihangebot hingewiesen: Ein Koffer mit fertig installierten Brillen.

Die Teilnehmenden diskutieren über *unterschiedliche VR-Ausstattungen*. Die unterschiedliche Qualität der VR-Anwendungen kann abschrecken. Cardboards, die mit einem Smartphone genutzt werden, bieten ausschliesslich zur Betrachtung von Filmen einen Mehrwert. VR mit Raumvermessung bietet hingegen Interaktionsmöglichkeiten. Dafür werden allerdings hochwertige Brillen benötigt:

«Wenn man sich auf Cardboards beschränkt, lässt man viele Funktionen liegen, wo Interaktionen möglich sind» (VR-Entwickler:in).

Die *Anschaffungskosten* schätzen die Teilnehmenden als sehr hoch ein, und es muss der Mehrwert gegen den Aufwand abgewogen werden. Gleichzeitig kosten auch andere Anwendungen im Schulkontext Geld. Die Statusgruppe der Medienpädagog:innen und der Wissenschaftler:innen weist darauf hin, dass sich VR mit der Zeit amortisiert. In der Ausbildung bietet VR einen Mehrwert, sofern die Anwendungsfälle in der Lebenswelt teurer und riskanter sind (z. B. beim Lackieren).

Es wird darauf hingewiesen, dass Unternehmen, die VR-Brillen entwickeln, Interesse an den persönlichen Daten der Nutzenden haben und ihre Marktmacht nutzen (*Datenschutz*). Gleichzeitig entwickeln sie die Technik weiter und unterstützen Bildung.

Das Thema *Hygiene* wird von einer teilnehmenden Person angesprochen: Es muss bedacht und beachtet werden, da viel Unwissen vorliegt.

Rahmenbedingungen für Schüler:innen – Voraussetzung: Ein:e Medienpädagog:in weist darauf hin, dass es noch keine Langzeituntersuchungen zur Nutzung von VR-Brillen bei Kindern unter 12 Jahren gibt. Die Diskussionen ergaben, dass der Einsatz von VR im Schulkontext für Kinder und Jugendliche einerseits ab 13 Jahren, andererseits ab Klasse 12 für geeignet eingeschätzt wird. Hier muss laut VR-Entwickler:in

beachtet werden, dass sich Erlebnisse in VR als reale Geschehnisse verankern können und die Hardware nicht auf Kinder abgestimmt ist. Ausserdem ist ein reflektierter Umgang mit VR wichtig, denn Kinder könnten von den Eindrücken überfordert, gar traumatisiert sein. Menschen mit einer Sehbehinderung oder mit einer körperlichen und kognitiven Einschränkung können nicht an VR teilhaben. Weitere Grenzen sehen die Teilnehmenden bei Menschen mit Erkrankungen wie Epilepsie. Schüler:innen mit komplexen Beeinträchtigungen können nur dann teilhaben, wenn sie ihr Einverständnis und ihre Wahrnehmung kommunizieren können. Wichtig ist es, das Einverständnis der Eltern einzuholen. Ein bisher wenig erforschtes Suchtpotenzial (Gaming Disorder) von immersiven Räumen schwingt immer mit.

Rahmenbedingungen für Lehrperson – Setting im Unterricht: VR muss nicht für alle in der Klasse bereitgestellt werden, sondern kann auch von Einzelnen genutzt werden. Dabei stellt sich die Frage, wie entschieden wird, wer die VR-Brille nutzen darf und wie eine Gruppe ausgewählt wird. Es ist schwierig, in voller Klasse mit VR zu arbeiten, die Gruppenstärke ist von Bedeutung.

6. Diskussion

Die geäußerten *Bedenken* am Einsatz von VR im schulischen Kontext richten sich hauptsächlich an die Rahmenbedingungen und spiegeln in Teilen die Ergebnisse der vorliegenden Studien wider. Hier ist zu beachten, dass die individuellen Ansichten der Teilnehmenden genannt werden, die zu wissenschaftlichen Studienergebnissen in Bezug gesetzt werden und nicht per se als faktisch korrekt angenommen werden können. Mit Fokus auf den institutionellen Bereich werden die Aussagen des Länderindicators 2021 und aus ICILS 2018 wiederholt: Der Ausbau der IT-Infrastruktur und besonders der WLAN-Strukturen ist unzureichend. Zwar würden an dieser Stelle finanzielle Mittel bereitgestellt, doch sei diese Entwicklung noch nicht abgeschlossen und somit der Implementierung von VR-Ausstattungen voranzustellen. Gleichzeitig seien auch vonseiten der Elternschaft, die sich an den Ratingkonferenzen selbst nicht beteiligt hat, Bedenken gegenüber der weiterführenden Nutzung digitaler Medien auch im Präsenzunterricht vorgebracht worden. Die für die Nutzung digitaler Medien wichtige offene Haltung (Wilmers et al. 2020) ist durch ein Zurückschrecken vor Mehraufwand und das Festhalten an Bekanntem eingeschränkt. Das Desiderat von Schäfer et al. (2021) wird unterstützt und Anreize hin zu einem Ausprobieren von Neuem werden gefordert.

Auch bei den Rahmenbedingungen für Schüler:innen zeigen sich hinsichtlich der Bedenken Parallelen zwischen den Aussagen der Teilnehmenden und dem wissenschaftlichen Diskurs. Die genannten fehlenden Langzeituntersuchungen bei Kindern decken sich mit den Aussagen von Zender et al. (2020), die fehlende Erkenntnisse hinsichtlich der medizinischen Erkenntnisse anführen. Die Verwendung von VR als

hedonistische Technologie wird besonders mit Blick auf das Suchtpotenzial hervorgehoben. Gleichzeitig können die hervorgerufenen Irritationen die Nutzenden überfordern (Kuchler 2021) oder durch die Immersion sogar traumatisieren. VR-Erfahrungen könnten als reale Geschehnisse verankert werden. Zusätzlich zur Überforderung durch die multisensorischen Eindrücke wird der freie Zugang als Bedenken genannt. Besonders für Menschen mit körperlichen und kognitiven Einschränkungen sehen die Teilnehmenden die Gefahr eines Ausschlusses und einer verwehrten Teilhabe am Unterricht (z. B. Sehbeeinträchtigung). Eine klare Kommunikation mit den Eltern sowie den Schüler:innen sei notwendig (vgl. Zender et al. 2022).

Das Ansprechen mehrerer Sinne sowie die Immersion werden gleichzeitig auch als *Potenzial* angesehen: Durch das immersive Lernen können abstrakte Lerninhalte dargestellt werden, die räumliche und zeitliche Gebundenheit wird reduziert und ein aktives Erleben der Inhalte wird möglich. Entsprechend den Angeboten Präsenzerleben (Presence) und Handlungsfähigkeit (Agency) des CAMIL-Modells (Makransky und Petersen 2021) seien Schüler:innen in der Lage, selbstständig und interaktiv in unterschiedlichen Umgebungen zu arbeiten. Eindrücke, Erfahrungen und ein starker Lebensweltbezug sind dabei zum Erreichen der Lernziele nutzbar. Es werden verschiedene Fächer wie Sport, Kunst und Teilbereiche der Mathematik genannt, die jeweils von den Möglichkeiten der VR profitieren. Hier kann auf die Bedürfnisse der Schüler:innen individuell eingegangen werden. Der hiermit in Verbindung gebrachte Begriff der unterschiedlichen Lerntypen, die gezielt adressiert werden können, ist jedoch wissenschaftlich nicht haltbar (Bauer und Asberger 2022).

Zusammenfassend können Orte, Eindrücke und Erfahrungen erlebbar gemacht werden, die sonst schwerer erreichbar sind. Dies wird entgegen den Bedenken der Exklusion von Schüler:innen mit körperlichen und kognitiven Behinderungen als Potenzial genannt. Nicht oder nur wenig barrierefreie Orte würden zugänglich und sonst existierende Grenzen überwunden. Die Möglichkeit der *Extended Embodied Education* erlaubt auch das Erproben neuer Bewegungsabläufe. Die körperlichen Anteile des Lernens und ein Lernen durch Tun können angesprochen werden. Feinmotorische Bewegungen können jedoch noch unzulänglich durch die Controller umgesetzt werden.

Gleichzeitig werden Aspekte wie Empathie und Emotion adressiert, unterschiedliche Szenarien erprobt und aussergewöhnliche Erfahrungen gemacht. Es ist somit eine sinnvolle Ergänzung, um die Individualität der Schüler:innen zu beachten, solange die möglichen Probleme wie Scham oder Motion Sickness berücksichtigt werden, auf die auch Zender et al. (2022) hinweisen. Jedoch löst VR entgegen den impliziten Vorstellungen einiger Akteur:innen nicht per se eine Wirkung aus oder verbessert automatisch das Lernen. Vielmehr stehen das didaktische Setting sowie der erlebbare Inhalt der Anwendungen in reziproker Wechselwirkung mit den handelnden Personen.

Die Skepsis der Lehrpersonen gegenüber den Möglichkeiten der VR sei leicht zu überwinden, wenn diese die Chance zum Ausprobieren bekommen. Die genannten Aspekte des Erlebens, des Emotionalisierens und des Spiels sollten hierbei im Fokus liegen, was sich hier auf das CAMIL-Modell (Makransky und Petersen 2021) beziehen lässt.

Die Unterrichtsentwicklung als Dimension der *Schulentwicklung* (Endberg, Engec, und van Ackeren 2021) sowie die Fortbildung von Lehrpersonen und die technische Unterstützung als *Unterstützungsleistungen* nehmen einen grossen Teil in den Ratingkonferenzen ein. Diese werden als Bedarfe vonseiten der Akteur:innen benannt und bilden damit eine Schnittstelle zwischen Potenzialen und Grenzen: Die Akteur:innen möchten sich einerseits auf den Weg hin zur Implementierung von VR in Schule machen, benötigen dafür andererseits Unterstützung.

Die Perspektive eines verkörperten Lernens (Embodiment) nimmt wenig Raum ein, was angesichts der hier als früh zu bezeichnenden Entwicklungs- und Implementierungsphase von VR im Schulkontext begründet werden kann. Es scheinen weitere Schritte der körper- und handlungsorientierten Erprobung und Erforschung von VR im Schulkontext notwendig, auch um dem noch verbreiteten Mythos von Lerntypen oder Lernstilen mit einem gezielten verkörperten Lernen in, mit und durch VR entgegenzuwirken.

Als *limitierenden Faktor* der eingesetzten Methode muss die Freiwilligkeit und eigenmotivierte Teilnahme an der Ratingkonferenz angeführt werden, die durch eine Aufwandsentschädigung verstärkt wurde. Allerdings wird auch nicht der Anspruch auf Repräsentativität aller beteiligten Personen im Bildungssystem formuliert, sondern die Auffassung interessierter Stakeholder in den Blick genommen (Keller, Heinemann, und Kruse 2012).

Die Methode der Ratingkonferenz setzt kommunikative Kompetenzen voraus. Die Erfahrungen zeigen, dass sich der Redeanteil je nach Statusgruppe deutlich unterscheidet (Schüler:innen brachten sich insgesamt weniger ein als die Lehrpersonen) und einige Akteur:innen mit einem impliziten Anliegen in das Netzwerktreffen und damit in das methodische Setting gekommen sind. Durch die offene Protokollierung der Diskussion und die Chance der unmittelbaren Feedbackschleife durch die Teilnehmenden wurde gewährleistet, dass dennoch keine Meinungen und Themen unberücksichtigt blieben. Als besondere Vorteile der Methode sind zwei Punkte zu nennen: Die Ratingkonferenz kann als *gewinnbringende Methode in der Netzwerkarbeit* mit verschiedenen Personen(gruppen) interpretiert werden, da mittels der Eingrenzung auf spezifische Inhalte durch den Fragebogen eine zielgerichtete Diskussion initiiert werden konnte, in der die Haltungen, Perspektiven und Aussagen der verschiedenen Akteur:innen Berücksichtigung finden. Zweitens wurden in der Diskussion *neue Themen durch den Austausch entwickelt* und damit indirekt ein Beitrag zur Organisations- und Personalentwicklung geleistet, der jedoch nicht primär intendiert und adressiert wurde.

7. Fazit

VR ist in Schule noch nicht grundständig angekommen, denn es fehlt insbesondere an technischer Ausstattung sowie an Erfahrungen, Ideen und erprobten Konzepte für den schulischen Unterricht. Ein erhöhter Mehraufwand für die Entwicklung und Implementierung von Lernszenarien steht dem für die Akteur:innen schwer einzuschätzenden Mehrwert entgegen. Gleichzeitig messen sie VR eine Vielzahl an Potenzialen bei wie immersives Lernen, barrierefreie Zugänge zu schwer erreichbaren Orten sowie Erproben neuer Bewegungsabläufe und aussergewöhnliche Erfahrungen zu. Die Möglichkeiten des verkörperten Lernens in, mit und durch VR gilt es im Sinne einer Extended Embodied Education auszuarbeiten, spezifischer zu untersuchen und in enger Zusammenarbeit mit den Akteur:innen im Schulkontext zirkulär zu diskutieren und zu gestalten.

Literatur

- 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 (1): 102–41. <https://doi.org/10.1080/10508400701793141>.
- Bauer, Johannes, und Jana Asberger. 2022. «Was Lehrkräfte im Unterricht getrost ignorieren können: Lernstile von Lernenden». In *Mythen, Fehlvorstellungen, Fehlkonzepte und Irrtümer in Schule und Unterricht*, herausgegeben von Gisela Steins, Birgit Spinath, Stephan Dutke, Marcus Roth, und Maria Limbourg, 157–79. *Psychologie in Bildung und Erziehung: Vom Wissen zum Handeln*. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-36260-7_8.
- Berkemeyer, Nils. 2011. «Unterstützungssysteme der Schulentwicklung zwischen Konkurrenz, Kooperation und Kontrolle». In *Akteure & Instrumente der Schulentwicklung*, 115–27. Baltmannsweiler Schneider.
- Boletsis, Costas, und Dimitra Chasanidou. 2022. A Typology of Virtual Reality Locomotion Techniques. *Multimodal Technologies and Interaction* 6 (9): 72. <https://doi.org/10.3390/mti6090072>
- Bourdieu, Pierre. 2001. *Meditationen: Zur Kritik der scholastischen Vernunft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Brinkmann, Malte, Hrsg. 2019. *Verkörperungen*. Phänomenologische Erziehungswissenschaft. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27491-7>.
- Buchner, Josef, und Diane Aretz. 2020. «Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned». Herausgegeben von Klaus Rummler, Ilka Koppel, Sandra Aßmann, Patrick Bettinger, und Karsten D. Wolf. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, Jahrbuch Medienpädagogik 17: 195–216. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>.

- Buehler, Kai, und Andreas Kohne. 2020. «Besser Lernen mit VR/AR Anwendungen». In *Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion*, herausgegeben von Horst Orsolits, und Maximilian Lackner, 75–97. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Copei, Friedrich. 1930/2019. «Der fruchtbare Moment im Bildungsprozess (Auszüge)». In *Phänomenologische Erziehungswissenschaft von ihren Anfängen bis heute: Eine Anthologie*, herausgegeben von Malte Brinkmann, 61–81. Wiesbaden: Springer.
- Eickelmann, Birgit, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, und Jan Vahrenhold, Hrsg. 2019. *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster, New York: Waxmann.
- Eickelmann, Birgit, und Julia Gerick. 2017. «Lehren Und Lernen Mit Digitalen Medien – Zielsetzungen, Rahmenbedingungen und Implikationen für die Schulentwicklung». In *Lehren und Lernen mit Digitalen Medien: Strategien, Internationale Trends Und Pädagogische Orientierungen*, herausgegeben von Katharina Scheiter, und Thomas Riecke-Baulecke, 54–81. Schulmanagement-Handbuch Band 164, 36. Jahrgang (Dezember 2017). München: Oldenbourg.
- Endberg, Manuela, Lara-Idil Engec, und Isabell van Ackeren. 2021. «Optimierung durch Fortbildung und Unterstützung für Schulen?!». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 42 (Optimierung): 108–33. <https://doi.org/10.21240/mpaed/42/2021.04.07.X>.
- Endberg, Manuela, Lisa Gageik, Marco Hasselkuß, Isabell van Ackeren, Michael Kerres, Nina Bremm, Tobias Düttmann, und Kathrin Racherbäumer. 2020. «Schulentwicklung im Kontext der Digitalisierung. Innovation und Transformation durch schulische Netzwerkarbeit». *Schulverwaltung: Fachzeitschrift für Schulentwicklung und Schulmanagement. Niedersachsen* 31 (2020) 3: 87–90. <https://doi.org/10.25656/01:20488>.
- Freina, Laura, und Michaela Ott. 2015. «A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives». *The international scientific conference elearning and software for education*. Bucharest, Romania, 23-24 April 2015, 133-141.
- Grüning, Miriam, und Anja Winkler. 2018. «Dokumentenanalyse und Ratingkonferenzen als Instrumente zur Erfassung differenter Praktikumskulturen von Lehrerinnen und Lehrerbildungseinrichtungen». In *Praxisphasen in der Lehrerbildung im Fokus der Bildungsforschung*, herausgegeben von Martin Rothland, und Ina Biederbeck, 209–18. Beiträge zur Lehrerbildung und Bildungsforschung Band 4. Münster, New York: Waxmann.
- Hamilton, Trevor D., Douglas G. J. McKechnie, Mary E. Edgerton, und Gregory C. Wilson. 2021. «Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design». *J. Comput. Educ.* 8 (1): 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>.
- Hellriegel, Jan, und Dino Čubela. 2018. «Einzelbeiträge 2018». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 2018 (Occasional Papers): 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>.

- 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), 438–444. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080214>
- Ip, Horace, Wong, Simpson, Chan, Dorothy, Byrne, Julia, Yuan, Vanessa, Lau, Kate, und Wong, Joe. 2016. «Virtual Reality Enabled Training for Social Adaptation in Inclusive Education Settings for School-Aged Children with Autism Spectrum Disorder (ASD)». In *Lecture Notes in Computer Science. Blended Learning: Aligning Theory with Practices*, herausgegeben von S. K. Cheung, L. Kwok, J. Shang, A. Wang & R. Kwan, 94–102. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41165-1_9
- 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>.
- Keller, Hans, Elke Heinemann, und Margret Kruse. 2012. «Die Ratingkonferenz». *Zeitschrift für Evaluation* 11 (2): 287–98.
- Klinge, Antje. 2016. «Zwischen Bewahrung und Erneuerung. Zum Begriff des Körperwissens aus sportwissenschaftlicher Sicht». *PARAGRANA. Internationale Zeitschrift für Historische Anthropologie* 25 (1): 346–60.
- Kuchler, Christian. 2021. «Virtuelle Realitäten». In *Lernort Auschwitz*, herausgegeben von Christian Kuchler, 210–30. Göttingen: Wallstein. <https://doi.org/10.5771/9783835346208-210>.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4., überarbeitete Aufl. Grundlagentexte Methoden. Weinheim: Beltz. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1138552>.
- Kultusministerkonferenz. 2021. «Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Die ergänzende Empfehlung zur Strategie «Bildung in der digitalen Welt»». https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.
- Landwehr, Norbert. 2007. *Grundlagen zum Aufbau einer Feedbackkultur: Konzepte, Verfahren und Instrumente zur Einführung von lernwirksamen Feedbackprozessen*. Bern: hep.
- 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 *Forschendes Lernen in der Lehrer/innenbildung: Implikationen für Wissenschaft und Praxis*, herausgegeben von Melanie Basten, Claudia Mertens, Anke Schöning, und Eike Wolf, 207–29. Münster: Waxmann. https://doi.org/10.1007/978-3-658-25524-4_11.
- Lorenz, Ramona, Sittipan Yotyodying, Birgit Eickelmann, und Manuela Endberg. 2021. *Schule digital – der Länderindikator 2021. Erste Ergebnisse und Analysen im Bundesländervergleich*. <https://www.telekom-stiftung.de/aktivitaeten/schule-digital-der-laenderindikator>.
- Maas, Melanie J., und Janette M. Hughes. 2020. «Virtual, augmented and mixed reality in K–12 education: a review of the literature». *Technology, Pedagogy and Education* 29 (2): 231–49. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1737210>.

- 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». *Educ Psychol Rev.*, 937–58 <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>.
- Mulders, Miriam, Josef Buchner, und Michael Kerres. 2020. «A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments». *Int. J. Emerg. Technol. Learn.* 15 (24): 208. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615>.
- Müser, Sinja, und Christian Dominic Fehling. 2022. «AR/VR.nrw – Augmented und Virtual Reality in der Hochschullehre». *HMD* 59 (1): 122–41. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00815-y>.
- 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>.
- 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): 172–80.
- Schmitz, Andrea, und Miriam Mulders. 2021. «Adaptive Lernkonzepte unter Verwendung von Virtual Reality – Gestaltung von individualisierbaren und skalierbaren Lernprozessen am Beispiel der VR-Lackierwerkstatt – eine Zwischenbilanz», In *Bildung in der digitalen Transformation, Medien in der Wissenschaft*, herausgegeben von Hans-Werner Wollersheim, Marius Karapanos, und Norbert Pengel, Norbert, 196–204: Münster: Waxmann.
- Slater, Mel. 2017. «Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality». In *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education*, herausgegeben von Dejian Liu, Chris Dede, Ronghuai Huang, und John Richards. Singapore: Springer.
- Southgate, Erica. 2018. *Immersive virtual reality, children and school education: A literature review for teachers*. Newcastle: DICE Research. DICE Report Series Number 6.
- van Ackeren, Isabell, 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* 111 (1): 103–19. <https://doi.org/10.31244/dds.2019.01.10>.
- Wiesche, David, und Kim Lipinski. 2020. «Bewegung in, durch und mit virtueller Realität: Forschend lernen in der Sportpädagogik». In *Forschendes Lernen in der Lehrer/innenbildung: Implikationen für Wissenschaft und Praxis*, herausgegeben von Melanie Basten, Claudia Mertens, Anke Schöning, und Eike Wolf, 63–70. Münster: Waxmann.

- Wiesche, David, Kim Lipinski, Caterina Schäfer, und Anna-Carolin Weber. 2022. «Extended Embodied Education: Learning with VR and AR. Eine Projektentwicklung zum diversitätssensiblen Lehren, Lernen und Forschen mittels virtueller und erweiterter Realitäten in der Lehrkräftebildung». In *Digitalisierungsbezogene Kompetenzen fördern – Herausforderungen, Ansätze und Entwicklungsfelder im Kontext von Schule und Hochschule*, herausgegeben von Nicoletta Bürger, Ulrike Schütte, und Christoph Wecker, 200–7. Hildesheim: Universitätsverlag Hildesheim.
- Wilmers, Annika, Carolin Anda, Carolin Keller, und Marc Rittberger, Hrsg. 2020. *Bildung im digitalen Wandel: Die Bedeutung für das pädagogische Personal und für die Aus- und Fortbildung*. Digitalisierung in der Bildung, Band 1. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830991991>.
- Zender, Raphael, Josef Buchner, Caterina Schäfer, David Wiesche, Kathrin Kelly, und Ludger Tüshaus. 2022. «Virtual Reality für Schüler:innen: Ein «Beipackzettel» für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1):26–52. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.02.X>.
- Zender, Raphael, Pia Sander, Matthias Weise, Miriam Mulders, Ulrike Lucke, und Michael Keres. 2020. «HandLeVR: ActionOriented Learning in a VR Painting Simulator». In *Emerging Technologies for Education*, herausgegeben von Elvira Popescu, Tianying Hao, Ting-Chia Hsu, Haoran Xie, Marco Temperini, und Wei Chen, 46–51. Cham: Springer.

Themenheft Nr. 51:

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

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

«Pedagogical Usability» von Augmented Reality zum Thema Elektrik

Eine qualitative Studie zum Potenzial des Einsatzes von AR im (naturwissenschaftlich-orientierten) Sachunterricht der Primarstufe

Luisa Lauer¹  und Markus Peschel¹ 

¹ Universität des Saarlandes

Zusammenfassung

Die Technologie Augmented Reality (AR) eröffnet durch Anreicherung der realen Welt mit virtuellen Informationen innovative pädagogisch-didaktische Gestaltungsmöglichkeiten in Lehr-Lern-Situationen. Insbesondere im Sachunterricht der Primarstufe besteht derzeit noch ein erhebliches Desiderat zur Erforschung des pädagogisch-didaktischen Potenzials des Einsatzes von AR sowie grundsätzlich zur Konzeption und Implementation entsprechender AR-Lehr-Lern-Tools. Ziel der in diesem Beitrag beschriebenen Studie ist die Erlangung grundlegender Erkenntnisse zur Einschätzung der «Pedagogical Usability» eines AR-Lehr-Lern-Tools für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht durch Grundschullehrpersonen. Diese durch Befragung von Grundschullehrpersonen gewonnenen Einschätzungen wurden in einem qualitativen Design mittels eines leitfadengestützten Interviews erfasst und durch eine strukturierende qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet. Insgesamt zeigt sich, dass das evaluierte AR-Lehr-Lern-Tool einige Teilaspekte der Pedagogical Usability aus Sicht der Lehrpersonen erfüllt (z. B. «Motivation» und «Student Control») und in anderen Teilen noch verbessert werden könnte (z. B. bzgl. «Applicability» und «Feedback»). Auffallend ist auch, dass die Lehrpersonen die pädagogisch-didaktischen Vorteile von AR nicht oder kaum erkennen und die Unterschiede zwischen verschiedenen AR-Technologien auch nur teilweise benennen oder erkennen können. Die Ergebnisse stellen eine erste Grundlage für weitere Untersuchungen zur Rolle der Lehrperson bei der Entwicklung, Evaluation und Implementierung hoch innovativer, technologiegestützter Lehr-Lern-Tools sowie für die Erforschung des pädagogisch-didaktischen Potenzials von AR zu weiteren Themen des Sachunterrichts dar.

The «Pedagogical Usability» of Augmented Reality on Electrics. A Qualitative Study on the Potential of Implementing AR in Primary Science Studies

Abstract

Augmented Reality (AR) technology facilitates innovative pedagogical-didactical design possibilities in educational situations by enriching the real world with virtual information. Especially for primary science studies, there is still a considerable research desideratum concerning the pedagogical and didactical potential of the use of AR as well as for the conception and implementation of corresponding AR tools in general. The aim of the study presented in this paper is to obtain basic insights into how primary school teachers assess the «pedagogical usability» of an AR tool for primary science studies. These assessments, obtained through interviews with primary school teachers, were collected in a qualitative design using a guided interview and evaluated using a structuring qualitative content analysis. Overall, the evaluated AR tool fulfils some sub-aspects of pedagogical usability from the teachers' point of view (e.g. «motivation» and «student control») and could still be improved in other parts (e.g. regarding «applicability» and «feedback»). It is also evident that the teachers do not or hardly recognize the pedagogical-didactical advantages of AR and can also only partially identify or even name differences between types of AR technologies. The results provide a preliminary basis for further investigations on the teacher's role in conceptualizing, evaluating, and implementing highly innovative, technically supported educational tools and for exploring the pedagogical-didactical potential of AR on other topics in primary science and social studies.

1. Einleitung

Die Alltags- und Lebenswelt ist von zunehmender Durchdringung mit immersiven Technologien wie Augmented Reality (AR), z. B. in Form von Unterhaltungsmedien geprägt (Kind et al. 2019). Im Bildungsbereich eröffnen sich durch AR aufgrund innovativer Charakteristika neue pädagogisch-didaktische Gestaltungsmöglichkeiten (Winther et al. 2022; Lauer und Peschel 2020). Obwohl sich ein Trend zum vermehrten Einsatz von AR in (ausser-)schulischen Lehr-Lern-Situationen zeigt, gibt es bislang nur wenige Erkenntnisse bzgl. pädagogisch-didaktischer Konzepte oder Modellierungen des Einsatzes oder der Evaluation von AR (Avila-Garzon et al. 2021; Wyss et al. 2022). Aufgrund des unmittelbaren Bezugs zur Lebenswelt (GDSU 2013) und des bislang geringen Bestands an Forschungen bzw. Entwicklungen zu AR und Virtual Reality (VR) (Bakenhus et al. 2022) besteht insbesondere im Sachunterricht der Primarstufe ein grosses Desiderat bzgl. der Erlangung grundlegender Erkenntnisse zum Potenzial des Einsatzes von AR und bzgl. der Entwicklung entsprechender pädagogisch-didaktischer Konzepte.

Ergänzend zu Modellierungen von Aufgaben-Klassifikationen bei der Integration innovativer Technologien (SAMR-Modell, Puentedura 2015), zum eher medien-didaktisch ausgerichteten Diskurs der Orchestrierung technologiegestützten Lernens (Prieto et al. 2011; Weinberger 2018) und der Mehrwert-Debatte (z. B. Krommer 2019) wird hier die «Pedagogical Usability» (Nielsen 1993; Nokelainen 2005; Silius et al. 2013) zur Evaluation des Potenzials von AR-Lehr-Lern-Tools herangezogen. Sie erlaubt eine summative kategoriengeleitete Bewertung eines (AR-)Lehr-Lern-Tools bzgl. verschiedener pädagogischer Gesichtspunkte. Da es zur Pedagogical Usability von AR-Lehr-Lern-Tools insbesondere für den Sachunterricht der Primarstufe kaum Befunde gibt, wurde zur explorativen Gewinnung grundlegender Einschätzungen der Pedagogical Usability von AR-Lehr-Lern-Tools exemplarisch ein solches Tool für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht zum Thema Elektrizität durch Grundschullehrpersonen in einem qualitativen Studiendesign evaluiert. Die Ergebnisse der Studie können als Grundlage für weitere Forschungen dienen und für mögliche Verallgemeinerungen bzgl. der Pedagogical Usability anderer AR-Lehr-Lern-Tools oder von AR im Allgemeinen herangezogen werden.

2. Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

Im Rahmen dieses Kapitels wird zunächst ein Überblick über pädagogisch-didaktische Charakteristika von AR und den Forschungsstand zum Einsatz von AR in Lehr-Lern-Situationen (des Sachunterrichts) gegeben. Anschliessend wird die Pedagogical Usability technologiegestützter Lehr-Lern-Tools erläutert und der diesbezügliche Forschungsstand mit Fokus auf immersive Technologien (AR und VR) dargestellt. Danach werden Charakteristika der praxisnahen Forschung am Subjekt «(Grundschul-)Lehrperson» erläutert. Schliesslich wird das bzgl. seiner Pedagogical Usability zu evaluierende AR-Lehr-Lern-Tool für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht vorgestellt, und die Ziele der Studie werden expliziert.

2.1 AR in Lehr-Lern-Situationen (des Sachunterrichts)

Als «Augmented Reality» wird die Anreicherung der Wahrnehmung durch digitale Inhalte (Azuma et al. 2001, 34) mit der Ermöglichung von Echtzeit-Interaktion mit virtuellen Objekten (Dunleavy 2014) bezeichnet. Die reale Umgebung fungiert als Hauptbezugsebene, die mit speziellen AR-Geräten um virtuelle Informationen ergänzt wird (Milgram und Kishino 1994). Eine für die im Rahmen dieses Beitrags anwendbare Differenzierung von AR-Technologien liefern Milgram et al. (1995): Sie unterscheiden monitorbasierte AR-Anwendungen, z. B. für PC, Tablet und Smartphone, welche die am häufigsten in Alltagswelt und Bildungsbereich verwendete

AR-Technologie darstellen (Akçayır und Akçayır 2017), und Anwendungen für spezielle Brillen (z. B. Microsoft HoloLens), die mittels integrierter Displays AR unmittelbar im Sichtfeld erzeugen. Letztere sind in Alltagswelt und Bildungsbereich bislang eher wenig verbreitet (ebd.). Dies kann vor allem durch die komplexe Bedienung der Geräte, den erhöhten technischen Betreuungsaufwand und vor allem durch die derzeit sehr hohen Kosten für AR-Brillen erklärt werden.

Digitale Abbilder der Realität wie die Kamerasicht in einem mobilen Displaygerät werden aus technischer Perspektive als ‚real‘ definiert (Demarmels 2012); somit sind in diesem Verständnis nur die digitalen Objekte, die ohne ein AR-fähiges Gerät nicht wahrgenommen werden können, ‚virtuell‘. Diese Visualisierungs-Technologien von AR (AR-Brillen bzw. Tablet- oder Smartphone-AR) unterscheiden sich neben der Handhabung vor allem in Hinsicht auf die wahrnehmbaren Objektrepräsentationen (Ainsworth 2006; Schnotz und Bannert 2003). Durch AR-Brillen werden virtuelle Objekte scheinbar direkt in die Wahrnehmung der realen Umgebung an einer konkret-ikonischen Repräsentation (Purchase 1998) eingebunden, während sie bei Display-AR in einem digital replizierten Abbild der realen Umgebung an einer konkret-ikonischen Repräsentation (ebd.) zu sehen sind: der Kamerasicht des Smartphones oder Tablets. Vor allem aus fachdidaktischer Sicht könnte dieser Unterschied zwischen einer scheinbaren Einblendung in der Realität und einer Einblendung in der digital replizierten Realität von Bedeutung sein: Die AR-Brille könnte eher eine Verschmelzung der Realität mit den virtuell eingeblendeten Informationen erlauben und als AR-Gerät aufgrund ihrer permanenten Fixierung auf dem Kopf eher in den Hintergrund der Wahrnehmung treten. Währenddessen verbleibt ein Smartphone oder Tablet stets als bewusst wahrgenommenes Gerät zwischen den realen Objekten sowie den Nutzenden (also den Lernenden) bestehen. Diese hier vermuteten Unterschiede in der Wirkung der beiden AR-Technologien in Lehr-Lernsituationen sollten zukünftig genauer erforscht werden.

Trotz bestehender technischer Implementations- und Nutzungshürden (Munoz-Cristobal et al. 2015; Radu 2014) gibt es Forschungen und verschiedene Entwicklungen zu AR in Lehr-Lern-Situationen der Primar- und Sekundarstufe (Arici et al. 2019). Diese eröffnen verschiedene pädagogische Ansätze (Garzón et al. 2020), z. B. neue und adaptive Individualisierungsmöglichkeiten von Lehr-Lern-Situationen (Anderson und Anderson 2019). AR kann den Wissens- und Fertigkeitserwerb unterstützen (Garzón und Acevedo 2019) und zu mehr Lernerfolg führen (Schweiger et al. 2022). AR besitzt zudem ein hohes Motivations- und Interaktionspotenzial und kann darüber hinaus die Zusammenarbeit von Lernenden und die langfristige Erinnerung an Gelerntes verbessern (Radu 2014). Beim Lernen mit multiplen Repräsentationen kann AR unterstützend wirken (Radu und Schneider 2019): Durch visuelle Integration verschiedener Informationskanäle im Blickfeld der Lernenden kann AR

unter anderem die kognitive Belastung reduzieren (Thees et al. 2020; Altmeyer et al. 2020). Allerdings können insbesondere AR-Brillen zu einer Überlastung führen (Buchner, Buntins und Kerres 2021). Wie auch bei anderen Technologien müssen die Benutzung von AR-Geräten und die Interaktion bzw. Orientierung in AR von Lehrenden wie auch von Lernenden erst erlernt werden, bevor AR tatsächlich zur Unterstützung beim Lernen eingesetzt werden kann (Zender et al. 2018). Besonders viele pädagogisch-didaktische Entwicklungen und Forschung gibt es zu AR mit Bezug zu naturwissenschaftlichen Themen (Arici et al. 2019), speziell zu Elektrik (für Physik bzw. Sachunterricht, vgl. Lauer und Peschel 2020). Angesichts der geringen Zahl an Entwicklungen und Forschungen zu AR für den Sachunterricht der Primarstufe (Lauer und Peschel 2022) besteht dort ein besonderes Interesse zur Gewinnung grundlegender Erkenntnisse zum Potenzial des Einsatzes von AR. Zudem müssen AR-Lehr-Lerntools aus technischer Sicht für Kinder im Grundschulalter noch weiter angepasst werden, insbesondere auf deren physische und motorische Charakteristika und Fertigkeiten: Kinder im Grundschulalter haben in der Regel kürzere Arme und eine höhere Stimmlage (falls eine Sprachsteuerung notwendig ist) als Erwachsene, für die die AR-Geräte üblicherweise kalibriert sind (Radu und MacIntyre 2012).

2.2 *Pedagogical Usability von (immersiven) Lehr-Lern-Anwendungen*

Eine Ergänzung der Mehrwert-Debatte (s. Kapitel 1) stellt der Ansatz zur Beurteilung der Nützlichkeit von AR in Lehr-Lern-Situationen im «Model of Usefulness of Web-Based Learning Environments» (Nielsen 1993, s. Abb. 1) dar. Das Modell induziert eine summative kategoriengeleitete Beurteilung der Nützlichkeit (Usefulness) eines technologiegestützten Lehr-Lern-Tools (wörtlich: «Umgebung»), welche sich letztlich auf dessen Akzeptanz in Lehr-Lern-Situationen auswirkt. Diese Nützlichkeit (Usefulness) setzt sich zusammen aus der auf technische Gesichtspunkte fokussierten «Benutzbarkeit» (Usability) und dem pädagogisch-didaktischen Nutzen (Utility). Die «Benutzbarkeit» technologiegestützter Lehr-Lern-Tools für pädagogische Zwecke stellt einen Unter-Aspekt dieses Nutzens (Utility) dar und wird durch den Begriff der «Pedagogical Usability» beschrieben (Nielsen 1993; Nokelainen 2005; Silius et al. 2013). Die Pedagogical Usability umfasst wiederum selbst verschiedene Teil-Aspekte, die in Tabelle 1 näher erläutert werden. Die Pedagogical Usability wurde für diese Studie als Konstrukt zur Beschreibung der Wirkung eines Lehr-Lern-Tools in einer Lehr-Lernsituation gewählt, weil sie klar definierte, pädagogisch-didaktische Aspekte umfasst und insbesondere durch die Verortung im beschriebenen «Model of Usefulness» einen systematischen Medienvergleich – und damit eine Systematisierung der Mehrwert-Debatte – ermöglicht.

Neben Befunden zur Pedagogical Usability von technologiegestützten Lehr-Lern-Tools zur Förderung des Leseverständnisses (Zurita et al. 2019) oder zu gender-spezifischen Unterschieden bzgl. der von Lernenden empfundenen Pedagogical Usability (Djalev und Bogdanov 2019) gibt es auch einige Forschungen zur Pedagogical Usability von Lehr-Lern-Tools mit Virtual Reality (VR), z. B. aus dem medizinischen (Myllymäki 2019) oder technischen Bereich (Pinho et al. 2015). Hier könnten zukünftige Forschungen zur Pedagogical Usability von AR-Lehr-Lern-Tools anknüpfen. Instrumente zur Erfassung der Pedagogical Usability wurden von Nokelainen (2006) sowie von Silius, Tervakari und Pohjolainen (2013) konstruiert und erprobt.

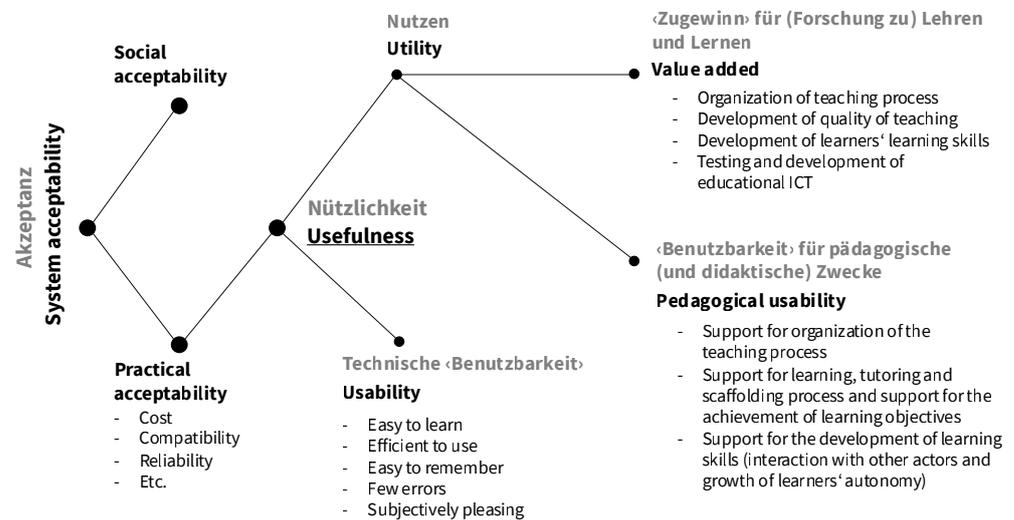


Abb. 1: «Model of Usefulness of Web-Based Learning Environments» (Nielsen 1993; überarbeitet von Silius und Tervakari 2003, eigene Darstellung, eigene Übersetzungen, eigene Hervorhebung).

Aspekt der PU	Erläuterung
Student Control	Kontrollierbarkeit / Steuerbarkeit des Lernprozesses durch die Lernenden bei der Arbeit mit dem AR-Lehr-Lern-Tool
Student Activity	Eigene Aktivitäten der Lernenden bei der Arbeit mit dem AR-Lehr-Lern-Tool
Collaborative & Cooperative Learning	Miteinander-Arbeiten (in sozialer oder technischer Hinsicht) mit dem AR-Lehr-Lern-Tool
Guidance to Purposes	Klarheit bzgl. des zugrundeliegenden Fachinhaltes, Transparenz der adressierten Lernziele für die Lernenden beim Arbeiten mit dem AR-Lehr-Lern-Tool
Applicability	Passung des AR-Lehr-Lern-Tools auf individuelle Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lernenden, Transferierbarkeit auf andere Kontexte
Added Value	Vorteile des AR-Lehr-Lern-Tools gegenüber einem Setting ohne dieses
Motivation	Spass der Lernenden; Interesse oder Anreize zur längeren Beschäftigung durch die Arbeit mit dem AR-Lehr-Lern-Tool
Valuation of Prior Knowledge	Anknüpfung des AR-Lehr-Lern-Tools an alltägliches oder schulisches Vorwissen
Flexibility	Verfügbarkeit von Anpassungsmöglichkeiten an individuelle Unterschiede im Lernweg zwischen Lernenden bei der Arbeit mit dem AR-Lehr-Lern-Tool
Feedback	Rückmeldung an die Lernenden durch das AR-Lehr-Lern-Tool

Tab. 1: Beschreibung der Aspekte der Pedagogical Usability (PU), adaptiert für AR nach Nokelainen (2005) und Sales Junior et al. (2016).

2.3 Praxisnahe Forschung am Subjekt «(Grundschul-)Lehrperson»

Praxisnahe Forschung greift pädagogisch-didaktische Probleme aus Schule und Unterricht auf und versucht, diese unter Einbindung von Akteur:innen aus der schulischen Praxis zu adressieren (Klewin und Tillmann 2019). Lehrpersonen nehmen bzgl. der Integration und Akzeptanz innovativer Technologien in schulischen Lehr-Lern-Situationen eine wichtige Rolle ein (Petko und Döbeli Honegger 2011) – insbesondere angesichts rasanter Weiterentwicklungen wie im Fall der Technologie AR (Tzima, Styliaras und Bassounas 2019) und sollten daher in den Prozess der Konzeption, Gestaltung und Erprobung entsprechender Lehr-Lern-Tools involviert werden. Zur reflektierten Einschätzung technologiegestützter (und insb. AR-gestützter) Lehr-Lern-Tools müssen Lehrpersonen über eine spezifische Schnittmenge aus fachlichem, pädagogisch(-didaktischem) Wissen und speziellem technologischem (hier: AR-bezogenem) Wissen sowie über Wissen um Vernetzungen zwischen diesen Bereichen verfügen (vgl. TPACK Modell: Harris und Hofer 2011). Entsprechend sollte praxisnahe Forschung mit dem/am Subjekt «Lehrperson» auf einen empathischen,

wertschätzenden Umgang mit der Lehrperson und ihrer Expertise sowie auf eine stetige Vergegenwärtigung ihres Beitrags zur zugrundeliegenden Forschung achten, um möglichst authentische und ungezwungene Aussagen zu erhalten (Ritchie 2006).

Wegen der Vielperspektivität des Sachunterrichts (GDSU 2013) und der damit verbundenen Bezüge zu zahlreichen Fächern der späteren Sekundarstufen müssen Grundschullehrpersonen über ein breites Spektrum an fachlicher Expertise verfügen. Allerdings scheinen Grundschullehrpersonen naturwissenschaftliche Fachinhalte aus verschiedenen Gründen eher weniger zu adressieren (Peschel 2007), und sie scheinen bzgl. naturwissenschaftlicher Themen – insbesondere solchen mit Fachbezug zur Chemie oder zur Physik – stabile, eher negativ behaftete Überzeugungen (Dunker 2016) zu besitzen. Daher scheint besonders bei naturwissenschaftlichen Fachbezügen im Sachunterricht der Einbezug der Lehrpersonen in die Forschung und Entwicklung innovativer didaktischer Tools von Interesse und von grosser Notwendigkeit zu sein.

2.4 AR-Lehr-Lern-Tool zur Visualisierung von Schaltsymboliken

Aufgrund bestehender pädagogisch-didaktischer Forschungen und Entwicklungen zu AR für das Thema Elektrik – bislang vornehmlich für den Physikunterricht der Sekundarstufen, vgl. Lauer und Peschel 2020 – wurde ein AR-Lehr-Lern-Tool zum Thema Elektrik für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht (Lauer et al. 2022, s. Abb. 2) konzipiert, konstruiert und im Rahmen mehrerer Vorstudien erprobt. Wegen der Problematik der Verwendung von Modellvorstellungen bei Kindern zum Thema Elektrik (vgl. Haider und Fölling-Albers 2020) wurde der Fachinhalt «Schalt-symboliken», also Symbole zu Bauteilen und (Teilen von) Schaltungen, gewählt. Der Fachinhalt wurde für diese Studie exemplarisch herangezogen und insbesondere fand keine vielperspektivische Auseinandersetzung / Vernetzung im Sinne der Didaktik des Sachunterrichts (GDSU 2013) statt. Der Sachunterricht der Primarstufe endet in Deutschland in der Regel nach der Klassenstufe 4, das AR-Lehr-Lern-Tool kann aber noch bis mindestens zur Klassenstufe 6 im Naturwissenschaftsunterricht mit Fachbezug zur Physik eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu bisher verfügbaren Steckbrett-Systemen mit aufgedruckten Symbolen besteht die Innovation dieses AR-Lehr-Lern-Tools und damit auch der Vorteil gegenüber einem Tool ohne AR in der Echtzeit-Anzeige von Symboliken unmittelbar an realen Schaltungen mit sichtbaren Kabelverläufen. Diese Symboliken stellen eine symbolische Repräsentation (Bruner, Olver und Greenfield 1971, 29) der Schaltung bzw. ihrer Komponenten dar und sind in Echtzeit mit diesen verschränkt. Das Tool kann im Sachunterricht sowohl zur Einführung in die Symboliken bzw. in elektrische Schaltungen als auch in entsprechenden Übungsstunden eingesetzt werden. Die Lernenden können selbstständig verschiedene Möglichkeiten des

Verbindens von Schaltungskomponenten und der Konstruktion einer funktionierenden Schaltung erkunden. Eine farbliche Hervorhebung der virtuellen Symbole von Komponenten verdeutlicht die Zusammengehörigkeit zwischen Bauteil und Symbol. Die virtuelle Schaltskizze passt sich stets an die Verbindung der Bauteile an: Sie zeigt die strukturierteste und einfachste Anordnung der Symbole an und orientiert sich eben nicht an der räumlichen Position der realen Komponenten der Schaltung. Dies soll die Abstraktion zwischen den Komponenten der Schaltung und deren (einfachster) symbolischer Repräsentation unterstützen (Lauer et al. 2022). Das Tool wurde in einer Version für AR-Brillen (s. Online-Video «Demo Brille», Link im Anhang) und für Tablet-AR (s. Online-Video «Demo Tablet», Link im Anhang) realisiert.

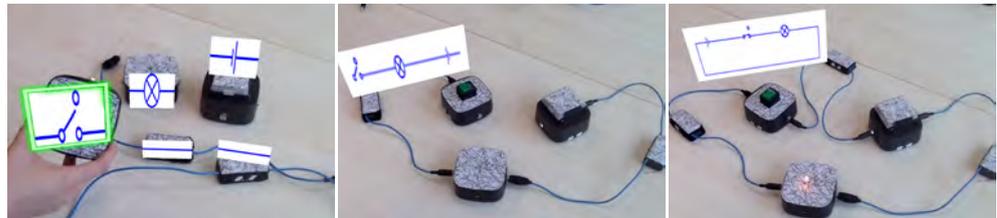


Abb. 2: AR-Lehr-Lern-Tool zur Echtzeit-Visualisierung von Schaltsymboliken aus der Sicht der AR-Brille bzw. aus der Kamerasicht eines Display-Geräts. Links: Symbole einzelner Bauteile und farbliche Hervorhebung bei Berührung. Mitte: Schaltskizze einer offenen Schaltung. Rechts: Schaltskizze einer geschlossenen Schaltung (Lauer et al. 2022).

Alle Bauteile bestehen aus speziell für dieses Tool entwickelten Boxen, in die jeweils eine Batterie, eine Lampe oder ein Schalter integriert ist. Auch die Kabel verfügen über eine solche Box, denn dadurch ist es möglich, alle Bauteile zu jedem Zeitpunkt bzgl. ihres Zustandes (z. B. beim Schalter: offen oder geschlossen) und bzgl. ihrer Verbindung mit anderen Bauteilen zu charakterisieren. Diese Informationen werden über ein drahtloses Netzwerk an eine Anwendung auf einem Computer übertragen, die daraufhin die zu visualisierenden Symbole bzw. Schaltskizzen errechnet. Durch die Marker auf den Bauteilen können diese virtuellen Symbole bzw. Schaltskizzen räumlich passend angezeigt werden. Eine Änderung am realen Aufbau wird in der Regel in weniger als einer halben Sekunde sichtbar an den virtuellen Symboliken. Die Soft- und Hardware wurde entwickelt vom Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) Kaiserslautern, Arbeitsgruppe Paul Lukowicz, in partizipatorischem Austausch mit der AG Didaktik des Sachunterrichts der Universität des Saarlandes von Markus Peschel. Als AR-Brille wurde die HoloLens 2 von Microsoft verwendet. Sie wurde im Rahmen einer vorherigen Studie positiv bzgl. ihrer Usability bei der Benutzung durch Grundschul Kinder evaluiert (Lauer et al. 2021). In der Anwendung zur Visualisierung der Symboliken ist keine Steuerung durch Interaktion mit virtuellen Objekten möglich, die virtuellen Symbole können lediglich betrachtet werden.

2.5 Ziele der Studie

Das übergeordnete Ziel der Studie ist die explorative Erlangung grundlegender Einschätzungen der Pedagogical Usability von AR-Lehr-Lern-Tools für den (naturwissenschaftlich-orientierten) Sachunterricht durch Grundschullehrpersonen am Beispiel des beschriebenen AR-Lehr-Lern-Tools zu Schaltsymboliken. Hierbei soll zwischen der Einschätzung des derzeitigen Stands der Entwicklung, der Einschätzung bzgl. möglicher zukünftiger Entwicklungen (mögliches Verbesserungspotenzial) sowie Unterschieden zwischen AR-Brillen und Tablet-AR differenziert werden. Daraus ergibt sich für die Studie folgende Leitfrage mit drei entsprechenden Teilfragestellungen:

Welche Aspekte der Pedagogical Usability sehen Lehrpersonen bzgl. des AR-Lehr-Lern-Tools zum Thema Schaltskizzen (als AR-Brillen-Variante und als AR-Tablet-Variante) für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht als gegeben/noch nicht gegeben?

Teilfragestellung 1: Welche Aspekte der Pedagogical Usability sehen Grundschullehrpersonen bzgl. des AR-Lehr-Lern-Tools (als AR-Brillen-Variante oder als AR-Tablet-Variante) als (nicht) gegeben?

Teilfragestellung 2: Welche Aspekte der Pedagogical Usability sehen Grundschullehrpersonen bzgl. des AR-Lehr-Lern-Tools (als AR-Brillen-Variante oder als AR-Tablet-Variante) als noch nicht gegeben / verbesserungswürdig?

Teilfragestellung 3: Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen der AR-Brillen- und der AR-Tablet-Variante sehen Grundschullehrpersonen bzgl. der Einzelaspekte der Pedagogical Usability?

Die gewonnenen Ergebnisse werden sich auf einen frühen Stand der Gestaltung und Erprobung des AR-Lehr-Lern-Tools beziehen und können zukünftig durch erneute Evaluationen mit stärkerem Praxisbezug ergänzt werden.

3. Methode

Zunächst werden Stichprobe und Studiendesign beschrieben. Anschliessend folgt die Darlegung des Studienablaufs und der Datengewinnung.

3.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 13 (4 m, 9 w, Alter: $M=48,1$ Jahre, $SD=6,5$ Jahre) praktizierende Grundschullehrpersonen mit abgeschlossener Berufsausbildung teil. Im Sachunterricht behandeln sie naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Themen in etwa gleich gerne (naturwissenschaftliche Themen: $M=4,38$, $SD=0,76$;

sozialwissenschaftliche Themen: $M=3,85$, $SD=0,68$, jeweils auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 «gar nicht gerne» bis 5 «total gerne»). Neun Personen kannten die Technologie AR noch nicht, vier Personen kannten AR, verfügten aber über keine persönlichen Erfahrungen damit.

3.2 Studiendesign

Aufgrund des in 2.5 dargelegten explorativen Forschungsinteresses angesichts der geringen Anzahl vorhandener wissenschaftlicher Befunde zur Beurteilung der Pedagogical Usability von AR-Lehr-Lern-Tools durch Grundschullehrpersonen und des Ziels der Erfassung von Einschätzungen wurde ein qualitativer Ansatz gewählt. Da in der Einschätzung der Pedagogical Usability die subjektive Sichtweise der Grundschullehrpersonen von Bedeutung ist, wurde die Einschätzung zu den Aspekten der Pedagogical Usability mithilfe eines problemzentrierten Interviews (Kurz et al. 2007) erfasst. Wegen der inhaltlichen Begrenztheit des zu erfassenden Konstrukts wurde das Interview vorstrukturiert, und die Impulsfragen wurden vorbereitet.

3.3 Ablauf und Datengewinnung

Vor Beginn der Studie füllten die Teilnehmenden eine Online-Vorabfrage (s. Online-Anhang «Vorab-Befragung») zu demografischen Angaben sowie zur Affinität zu sozial- bzw. naturwissenschaftlichen Themen im Sachunterricht und zu ihren Vorkenntnissen über AR aus. Alle Teilnehmenden nahmen im Einzelverfahren an der Studie teil und besuchten aufgrund der pandemischen Lage während des Studienzeitraums ein universitäres Forschungslabor ausserhalb ihrer Dienstzeit.

Zu Beginn wurden die Teilnehmenden informiert, dass sie zwei Varianten des Prototyps eines innovativen pädagogisch-didaktischen Tools ausprobieren und dann mit ihrer professionellen Expertise evaluieren können. Sie erhielten eine kurze mündliche Erklärung der Technologie AR, probierten die AR-Brille an und führten unter Assistenz der Versuchsleitung eine Kalibrierung des Geräts an die Augen durch. Anschliessend machten die Teilnehmenden sich unter Führung der Versuchsleitung mit den realen Bauteilen der elektrischen Schaltung vertraut. Danach probierten sie das AR-Lehr-Lern-Tool zuerst unter Assistenz der Versuchsleitung in der Tablet-Version und dann weitgehend selbstständig in der Brillen-Version aus. Während die Teilnehmenden die Brillen-Version benutzten, konnte die Versuchsleitung über einen Echtzeit-Stream die Ansicht der Teilnehmenden in AR am Computer mitverfolgen. Die Teilnehmenden beschäftigten sich insgesamt etwa 20 Minuten lang mit dem Ausprobieren der AR-Tools. Anschliessend wurden sie zu ihrer Einschätzung der Pedagogical Usability des AR-Lehr-Lern-Tools mithilfe eines leitfadengestützten Interviews (Loosen 2014) (s. Online-Anhang «Ablauf Interview») befragt.

Um das Konstrukt der Pedagogical Usability inhaltlich bestmöglich erfassen zu können, wurden die leitenden Impulsfragen vorab theoriegeleitet entwickelt, mit fünf Lehrpersonen in einer Pilotstudie erprobt und sukzessiv optimiert (siehe Abb. 3 für eine exemplarische Darstellung dieses Prozesses für «Student Control»). Die inhaltliche Grundlage bildeten die Ausarbeitung von Sales Junior et al. (2016) zur Pedagogical Usability sowie die Items des Instruments zu deren Messung von Nokelainen (2006). Die Leitfrage wurde so optimiert, dass die Teilnehmenden von sich aus auf möglichst viele inhaltliche Gesichtspunkte des zu erfassenden Aspekts der Pedagogical Usability eingingen. Zusätzlich wurden je nach Situation notwendige Anschlussfragen zu einzelnen Gesichtspunkten formuliert.

Student Activity (Sales Junior et al. 2016):

- ↳ Alle Aktivitäten sind an Bedürfnisse der Schüler:innen angepasst
- ↳ Schüler:innen müssen selbst aktiv werden

Items zu Student Activity (Nokelainen 2006), eigene Übersetzungen: Nr. 3,4,5,6,7,8,9,10

- ↳ «Ich musste nachdenken und eigene Lösungen finden.»
- ↳ «Das Material ist in klare Sinn-Abschnitte unterteilt.»
- ↳ «Probleme/Aufgaben werden ohne vorgefertigten Lösungsweg präsentiert.»
- ↳ «Ich muss selbst recherchieren.»
- ↳ «Ich vergesse währenddessen alles um mich herum.»
- ↳ «Ich kann mir spezielle, eigene Informationen beschaffen und mich selbst zum Experten machen.»
- ↳ «Ich muss meine eigenen Lösungen finden.»
- ↳ «Ich kann eigene, bedeutsame Lösungen/Ergebnisse produzieren.»



Leitfrage zu Student Activity:

Beschreiben Sie, was genau die Schüler:innen in der konkreten Unterrichtssituation mit diesen Bauteilen und Geräten machen könnten bzw. machen würden (zunächst mal ohne, dass Sie ihnen einen konkreten Auftrag geben)?

Ggf. notwendige Nachfragen/Anschlussfragen:

- ↳ Eigenes «Ausprobieren»?
- ↳ Eigene Ideen der Schüler:innen integrierbar?
- ↳ Was müsste Ihrer Meinung nach noch an den Geräten und Bauteilen verändert werden, um den vielfältigere/andere Aktivitäten der Schüler:innen zu ermöglichen?

Abb. 3: Konstruktion der Interview-Fragen für «Student Control» im Rahmen der Pilotierung.

Zu Beginn des Interviews betonte die Versuchsleitung nochmals den Prototyp-Charakter des AR-Lehr-Lern-Tools und stellte eine «Eisbrecherfrage» («Wie ist es Ihnen ergangen?»). Anschliessend stellte sie die zehn aus dem Leitfaden abgeleiteten Impulsfragen (eine Frage je Aspekt der Pedagogical Usability) und nutzte gegebenenfalls Nachfragen, die die Teilnehmenden beantworteten. Alle Interviews wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet. Nach Beendigung des Interviews wurden die Teilnehmenden über die zugrundeliegende(n) Forschungsfrage(n) informiert. Nachdem sich im Rahmen der letzten Interviews eine inhaltliche Sättigung andeutete, wurde die Datenerhebung abgeschlossen.

Die Audio-Aufzeichnungen der Interviews wurden nach Dresing und Pehl (2018) transkribiert. Es wurden Passagen entfernt, in denen über nicht mit der Studie in Verbindung stehende Inhalte gesprochen wurde (z. B. Smalltalk). Die Transkripte wurden mit anonymisierten Codenamen versehen. Für jede der in 2.5 explizierten Teilfragestellungen wurde eine strukturierende, qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring und Fenzl (2019) durchgeführt (s. Online-Anhang «MAXQDA-Dateien»). Für jede der drei Analysen fungierten die zehn Aspekte der Pedagogical Usability (s. Kapitel 2.2) als deduktive, theoriegeleitete Hauptkategorien. Subkategorien wurden induktiv am Material entwickelt durch Sammeln, Paraphrasierung, Generalisierung und Reduktion der gewonnenen Daten (s. Online-Anhang «Codier-Leitfaden»).

4. Ergebnisse

Der Studie wurde folgende übergeordnete Fragestellung mit den folgenden Teilfragestellungen zugrunde gelegt (vgl. 2.5):

Welche Aspekte der Pedagogical Usability sehen Lehrpersonen bzgl. des AR-Lehr-Lern-Tools zum Thema Schaltskizzen (als AR-Brillen-Variante und als AR-Tablet-Variante) für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht als gegeben / noch nicht gegeben?

Teilfragestellung 1: Welche Aspekte der Pedagogical Usability sehen Grundschullehrpersonen bzgl. des AR-Lehr-Lern-Tools (als AR-Brillen-Variante und als AR-Tablet-Variante) als (nicht) gegeben?

Teilfragestellung 2: Welche Aspekte der Pedagogical Usability sehen Grundschullehrpersonen bzgl. des AR-Lehr-Lern-Tools (als AR-Brillen-Variante und als AR-Tablet-Variante) als noch nicht gegeben / verbesserungswürdig?

Teilfragestellung 3: Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen der AR-Brillen-Variante und der AR-Tablet-Variante sehen Grundschullehrpersonen bzgl. den Teilen der Pedagogical Usability?

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Studie für jede Teilfragestellung dargestellt. Da die Aspekte der Pedagogical Usability für jede Teilfragestellung jeweils die theoriegeleiteten Hauptkategorien darstellen, ergeben sich deren inhaltliche Beschreibungen aus der in Kapitel 2.2 dargestellten Tabelle (s. Tab. 1). Die sehr umfangreichen Kategoriensysteme mit Ankerbeispielen sind im Anhang (Tab. A1 bis Tab. A3) zu finden. Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse nehmen darauf Bezug.

4.1 Einschätzung der Pedagogical Usability

Die Befragten sehen erfüllte Gesichtspunkte bei allen Aspekten der Pedagogical Usability (s. Tab. 2). Die Aussagen der Befragten liessen sich wegen ihrer Ähnlichkeit zu den meisten Aspekten der Pedagogical Usability zu einem Gesamtbild ergänzen. Lediglich bzgl. der Überforderung der Lernenden durch die Benutzung des Tools («Student Control») und bzgl. der Vorteile des AR-Lehr-Lern-Tools gegenüber einem Non-AR-Setting («Added Value») gab es unterschiedliche Einschätzungen. Beispielsweise wurde zu «Added Value» einerseits gesagt:

«B: [...] Also den Mehrwert sehe ich tatsächlich darin, dass es, dass es sehr konkret die praktische Verbindung zur Theorie gibt. Es ist ganz augenscheinlich, es wird ein direkter Bezug hergestellt und dieser Schritt, sage ich mal, vom Experimentieren auf dem Tisch und das dann händisch anbringen an die Tafel oder an Smartboard oder wie auch immer, der wird hier ja sehr, sehr reduziert. Das heisst, es ist sehr, sehr nahe am Geschehen dran und ich glaube von daher auch deutlich verständlicher. Oder sehr verständlich für die Schüler in der direkten Zuordnung was, was ist.» (Interview «Freddie», Abs. 54. Tab. A1, Kategoriensystem E_Added Value, Kategorie 1.1: Verschränkung von Objekt und zugehöriger symbolischer Repräsentation).

Dieser Bestätigung steht diese skeptische Einschätzung zu «Added Value» gegenüber:

«B: Ja aber jetzt einen Mehrwert gegenüber den Kästen, die wir haben oder den Materialien die wir haben (... , überlegt) kann ich jetzt so auf ad-hoc nicht erkennen.» (Interview «Bea», Abs. 58. Tab. A1, Kategoriensystem E_Added Value, Kategorie 4: Kein Mehrwert).

Eine vollständige Darstellung des zugrundeliegenden Kategoriensystems («Erfüllte Aspekte») inkl. Ankerbeispiele befindet sich in Tabelle A2 im Anhang. Tabellarische Einzelfallübersichten sind im Online-Anhang («Einzelfallübersicht FS_a», https://osf.io/4u6ce?view_only=56ac0f543d734aa68991e21f738aae5e) zu finden.

Aspekt der PU	Einschätzung der Lehrpersonen (zugehörige Teile des Kategoriensystems im Anhang)
Student Control	Ermöglichung der Benutzung der Tools durch Lernende ohne Über- oder Unterforderung bzw. mit eventueller Überforderung der Lernenden; Notwendigkeit der Einweisung und ggf. Betreuung durch die Lehrperson und Notwendigkeit der Einhaltung (aufgestellter) Regeln zur Benutzung der Geräte und Schaltungskomponenten
Student Activity	Ermöglichung des Ausprobierens eigener Lösungswege beim Arbeiten mit den Bauteilen und dem Bauen verschiedener Schaltung(-szustände)
Collaborative & Cooperative Learning	Möglichkeit zur Arbeit in Gruppen mit Rollenverteilung und gemeinsamer Nutzung der Bauteile, wobei Lernende gegenseitig voneinander profitieren können
Guidance to Purposes	Anbahnung von Kompetenzen bzgl. des naturwissenschaftlichen Experimentierens und Arbeitens und der Verwendung von Symbolsprache; Anbahnung fachlicher Kompetenzen bzgl. (Komponenten von) elektrischen Schaltungen und deren symbolischer Repräsentation sowie zur Funktionsweise von elektrischen Schaltungen im Sachunterricht
Applicability	Weitgehende Passung bzgl. physischer Spezifika von Grundschulkindern (ca. ab Klassenstufe 3); Möglichkeit der Adressierung unterschiedlicher Leistungsstärken (durch ggf. Reduktion der Komponenten); Passung auch für Lernende mit geringen sprachlichen Fähigkeiten bzgl. des Erlernens der Symboliken
Added Value	Kein oder kaum merklicher Vorteil gegenüber einer Version ohne AR; Möglichkeit zur Loslösung von gesprochener Sprache durch Echtzeit-Symboliken, Screenshot-Sicherung der Ansicht in AR, Entlastung der Lehrperson durch gleichzeitige Unterstützung aller Lernenden und Echtzeit-Verschänkung von Objekt und symbolischer Repräsentation
Motivation	Hoher Spassfaktor, grosses Interesse, hoher Anreiz zur (längeren) Beschäftigung durch AR-Technologie, wobei diese Effekte mit der Zeit nachlassen könnten
Valuation of Prior Knowledge	Anknüpfung an (alltägliches) Vorwissen zur Nutzung technischer Geräte und an Alltagserfahrungen mit elektrischen Geräten; Anknüpfung an Vorwissen zum elektrischen Strom und zu elektrischen Schaltungen und ihren Komponenten
Flexibility	Vorhandensein vieler verschiedener Möglichkeiten zum Verbinden von Komponenten und (einiger) verschiedener Wege zum Bau einer funktionierenden Schaltung
Feedback	Echtzeit-Feedback bzgl. Änderungen in der Verbindung von Komponenten oder des Zustands der Schaltung (offen vs. geschlossen) durch Schaltsymboliken

Tab. 2: Zusammenfassung der Ergebnisse zur derzeitigen Einschätzung der Pedagogical Usability des AR-Lehr-Lern-Tools.

4.2 Zu verbessernde oder weiterzuentwickelnde Aspekte

Die Befragten sehen einige zu verbessernde bzw. zukünftig zu entwickelnde Gesichtspunkte bei allen Aspekten der Pedagogical Usability bis auf «Student Activity» und «Motivation» (s. Tab. 3). Ihre Aussagen liessen sich bei allen genannten Aspekten der Pedagogical Usability zu der dargestellten tabellarischen Zusammenfassung ergänzen.

Zur «Applicability» wurde unter anderem von den Teilnehmenden angeregt, Fachbegriffe in AR bei Bedarf zu visualisieren:

«B: Oder dass man die Möglichkeit zumindest hat, das Wort ein- und auszublenzen, das wäre auch eine Möglichkeit.» (Interview «Max», Abs. 5. Tab. A2, Kategoriensystem Z_Applicability, Kategorie 2.1: Visuelle sprachliche/begriffliche Ergänzungen)

Eine vollständige Darstellung des zugrundeliegenden Kategoriensystems («Zukünftige Entwicklungen») inkl. Ankerbeispielen befindet sich in Tabelle A2 im Anhang. Tabellarische Einzelfallübersichten sind dem Online-Anhang («Einzelfallübersicht FS_b», https://osf.io/4u6ce?view_only=56ac0f543d734aa68991e21f738aae5e) zu entnehmen.

Aspekt der PU	Zusammenfassung: Einschätzung der Lehrpersonen (zugehörige Teile des Kategoriensystems im Anhang)
Student Control	Ermöglichung der Interaktion mit virtuellen Objekten in AR, Implementation verschiedener, frei wählbarer Visualisierungs-Modi in AR
Collaborative & Cooperative Learning	Ermöglichung des Teilens der Ansicht in AR und Implementation einer «Überblicksansicht» für Lehrende
Guidance to Purposes	Visualisierung des Zustands der Schaltung (offen oder geschlossen) in AR durch «leuchtendes» Lampensymbol, Hinzufügung von Bildern oder Informationen zu Aussehen, Funktion und Anwendungsgebieten der Schaltungskomponenten
Applicability	Farbliche Kennzeichnung der Zusammengehörigkeit von Komponente und Symbol für Lernende mit schwächerer Repräsentationskompetenz, Hinzufügen visueller oder auditiver Verbalisierungen für Lernende mit schwächerer sprachlicher Kompetenz, Erweiterung von Art und Umfang der Schaltungskomponenten für komplexere Schaltung für leistungsstärkere Lernende, Hinterlegung weiterführender Informationen zu Schaltungen, Strom etc. für Interessierte
Added Value	Zusätzliche (modellhafte) Visualisierung von Elektronenbewegungen in Abhängigkeit vom Zustand der Schaltung, Ermöglichung der Speicherung des Arbeitsstandes in der Anwendung
Valuation of Prior Knowledge	Angleichung der physischen Schaltungskomponenten an das Aussehen alltäglicher Bauteile, Angleichung der AR-Schaltskizze an die Anordnung der realen Komponenten

Aspekt der PU	Zusammenfassung: Einschätzung der Lehrpersonen (zugehörige Teile des Kategoriensystems im Anhang)
Flexibility	Hinzufügung verschiedener Aufgabenvariationen zu Schaltsymboliken in der AR-Anwendung
Feedback	Implementation visueller oder auditiver Echtzeit-Rückmeldungen zu Aktionen der Lernenden beim Verbinden der Komponenten und zum aktuellen Zustand der Schaltung (offen, geschlossen, fehlerhaft)
Flexibility	Vorhandensein vieler verschiedener Möglichkeiten zum Verbinden von Komponenten und (einiger) verschiedener Wege zum Bau einer funktionierenden Schaltung
Feedback	Echtzeit-Feedback bzgl. Änderungen in der Verbindung von Komponenten oder des Zustands der Schaltung (offen vs. geschlossen) durch Schaltsymboliken

Tab. 3: Zusammenfassung der Ergebnisse zu zukünftigen Entwicklungen zur Verbesserung der Pedagogical Usability des AR-Lehr-Lern-Tools.

4.3 Unterschiede zwischen Brillen- und Tablet-Version

Die Befragten sehen Unterschiede zwischen der Brillen- und der Tablet-Version des AR-Lehr-Lern-Tools bzgl. «Student Control», «Collaborative and Cooperative Learning», «Applicability», «Motivation» und «Valuation of Prior Knowledge» (s. Tab. 4). Auch hier liessen sich ihre Aussagen bei allen genannten Aspekten der Pedagogical Usability zu der dargestellten tabellarischen Zusammenfassung ergänzen.

Zu «Motivation» wurde beispielsweise vermutet:

«B: Ja also das ist auch ganz klar. Ich glaube die Brille ist der höchste Spassfaktor (lachen). Also in der Rangordnung wird die Brille am meisten begeistern und dann aber auch das Tablet auch. Ja durchaus.» (Interview «Freddie», Abs. 58. Tab. A3, Kategoriensystem U_Motivation, Kategorie 1: Intrinsische Motivation)

Eine vollständige Darstellung des zugrundeliegenden Kategoriensystems («Unterschiede Brille – Tablet») inkl. Ankerbeispielen befindet sich in Tab. A3 im Anhang. Tabellarische Einzelfallübersichten sind im Online-Anhang («Einzelfallübersicht FS_c», https://osf.io/4u6ce?view_only=56ac0f543d734aa68991e21f738aae5e) zu finden.

Aspekt der PU	Zusammenfassung: Einschätzung der Lehrpersonen (zugehörige Teile des Kategoriensystems im Anhang)
Student Control	Die Brillen-Version erfordert mehr Betreuung und Begleitung durch die Lehrperson als die Tablet-Version
Collaborative & Cooperative Learning	Die Brillen-Version besitzt grössere Hürden im Teilen der eigenen Ansicht in AR gegenüber der Tablet-Version
Applicability	Die Brillen-Version ist weniger passend für die physischen und kognitiven Voraussetzungen von Grundschulkindern als die Tablet-Version
Motivation	Die Brillen-Version verursacht mehr Motivation (Spass/Interesse/Anreiz) als die Tablet-Version
Valuation of Prior Knowledge	Die Brillen-Version knüpft weniger an alltägliches Vorwissen zur Nutzung und Bedienung technischer Geräte an als die Tablet-Version

Tab. 4: Zusammenfassung der Ergebnisse zu Unterschieden zwischen der Pedagogical Usability der Brillen- und der Tablet-Version des AR-Lehr-Lern-Tools.

5. Diskussion

Die Ergebnisse werden differenziert nach den jeweiligen Teilfragestellungen diskutiert. Abschliessend werden die Limitationen der Studie erläutert.

5.1 Einschätzung der Pedagogical Usability

Die subjektiven Einschätzungen der Befragten zur möglichen Wirkung des AR-Lehr-Lern-Tools bzgl. der Aspekte «Student Control», «Collaborative & Cooperative Learning» und «Motivation» gehen einher mit bisherigen empirischen Befunden zu Wirkungen von AR in Lehr-Lern-Situationen (vgl. 2.1). Dies deutet darauf hin, dass bisherige Befunde zum Einsatz von AR in Lehr-Lern-Situationen (des Sachunterrichts) zu den genannten Aspekten auch für dieses AR-Lehr-Lern-Tool anwendbar sind. Die genannten Einschätzungen zu «Student Activity», «Guidance to Purposes», «Applicability», «Valuation of Prior Knowledge», «Flexibility» und «Feedback» stimmen mit den in 2.3 dargestellten Charakteristika des AR-Lehr-Lern-Tools überein. Dies deutet darauf hin, dass die Lehrpersonen die intendierten Funktionalitäten des AR-Lehr-Lern-Tools, die adressierbaren Lernziele und die Einsatzmöglichkeiten im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht erkannt haben. Einzig die Abstraktion von der räumlichen Anordnung der Bauteile zur vereinfachten strukturierten Anordnung der zugehörigen Symbole in der Schaltskizze (s. 2.4) schien nicht erkannt worden zu sein, da dieses Lernziel von den Befragten nicht genannt wurde. Bezüglich der Vorteile des AR-Lehr-Lern-Tools gegenüber einem vergleichbaren Setting ohne AR («Added Value») herrscht ein geteiltes Meinungsbild, wobei die Mehrheit keinen Mehrwert des AR-Lehr-Lern-Tools erkennt. Einige Befragte nennen Aspekte, die eher dem AR-Gerät (Screenshot-Speicherung, gleichzeitige Betreuung vieler

Lernender) als der AR selbst zuzuschreiben sind (vgl. Tab. A 1, Kategoriensystem E_Added Value). Nur wenige Befragte nennen die Echtzeit-Verschränkung realer und virtueller Objekte bzw. Informationen als Vorteil des AR-Lehr-Lern-Tools.

5.2 *Zu verbessernde oder zu entwickelnde Aspekte*

Die Befragten führten zu allen Aspekten der Pedagogical Usability ausser «Student Control» und «Motivation» Verbesserungswünsche an. Dies geht einher mit der weitgehenden Beurteilung dieser beiden Aspekte als erfüllt (s. 4.1 bzw. 5.1). Die zu «Guidance to Purposes» bzw. «Added Value» genannten zukünftigen Entwicklungen adressieren eine Ausweitung der adressierten Lernziele über die derzeit intendierten Inhalte hinaus, z. B. die Visualisierung nicht beobachtbarer modellhafter Elektronenbewegungen. Dies wurde allerdings aufgrund der in 2.3 dargestellten Problematik der Verwendung von Modellvorstellungen bei Kindern beim Thema Elektrizität (Haider und Fölling-Albers 2020) bewusst nicht adressiert.

Die Anregung bzgl. der Möglichkeit zur Speicherung von Arbeitsständen in der Anwendung (bei «Added Value») sowie der Vorschlag bzgl. der Implementation verschiedener Aufgabenvariationen in AR (bei «Flexibility») sind durchaus interessant für zukünftige Weiterentwicklungen. Allerdings sind dies Aspekte, die für jedes (neue) technologiegestützte Lehr-Lern-Tool wünschenswert sind und sich nicht auf AR beschränken.

Die Verbesserungen bzgl. der Ermöglichung von mehr Interaktivität in AR («Student Control»), die Implementation mehrerer (adaptiver) Differenzierungs-Modi bzgl. fachlicher oder sprachlicher Kompetenzen der Lernenden («Applicability») und der Echtzeit-Reaktion der Anwendung auf Aktionen der Lernenden oder auf den Zustand der Schaltung durch visuelle oder auditive Hinweise («Feedback») zielen genau auf die (sich aus den technischen Charakteristika von AR ergebenden) pädagogisch-didaktischen Potenziale (s. 2.1) des Einsatzes von AR in Lehr-Lern-Situationen (des Sachunterrichts) ab und sollten daher im Rahmen der künftigen Optimierung des AR-Lehr-Lern-Tools unbedingt berücksichtigt werden. Gleiches gilt für den geäußerten Wunsch der Angleichung des Erscheinungsbildes der Komponenten der Schaltung an das Aussehen von entsprechenden Objekten in gängigen Experimentier-Kästen (bei «Valuation of Prior Knowledge») und für die gewünschte Einsicht in die Perspektive der Lernenden beim Zusammenarbeiten und zum Zweck der Betreuung (bei «Collaborative & Cooperative Learning»).

5.3 Unterschiede zwischen Brillen- und Tablet-Version

Die zu «Collaborative & Cooperative Learning» bzw. zu «Applicability» angeführten Unterschiede bilden die technischen Verschiedenheiten von Brillen- und Tablet-AR-Technologie (s. 2.1) ab, z. B. den höheren Betreuungsaufwand und die ggf. geringere Passung auf physische oder kognitive Voraussetzungen von Kindern im Grundschulalter bei AR-Brillen. Es wird vermutet, dass die Brillen-Technologie den Lernenden weit weniger bekannt bzw. vertraut sein wird («Valuation of Prior Knowledge») als die Tablet-Technologie (vgl. dazu 2.1). Dies geht einher mit der Einschätzung der Befragten zu mehr notwendiger Betreuung zur Sicherstellung der Kontrollierbarkeit der AR-Brillen-Variante im Vergleich zur Tablet-Version («Student Control») und der Vermutung, dass die «neue» AR-Brille mehr Spass oder Interesse bei den Lernenden hervorrufen wird als die eher vertraute Tablet-Version («Motivation»). Die Befragten nannten keine Unterschiede zwischen den beiden Varianten bzgl. «Guidance to Purposes», «Flexibility» und «Feedback». Dies könnte dadurch erklärt werden, dass diese Aspekte der Pedagogical Usability nicht durch die Art des AR-Geräts verändert werden, solange die in AR gezeigten Inhalte identisch sind. Allerdings beschrieben die Befragten auch keine Unterschiede zwischen den beiden Varianten bzgl. der «Student Activity»: Sie erkannten nicht, dass bei der Tablet-Variante das AR-Gerät in der Hand gehalten (oder bei Befestigung in einer Halterung zum Sehen der AR-Inhalte ggf. ständig neu ausgerichtet oder aufgesucht) werden muss, während die Lernenden bei der Brillen-Version die Hände stets zum Experimentieren zur Verfügung haben und die AR-Inhalte permanent wahrnehmen können. Am auffälligsten scheint jedoch, dass die Befragten keine Unterschiede bzgl. des «Added Value» benennen, obwohl die Brillen-Variante das Realobjekt (Bauteil bzw. Schaltung) mit einer symbolischen Repräsentation anreichert, was in der Tablet-Variante in der Kamera-Sicht an einer depiktionalen Repräsentation (Purchase 1998) des Realobjekts geschieht (vgl. Kapitel 2.1).

5.4 Limitationen der Studie

Eine wesentliche Limitation stellt die durch die zur Zeit der Datenerhebung herrschende Pandemielage bedingte Realisierung als Laborstudie dar (gegenüber einer Situation, in der die Lehrenden das Tool im schulischen Unterricht erproben und dabei beobachtet bzw. anschliessend befragt werden). Daher müssen die Ergebnisse als erste Evaluation des Lehr-Lern-Tools in einem frühen Stadium der technischen und pädagogisch-didaktischen Gestaltung angesehen werden. Nach entsprechender Optimierung unter Einbezug der genannten zukünftigen Entwicklungen könnte eine erneute Evaluation des AR-Lehr-Lern-Tools im Rahmen von schulischer Praxiserprobung Ergebnisse liefern, die eine höhere Transferierbarkeit auf reale Unterrichtssituationen aufweisen. Allerdings bieten die Ergebnisse auch interessante

Ansätze zur Erforschung der Evaluationskompetenz von (Grundschul-)Lehrpersonen bzgl. des Potenzials (innovativer) technologiegestützter Lehr-Lern-Tools (s. 5.1 und 5.3). Eine weitere Limitation stellt die Adaption der Reihenfolge der während des Interviews an die Befragten gestellten Impulsfragen dar, die situativ im Sinne des Gesprächsflusses und der Authentizität der Situation je nach Äusserungen der bzw. des Befragten angepasst wurde. Dies verringert zwar die Vergleichbarkeit zwischen den Teilnehmenden, jedoch schienen sich die Aussagen aller Teilnehmenden in den meisten Punkten zu einem kohärenten Gesamteindruck zu ergänzen.

Mit dieser Studie kann nicht die Frage beantwortet werden, ob die befragten Lehrpersonen die Echtzeit-Verschränkung realer und virtueller Objekte bzw. Informationen als Vorteil des AR-Lehr-Lern-Tools gegenüber einem Lehr-Lern-Tool ohne AR oft nicht genannt haben, weil sie ihn nicht erkannt haben oder weil sie diese Echtzeit-Verschränkung als nicht bedeutsam genug für eine Erwähnung eingestuft haben (Fragestellung 1, Ergebnisse in 5.1). Ebenso verhält es sich mit den von den befragten Lehrpersonen nicht genannten Unterschieden zwischen der AR-Brillen-Variante und der AR-Tablet-Variante bzgl. der wahrnehmbaren Repräsentationen von Objekten (Fragestellung 3, Ergebnisse in 5.3). Beides müsste in weiteren Studien untersucht werden.

6. Fazit und Ausblick

Zusammenfassend deutet die Einschätzung durch Grundschullehrpersonen darauf hin, dass das AR-Lehr-Lern-Tool zum Thema Elektrik alle Aspekte der Pedagogical Usability mindestens in Teilen erfüllt, wobei «Motivation» und «Student Activity» am ehesten erfüllt sind und bezüglich «Student Control», «Applicability» und «Feedback» das grösste Verbesserungspotenzial gesehen wurde.

Insgesamt scheint das AR-Lehr-Lern-Tool Potenzial für den praktischen Einsatz im Sachunterricht der Primarstufe aufzuweisen. Weitere Optimierungen sind allerdings möglich und sinnvoll, um insbesondere die technischen und damit auch die pädagogisch-didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten von AR noch weiter auszuschöpfen. Allerdings weicht bezüglich des «Added Value» die Einschätzung der Befragten zum derzeitigen Stand der Entwicklung und zu den Unterschieden zwischen Brillen- und Tablet-Variante von den aus den technischen Charakteristika abgeleiteten pädagogisch-didaktischen Vorteilen von AR gegenüber einer ansonsten gleichen Situation ohne AR (bzw. von den Vorteilen von AR-Brillen gegenüber Tablet-AR) ab. Diese Vorteile beziehen sich auf konkrete pädagogisch-didaktische Unterstützungs- oder Gestaltungsaspekte, die sich durch die jeweils eingesetzte Technologie eröffnen und die mit einer anderen Technologie nicht realisiert werden können. In einer weiteren Studie könnte daher untersucht werden, zu welchem Anteil diese Befunde eher durch einen «zu geringen» Vorteil des AR-Lehr-Lern-Tools gegenüber

einem Non-AR-Szenario (bzw. der Brillen-Variante gegenüber der Tablet-Variante) zu erklären sind oder ob die Nicht-Nennung dieser Unterschiede eher durch die fehlende Erfahrung der Teilnehmenden in Bezug auf die Technologie AR und deren pädagogisch-didaktische Charakteristika und Potenziale zustande gekommen ist. Diese weiterführenden Untersuchungen könnten ggf. Aufschluss geben über die Expertise von (Grundschul-)Lehrpersonen als Akteur:innen aus der Praxis bzgl. der Beurteilung innovativer technologiegestützter Lehr-Lern-Tools.

Wie anfangs beschrieben (s. Einleitung), induzieren die Pedagogical Usability und das übergeordnete «Model of Usefulness of Web-Based Learning Environments» (Nielsen 1993) eine kategoriengeleitete summative Evaluation pädagogisch-didaktischer (technologiegestützter) Lehr-Lern-Tools, die einen interessanten Ansatz für die pädagogisch-didaktisch reflektierte Implementation digitaler Technologien in Lehr-Lern-Situationen darstellt. Ausgehend von der «Usefulness» von AR im Sachunterricht skizzieren Lauer und Peschel (2023 i.V.) die Möglichkeit zur Verschmelzung bestehender Modellierungen zum Einsatz oder zur Wirkung von digitalen Technologien im (Sach-)Unterricht zu einer gemeinsamen Modellierung unter der Leitidee einer kategoriengeleiteten «Usefulness».

Zukünftig könnten auch weitere Einsatzmöglichkeiten von AR im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht (Lauer und Peschel 2022) realisiert und evaluiert werden. Die Befunde, die im Rahmen dieser Studie für den Fachinhalt «Symboliken» im Kontext Elektrik gewonnen wurden, könnten bzgl. ihrer Übertragbarkeit auf andere Fachinhalte im Sachunterricht oder anderen Fächern der Primarstufe untersucht werden, bei denen Symboliken und / oder der Umgang mit multiplen Repräsentationen eine Rolle spielen. Ausserdem sollte AR als Aspekt der «Digitalität» (gesellschaftliche Veränderungen durch die Digitalisierung, Irion und Knoblauch 2021) dringend in theoretischen Diskursen adressiert werden.

Literatur

- Ainsworth, Shaaron. 2006. «DeFT: A Conceptual Framework for Considering Learning with Multiple Representations». *Learning and Instruction* 16 (3): 183–98. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>.
- 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>.
- Altmeyer, Kristin, Sebastian Kapp, Michael Thees, Sarah Malone, Jochen Kuhn, und Roland Brünken. 2020. «The Use of Augmented Reality to Foster Conceptual Knowledge Acquisition in STEM Laboratory Courses – Theoretical Background and Empirical Results». *British Journal of Educational Technology* 51 (Januar): 611–28. <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>.

- Anderson, Cindy L., und Kevin M. Anderson. 2019. «Wearable Technology: Meeting the Needs of Individuals with Disabilities and Its Applications to Education». In *Perspectives on Wearable Enhanced Learning (WELL)*, herausgegeben von Ilona Buchem, Ralf Klamma, und Fridolin Wild, 59–77. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64301-4_3.
- 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>.
- Azuma, Ronald, Yohan Baillet, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon J. Julier, und Blair MacIntyre. 2001. «Recent advances in augmented reality». *IEEE Computer Graphics and Applications* 21 (6): 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>.
- Avila-Garzon, Cecilia, Jorge Bacca-Acosta, Kinshuk, Joan Duarte, und Juan Betancourt. 2021. «Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research». *Contemporary Educational Technology* 13 (3): ep302. <https://doi.org/10.30935/cedtech/10865>.
- Bakenhus, Silke, Marisa Alena Holzapfel, Nicolas Arndt, und Maja Brückmann. 2022. «Die Erstellung einer Lernumgebung mit immersiver Virtual Reality für das Fach Sachunterricht nach dem M-iVR-L Modell». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (April): 76–93. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.04.X>.
- Bruner, Jerome S., Rose R. Olver, und Patricia M. Greenfield. 1971. *Studien zur kognitiven Entwicklung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- 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>.
- Demarmels, Sascha. 2012. «Als ob die Sinne erweitert würden ... Augmented Reality als Emotionalisierungsstrategie». *IMAGE*, Nr. 16: 34–51.
- Djalev, Liubomir, und Stanislav Bogdanov. 2019. «Age and Gender Differences in Evaluating the Pedagogical Usability of E-Learning Materials». *English Studies at NBU* 5 (2): 169–89. <https://doi.org/10.33919/esnbu.19.2.0>.
- Dresing, Thorsten, und Thorsten Pehl. 2018. *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. 8. Auflage. Marburg: Eigenverlag.
- Dunker, Nina. 2016. «Berufsbezogene und epistemologische Beliefs von Grundschullehrkräften zum Experimentieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht». In *Wege durch den Forschungsdschungel*, herausgegeben von Nina Dunker, Nina-Kathrin Joyce-Finnern, und Ilka Koppel, 61–79. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-12095-5_3.
- Dunleavy, Matt. 2014. «Design Principles for Augmented Reality Learning». *TechTrends* 58 (1): 2834. <https://doi.org/10.1007/s11528-013-0717-2>.
- 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, 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>.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU), Hrsg. 2013. *Die Didaktik des Sachunterrichts und ihre Fachgesellschaft GDSU e.V.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Haider, Michael, und Maria Fölling-Albers. 2020. «Auswirkungen von Analogiemodellen auf den Aufbau konzeptuellen Wissens im Sachunterricht der Grundschule – Beispiel Stromkreis». *Unterrichtswissenschaft* 48 (3): 469–91. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00077-5>.
- Harris, Judi, und Mark J. Hofer. 2011. «Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in action: A descriptive study of secondary teachers' curriculum-based, technology-related instructional planning». *Journal of Research on Technology and Education* 43 (3): 211–29. <https://doi.org/10.1080/15391523.2011.10782570>.
- Irion, Thomas, und Verena Knoblauch. 2022. «Lernkulturen in der Digitalität. Von der Buchschule zum zeitgemäßen Lebens- und Lernraum im 21. Jahrhundert», April. <https://doi.org/10.25656/01:24387>.
- Kind, Sonja, Jan-Peter Ferdinand, Stephan Richter, und Sebastian Weide. 2019. «Virtual und Augmented Reality – Status quo, Herausforderungen und zukünftige Entwicklungen». Arbeitsbericht Nr. 180. Berlin, Bad Honef: Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. <https://www.wandel-ostthueringen.de/wp-content/uploads/2020/10/VR-AR-Status-Quo.pdf>.
- Klewin, Gabriele, und Klaus-Jürgen Tillmann. 2019. «Lehrer*innenforschung, Praxisforschung und Forschendes Lernen – Ein Bericht über Bielefelder Erfahrungen». *PraxisForschungLehrer*innenBildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung.*, Dezember, 1–19. <https://doi.org/10.4119/PFLB-3172>.
- Krommer, Axel. 2019. «Wider den Mehrwert! Argumente gegen einen überflüssigen Begriff». In *Routenplaner #DigitaleBildung. Auf dem Weg zu zeitgemäßem Lernen. Eine Orientierungshilfe im digitalen Wandel*, herausgegeben von Axel Krommer, Martin Lindner, Dejan Mihajlovic, Jöran Muuß-Merholz, und Philippe Wampfler, 115–23. Hamburg: ZLL21.
- Kurz, Andrea, Constanze Stockhammer, Susanne Fuchs, und Dieter Meinhard. 2007. «Das problemzentrierte Interview». In *Qualitative Marktforschung*, herausgegeben von Renate Buber und Hartmut H. Holzmüller, 463–75. Wiesbaden: Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9258-1_29.
- Lauer, Luisa, Kristin Altmeyer, Sarah Malone, Michael Barz, Roland Brünken, Daniel Sonntag, und Markus Peschel. 2021. «Investigating the Usability of a Head-Mounted Display Augmented Reality Device in Elementary School Children». *Sensors*, 21(19), 6623. <https://doi.org/10.3390/s21196623>.
- Lauer, Luisa, und Markus Peschel. 2020. «Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen mit Augmented Reality (AR)». In *Fachliche Bildung und digitale Transformation – Fachdidaktische Forschung und Diskurse. Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020*, herausgegeben von Christian Maurer, Karsten Rincke, und Michael Hemmer, 64–67. Regensburg: pedocs. https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=21659.

- Lauer, Luisa, und Markus Peschel. 2022. «Praxisideen für Augmented Reality (AR) im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht». In *Digitales Lernen in der Grundschule III*, herausgegeben von Birgit Brandt, Leena Bröll, und Henriette Dausend, 226–237. Münster: Waxmann.
- Lauer, Luisa, und Markus Peschel. 2023 i.V. «Usefulness von Augmented Reality – eine Modellierung zum fach-medien-didaktischen Potenzial digitaler Medien im Sachunterricht ». *GDSU-Journal* (eingereicht).
- Lauer, Luisa, Markus Peschel, Hamraz Javaheri, Paul Lukowicz, Kristin Altmeyer, Sarah Malone, und Roland Brünken. 2022. «Augmented Reality-Toolkit for Real-Time Visualization of Electrical Circuit Schematics». In *Fostering Scientific Citizenship in an uncertain world – ESERA 2021 e-Proceedings*.
- Loosen, Wiebke. 2014. «Das Leitfadeninterview – eine unterschätzte Methode». In *Handbuch nicht standardisierte Methoden in der Kommunikationswissenschaft*, herausgegeben von Stefanie Averbeck-Lietz und Michael Meyen, 1–15. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05723-7_9-1.
- Mayring, Philipp, und Thomas Fenzl. 2019. «Qualitative Inhaltsanalyse». In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, herausgegeben von Nina Baur, und Jörg Blasius, 633–48. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42.
- Milgram, Paul, und Fumio Kishino. 1994. «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays». *IEICE Transactions on Information Systems* E77-D (12). http://vered.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html.
- Milgram, Paul, Haruo Takemura, Akira Utsumi, und Fumio Kishino. 1995. «Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum», herausgegeben von Hari Das. *Telem manipulator and Telepresence Technologies*. Proceedings Volume 2351 (Dezember): 282–92. <https://doi.org/10.1117/12.197321>.
- Nuñez-Cristóbal, Juan A., Ivan M. Jorriñ-Abellan, Juan I. Asensio-Perez, Alejandra Martínez-Mones, Luis P. Prieto, und Yannis Dimitriadis. 2015. «Supporting Teacher Orchestration in Ubiquitous Learning Environments: A Study in Primary Education». *IEEE Transactions on Learning Technologies* 8 (1): 83–97. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2370634>.
- Myllymäki, Mikko. 2019. «Paramedic Students’ Perceptions on the Technical and Pedagogical Usability of a Virtual Reality Simulation». https://www.researchgate.net/publication/333844710_Paramedic_students%27_perceptions_on_the_technical_and_pedagogical_usability_of_a_virtual_reality_simulation.
- Nielsen, Jakob. 1993. *Usability Engineering*. San Diego, CA; USA: Academic Press.
- Nokelainen, Petri. 2005. «The Technical and Pedagogical Usability Criteria for Digital Learning Material». In *Proceedings of ED-MEDIA 2005--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, 1011–16. Waynesville, NC: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learnedtechlib.org/p/20212/>.
- Nokelainen, Petri. 2006. «An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students». *Educational Technology & Society* 9 (2): 178–97.

- Peschel, Markus. 2007. «Konzeption einer Studie zu den Lehrvoraussetzungen und dem Professionswissen von Lehrenden im Sachunterricht der Grundschule – Das Projekt SUN». In *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen*, herausgegeben von Roland Lauterbach, Andreas Hartinger, Bernd Feige, und Diethard Cech, 17: 151–60. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. https://www.pedocs.de/volltexte/2017/15054/pdf/PPS_17.pdf#page=151.
- Petko, Dominik, und Beat Döbeli Honegger. 2011. «Digitale Medien in der schweizerischen Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Hintergründe, Ansätze und Perspektiven». *Beiträge zur Lehrerbildung* 29 (2): 155–71. <https://doi.org/10.25656/01:13775>.
- Pinho, Andrés Luis Santos, Francisco Monteiro Sales Junior, Jose Guilherme Santa Rosa, und Maria Altina Silva Ramos. 2015. «Technical and pedagogical usability in a virtual learning environment: A case study at the Federal Institute of Rio Grande do Norte – Brazil». In *2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–4. Aveiro: IEEE. <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170444>.
- Prieto, Luis P., Martina Holenko Dlab, Israel Gutiérrez, Mahmoud Abdulwahed, und Walid Balid. 2011. «Orchestrating technology enhanced learning: a literature review and a conceptual framework». *Int. J. Technology Enhanced Learning* 3 (6): 583–98. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2011.045449>.
- Puentedura, Ruben R. 2015. «SAMR: A Brief Introduction». http://hippasus.com/rrpweblog/archives/2015/10/SAMR_ABriefIntro.pdf.
- Purchase, Helen. 1998. «Defining multimedia». *IEEE Multimedia* 5 (1): 8–15. <https://doi.org/10.1109/93.664737>.
- Radu, Iulian. 2014. «Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis». *Personal and Ubiquitous Computing* 18 (6): 1533–43. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>.
- Radu, Iulian, und Blair MacIntyre. 2012. «Using children's developmental psychology to guide augmented-reality design and usability». In *2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 227–236. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2012.6402561>.
- Radu, Iulian, und Bertrand Schneider. 2019. «What Can We Learn from Augmented Reality (AR)?: Benefits and Drawbacks of AR for Inquiry-Based Learning of Physics». In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–12. Glasgow Scotland Uk: ACM. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>.
- Ritchie, Stephen. 2006. «Ethical Considerations for Teacher-Education Researchers of Coteaching». *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* 7 (4), Art. 21. <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/186/413>.
- Sales Junior, Francisco Monteiro, Altina Ramos, Andrés Luis Santos Pinho, und José Guilherme Santa Rosa. 2016. «Pedagogical Usability: A theoretical essay for e-learning». *HOLOS* 32 (1): 3–15. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.2593>.
- Schnotz, Wolfgang, und Maria Bannert. 2003. «Construction and Interference in Learning from Multiple Representation». *Learning and Instruction* 13 (2): 141–56. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8).

- Schweiger, Moritz, Jeffrey Wimmer, Maiyra Chaudhry, Beatriz Alves Siegle, und Dianchu Xie. 2022. «Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality?: Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (April): 1–25. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X>.
- Silius, Kirsi, und Anne-Maritta Tervakari. 2003. «An Evaluation of the Usefulness of Web-Based Learning Environments – The Evaluation Tool into the Portal of Finnish Virtual University». http://www.mit.jyu.fi/OPE/kurssit/TIES462/Materiaalit/Silius_Tervakari.pdf.
- Silius, Kirsi, Anne-Maritta Tervakari, und Seppo Pohjolainen. 2013. «A multidisciplinary tool for the evaluation of usability, pedagogical usability, accessibility and informational quality of Web-based courses». <https://www.researchgate.net/publication/228603493>.
- Thees, Michael, Sebastian Kapp, Martin P. Strzys, Fabian Beil, Paul Lukowicz, und Jochen Kuhn. 2020. «Effects of Augmented Reality on Learning and Cognitive Load in University Physics Laboratory Courses». *Computers in Human Behavior* 108 (Juli): 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>.
- 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>.
- Weinberger, Armin. 2018. «Orchestrierungsmodelle und -szenarien technologieunterstützten Lernens». In *Digitalisierung und Bildung*, herausgegeben von Silke Ladell, Julia Knopf, und Armin Weinberger, 117–39. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18333-2_7.
- 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: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (April): 267–87. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.13.X>.
- Wyss, Corinne, Florian Furrer, Adrian Degonda, und Wolfgang Bühner. 2022. «Augmented Reality in der Hochschullehre: Überlegungen zu einer zukunftsweisenden Ausbildung von Lehrpersonen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (April): 118–37. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.06.X>.
- Zurita, Gustavo, Nelson Baloian, Sergio Peñafiel, und Oscar Jerez. 2019. «Applying Pedagogical Usability for Designing a Mobile Learning Application That Support Reading Comprehension». *Proceedings* 31 (1): 6. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031006>.

Hinweise und Erklärungen

Die beschriebene Studie wird im Rahmen des Projekts GeAR vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderlinie «Digitalisierung im Bildungsbereich II», FKZ: 01JD1811A bzw. 01JD1811C) finanziert.

Alle Teilnehmenden erteilten ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Studie und zur Erhebung, Speicherung und Verwendung der erhobenen Daten zu Forschungszwecken sowie zur anonymisierten Veröffentlichung der Forschungsergebnisse. Die Studien im Rahmen des Projekts GeAR wurden durch die institutionelle Ethik-Kommission genehmigt. Autorin und Autor erklären, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Wir danken der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Paul Lukowicz des DFKI Kaiserslautern für die technische Entwicklung des im Rahmen dieser Studie verwendeten AR-Lehr-Lern-Tools.

Anhang

Weitere Materialien (detaillierter Codier-Leitfaden, tabellarische Einzelfall-Übersichten, MAXQDA-Dateien, Interview-Leitfaden, Vorab-Befragung für Teilnehmende, Videos zum AR-Lehr-Lern-Tool) sind verfügbar via OSF: https://osf.io/r27ue/?view_only=56ac0f543d734aa68991e21f738aae5e0

E_Student Control
1 Bedienbarkeit / Kontrollierbarkeit
1.1 Motorische und haptische Bedienbarkeit durch die Lernenden
«B: Ich könnte mir auch vorstellen, dass die Kinder damit auch (sicher?) umgehen, wenn man ihnen das auch sagt, weil das auch immer so das, oh kann ich jetzt so einem Kind das Tablet anvertrauen oder wie geht es damit um ...» (Jade, 25)
1.2 Kognitive Bedienbarkeit des AR-Tools durch die Lernenden
«B: [...] also ich denke, dass da sehr viele Kinder jetzt auch Tablets bedienen können, die das vorher vielleicht nur für Spiele oder so genutzt haben» (Kira, 18)
2 Unterstützung / Betreuung
2.1 Anleitung / Einweisung: Notwendige Anleitung/Einweisung der Lernenden im Umgang mit dem AR-Tool betreffen durch die Lehrperson
«B: Bei der Brille selbst gut klar, da muss auf jedes Kind dann persönlich nochmal eingestellt werden. Das stelle ich mir schon sehr aufwändig vor, wenn Sie das bei 28 Kindern oder so machen zu müssen» (Lena, 36)
2.2 Reglementierung des Umgangs mit dem AR-Tool für die Lernenden durch die Lehrperson
«B: [...] Erst muss man mal Regeln erarbeiten, wie man damit umgeht und gut, wenn dann jeder das verstanden hat erstmal einen ausprobieren natürlich und dann nachher gezielt Dinge raussuchen, die man dann auch ausprobieren möchte.» (Kim, 4)

E_Student Activity
1 Ausprobieren: Ermöglichung des freien Ausprobierens durch die Lernenden beim Umgang mit dem AR-Tool
1.1 Ausprobieren Bauteile: Freies Ausprobieren mit den physischen Bauteilen durch die Lernenden beim Umgang mit dem AR-Tool
«B: [...] Sie werden versuchen, was man alles miteinander verbinden kann, wie man das einbauen muss, wo der Schalter hin muss.» (Bea, 10)
1.2 Ausprobieren AR: Freies Ausprobieren (bzgl. der Interaktion) in AR durch die Lernenden beim Umgang mit dem AR-Tool
«B: [...] Und ansonsten würden die, glaube ich, wenn es da irgendwas zu tippen gibt an den Brillen, würden die da auf jeden Fall herumtippen.» (Jade, 39)
2 «Versinken» der Lernenden in die Beschäftigung mit dem AR-Tool
«B: [...] Aber ich glaube, wenn ich etwas hätte, was super funktionieren würde, könnte ich mich in dieser Technik auch verlieren [...] und hier könnte ich mir auch gut vorstellen, dass wenn man mal dran ist und das klappt gut und ah da ist das Bild und jetzt probiere ich das noch aus, dass man die Zeit darüber vergisst.» (Frank, 2)
E_Collaborative Cooperative Learning
1 Soziale Aspekte und Implikationen des Zusammenarbeitens mit dem AR-Tool
1.1 Rollenverteilung oder -zuweisung unter den Lernenden während des Zusammenarbeitens mit dem AR-Tool
«B: [...] man muss vielleicht klären, wer ist für was zuständig, man muss eine Strategie sich gemeinsam im Vorfeld überlegen.» (Freddie, 14)
1.2 Gegenseitiger Profit: Gegenseitiges Profitieren der Lernenden voneinander während des Zusammenarbeitens mit dem AR-Tool
«B: [...] Die werden natürlich schon so ein bisschen nach links und rechts schauen, was machen die anderen, was kann ich hier tun, [...] und so profitieren ja auch die, ich sage mal die Pffiffigeren von den anderen und auch umgekehrt [...].» (Chris, 79)
2 Technische Zusammenarbeit mit dem AR-Tool
2.1 Gemeinsame Nutzung des AR-Tools während des Zusammenarbeitens
2.1.1 Gemeinsame Nutzung der Bauteile
«B: [...] Und von daher, dass da jedes Kind jetzt für sich ein eigenes braucht, ich würde mal sagen (...), paar, die kleinste Einheit wäre in dieser Sache die Bank, also der Partner und ich [...].» (Jack, 64)
2.1.2 Gemeinsame Nutzung der AR-Geräte
«B: [...] und dann müssen die Kinder sich natürlich auch immer in einer Vierer-, Fünfergruppe dann halt nochmal andere Lösungen dann überlegen, bis dann halt auch jeder, der interessiert daran ist, das durch die Brille zu sehen, dass er auch die Möglichkeit dazu hat.» (Nena, 26)

E_Guidance to Purposes
1 Überfachliche Kompetenzen: Anbahnung überfachlicher Kompetenzen mithilfe des AR-Tools
1.1 Verbalisierung von Sachverhalten / Vorgängen
«B: [...] das lässt sich natürlich auch später ganz gut dazu nutzen gemeinsam beobachtete und initiierte Prozesse dann halt auch in der richtigen Reihenfolge zu versprachlichen.» (Nena, 62)
2 Naturwissenschaftsbezogene Kompetenzen: Anbahnung naturwissenschaftsspezifischer Kompetenzen mithilfe des AR-Tools
2.1 Naturwissenschaftliches Experimentieren
«B: [...] dass man dann überlegt, wie war es und vorher auch eine Einschätzung vielleicht Vermutung, was wird passieren und auch ähnlich wie bei den Experimenten denke ich.» (Kim, 4)
2.2 Verwendung symbolischer Darstellungen
«B: [...] Genau also im Unterricht könnte ich es mir die Dreidimensionalität von Objekten beziehungsweise das, was Sie hier jetzt getan haben, Zeichen zu ordnen an Objekten, vorstellen.» (Freddie, 34)
3 Fachzuordnung
3.1 Physik
«B: Also ich kann es mir vor allen Dingen natürlich aus dem Bereich der Physik natürlich sehr gut vorstellen.» (Freddie, 32)
3.2 Sachunterricht
«B: Also auf jeden Fall im Sachunterricht[...]» (Lena, 28)
4 Kompetenzen im Themenfeld Elektrik
4.1 Elektrische Schaltungen
4.1.1 Komponenten / Bauteile elektrischer Schaltungen
«B: [...] Sie können natürlich die Funktionen der verschiedenen Bestandteile des Stromkreises experimentell ausprobieren.» (Freddie, 10)
4.1.2 Funktionsweise elektrischer Schaltungen
«B: [...] Sie könnten feststellen, dass ein Stromkreis ohne Energie nicht funktioniert, dass ein Schalter dazu da ist, an und aus zu gehen [...] und dass dann die Verbindung der einzelnen Teile durch Kabel hergestellt werden muss.» (Freddie, 10)
4.2 Symbolische Repräsentationen
4.2.1 Symbole von Komponenten / Bauteilen elektrischer Schaltungen
«B: [...] ich könnte das auch extra dann fragen und sagen, oh schau mal, wenn ihr die Brille anzieht, da kommen ja Zeichen. Finde heraus, welches Zeichen für welche benutzt wird, für welchen Gegenstand.» (Bruno, 107)
4.2.2 Symboliken von elektrischen Schaltungen
«B: [...] oder was die Kinder da dran lernen könnten, sind Schaltpläne.» (Bea, 20)

E_Applicability
1 (Generelle) Anwendbarkeit des AR-Tools in der Grundschule
1.1 Klassenstufe: (Einschränkung der) Anwendbarkeit des AR-Tools für bestimmte Klassenstufen
«B: [...] ab der dritten Klasse – auch da wieder nach Leistungsstand oder nach Interessenstand der Kinder – vielleicht eher angebracht ab drittem Schuljahr, zweite Hälfte bis zum vierten Schuljahr.» (Frank, 32)
1.2 Physische Passung: Physische (haptische, motorische) Anwendbarkeit des AR-Tools (insb. der Umgang mit den Bauteilen)
«B: Also ich glaube, das Unförmige, was Sie jetzt angesprochen haben, das ist grundsätzlich erstmal gar nicht das Problem, denn die Grundschul Kinder sind im Grunde genommen ganz gern was, was so, haptisch, so anfassbar ist und so [...]» (Nena, 6)
1.3 Kognitive Belastung: Anwendbarkeit des AR-Tools bzgl. der kognitiven (Belastungs-) Fähigkeiten von Grundschulkindern
«B: So etwas gibt es hier nicht. Also, dass ein Kind hier nicht weiterkommt, das geht hier nicht, also mit diesem System nicht.
I: Alles klar.
B: Also selbst mein lernbehindertes Kind würde das irgendwie so lange zusammenstecken, bis es funktioniert.» (Bruno, 193–195)
2 Differenzierungsmöglichkeiten durch den Einsatz des AR-Tools
2.1 Fachliches Leistungsniveau: Differenzierungsmöglichkeiten bzgl. Unterschieden im fachlichen Leistungsniveau der Lernenden
«B: [...] ich kann mir natürlich vorstellen, dass man dann halt gewisse Teile zum Beispiel weglässt und leistungsschwächeren Schülern einfach nur drei Komponenten gibt, statt hier sechs oder sieben Komponenten zu geben, sodass die im Kleinen anfangen und den Stromkreis dann weiter erweitern könnten.» (Freddie, 44)
2.2 Sprachliches Niveau: Differenzierungsmöglichkeiten bzgl. Unterschieden im sprachlichen Niveau der Lernenden
«B: [...] Also wenn ich jetzt an meine Migrationskinder denke, die vielleicht von den Erzählungen her wenig verstehen oder weniger verstehen, denke ich, hätten sie darüber noch mal einen anderen Zugang [...] auch wenn sie jetzt die Begriffe nicht direkt kennen, aber über die Symbole schaffen sie das.» (Frank, 14)
E_Added Value
1 Darbietung von Lerninhalten: Vorzüge des AR-Tools gegenüber einer Non-AR-Version, die die Darbietung von Lerninhalten betreffen
1.1 Verschränkung von Objekt und zugehöriger symbolischer Repräsentation
«B: [...] Also den Mehrwert sehe ich tatsächlich darin, dass es, dass es sehr konkret die praktische Verbindung zur Theorie gibt. Es ist ganz augenscheinlich, es wird ein direkter Bezug hergestellt und dieser Schritt sage ich mal, vom Experimentieren auf dem Tisch und das dann händisch anbringen an die Tafel oder an Smartboard oder wie auch immer, der wird hier ja sehr, sehr reduziert. Das heißt, es ist sehr, sehr nahe am Geschehen dran und ich glaube von daher auch deutlich verständlicher. Oder sehr verständlich für die Schüler in der direkten Zuordnung was, was ist.» (Freddie, 54)

1.2 Losgelöstheit von gesprochener Sprache
«B: [...] Also jeder, dass es halt in jeder Gruppe das ist, was er machen kann und das Coole bei dem Stromkreis sind ja die Symbole, das ist ja sprachunabhängig, das kann man ja, das ist ja wie Mathe. Da kann man ja auch glänzen, wenn man kein Deutsch kann, von daher.» (Jack, 51)
2 Technische Besonderheiten: Vorzüge des AR-Tools gegenüber einer Non-AR-Version, die technische Charakteristika betreffen
2.1 Ergebnissicherung in AR
«B: [...] wenn du den Kindern sagst, jetzt mach mal einen Stromkreis, male das mal in dein Heft und dann sieht das Kind das da, und dann kann das ja theoretisch quasi vom iPad abzeichnen mit seinem Kollegen.
I: Ja, auf jeden Fall.
B: Also das ist halt schon ganz geil.» (Jack, 1-3)
3 Arbeits- und Betreuungsformen: Vorzüge des AR-Tools gegenüber einer Non-AR-Version, die die potenziellen Arbeits- bzw. Betreuungsformen und -möglichkeiten betreffen
3.1 Erleichterung von Organisation und Betreuung durch die Lehrperson
3.1.1 Entlastung der Lehrperson bzgl. Betreuungsaufwand
«B: [...] Aber so an sich ist das ultimative Feedback in Sekundenschnelle, das kann ich als Lehrer gar nicht leisten, und das ist halt das was mir Entlastung verschafft und einfach, würde ich sagen, das Arbeiten effektiver macht.» (Jack, 70)
3.1.2 Remote-Betreuung (auch von zu Hause aus, z. B. Quarantänefälle) für Lernende
«B: [...] Und halt wie gesagt, vielleicht auch wenn ein Kind mal krank ist. Also ich weiss nicht, inwieweit das halt geht oder, was weiss ich, in Quarantäne muss oder solche Sachen halt, dann könnte ich mir schon vorstellen, [...] dass man sich dann zu dem Kind dann irgendwie dazuschalten kann, wenn es da irgendwie Probleme gibt [...]» (Jade, 25)
3.2 Rückzugsmöglichkeit AR-Gerät
«B: [...] Ich glaube, dass die eher über so etwas herangeführt werden könnten, weil auch dann in dem Moment niemand zuschaut, was sie machen. [...] Der Nachbar rechts und links sieht: ich Kabel da rum, ich stöpsle falsch, oh Gott der kommt nicht klar, die Rückmeldung von den Mitschülern ist natürlich viel direkter und mit der Brille bin ich für mich, da kann ich in meinem Tempo arbeiten, ich habe auch nicht den Stress oh Gott wie weit ist der und der, ich mache einfach nach meinem Tempo und nach meinem Verständnis da weiter.» (Frank, 12)
4 Kein Mehrwert: Aussagen, die darauf schliessen lassen, dass das AR-Tool keinen Mehrwert gegenüber einer Non-AR-Version hat
«B: Ja aber jetzt einen Mehrwert gegenüber den Kästen, die wir haben oder den Materialien die wir haben (... , überlegt) kann ich jetzt so auf ad-hoc nicht erkennen.» (Bea, 58).
«B: Also was ich, also was ich auf, also was sich </>, also ich meine Experimentieren machen die Kinder auf jeden Fall gerne, egal ob so oder so (...). Ich glaube im Prinzip sind es ja, ist es ja eigentlich das Gleiche, also ob wir jetzt so einen Stromkreis aufbauen und das an die Tafel malen oder ob die Kinder das halt so bauen und mit den Brillen sehen.» (Jade, 43)

E_Motivation
1 Intrinsische Motivation: Beeinflussung der intrinsischen Motivation (insb. Spass an der Sache selbst) der Lernenden durch das AR-Tool
1.1 Lernerfolg: Beeinflussung der Erinnerungsfähigkeit oder -dauer oder den Lernerfolg der Lernenden bzgl. der durch das AR-Tool angebahnten Kompetenzen wegen erhöhter intrinsischer Motivation
«B: Also ich denke dadurch, dass die Motivation bei sowas mit einer Brille wesentlich höher ist, behalten sich die Kinder das auch länger. Dass sie wirklich auch mehr lernen, als wenn sie den klassischen Stromkreis herstellen.» (Freddie, 48)
1.2 Beschäftigungsdauer: Beeinflussung der Beschäftigungsdauer der Lernenden mit dem AR-Tool wegen erhöhter intrinsischer Motivation
«I: Ok. Könnten Sie sich vorstellen, dass also sozusagen alleine schon der Einsatz von dieser Technik und diesen Entwicklungen alleine schon dazu beiträgt, dass die Kinder sich zum Beispiel länger mit dem Sachlichen beschäftigen?
B: Ja, also absolut. Das ist ganz klar. Zumal sie im Prinzip den gleichen Unterrichtsinhalt ja immer noch steigern können.» (Freddie, 59–60)
1.3 Initialmotivation
1.3.1 Anfängliche Hype-Situation mit immensem Spassfaktor
«B: Der Spassfaktor ist gigantisch.
I: Auch jetzt so gegenüber der Ottonormalsituation.
B: Immer.» (Bruno, 165–167)
1.3.2 Nachlassender Effekt: Nachlassen der Initialmotivation mit der Zeit
«B: [...] wie lange das dann hält, ich meine irgendwann können sie alles und wenn es dann darum geht, das dann auch irgendwie zu lernen oder was weiss ich, dann könnte vielleicht das auch nochmal nachlassen, aber am Anfang denke ich schon, dass es gross ist.» (Freddie, 55)
1.4 Ursache: Aspekte, die die Ursache der hervorgerufenen intrinsischen Motivation beschreiben
1.4.1. Thema Elektrik / Schaltungen
«B: Also ich glaube, es ist immer cool für die Kinder, wenn sie irgendwas mit ihren Händen machen können, ja wenn sie einen Stromkreis bauen und dann auf einmal merken, ja ok, wenn das hier alles geschlossen wurde, leuchtet das Licht, warum ist das so? [...] Das ist halt immer so ein bisschen schwierig, aber grundsätzlich denke ich, dass sowas die Kinder generell immer sehr motiviert.» (Jade, 61)
1.4.2 AR-Technologie
«B: [...] die ganze Technik, Augmented Reality, super spannend. Kann mir super vorstellen, dass das wirklich auch Spass macht, also das ist ja das Beste, die beste Sache, wenn man sagen kann Lernen macht Spass, und ja [...]» (Chris, 4)
E_Valuation of Prior Knowledge
1 Vorwissen aus dem Alltag, an das das AR-Tool anknüpfen kann
«B: Was die Kinder mitbringen sind ja zunächst mal Alltagserfahrungen, [...] alle Kinder haben schon einmal auf einen Lichtschalter getippt, sofern es die in 10, 15 Jahren noch gibt, ich gehe aber davon aus, ja.» (Nena, 66)

2 Technisches Vorwissen, an das das AR-Tool anknüpfen kann / muss
2.1 Software-Bedienung
«B: Also das heisst, es muss jemanden geben, [...] der die Einstellungen vornehmen kann.» (Freddie, 14)
2.2 Hardware-Bedienung
2.2.1 AR-Brille
«B: [...] Klar, schonmal mit dem Umgang mit den Brillen alles natürlich erklären und ausprobieren lassen» (Lena, 6)
2.2.2 Tablet
«B: Gut je nachdem, wenn sie jetzt noch mit Tablets dazu arbeiten. Bisschen Umgang brauchen sie ja auf jeden Fall, aber ich denke, das haben die Kinder sowieso schon mittlerweile, dass sie sich da schon gut klarkommen.» (Lena, 34)
3 Fachliches Vorwissen, an das das AR-Tool anknüpfen kann / muss
3.1 Vorwissen zu Symbolen
«B: Die Kinder müssen natürlich verstehen, was Symbole sind.» (Bruno, 107)
3.2 Vorwissen zum Thema Elektrik
3.2.1 Elektrischer Strom
«B: [...] Klar, dass sie wissen was Strom überhaupt ist, sollte man vorher schon behandelt haben.» (Lena, 32)
3.2.2 Elektrische Komponenten / Bauteile
«B: [...] also ich muss schon vorher mit denen besprechen, was ich mit den einzelnen Teilen hier machen kann.» (Bea, 26)
3.2.3 Elektrische Schaltungen (Aufbau und Funktionsweise)
«B: Ja gut, [...] müsste man natürlich einen Führerschein am besten machen, also einführen, das würde ich jetzt nicht so frei hingeben, sondern das mit der Batterie [Kurzschluss, eigene Einfügung] darf natürlich nicht passieren.» (Bruno, 44)
E_Flexibility
1 Verfügbarkeit verschiedener Lösungswege beim Bauen der Schaltungen mit dem AR-Tool
«B: Die probieren erstmal alles Mögliche aus. [...] Weil von den Kindern aus kommt ja auch viel und die sollen ja auch ihre Ideen dann mal einbringen und entdecken, dass auf einmal etwas klappt und vorher nicht und dann mal gucken warum.» (Kim, 12)
2 Begrenztheit der Art oder Anzahl möglicher «Lösungswege» beim Bauen der Schaltungen mit dem AR-Tool
«B: [...] Na gut der Rahmen ist abgesteckt, man kann einen Stromkreis machen mit Schalter, Batterie und Lampe, insofern bleibt ja in der Beziehung nicht viel Spielraum.» (Max, 22)
E_Feedback
1 Echtzeit-Feedback zu Aktionen der Lernenden durch die AR-Anwendung
1.1 Feedback beim Hinzufügen von Komponenten zur Schaltung
«B: Also die Rückmeldung kommt ja direkt. [...] Sobald man es zusammensteckt, kommt ja die Rückmeldung. [...] Alles eindeutig. Auch die Zeichen, die dann direkt kommen.» (Lena, 52)

1.2 Feedback zum aktuellen Status der Schaltung
«B: Es wird natürlich die Rückmeldung erhalten, wann ist der Schaltkreis geschlossen.
I: Okay. Ja, das ist ja quasi die Anzeige.
B: Ja, weil vorher, egal, egal, was ich vorher zusammen mache, das ist ja immer in einer Linie und erst wenn ich wirklich den Schaltkreis geschlossen habe mit allem Wesentlichen, dann geht es zu.» (Bruno, 189–191)
Tab. A2: Kategoriensystem «Zukünftige Entwicklungen» mit Ankerbeispielen
Z_Student Control
1 Kontrolleinschränkung: Vorschläge, die die Einschränkungen der Kontrolle des AR-Tools durch die Lernenden betreffen
1.1 Verhinderung externer Aktivitäten von Lernenden (ausserhalb der eigentlichen Anwendung) auf dem AR-Gerät
«B: Ja gut, so prinzipiell wäre es halt gut, wenn ich gebe irgendeinen Auftrag und die Kinder können da ansonsten aber auch nichts machen, also die können da nichts verstellen oder da irgendeinen Quatsch machen oder so.» (Jade, 31)
1.2 Anhalte-Funktion: «Einfrieren» der AR-Anwendung durch die Lehrperson
«B: [...] und ich fände es auch wirklich noch wichtig, dass man als Lehrer so einfach vielleicht so eine Sperrfunktion eben hat, ne, also dass man sagt, okay bis hier hin und dann geht es erstmal nicht weiter [...].» (Jade, 59)
2 Wahl der Input-Kanäle: Vorschläge, die die Wahl der Input-Kanäle in AR (z. B. nur Realität, nur Virtualität, beides gleichzeitig) betreffen
«B: [...] Vielleicht variieren, dass man selbst einstellen könnte, also man sieht ja hier immer noch den ganzen anderen Hintergrund, dass man eben den Hintergrund einblenden und ausblenden kann, weil ich mir vorstellen kann, dass das eben für manche Kinder zu viele Reize sind, wenn die alles noch rundherum sehen, also das, was weiss ich, ob das dann ein schwarzer Hintergrund ist oder wie auch immer aber dass es dann einfach nur noch fokussiert wäre auf die paar Sachen, die man so sieht, aber dass man selbst variieren kann, natürlich ist das ganz witzig, wenn das einfach so im Raum rumfliegt, aber bei manchen ist es vielleicht einfacher, wenn man es kleinhält.» (Hope, 82)
3 Interaktivität: Vorschläge, die Interaktivität in AR betreffen
«B: [...] Ja interessant wäre natürlich, dass man diese Sachen auf der Brille hat und jetzt ,sagen wir mal, das Schaltersymbol irgendwo und das dann eben nochmal irgendwo zuordnet. Dieses interaktive, was ich vorhin gesagt habe, dass man diesen Schalter oder sowas zuordnet.» (Bea, 52)
Z_Collaborative Cooperative Learning
1 Ansicht teilen: Vorschläge, die das Teilen der Sicht in AR betreffen
1.1 Ansicht individuell (zwischen zwei Personen) teilen
«B: Also jemand sagt «so pass auf ich zeige euch jetzt mal, was ich mit der Brille sehe und stelle mir meine Version vor», dann gibt man das an Brille Nummer zwei weiter, dann hat man die Einstellung, Brille Nummer drei, Brille Nummer vier.» (Freddie, 22)

1.2 Ansicht im Plenum teilen
«B: Also das, für die VISUALISIERUNG, für die Klasse, wenn ich das meinetwegen, die Kinder haben so ein iPad und ich würde dann das iPad von der Gruppe sharen und auf den Screen schmeissen, dann würden die anderen direkt sehen, wie es richtig ist.» (Jack, 9)
2 Überblicksansicht für Lehrende über alle aktiven AR-Ansichten aller Lernenden
«B: Und wie sieht der Lehrer, wie welches Kind arbeitet? Gibt es da so eine Art Schaltzentrale wo der Lehrer dann einen Überblick hat, wenn was man macht?
I: Ja, es gibt die Möglichkeit, sich über einen PC mit der Brille zu verbinden [...].
B: Super, wo man noch einen kleinen Tipp geben könnte.» (Kim, 50–52)
Z_Guidance to Purposes
1 Transparenz bzgl. Lerngegenstand / -ziel: Vorschläge, die Transparenz bzgl. des intendierten Lerngegenstands / der intendierten Lernziele für die Lernenden betreffen
«B: Wenn die fünf Lernfelder abgearbeitet sind, kriegt der Schüler eine entsprechende digitale Rückmeldung, dann was ich eben gesagt habe. Mit Icons oder keine Ahnung, wie auch immer. Das heisst, dass innerhalb dieses Lernfeldes, dieser Lerneinheit dann eine digitale Bestätigung erfolgt, statt vom Lehrer.» (Freddie, 72)
2 Bezug zum Thema «Schaltungen» bzw. «Schaltsymboliken»: Vorschläge, die die Verdeutlichung des Bezugs zum Thema «Schaltsymboliken» für die Lernenden betreffen
2.1 Ebene der Komponenten / Bauteile
«B: Jaja nein, das ist </> und auch wirklich vielleicht ganz simpel halten, dass es wirklich noch ursprünglich ist. Am besten für die Kinder wäre, (unverständlich) mit reinschauen, dass am besten noch hinten so etwas auf wäre, dass man die DRÄHTE SIEHT. Dass man sieht, was sich darin abspielt, das wäre halt sehr cool.» (Jack, 41)
2.2 Ebene der AR-Symboliken
«B: In dem man dann </> also zum Beispiel bei der Schaltung nicht nur sieht <aha der Schalter ist auf oder zu>, sondern man müsste dann auch konkret sehen, auch digital, leuchtet das Lämpchen jetzt oder leuchtet das Lämpchen nicht.» (Freddie, 66)
Z_Applicability
1 Komplexität der Schaltung: Vorschläge, die auf die Variation der Komplexität der zu bauenden Schaltungen abzielen
1.1 Anzahl der Komponenten / Bauteile
«B: Da gibt es vielleicht auch irgendwie verschiedene, vielleicht durch die Anzahlen der, der Sachen, gibt es vielleicht verschiedene Möglichkeiten, dass man dann irgendwie komplexere, grössere Pläne zeigt.» (Kira, 60)
1.2 Art der Schaltung
«I: Okay, hätten Sie da noch eine Idee, wie man das für die stärkeren Kinder noch ein bisschen herausfordernder machen könnte?
B: Klar, ich meine, da fehlt ja jetzt noch Parallelschaltung, mehrere Glühbirnen hintereinander [...].» (Bruno, 134–135)
2 Sprachliche / begriffliche Ergänzungen: Vorschläge, die auf die (optionale) Ergänzung von Fachbegriffen abzielen

2.1 Visuelle Ergänzungen
«B: Oder dass man die Möglichkeit zumindest hat, das Wort ein- und auszublenden, das wäre auch eine Möglichkeit.» (Max, 5)
2.2 Akustische Ergänzungen
«B: Also die Kinder mit Migrationshintergrund, die bräuchten bei der Sicht auf die Symbole im Prinzip das gesprochene Wort dazu [...].» (Frank, 44)
3 Repräsentationen: Vorschläge, die auf die (Variation der) wahrnehmbaren Repräsentationen abzielen
3.1 Förderung der Kohärenz zwischen realen und symbolischen Repräsentationen
«B: Für die schwachen Kinder reichen die Symbole aus, man könnte vielleicht noch sagen man benutzt andere Farben, dass sie über die Farbsymbolik einfach wissen, was weiss ich, der Schalter ist immer blau, also es ist ganz klar, egal was da ist, sobald ich dieses blaue Symbol sehe, das muss der Schalter sein [...].» (Frank, 44)
3.2 Wahlmöglichkeit visualisierter Symboliken in AR
«B: [...] Und das, das ist einerseits eine gute Differenzierungsmöglichkeit, dass ich einem sehr guten Kind sage, du bekommst das da nicht, du musst halt selber, du weisst, du kennst die Symbole, verbinde die selber, wo man das ja auch eventuell noch sagen könnte, je nachdem, wie das Programm geartet ist, dass es da in dem Programm einfach ein Feature gibt, dass es nicht diesen fertigen Plan darstellt.» (Jack, 66)
Z_Added Value
1 Ergebnissicherung in AR: Vorschläge, die auf die Sicherung von Ergebnissen der Arbeit in der AR-Anwendung abzielen
1.1 Export von Ergebnissen: Vorschläge zur Sicherung von Ergebnissen in Form von exportierten und einsehbaren Dateien (Fotos, Videos) zu abgeschlossenen Arbeiten in der AR-Anwendung
«B: [...] Dass man das halt irgendwie, irgendwo festhalten muss, ich weiss ja auch nicht, ob es da irgend so einen Speicher gibt, wo jedes Kind, was weiss ich, eine personalisierte Brille hat.» (Jade, 43–45)
1.2 Wiederaufnahme von Arbeitsständen: Vorschläge zur Sicherung von Arbeitsständen zur Ermöglichung der Wiederaufnahme der Arbeit in der AR-Anwendung bei zukünftiger Nutzung
«B: [...] Wenn jetzt ein Schüler bearbeitet hat, dass der dann nochmal seine Brille bekommt und daran vielleicht weiterarbeiten kann oder etwas verändern kann.
I: Das wäre auf jeden Fall möglich [...]
B: Genau eben ist ja die Zeit rum und vielleicht ist der noch nicht fertig, dass man da nochmal weiterarbeiten kann.» (Kim, 46–48)
2 Visualisierung nicht-beobachtbarer Vorgänge: Vorschläge, die auf die Visualisierung nicht-beobachtbarer Vorgänge in elektrischen Schaltungen auf Teilchenebene in AR abzielen
«B: [...] Ah jetzt haben wir das gemacht und das sind die Elektronen und die laufen jetzt hier wirklich durch die Kabel, dann wäre das ja viel klarer [...] weil die die Abstraktion nicht (sehen) können.» (Bruno, 18)

Z_Valuation of Prior Knowledge
1 Vorwissen aus dem Alltag: Vorschläge, die auf den Bezug zu alltäglichem Vorwissen abzielen
«B: Und ansonsten, also man könnte wahrscheinlich auch irgendwie in, aus dem Alltag irgendwie noch etwas zeigen, wo das Ganze zur Anwendung kommt.» (Kira, 110)
2 Vorwissen zu symbolischen Darstellungen: Vorschläge, die auf den Bezug zu symbolischen Darstellungen (und ihre optische Korrespondenz zu entsprechenden realen Objekten) abzielen
«B: Also besser fände ich dann, wenn die das zusammensetzen, dass das dann genauso auch zusammengesetzt wird, wie sie es hier auch zusammensetzen, dass das noch mehr konform ist, also mehr deckungsgleich.» (Max, 71)
Z_Flexibility
1 Aufgabenvariation: Vorschläge, die auf das Hinzufügen variierbarer Aufgabentypen in AR abzielen
«B: [...] und da kannst du ja meinetwegen auch, man kann ja da auch, könnte man Memory machen, was weiss ich, man gibt das Schaltbild auf, sagt, das ist die Realität, ordne dem unterschiedlichen Setting, ein Schaltbild zu, die Lampe da leuchtet nicht [...]» (Jack, 61)
Z_Feedback
1 Aktionen der Lernenden: Vorschläge, die auf Echtzeit-Feedback zu Aktionen der Lernenden abzielen
1.1 Visuelles Feedback zu Aktionen der Lernenden
«B: Da gibt es ja heute auch schon in Computerprogrammen, in dem Signale auftauchen «das hast du gut gemacht» oder «Prima». Also oder irgendwelche Icons aufleuchten zur Bestätigung der Arbeit von Schülern.» (Freddie, 66)
1.2 Akustisches Feedback zu Aktionen der Lernenden
«B: Dass man die irgendwie Voice Mitteilungen, das hast du jetzt gut zusammengebaut [...]» (Bea, 70)
2 Aktueller Status der Schaltung: Vorschläge, die auf Echtzeit-Feedback zum aktuellen Status der gebauten Schaltung abzielen
2.1 Visuelles Feedback zum aktuellen Status der Schaltung
«B: [...] Dass was aufleuchtet oder sowas. So wie das eben dieses grüne, dass man mit Farben spielt oder sowas. Dass, wenn das falsch verbunden ist, dass es noch rot umrandet ist oder sowas und dann wird es – wirklich zusammenpasst, wenn man richtig verbunden hat – grün oder sowas.» (Bea, 72)
2.2 Akustisches Feedback zum aktuellen Status der Schaltung
«B: [...] ich weiss ja nicht, ob es da so ein, wie so ein Mikro noch gibt, wo man dann zu einem einzelnen Kind, also wir machen jetzt eine Übungsstunde, die Kinder haben die Brille auf und [...] dass man so einen Befehl eingibt, dass das so eine Computerstimme dem Kind halt irgendwie sagt oder so.» (Jade, 51–55)
Tab. A3: Kategoriensystem «Unterschiede Brille – Tablet» mit Ankerbeispielen

U_Student Control
1 Benutzung der AR-Anwendung auf dem Gerät: Unterschiede zwischen der Tablet- und der Brillen-Variante, die die Navigation vor dem Starten der Schaltsymboliken-Anwendung betreffen.
«B: Gut die Brillen natürlich für Kinder angepasst. Das ist ja logisch (lachen). Auch dass sie selbst sich das einstellen können, aber ich denke, das ist schon ganz einfach.» (Lena, 18)
U_Collaborative Cooperative Learning
1 Ansicht teilen: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version, die das Teilen der Sicht in AR betreffen
1.1 Kollaboration: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version bei der Kollaboration von Lernenden
«B: (lachen) Ich frage mich gerade, ob dazu nicht die Brillen dann vernetzt sein müssten. [...] Also dann sage ich mal so, wenn die dann vernetzte Brillen haben, vielleicht kann man dann auch noch einstellen ne ja oder vielleicht kann man dann auch eine Brille so einstellen, dass das quasi die Masterbrille ist, die dann das vorgibt, was alle anderen dann auch sehen. Denn ich kann mir auch vorstellen, wenn fünf Kinder aus verschiedenen Perspektiven draufgucken, gibt's entweder ein grosses Durcheinander oder irgendein technisches Gerät reguliert das (lachen). Oder jeder sieht dann auch, wie mit den eigenen Augen, wirklich nur seine Version und man ist in der Lage, einfach zu deuten und den Anderen das zu erklären.» (Frank, 15–28)
1.2 Isolation: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version, die Isolation einzelner Lernender in Bezug zu ihrem Umfeld betreffen
«B: Es kann, es kann natürlich sein, dass wenn nur ein Kind diese Brille hat, dass es sich auch schnell erschöpft, dass man, vielleicht müssen wir dann auch, wenn ich mir irgendwie eine Gruppenarbeit vorstelle und jede Gruppe hat eine Brille, vielleicht, müsste man nach so, nach, nach einem ersten Erfahren und Ausprobieren doch auch einige Kinder dann mit etwas anderem beschäftigen, oder sie vielleicht, auf die herkömmliche Art und Weise dann innerhalb einer Gruppe etwas bauen lassen und dass sie dann irgendwie darüber sprechen.» (Kira, 80)
U_Applicability
1 Passung auf Nutzerinnen und Nutzer: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version, die die Passung der Technologien auf die Nutzerinnen und Nutzer betreffen
1.1 Grundschulspezifische Aspekte
1.1.1 Physische und motorische Voraussetzungen: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version im Hinblick auf besondere physische und motorische Voraussetzungen von Kindern im Grundschulalter
«B: Ja, also auf keinen Fall erstes, zweites Schuljahr, das finde ich schwierig. Ich könnte mir auch vorstellen, je länger man diese Brille auf dem Kopf hat, umso angestrengter ist [...]» (Frank, 32)
1.1.2 Kognitive Voraussetzungen: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version im Hinblick auf besondere kognitive Voraussetzungen von Kindern im Grundschulalter

«B: [...] und die Komplexität (der Brillen, eigene Ergänzung, Teilnehmender zeigt auf Brille) muss für Kinder, vor allen Dingen im Grundschulalter natürlich noch deutlich schrumpfen.» (Freddie, 74)
1.2 Allgemeine physische Aspekte: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version im Hinblick auf allgemeine physische Aspekte, die Nutzerinnen und Nutzer jeden Alters betreffen
«B: Also ich muss sagen, das ist halt schon etwas, was halt anstrengend ist, ist dieses ich gucke in die Brille, ich gucke auf die Realität. Da merke ich, da habe ich Adaptionsschwierigkeiten von den Augen her.» (Jack, 21)
U_Motivation
1 Intrinsische Motivation: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version im Hinblick auf die intrinsische Motivation, die bei Lernenden durch die jeweilige Technologie hervorgerufen werden
«B: Ja also das ist auch ganz klar. Ich glaube, die Brille ist der höchste Spassfaktor (lachen). Also in der Rangordnung wird die Brille am meisten begeistern und dann aber auch das Tablet auch. Ja durchaus.» (Freddie, 58)
1.1 Tempo Beschäftigung mit Lerninhalt «Schaltungen» / «Schaltskizzen»
«B: [...] und mit der Brille bin ich für mich, da kann ich in meinem Tempo arbeiten, ich habe auch nicht den Stress: oh Gott wie weit ist der und der. Ich mache einfach nach meinem Tempo und nach meinem Verständnis da weiter. Also deshalb, ich finde beides wichtig, aber um die Motivation zu fördern, finde ich das da noch ein Tick besser.» (Frank, 12)
U_Valuation of Prior Knowledge
1 Bekanntheit aus dem Alltag: Unterschiede zwischen der Tablet-Version und der Brillen-Version, die die Bekanntheit der Technologien aus dem Alltag betreffen
«B: iPads kennen die Kinder schon, ist auch mittlerweile in Fleisch und Blut übergegangen, daher, dass sie es auch von zuhause kennen.» (Jack, 75)

Themenheft Nr. 51:

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

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

Effekte eines Augmented Reality Escape Games auf das Lernen über Fake News

Josef Buchner¹ 

¹ Pädagogische Hochschule St. Gallen

Zusammenfassung

Die Verbreitung von Fake News im Internet und in sozialen Netzwerken schadet zunehmend dem gesellschaftlichen Zusammenleben, etwa indem das Vertrauen in demokratische Strukturen und Institutionen untergraben wird. Das Erkennen von Fake News ist schwierig, da Onlineinformationen mehr vertraut wird als klassischen Medien und Fake News emotionalisierend und vertrauenswürdig gestaltet werden. Um diesem Problem zu begegnen, braucht es authentische und innovative Bildungsangebote, die sowohl Wissen über Merkmale von Fake News vermitteln als auch eine kritischere Einstellung gegenüber Onlineinformationen fördern. In der bisherigen Forschung haben sich (digitale) Spiele hierfür als vielversprechend herausgestellt. In dieser Studie wird untersucht, ob auch ein Augmented-Reality-basiertes Escape Game Lernziele adressieren kann, die für den Unterricht über Fake News relevant sind. Um diese Frage zu beantworten, wurde ein Vortest-Nachtest Design mit 27 Schüler:innen durchgeführt. Wie die Ergebnisse zeigen, kann das untersuchte Spiel «Escape Fake» Wissen über Fake News vermitteln, die Fähigkeit fördern, die Zuverlässigkeit von Informationen zu erkennen, zu einer kritischeren Haltung gegenüber der Vertrauenswürdigkeit von Onlineinformationen beitragen sowie die Zuversicht stärken, auch in Zukunft Fake News zu erkennen. Auf der Basis der Ergebnisse dieser ersten Pilotstudie kann das Spiel als Bildungsressource für den Einsatz im Fake News-Unterricht empfohlen werden. Weitere Forschung ist jedoch notwendig, um die Effekte zu erklären und die Effektivität zu erhöhen.

Effects of an Augmented Reality Escape Game on Learning about Fake News

Abstract

The spread of fake news on the Internet and in social networks is increasingly damaging societies, for example by undermining trust in democratic structures and institutions. Recognizing fake news is difficult because online information is trusted more than traditional media and the design of fake news is emotional and made to be trustworthy. To address this problem, authentic and innovative learning environments are needed

that both deliver knowledge about the characteristics of fake news and promote a more critical attitude toward online information. In previous research, (digital) games have shown to be promising for this purpose. In this study, we investigate whether an augmented reality-based escape game can also address learning goals that are relevant for fake news education. To answer this question, a pretest-posttest field study was conducted with 27 students. As the results show, the Escape Fake game studied can provide knowledge about fake news; promotes the ability to distinguish true and false information; contributes to a more critical attitude toward the trustworthiness of online information; and increases confidence in being able to recognize fake news in the future. Based on these findings, we recommend using the game as an educational resource in fake news education. However, more research is necessary to better understand the effects and to improve the effectiveness of the game.

1. Einleitung

Die gezielte Verbreitung von Falschnachrichten, *Fake News*, im Internet und den sozialen Medien schadet zunehmend weltweit dem gesellschaftlichen Zusammenleben. Fake News beeinflussen politische Entscheidungen, schüren Demokratiefeindlichkeit, reduzieren das Vertrauen in staatliche Organisationen und wissenschaftliche Erkenntnisse, legitimieren Verschwörungserzählungen und können, im schlimmsten Falle, zu gewalttätigen Handlungen führen, etwa rassistisch-motivierten Angriffen und Anschlägen (z. B. Comerford und Gerster 2021; Lewandowsky et al. 2020; Traberg, Roozenbeek, und van der Linden 2022).

Nutzende sozialer Netzwerke und anderer Plattformen im Internet stehen vor der Herausforderung, Fake News von wahren Informationen und Nachrichten unterscheiden zu können. Dies erweist sich als schwierig, da Fake News professionell aufbereitet werden, bekannte Nachrichtenformate nachahmen und emotionale Themen aufgreifen. In der Folge werden Postings ohne Überprüfung geteilt, auch weil Onlineinformationen zunehmend mehr vertraut wird als klassischen Medienformaten (z. B. Barzilai und Chinn 2020; Melki et al. 2021).

Um dieser Herausforderung zu begegnen, braucht es authentische und innovative Bildungsangebote, die der Komplexität der Bekämpfung von Fake News gerecht werden. Adressiert werden sollen sowohl Wissens- als auch Einstellungsziele, etwa eine kritischere Haltung gegenüber der Vertrauenswürdigkeit von Onlineinformationen (Barzilai und Chinn 2020; Chinn, Barzilai, und Duncan 2021).

In der bisherigen Forschung haben sich dafür spielerische und problembasierte Bildungsangebote als vielversprechend herausgestellt (z. B. Roozenbeek und van der Linden 2019b; Scheibenzuber, Hofer, und Nistor 2021).

Paraschivoiu et al. (2021) haben mit *Escape Fake* ein Augmented-Reality-basiertes Escape Game für den Einsatz im Fake News Unterricht entwickelt. Das Spiel hat sich in einer ersten Studie als motivierende und emotional-anregende Bildungsressource herausgestellt. Eine Überprüfung auf Lerneffekte hat bislang jedoch nicht stattgefunden. Diese Studie greift diesen Umstand auf und untersucht, ob *Escape Fake* vier in der Literatur identifizierte Lernziele für den Fake News Unterricht erfolgreich adressieren kann.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Fake News

Unter dem Begriff «Fake News», Falschnachrichten, werden Informationen subsumiert, die nachweislich falsch sind und echte Nachrichtenmedien nachahmen (Allcott und Gentzkow 2017; Lewandowsky et al. 2020). Drei Arten von Fake News können unterschieden werden: *Desinformationen* werden bewusst und zielgerichtet erzeugt sowie verbreitet, um Schaden zu verursachen. *Fehlinformationen* sind falsche Informationen, die verbreitet werden, jedoch ohne konkrete Schadensabsicht. *Malinformationen* beruhen auf wahren Informationen, deren Verbreitung jedoch mit der Absicht erfolgt, Schaden zu verursachen (Wardle und Derakhshan 2017; Turčilo und Obrenović 2020).

Allen drei gemein ist, dass sie zur Meinungsbildung beitragen und damit das gesellschaftliche Zusammenleben beeinflussen. Dies betrifft zum Beispiel politische Wahlen und Entscheidungen, die Einstellung zum menschengemachten Klimawandel sowie das Vertrauen in Impfungen, staatliche Institutionen und wissenschaftliche Erkenntnisse (Traberg, Roozenbeek, und van der Linden 2022). Das Phänomen der Falschnachrichten ist keineswegs neu, hat aber aufgrund von Social Media und anderen Plattformen im Internet eine Dynamik entwickelt, die es in der Medienlandschaft zuvor nicht gegeben hat (Lewandowsky, Ecker, und Cook 2017). So werden etwa Fake News online öfter geteilt als wahre Informationen und Filterblasen sowie Echokammern sorgen dafür, dass die eigene Meinung durch Postings Gleichgesinnter bestätigt und weiter gefestigt wird (Cooke 2017).

Am Beispiel der Covid-19 Pandemie lässt sich die Dynamik und Gefahr von Fake News demonstrieren: Mit Beginn der weltweiten epidemischen Lage explodierte die Verbreitung falscher Informationen über das Coronavirus, die Impfung sowie Behandlungsmöglichkeiten. Die Weltgesundheitsorganisation WHO spricht von einer «Infodemie», die zusätzlich zur Pandemie bekämpft werden muss – «*We are not just fighting an epidemic; we're fighting an infodemic...*» (World Health Organization 2020; Zarocostas 2020). Besonders gefährlich sind die vermeintlichen

Behandlungsmöglichkeiten, um sich entweder vor Ansteckung zu schützen oder eine schnellere Genesung herbeizuführen. Unter anderem wurde das Trinken von Bleichmittel empfohlen, welches nachweislich der eigenen Gesundheit schadet (Traberg, Roozenbeek, und van der Linden 2022). Hinsichtlich der Impfung zeigt sich, dass Fake News das Vertrauen in diese reduzieren und in der Folge die Immunisierung abgelehnt wird (van der Linden 2022).

Weitere Auswirkungen sind das Misstrauen in politische Institutionen sowie das Wiedererstarken antisemitischer und rassistisch-motivierter Verschwörungstheorien (Comerford und Gerster 2021).

Die Gründe für den «Erfolg» von Fake News sind vielschichtig und komplex. Wie bereits erwähnt, ahmen diese echte Nachrichtensendungen nach, zum Beispiel indem bekannten TV-Designs übernommen werden. Weiter behandeln Fake News meist gesellschaftlich sensible Themen, die mittels emotionaler (multimedialer) Botschaften so aufbereitet werden, dass Adressat:innen sich persönlich angesprochen und betroffen fühlen. Generell zeigt sich, dass bei der Gestaltung von Fake News intendiert wird, dass diese einfach und schnell in den sozialen Netzwerken geteilt werden können (Scheibenzuber, Hofer, und Nistor 2021).

Dieses professionelle Aussehen von Fake News macht es für User:innen von Social Media schwierig, falsche und echte Informationen voneinander zu unterscheiden. Dies zeigt sich sowohl in nationalen als auch in internationalen Studien (z. B. Kahne und Bowyer 2017; Paus und Börsch-Supan 2020).

Ein weiterer Aspekt betrifft das sinkende Vertrauen in klassische Informationsmedien, etwa Zeitungen oder Nachrichtensendungen des öffentlich-rechtlichen Rundfunks (Barzilai und Chinn 2020). Zeitgleich steigt das Vertrauen in Online-Informationen, was dazu führt, dass diese keiner kritischen Betrachtung unterzogen und ohne eigene Überprüfung des Inhalts weiterverbreitet werden (Melki et al. 2021).

All diese Entwicklungen haben dazu geführt, dass Forschende von einer postfaktischen Welt – *post-truth world* – sprechen. In dieser Welt zählen Emotionen und die eigene Meinung mehr als Fakten, Argumente und Rationalität (McIntyre 2018; Turčilo und Obrenović 2020; Chinn, Barzilai, und Duncan 2021). Bildungsinstitutionen müssen darauf reagieren und Lernangebote entwickeln, sodass diesen Entwicklungen entgegengesteuert werden kann. Was es dazu braucht und wie solche Lernangebote aussehen können, wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

2.2 Lernen über Fake News

Fake News entgegenzutreten ist eine komplexe Aufgabe, die postfaktische Welt ist eine *epistemisch unfreundliche* (Chinn, Barzilai, und Duncan 2021). Um dennoch effektive Lehr- und Lernangebote bereitstellen zu können gilt es zu klären, was in solchen vermittelt werden soll. Barzilai und Chinn (2020) beschreiben hierzu vier Bereiche:

1. Vermittlung von Wissen und Fähigkeiten, um wahre und falsche Informationen unterscheiden zu können.
2. Stärkung der epistemischen Wachsamkeit, sodass die Vertrauenswürdigkeit von Onlinequellen hinterfragt wird.
3. Förderung einer intellektuellen Haltung, damit sich Menschen am Prozess der Wahrheitsfindung beteiligen (wollen).
4. Vertrauen in Wissenschaft und Forschung wiederherstellen, zum Beispiel indem eigene Forschungsprojekte durchgeführt werden oder erlernt wird, wie unter Einbezug wissenschaftlicher Quellen argumentiert werden kann.

Um diese Bereiche effektiv adressieren zu können, braucht es innovative Lehr- und Lernangebote, die etwa authentische Lernerfahrungen und eine aktive Auseinandersetzung mit der Problematik von Fake News ermöglichen (Chinn, Barzilai, und Duncan 2021; Roozenbeek und van der Linden 2019a). In der bisherigen Literatur haben sich hierfür vor allem (digitale) Spiele und problembasierte didaktische Designs als effektiv herausgestellt.

Scheibenzuber, Hofer und Nistor (2021) entwickelten und evaluierten einen mehrwöchigen problembasierten Kurs für Studierende. Im Kurs bearbeiteten die Studierenden Nachrichten zum Thema Migration. Wie die Ergebnisse des Vortest-Nachtest-Designs zeigen, waren die Studierenden nach dem Kurs signifikant besser in der Lage, die Glaubwürdigkeit von Nachrichtenbeiträgen einzuschätzen. Die Stärke des Effekts ist mit $\eta^2 = 0.64$ gross.

Roozenbeek und van der Linden (2019a) entwickelten das Kartenspiel *fake news game*. Im Spiel schlüpfen Lernende in verschiedene Rollen, die jeweils einen eigenen Standpunkt vertreten und zu dessen Stärkung Fake News produzieren. Ergänzt wird das Spiel um ein Informationsblatt mit den Fakten zu den jeweiligen Standpunkten. Das Kartenspiel wurde an einer niederländischen Sekundarschule getestet. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die das Spiel nicht spielte und ein anderes Thema behandelte, konnten die Spielenden Fake News Artikel signifikant besser erkennen.

In einer Folgestudie haben Roozenbeek und van der Linden (2019b) basierend auf dem Kartenspiel das Onlinespiel *Bad News Game*¹ entwickelt und in einem Vortest-Nachtest-Design evaluiert. Das Spiel wurde unter anderem von der BBC beworben, weshalb Daten von über 14.000 Spielenden gesammelt werden konnten.

1 www.getbadnews.com.

Als Erhebungsinstrument dienen Twitter-Postings, deren Zuverlässigkeit auf einer 7-stufigen Likert-Skala beurteilt werden musste. Die Teilnehmenden konnten die Zuverlässigkeit dieser Postings nach dem Spielen signifikant besser beurteilen, die Effektstärke ist mit $\eta^2 = 0.27$ gross.

Basol, Roozenbeek und van der Linden (2020) konnten die Effekte des *Bad News Game* bestätigen. Im Vergleich zu einer Gruppe von Personen, die das Spiel Tetris spielte, waren die Teilnehmenden der Experimentalgruppe signifikant besser in der Lage, Fake News Postings zu beurteilen. Zudem wurde in dieser Studie untersucht, ob das Spielen des *Bad News Game* die Zuversicht fördert, Fake News online identifizieren zu können. Wie die Ergebnisse zeigen, waren die Teilnehmenden der Experimentalgruppe signifikant stärker davon überzeugt, in Zukunft Falschnachrichten von wahren Informationen unterscheiden zu können.

Maertens et al. (2021) konnten zeigen, dass das Spielen des *Bad News Game* auch längerfristig davor schützen kann, Fake News als wahre Nachrichten anzunehmen.

Die positiven Effekte eines Onlinespiels auf die Fähigkeit, falsche von wahren Informationen zu unterscheiden, zeigten sich auch in der Studie von Yang et al. (2021). Keine signifikanten Unterschiede zwischen zwei Kontrollgruppen und der Experimentalgruppe, in der das Spiel *Trustme!* gespielt wurde, fanden die Autor:innen für das Lernziel «kritische Einstellung gegenüber Onlineinformationen».

Weitere Spiele, die sich als effektiv zur Bekämpfung von Fake News herausgestellt haben, sind *Harmony Square*² (Roozenbeek und van der Linden 2020) und *The Cranky Uncle*³ (Cook 2020).

Während es sich bei den bisher beschriebenen Spielen mit Ausnahme des Kartenspiels um gänzlich online-basierte Spiele handelt, (Roozenbeek und van der Linden 2019a), entwickelten Paraschivoiu et al. (2021) mit *Escape Fake*⁴ ein hybrides, AR-basiertes Spiel für den Fake News-Unterricht. Da der Fokus dieser Studie auf den Effekten von *Escape Fake* liegt, folgt nun eine detaillierte Beschreibung des Spiels.

2.3 *Escape Fake*

Escape Fake ist ein *Augmented Reality (AR) Escape Game*, das vom österreichischen Technologieunternehmen *Polycular* für den Einsatz im Fake News Unterricht entwickelt wurde.

AR wird definiert als die computergestützte Erweiterung der Realität (Azuma et al. 2001). In Bildungskontexten hat sich der Einsatz von AR in vielen Studien als vielversprechend herausgestellt (z. B. Schweiger et al. 2022; Garzón et al. 2020). Entscheidend für die Entwicklung von *Escape Fake* war, dass mithilfe von AR die Spielidee

2 <https://harmonysquare.game/en>.

3 <https://crankyuncle.com/game/>.

4 <https://escapefake.org>.

von Escape Games ressourcenschonend realisiert werden kann (Paraschivoiu et al. 2021). AR erlaubt unter anderem die physische Interaktion von Lernenden mit digitalen und analogen Objekten, erzeugt Kontext und simuliert Räumlichkeit (Krüger, Buchholz, und Bodemer 2019). Benötigt werden dafür sogenannte Marker-Bilder, die die digitalen Objekte beinhalten, ein mobiles Endgerät (Smartphone oder Tablet) sowie eine entsprechende AR-Anwendung.

Die Marker-Bilder und die App für die Nutzung von Escape Fake stehen für Lehrpersonen kostenlos zur Verfügung. Insgesamt können zwei unterschiedliche Räume gespielt werden. Im Rahmen dieser Studie wurde nur der erste Raum – *The Bus Situation* – untersucht. Die folgenden Beschreibungen beziehen sich daher auf den ersten Raum in Escape Fake.

In *The Bus Situation* erhalten die Lernenden zunächst eine Freundschaftsanfrage von Hannah Lee May, die sich als Reverse *History Hacker* vorstellt. Nach Annahme der Freundschaftsanfrage bittet sie die Spielenden, sie bei der Lösung eines Falles zu unterstützen. In dem Fall geht es um einen Busunternehmer, der sich aufgrund von im Netz veröffentlichten manipulierten Bildern mit dem Vorwurf der Schlepperei konfrontiert sieht. Aufgabe der Spielenden ist es, den Ruf des Busunternehmers wiederherzustellen, die Fake News vom Netz zu nehmen und den Betrug aufzudecken (Paraschivoiu et al. 2021).

Um diese Aufgaben zu erfüllen, müssen die Spielenden Rätsel lösen, die sich hinter den fünf Marker-Bildern verbergen. Mithilfe von AR simuliert jedes Bild einen Raum mit diversen Gegenständen. Sichtbar werden diese, wenn die Bilder mit der App gescannt werden. Abbildung 1 zeigt den Bodenmarker, der sich auf dem Display des Tablets in einen Teppich mit Gegenständen, Bully und Magazin verwandelt. Die Gegenstände können durch Antippen untersucht und eingesammelt werden. Um Rätsel zu lösen, werden die Gegenstände durch Ziehen und Ablegen mit anderen Gegenständen kombiniert (Paraschivoiu et al. 2021).



Abb. 1: Gescannter Bodenmarker mit virtuellen Objekten, die auf dem Display eines Tablet-Computers angezeigt werden.

Nach jeder erfolgreichen Rätselbearbeitung wird ein Multiple-Choice-Quiz freigeschaltet. Die Quizze dürfen mehrmals beantwortet werden und behandeln Grundlagenwissen zur Gestaltung von Fake News, zu Merkmalen vertrauenswürdiger Webseiten sowie über Tools, mit deren Hilfe verdächtige Bilder und Postings überprüft werden können.

Da es sich bei Escape Fake um ein Escape Game handelt, müssen alle Rätsel innerhalb einer vorgegebenen Zeit, hier 25 Minuten, gelöst werden. Schaffen die Lernenden dies nicht, ist das Spiel verloren und muss neu gestartet werden.

In einer ersten Studie hat sich gezeigt, dass das Spiel als motivierend und lernförderlich empfunden wurde. Eine Überprüfung auf Lerneffekte hat jedoch nicht stattgefunden (Paraschivoiu et al. 2021).

Generell lässt sich feststellen, dass Effekte von Escape Games auf die Lernleistung noch wenig untersucht wurden und die wenigen publizierten Studien durchaus kontroverse Ergebnisse berichten (Veldkamp et al. 2020; Makri, Vlachopoulos, und Martina 2021).

Positive Effekte zeigten sich zum Beispiel in Lopez-Pernas et al. (2019) beim Einsatz eines Escape Games im Informatikunterricht. Im Vortest-Nachtest Vergleich konnten die Lernenden ihre Leistung signifikant steigern (Effektstärke $d=0.73$). In

von Kotzebue, Zumbach und Brandlmayr (2022) wurde ein Escape Game für das Lernen im Sexualkundeunterricht evaluiert. Die Lernenden steigerten ihr Wissen im Vortest-Nachtest Vergleich signifikant (Effektstärke $\eta^2 = 0.80$).

Keine Unterschiede nach dem Spielen eines Escape Games fanden die Studien von Cotner et al. (2018), Hou und Li (2014) sowie Clauson et al. (2019). In letztgenannter Studie schnitten die Lernenden in einem Nachtest schlechter ab als im Vortest. In einer nach dem Spielen durchgeführten Umfrage berichteten die Teilnehmenden, dass der zeitliche Druck und der Wettkampfcharakter des Spiels Stress verursacht habe. In Hermanns et al. (2017) fühlten sich die 145 Lernenden während des Spielens eines Escape Games in der Pflegekräfteausbildung überfordert und frustriert. Ähnlich kritisch äusserten sich Lehrende und Lernende in einer Interviewstudie: Schüler:innen nutzen dabei ein professionelles Escape Game für den Biologieunterricht, bezweifelten jedoch den Nutzen des Spiels für den eigenen Wissens- und Kompetenzerwerb. Die Lehrpersonen stellten zudem fest, dass der zeitliche Druck eine vertiefte Auseinandersetzung mit den Inhalten verhindert. Entsprechend erkannten auch sie im Escape Game wenig Potenzial für den Einsatz im Unterricht (Veldkamp, Knippels, und van Joolingen 2021).

3. Vorliegende Studie mit Forschungsfragen

In dieser Studie wird untersucht, ob das AR Escape Game Escape Fake eine effektive Bildungsressource für das Lernen über Fake News darstellt. Wie skizziert, gilt es beim Lernen über Fake News, mehrere Lernbereiche zu adressieren. Dementsprechend wird die Effektivität von Escape Fake anhand von vier Lernzielen und vier Forschungsfragen überprüft:

1. In Anlehnung an Barzilai und Chinn (2020) wird überprüft, ob Escape Fake Grundlagenwissen über Fake News vermitteln kann: *Welche Effekte hat das Lernen mit Escape Fake auf den Erwerb von Wissen zu Fake News?*
2. In Anlehnung an Barzilai und Chinn (2020) sowie Roozenbeek und van der Linden (2019b) wird untersucht, ob nach dem Spielen von Escape Fake die Zuverlässigkeit von Informationen besser unterschieden werden kann: *Welchen Effekt hat das Lernen mit Escape Fake auf das Erkennen der Zuverlässigkeit von Social-Media-Postings?*
3. In Anlehnung an Barzilai und Chinn (2020) sowie Yang et al. (2021) wird überprüft, ob das Spielen von Escape Fake die Einstellung gegenüber Onlineinformationen verändert: *Welchen Effekt hat das Lernen mit Escape Fake auf die Einstellung gegenüber Onlineinformationen?*

4. In Anlehnung an Basol, Roozenbeek und van der Linden (2020) sowie Roozenbeek und van der Linden (2020) wird untersucht, ob das Spielen von Escape Fake die Zuversicht in das Erkennen von Fake News verbessern kann: *Welchen Effekt hat das Lernen mit Escape Fake auf die Zuversicht, zukünftig falsche Nachrichten erkennen zu können?*

4. Methode

4.1 Stichprobe und Design

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde im September 2020 an einem deutschen Gymnasium eine Feldstudie im Vortest-Nachtest-Design durchgeführt. Insgesamt nahmen 27 Lernende (12 Schülerinnen, 15 Schüler) mit einem Durchschnittsalter von 14,4 Jahren ($SD=1,93$ Jahre) teil. Die Studie wurde während der regulären Unterrichtszeit durchgeführt. Die Teilnahme war freiwillig, eine Nichtteilnahme hätte keine Auswirkungen auf schulische Belange gehabt. Die Durchführung der Studie wurde vorab von der Schulleitung genehmigt. Alle für Schulen zum Zeitpunkt der Durchführung geltenden Hygienemassnahmen aufgrund der Covid-19 Pandemie wurden eingehalten.

4.2 Erhebungsinstrumente

Zur Erfassung des Wissenserwerbs wurde ein Test mit acht Fragestellungen entwickelt. Die Fragen orientieren sich an den im Escape Fake Spiel vermittelten Inhalten. Die Lernenden konnten aus vier Antwortmöglichkeiten eine auswählen. Im Vortest bestand die Möglichkeit, die Option «Weiß ich noch nicht» auszuwählen. Eine Beispielfrage lautet «Warum werden Fake News verbreitet?». Insgesamt konnten im Wissenstest acht Punkte erzielt werden.

Um zu testen, ob die Lernenden nach dem Spielen besser in der Lage waren, die Zuverlässigkeit von Nachrichten zu erkennen, wurde auf das von Roozenbeek und van der Linden (2019b) konzipierte Testformat zurückgegriffen. Dieses Testformat sieht vor, dass Lernende simulierte Social-Media-Postings auf einer 7-stufigen Likert-Skala hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit einschätzen. Für diese Studie wurde auf vier von Journalist:innen entwickelte Postings zurückgegriffen, die freundlicherweise zur Wiederverwendung und -veröffentlichung zur Verfügung gestellt wurden (handysektor.de 2017). Abbildung 2 zeigt als Beispiel ein solches Posting, das die Schüler:innen auf einer Skala von 1 = nicht zuverlässig bis 7 = sehr zuverlässig beurteilen sollten.



Abb. 2: Beispiel für ein simuliertes Posting aus dem Zuverlässigkeitstest.

Die Erfassung der Einstellung gegenüber Onlineinformationen erfolgte anhand einer adaptierten Version der von Nee (2019) entwickelten *Information Verification Scale*. Die Skala besteht aus fünf Items, zum Beispiel «Ich sehe mir die ursprüngliche Quelle der Geschichte an». Jedes Item wird auf einer 7-stufigen Likert-Skala von 1 = nie bis 7 = immer beantwortet (Vortest Cronbachs $\alpha = 0,84$; Nachtest Cronbachs $\alpha = 0,83$).

Um zu erheben, ob das Spielen von Escape Fake die Zuversicht in das Erkennen zukünftiger Fake News fördern kann, wurde die von Khan und Idris (2019) entwickelte *Self-efficacy in recognising misinformation* Skala adaptiert. Die Skala besteht aus drei Items, von denen jedes auf einer 7-stufigen Likert-Skala von 1 = stimme nicht zu bis 7 = stimme ganz zu beantwortet wird. Ein Beispiel item lautet «Ich bin gut darin, falsche Informationen, Geschichten und Nachrichtenmeldungen, die im Internet und den sozialen Medien verbreitet werden, zu erkennen» (Vortest Cronbachs $\alpha = 0,68$; Nachtest Cronbachs $\alpha = 0,82$).

4.3 Ablauf

Die Untersuchung fand in der Aula der Schule statt. Der Autor brachte die für das Spielen von Escape Fake benötigten Markerbilder in mehrfacher Ausführung mit und befestigte diese vorab an den Wänden. Auch die Tablet-Computer, iPads, wurden vom Versuchsleiter mit bereits installierter Escape Fake App gestellt. Eine Verbindung zum Internet wurde über W-Lan sichergestellt.

Nach Eintreffen der Schüler:innen in der Aula begrüßte der Versuchsleiter die Teilnehmenden, informierte über den Versuchsablauf und demonstrierte, wie mithilfe der Tablets die AR-Elemente in Escape Fake sichtbar gemacht werden. Im Anschluss wurde die Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung eingeholt.

Danach startete die Untersuchung mit dem Vortest, der mithilfe von *SoSci Survey* (Leiner 2019) als digitaler Fragebogen zur Verfügung gestellt wurde. Der Fragebogen beinhaltete die vier Erhebungsinstrumente sowie Fragen zu Alter und Geschlecht der Schüler:innen.

Nach Abschluss des Fragebogens standen die Befragten auf, begaben sich einzeln mit Tablet-Computer zu den Markerbildern und spielten das Escape Fake Spiel. Teilnehmende, die mit dem Spiel fertig waren, meldeten sich beim Versuchsleiter. Wie in der Literatur zu Escape Games mit Bildungsabsicht empfohlen (z. B. Sanchez und Plumettaz-Sieber 2019), fand nach dem Spielen ein *Debriefing* statt. In dieser Untersuchung fertigten die Schüler:innen dazu eine schriftliche Zusammenfassung der Inhalte des Spiels auf einem Ausdruck an. Das Zusammenfassen in eigenen Worten hat sich in vielen Studien als effektive didaktische Erweiterung multimedialer und spielerischer Lerneinheiten herausgestellt, da sich die Lernenden dabei erneut und vertieft mit den Inhalten auseinandersetzen (Fiorella und Mayer 2021). Entsprechend wurde für diese Studie das Zusammenfassen in eigenen Worten als eine Möglichkeit des Debriefing eingesetzt.

Anschließend wurde der Nachtest, erneut als digitaler Fragebogen, bearbeitet. Insgesamt dauerte die Untersuchung etwa zwei Unterrichtseinheiten (90 Minuten).

5. Ergebnisse

Um die Effekte von Escape Fake auf die vier Lernziele zu überprüfen, wurde eine MANOVA mit Messwiederholung gerechnet (alle Korrelationen zwischen den abhängigen Variablen: $r < 0.8$; Datensatz verfügbar via <https://t1p.de/arescape>). Dazu wurden zunächst die Daten entsprechend aufbereitet:

Richtige Antworten im Wissenstest wurden summiert, insgesamt waren jeweils acht Punkte zu erreichen.

Drei simulierte Postings der Zuverlässigkeitsaufgabe waren Fake News, weshalb hier die Werte umkodiert wurden. Durch die Umkodierung wird gewährleistet, dass hohe Werte richtige Einschätzungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit repräsentieren.

Die Einzelitems der Skala zur Einstellung gegenüber Onlineinformationen und der Skala zur Zuversicht in das Erkennen von Fake News wurden jeweils durch Bildung des arithmetischen Mittels aggregiert.

In die Analyse aufgenommen wurden ausschliesslich Datensätze von Spielenden, die das Escape Game erfolgreich absolvierten. In dieser Studie waren dies alle 27 Lernenden. Die deskriptiven Werte für alle vier Variablen aus dem Vortest und Nachtest sind in Tabelle 1 dargestellt.

Variable	Vortest		Nachtest	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Wissen	3,63	2,08	5,48	1,85
Erkennen der Zuverlässigkeit	5,32	0,89	5,69	0,79
Einstellung gegenüber Onlineinf.	3,74	1,38	4,44	1,30
Zuversicht in das Erkennen	3,82	1,27	4,58	1,46

Tab. 1: Deskriptive Statistik der vier Variablen.

Für die MANOVA mit Messwiederholung wurden die Ergebnisse der vier Erhebungsinstrumente aus Vortest und Nachtest als abhängige Variablen definiert. Der multivariate Vergleich zeigt einen signifikanten Haupteffekt, $F(4, 23) = 12,89$, $p < 0,00$, $\eta^2 = 0,69$.

Die Ergebnisse der univariaten Analyse zeigen, dass sich das Spielen von Escape Fake positiv auf alle vier Lernziele ausgewirkt hat (Tabelle 2):

Variable	Vort.	Nacht.	$F(1, 26)$	p	η^2
	<i>M</i>	<i>M</i>			
Wissen	3,63	5,48	28,187	<0,00	0,520
Erkennen der Zuverlässigkeit	5,32	5,69	11,209	0,002	0,301
Einstellung gegenüber Onlineinf.	3,74	4,44	22,706	<0,00	0,466
Zuversicht in das Erkennen	3,82	4,58	12,437	0,002	0,324

Tab. 2: Deskriptive Statistik der vier Variablen.

- Die Befragten konnten ihr Wissen zu Fake News signifikant erweitern, die Effektstärke ist gross ($F(1, 26) = 28,19$, $p < 0,00$, $\eta^2 = 0,52$).
- Die Befragten waren nach dem Spielen von Escape Fake signifikant besser in der Lage, die Zuverlässigkeit von Social Media Postings zu erkennen, es liegt ein grosser Effekt vor ($F(1, 26) = 11,21$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,30$).
- Die Befragten zeigen sich nach der Intervention kritischer gegenüber der Zuverlässigkeit von Onlineinformationen, die Effektstärke ist gross ($F(1, 26) = 22,71$, $p < 0,00$, $\eta^2 = 0,47$).

- Die Zuversicht, auch in Zukunft Fake News erkennen zu können, ist nach dem Spielen von Escape Fake signifikant höher, der vorliegende Effekt ist gross ($F(1, 26) = 12,44, p < 0,01, \eta^2 = 0,32$).

6. Diskussion

Das Ziel dieser Studie war zu untersuchen, ob das frei zur Verfügung stehende AR Escape Game Escape Fake eine effektive Bildungsressource für den Einsatz im Fake News Unterricht darstellt. Um diese Frage beantworten zu können, wurden, basierend auf der bisherigen Literatur (z. B. Barzilai und Chinn 2020; Chinn, Barzilai, und Duncan 2021; Lewandowsky et al. 2020) vier für den Fake News Unterricht relevante Lernziele definiert:

- Erwerb von Wissen über Fake News,
- Förderung der Fähigkeit, die Zuverlässigkeit von Social Media Postings zu erkennen,
- Stärkung einer kritischen Haltung gegenüber Onlineinformationen und
- Stärkung des Vertrauens in die eigene Fähigkeit, Fake News auch in Zukunft erkennen zu können.

Wie die Ergebnisse aus dem Vortest-Nachtest Forschungsdesign zeigen, kann Escape Fake alle vier Lernziele mit grossen Effektstärken adressieren.

Die Schüler:innen haben durch das Spielen von Escape Fake ihr *Wissen über Fake News* signifikant erweitern können und waren nach dem Spielen signifikant besser darin, die Zuverlässigkeit von *simulierten Postings* aus den sozialen Medien einzuschätzen. Zudem zeigten sie sich nach der Intervention kritischer in der *Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit* von Onlineinformationen und waren zuversichtlicher, auch in Zukunft Fake News erkennen zu können.

Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Studien, in denen gezeigt wurde, dass problembasierte und spielerische Lernumgebungen empfehlenswerte Ansätze zur Bekämpfung verschiedener Problematiken von Fake News darstellen (z. B. Scheibenzuber, Hofer, und Nistor 2021; Roozenbeek und van der Linden 2020, 2019b, 2019a; Yang et al. 2021).

Gänzlich neu an der vorliegenden Studie ist, dass der Nachweis für ein AR Escape Game erbracht wurde. Wie in Abschnitt 2.3 skizziert, liegen für Escape Games mit Bildungsabsicht zum einen kontroverse Erkenntnisse hinsichtlich der Lerneffektivität vor, zum anderen wurden erst wenige Studien mit Messung von Lernergebnissen durchgeführt und publiziert. Diese Untersuchung erweitert somit auch die empirische Befundlage zur Lerneffektivität von Escape Games. Die gefundenen Effektstärken sind vergleichbar mit jenen in Lopez-Pernas et al. (2019) und von Kotzebue,

Zumbach und Brandlmayr (2022). Die Ergebnisse kontrastieren mit anderen Studien, die keine oder negative Effekte beim Einsatz eines Escape Games zum Zweck des Lernens fanden (z. B. Clauson et al. 2019; Hou und Li 2014).

Ebenfalls neu an der vorliegenden Studie ist, dass vier Lernziele überprüft wurden. In anderen Studien wurden meist ein oder zwei Ziele, z. B. das Erkennen von Fake News und die Einstellung gegenüber Onlineinformationen (Yang et al. 2021), thematisiert. In Studien zu Escape Games mit Bildungsabsicht fehlte eine Überprüfung auf verschiedene Lernziele bisher auch.

Theoretisch lassen sich die positiven Effekte von Escape Fake anhand der von Paraschivoiu et al. (2021) im Spiel realisierten lernförderlichen Gestaltungsmerkmale erklären: Escape Fake ist als Serious Game geplant und konzipiert. Entsprechend werden Lernende während des Spielens nicht gänzlich allein gelassen, sondern von Hannah Lee May, einer pädagogischen Agentin, unterstützt. Anders als in gänzlich explorativ angelegten Spielen, wird dadurch eine kognitive Überforderung verhindert und effektives Lernen kann stattfinden (de Jong und Lazonder 2014; Westera 2019). Einen weiteren wichtigen Aspekt für die Lerneffektivität von Escape Fake stellen die integrierten Multiple-Choice Quizzes dar. Diese können mehrfach wiederholt und ohne zeitlichen Druck bearbeitet werden. Letzteres wird durch das Anhalten der ablaufenden Zeit gewährleistet, womit ein intensives Nachdenken über die Inhalte der Quizzes ermöglicht wird. Der zeitliche Druck und die fehlende Zeit sich vertieft mit den Inhalten auseinanderzusetzen, wurde unter anderem von Lehrpersonen und Schüler:innen in Veldkamp, Knippels und van Joolingen (2021) als problematisch für das Lehren und Lernen mit Escape Games berichtet.

Weitere lernförderliche Merkmale in Escape Fake betreffen die soziale Eingebundenheit, etwa durch das gemeinsame Lösen der Rätsel mit Hannah Lee May, die Übernahme der Verantwortung für das Unternehmen des Busfahrers und die affektiv-emotionale Eingebundenheit, etwa aufgrund der Geschichte. Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass in Escape Fake die Grundlagen für effektives spielerisches Lernen umgesetzt wurden und dementsprechend sich Effekte auf verschiedene Lernziele nachweisen lassen (Plass, Homer, und Kinzer 2015).

Auf der Basis der vorliegenden Befunde kann das AR Escape Game Escape Fake in Kombination mit der Debriefing-Aufgabe des Zusammenfassens mit eigenen Worten für die Unterrichtspraxis empfohlen werden. Es erlaubt die Adressierung verschiedener Lernziele, steht kostenlos zur Verfügung und kann aufgrund der Technologie AR und der Spielidee sicherlich die Aufmerksamkeit für die Thematik Fake News bei Schüler:innen stimulieren. Während der Untersuchung hat sich zudem gezeigt, dass das Spiel nach der Installation der App ohne Internetverbindung gespielt werden kann.

Eine Einschränkung ist, dass für die Platzierung der A4-grossen Markerbilder ausreichend Raum zur Verfügung stehen muss. Im Vergleich zu gänzlich physischen Escape Games ist der Platzbedarf jedoch als gering einzustufen.

Ein Vorteil des AR-basierten Escape Games gegenüber gänzlich digitalen Escape Games ist die Notwendigkeit von Bewegungsausführungen. Schulisches Lernen wird meist als sitzende Tätigkeit wahrgenommen (Moreau 2015), die Simulation der Räumlichkeiten über verschiedene Markerbilder verlangt von den Schüler:innen, diese körperlich-aktiv aufzusuchen und gegebenenfalls, etwa beim Bodenmarker, Ganzkörperbewegungen auszuführen.

7. Limitationen und zukünftige Forschung

Eine Limitation der Studie ist die relativ geringe Anzahl an teilnehmenden Schüler:innen. Folglich können keine allgemeingültigen Aussagen abgeleitet werden. Zukünftige Studien sind notwendig, um die gefundenen Ergebnisse an anderen Schulen, mit anderen Altersgruppen und unter anderen Bedingungen, etwa im Labor, zu überprüfen.

Zudem kann in einer zukünftigen Studie auf Lernziele schulischer Curricula mit Bezug zu Fake News zurückgegriffen werden (z. B. «Digitale Grundbildung» in Österreich; Fasching und Schubatzky 2022) statt wie in dieser Studie auf Lernziele, die gänzlich aus der Forschungsliteratur abgeleitet wurden.

Auch die fehlende Kontrollgruppe stellt eine Limitation dar, die in zukünftigen Studien aufgegriffen werden sollte. Zum Beispiel sollte untersucht werden, wie das Lernen mit Escape Fake verbessert werden kann. Es wäre denkbar, dass – ähnlich wie in Buchner, Rüter und Kerres (2022) – nach einer instruktionalen Vorbereitungsphase besser mit Escape Fake gelernt werden kann. Auch andere didaktische Variationen sollten in weiteren Studien empirisch exploriert werden, etwa inwieweit kollaboratives Lernen oder die Erweiterung des Spiels um Lernstrategien die Effektivität von Escape Fake beeinflusst.

Zum Beispiel hat sich in dieser Studie gezeigt, dass der Einfluss des Spiels auf die Leistung des Erkennens der Zuverlässigkeit von Postings geringer ausfällt als derjenige auf die subjektive Einschätzung, auch in Zukunft Fake News erkennen zu können. Dementsprechend gilt es in zukünftigen Studien zu untersuchen, ob Escape Fake nur den Schein eines Fähigkeitszuwachses generiert, der sich nicht in der tatsächlichen Handlung ausdrückt, dem jedoch durch andere als die in dieser Untersuchung verwendeten Debriefing-Aufgaben entgegengewirkt werden könnte.

Im Sinne einer gestaltungsorientierten mediendidaktischen Bildungsforschung (Kerres 2018) wäre zudem zu empfehlen, gemeinsam mit der Praxis didaktische Designs zu entwickeln, in denen Escape Fake als Teil einer Unterrichtsreihe zu Fake News eingesetzt wird. Evaluationen dieser Designs können dann genutzt werden,

um noch konkretere Empfehlungen für den Einsatz von Escape Fake in der Unterrichtspraxis auszusprechen. Zum Beispiel könnte sich zeigen, dass das Spiel als Einstieg in die Thematik Fake News besser geeignet ist als etwa zum Abschluss einer solchen Unterrichtsreihe.

Eine weitere Limitation der Studie stellen die verwendeten Erhebungsinstrumente dar. Der Wissenstest könnte in einer zukünftigen Studie erweitert werden. Ebendies gilt auch für den Zuverlässigkeitstest, der in zukünftigen Arbeiten um weitere Postings ergänzt werden sollte. Auch eine Unterteilung in einfachere und schwierigere Postings könnte die Aussagekraft dieses Instruments erhöhen.

Zudem könnten weitere Instrumente zum Einsatz kommen, die etwa die Nutzerfreundlichkeit des Escape Fake Spiels erfassen oder das Erleben von Stress sowie anderer lernrelevanter Faktoren während des Lernens mit Escape Spielen erheben, um mögliche negative Effekte erklären zu können.

Die vorliegende Studie berichtet auch keine Langzeiteffekte der Intervention. Dies sollte in zukünftigen Untersuchungen aufgegriffen und berücksichtigt werden.

8. Fazit

Das AR Escape Game Escape Fake versetzt Lernende in eine Geschichte, in der die Problematik von Fake News authentisch erlebt wird und zugleich Informationen über das Aussehen und die Absichten von im Netz verbreiteten Falschnachrichten vermittelt werden. Zudem werden Tools vorgestellt, die bei der Überprüfung verdächtiger Postings oder Bilder helfen können.

Wie diese Studie zeigt, können mit Escape Fake vier relevante Lernziele der Fake-News-Bekämpfung adressiert werden: Die Schüler:innen konnten *Wissen über Fake News* erwerben; steigerten ihre *Fähigkeit, die Zuverlässigkeit von Postings zu erkennen*; berichteten eine *kritischere Haltung gegenüber der Vertrauenswürdigkeit von Onlineinformationen*; und zeigten sich *zuversichtlich, auch in Zukunft Fake News erkennen zu können*.

Das Spiel steht Lehrpersonen als kostenlose Bildungsressource zur Verfügung und kann nach erfolgter Installation der App ohne Internetverbindung genutzt werden. Die einmal ausgedruckten Markerbilder können zudem immer wieder verwendet werden, wodurch insgesamt der Aufwand für die Nutzung von Escape Fake im Unterricht als gering auszuweisen ist.

Zusammengefasst kann das AR Escape Game Escape Fake als interessante Bildungsressource für die Praxis ausgewiesen werden, deren Einsatz, zusammen mit anderen Lehr- und Lernmaterialien, im Unterricht bzw. als Teil einer Unterrichtsreihe zu Fake News empfohlen werden kann.

Literatur

- Allcott, Hunt, und Matthew Gentzkow. 2017. «Social Media and Fake News in the 2016 Election». *Journal of Economic Perspectives* 31 (2): 211–36. <https://doi.org/10.1257/jep.31.2.211>.
- Azuma, R., Y. Bailiot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, und B. MacIntyre. 2001. «Recent Advances in Augmented Reality». *IEEE Computer Graphics and Applications* 21 (6): 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>.
- Barzilai, Sarit, und Clark A. Chinn. 2020. «A Review of Educational Responses to the «Post-Truth» Condition: Four Lenses on «Post-Truth» Problems». *Educational Psychologist* 55 (3): 107–19. <https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1786388>.
- Basol, Melisa, Jon Roozenbeek, und Sander van der Linden. 2020. «Good News about Bad News: Gamified Inoculation Boosts Confidence and Cognitive Immunity Against Fake News». *Journal of Cognition* 3 (1): 2. <https://doi.org/10.5334/joc.91>.
- Buchner, Josef, Martina Rüter, und Michael Kerres. 2022. «Learning with a Digital Escape Room Game: Before or after Instruction?» *Research and Practice in Technology Enhanced Learning* 17 (1): 10. <https://doi.org/10.1186/s41039-022-00187-x>.
- Chinn, Clark A., Sarit Barzilai, und Ravit Golan Duncan. 2021. «Education for a «Post-Truth» World: New Directions for Research and Practice». *Educational Researcher* 50 (1): 51–60. <https://doi.org/10.3102/0013189X20940683>.
- Clauson, Angela, Lindsay Hahn, Tracy Frame, Angela Hagan, Leigh Ann Bynum, Marilyn E. Thompson, und Kelley Kinningham. 2019. «An Innovative Escape Room Activity to Assess Student Readiness for Advanced Pharmacy Practice Experiences (APPEs)». *Currents in Pharmacy Teaching and Learning* 11 (7): 723–8. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.03.011>.
- Comerford, Milo, und Lea Gerster. 2021. «The rise of antisemitism online during the pandemic: a study of French and German content». Luxembourg: European Union. <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/d73c833f-c34c-11eb-a925-01aa75e-d71a1/language-en>.
- Cook, John. 2020. *Cranky Uncle vs. Climate Change: How to Understand and Respond to Climate Science Deniers*. New York, NY: Citadel Press. <https://crankyuncle.com/book/>.
- Cooke, Nicole A. 2017. «Posttruth, Truthiness, and Alternative Facts: Information Behavior and Critical Information Consumption for a New Age». *The Library Quarterly* 87 (3): 211–21. <https://doi.org/10.1086/692298>.
- Cotner, Sarah, Kelly M. Smith, Leah Simpson, David S. Burgess, und Jeffrey Cain. 2018. «Incorporating an «Escape Room» Game Design in Infectious Diseases Instruction». *Open Forum Infectious Diseases* 5 (suppl_1): S401–S401. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofy210.1145>.
- Fasching, Michael, und Thomas Schubatzky. 2022. «Beyond Truth: Teaching Digital Competences in Secondary School against Disinformation». *Medienimpulse* 60 (3). <https://doi.org/10.21243/MI-03-22-19>.

- Fiorella, Logan, und Richard E. Mayer. 2021. «The Generative Activity Principle in Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard E. Mayer und Logan Fiorella, 3. Aufl., 339–50. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.036>.
- 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: 100334. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>.
- handysektor.de. 2017. «Fakt oder Fake: Das Handysektor Fake News Quiz». 2017. <https://www.handysektor.de/artikel/fakt-oder-fake-das-handysektor-fake-news-quiz/>.
- Hermanns, Melinda, Belinda Deal, Ann M. Campbell, Shawn Hillhouse, J. Brian Opella, Casey Faigle, und Robert H. Campbell IV. 2017. «Using an «Escape Room» Toolbox Approach to Enhance Pharmacology Education». *Journal of Nursing Education and Practice* 8 (4): 89. <https://doi.org/10.5430/jnep.v8n4p89>.
- Hou, Huei-Tse, und Ming-Chaun Li. 2014. «Evaluating Multiple Aspects of a Digital Educational Problem-Solving-Based Adventure Game». *Computers in Human Behavior* 30 (January): 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.052>.
- Jong, Ton de, und Ard W. Lazonder. 2014. «The Guided Discovery Learning Principle in Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard E. Mayer, Second Edition, 371–90. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kahne, Joseph, und Benjamin Bowyer. 2017. «Educating for Democracy in a Partisan Age: Confronting the Challenges of Motivated Reasoning and Misinformation». *American Educational Research Journal* 54 (1): 3–34. <https://doi.org/10.3102/0002831216679817>.
- Kerres, Michael. 2018. *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote*. 5. Auflage. Berlin: De Gruyter Oldenbourg.
- Khan, M. Laeeq, und Ika Karlina Idris. 2019. «Recognise Misinformation and Verify before Sharing: A Reasoned Action and Information Literacy Perspective». *Behaviour & Information Technology* 38 (12): 1194–212. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1578828>.
- Kotzebue, Lena von, Joerg Zumbach, und Anna Brandlmayr. 2022. «Digital Escape Rooms as Game-Based Learning Environments: A Study in Sex Education». *Multimodal Technologies and Interaction* 6 (2): 8. <https://doi.org/10.3390/mti6020008>.
- Krüger, Jule M., Alexander Buchholz, und Daniel Bodemer. 2019. «Augmented Reality in Education: Three Unique Characteristics from a User’s Perspective». In *Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education*.
- Leiner, D. J. 2019. *SoSci Survey (Version 3.1.06 [Computer software])*. <https://www.socisurvey.de>.
- Lewandowsky, Stephan, John Cook, Ullrich Ecker, Dolores Albarracín, Michelle A. Amazeen, Panayiota Kendeou, Doug Lombardi, et al. 2020. «*The Debunking Handbook 2020*». <https://doi.org/10.17910/B7.1182>.

- Lewandowsky, Stephan, Ullrich K.H. Ecker, und John Cook. 2017. «Beyond Misinformation: Understanding and Coping with the «Post-Truth» Era». *Journal of Applied Research in Memory and Cognition* 6 (4): 353–69. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2017.07.008>.
- Linden, Sander van der. 2022. «Misinformation: Susceptibility, Spread, and Interventions to Immunize the Public». *Nature Medicine* 28 (3): 460–67. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01713-6>.
- Lopez-Pernas, Sonsoles, Aldo Gordillo, Enrique Barra, und Juan Quemada. 2019. «Analyzing Learning Effectiveness and Students' Perceptions of an Educational Escape Room in a Programming Course in Higher Education». *IEEE Access* 7: 184221–34. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2960312>.
- Maertens, Rakoen, Jon Roozenbeek, Melisa Basol, und Sander van der Linden. 2021. «Long-Term Effectiveness of Inoculation against Misinformation: Three Longitudinal Experiments.» *Journal of Experimental Psychology: Applied* 27 (1): 1–16. <https://doi.org/10.1037/xap0000315>.
- Makri, Agoritsa, Dimitrios Vlachopoulos, und Richard A. Martina. 2021. «Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review». *Sustainability* 13 (8): 4587. <https://doi.org/10.3390/su13084587>.
- McIntyre, Lee. 2018. *Post-Truth*. Cambridge, London: MIT Press.
- Melki, Jad, Hani Tamim, Dima Hadid, Maha Makki, Jana El Amine, und Eveline Hitti. 2021. «Mitigating Infodemics: The Relationship between News Exposure and Trust and Belief in COVID-19 Fake News and Social Media Spreading». *PLOS ONE* 16 (6): e0252830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252830>.
- Moreau, David. 2015. «Brains and Brawn: Complex Motor Activities to Maximize Cognitive Enhancement». *Educational Psychology Review* 27 (3): 475–82. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9323-5>.
- Nee, Rebecca C. 2019. «Youthquakes in a Post-Truth Era: Exploring Social Media News Use and Information Verification Actions Among Global Teens and Young Adults». *Journalism & Mass Communication Educator* 74 (2): 171–84. <https://doi.org/10.1177/1077695818825215>.
- Paraschivoiu, Irina, Josef Buchner, Robert Praxmarer, und Thomas Layer-Wagner. 2021. «Escape the Fake: Development and Evaluation of an Augmented Reality Escape Room Game for Fighting Fake News». In *Extended Abstracts of the 2021 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 320–25. Virtual Event Austria: ACM. <https://doi.org/10.1145/3450337.3483454>.
- Paus, Inger, und Johanna Börsch-Supan. 2020. «Die Jugend in der Infodemie. Eine repräsentative Befragung zum Umgang junger Menschen in Deutschland mit Falschnachrichten während der Coronakrise». Vodafone Stiftung Deutschland. <https://www.vodafone-stiftung.de/desinformation-jugend-coronakrise/>.
- Plass, Jan L., Bruce D. Homer, und Charles K. Kinzer. 2015. «Foundations of Game-Based Learning». *Educational Psychologist* 50 (4): 258–83. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>.

- Roozenbeek, Jon, und Sander van der Linden. 2019a. «The Fake News Game: Actively Inoculating against the Risk of Misinformation». *Journal of Risk Research* 22 (5): 570–80. <https://doi.org/10.1080/13669877.2018.1443491>.
- Roozenbeek, Jon, und Sander van der Linden. 2019b. «Fake News Game Confers Psychological Resistance against Online Misinformation». *Palgrave Communications* 5 (1). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0279-9>.
- Roozenbeek, Jon, und Sander van der Linden. 2020. «Breaking Harmony Square: A Game That «Inoculates» against Political Misinformation». *Harvard Kennedy School Misinformation Review*, November. <https://doi.org/10.37016/mr-2020-47>.
- Sanchez, Eric, und Maud Plumettaz-Sieber. 2019. «Teaching and Learning with Escape Games from Debriefing to Institutionalization of Knowledge». In *Games and Learning Alliance*, herausgegeben von Manuel Gentile, Mario Allegra, und Heinrich Söbke, 11385: 242–53. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11548-7_23.
- Scheibenzuber, Christian, Sarah Hofer, und Nicolae Nistor. 2021. «Designing for Fake News Literacy Training: A Problem-Based Undergraduate Online-Course». *Computers in Human Behavior* 121 (August): 106796. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106796>.
- Schweiger, Moritz, Jeffrey Wimmer, Maiyra Chaudhry, Beatriz Alves Siegle, und Dianchu Xie. 2022. «Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality? Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (April): 1–25. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X>.
- Traberg, Cecilie S., Jon Roozenbeek, und Sander van der Linden. 2022. «Psychological Inoculation against Misinformation: Current Evidence and Future Directions». *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science* 700 (1): 136–51. <https://doi.org/10.1177/00027162221087936>.
- Turčilo, Lejla, und Mladen Obrenović. 2020. *Fehlinformationen, Desinformationen, Malinformationen: Ursachen, Entwicklungen und ihr Einfluss auf die Demokratie*. Heinrich-Böll-Stiftung e.V. https://www.boell.de/sites/default/files/2020-08/200825_E-Paper3_DE.pdf.
- Veldkamp, Alice, Liesbeth van de Grint, Marie-Christine P.J. Knippels, und Wouter R. van Joolingen. 2020. «Escape Education: A Systematic Review on Escape Rooms in Education». *Educational Research Review* 31 (November): 100364. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>.
- Veldkamp, Alice, Marie-Christine P. J. Knippels, und Wouter R. van Joolingen. 2021. «Beyond the Early Adopters: Escape Rooms in Science Education». *Frontiers in Education* 6 (März): 622860. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.622860>.
- Wardle, Claire, und Hossein Derakhshan. 2017. «*Information disorder: Toward an interdisciplinary framework for research and policy making*». Council of Europe policy report. Council of Europe.

- Westera, Wim. 2019. «Why and How Serious Games Can Become Far More Effective: Accommodating Productive Learning Experiences, Learner Motivation and the Monitoring of Learning Gains». *Educational Technology & Society* 22 (1): 59–69.
- World Health Organization. 2020. «How fake news about coronavirus became a second pandemic». *Nature*. 11. Mai 2020. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-01409-2>.
- Yang, Soeun, Jae Woo Lee, Hyoung-Jee Kim, Minji Kang, EunRyung Chong, und Eun-mee Kim. 2021. «Can an Online Educational Game Contribute to Developing Information Literate Citizens?» *Computers & Education* 161 (Februar): 104057. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104057>.
- Zarocostas, John. 2020. «How to Fight an Infodemic». *The Lancet* 395 (10225): 676. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30461-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30461-X).

Themenheft Nr. 51:

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

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

Lernen mit Augmented Reality Technologie in der Hochschullehre

Erkenntnisse einer Videostudie mit angehenden Sekundarlehrpersonen

Florian Furrer¹ , Wolfgang Bühler¹ , Corinne Wyss² , Adrian Degonda¹  und Jan A. Hiss³ 

¹ Pädagogische Hochschule Zürich

² Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz (PH FHNW)

³ ETH Zürich

Zusammenfassung

Augmented Reality (AR) ist eine Technologie zur Anreicherung der Wahrnehmung der realen Umwelt mit virtuellen Elementen durch Geräte wie Smartphones, Tablets oder spezielle AR-Headsets wie die HoloLens. AR wird ein grosses Potenzial für den Einsatz in der Bildung zugesprochen. Die Erforschung ihres Einsatzes in der Bildung, insbesondere in Bezug auf die Lehrpersonenbildung, ist jedoch noch lückenhaft. Die Praktikabilität für den Einsatz von AR, der Einfluss auf die Lernprozesse und mögliche Herausforderungen, wie Usability oder Ablenkung, müssen vertieft untersucht werden. Da Lehrpersonen eine zentrale Rolle im Bildungsprozess einnehmen und deren Einstellungen für den Technologieinsatz entscheidend sind, wurde mit 18 angehenden Sekundarlehrpersonen an der Pädagogischen Hochschule Zürich eine Videostudie durchgeführt. Dazu wurde der Einsatz der Molekülbrowser-Software Molegram-Scientist auf dem AR-Headset HoloLens im Rahmen einer kollaborativen Lerneinheit explorativ erforscht. Die Auswertungen zeigen, dass trotz der Neuartigkeit der AR-Headsets und der daraus resultierenden potenziellen Herausforderungen die Lernaufgaben konzentriert gelöst wurden. Die Bedienbarkeit erwies sich als zufriedenstellend und der Umgang mit intuitiven Interaktionsmöglichkeiten, wie der Bewegung im Raum oder die Möglichkeiten zur Kollaboration, wurden intensiv genutzt. Übergreifend kann damit festgehalten werden, dass die AR-Technologie für ein kollaboratives Unterrichtssetting geeignet erscheint und weiter untersucht werden sollte.



Learning with Augmented Reality Technology in Higher Education. Results of a Video Study with Secondary-Level Pre-service Teachers

Abstract

Augmented Reality (AR) is a technology used to enrich the real world with virtual elements by using computer systems like smartphones, tablets, or specialized AR-headsets like HoloLens. Large potential is attributed to the deployment of AR in education. However, research about AR in education is incomplete, especially regarding teacher education. The practicability of AR-deployment, its impact on learning processes and the potential challenges need further attention. Teachers have a central role in educational processes and their attitude towards using technology in the classroom is crucial for its implementation. Therefore, a video study with 18 secondary-level pre-service teachers from the Zurich University of Teacher Education has been realized. In this exploratory study, the molecular browser application Molegram-Scientist was implemented in a collaborative learning unit using the AR-headset HoloLens. The analysis shows that the learning tasks were accomplished in a focused manner, despite AR-headsets being a novelty and therefore potentially distractive. The usability has shown to be satisfactory. Intuitive possibilities to interact, like dislocating in the classroom or to collaborate with other users, were used intensively. In general, the results indicate that AR-technology seems to be suitable for collaborative learning units and should be investigated further.

1. Augmented Reality und deren Einsatz in der Bildung

Bei Augmented Reality (AR) handelt es sich im Gegensatz zu Virtual Reality (VR) um eine Technologie, welche die reale Umgebung direkt oder indirekt in Echtzeit mit computergenerierten Inhalten anreichert, anstatt sie komplett zu ersetzen (Geroimenko 2020; Kaufmann 2003; Kesim und Ozarlan 2012; Carmigniani und Furht 2011). Daraus resultiert eine hybride Welt als Benutzeransicht, welche eine Kombination der Sicht auf die reale Umwelt mit digitalen Informationen und Objekten darstellt (Kaufmann 2003; Nincarean et al. 2013; Schranz 2014). Grundsätzlich sind vielfältige Arten der Augmentation wie beispielsweise Text, Audio, Bilder, Video oder 3D-Objekte möglich (Tzima, Styliaras, und Bassounas 2019; Bower et al. 2014; Kesim und Ozarlan 2012). Augmented Reality ist eine Technologie, welche bereits seit längerem existiert und sich in aktiver Entwicklung befindet. Mit dem technischen Fortschritt findet die Technologie zunehmend auch im Bildungsumfeld breitere Verwendung (Sánchez Luquerna und Diaz 2022).

1.1 Unterschiedliche Gerätelösungen

Augmented Reality kann auf verschiedenen Geräten umgesetzt werden. So gibt es beispielsweise Anwendungen für Smartphones und Tablets, welche durch die integrierte Kamera eine indirekte Sicht auf die Umwelt ermöglichen und diese mit Informationen anreichern. Dedizierte Geräte wie beispielsweise das Microsoft HoloLens-Headset ermöglichen hingegen durch die integrierte Brille mit zwei transparenten Displaybereichen eine direkte Sicht auf die Umwelt. Jede dieser Lösungen bietet für sich Vor- und Nachteile. Aufgrund des singulären Displaybereichs bei Smartphones und Tablets ist die abgebildete hybride Welt beispielsweise nicht wirklich als dreidimensional wahrnehmbar, bei der Headset-Lösung wird hingegen aufgrund der Stereoskopie durch zwei separate Displaybereiche tatsächlich der Eindruck dreidimensionaler Objekte erzeugt. Ein weiterer Vorteil der Headsets liegt darin, dass eine einfache intuitive Interaktion mit der Umgebung möglich ist, ohne dass zusätzliche Geräte bedient werden müssen (Kazanidis, Pellas, und Christopoulos 2021; Garzón 2021). Dies geschieht im Fall der HoloLens mittels Handgesten oder der Bewegung des Kopfs. Nachteile sind, dass das bei AR üblicherweise noch kleine Sichtfeld den Realismus der 3D-Projektion einschränkt (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019) und die Kosten für eine Anschaffung der Geräte aktuell hoch sind (Geroimenko 2020). Smartphones und Tablets ermöglichen im Gegenzug eine AR-Lösung mit Geräten, welche entweder bereits vorhanden sind oder kostengünstig angeschafft werden können. Diese Geräte sind zudem im Einsatz erprobt und bieten nebst AR weitere Anwendungsmöglichkeiten (Garzón 2021).

1.2 Lernprozesse unterstützen mit Augmented Reality

Im Bildungsbereich wird AR mit der Erwartung eingesetzt, Lernprozesse zu unterstützen, zu optimieren und zu vereinfachen. Diesbezüglich wird AR eine Vielzahl von Vorteilen und grosses Potenzial zugeschrieben (López-Belmonte et al. 2020; Geroimenko 2020; Sánchez Luquerna und Diaz 2022). Breiter Konsens besteht darin, dass die Lernenden durch AR erhöhte Motivation aufweisen und sich dadurch stärker in den Lernprozess einbringen (Kempke und Zeidler 2022; Mohamad Nizar et al. 2022; López-Belmonte et al. 2020; Kaufmann 2003; Peterson et al. 2020; Sánchez Luquerna und Diaz 2022). Da es sich bei AR um eine Technologie handelt, die in der Bildung noch wenig verbreitet ist, kann AR aufgrund der Neuartigkeit, insbesondere mit Geräten wie den AR-Headsets, ein Lernantrieb sein, was sich positiv auf das Lernen auswirken kann (Peterson et al. 2020; Li und L. Liu 2022; Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019). Es ist allerdings möglich, dass dieser Effekt bei vermehrter Nutzung der Technologie abnehmen wird (İbili et al. 2020).

AR bietet die Möglichkeit, handlungsorientierte Lernformen, beispielsweise praktische Laborarbeiten im Naturwissenschaftsunterricht, einfacher umzusetzen und die Sicherheit stets zu gewährleisten. Die Lehrperson wird dadurch entlastet und hat mehr freie Ressourcen zur Unterstützung der Lernenden (Sánchez Luquerna und Diaz 2022; Kazanidis, Pellas, und Christopoulos 2021; Lee 2012). Zudem müssen weder spezialisiertes Laborequipment noch aufwendig ausgestattete Räumlichkeiten zur Verfügung stehen. Der (Vorbereitungs-)Aufwand für die Experimente, sowohl seitens der Lehrperson als auch der Lernenden, wird reduziert, wodurch die aktive Lernzeit gesteigert werden kann (İbili et al. 2020). Des Weiteren bietet AR die Möglichkeit, mit Objekten und abstrakten Konzepten in Kontakt zu kommen, welche in der realen Welt nicht einfach zugänglich sind (Mohamad Nizar et al. 2022; İbili et al. 2020; Chen et al. 2017). Dazu gehört beispielsweise die submikroskopische Ebene der Atome. AR ermöglicht, diese sonst kognitiv schwer erfassbare Ebene erfahrbar zu machen, sodass das Verständnis der Lernenden und somit der Lernprozess unterstützt wird (Kempke und Zeidler 2022).

Nebst der Eröffnung neuer Darstellungsmöglichkeiten unterstützt AR eine Flexibilisierung des Lernprozesses. Das hierdurch erweiterte Unterrichtsmaterial erlaubt eine verstärkte Schülerorientierung mit flexiblem Lerntempo und stärker individualisierten Lernaufgaben (Kempke und Zeidler 2022; İbili et al. 2020). Die Lernenden werden so zu aktiven Mitgestaltern im eigenen Lernprozess (Kellems, Cacciatore, und Osborne 2019). Ausserdem bietet AR (beispielsweise im Gegensatz zu VR) gute Möglichkeiten, Aufträge kollaborativ zu bearbeiten (Kesim und Ozarlan 2012; Muhammad Nur Affendy und Ajune Wanis 2019). In Bezug auf den Lernzuwachs konnten bereits diverse Studien positive Befunde berichten (İbili et al. 2020; Chen et al. 2017; Geroimenko 2020), allerdings gibt es auch negative Berichte (Peterson et al. 2020) oder Befunde mittelmässiger Effektstärken (Garzón 2021). Langzeitstudien zu dieser Thematik sind noch ausstehend und stellen ein wichtiges Desiderat dar (Geroimenko 2020). In einzelnen Studien werden weitere Vorteile von AR festgestellt, beispielsweise die Reduktion der kognitiven Belastung (Mohamad Nizar et al. 2022) oder eine Erhöhung der Kreativität (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019; İbili et al. 2020).

Der Einsatz von neuartigen AR-Lösungen bringt jedoch auch Nachteile mit sich. Dazu gehören die Erschwerung der Umsetzung in der Klasse aufgrund technischer Probleme (Sánchez Luquerna und Diaz 2022), die limitierten zusätzlichen Verwendungsmöglichkeiten durch die starke Spezialisierung der Geräte auf AR (Kazanidis, Pellas, und Christopoulos 2021) oder hohe Wartungskosten bei dedizierten Geräten, sowie Vorbehalte gegenüber der neuartigen Technik unter den Lehrenden oder Lernenden (Lee 2012). Die Benutzerfreundlichkeit der AR-Lösungen wurde in Studien unterschiedlich bewertet, von einem intuitiven und einfachen Umgang (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019; İbili et al. 2020) bis hin zu Problemen aufgrund

der kognitiven Komplexität der AR-Lösungen (Garzón 2021), was bei Lernenden zu Ablenkungen von der eigentlichen Lernaufgabe führen kann (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019). Zudem bildet das noch beschränkte Angebot an AR-Anwendungen, die für Lehr-Lern-Prozesse nutzbar sind, eine zusätzliche Barriere. Im letzten Jahrzehnt wurden zwar vermehrt AR-Anwendungen für diverse Bildungsstufen und Lerninhalte entwickelt (Garzón 2021; Sánchez Luquerna und Diaz 2022), diese Anwendungen sind jedoch mehrheitlich für Smartphones konzipiert (Kempke und Zeidler 2022; Lee 2012; Geroimenko 2020). Ausserdem sind die technischen Hürden im Zusammenhang mit der Nutzung und Erstellung eigener Anwendungen hoch (Geroimenko 2020; Garzón 2021). Obwohl AR-Anwendungen für diverse Schulfächer vorhanden sind (Geroimenko 2020; İbili et al. 2020; Y. Liu, Sathishkumar, und Manickam 2022), bilden die Naturwissenschaften gefolgt von der Mathematik bislang die häufigsten Einsatzgebiete (Garzón 2021; Geroimenko 2020).

1.3 AR im Naturwissenschaftsunterricht

Im Rahmen der diesem Beitrag zugrunde liegenden Studie wurde eine bestehende AR-Anwendung in Form eines Molekülbrowsers (*Molegram-Scientist*) für das naturwissenschaftliche Lernen im Lehramtsstudium verwendet. Die Anwendung wird später ausführlicher beschrieben. Grundsätzlich hat die Vermittlung der Strukturen von Molekülen das Ziel, den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion besser zu verstehen (Safadel und White 2019) und ist Teil der fachwissenschaftlichen Ausbildung zur Lehrperson auf der Sekundarstufe I. Da dieser Lerninhalt die submikroskopische Ebene betrifft und nicht ohne Hilfsmittel erfahrbar ist, wird er üblicherweise mittels 2D Repräsentationen vermittelt. Dies erschwert eine gedankliche Übersetzung in eine 3D Struktur und birgt Potenzial für Fehlvorstellungen (Peterson et al. 2020). Die Verwendung dreidimensionaler Modelle bietet sich daher an und es gibt hierfür physische Steckbausätze. Damit ist es jedoch schwierig, verschiedene Modelle für mehrere Studierende zur Verfügung zu stellen oder dynamische Prozesse darzustellen (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019). Da AR diese Problematiken aufzufangen vermag, bietet sich diese Technologie als Ergänzung für das Lernen von Molekülstrukturen an (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019; Peterson et al. 2020), auch wenn es teilweise noch starke Limitationen bezüglich der darstellbaren Komplexität gibt (Peterson et al. 2020).

1.4 Erforschung von AR in der Lehrpersonenbildung

Die Erforschung von AR für die Bildung wird seit der Jahrtausendwende intensiviert (López-Belmonte et al. 2020; Garzón 2021; Chen et al. 2017). Dennoch bleibt deren Potenzial bislang noch grösstenteils unerforscht und die Resultatelage zu

Lehren und Lernen mit AR ist noch wenig umfangreich (Mohamad Nizar et al. 2022; Geroimenko 2020). Interessanterweise wurden Lehramtsstudierende bislang kaum untersucht (M. Akçayır und G. Akçayır 2017; Garzón, Pavón, und Baldiris 2019). Dass dieser Untersuchungsfokus lohnend ist, ergibt sich aus der speziellen Funktion der Lehrpersonen im Bildungssystem. Sie besetzen eine Multiplikatorenrolle und sind für den nachhaltigen Einsatz von Medien, wozu auch die AR-Technologie gehört, im Schulfeld verantwortlich (Tzima, Styliaras, und Bassounas 2019). Durch Studien bereits untersucht und belegt ist die Relevanz der Motivation, der Einstellung, des Wissens und der Fähigkeiten der Lehrperson gegenüber dem didaktisch wertvollen Einsatz digitaler Werkzeuge im Allgemeinen (Petko und Döbeli Honegger 2011; Lachner, Scheiter, und Stürmer 2020). Die Sicht von Lehrpersonen, insbesondere deren Affinität, Abneigung, Erfahrungen und Wissen über die AR-Technologie als Instrument im Bildungskontext im Speziellen, ist deshalb ein interessantes Forschungsfeld, zu welchem bislang erst wenige Erkenntnisse vorhanden sind. Daneben stellt die Beforschung von AR-Lerninhalten aus didaktischer und pädagogischer Sicht ein weiteres, dringliches Desideratum dar.

Aufgrund der beschriebenen Befundlage wurde an der Pädagogischen Hochschule Zürich das Projekt «ALex – Augmented Reality in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Eine explorative Studie mit HoloLens im Fachbereich Naturwissenschaft und Technik» lanciert.¹ Das Ziel der Studie lag darin, Chancen und Herausforderungen des Einsatzes von Augmented Reality in der Ausbildung von Lehrpersonen zu ergründen und damit einen Beitrag zum bestehenden Forschungsdefizit zu leisten.

2. Forschungsprojekt ALex – eine explorative Studie mit angehenden Lehrpersonen

2.1 Fragestellung

Die explorative Studie ALex widmet sich der Erforschung des Einsatzes von Augmented Reality, hier am Beispiel der HoloLens, in der Ausbildung angehender Lehrpersonen. Für diesen Beitrag stehen die folgenden Forschungsfragen im Fokus:

- | | |
|--------------------|---|
| Forschungsfrage 1: | Inwiefern wird der Lernprozess durch den Einsatz der HoloLens beeinträchtigt? |
| Forschungsfrage 2: | Wie manifestiert sich der Einsatz der HoloLens in der AR-basierten Arbeitsphase? |
| Forschungsfrage 3: | Inwiefern kann der Einsatz von HoloLens das fachwissenschaftliche Lernverständnis unterstützen? |

¹ Das Projekt wurde durch den Schweizerischen Nationalfonds (SNF) unterstützt. SNF Projektnummer: 10DL19183135.

Um diesen Fragen nachzugehen, wurde eine AR gestützte Lerneinheit entwickelt und mit angehenden Lehrpersonen umgesetzt. Die Studie soll Aufschluss darüber geben, was bei der Entwicklung und dem Einsatz von Augmented Reality im Bildungsumfeld und im Spezifischen in der Lehrpersonenbildung beachtet werden sollte und wo die tatsächlichen Vorzüge zu verorten sind.

2.2 Stichprobe

Die Studie wurde mit 18 angehenden Lehrpersonen der Sekundarstufe I an der Pädagogischen Hochschule Zürich durchgeführt. Das Projekt wurde in verschiedenen fachdidaktischen Modulen im Fach Naturwissenschaft und Technik (NT) des Studiengangs durch den Dozierenden vorgestellt und die Studierenden zur Teilnahme angeregt. Die Studierenden konnten sich anschliessend freiwillig für eine Teilnahme melden. Die Datenerhebungen fanden ausserhalb der regulären Modulzeiten und ohne zusätzliche Anreize zur Teilnahme statt. Die Stichprobe verteilte sich auf 8 weibliche und 10 männliche Proband:innen. Die Studienteilnehmenden waren alle in der Fachausbildung zu Naturwissenschaft und Technik, wobei der Studienstand heterogen war (2 Studierende im 2. Semester, 11 Studierende im 4. Semester, 5 Studierende im 8. Semester). Für die Datenerhebungen wurden die Studienteilnehmenden aufgrund des Lehr-/Lernsettings in vier Gruppen zu je 4 bis 5 Personen aufgeteilt. Für die kollaborative Arbeitsphase wurde jede Gruppe noch einmal in zwei Halbgruppen unterteilt. Die Erhebungen fanden alle im Mai 2019 statt.

2.3 Design

Mit allen vier Gruppen wurde der gleiche, in Abbildung 1 schematisch dargestellte Studienablauf durchgeführt. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Schritte genauer erläutert.



Abb. 1: Studiendesign im Projekt ALEX (eigene Abbildung).

2.3.1 Themenspezifische Einführung

Alle Studierenden haben sich bereits im Rahmen ihrer curricularen Ausbildung mit der Thematik der Proteinstrukturen befasst. Um sinnvoll am praktischen Auftrag arbeiten zu können und da sich die Studierenden in unterschiedlichen Semestern befanden, wurde eine gemeinsame themenspezifische Einführung zu den

fachwissenschaftlichen Grundlagen in Form einer Repetition durchgeführt. Diese fand in einem Setting mit konventioneller Frontallehre statt und war technologieagnostisch. Das Ende der Einführung bildete die Erklärung der Aufgabenstellung und eine Überleitung zum praktischen Arbeiten mit HoloLens.

2.3.2 Papierbasierter Fragebogen

Im zweiten Schritt wurde eine papierbasierte Fragebogenerhebung durchgeführt, welche Fragen zu Motivation, Technikbereitschaft, Erfahrungen mit AR und Weiterem enthielt. Da die damit verbundenen Fragestellungen und Resultate nicht unmittelbar mit den Videodaten zusammenhängen, wurde deren Auswertung separat veröffentlicht. Eine detaillierte Beschreibung und die Auswertung der verwendeten Skalen findet sich bei Wyss et al. (2022).

2.3.3 Einführung in die Bedienung der HoloLens

In dieser Phase konnten die Teilnehmenden erste Eindrücke mit der AR-Technologie sammeln. Da der Umgang mit HoloLens für die Studierenden eine neue Erfahrung darstellte, musste das Gerät und insbesondere dessen Bedienung zuerst eingeführt werden. Allen Studienteilnehmenden wurde eine HoloLens ausgehändigt und auf den Kopfumfang angepasst. Zusätzlich wurde erklärt, wie die vorinstallierte Benutzereinführung gestartet werden kann, woraufhin die Studierenden selbstständig die Einführung absolvierten. Diese erklärte einerseits die mit der Hand auszuführenden Kontrollgesten als auch die Menüführung. Nach dem Einführungsprogramm wurde die Anwendung *Molegram-Scientist* gestartet und mittels einer kurzen Demonstration durch den Dozierenden eingeführt.

2.3.4 Inhaltliche und didaktische Überlegungen zur kollaborativen Gruppenarbeitsphase mit HoloLens

Für die Arbeitsphase wurden die anwesenden Studierenden jeweils in zwei Halbgruppen à 2-3 Personen aufgeteilt, welche in Kollaboration einen Arbeitsauftrag anhand der Applikation *Molegram-Scientist* ausführen mussten. Diese Applikation ist ein Molekülbrowser, welcher speziell für die Verwendung mit der HoloLens-AR-Technologie entwickelt wurde. Die Entwicklung wurde von Jan A. Hiss vom Computer-Assisted Drug Design im Departement für Chemie und Angewandte Biowissenschaften an der ETH Zürich initiiert und geleitet und durch die Firma afca technisch realisiert. Die Anwendung ist nicht frei erhältlich und wurde für diese Studie von der ETH Zürich zur Verfügung gestellt. Abbildung 2 zeigt die Anwendung während der Benutzung.

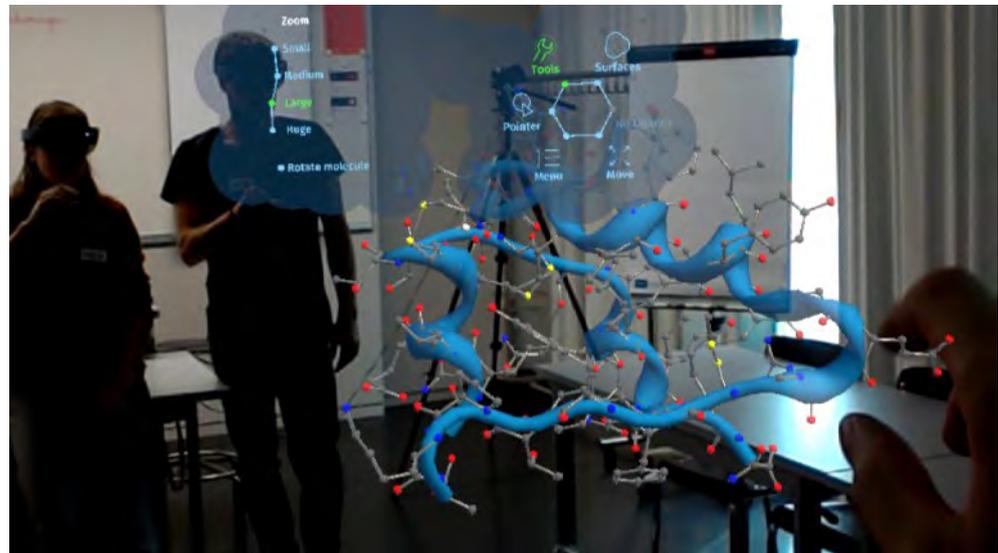


Abb. 2: AR-Molekülbrowser aus Sicht der Nutzenden (eigene Abbildung).

Die Applikation stellt zwei interaktive Möglichkeiten zur Navigation der dreidimensionalen Welt bereit. Zum einen ist es den Benutzenden möglich, das angezeigte Objekt über aufrufbare Menüoptionen zu rotieren, zu skalieren und zu verschieben (virtuelle Nutzung der Interaktivität), was Einfluss auf die Darstellung bei allen Gruppenteilnehmenden hat. Zum anderen können die Teilnehmenden sich aktiv physisch durch den Raum bewegen, was keine Auswirkung auf die Darstellung für andere Teilnehmende hat. Molegram-Scientist bietet zudem verschiedene wissenschaftliche Darstellungsweisen der Proteinstruktur und -eigenschaften an, welche von MOE berechnet werden (Chemical Computing Group ULC 2017). Die Nutzenden können diese nach Belieben aktivieren und deaktivieren.

Die Studienteilnehmenden erhielten den folgenden Auftrag:

Sie werden in der Einheit mithilfe der HoloLens ein Protein in 3D-Konformation sehen können. Im ersten Teil werden Sie mit dem Dozenten zusammen ein Molekül anschauen, danach werden Sie in Gruppen von 2-3 Studierenden Ihr eigenes Molekül manipulieren können.

Ihre Aufgabe:

1. Identifizieren Sie in der Sekundärstruktur (Cartoon) eine Alpha-Helix-Struktur sowie eine Beta-Faltblatt-Struktur.
2. Identifizieren Sie in der Primärstruktur (Sticks and Balls) mindestens zwei Aminosäuren.

3. Lassen Sie sich den Liganden anzeigen und identifizieren Sie dessen Binde-tasche, in der er liegt. Was könnte der Grund dafür sein, dass er als Medika-ment sehr wirksam ist?

Da die Lernenden die in Auftrag 2 geforderten Strukturen der Aminosäuren als Bausteine der Proteine nicht auswendig kannten, wurde ihnen ein ausgedrucktes Arbeitsblatt zur Verfügung gestellt, auf welchem die Strukturen abgebildet sind. Damit wurde eine crossmediale Vorgehensweise angewendet.

Wie bisherige Studien zeigen, ermöglicht AR die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand und bietet mit geeigneten Anwendungen Unterstützung im Bereich des kollaborativen und multimedialen Lernens (Garzón et al. 2020). Bei der Auswahl der Aufgabenstellung wurde nebst der Verfügbarkeit einer entsprechenden AR-Anwendung deshalb darauf geachtet, dass sie eine kollaborative Aufgabenbearbeitung ermöglicht und dass es sich nicht um eine reine Demonstrationsanwendung handelt. Die eingesetzte Anwendung Molegram-Scientist bietet die Möglichkeit, die Darstellung des Moleküls über mehrere Geräte synchron zu halten, und erlaubt den Benutzenden, eine farbige Kugel als Pointer an der Molekülstruktur anzubringen, welche allen Teilnehmenden, deren Brillen miteinander synchronisiert werden, eingeblendet wird. Dies ermöglicht als kollaboratives Tool den Benutzenden, sich gegenseitig Teile des virtuellen Objekts zu markieren und darüber zu diskutieren.

Die Gruppenarbeitsphase wurde videografiert und bildet den zentralen Teil der Datenerhebungen.

2.3.5 Halbstrukturierte Interviews

Nach der Gruppenarbeitsphase wurden mit den Studierenden individuell halbstrukturierte Interviews geführt, um sie zu den Erfahrungen in der praktischen Arbeitssequenz mit der AR-Technologie zu befragen. Diese Datenerhebung wurde bewusst eingebaut, um auch implizite oder in der Videografie nicht sichtbare Aspekte des Umgangs erfassen zu können. Die Interviews wurden mit Audiogeräten aufgezeichnet, transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring 2015) ausgewertet. Da mit diesen Datenerhebungen andere Fragestellungen verfolgt wurden, werden die Ergebnisse der Interviews im Rahmen dieses Beitrages nicht berücksichtigt. Sie wurden jedoch bereits publiziert und können bei Wyss et al. (2021) eingesehen werden.

2.4 Datenerhebung

Wie zuvor erläutert, fanden im Rahmen der Studie verschiedene Datenerhebungen statt. Da die Datenerhebungen und -auswertungen der Videografie umfangreich sind, fokussiert dieser Beitrag auf diese.²

Die Videografie eignet sich als Methode, um die Interaktion der Studienteilnehmenden mit den virtuellen Inhalten und den weiteren Lernenden der Gruppe zu erkunden, da sich diese durch die hohe Aufzeichnungsgenauigkeit und Informationsdichte als ein Interaktionsmikroskop einsetzen lässt und bei korrektem Einsatz sowohl die verbalen als auch die non-verbalen Handlungen der Studienteilnehmenden erfasst (Tuma, Schnettler, und Knoblauch 2013). Ein weiterer Vorteil der Verwendung dieser Methode zeigt sich darin, dass schnell ablaufende Handlungen (wie beispielsweise die Menüaufrufe) im Nachhinein verlangsamt und mehrfach analysiert werden können (Bortz und Döring 2006).

Die in der Studie verwendete Microsoft HoloLens 1 (Markteinführung im Jahr 2016) verfügt über die Möglichkeit, die Perspektive des Gerätenutzers aufzuzeichnen (nachfolgend HoloLens-Stream genannt). Dieser umfasst sowohl die Kameransicht der realen Umgebung wie auch die virtuellen Überlagerungen. Durch die Kameras werden zudem die zur Kontrolle des Geräts notwendigen Gesten (bspw. Menüaufrufe) aufgezeichnet.

Um nebst der Benutzersicht möglichst umfassendes Datenmaterial über die Situation zu erhalten, wurden zusätzlich zwei Standkameras im Raum positioniert. Die aufgezeichneten Videodaten der Standkameras wie auch der HoloLens-Brillen wurden nachträglich manuell synchronisiert und die jeweiligen Tonspuren im synchronisierten Video auf separate Spuren gelegt. Abbildung 3 zeigt eine schematische Darstellung zum Verständnis der Verarbeitung des Rohmaterials und einen Auszug eines Standbilds eines solchen Zusammenschnitts der jeweiligen Aufnahmen.

² Die Darstellung der Resultate zu den Interviews findet sich bei Wyss et al. (2021), die Ergebnisse der schriftlichen Befragung bei Wyss et al. (2022).

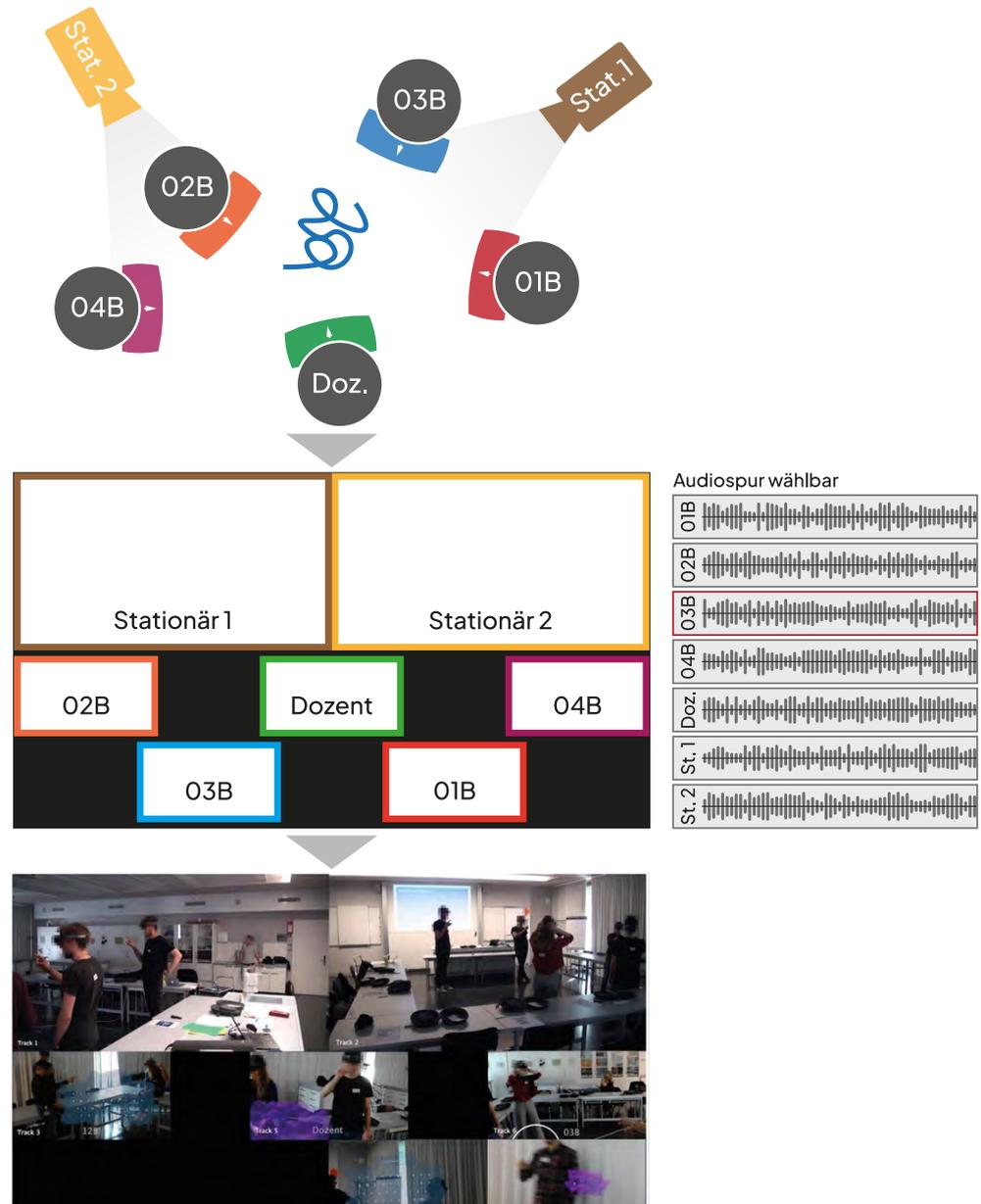


Abb. 3: Schematische Darstellung der Datenerhebungssituation und Standbild des synchronisierten Datenmaterials mit anonymisierten Personen (eigene Abbildung).

Obwohl die Videografie als Methode vermehrt angewandt wird und technische Fortschritte den Einsatz erleichtern, handelt es sich nach wie vor um ein komplexes Untersuchungsverfahren (Tuma und Schnettler 2014). Die Aufzeichnungen der HoloLens-Streams bieten zwar neue Möglichkeiten, steigern im Gegenzug jedoch die Komplexität des Verfahrens (Corsten 2018) und damit die Anfälligkeit auf Störungen.

So sind die HoloLens-Streams im Rahmen der Datenerhebung immer wieder abgebrochen, wodurch substanzielle Lücken im Datenmaterial entstanden sind. Auf die Auswirkungen dieser Informationsverluste wird noch detaillierter eingegangen. Trotz dieser Problematiken lässt sich festhalten, dass Videodaten grundsätzlich als ein valides Instrument gelten (Tuma, Schnettler, und Knoblauch 2013). Die Kodierung der Videodaten wird nachfolgend erläutert.

2.5 Datenauswertung und Kodierung

Die für die Videodaten verwendete eventbasierte Kodierung verlangt nach einem genauen und überschaubaren Kategoriensystem (Bortz und Döring 2006; Rädiker und Kuckartz 2019). Um das System und die Kodierungen möglichst übersichtlich zu gestalten, wurden, wo immer sinnvoll, Kodierungen auf der Ebene der gesamten Gruppe vergeben. Kodierungen für einzelne Proband:innen wurden nur bei individuellen Handlungen (z. B. Menüaufruf) vergeben. Es wurde jeweils die komplette Gruppenarbeitsphase kodiert.

Das entwickelte Kategoriensystem orientierte sich unter anderem daran, die Benutzerfreundlichkeit (Usability) dieser AR-Technologie zu ergründen. Für diese noch junge Technologie ist bislang wenig Forschungsliteratur verfügbar, welche als Bezugssystem für die Entwicklung eines entsprechenden Kategoriensystems dienen könnte, weshalb insbesondere diese Kategorien und Unterkategorien induktiv gebildet wurden. Daneben wurden Kategorien deduktiv auf der Grundlage von konzeptionellen und theoretischen Unterlagen entwickelt. Hierzu wurden Aspekte verwendet, welche für das vorliegende Lehr-/Lernsetting passend sind (bspw. ergonomische Probleme, Ablenkung, Haltung, u. a.), und auf das vorliegende Setting adaptiert (vgl. M. Akçayır und G. Akçayır 2017, 6–8).

Die Analyse des Videomaterials wurde aufgrund des explorativen Charakters der Studie und der geringen Fallzahl in Konsenskodierung von zwei Personen durchgeführt. Das entwickelte Kategoriensystem wurde in einer ersten Phase der Konsenskodierung in MAXQDA 2018 mit zwei Kodierern anhand des Datenmaterials induktiv erweitert (vgl. Herb und Gieß-Stüber 2018; Rädiker und Kuckartz 2019). Dies betraf insbesondere die zusätzliche Feingliederung in Unterkategorien. In einer zweiten Phase wurde das Datenmaterial mit dem erweiterten Kategoriensystem kodiert. Die Kodierung erfolgte eventbasiert. Hierzu wurde jeweils ein «Event» (Ereignis) identifiziert, der betroffene Videoausschnitt möglichst exakt als Segment markiert und mit der zugehörigen Kategorie belegt. Zumeist wurde einem Segment eine Kategorie zugewiesen, in einigen Fällen wurden dem gleichen Segment verschiedene Kategorien zugeteilt. Kategorien, die keinem Segment zugeordnet wurden, wurden im System belassen. Eine Übersicht über das Kategoriensystem inklusive Beschreibungen der einzelnen Kategorien ist im Anhang dieses Beitrages einsehbar.

Für die Kodierung wurde das synchronisierte Video- und Audiomaterial (siehe Abbildung 3) verwendet. Nach Verarbeitung der Videoaufnahmen erwiesen sich 7 der 8 videografierten Teilnehmendengruppen als kodierbar. Die Gruppe A-1 musste im Rahmen der Datenbereinigung entfernt werden, da ihr wegen eines Problems mit der AR-Anwendung die Bearbeitung des Arbeitsauftrages nur eingeschränkt möglich war.

3. Resultate

Im synchronisierten Datenmaterial wurden insgesamt 703 Kodierungen (durchschnittlich 100 Kodierungen pro Gruppe) vergeben. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Kodierungen, welche im Anschluss in Bezug auf die Forschungsfragen betrachtet werden.

Gruppe		A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	Σ
Dauer der kodierten Arbeitsphase (min:sek)		16:40	22:50	22:50	16:17	16:17	13:25	13:25	
Anzahl Personen in Gruppe		2	3	3	2	2	2	2	
1	Hilfestellung, Instruktion								
1.1	fachlich	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.1	Hilfestellung/Input durch Dozent	3	3	2	4	4	8	3	27
1.1.2	Benutzung Arbeitsblatt	16	6	4	13	9	10	20	78
1.2	technisch	0	3	1	0	0	0	0	4
1.2.1	Aufforderung Bewegung	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2.2	Einstellungen	0	0	0	2	2	0	2	6
2	technische Probleme/ techn. Fragen								
2.1	Definition was der Cursor, Pointer etc. ist	0	0	0	0	0	0	0	0
2.2	Probleme bei Positions- Synchronisation	0	0	0	0	0	0	0	0
2.3	fehlende Inhalts- synchronisation	0	0	1	0	0	0	0	1
2.4	*Brille funktioniert nicht, Brillenwechsel, Brillen- ausfall	1	2	0	0	0	0	0	3
3	Nutzung der Interaktivität								
3.1	*virtuell (Nutzung statisch)	1	2	4	12	3	3	2	27
3.2	*Realwelt (Nutzung dynamisch)	42	44	90	54	34	24	40	328

Gruppe		A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	D-1	D-2	Σ
Dauer der kodierten Arbeitsphase (min:sek)		16:40	22:50	22:50	16:17	16:17	13:25	13:25	
Anzahl Personen in Gruppe		2	3	3	2	2	2	2	
4	Usability								
4.1	*Kontrollgesten								
4.1.1	*beim ersten Versuch erfolgreich	2	8	32	11	13	11	5	82
4.1.2	*nach mehr als 1 Versuch erfolgreich	0	2	3	4	10	8	5	32
4.1.3	*nicht erfolgreich	0	3	4	2	7	7	2	25
4.1.4	*nicht intendiert	0	1	4	1	0	1	0	7
4.1.4.1	*durch Eigeneinwirkung	0	1	7	13	5	1	13	40
4.1.4.2	*durch Fremdeinwirkung	1	1	0	6	4	4	1	17
4.2	*physische Anpassungen am Gerät	0	2	2	4	0	4	1	13
5	Lernen mit AR								
5.1	Haltung	-	-	-	-	-	-	-	-
5.1.1	Fachinhalt	-	-	-	-	-	-	-	-
5.2	Unterrichtsideen	-	-	-	-	-	-	-	-
5.3	fachliches Lernen	-	-	-	-	-	-	-	-
5.4	Äusserung zu Unterschied zu traditionellen Lehrformen	-	-	-	-	-	-	-	-
5.5	betreffend Repräsentationsform	-	-	-	-	-	-	-	-
5.6	Überraschen, Erstaunen, Novelty-Effekt	0	0	0	3	0	4	0	7
5.7	Beeinträchtigung durch anderes (Technisches etc.)	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Fachlich	0	0	0	0	0	0	3	3
6.1	Struktur (Primär bis Tertiär)	0	0	0	0	0	1	0	1
6.2	Funktion	0	0	1	0	0	1	0	2
Summe		66	78	155	129	91	87	97	703
* Code auf Ebene einzelner Personen/Individualebene - Kategorie konnte aufgrund der Lücken im Datenmaterial nicht kodiert werden									

Tab. 1: Auswertung des kodierten Datenmaterials.

Forschungsfrage 1: Inwiefern wird der Lernprozess durch den Einsatz der HoloLens beeinträchtigt?

Neuartigkeit und Technik

In der Kategorie 5.6 *Überraschen, Erstaunen, Novelty-Effekt* wurden insgesamt 7 Kodierungen in zwei unterschiedlichen Gruppen (C-1, D-1) vergeben.

Zusätzlich waren Kodierungen für erkannte Ablenkungen vorgesehen, beispielsweise durch technische Probleme oder anderes (Kat. 5.7). Diese Kategorie konnte jedoch aufgrund der Lücken im Datenmaterial nicht kodiert werden.

Usability

Die Verwendung des Menüs ist ein zentraler Aspekt der Bedienbarkeit der Anwendung und erfolgt über eine Geste mit dem Zeigefinger. Die Kodierungen dieser Geste wurden für alle Teilnehmenden separat vergeben und wurden in insgesamt 203 Segmenten kodiert. Davon entfallen 82 auf sofort erfolgreiche Menüaufrufe (Kat. 4.1.1) und 32 auf Menüaufrufe, welche erst nach mehr als einem Versuch erfolgreich waren (Kat. 4.1.2). Des Weiteren wurden 25 fehlgeschlagene Menüaufrufe kodiert (Kat. 4.1.3), d. h. diese waren nicht erfolgreich und wurden von den entsprechenden Proband:innen aufgegeben. Grundsätzlich konnten die Studienteilnehmenden das Menü somit überwiegend erfolgreich aufrufen, auch wenn dafür in ca. 28 % der Fälle mehr als ein Versuch notwendig war. In 64 Fällen kam es allerdings zu unbeabsichtigten Menüaufrufen (Kat. 4.1.4, 4.1.4.1, 4.1.4.2), da die HoloLens fälschlicherweise eine Zeigefingergeste zu erkennen glaubte.

Im Bereich Usability wurden zudem 13 Situationen kodiert, welche Unzufriedenheit mit dem Tragekomfort des Geräts erkennen lassen (bspw. durch Zurechtrücken der Brille oder Veränderung des Umfangs des Kopfbands) (Kat. 4.2).

Lernzeit

Die kollaborative Arbeitsphase der Gruppen dauerte zwischen 13 und 23 Minuten. Obwohl nicht explizit im Kodierschema erfasst, wurde während des Kodierens des Materials ersichtlich, dass die Proband:innen ohne erkennbare Unterbrechungen an der Aufgabe arbeiteten, was eine hohe aktive Lernzeit vermuten lässt.

Forschungsfrage 2: Wie manifestiert sich der Einsatz der HoloLens in der AR-basierten Arbeitsphase?

Nutzung der Interaktivität

Die Nutzung der Interaktivität wurde für jede Proband:in unter zwei Aspekten kodiert: einerseits die Nutzung der Realwelt für die Interaktivität (Kat. 3.2), d. h. die Proband:innen bewegen sich physisch im Raum, um das Molekül herum, darauf zu oder davon weg; andererseits die virtuelle Nutzung der Interaktivität (Kat. 3.1), d. h. die Proband:innen nutzen die Translations-, Rotations- oder Skalierungsfunktionen im Menü der Anwendung. Von den insgesamt 703 Kodierungen entfällt mit 328 Segmenten (46,7 %) ein grosser Anteil auf die Nutzung der Realwelt. Das war 12-mal so häufig wie die Nutzung der virtuellen Möglichkeiten (27 Segmente; 3,8 %).

Hilfestellungen

Der anwesende Dozierende und die Projektmitarbeitenden unterstützten die Proband:innen mit technischen und fachlichen Hilfestellungen und Inputs. Unterstützungen der fachlichen Art (Kat. 1.1.1) wurden während der eigenständigen Gruppenarbeitsphase 27-mal kodiert. Hilfeleistungen technischer Art bezüglich Einstellungen wie der Menübenutzung (Kat. 1.2.2) wurden sechsmal erkannt und beschränkten sich auf drei Gruppen. Eine Nutzung des Papier-Arbeitsblatts (Kat. 1.1.2) wurde für 78 Segmente kodiert. In dieser Kategorie zeigen sich grosse Unterschiede zwischen den Gruppen ($M = 11.14$, $SD = 5.61$). Gruppe B-2 machte mit vier Kodierungen am wenigsten Gebrauch davon, Gruppe D-2 mit 20 Kodierungen am meisten.

Lernen mit AR

Durch die bereits erwähnten Aufnahmeprobleme entstanden im Datenmaterial grössere Lücken, wodurch insbesondere das Nachverfolgen der einzelnen Gespräche über das Lernen mit AR nicht möglich war. Aufgrund des Abbruchs der Videostreams konnten daher die Kategorien zu Lernen mit AR (Kat. 5.1-5.5, 5.7) nicht kodiert werden.

Erwähnenswert ist, dass bei der Durchsicht der Videos ein reger Austausch zwischen den Teilnehmenden und die Nutzung von Funktionen wie dem farbigen Markierpunkt als Kollaborationsmöglichkeiten festgestellt werden konnte. Dieser Aspekt wurde durch die Kodierung jedoch nicht explizit erfasst.

Forschungsfrage 3: Inwiefern kann der Einsatz von HoloLens das fachwissenschaftliche Lernverständnis unterstützen?

Diese fachdidaktisch orientierte Forschungsfrage konnte im Rahmen der vorliegenden Studie nicht wie gewünscht beantwortet werden. Wie bei der vorherigen Forschungsfrage beschrieben, sind für Aussagen über das Lernen mit AR insbesondere die Tonaufnahmen der einzelnen Studierenden relevant. Da diese nur lückenhaft vorliegen, konnten nur wenige vereinzelte Segmente zur fachlichen Diskussion (Kat. 6) über die Proteinstruktur (Kat. 6.1) oder die Funktion der Proteine (Kat. 6.2) sowie zu Aussagen über Lernen mit AR (Unterkategorien Kat. 5) zugeordnet werden. Diese Kodierungen ergeben jedoch lediglich ein unvollständiges Bild, das keine zuverlässige Aussage ermöglicht, weswegen diese Frage unbeantwortet bleibt.

4. Diskussion

Das Ziel dieser Studie war die Untersuchung des Einsatzes der AR-Technologie in der Lehrpersonenausbildung. Im Fokus stand, die Chancen und Herausforderungen dieser Technologie zu ergründen. Hierzu wurde die Molekülbrowser-Anwendung Molegram-Scientist auf der Microsoft HoloLens verwendet.

Diskussion der Erkenntnisse zu Forschungsfrage 1

In Bezug auf die Frage «*Inwiefern wird der Lernprozess durch den Einsatz der HoloLens beeinträchtigt?*» lässt sich feststellen, dass im kodierten Material keine Ablenkungen, beispielsweise aufgrund der in der Literatur erwähnten Häufung technischer Probleme, erkannt wurden (Sánchez Luquerna und Diaz 2022). Eine Ausnahme bildet diesbezüglich Gruppe A-1, welche von der Analyse ausgeschlossen wurde.

Bei der Durchsicht des Datenmaterials wurde erkennbar, dass sich die Studierenden bei der Lernaufgabe stark einbrachten, unter anderem durch aktive Kollaboration mit den anderen Gruppenmitgliedern. Situationen, in denen Überraschung, Erstaunen oder ein Novelty-Effekt erkennbar wurden (Kat. 5.6), bieten nebst der Motivationssteigerung auch Potenzial zur Ablenkung. In den sieben kodierten Segmenten konnte jedoch keine Ablenkungen vom Lerninhalt festgestellt werden. Eine weitere Beeinträchtigung des Lernprozesses kann durch die Komplexität der Bedienung der Applikation erfolgen (Garzón 2021). In der Auswertung zeigt sich, dass dies im vorliegenden Fall eher unwahrscheinlich ist, da in 114 von 139 Fällen der Versuch, das Menü aufzurufen, auf Anhieb oder nach mehr als einem Versuch erfolgreich war (Kat. 4.1.1, 4.1.2). Die Anwendung zeigte sich daher als benutzerfreundlich und zuverlässig bedienbar. Allenfalls zu einer Irritation geführt haben könnten die 64 nicht intendierten Erkennungen der Kontrollgeste, bei welchen das Menü ungewollt geöffnet wurde (Kat. 4.1.4 – 4.1.4.2). Im Datenmaterial war an den betreffenden

Stellen jedoch keine nachhaltige Störung des Lernprozesses ersichtlich. Die intensive Nutzung der Interaktion mittels Bewegungen in der Realwelt (Kat. 3.2) lässt die in der Literatur beschriebene intuitive Nutzung der Interaktion mit der Umgebung erkennen (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019; İbili et al. 2020) und diese wurde rund 12-mal öfter genutzt als die von 2D Computersystemen vertrauten virtuellen Interaktionsmöglichkeiten (Kat. 3.1) (Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019; Kazanidis, Pellas, und Christopoulos 2021). Die alltagsnahen Interaktionsmöglichkeiten könnten daher als Vorteil der gewählten Augmented Reality-Lösung verstanden werden und unterstreichen deren immersiven Charakter. Bei den 13 vereinzelt kodierten Tragekomfortproblemen (Kat. 4.2) konnte keine erkennbare Beeinträchtigung des Lernprozesses festgestellt werden, da die Behebung nebenbei geschah, beispielsweise durch Zurechtrücken der Brille während einer laufenden Diskussion. Es ist jedoch möglich, dass sich bei länger andauernden Lernsequenzen diese Probleme mehren, was zu einer massgeblichen Beeinträchtigung des Lernprozesses führen könnte. Aus der Erfahrung dieser Studie kann man ableiten, dass Sequenzen von ca. 25 Minuten Dauer ohne grosse Tragekomfortprobleme möglich sind.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich anhand dieser Auswertungen kaum Beeinträchtigungen durch die Verwendung der HoloLens für die Lernprozesse im untersuchten Setting zeigen.

Diskussion der Erkenntnisse zu Forschungsfrage 2

Die Forschungsfrage «*Wie manifestiert sich der Einsatz der HoloLens in der AR-basierten Arbeitsphase?*» dient insbesondere der Untersuchung des zusätzlichen Nutzens für das Lernen.

Der in der Literatur oft beschriebene Effekt von AR, die Motivation bei den Lernenden zu erhöhen, wodurch sich diese stärker im Lernprozess einbringen, konnte anhand der regen Exploration des Lerngegenstands mittels der Nutzung der zahlreichen Interaktionsmöglichkeiten erkannt werden (Kempke und Zeidler 2022; Mohamad Nizar et al. 2022; López-Belmonte et al. 2020; Kaufmann 2003; Peterson et al. 2020; Sánchez Luquerna und Diaz 2022). Die Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten dieser neuartigen Technologie scheint daher durchaus auch im vorliegenden Fall einen Lernantrieb darzustellen (Peterson et al. 2020; Li und L. Liu 2022; Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019).

Obschon die technische Vorbereitung und die Einführung in die Bedienung bei dieser erstmaligen Durchführung Zeit beanspruchten, konnte bei der Durchführung wiederum Zeit eingespart werden, da im Gegensatz zu einer analogen dreidimensionalen Repräsentation (Baukastensystem) ein flexibles Wechseln der dargestellten Inhalte ohne weiteren Aufwand möglich war. Dadurch war ein hohes Mass an aktiver Lernzeit am eigentlichen Fachinhalt in den Daten beobachtbar (İbili et al. 2020).

Da AR im Gegensatz zu VR keine komplette Abschottung des Benutzers von der Umwelt bedeutet, konnten Hilfen zur Unterstützung des Lernprozesses in die Lerneinheit integriert werden. Die gewonnenen Resultate zeigen auf, dass sowohl die Hilfestellung durch den Dozierenden (Kat. 1.1.1) als auch das (Realwelt)-Arbeitsblatt (Kat. 1.1.2) aktiv über alle Gruppen hinweg genutzt wurden. AR zeigt sich dadurch als ein Werkzeug, welches gut mit traditionellen Unterrichtsmaterialien und -formen kombinierbar ist und diese erweitern kann (Geroimenko 2020; Kempke und Zeidler 2022).

Als weiterer Vorteil von AR hat sich die Möglichkeit der Kollaboration zwischen den Gruppenteilnehmenden gezeigt. Im Datenmaterial wurde die Umsetzung dieses kollaborativen Aspekts anhand der angeregten direkten Kommunikation zwischen den Studierenden und der häufigen Nutzung der kollaborativen AR-Werkzeuge, z. B. des farbigen Markierpunkts ersichtlich. Die effiziente Zusammenarbeit in der Gruppe am gleichen Gegenstand in Echtzeit legt nahe, dass mit dem gewählten Ansatz kollaboratives Lernen im erprobten Setting unkompliziert möglich war. Dies wird in der Literatur als relevanter Vorteil von Augmented Reality betrachtet, welcher das Repertoire an möglichen Kollaborationsaufgaben erweitert und ergänzt (Kesim und Ozarslan 2012; Muhammad Nur Affendy und Ajune Wanis 2019; Garcia-Bonete, Jensen, und Katona 2019).

Diskussion der Erkenntnisse zu Forschungsfrage 3

Die Frage «*Inwiefern kann der Einsatz von HoloLens das fachwissenschaftliche Lernverständnis unterstützen?*» kann, wie im vorherigen Kapitel erläutert, aufgrund technischer Komplikationen nicht zufriedenstellend beantwortet werden. Die Frage nach dem Mehrwert von AR zur Unterstützung des fachwissenschaftlichen Lernverständnisses ist zentral, da dies das primäre Ziel der Verwendung von digitalen Technologien darstellt. In anderen Studien konnten diesbezüglich bereits vielversprechende Erkenntnisse gewonnen werden (Wyss et al. 2022). Bei der Analyse der Audiodaten konnten unterschiedliche Aspekte beobachtet werden, die darauf hindeuten, dass auch in der vorliegenden Studie das Lernverständnis begünstigt wurde. Weiterführende Arbeiten und insbesondere Langzeitstudien wären diesbezüglich sehr wichtig und wünschenswert (Geroimenko 2020).

5. Limitationen, Erkenntnisse und Ausblick

Obschon aufgrund der technischen Probleme ein Teil des gewonnenen Materials nicht analysiert werden konnte und deshalb klare Limitationen in der Aussagekraft dieser Studienresultate bestehen, konnten vielseitige interessante Erkenntnisse gewonnen werden. Aufgrund des hohen Technifizierungsgrads des Settings ist dieses

aufwendig und anfällig für technische Probleme, wie sich bei der Aufzeichnung der HoloLens-Streams gezeigt hat. Daher bietet sich an, den Aufbau zukünftiger Studien robuster zu gestalten. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz von Raummikrofonen geschehen, damit die Gespräche der Proband:innen kontinuierlich verfolgt werden können. Oder die Lerneinheit wird jeweils nur mit einer Gruppe pro Termin durchgeführt, um rascher auf mögliche technische Probleme reagieren zu können.

Aufgrund der Stichprobe aus freiwilligen Studierenden könnte es insofern zu einer Verzerrung gekommen sein, als dass die Studierenden gegenüber dem Lerninhalt und der Technik besonders motiviert waren und dadurch vor allem technikinteressierte oder technikbegabte Personen teilnahmen (Selbstselektion). Die für die Studie ausgewählte Lernaufgabe wurde bewusst im Hinblick auf den möglichen Mehrwert durch Augmented Reality und die Verfügbarkeit einer Anwendung ausgewählt. Weitere Studien mit einer grösseren Anzahl an Proband:innen und obligatorischer Teilnahme sowie zu Möglichkeiten eines didaktisch sinnvollen Einsatzes dieser Technologie in anderen Bereichen sind wünschenswert. Da das Aufgabendesign explizit auf kollaboratives Arbeiten ausgelegt war, scheint eine Übertragung der Erkenntnisse auf nicht-kollaborative Settings schwierig, Untersuchungen hierzu wären wünschenswert. Ebenfalls wären Studien mit Prä-Post-Design zur Evaluation des fachlichen Lernzuwachses wichtig. Nebst der weiteren Erforschung der Lehrpersonensicht (bspw. Einstellungen und Haltungen gegenüber Augmented Reality) sind zudem Langzeitstudien zur Benutzung und dem Lernzuwachs anzustreben (Chen et al. 2017; Geroimenko 2020).

Zusammenfassend zeigt sich, dass der Einsatz von AR-Anwendungen mit kollaborativen Elementen bei angehenden Lehrpersonen eine Möglichkeit darstellt, den Unterricht mit neuen Elementen anzureichern und Lernprozesse damit auf unterschiedliche Weise zu fördern. Bislang sind im Bereich der Lehrpersonenausbildung allerdings kaum Projekte vorhanden, die sich mit dem Einsatz und der empirischen Untersuchung immersiver Technologien beschäftigen (Wyss et al. 2022). Damit Lehramtsstudierende im Rahmen ihrer Ausbildung bestmöglich unterstützt, mittels modernster Lerntechnologien ausgebildet und so optimal auf den Berufseinstieg vorbereitet werden, sind weiterführende Projekte erstrebenswert.

Literatur

- 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: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- Bortz, Jürgen, und Nicola Döring. 2006. *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-33306-7>.

- 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>.
- Carmigniani, Julie, und Borko Furht. 2011. «Augmented Reality: An Overview». In *Handbook of Augmented Reality*, 3–46., New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_1.
- Chemical Computing Group ULC. 2017. *Molecular Operating Environment (MOE)*. Montreal, QC, Canada. Zugriff am 11. April 2022. <https://www.chemcomp.com/Products.htm>.
- Chen, Peng, Xiaolin Liu, Wei Cheng, und Ronghuai Huang. 2017. «A Review of Using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016». *Innovations in Smart Learning*, 13–18: Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2419-1_2.
- Corsten, Michael. 2018. «Videoanalyse – Quo vadis?». In *Handbuch Qualitative Videoanalyse*, herausgegeben von Christine Moritz, und Michael Corsten, 799–817. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15894-1_42.
- García-Bonete, Maria-Jose, Maja Jensen, und Gergely Katona. 2019. «A Practical Guide to Developing Virtual and Augmented Reality Exercises for Teaching Structural Biology». *Biochemistry and Molecular Biology Education* 47 (1): 16–24. <https://doi.org/10.1002/bmb.21188>.
- Garzón, Juan. 2021. «An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education». *MTI* 5 (7): 37. <https://doi.org/10.3390/mti5070037>.
- 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* 31:100334. <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>.
- Geroimenko, Vladimir, Hrsg. 2020. *Augmented Reality in Education: A New Technology for Teaching and Learning*. Springer series on cultural computing. Cham Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-42156-4>.
- Herb, Julia, und Petra Gieß-Stüber. 2018. «Qualitative Daten quantifizieren: Videogestützte Analyse von Trainer*innenverhalten in Gesundheitssportkursen». In *Handbuch Qualitative Videoanalyse*, herausgegeben von Christine Moritz, und Michael Corsten, 385–406. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15894-1_20.
- İbili, Emin, Mevlüt Çat, Dmitry Resnyansky, Sami Şahin, und Mark Billingham. 2020. «An Assessment of Geometry Teaching Supported with Augmented Reality Teaching Materials to Enhance Students' 3D Geometry Thinking Skills». *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 51 (2): 224–46. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1583382>.
- Kaufmann, Hannes. 2003. *Collaborative augmented reality in education*. <https://www.ims.tuwien.ac.at/publications/tuw-137414>.

- Kazanidis, Ioannis, Nikolaos Pellas, und Athanasios Christopoulos. 2021. «A Learning Analytics Conceptual Framework for Augmented Reality-Supported Educational Case Studies». *MTI* 5 (3): 9. <https://doi.org/10.3390/mti5030009>.
- Kellems, Ryan O., Giulia Cacciatore, und Kaitlyn Osborne. 2019. «Using an Augmented Reality-Based Teaching Strategy to Teach Mathematics to Secondary Students with Disabilities». *Career Development and Transition for Exceptional Individuals* 42 (4): 253–58. <https://doi.org/10.1177/2165143418822800>.
- Kempke, Tom, und Juliana Zeidler. 2022. «Augmented Reality in Inclusive Chemistry Education». *CHEMKON*. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100076>.
- Kesim, Mehmet, und Yasin Ozarlan. 2012. «Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education». *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 47: 297–302. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654>.
- 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.
- Lee, Kangdon. 2012. «Augmented Reality in Education and Training». *TechTrends* 56 (2): 13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>.
- Li, Mingchao, und Liping Liu. 2022. «Students' Perceptions of Augmented Reality Integrated into a Mobile Learning Environment». *LHT*. <https://doi.org/10.1108/lht-10-2021-0345>.
- Liu, Yufei, V. E. Sathishkumar, und Adhiyaman Manickam. 2022. «Augmented reality technology based on school physical education training». *Computers and Electrical Engineering* 99: 107807. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107807>.
- López-Belmonte, Jesús, Antonio-José Moreno-Guerrero, Juan-Antonio López-Núñez, und Francisco-Javier Hinojo-Lucena. 2020. «Augmented reality in education. A scientific mapping in Web of Science». *Interactive Learning Environments*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1859546>.
- Mayring, Philipp. 2015. *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 12., überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz.
- Mohamad Nizar, Nur Nabihah, Mohd Khairezan Rahmat, Siti Zuraida Maaruf, und Siti Maftuhah Damio. 2022. «The Development of Mobile Augmented Reality: 3-Dimensional Video». *ijsms* 7 (1): 107. <https://doi.org/10.24191/ijsms.v7i1.17782>.
- Muhammad Nur Affendy, Nor'a, und Ismail Ajune Wanis. 2019. «A Review on Collaborative Learning Environment across Virtual and Augmented Reality Technology». *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 551 (1): 12050. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/551/1/012050>.
- 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: 657–64. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>.

- 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 Lehrerbildung* 29 (2): 155-171. <https://doi.org/10.25656/01:13775>.
- Rädiker, Stefan, und Udo Kuckartz. 2019. *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22095-2>.
- Safadel, Parviz, und David White. 2019. «Facilitating Molecular Biology Teaching by Using Augmented Reality (AR) and Protein Data Bank (PDB)». *TechTrends* 63 (2): 188–93. <https://doi.org/10.1007/s11528-018-0343-0>.
- Sánchez Luquerna, Jairo, und Mario Humberto Ramírez Díaz. 2022. «Augmented Reality in Physics Teaching». *European Journal of Physics Education* 13 (1): 14–27. <http://31.220.4.173/index.php/ejpe/article/view/322>.
- Schranz, Christine. 2014. «Augmented Reality in Design». In *Design, User Experience, and Usability: User Experience Design for Diverse Interaction Platforms and Environments ; Third International Conference, DUXU 2014, Held as Part of HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22–27, 2014 ; Proceedings, Part II*. Bd. 8518, herausgegeben von David Hutchison, Takeo Kanade, Josef Kittler, Jon M. Kleinberg, Alfred Kobsa, Friedemann Mattern, John C. Mitchell et al., 624–35. Lecture Notes in Computer Science 8518. Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07626-3_59.
- Tuma, René, und Bernt Schnettler. 2014. «Videographie». In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, herausgegeben von Nina Baur, und Jörg Blasius, 875–86. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-068>.
- Tuma, René, Bernt Schnettler, und Hubert Knoblauch. 2013. *Videographie*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-18732-7>.
- 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>.
- Wyss, Corinne, Wolfgang Bühler, 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». *MTI* 5 (8). <https://doi.org/10.3390/mti5080045>.
- Wyss, Corinne, Adrian Degonda, Wolfgang Bühler, und Florian Furrer. 2022. «The Impact of Student Characteristics for Working with AR Technologies in Higher Education—Findings from an Exploratory Study with Microsoft HoloLens». *Information* 13 (3). <https://doi.org/10.3390/info13030112>.

Anhang

Übersicht über das Kategoriensystem mit Beschreibungen der Kategorien und Angaben zu deren Entwicklung (deduktiv oder induktiv)

Kategorie		Beschreibung
1	Hilfestellung, Instruktion	Oberkategorie. Wurde nicht kodiert.
1.1	fachlich ^D	Der/die Proband:in fordert fachliche Hilfestellung an oder Hilfe wird dargeboten. (Nur wenn nicht durch Unterkategorie abgedeckt.)
1.1.1	Hilfestellung/Input durch Dozent ^D	Leitende Person gibt dem/der Proband:in Hinweise, Tipps oder Instruktionen in Bezug auf den fachwissenschaftlichen Gegenstand.
1.1.2	Benutzung Arbeitsblatt ^D	Die Benutzung des gedruckten Arbeitsblattes durch den/die Proband:in wird in der Aufnahme ersichtlich. Es muss nicht zwingend darüber gesprochen werden.
1.2	technisch ^D	Der/die Proband:in fordert technische Hilfestellung an oder Hilfe wird dargeboten. (Nur wenn nicht durch Unterkategorie abgedeckt.)
1.2.1	Aufforderung Bewegung ^D	Der/die Proband:in wird von der leitenden Person oder anderen Proband:innen darauf hingewiesen, dass ein räumliches Verschieben oder eine Benutzung des Menüs für die Navigation in der AR-Applikation verwendet werden kann.
1.2.2	Einstellungen ^D	Der/die Proband:in erhält Hinweise, Tipps oder Instruktionen zu technischen Einstellungen an der HoloLens (z. B. Menübenutzung).
2	technische Probleme / technische Fragen	Oberkategorie. Wurde nicht kodiert.
2.1	Definition, was der Cursor, Pointer etc. ist ^D	Der/die Proband:in hat Fragen/Probleme bezüglich der Benutzung des Cursors zur Steuerung des farbigen Markierpunktes etc.
2.2	Probleme bei Positions-Synchronisation ^I	Der/die Proband:in erfährt Probleme in Bezug auf die Positions-Synchronisation (bspw. das Molekül wird an einem anderen Ort angezeigt als bei den anderen Gruppenteilnehmenden).
2.3	fehlende Inhalts-synchronisation ^I	Dem/der Proband:in wird durch die Applikation ein anderer Inhalt gezeigt als den übrigen Gruppenteilnehmenden.
2.4	*Brille funktioniert nicht, Brillenwechsel, Brillenausfall ^I	Die HoloLens hat technische Funktionsschwierigkeiten oder ist nicht benutzbar und muss ausgewechselt werden.
3	Nutzung der Interaktivität	Oberkategorie. Wurde nicht kodiert.
3.1	*virtuell (Nutzung statisch) ^D	Der/die Proband:in nutzt die virtuellen Möglichkeiten zur Navigation in der Anwendung über das Menü. Bspw.: Das Molekül wird gedreht, dieses bleibt aber physisch am Ort stehen.

Kategorie		Beschreibung
3.2	*Realwelt (Nutzung dynamisch) ^D	Der/die Proband:in nutzt die realen Möglichkeiten zur Navigation in der Anwendung, indem sie sich im Raum physisch bewegt und bspw. um das Molekül herum läuft.
4	Usability	Oberkategorie. Wurde nicht kodiert.
4.1	*Kontrollgesten ^D	Oberkategorie. Wurde nicht kodiert.
4.1.1	*beim ersten Versuch erfolgreich ^I	Der/die Proband:in nutzt die Geste zum Aufruf des virtuellen Menüs. Der Versuch zeigt sich bei der Nutzung der Geste direkt als erfolgreich.
4.1.2	*nach mehr als 1 Versuch erfolgreich ^I	Der/die Proband:in nutzt die Geste zum Aufruf des virtuellen Menüs, benötigt aber mehrere Versuche, bis das Menü erfolgreich aktiviert werden kann.
4.1.3	*nicht erfolgreich ^I	Der/die Proband:in nutzt einmalig/mehrmals die Geste zum Aufruf des virtuellen Menüs. Das Menü kann jedoch nicht erfolgreich aktiviert werden, worauf der/die Proband:in keine weiteren Versuche unternimmt.
4.1.4	*nicht intendiert ^I	Das virtuelle Menü wird unabsichtlich aufgerufen. Es wird nicht klar, was der Grund dafür war (Eigen- oder Fremdeinwirkung).
4.1.4.1	*durch Eigeneinwirkung ^I	Das virtuelle Menü wird unabsichtlich aufgerufen. Es wird klar, dass es sich dabei um eine Eigeneinwirkung handelt (bspw. eigener Finger auf Arbeitsblatt).
4.1.4.2	*durch Fremdeinwirkung ^I	Das virtuelle Menü wird unabsichtlich aufgerufen. Es wird klar, dass es sich dabei um eine Fremdeinwirkung handelt (bspw. Gestiken anderer Personen im Sichtfeld).
4.2	*physische Anpassungen am Gerät ^D	Der/die Proband:in nimmt physische Anpassungen am Gerät vor, indem er bzw. sie dieses zurechtrückt oder den Umfang des Kopfbands anpasst.
5	Lernen mit AR	Oberkategorie. Wurde nicht kodiert.
5.1	Haltung ^D	Die Proband:innen äussern sich zu Aspekten ihrer persönlichen Haltung gegenüber dem Einsatz von AR in Lernsettings.
5.1.1	Fachinhalt ^D	Die Proband:innen äussern sich zu Aspekten ihrer persönlichen Haltung gegenüber dem Fachinhalt.
5.2	Unterrichtsideen ^D	Die Proband:innen äussern sich zu möglichen Unterrichtsideen oder Verwendungszwecken.
5.3	fachliches Lernen ^D	Die Proband:innen äussern sich zu Erkenntnissen, die sich auf das fachliche Lernen beziehen (nicht pädagogisch).
5.4	Äusserung zu Unterschied zu traditionellen Lehrformen ^D	Die Proband:innen äussern sich zu festgestellten Differenzen zu herkömmlichen Lehrmethoden oder zu neuen Möglichkeiten durch AR.
5.5	betreffend Repräsentationsform ^D	Die Proband:innen äussern sich zu Aspekten bezüglich der Repräsentationsformen.
5.6	Überraschen, Erstaunen, Novelty-Effekt ^I	Die Proband:innen zeigen Reaktionen oder äussern sich zu Aspekten in Bezug auf Überraschung, Erstaunen oder über die Neuartigkeit dieser Technologie.

Kategorie		Beschreibung
5.7	Beeinträchtigung durch anderes (Technisches etc.) ^D	Die Proband:innen äussern sich zu Aspekten, inwiefern das Lernen durch AR beeinträchtigt werden kann (bspw. durch technische Komplexität).
6	Fachlich ^D	Die Proband:innen äussern sich zu fachlichen Aspekten der Proteine.
6.1	Struktur (Primär bis Tertiär) ^D	Die Proband:innen äussern sich zur Struktur der Proteine.
6.2	Funktion ^D	Die Proband:innen äussern sich zur Funktion der Proteine.
<p>* Code auf Ebene einzelner Personen/Individualebene ^D= Deduktiv erarbeitete Kategorien auf der Grundlage von konzeptionellen und theoretischen Unterlagen (vgl. M. Akçayır und G. Akçayır 2017, 6–8) ^I = Induktiv, im Rahmen des Kodierprozesses, erarbeitete Kategorien</p>		

Tab. 2: Auswertung des kodierten Datenmaterials.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Historisches Lernen immersiv

Studierende üben Unterrichtsgespräche in Virtual Reality

Monika Fenn¹ und Jakob Arlt¹ 

¹ Universität Potsdam

Zusammenfassung

Theorie und Praxis im Lehramtstudium zielführend zu verbinden, gehört zu den viel diskutierten Spannungsfeldern. Insbesondere das Führen von Unterrichtsgesprächen fällt gleichermaßen Studierenden und Lehrpersonen in allen Unterrichtsfächern schwer. Im (Geschichts-)Unterricht nehmen Gespräche empirischen Studien zufolge häufig den grössten Teil der Unterrichtszeit ein, wenngleich ihre Effizienz angezweifelt wird. Denn sie sind oftmals gekennzeichnet von einer wenig reflektierten, allerdings dominanten, suggestiven und engführenden Fragehaltung der Lehrpersonen nach dem I-R-E-Muster (Initiation-Reply-Evaluation; Sinclair und Coulthard 1975). Das Ziel der in diesem Beitrag beschriebenen Pilotierungsstudie bestand darin zu untersuchen, inwiefern ein VR-Klassenzimmer als Trainingsraum geeignet sein könnte, entgegen solchen konventionellen Sprachhandlungsmustern bei den Studierenden Kompetenzen zur Führung dialogischer Unterrichtsgespräche zu fördern. Im VR-Klassenzimmer wird geübt, mithilfe des Impulsverfahrens denkkoffene und zum gemeinsamen Reflektieren anregende Auswertungsgespräche zu führen. Den Inhalt bildet das häufig vernachlässigte (gemeinsame) Denken über die Konstruiertheit und Perspektivität von Urteilen im Geschichtsunterricht. In der Studie im Pre-Posttest-Design trainierte die Experimentalgruppe im VR-Klassenzimmer, reflektierte die Arbeitsergebnisse in begleiteten Coachings und erhielt theoretische Inputs. Die Kontrollgruppe hatte die Möglichkeit, in der schulischen Praxis zu üben. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich die Impulsanzahl in der Experimentalgruppe stark erhöht, das Fortschreiten der Proband:innen im Gespräch zunimmt (Zahl der Metadenkebenen) und gleichzeitig die benötigte Wortanzahl abnimmt.

Immersive Historical Learning. Practicing Class Discussion in Virtual Reality

Abstract

The connection of theory and practice belongs to the widely discussed fields of tension of teacher training. Especially leading classroom talks seems to be equally difficult for students and (young) professionals in various disciplines. In history classes classroom

talks occupy the largest part of lesson time according to empirical studies, although its effectiveness can be questioned, because they are mostly dominated by a little reflected, but dominant, suggestive and con/restricting question attitude based on the I-R-E-pattern (Initiation-Reply-Evaluation; Sinclair and Coulthard 1975). The goal of the piloting study was to investigate, if – in opposition to conventional speech action patterns – competencies of the students to lead dialogic classroom talks might be developed by practising in the vr classroom, using impulse controlled, thought provoking evaluation/analysis talk. Subject of the classroom discussion is the frequently neglected (collectively) thinking about the constructed perspective nature of judgements in history lessons. In a pre-posttest-design-study the experimental group trained with the vr-environment, reflected on the results in accompanying coachings and received theoretical inputs. The control group practiced in school classes only. First results show that the number of impulses increases tremendously in the experimental group and the students progress more efficient through the scenario, needing much less words than before.

1. Problematisierung und Ziel des Projekts

Der von Lehramtsstudierenden häufig monierte mangelnde Theorie-Praxis-Bezug im Studium wird aus empirischer Sicht als wesentlich für die Entwicklung von Unterrichtshandeln erachtet, wenn er unter bestimmten Bedingungen auftritt. Es besteht nämlich die Annahme, dass sich aufgrund der Beobachtung von Lehrpersonen während der eigenen Schulzeit bei den Studierenden oft ungünstige Lehrmuster verankert haben. Sie überdauern das Studium und halten sich bis in die Berufssphase (Gröschner und Hascher 2019, 655–7), wenn dem nicht über gezielte praktische Interventionen und theoretisch gestützte Reflexionsprozesse entgegengewirkt wird (Wahl 2006). Einen wesentlichen Anteil unbewusst gespeicherter Handlungsmuster nehmen Skripts zum Führen von Unterrichtsgesprächen ein. Gerade im Geschichtsunterricht als einem Fach, in dem nur über Nachdenken ein aktiver Konstruktionsprozess vergangener Erfahrungen stattfinden kann (Günther-Arndt 2014, 25), beansprucht das Fördern des Reflektierens über Geschichte im gemeinsamen Gespräch einen wichtigen Anteil der Unterrichtszeit.

Gleichwohl stehen Unterrichtsgespräche immer öfter als «ineffizient» in der Kritik, wenn sie den Unterricht dominieren (Hodel und Waldis 2007) oder konventionellen, geschlossenen Frage-Antwort-Mustern folgen und nicht als dialogische Gespräche das Lernpotenzial ausschöpfen (Spiess 2015; Henke-Bockschatz und Mehr 2016). Vielen (Geschichtslehramts-)Studierenden fällt es jedoch in Praxisphasen schwer, impulsgesteuerte, zum historischen Denken anregende Auswertungsgespräche zu führen, wenngleich sie in ihren subjektiven Theorien von deren Notwendigkeit überzeugt sind (Fenn 2013, 325–330; 2015). Demgegenüber ist eine wenig reflektierte, dominante, suggestive und einengende Fragehaltung zu beobachten, die sich u. a.

in einem kleinschrittig angelegten Frage-Antwort-Evaluations-Muster, auch I-R-E-Muster genannt (Sinclair und Coulthard 1975; Mehan 1979a und b), zeigt (Pauli und Reusser 2018, 366; Fenn 2015, 519).

Die damit einhergehende Erwartungsstruktur von Lehrpersonen, Schüler:innen zeitigt negative Effekte mit Blick auf die Motivation (Deci und Ryan 1993, 235–236) und die Lernergebnisse der Schüler:innen (u. a. Howe und Abedin 2013; Lipowsky et al. 2009; Mortimer und Scott 2003; Seidel und Prenzel 2006). Zudem ist die beschriebene Fragehaltung nicht als kognitiv-aktivierend und zielführend einzustufen (Gröschner 2020, 241; Pauli und Reusser 2018, 366; Pehmer, Gröschner, und Seidel 2015, 108f.). Daher versuchen (angehende) Lehrpersonen empirischen Befunden zu folgen, die nicht von den Lernenden verbalisierten Denkleistungen selbst monologisierend und wortreich als positivistische Fakten weiterzugeben (Fenn 2015, 519; Fenn 2013, 331; Hodel und Waldis 2007, 110–115; von Borries 1998, 276–306; 2013).

Da sich die Gestaltung von Unterrichtsgesprächen in Richtung einer dialogischen Gesprächsführung in der Praxis als sehr anspruchsvoll erweist, ist sie mittlerweile Ziel von Fortbildungen, in deren Zentrum die Förderung sogenannter Gesprächsleitungs-kompetenz steht (Weil et al. 2020; Pauli und Reusser 2018).

Studierenden, die eine längere Zeit mit dem Impulsverfahren (Keck 1998) bewusst gearbeitet haben, gelingt es zunehmend, über offene «talk moves» den Schüler:innen mehr Denk- und Gesprächsraum zu geben. Die Wirksamkeit einer entsprechenden Intervention zur Förderung einer impulsgesteuerten Gesprächsführung zum Konstruktcharakter von Geschichte, bestehend aus Coachings anhand von Unterrichtsvideos, konnte bereits nachgewiesen werden (Fenn 2015, 536f.; Fenn 2018, 165–184). Allerdings bestand aus organisatorischen Gründen eher selten die Möglichkeit zum intensiven und wiederholten Üben eines Gespräches in einer Klasse.

Daher geben die Autorin und der Autor im vorzustellenden Projekt Studierenden über ein virtuelles Klassenzimmer die Möglichkeit, dialogisch orientierte Auswertungsgespräche wiederholt und zielgerichtet zu üben. Begleitend erhalten sie im Rahmen einer Lehrveranstaltung ein Coaching und theoretischen Input zur Gesprächsführung und zur fachlichen Vertiefung des Gesprächsgegenstandes. Ziel des VR-Unterrichtsszenarios ist es, ein impulsgesteuertes, zum historischen Denken anregendes Auswertungsgespräch zu einer vorausgegangenen Gruppenarbeit zu führen. Die Interventionsstudie wird im Pre-Posttest-Design mit Experimental- und Kontrollgruppe durchgeführt. Im folgenden Beitrag geben wir einen Überblick über den theoretischen Hintergrund, entwickeln die Leitfrage des Projekts und stellen das Design der Studie, Datenerhebung, Auswertung und erste Ergebnisse der Pilotierung vor, die im Wintersemester 2020/21 stattgefunden hat. Abschliessend erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse mit Ausblick auf die Hauptstudie.

2. Theoretischer Hintergrund

Unterrichtsgespräche haben einen grossen Anteil an der Unterrichtszeit (Hodel und Waldis 2007, 107–109) und werden bereits längere Zeit erforscht (u. a. Gröschner 2020, 241; Pauli und Reusser 2018, 365–6). Sie erfolgen, wie das bereits angesprochene I-R-E-Muster zeigt, jedoch oft in einer lehrpersonenzentrierten Form (Gillies 2014; Osborne et al. 2013). Lehrpersonen lassen Schüler:innen kaum Denkzeit, Raum zum Sprechen oder Stellen von Fragen (Wuttke 2005, 142f.; Thünemann 2009, 118f.; Mehr 2013, 163). Ein möglicher Grund wird darin gesehen, dass sich bei den Studierenden durch die Beobachtung von Lehrpersonen während der eigenen Schulzeit oft eher ungünstige Lehrmuster verankert haben. Diese unbewusst gespeicherten Muster – subjektive Theorien geringer Reichweite oder auch Skripts genannt – wirken direkt auf das Unterrichtshandeln, besonders in Drucksituationen (Fenn 2015, 515–6; Wahl 2006, 19, 22 und 27).

Diese Skripts überdauern das Studium und wirken über das Referendariat hinaus bis in die Berufsphase fort (Gröschner und Hascher 2019, 655–7), wenn dem nicht über gezielte praktische Interventionen mit theoretisch gestützten Reflexionsprozessen entgegengewirkt wird (ebd.; Wahl 2006; Fenn 2015, 330): Die Reflexionsarbeit über ungünstige Skripts im Coaching (Peers und Coach) sowie die Diskussion über alternative Handlungsmuster und v.a. deren bewusstes Ingangsetzen über wiederholte Übung ermöglichen eine sukzessive Veränderung.

Anknüpfend an diese Skript-Theorie zielen auch aktuelle empirische Ansätze auf eine Erweiterung des für den Unterricht erforderlichen kommunikativen Handlungsrepertoires von Lehrpersonen, die auf eine höhere Beteiligung der Schüler:innen hinwirkt (u. a. Gröschner 2020, 242). In diesen Theorieansätzen geht es nicht mehr lediglich um Vermeidung von Sequenzen im I-R-E-Muster (Pauli und Reusser 2018, 366), sondern vielmehr um die Erweiterung des Handlungsrepertoires der Lehrpersonen. Grundsätzlich steht dabei die Ausrichtung der Lehrenden und Lernenden und ihrer Beiträge aufeinander als gemeinsam Teilnehmende in einem «ko-konstruktiven Wissensbildungsprozess» im Zentrum (Theorie des *dialogic teaching and learning*, u. a. Alexander 2018; Murphy 2018; Reznitskaya und Wilkinson 2017), um gemeinsam Problemräume zu eröffnen und zu deren produktiver Diskussion einzuladen (Zimmermann et al. 2020; Pauli und Reusser 2018, 368–369; Fenn 2013, 328). Dazu haben Pauli und Reusser in Ausdifferenzierung der Strategien verbaler Ansätze (Gröschner 2020, 242; Leisen 2007, 118–122) sogenannte *talk moves* nach der Theorie des *accountable talk* (Michaels, O'Connor und Resnick 2008) genutzt und die Kompetenzen von Lehrpersonen in Richtung einer dialogischen Gesprächsführung ausgebaut. Zimmermann hat diese fachlich an den Geschichtsunterricht angepasst (Zimmermann et al. 2020; Pauli und Reusser 2018, 371–2). Die in der Interventionsstudie

des Verfassers und der Verfasserin genutzten *prompts* zielen ebenfalls auf die Eröffnung von problemorientierten Denkräumen und lehnen sich an das sogenannte Impulsverfahren an (Keck 1998, 14; Leisen 2007, 118–22; Gudjons 2011, 193).

Für die Sammlung von Erfahrungen zum Umgang mit Schüler:innen im Unterrichtsgespräch werden ausserhalb der Schulpraxis konventionell u. a. Videovignetten, Live-Streams oder Peer-Teachings als erfolgreiche Möglichkeiten (Klinzing 2002) eingesetzt. Im Vergleich dazu besticht das virtuelle Klassenzimmer des hier vorzustellenden Projekts durch die Möglichkeit, einen hohen Grad an Immersion zu erreichen, d. h. das Eintauchen in eine als real wahrgenommene Situation, die dennoch klar als konstruierte «Trainingswelt» verstanden wird (Dörner und Steinicke 2019, 56f.). Das virtuelle Klassenzimmer besteht in diesem Fall aus einem Unterrichtsraum mit 30 Avataren als Schüler:innen in Fischgratsitzanordnung. Die Proband:innen (hier Studierende) schlüpfen mit der VR-Brille in die Rolle der Lehrperson, die auch im virtuellen Raum visuell als Lehrperson umgesetzt ist. Die Proband:innen steuern das Gespräch.

Das Interagieren mit den virtuellen Schüler:innen kann in diesem Setting wiederholt, störungsfrei und geschützt geübt werden, ohne langwierige schulorganisatorische Massnahmen oder datenschutzrechtliche Überlegungen berücksichtigen zu müssen. Mit Blick auf das Immersionserleben und die Präsenz scheint es förderlich, wenn das Immersionserleben durch ein Nachdenken auf der Metaebene über die virtuelle Realität reduziert wird, sodass den Personen noch bewusst ist, dass es sich um eine künstliche Trainingswelt handelt (Georgiou und Kyza 2017). Das virtuelle Klassenzimmer verstehen die Projektleitenden ebenfalls als Werkzeug und Übungsumgebung mit Modellcharakter, nicht als Abbild von Geschichtsunterricht.

Ein «Anderswert» (Rosa, 2014) des virtuellen Klassenzimmers (dazu u. a. Lugin et al. 2016) liegt in der Festlegung einer reduzierten Komplexität des Unterrichtsgeschehens. Der virtuelle Raum bietet überdies die Möglichkeit, die Selbstreflexion der Studierenden anzuregen (z. B. Altrichter, Posch und Spann 2018) und über das Üben die Selbstwirksamkeitsüberzeugungen zu verbessern (Lazarides und Raufelder 2020, 2): Das an der Universität Potsdam von Axel Wiepke am Lehrstuhl für Komplexe Multimediale Anwendungsarchitekturen entwickelte VR-Klassenzimmer konnte diese im Feld Classroom-Management steigern (Huang et al. 2021). Ob tatsächlich Kompetenzen bei Studierenden entwickelt werden können, wurde noch nicht erforscht. Innovativ in dem von der Verfasserin und dem Verfasser entwickelten Projekt ist zudem die Erweiterung des VR-Klassenzimmers um die Möglichkeit (non)verbaler Interaktion mit den virtuellen Agent:innen, deren Erprobung und empirische Beforschung.

Während der Einsatz von virtueller Übung in Lehre und Ausbildung ausserhalb des Schulunterrichts bereits länger genutzt wird (z. B. Medizin, Autobau; Zender et al. 2019), ist der Einsatz im Rahmen der fachdidaktisch angeleiteten Lehrpersonen-professionalisierung an den Universitäten oder im Referendariat noch unüblich. Das Forschendenteam bringt in dem Projekt eine neue Art von Interaktion mit virtuellen Agierenden ein, die weit über einen konventionellen technischen Begriff von VR als «Mensch-Maschine-Interaktion» hinausgeht (u. a. Dörner 2004): Die Studierenden sprechen frei, die Avatare antworten und reagieren in sehr breiter Varianz, sodass offene Gespräche möglich sind. Dies gelingt auf der Basis eines Strukturbaums, der noch näher beschrieben wird.

3. Fragestellung und Design

Das vorgestellte Projekt untersucht, inwiefern der virtuelle Übungsraum geeignet ist, über Immersion Praxisnähe zu schaffen, Selbstwirksamkeitsüberzeugung und Kompetenz(en) der Studierenden zu entwickeln und so ein impulsgesteuertes denk-anregendes Auswertungsgespräch zu führen. Inhalt des Unterrichtsgesprächs ist das häufig vernachlässigte (gemeinsame) Denken über die Konstruiertheit und Perspektivität von Urteilen im Geschichtsunterricht (Thünemann 2020, 11f.).

3.1 Stichprobenziehung und Ablauf der Gesamtstudie

Ob sich die Handlungsrouninen der Studierenden tatsächlich handlungsrelevant verändern lassen, wurde im Pre-Posttest-Verfahren mit Intervention in einer Experimentalgruppe (EG, n = 6) und ohne Intervention in einer Kontrollgruppe (KG, n = 17) untersucht (vgl. Abbildung 1). Es handelte sich um Lehramtsstudierende in der Masterphase, die zufällig im Wintersemester 2020/21 das Seminar zum virtuellen Klassenzimmer besuchten bzw. das Praxissemester absolvierten. Insgesamt wurden drei Test-Szenarien für impulsgesteuertes Auswertungsgespräch zu drei Inhalten (Bismarck, 8. Mai 1945, Mauerfall) erstellt. Die Szenarien 1 und 3 bildeten dabei die Testinstrumente.

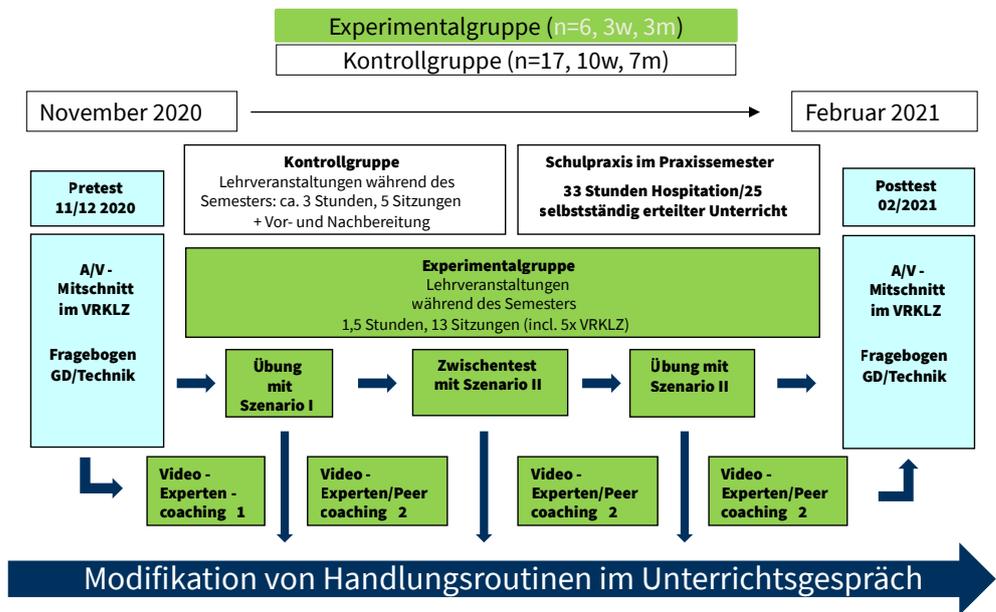


Abb. 1: Design der Pilotierung.

Die EG trainierte mehrfach (vier Mal) im virtuellen Klassenzimmer an Szenario 1 und 2. Begleitet wurden die Proband:innen von zwei Coaches und stellenweise von Peers über Zoom. Mit Letzteren reflektierten sie die in Test- und Trainingsszenarios gewonnenen Erfahrungen im Nachgang per Videoaufzeichnung der Übung theoriegeleitet, lernten mögliche alternative Gesprächsstrategien kennen, diskutierten und erprobten sie anschliessend im VR-Klassenzimmer. Demgegenüber bestand für die KG lediglich die Möglichkeit der Übungspraxis im realen Unterricht des Praxissemesters. Das Praxissemester ist der erste grössere schulpraktische Abschnitt von ca. drei Monaten zum Abschluss des Masterstudiums, in dem Studierende in ihren jeweiligen Fächern angeleitet und selbstständig unterrichten. Im Fach Geschichte ist dabei von 33 zu hospitierenden und 25 selbst durchzuführenden Unterrichtsstunden auszugehen. Im Vergleich hatten also die Proband:innen der EG fünf Mal die Möglichkeit, jeweils ca. 10 Minuten im VR-Klassenzimmer zu üben bzw. getestet zu werden, die KG hingegen 25 Mal je eine gesamte Unterrichtsstunde durchzuführen.

Bei beiden Gruppen erfolgte die Pre- und Posttestung im VR-Klassenzimmer (t_1 Auswertungsgesprächsszenario 1, t_3 Auswertungsgesprächsszenario 3); bei der EG zusätzlich ein Zwischentest (t_2 , Auswertungsgesprächsszenario 2). Diese Testungssituationen wurden videografiert: Als Instrument zur Erhebung von Kompetenz dienten zu allen Testzeitpunkten mit einer Aussenkamera erstellte ca. siebenminütige AV-Mitschnitte des Unterrichtshandelns der Proband:innen im virtuellen Klassenzimmer (Gesprächsszenarien). Zudem wurden über einen Fragebogen mit geschlossenen und teils offenen Fragen u. a. Selbstwirksamkeitserwartungen abgerufen. Die

Pilotierung erfolgte in einem Zeitraum von ca. vier Monaten von November 2020 bis Februar 2021. Daraus erwuchsen jeweils 23 Aufzeichnungen und Fragenbögen des Pre- und 12 des Posttests. Im Sommersemester 2021, Wintersemester 2021/2022 und Sommersemester 2022 erfolgte eine Vollerhebung (EG, n = 20 und KG, n = 20) mit Follow-Up-Tests.

3.2 *Ablauf der Test- bzw. Übungssituation im virtuellen Klassenzimmer*

Die Studierenden hatten die Aufgabe, ein Auswertungsgespräch zu einer fiktiven vorangegangenen, arbeitsteiligen Gruppenarbeit zu führen. Deren Ergebnis bestand in der Darstellung eines kontroversen Urteils, das die Schüler:innen jeweils mit passenden Quellen und Darstellungen zu stützen und in Form eines Posters zu fixieren hatten. An diesem Arbeitsergebnis der Teamarbeit kann der Konstruktcharakter von Urteilen verdeutlicht werden. Die Studierenden sollten im Vorfeld der VR-Szenarien die aus einer Aufgabe und Materialien bestehenden Gruppenarbeitsaufträge zu Hause in Ruhe durchsehen. Zudem wussten sie, zu welchen Erkenntnissen sie ihre Mitschüler:innen im denkenden Unterrichtsgespräch auf der Metaebene bringen sollten (fünf Denkebenen).

Ziel der Gesprächsführung der Proband:innen war, impulsgesteuert Denkangebote zu unterbreiten (Gudjons 2011, 193), um im Unterrichtsgespräch fünf konsekutiv aufeinander aufbauende Metadenkebenen zum Konstruktcharakter von Urteilen gemeinsam mit den virtuellen Schüler:innen zu erreichen (selbstentwickelte Struktur von Ebenen zu Einsichten der Schüler:innen in den Konstruktcharakter von Geschichte). Diese fünf Ebenen lagen den Studierenden im virtuellen Klassenzimmer nochmals schriftlich auf dem Pult vor. Sie konnten nun die Kommunikation verbal und nonverbal im virtuellen Klassenzimmer frei führen. Die virtuellen Schüler:innen (Avatare) antworteten den Studierenden im Unterrichtsgespräch in antizipierten und vorstrukturierten Aussagen, die eine sehr hohe Varianz aufweisen. Einerseits in drei Niveaustufen, sehr gut, mittel, mangelhaft ausdifferenziert, andererseits innerhalb dieser Niveaus über verschiedene Antwortmöglichkeiten, die ihrerseits in eine konsekutive Ebenenstruktur eingebettet waren. Aufgrund der Vielfalt der Impuls- und Antwortmöglichkeiten liess sich im Übungsraum kontingente Unterrichtskommunikation (Bracke et al. 2018) im gewünschten Rahmen abbilden und Unterricht als Angebots-Nutzungsstruktur verstehen (Schindler et al. 2020, 21).

Im Test entscheiden die zwei Coaches übereinstimmend, zu welcher Niveaustufe die verbale Äusserung der Studierenden in einer realen Unterrichtssituation führen würde. Wenn es den Testpersonen gelingt, eine passende, denkanregende Gesprächsstrategie anzuwenden (*talk moves* bei Schindler et al. 2020, 20–2; Pauli und Reusser 2018, 367–9), wird Niveaustufe 1 gewählt; wenn sie inhaltlich passende, aber einengende *talk moves* verwenden, Stufe 2, und wenn sie (eher) ungeeignete wählen, Stufe 3.

3.3 Konzeption des virtuellen Übungsraumes

Der bereits erwähnte Strukturbaum für die Gesprächsführung (vgl. Abbildung 2) wurde so konzipiert, dass er möglichst breit für sehr unterschiedliche Impulse der Lehrperson ist und zugleich spezifisch genug für die Lenkung des strukturierten Gesprächs. Diese Agilität ist für den Strukturbaum wesentlich und soll zur kategorialen Erweiterung und Ausdifferenzierung der Ratingmöglichkeiten für die Coaches (später KI) im Ergebnis der Pilotierungsdaten genutzt werden.

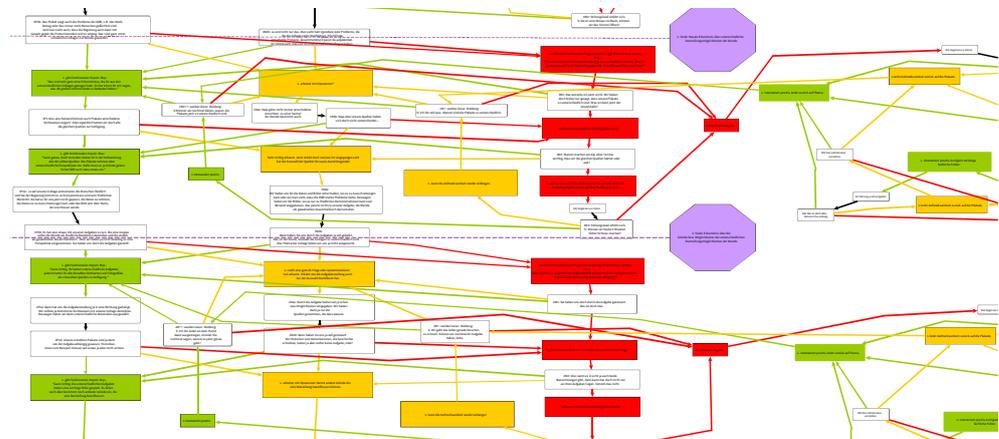


Abb. 2: Ausschnitt aus dem Strukturbaum in yEd Graph Editor.

Die Pfade, d. h. die vielen Antwortmöglichkeiten auf drei Niveaustufen in der Abbildung 2 farblich in Grün (Niveaustufe 1), Gelb (Niveaustufe 2) und Rot (Niveaustufe 3) markiert, sind jeweils miteinander in komplexen Vernetzungen konzipiert, die monokausale Lösungen des Szenarios im Gespräch mit den virtuellen Agent:innen verhindern. Vielmehr ist es grundsätzlich möglich, von allen Niveaustufen aus die jeweils nächste Denkebene zu erreichen, wenn geeignete Impulse erfolgen. Die Komplexität der fünf Metadenkebenen, in Abbildung 2 links mit den rechteckigen grünen Kästen markiert, und deren Binnenstruktur, erkennbar rechts daneben, lassen jedoch ein Durchschreiten von Denkebene 1 bis 5 nur zu, wenn die geistige Durchdringung der sukzessiv steigenden Anforderungen von den Testpersonen geleistet *und* zu einer passenden, die Schüler:innen aktivierenden Verbalisierung gebracht wird. Das Rating der jeweiligen Inputs der Testpersonen durch die beiden Projektleitenden bestimmt also über die gewählte Niveaustufe rudimentär den weiteren Verlauf der Interaktion mit den Avataren.

Der Erfolg der Studierenden im Fortführen des Unterrichtsgesprächs zeigt sich u. a. daran, wie viele der fünf konsekutiven Denkebenen auf welchen Niveaustufen gemeinsam mit den Avataren durchschritten werden können.

4. Auswertung

Die Auswertung folgt der Methodentriangulation, d. h. der Kombination aus qualitativen und quantitativen Verfahren (Mayring und Fenzl 2014). Die computergestützt transkribierten Gesprächsprotokolle (in Anlehnung an Dresing und Pehl 2015, 20–2) der Video-Mitschnitte werden inhaltsanalytisch (u. a. Mayring und Fenzl 2014) nach deduktiv und induktiv gewonnenen Kategorien (Lotz, Gabriel und Lipowsky 2013, 359–60) für das Gelingen des Unterrichtsgesprächs und anschliessend quantitativ analysiert. Dazu gehören u. a. Qualität der Gesprächsführung in Bezug auf Offenheit, Aktivierung, Verständlichkeit und Strukturiertheit, Unterstützung/Passung zu den Antworten der Schüler:innen, Verwendung von Fachsprache, fachlich-inhaltliche Qualität, Anzahl der Denkanregungen und erreichte Metadenebenen. Anwendung fand eine QDA-Software.

Im ersten Schritt der Auswertung hat das Projektteam mittels hoch-inferenten Ratings jeweils zuerst eine Gesamteinschätzung der Gesprächsqualität (Lotz, Gabriel und Lipowsky 2013, 360–61) vorgenommen, dann eine Beurteilung der Qualität jeder einzelnen Kommunikationsphase auf den jeweils erreichten Metadenebenen. Als hoch-inferentes Rating wird hier verstanden,

«die Qualität von Unterricht bzw. die Qualität einzelner Unterrichtsabschnitte oder -ereignisse auf einer abgestuften Skala einzuschätzen und dadurch komplexe, miteinander interagierende Merkmale des Unterrichts zu bewerten [...] [und ein Gesamturteil zu bilden], das mehrere verhaltensnah definierte Indikatoren berücksichtigt» (ebd., 360).

In einem zweiten Schritt wurden die Sprechanteile der Studierenden im niedrig-inferenten Verfahren (Beobachtung einzelner Unterrichtsereignisse auf Basis gut unterscheidbarer Kategorien mit Ankerbeispielen; vgl. ebd., 359) im Event-Sampling auf Basis eines disjunkten Kategoriensystems kodiert (ebd.). Anhand des theoretisch abgeleiteten Kategoriensystems und eines Kodierleitfadens kodierten zunächst zwei Personen unabhängig voneinander ca. 20 Prozent des Datenmaterials, um danach im Vergleich der Ergebnisse (Prüfung der Inter-rater-Reliabilität) und im Austausch über die Zuordnung der Segmente die Trennschärfe und Verständlichkeit der Kategorien zu erhöhen. Im Anschluss erfolgte die Gesamtdatenauswertung.

5. Ergebnisse

Nachfolgend werden einige ausgewählte Ergebnisse aus der Pilotierung vorgestellt. Das erste Ergebnis bezieht sich auf den Gesamteindruck des Gesprächs, genauer die Anteile der Testpersonen im Gespräch mit den virtuellen Schüler:innen. Der «Gesamteindruck» entsteht über ein hoch-inferentes Rating (vgl. ebd., 123).

Dieser «Gesamteindruck» der Gesprächsanteile der Testpersonen wurde von zwei Rater:innen unabhängig voneinander in gut (+), mittel (0) und schlecht (-) kategorisiert (vgl. Tab. 1).

Gruppe	Pre-Test			Post-Test		
	-	0	+	-	0	+
EG	4	2			4	2
KG	9	7			5	1

Tab. 1: «Gesamteindruck» der Proband:innen-Sprechanteile.

Die Qualität wurde im Pretest in der EG viermal schlecht und zweimal mittel eingeschätzt (4 x - und 2 x 0); in der KG neunmal schlecht und siebenmal mittel (9 x - und 7 x 0). Es zeigte sich in beiden Gruppen im Posttest eine Verbesserung: EG viermal mittel und zweimal gut (4 x 0 und 2 x +); KG fünfmal mittel und einmal gut (5 x 0 und 1 x +; EG und KG im Posttest jeweils n=6).¹ Hier lassen sich noch keine relevanten Unterschiede zwischen den Testgruppen feststellen.

Gruppe	Pre-Test			Post-Test		
	-	0	+	-	0	+
EG			0			13
KG			0			3

Tab. 2: «Gesamteindruck» in Gesprächsphasen.

Deutlicher zeigen sich diese, wenn die einzelnen Phasen der fünf Metadenebenen hochinferent geratet werden (vgl. Tab. 2): Während im Pretest weder die Testpersonen der EG noch jene der KG ein gutes Rating erreichten (Level 1-Verbalisierung), wurde die Qualität der einzelnen Gesprächsphasen im Posttest in der EG viel höher bewertet als in der KG. Hier wurde 13-mal gut geratet im Vergleich zu dreimal bei gleicher Anzahl der Proband:innen im Post-Test (13 x + vs. 3 x +).

Gruppe	Pre-Test	Post-Test
EG	MW = 2,6	MW = 4,8
KG	MW = 2,41	MW = 3,8

Tab. 3: Erreichte Metadenebenen im Unterrichtsgespräch.

¹ Im Post-Test der KG haben statt der 16 Proband:innen des Pre-Tests nur noch 6 teilgenommen, da mit Fortschreiten des Praxissemesters die Bereitschaft von Studierenden zur Teilnahme an umfangreichen fakultativen Begleitveranstaltungen abnimmt.

Die fortschreitende Kompetenz, ein denkanregendes Gespräch zu führen, zeigt sich u. a. daran, wie viele der fünf konsekutiven Denkebenen gemeinsam mit den Avataren bei den Testungen durchschritten werden konnten (vgl. Tab. 3). Die Daten wurden hier mit niedrig-inferenten Verfahren auf Grundlage der Ebenenvisualisierungen des Strukturbaums ausgewertet. Dabei wurden nur komplett durchschrittene Ebenen als «absolviert» geratet. Im Pretest gelangten die Testpersonen beider Gruppen rechnerisch nur auf etwas mehr als Ebene 2 von insgesamt fünf möglichen Ebenen. Die EG kam hier auf einen Mittelwert von 2,6; die KG hingegen auf den Mittelwert 2,41.

Im Posttest hingegen lässt sich eine deutlich grössere Steigerung des Mittelwertes in Bezug auf die im Gespräch erreichten Ebenen in der EG feststellen. Er betrug in der EG 4,8; in der KG mit 3,8 einen Punkt weniger.

Gruppe	Pre-Test	Post-Test
EG	MW = 454,16	MW = 471,8
KG	MW = 437,3	MW = 635,3

Tab. 4: Wortzahlen in Bezug auf erreichte Metaebenen.

Die Qualität der Gesprächsführung an sich lässt sich auch quantitativ daran bemessen, ob sich die Redeanteile der Lehrpersonen reduzieren, hier gemessen in der Anzahl der Wörter (vgl. Tab. 4). Im Pretest liegt die Wortanzahl in EG und KG bezogen auf die erreichten Ebenen ungefähr gleich hoch. Die Proband:innen der EG kommen auf einen Mittelwert von 454,16; die der KG von 437,3. Im Posttest erhöht sich die Wortanzahl der EG nur gering auf einen Mittelwert von 471,8; in der KG um ca. 198 Wörter auf 635,3. Für die Bewertung der Ergebnisse ist der Bezug zur Erreichung der Denkebenen erforderlich: Die EG gelangt im Posttest mit unwesentlich mehr Worten als im Pretest zwei Ebenen weiter (Zuwachs MW = 2,2), wogegen die KG bei einer Steigerung der Wortanzahl um ca. 45 Prozent im Vergleich zum Pretest im Posttest lediglich eine Ebene mehr erreicht (Zuwachs MW = 1,2).

Gruppe	Pre-Test	Post-Test
EG	0	13
KG	0	2

Tab. 5: Anzahl offener Impulse.

Schliesslich spricht auch die Anzahl der offenen Impulse (vgl. Tab. 5) für Qualität. Hier ist eine deutliche Steigerung in der EG zu erkennen. Während im Pretest in beiden Gruppen keine offenen Impulse verwendet wurden, steigt die Anzahl im Posttest in der EG auf 13, in der KG auf nur zwei.

6. Diskussion und Ausblick

Die dargelegten und weitere Ergebnisse der Pilotierungsstudie belegen in Bezug auf die leitende Fragestellung erhebliche Verbesserungen der Gesprächsführungskompetenz und Selbstwirksamkeitsüberzeugung in der Experimentalgruppe, die sich bereits in den Übungsphasen abzeichneten. Das liegt zum einen – auch nach den Aussagen der Testpersonen – an der Intervention über das Coaching sowie an der Möglichkeit, im virtuellen Raum zu üben, der von den meisten Proband:innen als realitätsnah empfunden wird. Immersion – das «Eintauchen» in die virtuelle Welt – findet, wenngleich graduell unterschiedlich, statt. Dies geschieht häufig in der Idealtstufe, sodass die Übungssituation einerseits als realitätsnah und zum Üben gut geeignet eingestuft, andererseits als virtuell wahrgenommen wird, weshalb eine Meta-Reflexion und Korrektur des eigenen Verhaltens viel besser möglich ist als in realen Unterrichtssituationen, in denen häufig Druck empfunden wird. Das Üben gelingt in der VR-Umgebung auch deshalb viel besser als in der Realität, da mehrere Übungsschleifen über das Strukturbaumsystem möglich sind. Das unterstreicht nochmals den Anspruch des virtuellen Klassenzimmers, nicht der Realität möglichst nahe zu kommen, sondern einen idealen Übungsraum unter realitätsnahen Bedingungen zu bieten.

In der Haupterhebung hat das Projektteam einige Schwachpunkte der Pilotierung ausgeglichen: So konnte eine weitaus höhere Testpersonenzahl und eine ausgewogene Beteiligung in EG und KG generiert werden. Zu bedenken ist, dass sich in der EG ein Übungseffekt bzw. Gewöhnungseffekt im vorstrukturierten VR-Raum ergeben (haben) könnte, was die Ergebnisse (falsch) positiv beeinflussen könnte. Zur Erinnerung: Die KG übte lediglich in den eigenen Klassen im Praxissemester. Allerdings ist es ja gerade Ziel des virtuellen Klassenzimmers, möglichst viel zu üben, damit sich bei den Studierenden positive Handlungsmuster für die Gesprächsführung verankern, sodass sie in einer späteren Drucksituation auf diese zurückgreifen können. Dies liesse sich idealerweise über einen Follow-up-Test in realen Klassen nachweisen. Da sich dieser aber aufgrund des hohen organisatorischen Aufwandes kaum umsetzen lässt, hat das Forschungsteam in der Haupttestung einen Follow-up-Test im virtuellen Klassenzimmer vorgesehen. Studierende der EG, die bereits in der Schule unterrichten, berichten davon, dass es ihnen gelingt, die im virtuellen Raum geübte offene Gesprächsführung reflektiert und erfolgreich im Schullalltag anzuwenden.

Literatur

- Alexander, Robin. 2018. «Developing dialogic teaching: Genesis, process, trial». *Research Papers in Education* 33 (5): 561–598. <https://doi.org/10.1080/02671522.2018.1481140>.
- Altrichter, Herbert, Peter Posch, und Harald Spann. 2018. *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht*. 5. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Borries, Bodo von. 1998. «Jugendliche Geschichtsvorstellungen und Politikeinstellungen im europäischen Ost West Vergleich. Das Beispiel Demokratie. Befunde einer komparativen empirischen Studie in 9. Klassen 1994/95». <https://www.sowi-online.de/book/export/html/800>.
- Borries, Bodo von. 2013. *Zurück zu den Quellen? Plädoyer für die Narrationsprüfung – Essay*. http://bpb.de/apuz/170162/zurueck-zu-den-quellen_plaedoyer-fuer-die-narrations-pruefung?all.
- Bracke, Sebastian, Colin Flaving, Johannes Jansen, Manuel Köster, Jennifer Lahmer-Gebauer, Simone Lankes, Christian Spieß, Holger Thünemann, Christoph Wilfert, und Meik Zülsdorf-Kersting. 2018. *Theorie des Geschichtsunterrichts*. Frankfurt a. M.: Wochenschau.
- Deci, Edward L., und Richard M. Ryan. 1993. «Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik». *Zeitschrift für Pädagogik* 39 (2): 235–236.
- Dörner, Dietrich. 2004. «Der Mensch als Maschine». *Psychologie als Humanwissenschaft*, herausgegeben von Gerd Jüttemann, 32–45. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Dörner, Dietrich, und Frank Steinicke. 2019. «Wahrnehmungsaspekt von VR». In *Virtual und Augmented Reality. Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*, herausgegeben von Dietrich Dörner, Wolfgang Broll, Paul Grimm und Bernhard Jung, 43–78. 2. Auflage. Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>.
- Dresing, Thorsten, und Thorsten Pehl. 2015. *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. 6. Auflage. Marburg: Eigenverlag Dresing und Pehl GmbH. www.audiotranskription.de/praxisbuch.
- Fenn, Monika. 2013. «Vom instruktionalen zum problemorientierten Unterrichtsstil. Modifikation der Handlungsroutinen von Studierenden». In *Zur Professionalisierung von Geschichtslehrerinnen und Geschichtslehrern. Nationale und internationale Perspektiven*, herausgegeben von Susanne Popp, Michael Sauer, Bettina Alavi, Marko Demantowski und Alfons Kenkmann, 327–342. Göttingen: V & R unipress.
- Fenn, Monika. 2015. «Beeinflusst geschichtsdidaktische Lehre die subjektiven Theorien von Studierenden zu Lehren und Lernen im Geschichtsunterricht? Ergebnisse einer empirischen Interventionsstudie». *Geschichte in Wissenschaft und Unterricht* 66 (9-10): 515–538.
- Fenn, Monika. 2018. «Conceptual change von Vorstellungen über epistemologische Basis-konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern fördern? Ergebnisse einer explorativen Interventionsstudie». In *Frühes historisches Lernen. Projekte und Perspektiven empirischer Forschung*, herausgegeben von Monika Fenn, 146–199. Frankfurt a. M.: Wochenschau.

- Georgiou, Yiannis, und Eleni A. Kyza. 2017. «The development and validation of the ARI questionnaire. An Instrument for measuring immersion in location-based augmented reality settings». *International Journal Human-Computer Studies* 98: 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.09.014>.
- Gillies, Robyn M. 2014. «Developments in classroom-based talk». *International Journal of Educational Research* 63, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2013.05.002>.
- Gröschner, Alexander. 2020. «Praxisbezogene Lerngelegenheiten am Beispiel lernwirksamer Unterrichtskommunikation. «Bewegungen» in der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Lehrpersonen». In *I. Bewegungen – Beiträge zum 26. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft*, herausgegeben von von Ackeren, Helmut Bremer, Fabian Kessler, Hans Christoph Koller, Nicolle Pfaff, Caroline Rotter, Dominique Klein und Ulrich Salaschek, 239–253. Opladen: Barbara Budrich.
- Gröschner, Alexander, und Tina Hascher. 2019. «Praxisphasen in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung». In *Handbuch Schulpädagogik*, herausgegeben von Marius Harring, Carsten Rohlf und Michaela Gläser-Zikuda, 652–664. Münster: Waxmann.
- Gudjons, Herbert. 2011. *Frontalunterricht – Neu entdeckt. Integration in offene Unterrichtsformen*. 3. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Günther-Arndt, Hilke. 2014. «Historisches Lernen und Wissenserwerb». In *Geschichtsdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*, herausgegeben von Hilke Günther-Arndt und Meik Zülsdorf-Kersting. 6. Auflage, 24–49. Berlin: Cornelsen.
- Henke-Bockschatz, Gerhard, und Christian Mehr. 2016. «Von den Möglichkeiten historischen Verstehens im Unterricht als soziale Praxis». In *Was heißt guter Geschichtsunterricht? Perspektiven im Vergleich*, herausgegeben von Johannes Meyer-Hamme, Holger Thünemann und Meik Zülsdorf-Kersting. 2. Auflage, 107–122. Schwalbach i. Ts.: Wochenschau.
- Hodel, Jan, und Monika Waldis. 2007. «Sichtstrukturen im Geschichtsunterricht – die Ergebnisse der Videoanalyse». In *Geschichtsunterricht heute. Eine empirische Analyse ausgewählter Aspekte*, herausgegeben von Peter Gautschi, Daniel V. Moser, Kurt Reusser und Pit Wiher, 91–142. Bern: hep.
- Howe, Christine, und Manzoorul Abedin. 2013. «Classroom dialogue: A systematic review across four decades of research». *Cambridge Journal of Education* 43, 3, 325–356. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2013.786024>.
- Huang, Yizhen, Eric Richter, Tilo Kleickmann, Axel Wiepke, und Dirk Richter. 2021. «Classroom complexity affects student teachers' behavior in a VR classroom». *Computers & Education* 163. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104100>.
- Keck, Rudolf W. 1998. «Der Impulsunterricht. Eine vermittelnde Unterrichtsform zwischen gängelnden und selbststeuernden Verfahren». *Pädagogik* 50 (5): 13–16.
- Klinzing, Hans Gerhard. 2002. «Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über 35 Jahre Forschung». *Zeitschrift für Pädagogik* 48 (2): 194–214.
- Lazarides, Rebekka, und Diana Raufelder. 2020. «Control-Value Theory in the Context of Teaching: Does Teaching Quality Moderate Relations Between Academic Self-Concept and Achievement Emotions?». *British Journal of Educational Psychology* 91 (1). <https://doi.org/10.1111/bjep.12352>.

- Leisen, Josef. 2007. «Unterrichtsgespräch: vom fragend-entwickelnden Unterricht, sokratischen Gespräch und Schülergespräch». In *Physik-Methodik für die Sekundarstufe I und II*, hrsg. von Silke Mikelskis-Seifert und Thorid Rabe, 115–132. Berlin: Cornelsen.
- Lipowsky, Frank, Katrin Rakoczy, Christine Pauli, Barbara Drollinger-Vetter, Eckhard Klieme, und Kurt Reusser. 2009. «Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem». *Learning and Instruction* 19 (6): 527–537. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.001>.
- Lotz, Miriam, Kathrin Gabriel, und Frank Lipowsky. 2013. «Niedrig und hoch inferente Verfahren der Unterrichtsbeobachtung. Analysen zu deren gegenseitiger Validierung». *Zeitschrift für Pädagogik* 59 (3): 357–580.
- Lugrin Jean-Luc, Mark Erich Latoschik, Michael Habel, Daniel Roth, Christian Seufert, und Silke Grafe. 2016. «Breaking Bad Behaviors: A New Tool for Learning Classroom Management Using Virtual Reality». *Computer Science Frontiers ICT*, 3. <https://doi.org/10.3389/fict.2016.00026>.
- Mayring, Philipp, und Thomas Fenzl. 2014. «Qualitative Inhaltsanalyse». In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*, herausgegeben von Nina Baur und Blasius Jörg, 543–556. Wiesbaden: Springer.
- Mehan, Hugh. 1979. *Learning lessons: Social organization in the classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Mehr, Christian. 2013. «Fragen an die Geschichte – Fragen im Geschichtsunterricht». In *Forschungswerkstatt Geschichtsdidaktik 12. Beiträge zur Tagung «geschichtsdidaktik empirisch 12»*, hrsg. von Jan Hodel, Monika Waldis und Béatrice Ziegler, 155–165. Bern: hep.
- Michaels, Sarah, Catherine O'Connor, und Lauren B. Resnick. 2008. «Deliberate discourse idealized and realized: Accountable talk in the classroom and civic life». *Studies in Philosophy and Education* 27 (4): 283–297.
- Mortimer, Eduardo Fleury, und Philip H. Scott. 2010. *Meaning making in secondary science classrooms*. Buckingham: Open University Press.
- Murphy, P. Karen. 2018. *Classroom discussions in education*. New York: Routledge.
- Osborne, Jonathan, Shirley Simon, Andri Christodoulou, Christina Howell-Richardson, und Katherine Richardson. 2013. «Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students». *Journal of Research in Science Teaching* 50 (3): 315–347. <https://doi.org/10.1002/tea.21073>.
- Pauli, Christine, und Kurt Reusser. 2018. «Unterrichtsgespräche führen – das Transversale und das Fachliche einer didaktischen Kernkompetenz». *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 36 (3): 365–377.
- Reznitskaya, Alina, und Ian A. G. Wilkinson. 2017. *The most reasonable answer. Helping students build better arguments together*. Cambridge: Harvard Education Press.

- Rosa, Lisa. 2014. «Medienbegriff, Lernbegriff und Geschichtslernen im digitalen Zeitalter. Vortrag auf der Tagung Geschichtsdidaktische Medienverständnisse #gld14 am 25./26. April 2014». <https://shiftingschool.wordpress.com/2014/04/29/medienbegriff-lernbegriff-undgeschichtslernen-im-digitalen-zeitalter/>.
- Schindler, Ann-Kathrin, Ricardo Böheim, Maralena Weil, Alexander Gröschner, und Tina Seidel. 2020. «Videoinstrument «Dialogische Unterrichtsgesprächsführung» – Auswertung der Unterrichtsvideos». In *Dialogische Gesprächsführung im Unterricht. Interventionsansatz, Instrumente und Videokodierungen*, hrsg. von Maralena Weil, Alexander Gröschner, Ann-Kathrin Schindler, Ricardo Böheim, Dennis Hauk und Tina Seidel, 18–23. Münster: Waxmann.
- Seidel, Tina, und Manfred Prenzel. 2006. «Stability of teaching patterns in physics instruction: Findings from a video study». *Learning and Instruction* 16 (3): 228–240. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.002>.
- Sinclair, John McHardy, und Malcolm Coulthard. 1975. *Towards an Analysis of Discourse: The English Used by Teachers and Pupils*. London: Oxford University Press.
- Spieß, Christian. 2015. «Das Unterrichtsgespräch als zeitgemässe Form der Geschichtserzählung. Asymmetrische Kommunikation im Geschichtsunterricht». *Zeitschrift für Geschichtsdidaktik* 14: 154–168.
- Thünemann, Holger. 2009. «Fragen im Geschichtsunterricht. Forschungsstand und Forschungsperspektiven». *Zeitschrift für Geschichtsdidaktik* 8: 115–124.
- Thünemann, Holger. 2020. «Historische Werturteile: Positionen, Befunde, Perspektiven». *Geschichte in Wissenschaft und Unterricht* 71 (1-2): 5–18.
- Wahl, Diethelm. 2006. *Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln*. 2. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Weil, Maralena, Alexander Gröschner, Ann-Kathrin Schindler, Ricardo Böheim, Dennis Hauk, und Tina Seidel, Hrsg. 2020. *Dialogische Gesprächsführung im Unterricht. Interventionsansatz, Instrumente und Videokodierungen*. Münster: Waxmann.
- Wuttke, Eveline. 2005. *Unterrichtskommunikation und Wissenserwerb. Zum Einfluss von Kommunikation auf den Prozess der Wissensgenerierung*. Frankfurt a. M.: Peter Lang.
- Zender, Raphael, Pia Sander, Matthias Weise, Miriam Mulders, Ulrike Lucke, und Michael Keres. 2019. «Action-oriented Learning in a VR Painting Simulator». In *Emerging Technologies for Education – Proceedings of the 4th International Symposium on Emerging Technologies for Education*, herausgegeben von Elvira Popescu, Tianyong Hao, Ting-Chia Hsu, Haroran Xie, Marco Temperini und Wei Chen. Magdeburg Springer Lecture Notes in Computer Science (LNCS). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5>.
- Zimmermann, Matthias, Miriam Moser, Anke Wischgoll, Kurt Reusser, und Christine Pauli. 2020. «Dialogische Gespräche führen – eine fachliche und transversale Kompetenz von Geschichtslehrpersonen». Abstract zur Tagung «geschichtsdidaktik empirisch». Zugriff: 30.5.2022. <https://www.geschichtsdidaktik-empirisch.ch/abstracts/abstract-zimmermannetal/>.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Fremdsprachendidaktik meets 360° & Virtual Reality

Studierendenperspektiven im Master Lehramt

Kathleen Plötner¹  und Florian Nowotny¹ 

¹ Universität Potsdam

Zusammenfassung

In den Wintersemestern 2020/21 und 2021/22 wurde am Lehrstuhl für Fachdidaktik der romanischen Sprachen, Literaturen und Kulturen der Universität Potsdam in Kooperation mit dem BMBF-geförderten Projekt «Forschen/Lernen Digital (FoLD)» je ein Projektseminar im Master Lehramt Französisch/Spanisch durchgeführt, in dem die teilnehmenden Studierenden sich mit ausgewählten 360°- und Virtual-Reality-Anwendungen aus fremdsprachendidaktischer Perspektive auseinandersetzten. Das Seminar wurde wissenschaftlich mithilfe eines teilstandardisierten Fragebogens (Pre- und Postdesign) begleitet, der u. a. einen 360°- und VR-spezifischen Abschnitt beinhaltete. Der Beitrag legt den Fokus auf Einschätzungen der zukünftigen Fremdsprachenlehrpersonen zu vier im Seminar behandelten Anwendungen (Panolingo, MondlyVR, AltspaceVR und Lapentor) hinsichtlich ihres möglichen Einsatzes im Fremdsprachenunterricht und arbeitet die verwendeten Argumentationen und Bewertungskriterien der Postbefragung inhaltsanalytisch heraus. Er versteht sich als Teil einer Vorstudie eines grösser angelegten Forschungsprojekts zu fremdsprachlichen Lehrlernprozessen in und durch VR.

Foreign Language Teaching Meets 360° and Virtual Reality. Student Perspectives in a Master of Education Program

Abstract

In the winter semesters 2020/21 and 2021/22, the Chair of Didactics of romance languages, literatures and cultures at the University of Potsdam along with the BMBF-funded project «Forschen/Lernen Digital (FoLD)» partnered for a project seminar. In this cooperation, participating students examined selected 360° and virtual reality applications from the perspective of foreign language teaching and learning. The seminar was also guided by the partially standardized questionnaire (pre- and post-design), which included a 360° and VR-specific section. The current article focuses on the students' assessments of

four applications used in the seminar (Panolingo, MondlyVR, AltospaceVR, and Lapentor) regarding their possible implementation in the foreign language classroom and elaborates on the argumentations and evaluation criteria given by the future teachers in the second survey (post design). It is part of a preliminary study of a larger research project on foreign language teaching and learning processes in and through VR.

1. Einleitung

Bildungstechnologien tragen entscheidend zur Transformation von Bildungsprozessen bei: Idealerweise erleichtern sie den Zugang zu Wissen und Kompetenzen und leisten einen aktiven Beitrag zur gesellschaftlichen Aufklärung im Sinne der Open Science. Mit Blick auf das schulische und universitäre Lernen muss der Einsatz von Bildungstechnologien ausgehend von konkreten fachwissenschaftlichen Bedarfen und didaktischen Konzepten ermittelt und in der Praxis beforscht werden. Die Universität Potsdam setzt sich aktiv mit VR als Bildungstechnologie auseinander. Seit mehr als fünf Jahren werden hier VR-Anwendungen konzipiert und diese anschliessend in Seminaren, insbesondere in lehramtsbezogenen Lehrangeboten, eingesetzt und evaluiert. Hierzu gehören u. a. das VR-Klassenzimmer zum Umgang mit Unterrichtsstörungen (vgl. Wiepke et al. 2019) sowie die Erweiterung des Klassenzimmers für Unterrichtsgespräche im Fach Geschichte und das Chemie-Labor als Übungsmöglichkeit von Sicherheitsmassnahmen beim Experimentieren in der Schule. Zudem entsteht eine *Cuisine Parisienne* in VR, in der Sprachlernende verschiedene Aufgaben zur französischen Esskultur bewältigen können.

Zusätzlich zu den VR-Entwicklungen an der Universität Potsdam werden in den einzelnen Fachdidaktiken Seminare konzipiert, durchgeführt und evaluiert, in denen Lehramtsstudierende u. a. Potenziale und Grenzen anderweitiger 360°- und VR-Anwendungen im Kontext ihres späteren Berufsfeldes entdecken können. Eine explizite Auseinandersetzung mit 360° und Virtual Reality (VR) als Bildungstechnologie sowie mit möglichen Einsatzszenarien in einem fachdidaktischen Seminar kommt der Forderung der Kultusministerkonferenz nach, zukunftsweisende Kompetenzen im Handlungsfeld VR unter Berücksichtigung medienethischer und pädagogischer Fragestellungen zu ermitteln und zu fördern (vgl. Kultusministerkonferenz 2021).

Im vorliegenden Artikel werden Studierendenperspektiven zum Einsatz von ausgewählten 360°- und VR-Anwendungen analysiert, die den Erwerb von Fremdsprachen fokussieren. Die Erhebung wurde seminarbegleitend an der Universität Potsdam im Sinne des SOTL-Ansatzes (*Scholarship of Teaching and Learning*) über einen teilstandardisierten Onlinefragebogen im Pre-Post-Design durchgeführt. Ziel war herauszufinden, welche Anwendungen von den Studierenden für das schulische sowie das eigene Fremdsprachenlernen als besonders geeignet bzw. weniger geeignet

bewertet werden sowie Argumentationsstränge, auf denen die Einschätzungen beruhen, und mögliche Gründe dafür herauszuarbeiten. Die Erkenntnisse können u. a. für zukünftige VR-Seminare und -Entwicklungen genutzt werden.

2. State of Research: Sprachenlernen mit 360° und VR

In der Forschung werden virtuelle Welten für das Sprachenlernen seit der Jahrtausendwende untersucht (vgl. Lin und Lan 2015). Seit der Veröffentlichung des Google Cardboards im Jahr 2014 rückten 360°-Medien und VR aufgrund breiter Verfügbarkeit zunehmend in den Fokus der Öffentlichkeit, insbesondere von Tech-Unternehmen und Bildungsinstitutionen. Noch vor diesem Wendepunkt waren in erster Linie klassische 3D-Computer-Anwendungen, welche auf einem einfachen Bildschirm dargestellt werden und deren Interaktionen sich auf die Eingaben über Maus und Tastatur beschränken, Gegenstand der Untersuchungen.

In der Gegenwart wird zwischen solchen nicht-immersiven, semi-immersiven und immersiven Anwendungen differenziert. Bei semi-immersiven Anwendungen handelt es sich um VR-Installationen wie eine Cave (*Cave Automatic Virtual Environment*) oder sonstige Projektionen. Immersive Anwendungen zeichnen sich dadurch aus, dass sie die reale Umgebung mit Head-Mounted-Displays (HMDs) vollständig überlagern (vgl. Parmaxi 2020).

Immersion wird in theoriebasierten Arbeiten als essenzieller Bestandteil für erfolgreiches Sprachenlernen bestimmt (vgl. Lan 2020), daher birgt besonders der Immersionseffekt moderner HMDs grosse Potenziale, die auch kommerzielle Onlineanbieter früh erkannten und mit VR-Anwendungen das eigene Portfolio ergänzten (z. B. Campbell-Howes 2017 oder «MondlyVR: Language Learning Immersion» o. J.). Unabhängig vom Immersionsgrad sind auch andere Aspekte von 360°- und VR-Anwendungen von Bedeutung, die nicht speziell für den Schuleinsatz konzipiert wurden, wenn sie in ein didaktisches Setting eingebettet werden sollen. Einen Ansatz zur Untersuchung dieser Aspekte entwickelten Frazier et al. (2021) mit einem Analyserahmen für VR-Anwendungen, der neben dem Immersionsgrad auch den *cognitive load*, die Kommunikationsmöglichkeiten und den Verwendungszweck im Sinne der eigentlichen Intention der Anwendung berücksichtigt. Mit VR-Anwendungen sind nach Auffassung der Autoren ausschliesslich immersive Anwendungen gemeint, die mit einem HMD erlebt werden. Anstelle von zugrundeliegender Hardware wird unter der Kategorie *Immersionsgrad* nach Fortbewegungs- und Interaktionsmöglichkeiten differenziert. Der *cognitive load* bezieht sich u. a. auf die Art und Weise, wie Instruktionen und Interaktionen konkret gestaltet sind. Die *Kommunikationsmöglichkeiten* berücksichtigen den sozialen Aspekt im Sinne von synchroner, asynchroner, intentionierter sowie darüber hinaus möglicher Verständigung und geben Hinweise auf die

zu nutzenden Methoden und Sozialformen. Innerhalb der *eigentlichen Intention* der Anwendung wird zwischen Unterhaltung, Information, sozialem Austausch und Design bzw. Erzeugung unterschieden (vgl. Frazier, Lege, und Bonner 2021).

Yu-Ju Lan (2020) differenziert in ihrer Arbeit den Verwendungszweck für den Einsatz im Fremdsprachenunterricht unter Berücksichtigung zugrundeliegender Interaktionsmöglichkeiten detailliert und bestimmt aus pädagogischer Perspektive fünf Kategorien. *Visuelle Erfahrungen* (1) ermöglichen virtuelle Expeditionen an entfernte, schwer zugängliche, unzugängliche oder bereits zerstörte Orte. Aufgrund mangelnder Interaktionsmöglichkeiten eignen sich Anwendungen dieser Kategorie besonders, um Austausch und Diskussionen einzuleiten. *Unterhaltung* (2) umfasst vor allem spielbasierte Anwendungen, anhand derer aufgrund der Sprache oder der Narrative eine Fremdsprache implizit gelernt werden kann. *Soziale Netzwerke* (3) zeichnen sich besonders dadurch aus, dass mit echten Menschen interagiert wird. Hier können trotz kultureller und sprachlicher Unterschiede gemeinsam Welten erkundet und Aufgaben bewältigt werden. *Wirken* (4) umfasst die Unterkategorien Manipulation und Simulation. Während Manipulation sich durch Interaktionen mit Objekten und Gegenständen auszeichnet, wird in Simulationen versucht, Nutzende in realweltliche (Lern-)Situationen zu versetzen. In beiden Fällen steht kontextbezogenes Lernen im Vordergrund. Authentizität und Immersion sind hier wichtiger als in anderen Kategorien. *Erzeugung* (5) beinhaltet Anwendungen in VR, aber auch ausserhalb davon, die Lernenden und Lehrenden ermöglichen, selbst VR-Kontexte zu erstellen, sowohl einfache 3D-Modellierungs-Software als auch komplexe Spiele-Entwicklungs-Engines (vgl. Lan 2020).

Zusammenfassend betrachtet gibt es zur Analyse des Potenzials von VR-Technologie und konkreter Anwendungen für das Sprachenlernen bereits Rahmen und Kategorien, die die Unterrichtsplanung erleichtern sollen. Ein einheitlicher Rahmen lässt sich jedoch schon allein aufgrund verschiedener Auffassungen zur Definition von VR schwer formulieren. In diesem Artikel sowie den zugrundeliegenden Seminaren wurde sich am Verständnis von immersiven und nicht-immersiven Anwendungen gemäss Parmaxi (2020) sowie an den Kategorien nach Lan (2020) orientiert. Unter 360°-Anwendungen sind nicht-immersive visuelle Expeditionen zu verstehen, die aufgrund der zweidimensionalen Darstellung monoskopischer 360°-Medien gesondert von VR betrachtet werden.

3. Konzipierung des 360°- und VR-Seminars für Lehramtsstudierende der Sprachen Französisch und Spanisch

Das Seminar umfasst theoretische, anwendungsorientierte, gestalterische und reflektorische Abschnitte, die systematisch miteinander verzahnt sind, und kann in vier Phasen geteilt werden:

1. In Phase 1 reflektieren die Studierenden ihren individuellen Gebrauch digitaler Medien, so auch von 360°- und VR-Anwendungen, sowohl hinsichtlich der Nutzung auf privater als auch professioneller Ebene, u. a. im Pre-Fragebogen. Anforderungen an digitalisierungsbezogene Kompetenzen – etwa fachspezifische, fächerübergreifende und überfachliche Basis- und Professionskompetenzen – werden mit fachspezifischen Anforderungen des Fremdsprachenunterrichts verknüpft. In dieser Phase wird auch – für die meisten Studierenden das erste Mal – eine VR-Brille genutzt, um eine virtuelle Welt zu erleben. Auf Grundlage erster Erfahrungen sollen Studierende Hypothesen zum Einsatz von 360° und VR mit Bezug zum Sprachenlernen und konkret zum schulischen Fremdsprachenunterricht formulieren und diese theoriegeleitet stützen.
2. Die zweite Phase widmet sich einer ersten Erprobung von 360°- und VR-Anwendungen. Hier werden Kriterien erarbeitet, die für den Einsatz der jeweiligen Anwendung im Fremdsprachenunterricht zu beachten sind oder zur Auswahl der Anwendung geführt haben. In Phase 2 lernen die Studierenden zudem den 360°-Editor Lapentor kennen, in dem sie anschliessend selbst gestaltend tätig werden. Anhand eines Inhalts, etwa «die Metrostation» als gesellschaftlich bedeutsamem Ort, den sie aus unterschiedlichen (kulturell-geprägten) Perspektiven beleuchten sollen, erstellen sie eine 360°-Anwendung, Begleitmaterial sowie einen methodischen Kommentar zum Material/zur Anwendung. Die Phase endet mit der Präsentation der erstellten Anwendungen und einer Feedbacksitzung durch Kommiliton:innen und Lehrende.
3. In der dritten Phase gilt es, unterschiedliche VR-Anwendungen zu erkunden, zu kontrastieren und unter Berücksichtigung didaktischer Prinzipien und Anforderungen zu evaluieren. Hierbei wird sich an den Verwendungskategorien nach Lan (2020) orientiert und den Studierenden eine Auswahl an unterschiedlichen funktionalen Anwendungen präsentiert bzw. zur Verfügung gestellt. Die Studierenden können sich zudem VR-Brillen ausleihen und diese eigenständig anwenden. In einer der letzten Sitzungen wird das Seminar in eine Social-VR-Umgebung verlegt, um Potenziale, aber besonders auch Grenzen des Einsatzes in Lehr-Lern-Settings direkt am Beispiel zu erfahren.
4. Das Seminar schliesst mit der Überprüfung der Eingangshypothesen zum Einsatz von 360°- und VR-Anwendungen und einer Reflexion zur eigenen Kompetenzentwicklung während des Seminars (u. a. im Post-Fragebogen) sowie mit der Evaluation des Seminars.

Mit Bezug zur Studierendenaktivität und den eingesetzten Anwendungen kann eine Zunahme an Komplexität wie folgt dargestellt werden:



Abb. 1: Progression Studierendenaktivität & Komplexität VR (von links nach rechts).

Abbildung 1 verdeutlicht die im Rahmen des Seminars getroffene Unterscheidung zwischen 360° und VR sowie die Trias (I) kennen – (II) einsetzen – (III) kreieren. Im Seminar wurden die Komplexitäten der zwei Ebenen allerdings im umgekehrten Verhältnis miteinander verschränkt (siehe Abbildung 2).

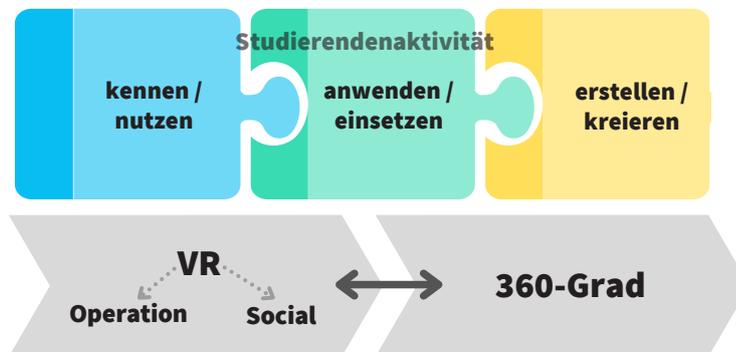


Abb. 2: Progression im Seminar (von links nach rechts).

Da die Studierenden auch gestaltend tätig werden sollten, VR-Anwendungen hierzu aber z. T. komplexere Kenntnisse von Oberflächen und strukturellen Anordnungen wie Ebenen und Eltern-Kind-Beziehungen in 3D-Editoren für die Gestaltung von VR-Räumen voraussetzen (z. B. Unity), entschieden sich die Dozierenden für eine niederschwellige Anwendung zum Erstellen von 360°-Touren, in der die Studierenden auch ohne diese Kenntnisse medial gestalterisch tätig werden konnten (III). Diskussionen zu VR-Anwendungen wurden im Seminar ausschliesslich auf der Ebene der privaten Nutzung (I) und des Einsatzes in pädagogischen Settings (II), i. e. S. im Fremdsprachenunterricht, geführt. Die Gestaltung und Programmierung von VR-Anwendungen waren nicht Gegenstand des Seminars.

4. Im Kurs eingesetzte Anwendungen

Für das Seminar wurden die folgenden Anwendungen ausgewählt:

4.1 *MondlyVR*

MondlyVR erweitert das Angebot der Online-Sprachlern-Plattform Mondly. Die immersive Anwendung der Kategorie *Wirken* simuliert klassische Reise-Situationen wie eine Bahn- und Taxifahrt oder die Ankunft in einem Hotel. Lernende führen in diesen Situationen angeleitet typische Dialoge mit mehreren vorgegebenen Antwortmöglichkeiten. Fokus der Anwendung sind die funktional-kommunikativen Kompetenzen Hörsehverstehen, Leseverstehen und Sprechen. Die Äusserungen des virtuellen Gegenübers sowie mögliche Antworten können beliebig oft angehört und gelesen werden. Eine Spracherkennung transkribiert die von Lernenden gegebenen Antworten und stellt damit nicht nur Kontroll-, sondern auch Feedbackfunktion bezüglich phonetischer Korrektheit dar. Diese funktionale Verbesserung des analogen Mediums der Lernkassette wird durch eine visuelle Umgebung mittels HMD ergänzt. Während einige Reisesituationen, wie etwa die Taxifahrt, visuell sehr statisch wirken, und das VR-Potenzial hier mit einer geringen Anzahl visueller Interventionen kaum ausgeschöpft wird, da die Lernenden sich hauptsächlich auf das Gespräch konzentrieren müssen und die gesamte Kommunikationssituation lang auf der Rückbank des Taxis sitzen, sind Szenarien wie die Ankunft im Hotel interaktiver gestaltet. Hier können die Lernenden bspw. die Rezeptionsglocke bedienen oder es kommt zu einem späteren Zeitpunkt der Portier, der die Koffer auf das Zimmer bringen möchte.

MondlyVR eignet sich nach Einschätzung der Autorin und des Autors weniger, um es zusätzlich didaktisch aufzubereiten und in ein grösseres Lehrlernsetting (abseits der dazugehörigen Online-Plattform) einzubetten, gibt aber einen guten Ausblick auf Potenziale von Sprachlernanwendungen unter Zuhilfenahme von Spracherkennung.

4.2 *Panolino*

Panolino ist eine interaktive 360°-Foto-Anwendung bzw. eine nicht-immersive Simulation zum kontextgebundenen Erlernen englischer¹ Vokabeln. Sie versetzt Lernende in klassische realweltliche Situationen und fordert sie auf, gesuchte Objekte in einem 360°-Panorama anzuklicken. Die Interaktionen mit der Anwendung beschränken sich auf dieses Anklicken. Das gesuchte Objekt ergibt sich aus einem für die Situation typischen Handlungsablauf. Lernende müssen das gesuchte Objekt

1 Da es im Seminar um Möglichkeiten des Fremdsprachenlernens mittels 360° und VR geht, fungiert hier Panolino bzw. die englische Sprache stellvertretend für kostenpflichtige Alternativen der gleichen Kategorie und kann auf Französisch oder Spanisch übertragen werden.

anhand des gesprochenen und geschriebenen Kontextes identifizieren und erhalten bei korrekter Antwort auditiv und visuell die Vokabel des Objekts als Feedback. Anschliessend wird diese Vokabel zum wiederholenden Lernen einem Wörterbuch hinzugefügt. Über richtige Antworten lassen sich Münzen erspielen, mit denen dann Hinweise gekauft werden können, wenn Lernende einmal nicht weiterwissen.

4.3 *Lapentor*

Lapentor ist ein browserbasierter 360°-Tour-Editor. Obwohl diese Anwendung nicht für den Bildungsbereich konzipiert ist, stellt sie für Lehrende eine annehmbare Alternative zum eingestellten Google Tour Editor dar. Eigene 360°-Fotos können hochgeladen und über Navigationshotspots miteinander verbunden werden. Durch die Positionierung anpassbarer Informationshotspots werden die Szenen crossmedial mit Bildern, Texten, Videos und Links ergänzt. Das Interface von Lapentor ist minimalistisch aufgebaut und ermöglicht daher einen einfachen Einstieg in die krpano-basierte Tour-Erstellung. Ohne ein kostenpflichtiges Abonnement bietet Lapentor die Möglichkeit, bis zu fünf Touren zu hosten.

4.4 *AltspaceVR*

AltspaceVR ist eine soziale Plattform in VR, welche bereits seit 2013 besteht. Im Lauf der Jahre und mit wachsenden Nutzendenzahlen entwickelten sich zahlreiche Interessensgemeinschaften und wiederkehrende Veranstaltungen, u. a. für VR-begeisterte Lehrende und Sprachenlernende.

AltspaceVR ermöglicht genrebedingt das Kommunizieren und Interagieren mit L1-Sprechenden der jeweiligen Zielsprache. Darüber hinaus ist es für Nutzende möglich, selbst virtuelle Lehr- und Lernräume zu gestalten und realweltliche Situationen zu simulieren. Dazu können 3D-Objekte, aber auch 360°- und klassische Medien bis hin zu eingebetteten Folienpräsentationen genutzt werden. So ist es beispielsweise möglich, eine klassische Marktsituation zu erstellen oder virtuell den Eiffelturm zu besichtigen und ein themenbasiertes Vokabeltraining zu kontextualisieren.

Mittlerweile hat sich das dahinterstehende Unternehmen Microsoft auf virtuelle Veranstaltungen und Meetings spezialisiert, zuvor offene Räume (*social hubs*), in denen sich Nutzende frei treffen und miteinander interagieren konnten, weitestgehend abgeschafft und setzt auf Veranstaltungen nun unsichtbare Moderierende ein, die das Verhalten aller Nutzenden überwachen und die ethischen Grundsätze der Plattform sicherstellen sollen. Darüber hinaus ist für eine Anmeldung nun ein Microsoft-Konto notwendig (vgl. Kipman 2022). Diese Schritte sind als präventive Massnahmen gegen Cyberbullying zu verstehen und offenbaren aus Sicht der Autorin und des Autors gleichzeitig ein starkes Argument gegen den Einsatz von Social-VR

im Unterricht. Zwar ist das Risiko nun geringer, dass Lernende in AltspaceVR durch Fremde belästigt werden, doch gibt es immer auch die Gewissheit, dass fremde Personen, Moderierende, den eigenen Gesprächen unbemerkt folgen können. Beide Varianten widersprechen der Auffassung von Datenschutzbeauftragten, dass auch digitale Lernräume geschützte Räume sein müssen (vgl. Smoltczyk 2021).

5. Fragebogenstudie: Potenzial von VR für das Fremdsprachenlernen

Da es bis dato nur wenige Studien zu Sprachlernangeboten in VR, zu deren Nutzung und zur Effizienz von VR-Anwendungen in Bezug auf das Fremdsprachenlernen (im Vergleich zu anderen Sprachlernangeboten) gibt, eröffnet sich hier ein breites Forschungsfeld. Die in beiden Seminaren durchgeführte Befragung der Studierenden versteht sich als Vorstudie eines grösser angelegten Projekts, in dem u. a. VR-Räume für fremdsprachliche Lernprozesse gestaltet, beforscht und evaluiert werden sollen. Hierzu bedarf es sowohl einiger Vorerhebungen zu bereits bestehenden Räumen, ihrer Gestaltung, ihrer Lernangebote, als auch der Nutzung und Evaluierung durch Lehrende und Lernende.

Abschnitt 5.1 befasst sich zunächst mit dem Forschungsdesign der vorliegenden Studie. Unter Abschnitt 5.2 werden ausgewählte quantitative Ergebnisse des Fragebogens (Auszüge aus dem Pre- und Postdesign) zusammengefasst und diskutiert. Unter Abschnitt 5.3 werden einige Ergebnisse aus dem offenen Teil des Post-Fragebogens diskutiert.

5.1 Forschungsdesign

Die beiden Seminare wurden durch einen nicht-standardisierten Pre- und Postfragebogen begleitet. In diesen Fragebögen wurden einerseits Kenntnisse und Nutzung digitaler universitärer (etwa Nutzung von Moodle, vom Cloudspeicher BoxUP, vom kollaborativen Texteditor PadUP) und ausseruniversitärer Infrastrukturen (etwa Zugriff auf SocialMedia zur fremdsprachlichen Weiterbildung), andererseits Erfahrungen in der Nutzung und dem Einsatz von 360° und VR innerhalb und ausserhalb fremdsprachlicher Lernangebote erhoben. Die allgemeinen digitalen Kenntnisse bleiben im vorliegenden Artikel unberücksichtigt, haben aber ggf. Einfluss auf Kenntnisse und Nutzungsverhalten von 360°- und VR-Anwendungen.

Die in beiden Fragebögen erhobenen Kategorien hinsichtlich 360° und VR können folgenden Bereichen zugeordnet werden:

- Potenziale der Kompetenzförderung²
- eigene Nutzung
- (möglicher) Einsatz im Unterricht

2 Hier ausschliesslich mit Bezug auf fremdsprachliches Lernen: Funktional-kommunikative Kompetenzen und interkulturelle Kompetenz.

Am Pre-Fragebogen haben 24 Studierende teilgenommen, der Post-Fragebogen wurde von 18 Studierenden bearbeitet.

Die geschlossenen Abschnitte des Fragebogens wurden mit der Analyse- und Statistiksoftware SPSS ausgewertet. Da es sich um nicht normalverteilte Daten handelt, erfolgt die Auswertung mittels nichtparametrischer Testverfahren. Zur Erstellung von Abbildung 3 wurde Excel verwendet. Da die Stichprobe klein ist, ist die Teststärke als gering einzustufen und muss durch weitere Studien überprüft werden.

Die offenen Abschnitte des Fragebogens wurden mithilfe inhaltsanalytischer Verfahren (vgl. Kuckartz 2018) kodiert und interpretiert. Aufgrund der geringen Forschungslage zu 360° und VR im Kontext des Fremdsprachenlernens bot sich die strukturierende Inhaltsanalyse mit einem vorwiegend induktiven Vorgehen an. Die in den Texten auftretenden Inhalte wurden von beiden Forschenden zunächst paraphrasiert und anschliessend generalisiert. Daraufhin erfolgte ein intersubjektiver Vergleich der Generalisierungen sowie ein Bezug zur aktuellen Forschungslage. Im Anschluss wurden die Generalisierungen in Form von Stichpunkten reduziert. Im vorliegenden Artikel werden erste Kategorien (kursiv dargestellt) aus dem Postfragebogen vorgestellt, die – wie bereits in Bezug auf die quantitative Auswertung angemerkt – aufgrund der kleinen Stichprobe in weiteren Studien und in Bezug auf andere VR-Sprachlernanwendungen überprüft und ggf. reduziert oder erweitert werden müssen.

5.2 Deskriptive Statistik

Im unmittelbaren Vergleich schneiden AltospaceVR und Lapentor mit den höchsten Ergebnissen ab (1 = geringes Potenzial, 5 = hohes Potenzial), wobei die Mittelwerte zu allen abgefragten Anwendungen im Positivbereich zwischen «eher hoch» und «hoch» liegen (Tabelle 1).

Einleitung		MondlyVR	Panolingo	AltospaceVR	Lapentor
N	Gültig	15	14	15	18
	Fehlend	3	4	3	0
Mittelwert		3.87	3.79	4.33	4.33
Std.-Abweichung		0.743	0.893	0.724	0.840
Kurtosis		-0.970	-0.327	-0.654	-1.145
Standardfehler der Kurtosis		1.121	1.154	1.121	1.038

Tab. 1: Einschätzung des Potenzials der Anwendungen durch Studierende (n=18).

Die Daten haben geringere Abweichungen vom Mittelwert bzw. schwächer ausgeprägte Randbereiche als normal verteilte Daten, was durch die negative Kurtosis belegt wird. Deutlich mehr Studierendenantworten liegen also innerhalb einer Standardabweichung vom Mittelwert (Normalverteilung: 68%).

Mithilfe des Friedman-Tests³ wurden die Lageparameter der verschiedenen Anwendungen auf Signifikanz getestet. Hierzu erfolgte ein paarweiser Vergleich (Tabelle 2).

Sample 1 – Sample 2: Paarweise Vergleiche	Test- statistik	Standard- fehler	Standard- teststatistik	Sig.	Anp. Sig. ^a
Panolingo – MondlyVR	0.321	0.488	0.659	0.510	1.000
Panolingo – Lapentor	-0.893	0.488	-1.830	0.067	0.404
Panolingo – AltspaceVR	-1.071	0.488	-2.196	0.028	0.169
MondlyVR – Lapentor	-0.571	0.488	-1.171	0.242	1.000
MondlyVR – AltspaceVR	-0.750	0.488	-1.537	0.124	0.746
Lapentor – AltspaceVR	0.179	0.488	0.366	0.714	1.000

Tab. 2: Signifikante Unterschiede im Antwortverhalten hinsichtlich der Einschätzung des Potenzials der Anwendungen (n = 14). Anm.: Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind. Asymptotische Signifikanz (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,050. a: Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

Es lässt sich feststellen, dass zwischen Panolingo und AltspaceVR (vgl. dritte Zeile, Signifikanz 0,028) ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Antworten besteht. Das kann durch die Reduzierung der berücksichtigten Studierendenantworten erklärt werden: Da, wie in Tabelle 1 ersichtlich, vier Studierende zu Panolingo keine Antwort gegeben bzw. «Kann ich nicht einschätzen» ausgewählt haben, werden diese Teilnehmenden im paarweisen Vergleich (Tabelle 2) nicht herangezogen und somit nurmehr 14 Studierende im Post-Design für diesen Abschnitt berücksichtigt. Dadurch verändern sich die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Anwendungen. Studierende, die Lapentor ein sehr hohes Potenzial bescheinigt, aber bei Panolingo nicht abgestimmt haben, fallen aufgrund der fehlenden Werte aus der Untersuchung heraus, woraufhin AltspaceVR einen höheren Mittelwert als Lapentor erreicht. Nach Behebung der Alpha-Inflation durch die Bonferroni-Korrektur ist der Unterschied zwischen den Antworten zu Panolingo und AltspaceVR nicht mehr signifikant, allerdings gilt die Bonferroni-Korrektur als eines der konservativsten Korrekturverfahren, sodass uns die Differenz in den Antworten dennoch erwähnenswert erscheint.

³ Der Friedman-Test wird für nichtparametrische Daten verwendet. Mithilfe des Tests werden Lageparameter von drei oder mehr Gruppen (hier: den vier untersuchten Anwendungen), in denen dieselben Proband:innen abgestimmt haben (Innersubjektfaktor), auf Signifikanz getestet. Es handelt sich in Tabelle 2 um paarweise Vergleiche.

In den Seminarsitzungen, in denen die jeweiligen Anwendungen ausprobiert wurden, waren alle an der Umfrage teilnehmenden Studierenden anwesend, allerdings kann die Angabe «kann ich nicht einschätzen» durchaus im Zusammenhang mit einem Mangel an Erinnerung stehen. Daher wäre für spätere Untersuchungen wichtig, genauer zu untersuchen, wie sich die Faktoren «Kontaktzeit», «Art des Kontakts/der Auseinandersetzung» und «Bewertung der Anwendung» zueinander verhalten. Eine positive Korrelation zwischen «Kontaktzeit» und «Bewertung» kann bestenfalls über die Anwendungen hinweg festgestellt werden, möglicherweise ist aber auch die Geschlossenheit (siehe Kategorie der Adaptivität unter 5.3 und 6) der Anwendungen ein Kriterium, das auf deren Bewertung einwirkt.

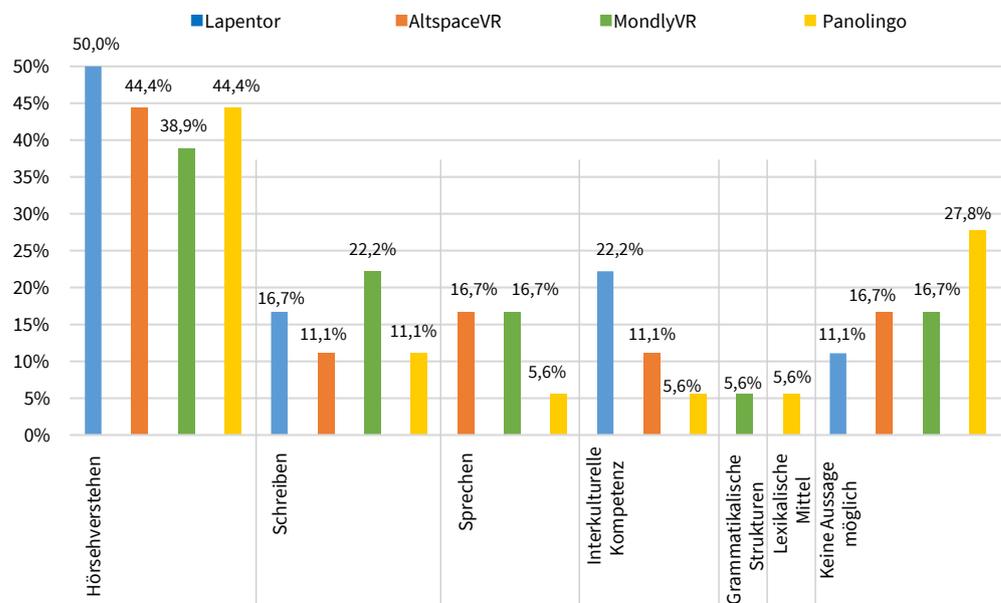


Abb. 3: 360°-VR-Anwendung und Kompetenzförderung (n = 18).

Im Posttest wurde ebenfalls nach der Eignung der jeweiligen Anwendung zur Förderung einer für den Fremdsprachenunterricht relevanten Kompetenz gefragt. In Abbildung 3 wird ersichtlich, dass von den Studierenden das Hörsehverstehen als häufigste Kompetenz genannt wurde.

Da von den Studierenden nur eine einzige Kompetenz ausgewählt werden konnte (hier also eine Entscheidung getroffen werden musste), veranschaulicht die Grafik somit NICHT den Umfang an weiteren Kompetenzen, die ebenfalls mit den jeweiligen Anwendungen laut Einschätzung der Studierenden gefördert werden können. Das Hörsehverstehen wird in den Anwendungen auf unterschiedliche Art und Weise gefördert: Während in Lapentor externe Quellen (Audios, Videos) verlinkt oder hochgeladen werden können, um Simulationen zu generieren, die durch

weitere Aufgabenstellungen didaktisch eingebunden und ggf. reduziert werden können, arbeiten Panolingo und MondlyVR mit vorgefertigten Texten/Audios, auf die die Lernenden reagieren müssen. Während in Panolingo Objekte und Orte im Raum gefunden und angetippt werden müssen, muss in MondlyVR auf die Aussagen der Gesprächspartner:innen reagiert werden. Begrenzt kann die automatische Spracherkennung dabei auch eigene Formulierungen der Lernenden verarbeiten, jedoch werden stets Antworten vorgegeben, die zunächst gelesen oder angehört werden können und dann eingesprochen werden sollen. Sowohl bei MondlyVR mit automatischer Spracherkennung als auch bei AltSpaceVR verwundert die Wahl des Hörsehverstehens als häufigste Kompetenz. Auch ist die Angabe der Kompetenz *Schreiben* für alle Anwendungen nur wenig nachvollziehbar, da sie kaum oder gar nicht gefördert wird.

5.3 Auszug der strukturierenden Inhaltsanalyse

Der Post-Fragebogen enthält mehrere offene Fragestellungen, von denen unter Berücksichtigung der Potenzialbestimmung die folgende Frage inhaltsanalytisch ausgewertet wird:

«Welche der Anwendungen halten Sie für den Einsatz im Fremdsprachenunterricht als besonders geeignet und warum? Listen Sie Potenziale und Grenzen der Anwendung.»

Die Nennung von Potenzialen und Grenzen wird von den Studierenden eingefordert, was eine stärkere Geschlossenheit und Lenkung innerhalb der Frage impliziert und die Studierenden zu expliziten Antworten auffordert. Die Mehrheit der Studierenden nannte hier – wie bereits aus den Mittelwerten in der quantitativen Analyse ersichtlich – AltSpaceVR oder Lapentor. Dabei fallen die Begründungen zu beiden Anwendungen unterschiedlich aus.

Die Studierendenantworten wurden nach den Verfahren der strukturierenden Inhaltsanalyse kodiert und kategorisiert (siehe 5.1). Eine Typenbildung ist an dieser Stelle nicht Ziel der Untersuchung. Die schriftlichen Antworten der Studierenden wurden im Original übernommen und keinerlei sprachliche Korrekturen vorgenommen. Folglich sind orthografische Normverstöße möglich.

5.3.1 Lapentor

Die folgenden Aussagen zur Eignung von Lapentor in fremdsprachlichen Lehrlernsettings beziehen sich sowohl auf Lapentor als Editorenwerkzeug der Kategorie Erzeugung zur Erstellung von 360°-Touren als auch auf Lapentor als Host visueller Erfahrungen sowie Simulationen und müssen daher differenziert betrachtet werden. Die folgenden zwei Aussagen von S3 und S5 sind der Kategorie *Editorenwerkzeug*

zuzurechnen. Bei S3 wird der niederschwellige Zugang, der auch ohne «ungewöhnliche[...] technische[...] Voraussetzungen» möglich ist, als Kriterium der Wahl als geeignetes Tool genannt. Die Nutzung im schulischen Kontext wird zudem noch an späterer Stelle mit Bezug auf die Lernenden (Schüler:innen, SuS) hergestellt. Auch hier bleibt der/die Studierende in der gleichen Rhetorik und spricht sich gegen zu «große technische Herausforderungen» aus.

«Lapentor ist meiner Meinung nach sehr gut geeignet, da es keine ungewöhnlichen technischen Voraussetzungen fordert und das Tool sehr vielseitig und einfach bedienbar ist. So kann man ganz verschiedene Aufgaben mit ganz verschiedenen Kompetenzziele erstellen. Schade ist es jedoch, wenn technisch etwas nicht funktioniert oder auch die Benutzung des Tools die SuS vor zu große technische Herausforderungen stellt.» (S3_WiSe20/21)

Sowohl die *Einfachheit* der Bedienung als auch *vielseitige Einsatzmöglichkeiten* mit Ausrichtung auf unterschiedliche Kompetenzen lassen Lapentor zu einem geeigneten Tool für den Einsatz in der Schule werden. Auch S5 referiert auf den vielseitigen Einsatz, den sie/er sowohl in Bezug auf die Lernenden als auch auf das Curriculum («Inhalt der Lektion») feststellt. Die *Adaptierbarkeit* einer Anwendung auf verschiedene Lehrlernsettings und Inhalte ist somit ein Kriterium, das zur Wahl dieses Tools beiträgt. S5 gibt gleichzeitig den Hinweis, dass insbesondere die Kompetenz *Sprechen* nicht gefördert werden könne und hier die Lehrperson selbst tätig werden müsse.

«Ich halte Lapentor für geeignet, da man die Anwendung dort komplett selbst erstellen kann und sich auf den Inhalt der Lektion, die Lerngruppe und die jeweiligen Rahmenbedingungen spezifizieren kann. Der einzige Nachteil ist, dass diese Anwendung selbst kein Sprechen trainiert, was aber damit umgangen werden kann, dass die Lehrperson darauf aufbauend Sprechkanäle schafft.» (S5_WiSe20/21)

Zusätzlich zu den bereits erläuterten Kriterien wie *Vielseitigkeit* (in Bezug auf Lernende, Förderung verschiedener Kompetenzen etc.) führt S8 – wie S3 mit «keine ungewöhnlichen technischen Voraussetzungen» – noch das Kriterium des Zugangs bzw. der Hardware («keine VR Brille») an und begründet u. a. damit die eigene Wahl. Die *Hardware* bleibt weiterhin ein entscheidendes Kriterium beim (möglichen) Einsatz im Unterricht und wurde als eigene Kategorie kodiert.

«Lapentor

Potenziale: keine VR Brille nötig; verschiedene Kompetenzen können geschult werden; Abpassen auf Unterrichtsinhalte durch eigene Erstellung; kann bei Bedarf angepasst werden

Grenzen: Zeitaufwendige Erstellung» (S8_WiSe20/21)

Die angeführten Studierendenäußerungen beinhalten im Wesentlichen drei Argumente, die für eine Eignung von Lapentor im Unterricht sprechen: Für die Anwendung wird besonders die Flexibilität in Bezug auf die Lehr- und Lernvoraussetzung hervorgehoben, die wir im Folgenden unter der Kategorie *Adaptivität* listen. Darüber hinaus werden geringe technische Einstiegshürden sowie Hardwarevoraussetzungen positiv angesprochen.

Aus der Perspektive der Lehramtsstudierenden lässt sich zusammenfassend ein Bedarf ableiten, 360°-Touren und somit auch entsprechende Editoren für den Einsatz im Französisch- und Spanischunterricht derart weiterzuentwickeln, dass diese technisch niedrigschwellig sind bzw. bleiben, stabil im Sinne von *wenig fehleranfällig* sein müssen und funktional auch sprachliche Eingabe- und Auswertungsmöglichkeiten implementiert werden können.⁴

5.3.2 AltSpaceVR

Hinsichtlich AltSpaceVR wird die mündliche Kommunikation mit L1-Sprechenden hervorgehoben, die von den teilnehmenden Studierenden u. a. als «authentisch» und «wirklich» bezeichnet wird. Das Lernsetting wird also anhand der Kontraste authentisch und nicht authentisch bewertet, wobei erstgenannte Kategorie mit L1-Sprechenden (z. B. S2 «Muttersprachler*innen», S6 «Muttersprachler») in Verbindung steht. Zudem fällt auf, dass insbesondere die Möglichkeit der mündlichen Interaktion ein entscheidendes Kriterium bei der Wahl von AltSpaceVR ist.

«Besonders geeignet sind AltSpace zur authentischen Begegnungssituation mit Muttersprachler*innen und die Möglichkeit mit diesen zu kommunizieren.» (S2_WiSe20/21)

«VR AltSpace, da «wirkliche» soziale Kontaktierung möglich ist. Generell stellt Social VR in jeglicher Form eine super Möglichkeit dar mit muttersprachler in Kontakt zu kommen, da über die lokalen Grenzen hinaus Sprachkontakt möglich ist. [...]» (S11_WiSe20/21)

«VR AltSpace

- Potentiale: Vernetzung mit Menschen von überall, dadurch lebensnah für die Kinder, Sprechen kann geübt werden mit Muttersprachler trotz Entfernung
- Grenzen: kein Leseverstehen, Grammatik geprüft werden» (S6_WiSe20/21)

4 Das französische Unternehmen Uptale, welches sich auf 360°-Anwendungen für den Bildungsbereich spezialisiert hat, eröffnet genau diese Möglichkeiten, integriert sämtliche Arbeitsmaterialien in die virtuelle Umgebung und bietet darüber hinaus weitere hilfreiche Funktionen für Lehrende. Es fehlen jedoch für Schulen erschwingliche Alternativen. Das Projekt ZUM Deutsch Lernen ist dem Bedarf nach Interaktion bzw. Nutzendeneingaben 2021 bereits nachgegangen und hat mit dem H5P-basierten Editor Virtual Tour (360) – ZUM-Edition (Klötzke 2021) verschiedene Eingabemöglichkeiten, jedoch keine Spracheingaben, implementiert.

Neben Einschränkungen in den Kompetenzen werden vor allem organisatorische Herausforderungen bzw. *der Mehraufwand* hervorgehoben. Dieser wird aus technischer Sicht – dem Einsatz von VR-Technologie –, aber auch mit Bezug zur Organisation von Auslandskooperationen angeführt. S11 sieht nur in Verbindung mit Sprachpartner:innen, z. B. einem Treffen mit Partnerschulen, einen «sinnvollen» Einsatz von AltSpaceVR, i. w. S. Social-VR, gewährleistet, da sonst der «Lernerfolg» nicht eintreffen könne.

«[...] Natürlich braucht die Organisation von Sprachpartnern im Social VR einen erheblichen Aufwand und gute Kooperation.

Ohne Sprachkarte halte ich social Vr nicht für sinnvoll im Einsatz im FSU, da mit den Mitschülern auch Real World-kontakt möglich ist und Social VR keine weitere Lernerfolge versprache.» (S11_WiSe20/21)

An dieser Stelle kann intersubjektiv nicht nachvollzogen werden, was mit «Sprachkarte» gemeint ist – möglicherweise «Sprachkontakte» (?) –, sodass hier nur eine grobe Interpretation des Gemeinten möglich ist. S11 setzt VR-Kontaktsituationen dem «Real-World-Kontakt» entgegen, was darauf deuten lässt, dass diese Form des Kontakts als nicht zur «realen» Welt zugehörig gezählt wird. Allerdings steht diese Aussage im Widerspruch zum ersten Teil der Aussage von S11, in der er/sie AltSpaceVR eine «wirkliche soziale Kontaktierung» bescheinigt. Social-VR besetzt somit sowohl die Begriffe *Authentizität* als auch *Unreale Welt*, welche im scheinbaren Widerspruch stehen und auf die dyadische Beziehung zwischen analog und digital referieren. Diese Sicht auf VR lässt sich auch in späteren Antworten feststellen, in denen bspw. nach dem Einsatz der Anwendungen für das eigene Sprachenlernen gefragt wird. AltSpaceVR wird hier erneut insbesondere für die Möglichkeit aufgeführt, mit L1-Sprechenden bzw. «echten Menschen» (S12_WiSe21/22) zu interagieren. S1 betrachtet AltSpaceVR als «imaginären Raum» mit der Möglichkeit, die Sprachfertigkeiten aufrechtzuerhalten. Hier wird also die mündliche Anwendung hervorgehoben, deren Voraussetzung die sprachlichen Mittel («grammatikalische[s] und lexikalische[s] Vorwissen») darstellen.

«Ja, AltSpace bietet die Möglichkeit im imaginären Raum eine*n Tandem-Partner*in zu finden und so die Sprachpraxis nicht zu verlieren. Speziell für Lernende, welche ein ziemlich hohes sprachliches Niveau haben, dh sich bereits gut ausdrücken können und das grammatikalische sowie lexikalische Vorwissen mitbringen um Gespräche zu führen, ist die Anwendung eine große Chance.» (S1_WiSe20/21)

AltSpaceVR wird auf Grundlage der Offenheit der spontan-mündlichen Kommunikation ein Praxisfeld für fortgeschrittenere Sprachlernende bescheinigt, was wiederum darauf schliessen lässt, dass spontan-mündliche Interaktionen aus

Studierendenperspektive nicht Teil von Anfänger:innenunterricht sind. Wenn ein Nicht-Einsatz von AltSpaceVR angegeben wird, dann deshalb, weil man bevorzugt, direkten Kontakt mit Menschen zu pflegen (z. B. S16: «nein direkt nicht ich bevorzuge persönlich Menschen direkt kontakt»). Analoge und digitale Kontakte werden als etwas Gegensätzliches wahrgenommen. Dass jedoch eine grosse Anzahl der Kontakterzeugung und -erhaltung auf digitalen Anwendungen wie Whatsapp, Instagram etc. basiert, ist nicht Gegenstand der Reflexion.⁵ Es zeigt ein noch primär auf analogen Kontakten aufgebautes Verständnis sozialer Interaktion, wobei «analog» oft als «echt/real/authentisch» bezeichnet wird.

5.3.3 MondlyVR & Panolingo

Die Anwendung MondlyVR, die im geschlossenen Teil des Fragebogens primär mit der Kompetenz Hörverstehen in Verbindung gebracht wurde, wird im freien Teil ausschliesslich mit dem Sprechen verknüpft. Im vorliegenden Textauszug wird die Möglichkeit hervorgehoben, in der Anwendung ohne die Kontrolle der Lehrperson zu sprechen.

«VR Mondly

Potenzial: Sprechen fällt SuS im Unterricht eher schwer (sind gehemmt vor Lehrperson etc.) durch die Anwendung können sie Hemmschwelle überwinden, sprechen in «privaten Rahmen» üben, Sprechen kommt im Unterricht eh viel zu kurz, manche haben nicht Möglichkeit außerhalb der Schule in Fremdsprache zu unterhalten» (S9_WiSe20/21)

MondlyVR eignet sich laut S9 vor allem zur Übung ausserhalb des Unterrichts. Argumentiert wird hier mit einer Kategorisierung des Sprechens als schwierig zu realisierender Fertigkeit und der Annahme einer Sprechhemmung vor der Lehrperson. Nicht nur, dass Sprechen durch die angeführte Sprechhemmung als problematisch angesehen wird; innerhalb des Unterrichts könnten Lernende auch nur selten sprechen («kommt im Unterricht eh viel zu kurz»). MondlyVR wird somit als Erweiterung des Unterrichts begriffen und schafft Übungsangebote, die im Unterricht selbst nicht geleistet werden können.

In späteren Abschnitten des Fragebogens zur eigenen eventuellen Nutzung von VR lassen sich zudem einige Aussagen von Studierenden finden, in denen u. a. das niedrige Einstiegslevel von MondlyVR bzw. ein niedriger *cognitive load* angeführt werden.

Zu Panolingo findet sich nur ein einziger Hinweis von S10. Die/der Studierende sieht ein besonderes Potenzial für die Förderung des «Hörverstehen[s] und um lexikalische Mittel zu lernen». Mit Blick auf weitere offene Fragestellungen des

⁵ Hier müsste ggf. noch stärker zwischen bekannten und unbekanntem Kontakten differenziert werden, allerdings findet auf Instagram und Youtube (im Gegensatz zu Whatsapp) die Kommunikation auch mit unbekanntem Personen statt und ist somit mit Social-VR vergleichbar.

Post-Fragebogens, die hier hinzugezogen wurden, um Potenziale Panolingos besser beschreiben zu können, kann festgestellt werden, dass es mehrfach als Tool angeführt wird, mit dem die Studierenden selbst Sprachen lernen würden, weil es den Wortschatz trainiere. Gleiches trifft auch auf MondlyVR zu.

Für den schulischen Gebrauch werden beide Anwendungen als eher ungeeignet erachtet, u. a. wegen der engen sprachlichen Komposition (vorgefertigte Gesprächsstränge und Vokabelpakete). Diese Äusserungen fallen unter die Kategorie *Adaptivität*. Die fehlende Adaptivität wird als unvereinbar mit den sonstigen Vorgaben im Fremdsprachenunterricht, etwa sprachlichen Mitteln in Lehrwerken, bewertet.

6. Zusammenfassung und Diskussion

Die vorliegende Studie untersucht Studierendenperspektiven zu vier unterschiedlichen VR-Anwendungen.

Während nicht-immersive Anwendungen, hier beispielhaft Lapentor als 360°-Tour-Editor zur Erzeugung visueller Expeditionen, aufgrund des *leichten Zugangs* (ohne Abhängigkeit von VR-Brillen) sowie der individuellen Anpassbarkeit (*Adaptivität*) auf die jeweilige Lerngruppe ein hohes Potenzial für den Fremdsprachenunterricht bescheinigt wird, fällt das Urteil für operative VR-Anwendungen, hier Panolingo als nicht-immersives und MondlyVR als immersives Anwendungsbeispiel, und solchen, die sich als Social-VR bezeichnen lassen (AltSpaceVR), oftmals weniger positiv mit Blick auf den schulischen Einsatz aus. Einer der Hauptgründe ist der zeitliche *Mehraufwand* durch den Gebrauch von VR-Brillen, obwohl insbesondere die Potenziale von AltSpaceVR von den Studierenden erkannt werden und der hohe Anwendungsbezug (Förderung des Sprechens) hervorgehoben wird.

Für das eigene Sprachenlernen präferieren die Studierenden mehrheitlich AltSpaceVR, u. a. weil sie der Anwendung im Gegensatz zu den anderen im Test eine höhere *Authentizität* bescheinigen. Hierbei wird deutlich, dass unterschiedliche Kriterien, insbesondere *Adaptivität vs. Authentizität*, im schulischen und im eigenen Fremdspracherwerb (bzw. Fremdspracherwerb in der Erwachsenenbildung) angesetzt werden. Aufgrund der angeführten Argumente (insbesondere der Austausch mit L1-Sprechenden) ist anzunehmen, dass Anwendungen der gleichen Kategorie (neben AltSpaceVR seien an dieser Stelle VRChat oder Rec Room genannt) ähnlich bewertet werden würden. Die Unterteilung in *echte* und *unechte Kommunikation* als Teil von *Authentizität* wurde unter 5.3.2 diskutiert. Sprechen in Social-VR wird zwar als authentisch wahrgenommen, aber gleichzeitig auch – im Kontrast zu analogen Kommunikationsformen – als unechte Kommunikation empfunden. Hier scheinen Haltungen vorzuliegen, die der fremdsprachlichen Kommunikation im digitalen Raum skeptisch und sogar ablehnend gegenüberstehen, möglicherweise eine Folge der langen Phase der reinen Online-Lehre.

Überraschend ist der Fakt, dass bis auf eine Person im Sample niemand datenschutzrechtliche Bedenken anführt. Auch überrascht, dass die Förderung inter- und transkultureller Kompetenzen kaum Gegenstand in den Antworten ist. Möglicherweise sind hier Gründe in der mangelnden Kenntnis der genannten Bereiche zu suchen.

Während MondlyVR und Panolingo weniger Potenzial für den Erwerb fremdsprachlicher Kompetenzen zugeschrieben wird, werden AltspaceVR und Lapentor als bedeutsamer eingeschätzt. Das korreliert, wenn auch noch nicht statistisch nachweisbar, mit den Kontaktzeiten sowie der ausführlichen bzw. weniger ausführlichen Auseinandersetzung mit diesen Anwendungen im Rahmen des Seminars. Panolingo und MondlyVR wurden zu je 45 min erprobt, wogegen in AltspaceVR eine vollständige 90-minütige Sitzung abgehalten wurde. In Lapentor konnten die Studierenden selbst gestalterisch tätig werden und haben sich ausführlich und über mehrere Sitzungen hinweg mit dieser Anwendung auseinandergesetzt.

Durch die niedrigschwellige Einarbeitung eignet sich Lapentor nicht nur für Lehrende, die didaktisch aufbereitete Touren der Kategorie *Visuelle Expeditionen* für die eigene Lehre erstellen möchten, sondern, wie im Seminar geschehen, auch um Lernende selbst gestalten zu lassen und virtuelle Touren, beispielsweise als Produkt einer Lernaufgabe, zu konzipieren. Dieses Potenzial wurde von den Studierenden jedoch nicht erkannt.

7. Ausblick

Um neue Technologien sinnvoll in fremdsprachliche Lehrlernprozesse einzubinden, bedarf es einer systematischen Aus- und Weiterbildung von (angehenden) Fremdsprachenlehrpersonen. Wie die Angaben der untersuchten Studierenden zeigen, ist auch unter jüngeren Personen nur wenig bis keine Erfahrung mit 360°- und VR-Anwendungen feststellbar. Es bestehen Vorbehalte hinsichtlich kommunikativer *Authentizität* und *Mehraufwand* für die Lehrperson. Gleichzeitig werden aber auch *Adaptivität* und *Vielseitigkeit* als positive Merkmale der Anwendungen angeführt, in der vorliegenden Studie insbesondere bei Lapentor.

Es gilt, Berührungängste abzubauen und (angehende) Lehrpersonen zu ermutigen, auch komplexere und noch wenig genutzte Technologien einzusetzen. Zudem ist es notwendig, (angehende) Lehrpersonen Potenziale und Grenzen der Technologien entdecken zu lassen und sie in deren Einsatz zu unterstützen. Dafür reichen u. E. keine Einzelfortbildungen im Umfang von zwei bis drei Stunden aus – so wie das Land Brandenburg und andere Bundesländer das Thema bis dato handhaben –, sondern es müssen Module bzw. längerfristig angelegte, ko-konstruktive Angebote geschaffen werden, in denen Lehrpersonen die Möglichkeit erhalten, mit diesen Technologien zu experimentieren und sie mit Unterstützung von Expert:innen in

den jeweiligen Fächern einzusetzen und zu evaluieren. Insbesondere im Bereich von VR sind sowohl fächerverbindende (im Sinne der gegenseitigen Unterstützung innerhalb des Kollegiums) als auch fachspezifische Konzepte gefragt, die die Einführung in den Schulen begleiten und die zudem stetig überprüft und weiterentwickelt werden.

Literatur

- Campbell-Howes, Kirsten. 2017. «Let's Game: Busuu Taps into Virtual Reality». *Busuu Blog* (blog). 26. Oktober 2017. <https://blog.busuu.com/lets-game-busuu-taps-virtual-reality/>.
- Frazier, Erin, Ryan Lege, und Euan Bonner. 2021. «Making Virtual Reality Accessible for Language Learning: Applying the VR Application Analysis Framework». *Teaching English with Technology* 21: 128–40.
- Kipman, Alex. 2022. «Making AltspaceVR a Safer Space». *AltspaceVR*. 16. Februar 2022. <https://altvr.com/making-altspacevr-a-safer-space/>.
- Klötzke, Ralf. 2021. «Virtual Tour (360) ZUM Edition – neuer H5P-Inhaltstyp auf ZUM-Apps». 7. Juni 2021. <https://www.zum.de/portal/virtual-tour-360-zum-edition-neuer-h5p-inhaltstyp-auf-zum-apps/>.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4. Auflage. Grundlagentexte Methoden. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Kultusministerkonferenz. 2021. «Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Die ergänzende Empfehlung zur Strategie «Bildung in der digitalen Welt»». https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.
- Lan, Yu-Ju. 2020. «Immersion, Interaction, and Experience-Oriented Learning: Bringing Virtual Reality into FL Learning». *Language Learning and Technology* (24–1): 1–15.
- Lin, Tsun-Ju, und Karey Lan. 2015. «Language Learning in Virtual Reality Environments: Past, Present, and Future.» *Educational Technology & Society* (18): 486–97.
- «MondlyVR: Language Learning Immersion». o. J. Zugriff am 30. Mai 2022. <https://www.mondly.com/vr>.
- Parmaxi, Antigoni. 2020. «Virtual Reality in Language Learning: a Systematic Review and Implications for Research and Practice». *Interactive Learning Environments*, Mai: 1–13. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1765392>.
- Smoltczyk, Maja. 2021. «Datenschutz ist kein Hindernis für digitalen Unterricht – Schulen brauchen Unterstützung». *Datenschutz und Datensicherheit – DuD* 45 (4): 222. <https://doi.org/10.1007/s11623-021-1422-5>.
- Wiepke, Axel, Eric Richter, Raphael Zender, und Dirk Richter. 2019. «Einsatz von Virtual Reality zum Aufbau von Klassenmanagement-Kompetenzen im Lehramtsstudium». Herausgegeben von Niels Pinkwart, Johannes Konert, und Gesellschaft für Informatik. *DeLFI 2019: Die 17. Fachtagung Bildungstechnologien, 16–19. September 2019, Berlin, Deutschland*: 133–44. https://doi.org/10.18420/DELFI2019_319.

Themenheft Nr. 51:

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

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

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

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

¹ Universität Greifswald

² Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Zusammenfassung

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

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

Abstract

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

1. Einleitung

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

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

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

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

Diese Fragen werden in der hier dargestellten Studie beantwortet.

2. Theoretische Rahmung

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

2.1 Lehrerprofessionswissen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Empirische Untersuchung

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

3.1 *Design und Methode*

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

FF1: Welche Einstellungen und Werthaltungen haben Sachunterrichtsstudierende zu Schülervorstellungen?

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

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

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

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

3.2 *Beschreibung der Stichprobe*

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

3.3 *Testinstrument*

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

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

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

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

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

Tab. 1: Reliabilitätswerte der einzelnen Skalen.

3.4 Ausgewählte Ergebnisse

Einstellung und Werthaltung zu Schülervorstellungen

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

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

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

Einsatz von AR und VR

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

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

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

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

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

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

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

Korrelationsanalysen

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

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

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

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

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

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

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

3.5 Zusammenfassung

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

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

4. Diskussion und Ausblick

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Literatur

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

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

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

Anhang

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Themenheft Nr. 51:

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

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

Digitale pädagogische Inhaltskompetenzen gestalterisch aufbauen mit Augmented und Virtual Reality

Eine Pilotstudie mit angehenden Primarlehrpersonen anhand des DPACK-Modells

Jérôme Zraggen¹ 

¹ Pädagogische Hochschule St. Gallen

Zusammenfassung

Viele medienpädagogische Studien zu Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) beziehen sich auf den Einsatz von entsprechenden Anwendungen und Hilfsmitteln im Unterricht. Über die Gestaltung eigener Inhalte für AR und VR, insbesondere im Lehramtsstudium, ist in diesem Zusammenhang wenig veröffentlicht worden. In diesem Beitrag werden im Sinne einer explorativen Pilotierung Hinweise dafür gesucht, dass der gestalterische Umgang mit AR und VR digitale pädagogische Inhaltskompetenzen in Bezug auf diese Technologien fördern kann. Hierfür wurden 13 Lehramtsstudierende des Studiengangs Kindergarten und Primar der Pädagogischen Hochschule St. Gallen befragt. Sie nahmen an einem Modul in der Schnittstelle von Gestaltung und Informatik Teil, in dem neben AR und VR weitere digitale Gestaltungsformen erprobt wurden. Die Onlinebefragung basierte auf dem DPACK-Modell von Döbeli-Honegger (2021), einer Weiterentwicklung des TPACK-Modells (Koehler und Mishra 2009) um die drei Perspektiven der Dagstuhl-Erklärung (Gesellschaft für Informatik – GI 2016): die anwendungsbezogene, die gesellschaftlich-kulturelle und die technologische Perspektive. Neben diversen methodischen Verbesserungspotenzialen für Folgestudien konnten Hinweise dafür gefunden werden, dass die gestalterische Auseinandersetzung mit AR und VR ein interesseweckender Zugang sein kann, der eine bewusste Haltung zu diesen Technologien fördert. Dies müsste jedoch in weiteren Studien mit angepasstem Design untersucht werden.

Building Digital Pedagogical Content Skills Creatively with Augmented and Virtual Reality. A Pilot Study with Prospective Primary Teachers Using the DPACK Model

Abstract

Many media pedagogical studies on augmented reality (AR) and virtual reality (VR) refer to the use of corresponding applications and tools in the classroom. Little has been published in this context about the design of own content for AR and VR, especially in teacher training. In this paper, indications are sought in the sense of an exploratory piloting whether the creative use of AR and VR can promote digital pedagogical content competencies in relation to these technologies. For this purpose, 13 student teachers of the Kindergarten and Primary program of the University of Teacher Education St. Gallen were interviewed. They participated in a course in the interface of design and computer science, in which other digital forms of design were tested in addition to AR and VR. The online survey was based on the DPACK model of Döbeli Honegger (2021), a further development of the TPACK model (Koehler and Mishra 2009) by the three perspectives of the Dagstuhl Declaration (Gesellschaft für Informatik – GI 2016): the application-related, sociocultural and technological perspectives. In addition to various methodological improvement potentials for follow-up studies, indications were found that the creative engagement with AR and VR can be an interest-generating approach to these technologies that promotes a conscious attitude towards them. However, this would have to be investigated in further studies with adapted design.

1. Digitalität in den Gestaltungsfächern

Die Verwendung digitaler Medien in den Gestaltungsfächern wird momentan noch sehr unterschiedlich gehandhabt. Im Bildnerischen Gestalten (BG) haben digitale Medien bereits eine lange Tradition: Seit dem Aufkommen der digitalen Bildbearbeitung und filmischen Formate ist der elektronische Anteil an den Produkten, aber auch an den Prozessen, immer grösser geworden, aber überwiegend im zweidimensionalen Bereich geblieben, wie auch die Studie von Brefin und Buslinger (2013) zeigt, derzufolge vor zehn Jahren die dritte Dimension im digitalen Bereich in der Bildnerischen Gestaltung noch keine Rolle spielte. Im Textilen und Technischen Gestalten (TTG) war der Einsatz digitaler Medien bis vor kurzem weitgehend auf die Recherche, Dokumentation und Präsentation beschränkt. So wird im Lehrplan 21 (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK) 2015) der Suchbegriff «digital» im BG fünfmal erwähnt, während sich die einzige Erwähnung im TTG auf die Bedienung einer Digitalkamera bezieht (TTG.3.B.4.b). Für das Recherchieren und Präsentieren wird keine Form genannt (TTG.1.B.2, TTG.2.A.1, TTG.3.A.1, TTG.3.B.1), so dass es der Lehrperson überlassen bleibt, inwieweit hier digitale Medien eingesetzt

werden. Dass die Entwicklung von 3D-Druckern und CNC-Maschinen verstanden und ihre Bedeutung für die Gesellschaft eingeschätzt werden soll (TTG.3.A.2.c), ist nur ein Beispiel, zeigt aber den Wandel vom Werken zum designorientierten Gestalten (Truniger 2016, 9), zumal die Ausbildung im Design auch immer von der Technologie geprägt wird (Kim, Joines, und Feng 2022). Industrielle Entwurfs- und Fertigungsprozesse gewinnen auch im TTG an Bedeutung. Sie werden erschwinglicher; zudem findet seit einigen Jahren eine neue Art der Entwicklung statt: Dreidimensionales Entwerfen kann zunehmend intuitiv auch digital erfolgen, sei es durch leichter zugängliche 3D-Programme, multitouchfähige Bildschirme oder die Gestaltung im virtuellen oder virtualisierten Raum (Huber, Waxman, und Dyar 2022; Bellalouna 2019). So kann ein bisher zentrales Element – die handwerkliche Herstellung – immer einfacher auch in Schulen automatisiert vollzogen werden (Wettstein 2020) – oder sogar zu Hause, wie Vladimir im Beitrag von Pöhl und Schuoler (2020, 45) exemplarisch zeigt, indem die Aufgabe mithilfe eines privaten 3D-Druckers zuhause gelöst wird. Das bedeutet auch, dass dreidimensionale virtuelle Modelle zunehmend Einzug in den Unterricht halten und die Verwendung und damit auch die Gestaltung dieser Modelle an Bedeutung gewinnt (Emmenegger 2020).

1.1 Das DPACK-Modell

Im heutigen medienpädagogischen Fachdiskurs geht es nicht mehr nur um digitale Medien als Werkzeuge, für die es Medienkompetenzen (Baacke 1975) braucht, sondern um die «Bildung in der digitalen Welt» (Heinen und Kerres 2017, 131) als Ganzes. Die Dagstuhl-Erklärung (Gesellschaft für Informatik – GI 2016) benennt für Phänomene und Situationen in der digital vernetzten Welt drei Perspektiven: die technologische (Wie funktioniert das?), die gesellschaftlich-kulturelle (Wie wirkt das?) und die anwendungsbezogene (Wie nutze ich das?). Auch von einer Lehrperson erfordert die Digitalisierung erweiterte Kompetenzen. Häufig wird zu diesem Zweck das TPACK-Modell (Koehler und Mishra 2009) herangezogen (z. B. Buchner und Zumbach 2020; Deibl et al. 2021; Gabriel, Hütthaler, und Nader 2022; Wyss et al. 2022). Im Zentrum des TPACK-Modells steht die Ergänzung der Schnittmenge von pädagogischem und inhaltlichem Wissen, die Shulman (1986) als fachdidaktisches Wissen postuliert hat, um die technologische Komponente. Döbeli Honegger (2021) kritisiert jedoch die einseitige Ausrichtung dieser technologischen Komponente auf die reine Anwendung und schlägt stattdessen ein «D» für Digitalität vor, das in Anlehnung an das Dagstuhl-Dreieck alle drei Perspektiven umfasst – also neben der Anwendungsperspektive auch die gesellschaftlich-kulturelle und die technologische. In Abbildung 1 wird dies zugunsten der Übersichtlichkeit durch die grauen Pfeile mit den Begriffen Informatik, Anwendung und Medienbildung dargestellt, die sich über die Digitalitätskompetenz in der Schnittmenge DPACK zuspitzen. Döbeli Honegger

(2021) bezeichnet allerdings z. B. Mediendidaktik präziser als «Allgemeine digitale pädagogische Kompetenz». Nicht zu vernachlässigen ist hierbei die Bedeutungsver-schiebung des «K» in TPACK von Knowledge zu Kompetenz vor dem Hintergrund, dass das Wissen allein nicht ausreicht. Es stellt sich vielmehr die Frage, welche Kompetenzen Lehrpersonen für einen zeitgemässen Unterricht in einer Kultur der Digitalität benötigen. Um beim Beispiel der Mediendidaktik zu bleiben, genügt es nicht mehr zu wissen, welche digitalen Werkzeuge im Unterricht wie nutzbar sind. Für einen adäquaten Umgang gilt es, die Einflüsse auf die Gesellschaft, Erwartungshaltungen, empirische Studien sowie technische und soziale Prinzipien zu beachten (Döbeli Honegger 2021).

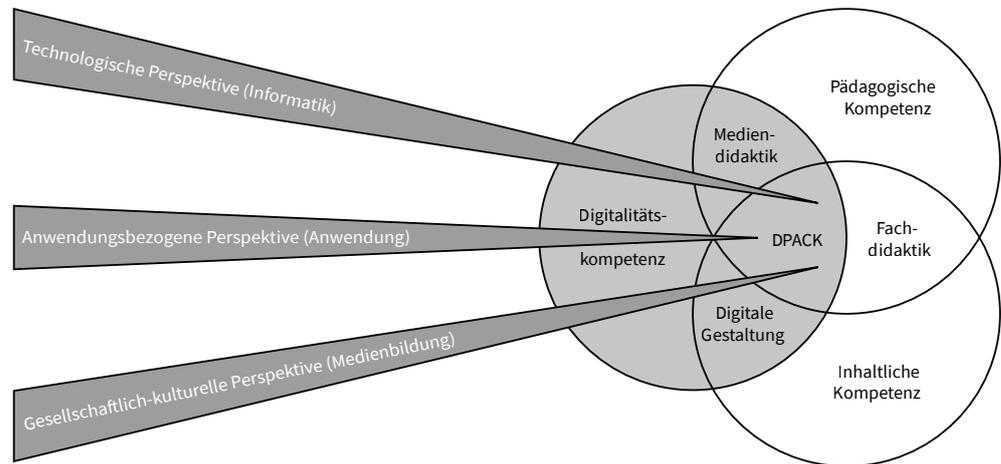


Abb. 1: DPACK-Modell, eigene Darstellung mit vereinfachten Begriffen nach <https://mia.phsz.ch/DPACK>.

Mit der fortschreitenden Digitalisierung der Gestaltungsfächer, die sich auch stark auf die gestalterischen Kompetenzen und damit auf ihre Vermittlung auswirkt, wird diese Schnittmenge der digitalen pädagogischen Inhaltskompetenzen (DPACK) immer komplexer und wichtiger. Dies lädt ein zu einer näheren Betrachtung der Frage, wie gestalterische Auseinandersetzungen digitale Kompetenzen fördern können, ähnlich wie sie beispielsweise von Bader und Götsch (2020, 36) gestellt wurde: Durch sinnliche Übungen wurden ästhetische Erfahrungen mit dem Smartphone gewonnen. Durch mehrperspektivische Zugänge und Reflexionen wurde in ihrer Studie deutlich, dass die kontextualisierte Vertiefung zu einem bewussteren und differenzierteren Umgang mit digitalen Medien führen kann. Ähnlich wird hier dieser Frage mit Fokus auf Augmented und Virtual Reality nachgegangen.

1.2 *Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR)*

Die Definition von AR und VR bzw. das Spektrum von Mixed Reality (MR) oder Extended Reality (XR) soll an dieser Stelle nicht zu ausführlich diskutiert werden, da in diesem Beitrag lediglich zwei Settings beschrieben werden, die sich eindeutig zuordnen lassen: zum einen die Nutzung der VR-Brille «Oculus Quest» (bzw. «Meta Quest»), zum anderen der Einsatz von Smartphones, wobei die von der Kamera erfasste physische Realität durch Überlagerung digitaler Elemente «augmentiert» wird. Bereits Milgram und Kishino (1994) zeigten auf, dass das Spektrum grösser ist. Wie sich auch die Technologien zur visuellen Präsentation weiterentwickeln und nicht mehr nur auf VR-Brillen beschränkt sind, beschreiben z. B. Kerres, Buchner und Mulders (2021). Auch wenn AR und VR nicht neu sind (Wyss et al. 2022), ist die didaktische Gestaltung eigener Animationen und 3D-Objekte insbesondere durch Lehrpersonen der Volksschule noch nicht weit verbreitet und oft mit Aufwand verbunden. Exemplarisch kann hier PCBuildAR (Buchner, Otto, und Kerres 2021) genannt werden, wo mit dem AR-Anbieter Areeka (Amlogy 2022) zusammengearbeitet wurde. Auch das Projekt ÖHA! (Grünberger et al. 2021) hatte mehrere Projektpartner zur Seite. Die Handhabung der Technologie wird jedoch immer einfacher und potenter und damit auch für Schulen relevanter – auch für jüngere Schüler:innen (Gabriel, Hütthaler, und Nader 2022, 2). Als vielversprechend mit Kindern erwies sich das Projekt von Buchner und Aretz (2020), bei dem durch den Zusammenbau einer Google Cardboard (o. J.) auch eine handlungsorientierte Komponente hineinspielte.

Ein Beispiel für einen künstlerischen Einsatz von XR berichtet Zembala (2022) und geht dabei auf den Aspekt der künstlerischen Forschung ein. Vielfältige kunstpädagogische Einsätze in der MR werden in der Publikation «Mixed Reality und Augmented Reality im Kunstunterricht» von Peez (2021) genannt. Auffallend ist hier jedoch der überwiegende Einsatz von Apps, denen eine gewisse Abhängigkeit oder Unsicherheit innewohnt. Als Beispiel für solche Unsicherheiten kann Aurasma genannt werden, eines der ersten grossen AR-Autorenwerkzeuge, das nach relativ kurzer Zeit wieder von der Bildfläche verschwand (Poghos 2020). Um solche Technologien mit einer gewissen Unabhängigkeit gestalten zu können, ist es derzeit noch notwendig, bestimmte Grundkonzepte der Informatik zu verstehen. Es gibt nur wenige Möglichkeiten, mit einem kleinen Budget oder gar kostenfrei AR- und VR-Szenarien mit wenigen Mausklicks zu erstellen. Artivive (2022) kommt diesem Anspruch für AR relativ nahe, auch wenn die Anwendung derzeit noch auf Bildmarker beschränkt ist, die Videos abrufen. Dabei gibt es interessante Gestaltungsmöglichkeiten, wenn erweiterte Einstellungen verwendet werden. Allerdings ist die kostenlose Version auf 100 Aufrufe pro Monat beschränkt, und die Betrachtenden müssen die App erst herunterladen, um die Werke zu sehen. CoSpaces Edu (2022) wiederum ist sehr vielfältig durch die Möglichkeit, 3D-Welten mit programmierbaren Elementen zu erzeugen. Leider ist die Gratisversion stark limitiert und die Profiversion wird

schnell kostspielig. Ebenfalls ein mächtiges Tool in Bezug auf AR könnte Adobe Aero (Adobe 2022) sein. Die iOS-App wird seit 2019 gratis angeboten. Die Desktop-App befindet sich jedoch seit 2019 im Beta-Stadium. Zusammen mit der Beschränkung auf iOS kann diese Software leider (noch) nicht uneingeschränkt für Schulen empfohlen werden. Der Anspruch der Einfachheit, insbesondere wenn es sich um angehende Primarlehrpersonen handelt, spricht auch nicht für die Verwendung von Game Engines wie Unity (2022) oder Unreal (Epic Games 2022), die mit erheblichem Aufwand erlernt werden müssen.

Spannend ist AR.js (2022), ein quelloffenes Framework, das die Nutzung von AR für alle kostenfrei nutzbar macht. Als mögliche Auslöser werden derzeit Image Tracking (Bildererkennung), Location Based AR und Marker Tracking genannt. Dargestellt werden können Bilder, Videos und 3D-Objekte, die auch animiert sein können. Zudem können gewisse Grundkörper (Kugeln, Würfel etc.) direkt erzeugt werden («AR.js» 2022). Dies funktioniert, indem eine Webseite aufgerufen wird, auf der die entsprechenden Scripts von AR.js mittels JavaScript aufgerufen werden. Anschliessend können Marker, Elemente und Aktionen definiert werden. Da die Webseite direkt auf die Kamera des Geräts zugreift, ist die Installation einer zusätzlichen App nicht notwendig. Das gesamte AR.js-Framework basiert auf A-Frame (2020), das seinerseits auf Three.js (2022) aufbaut. So ist es möglich, die aufgerufenen Elemente nicht nur einzubetten, sondern auch mit Befehlen aus A-Frame beispielsweise zu skalieren, zu drehen oder ihre Position zu verändern oder es zum Beispiel schneien zu lassen, wenn das der gewünschten Wirkung dient (Shin 2022).

1.3 Erkenntnisinteresse

Ausgehend von den obigen Ausführungen lässt sich vermuten, dass die gestalterische Arbeit mit AR und VR – insbesondere mit 3D-Objekten – neben gestalterischen Absichten durchaus Potenzial bietet, zu den digitalen Kompetenzen der Studierenden gemäss DPACK-Modell beizutragen: Die Anwendungskompetenz im Sinne der Mediennutzung ist dabei selbsterklärend. Gleichzeitig soll die Reflexion über die Wirkung und die Bedeutung in der gesellschaftlich-kulturellen Perspektive angeregt werden. Es besteht die Gefahr, dass die Technologie aufgrund der hohen Attraktivität oder wegen des Neuheitseffekts (z. B. Akçayır und Akçayır 2017) einfach zum Selbstzweck wird. Da Gestaltung stark auf Reflexion basiert (Rogh, Weber, und Arbogast 2017), würde eine «Effekthascherei» dem zuwiderlaufen.

AR.js ist zudem interessant für die Vermittlung von Informatikgrundlagen: Ein Grundverständnis von HTML und JavaScript ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Nutzung. Dies geschieht direkt in einer konkreten Anwendung und einem relativ überschaubaren Code, Änderungen werden sofort sichtbar. Zudem können weiterführende gestalterische Fragen von Position, Grösse oder Ausrichtung dazu

beitragen, dass einerseits die ästhetische Wirkung des Dargestellten hinterfragt wird, aber auch die technische Umsetzung gesucht wird. Insofern stellt sich die Frage, ob sich bei Lehramtsstudierenden Hinweise dafür finden lassen, dass der gestalterische Umgang mit AR und VR einen Beitrag zu den digitalen pädagogischen Inhaltskompetenzen dieser Technologien leisten kann. Insbesondere im Lehramtsstudium gibt es im gestalterischen Bereich noch sehr wenige Daten, weshalb dieser Aspekt in diesem Beitrag explorativ untersucht werden soll.

2. Rahmenbedingungen und Unterrichtsaufbau

An der Pädagogischen Hochschule St. Gallen (PHSG) ist das Wahlpflichtmodul «Digitales Gestalten» Teil des Studiums der Kindergarten- und Primarstufe. Im Umfang von vier ECTS-Credits werden den Studierenden gestalterische Kompetenzen im digitalen Bereich vermittelt. Lag der Fokus in früheren Jahren noch stark auf StopMotion und Film, da sich hier technische und gestalterische Ansprüche gut verbinden lassen (Moser 2021, 716), greift dies in der heutigen Zeit zu kurz, um den breiten aktuellen Entwicklungen wie AR und VR gerecht zu werden, die im Alltag und in Lehrmitteln immer präsenter werden. Daher wurden auch diese Technologien in das Modul aufgenommen. Die verbindliche Grundausbildung im Bereich Medienpädagogik beschränkt sich auf ein Modul mit einem ECTS-Credit im ersten Jahr. Die restliche Ausbildung läuft durch die Wahl von Modulen aus dem Fachbereich Medien und Informatik oder wie in diesem Artikel beschrieben in Modulen anderer Fachbereiche. Das Modul wurde im Frühlingsemester 2022 mit 13 Studierenden aus dem ersten und zweiten Studienjahr durchgeführt. Als zusätzlicher Anreiz konnte ein Kooperationsprojekt mit dem Regionalen Didaktischen Zentrum (RDZ) Wattwil realisiert werden. Die RDZ dienen an fünf Standorten im Kanton der Unterstützung des Volksschulunterrichts und der Verbreitung von schulischen Innovationen (RDZ 2022). Ein zentrales Element sind wechselnde Lernarrangements, die von Klassen aller Zyklen der Volksschule besucht werden können. Ein solches Lernarrangement in Wattwil zum Thema «Gestaltung einer Future City» sollte mit einem «digitalen Raum» ausgestattet werden. Angebote dafür sollten die Studierenden im Modul konzipieren.

2.1 Aufbau des Moduls

In der ersten Einheit wurden zunächst drei grundlegende Themen in Gruppen in einem sehr explorativen Setting erarbeitet. Die 13 Studierenden konnten ihr Thema frei wählen, durch eine Obergrenze von fünf Personen pro Gruppe wurde gewährleistet, dass jedes Thema von mindestens drei Personen bearbeitet wurde:

- A. VR: Eine Gruppe von fünf Studierenden befasste sich mit fünf Oculus Quests (bzw. Meta Quests). Sie hatten den Auftrag, die App Tilt Brush kennenzulernen und die Handhabung der Brillen bei sich selbst, aber auch bei anderen zu erleben. In gestalterischer Hinsicht ist die Gestaltung im dreidimensionalen Raum ohne die Grenzen der Physik ein beeindruckendes Phänomen.
- B. StopMotion: Mit der App «Stop Motion Studio» sammelten fünf Studierende erste Erfahrungen mit der Produktion von Animationsfilmen. Da es keine grosse Herausforderung ist, mit dieser App erste kleine Filme zu produzieren, sollte hier deutlich werden, dass die Erstellung eines Trickfilms kein ausreichender Inhalt sein kann. Ein Film oder ein Trickfilm ist kein Selbstzweck, sondern kann verschiedene Funktionen haben, die unterschiedliche Anforderungen stellen.
- C. Creative Coding: Durch P5.js bekamen drei programmierinteressierte Studierende einen Einblick in die Welt der Variablen, Funktionen und Schleifen. Die Tutorialreihe von «The Coding Train» (Schiffman 2021) war dabei die Orientierungshilfe. Neben dem interaktiv-gestalterischen Potenzial von P5.js sollten die drei Studierenden auch ein Grundverständnis für das Programmieren bekommen, was zum Beispiel bei AR.js hilfreich sein kann. Darüber hinaus ist P5 bzw. Processing eine geeignete Grundlage für die Programmierung mit Arduino, was in der digitalen Gestaltung im Sinne des «Making» durchaus an Relevanz gewinnt.

Anschliessend wurden die Inhalte erweitert oder vertieft: Gruppe A (VR) beschäftigte sich mithilfe eines aufgezeichneten Referats zu Mixed Reality zusätzlich mit AR, Gruppe B (StopMotion) orientierte sich auf einer MindMap zu klassischen Filmthemen wie Schnitt, Musik, Geräusche, Gestaltungsmittel etc. und Gruppe C (P5.js) fuhr mit dem Coding Train weiter.

2.2 *Entstandene Projekte*

In der Folge wurden – ähnlich wie beim Gruppenpuzzle – drei neue Gruppen gebildet, in welchen jeweils A, B und C vertreten waren. In dieser Aufteilung wurden nach einem Austausch über die zentralen Inhalte der jeweiligen Technologien thematische Gestaltungsprojekte konzipiert: Im Hinblick auf das RDZ wurde ein weiteres Projekt thematisch in Richtung Träume und Wünsche gesucht. Da viele junge Erwachsene nach zwei Jahren Pandemie das Bedürfnis verspürten zu verreisen, wurde dies zum Thema. Die neuen Gruppen 1, 2 und 3 sollten nun nach Möglichkeiten suchen, das Thema «Reisen» zu visualisieren. In der Form waren sie frei, auch mussten nicht alle Technologien angewendet werden. So entstanden drei sehr unterschiedliche Projekte:

1. Mit Bildmontage, PowerPoint-Animation, und Mixed-Media-Aufnahmen entstanden diverse kurze Filme, die auf Smartphones mit der Artivive-App mittels Postkarten als Auslöser in AR betrachtet werden können.
2. Mithilfe von Videoaufnahmen, JumpCuts, StopMotion und GreenScreen verwandelten sich die Studierenden in Playmobil-Figuren und begaben sich auf eine Reise. Als Produkt entstand ein Film.
3. Rund um die Kokosnuss drehte sich dieses Projekt: In Tilt Brush wurde eine Strand-Szene gezeichnet, in P5.js wurde eine Traum-Szene bzw. Titel-Animation erstellt und mit StopMotion die rollende Reise einer Kokosnuss gezeigt. Die VR-Malerei wurde im fertigen Film nicht verwendet, da sich das Interesse des betreffenden Studenten auf die 3D-Modellierung mit SculptVR verlagerte, was für das Gesamtkonzept als vorteilhaft erachtet wurde.

Auf der Grundlage dieser ersten Projekte wurden ein Intro-Video mit StopMotion- und GreenScreen-Technologie sowie drei Lernangebote fürs RDZ erstellt: Malen auf dem iPad, StopMotion und Modellieren in der VR, wobei die Kreationen mit AR.js in die physische Future City eingebettet werden können.

3. Beschreibung der Pilotstudie

Um zu untersuchen, ob sich Hinweise dafür finden lassen, dass der gestalterische Umgang mit AR und VR einen Beitrag zu den digitalen pädagogischen Inhaltskompetenzen dieser Technologien leisten kann, wurde eine standardisierte Online-Befragung mit Microsoft Forms (2022) durchgeführt. Wegen des erhöhten Aufwands für die Koordination mit dem RDZ wurde diese Form gewählt. So war sichergestellt, dass die Antworten bereits schriftlich vorliegen und keine Transkription nötig würde. Die Befragung wurde nach Abgabe der Angebote ans RDZ Ende April terminiert, damit in den letzten drei Unterrichtseinheiten im Anschluss noch reagiert werden konnte, falls fachlich kritische Lücken oder Fehler im Konzept festgestellt werden sollten. Um sicherzustellen, dass die Befragung nur das abbildet, was durch die eigene Beteiligung der Studierenden erfahren wurde, beschränkten sich die Einführungen und Diskussionen auf die bewusste Anwendung der verschiedenen Technologien. Etwaige mediendidaktische, medienerzieherische, technologische oder fachdidaktische Fragen von Studierenden wurden selbstverständlich beantwortet und/oder kurz diskutiert, aber eine vertiefte Auseinandersetzung wurde nicht angestoßen, um die Befragung nicht zu verfälschen. Fachliche Diskussionen folgten im Anschluss an die Befragung und wurden in die qualitative Auswertung und in die Ergebnisdiskussion einbezogen.

3.1 Fragebogen und Stichprobe

Der Fragebogen war nicht anonym. Deshalb wurde bewusst auf Fragen zur Unterrichtsqualität oder -auswertung verzichtet. Da der Kurs zudem nicht mit einer Note abgeschlossen wurde, waren diesbezüglich keine Hemmungen zu erwarten. Ausserdem wären viele Antworten aufgrund der engen Begleitung nachvollziehbar und somit nicht wirklich anonym gewesen. Inhaltlich orientierte sich der Fragebogen an den digitalen Bereichen des DPACK-Modells mit Fragen zu Mediendidaktik, Medienbildung, Informatik und digitaler Gestaltung aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht. Der Fokus lag auf AR und VR. Neben den Voraussetzungen wurde mit geschlossenen Fragen nach der eigenen Auseinandersetzung und nach subjektiven Kompetenzeinschätzungen der Studierenden und mit offenen Fragen nach Haltungen und Kenntnissen gefragt. Die Antworten wurden deduktiv nach den Bereichen des DPACK-Modells kategorisiert und die Freitextantworten nach Mayring (2015) inhaltlich strukturiert.

Ergänzend wurden die Studierenden nach der Befragung im Hinblick auf die Abschlusspräsentation gefragt, wie sie sich eine zeitgemäße Form der Ausstellung oder Präsentation, z. B. bei einem Elternabend in der Schule, vorstellen. Sie konnten sich hierfür tischweise austauschen und hielten ihre Antworten schriftlich fest. Die Antworten sind ebenfalls in den Rohdaten aufgeführt und werden in die qualitative Analyse und die Diskussion einbezogen.

Die Stichprobe bildeten alle Studierenden des Moduls, die alle an der Umfrage teilgenommen haben (Selbstselektion). In den Rohdaten wurden sie nach Eingang der Antworten von S01 bis S13 indiziert. Es handelt sich um acht weibliche und fünf männliche Studierende (S04, S06, S07, S08, S11) mit heterogenen Vorkenntnissen mit der Zielstufe Primar. Die meisten waren im 4. Semester, drei berufsbegleitende Studierende befanden sich im 2. Semester (S01, S07, S11). Hinzu kam eine Quereinsteigerin (S02).

3.2 Ergebnisse der Onlinebefragung

Zu beachten gilt hier, dass der Kurs zum Zeitpunkt der Befragung wie erwähnt noch nicht abgeschlossen war, wodurch alle Antworten einem Zwischenstand und nicht einem Endzustand nach dem Modul entsprechen. Die Rohdaten werden mit diesem Beitrag zur Verfügung gestellt. An dieser Stelle werden die Häufigkeiten der Codes in den Kategorien Anwendungskompetenz, Mediendidaktik, Medienbildung, digitale Gestaltung und Schnittmenge DPACK dargestellt. Hierfür wurden die genannten Antworten entsprechend strukturiert und ausgezählt. Die Zuordnung der Fragen ist in den angefügten Rohdaten ersichtlich. Die qualitative Auswertung durch eine Inhaltsanalyse (Mayring 2015) folgt anschliessend (3.3).

Fokus Voraussetzungen: Die Motivation, sich für das Modul anzumelden, ging bei zwei Dritteln überwiegend von einem technischen Interesse aus, was bei einer Studentin (S02) eher kompensatorisch für ihre nach eigener Einschätzung dürftigen Informatikkenntnisse war. Sie hat auch als einzige keinerlei Vorkenntnisse notiert. Ein Drittel nannte explizit ein Interesse an Gestaltung im digitalen Kontext (S03, S04, S09, S11). Hinsichtlich der diesbezüglichen Vorkenntnisse nannten drei Studierende unbewegte Bilder (Bildbearbeitung und digitales Malen: S03, S06, S10) und vier Studierende bewegte Bilder (Filmschnitt und StopMotion: S03, S06, S08, S11), von denen zwei zu diesem Zeitpunkt an ihrer thematisch verwandten Bachelorarbeit zu den Themen digitale Malerei (S03) und Programmieren mit Scratch (S08) waren. Zwei Drittel hatten rezeptive Erfahrungen mit AR und VR, aber selbst hatte noch niemand etwas erstellt.

Fokus Anwendungskompetenz: Nach der Startphase konnten sich alle Studierenden frei den Themen oder Technologien widmen, die sie interessierten. Für die Einschätzung wählten sie aus vier Antwortmöglichkeiten zum einen aus, wie intensiv sie sich mit den Technologien auseinandergesetzt haben (von *gar nicht* bis *vertieft*) und später, wie kompetent sie sich darin fühlen (von *keine Ahnung* bis *beherrsche ich gut*). StopMotion und Video wurden am intensivsten genutzt und die eigene Kompetenz darin wurde auch am höchsten eingeschätzt. Bei AR und VR liegt die Selbsteinschätzung der Kompetenz im mittleren Bereich, während Creative Coding am niedrigsten eingeschätzt wird.

Fokus Mediendidaktik: Hier wurde zum einen die erlebte Vermittlung über verschiedene Formate abgefragt (siehe 2.1), zum anderen auch die Erkenntnisse, die die Studierenden für ihre eigene pädagogische Zukunft mitnehmen. Das Vermittlungsangebot mit Zusammenstellungen und Tutorials wurde als anregend und motivierend empfunden. Geschätzt wurde die individuelle Vertiefung, die ermöglicht wurde, und dass niederschwellige Einblicke in alle Bereiche möglich waren, wenn auch eine Person dies als einschüchternd empfand (S07). Bei entsprechender Eignung können sich alle Studierenden vorstellen, StopMotion und Video sowie AR didaktisch einzusetzen oder von den Schüler:innen einsetzen zu lassen. Nur etwas mehr als die Hälfte hält den entsprechenden Einsatz von VR für realistisch, noch weniger für Creative Coding – und wenn, dann mit Scratch.

Offen gefragt nach einem konkreten möglichen Unterrichtsetting mit den Technologien wurde mit Abstand am häufigsten StopMotion erwähnt (neun Nennungen). Alle anderen behandelten Technologien wurden ein- bis zweimal genannt. Von den genannten Fächern wurden fünfmal Natur, Mensch, Gesellschaft (NMG), dreimal Gestaltung, zweimal Deutsch und je einmal Mathe und Musik angegeben. Der Mehrheit der Studierenden fiel es leicht, auf diese Frage eine Antwort zu geben. Konkret danach gefragt, worauf sie beim Einsatz von AR und VR achten würden, wurden eine *klare Instruktion* und die *Möglichkeit, Dinge auszuprobieren* mit jeweils sieben

Nennungen am häufigsten genannt. *Einfach halten* wird fünfmal genannt, ebenso oft das *Abwägen der Faktoren Zeit, Nutzen, Kosten und/oder Platzbedarf* – insbesondere bei VR. Die Studierenden bescheinigen den beiden Technologien vielfältige didaktische Potenziale: die Zugänglichkeit von Objekten und Orten, die sonst schwer oder gar nicht zu erreichen sind; innovative Unterrichtsgestaltung und die Verbesserung des Lernens durch Gamification und Immersion bzw. «Erlebnisse» sowie gesteigerte Motivation und Begeisterung.

Fokus Medienbildung: Auf die Frage nach Bedeutung und Wirkung von AR und VR gab es sehr viele unterschiedliche und teilweise widersprüchliche Antworten. Einigkeit besteht darin, dass deren Bedeutung zunimmt. Den erweiterten Gestaltungsmöglichkeiten mit ihrer faszinierenden und motivierenden Attraktivität stehen jedoch diverse kritische Haltungen gegenüber, insbesondere die Angst vor Realitätsverlust und sozialen Abstrichen.

Fokus Informatik: Um zu sehen, inwieweit die gestalterische Auseinandersetzung auch das Verständnis für Informatik fördern kann, wurde gefragt, wie AR und VR funktionieren. Bei AR haben ausser S02, die sich schwache Informatikkenntnisse attestiert, alle erwähnt, dass die physische Realität durch die Kamera eines Smartphones oder Tablets erfasst und durch digitale Objekte angereichert wird. Dies wird durch Marker ausgelöst und funktioniert durch programmierte Hintergrundprozesse. Bei VR wurde die Brille von fast allen erwähnt. Den grössten Eindruck scheint die Immersion hinterlassen zu haben, die implizit – z. B. durch das Wort «eintauchen» – am zweithäufigsten genannt wurde. Das dynamische Sichtfeld, das es ermöglicht «sich umzusehen», die Interaktion über Hände oder Controller und die künstlich geschaffene «Welt» wurden jeweils drei- bis viermal genannt, insbesondere von den Studierenden, die sich am intensivsten mit dieser Technologie auseinandergesetzt haben.

Fokus digitale Gestaltung, insb. AR und VR in der Schnittmenge DPACK: Drei Studierende erwähnten eine unklare oder zu eingeschränkte Vorstellung des Feldes vor dem Modulstart. Die meisten Studierenden betonten die neu gelernten Fähigkeiten und die Horizonterweiterung in Bezug auf digitale Gestaltung. Nach einigen Fragen zur Mediendidaktik wurde schliesslich die Kernfrage nach dem didaktischen Potenzial von AR und VR für die Fächer Bildnerische sowie Textile und Technische Gestaltung gestellt. Im Bildnerischen Gestalten wurde die räumliche Komponente am stärksten betont, dicht gefolgt von der Motivation und dem Spassfaktor. Konkrete Szenarien mit AR wurden viermal genannt, Potenziale für die Kunstvermittlung zweimal. Im Textilen und Technischen Gestalten gab die Hälfte der Studierenden an, dass die Technologien ein grosses Potenzial haben, den Designprozess vom Entwurf bis zur Präsentation zu bereichern. Drei Studierende hingegen konnten sich auf Anhieb nichts darunter vorstellen.

Wenn es um den Unterschied zwischen VR-Malerei in Tilt Brush und VR-Modellierung in SculptVR geht, gibt es zwei Hauptunterschiede in Bezug auf das Produkt: Offensichtlich ist der am häufigsten genannte visuelle Unterschied zwischen dem Malen mit flachen «Pinselstrichen» und der Modellierung mit soliden Körpervolumina. Die damit entfernte zusammenhängende 3D-Druckbarkeit des modellierten Körpers wurde dagegen nur einmal erwähnt. Da einige Personen die VR-Brille zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht ausprobiert hatten, wurden auch fünf Vermutungen geäußert, die als solche deklariert wurden.

3.3 Qualitative Inhaltsanalyse der Befragungen

Zentrales Erkenntnisinteresse ist die digitale pädagogische Inhaltskompetenz mit besonderem Augenmerk auf AR und VR durch die Auseinandersetzung mit digitaler Gestaltung in einem didaktischen Kontext. Das Modul bietet hierfür gute Rahmenbedingungen, da die beiden Faktoren Zeit und Interesse nicht in jedem Modul in diesem Umfang vorhanden sind. Dass die Studierenden im Rahmen eines Projektes ein Lernarrangement konzipieren konnten, war eine gute Gelegenheit. Ihre Motivation, etwas zu schaffen, das von vielen Schulklassen genutzt werden kann, war sehr hoch.

Die kleine Gruppengröße ermöglichte ein exploratives Unterrichtsetting. Mit Hilfe von Unterstützungsmaterialien konnten drei technologische Bereiche parallel eingeführt werden, sodass Zeit für individuelle Beratung und Unterstützung blieb. Außerdem konnten die Studierenden so einen Einblick in die anderen Bereiche gewinnen, was sehr geschätzt wurde, zumal sie so wussten, was ihnen im weiteren Verlauf des Moduls überhaupt zur Auswahl stand. Es wurde auch geschätzt, dass es eine erste Projektrunde zum freien Experimentieren gab. Dies äußert sich auch darin, dass sie dies auch ihren Schüler:innen ermöglichen wollen. Ebenfalls im Bereich der *Mediendidaktik* zu verorten ist der mögliche Einsatz der Technologien im Unterricht: Zuerst wurde eher abstrakt gefragt, was sie einsetzen würden, «wenn's passt», um (a) Lernmaterialien herzustellen und (b) die Schüler:innen selbst damit arbeiten zu lassen. Interessant erscheint, dass sich sogar mehr Studierende vorstellen können, Schüler:innen mit AR arbeiten zu lassen (alle ausser S02), als es selbst zu nutzen (alle ausser S02, S05, S09). Weiter wurde nach einem konkreten didaktischen Setting gefragt. Hier zeigt sich das folgende Bild: StopMotion und Video werden neunmal erwähnt, während AR nur zweimal genannt wird, obwohl in der abstrakten Frage eine fast gleich hohe Einsatzbereitschaft signalisiert wurde. Als Interpretation liegt die Vermutung nahe, dass die Studierenden gerne auf Erfahrungen zurückgreifen, die im Bereich von klassischen StopMotion- und Videoarbeiten auch aufgrund der vermehrten Vorkenntnisse häufiger erinnert werden dürften als neue Entwicklungen wie AR. Hinzu kommt, dass die Auseinandersetzung mit AR weniger häufig war als mit dem Bewegten Bild.

Im Bereich der *Medienbildung* wurde nach Bedeutungen und Wirkungen von AR und VR gefragt. An der Vielzahl der unterschiedlichen Antworten lässt sich erkennen, dass dieses Thema durchaus von Interesse war, aber im Plenum nicht diskutiert wurde. Da die Zuordnung von Bedeutung und Wirkung, aber auch zu didaktischen Potenzialen, relativ undifferenziert war, könnte man für eine Folgeuntersuchung überlegen, die Begriffe anhand eines Beispiels zu schärfen oder die Fragen detaillierter zu stellen. In Gesprächen und Diskussionen im Anschluss an die Onlinebefragung bestätigte sich das Interesse an den möglichen Effekten solcher Technologien. Dies ist bemerkenswert, insofern zu Beginn des Moduls die Relevanz eher niedrig eingestuft wurde, was sich in entsprechenden Äusserungen im Unterricht zeigte.

Im Bereich der *digitalen Gestaltung* wurde die Horizonterweiterung hervorgehoben und dass man viel Neues gelernt habe. Allerdings erwähnte nur S05 die Möglichkeit, die verschiedenen Methoden oder Technologien zu kombinieren. Gerade im Kontext von AR scheint dieses Element jedoch zentral zu sein, da es sich um die Verwendung digital gestalteter (oder digitalisierter) Objekte handelt. Wird kein heruntergeladenes Modell verwendet, kommt schnell die eigene digitale Gestaltung ins Spiel. Erfreulich erscheint die Vielfalt, die sich in den Antworten zur Funktionsweise von AR widerspiegelt: Es bleibt nicht lediglich beim Schema «Bild-Marker ruft Video ab» oder beim schlussendlich fürs RDZ verwendete Prinzip «Muster-Marker ruft 3D-Objekt ab», sondern es wird die kreative Vielfalt von Markern und Objekten hervorgehoben, wobei die Muster-Marker bei AR.js besonders überzeugend waren.

Diese Vielfalt zeigte sich auch in der Anschlussfrage nach zwei Wochen, in der es um attraktive Präsentationsmöglichkeiten ging, z. B. an einem Elternabend. Auch hier wurde AR sehr breit erwähnt, zum einen die Verwendung von Bildern als Marker und das Aufrufen von Werken mittels Markern, aber hier gingen die Studierenden weiter: Das Erweitern von gemalten Bildern durch AR beispielsweise zeigt ein gestalterisches Potenzial auf, das in der Befragung kaum erwähnt wurde. Auch die Steigerung der Interaktivität durch digitale Möglichkeiten wurde genannt, einerseits im Sinne eines Quiz, mit dem sich Eltern die Werke ihrer Kinder «erarbeiten» sollen, andererseits die gezielte Platzierung von Codes, die den Kindern zugeordnet werden und dann entlang einer Route an der Wand oder auf dem Boden entdeckt werden können. Auch aufwendige Varianten wie AR-Walls wurden genannt, allerdings als ambitionierte und kostspielige Möglichkeit. In dieser Hinsicht waren die Antworten erfreulich, da offenbar Visionen geweckt wurden, die man vor der Auseinandersetzung nicht erwartet hätte. Neben AR wurden verschiedene weitere technische Möglichkeiten genannt, die sicherlich interessanter erscheinen als die klassische Bildschirmpräsentation. VR hingegen wurde nur von einer Gruppe genannt: Ein 3D-Objekt in VR zu betrachten und eventuell ein Video des Entstehungsprozesses zu zeigen, liese sich auch mit Google Cardboard realisieren, aber das eigene Ausprobieren deutet darauf hin, dass eine Stand-Alone-Brille vorausgesetzt wurde. Auch

wenn eine Cardboard-Lösung im Unterricht gezeigt wurde, kann im Zusammenhang mit der Befragung davon ausgegangen werden, dass die Studierenden bei VR zunächst an die häufiger gesehene und erlebte Stand-Alone-Brille denken und damit nicht sofort eine preiswerte Cardboard-Lösung in Betracht ziehen, die für verschiedene Zwecke ausreichend wäre, was auch die geäußerten finanziellen Bedenken relativieren würde. Eine häufigere Nutzung auch in anderen Fächern könnte dazu führen, dass Studierende im Gegensatz zu den Studienergebnissen auch diese günstigere Lösung bei entsprechenden Anforderungen vermehrt in Betracht ziehen.

4. Diskussion der Ergebnisse

Im Sinne einer explorativen Pilotierung wurden Hinweise gesucht, ob der gestalterische Umgang mit AR und VR digitale pädagogische Inhaltskompetenzen in Bezug auf diese Technologien fördern kann. Dazu wurden 13 Studierende befragt. Die Ergebnisse lassen trotz des geringen Stichprobenumfangs und des explorativen Charakters interessante Anknüpfungspunkte für zukünftige Untersuchungen zu: In erster Linie zeigt sich, dass die gestalterische Auseinandersetzung mit AR und VR einen interesseweckenden Zugang zu diesen Technologien darstellen kann. Die Gefahr, sie lediglich als Effekthascherei oder als Gag zu nutzen, scheint sich zugunsten einer bewussteren Haltung zu verringern. Wurden die beiden Technologien vorgängig subjektiv nicht einmal im Feld der digitalen Gestaltung verortet, scheinen sie nach dem Projekt als attraktive Gestaltungsmöglichkeit angesehen zu werden. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass dies auch durch die indirekte Auseinandersetzung geschah: Bei der Frage nach einem Unterrichtssetting nannten vor allem die «Experten» (S07, S08, S11) AR und VR, doch in der Anschlussfrage nach zwei Wochen beschrieben auch die Kolleg:innen interessante Settings. Die Tatsache, dass sich fast alle im Gegensatz zu anfänglichen Bedenken gegenüber AR und VR zumindest zutrauen, sich darin einzuarbeiten, weist auch darauf hin, dass Hemmungen abgebaut wurden und die Technologien an Handhabbarkeit gewonnen haben. Deutlichere Ergebnisse hätten wohl erzielt werden können, wenn alle Studierenden direkte Erfahrungen mit AR und VR hätten sammeln müssen. Da der Kurs jedoch breit ausgelegt war und diese Technologien nur zwei Aspekte von mehreren darstellten, wurde zugunsten einer individuellen Vertiefung darauf verzichtet.

Was die Informatikkenntnisse betrifft, wurde im Unterricht Zurückhaltung in der Vermittlung geübt, um die Ergebnisse der Befragung nicht zu verfälschen. Es bestand die Hoffnung, dass sich ein Interesse an der technischen Funktionsweise entwickelt, um die gestalterischen Möglichkeiten auszuloten. Es haben sich jedoch nur wenige Studierende mit diesem Aspekt auseinandergesetzt: Creative Coding wurde am wenigsten angewendet und AR.js wurde erst nach der Befragung v. a. von zwei Studenten (S07 und S11) intensiver angeschaut und experimentell eingesetzt. Auch

andere Studierende nahmen sich nach der Befragung aufwendigerer Projekte wie den Game Engines von Unity (2022) und Unreal (Epic Games 2022) an. Der Zeitpunkt ist spannend: Erst nach Abgabe der Angebote für das RDZ waren sie offen für derartige Auseinandersetzungen. Dies sollte bei Folgeuntersuchungen beachtet werden. Als Fallbeispiele bekräftigen sie den Ansatz, sich der Technik über eine gestalterische Nutzung mehrperspektivisch anzunähern. Das DPACK-Modell hat sich dabei als schlüssige Referenz erwiesen: Wären die Fragen streng nach TPACK gestellt worden, wären die Wissenslücken in der Informatik und die konzeptionellen Unklarheiten in der Medienbildung wohl weniger entdeckt worden, da die Anwendung prinzipiell vielversprechend erscheint. Zudem kann die didaktische Anwendung auch kritischer betrachtet werden, wenn der medienerzieherische Hintergrund bekannt ist.

5. Methodenkritik und Ausblick

Da es sich um eine Pilotstudie handelt, in der es mitunter darum ging, Rückschlüsse für das Forschungssetting zu ziehen, wird die Methodenkritik mit dem Ausblick verbunden.

Zukünftige Arbeiten sollten Folgendes berücksichtigen: Die ursprünglichen Einstellungen, Verständnisse und Kompetenzen sollten zu Beginn des Kurses erfasst werden, um über die Entwicklung der einzelnen Studierenden in Bezug auf DPACK aussagekräftigere Daten zu erhalten. Inwiefern dies mit einer schriftlichen Befragung sinnvoll ist, hängt vom Fokus ab. Da auch in Folgeuntersuchungen keine wesentlich grössere Stichprobe zu erwarten ist, könnten quantitative Auswertungen mit eher geschlossenen Fragen vor allem für Vergleiche über die Modulgruppe hinaus mit anderen Studierenden in Betracht gezogen werden. Hierfür wäre aber zuvor eine vertiefte qualitative Betrachtung angebracht, um die durch diese Pilotstudie aufgeworfenen Vermutungen und Fragen näher zu untersuchen.

Möglich sind hierfür leitfadengestützte Interviews zu Beginn und gegen Ende des Moduls. Auch die Art der Fragen sollte dabei überdacht werden, wie am Beispiel des gestalterischen Potenzials zu sehen ist: Im Vergleich zur nachträglichen Frage nach den Präsentationsformen, die reichhaltiger ausfiel, waren die Antworten in der Umfrage eher zurückhaltend. Es ist nicht auszuschliessen, dass sich der gestalterische Prozess in den Köpfen der Studierenden vor allem auf die Herstellung von Objekten bezieht und deren Präsentation für sie weniger präsent ist. Da aber in der Befragung die Kunstvermittlung und die Betrachtung der Kreationen als Potenzial genannt wurden, scheint dies nicht die einzige Erklärung zu sein. Für nachfolgende Befragungen könnte es daher fruchtbar sein, nicht abstrakt nach Potenzialen zu fragen, sondern konkrete Situationen zu beschreiben und nach diesbezüglichen Einsatzmöglichkeiten zu fragen. Durch diesen Transfer wäre man zudem näher beim Kompetenzbegriff, denn in dieser Befragung ging es höchstens um Kenntnisse. Um

tatsächliche Kompetenzen zu erfassen, müssten aber auch die praktischen Umsetzungen einbezogen werden. Auch das nüchterne Einzelsetting der Befragung, die zuhause ausgefüllt wurde, um den individuellen Stand aller Studierenden zu erfassen, wirkt vermutlich nicht besonders anregend für spontane eigene Ideen. So scheint eine Diskussion in Kleingruppen anregender und damit produktiver zu sein, wenn es um Gestaltungspotenziale neuer Technologien geht, zumal kollaboratives Arbeiten in der Gestaltung ein wichtiges Element ist (Schmidt-Wetzel 2017). Gerade auch im Hinblick auf das angesprochene vertiefte Bewusstsein für AR und VR können sich Gespräche und Diskussionen als ergiebige Quellen erweisen. Die Studierenden erwähnten zwar im Nachhinein die Fragen und die Antwortmöglichkeiten des Fragebogens positiv und konnten sich meist sehr gut zuordnen. Dennoch wurde in der Auswertung deutlich, dass Rückfragen möglich sein sollten, weshalb leitfadengestützte Interviews trotz des höheren Aufwands zu bevorzugen sind.

Was in der Erhebung zu kurz kommt, ist die Bedeutung der Auseinandersetzung mit AR und VR für die Gestaltung. Mit Blick auf das Thema des Hefts wurde hier der Fokus auf den technologischen Bereich gelegt, was keinesfalls darüber hinwegtäuschen darf, dass gerade durch diese Entwicklung zentrale Elemente der Gestaltung und der Ästhetischen Bildung beeinflusst werden, die einer vertieften Betrachtung bedürfen. Diese Relevanz wird in den kommenden Jahren mit der zunehmenden Verfügbarkeit und Zugänglichkeit von Gestaltungsmöglichkeiten wahrscheinlich noch zunehmen. Die breitere Abdeckung mit leistungsfähigeren Geräten wird ihren Teil dazu beitragen, den Einfluss dieser Technologien auf die Pädagogik, aber auch auf den Gestaltungsbereich weiter zu verstärken. Ganz neue Fragen stellen sich, wenn wir davon ausgehen, dass elektronische Arbeitsschritte grundsätzlich auch von Computern übernommen werden können: Wie sieht aktuell eine zukunftsorientierte Designausbildung aus (Meyer und Norman 2020) und wie verändert sich das Curriculum durch Künstliche Intelligenz und Machine Learning? Welchen Einfluss auf unsere Wahrnehmung – und damit auf die gestalterische Ausbildung – hat es, wenn digitale Objekte ohne physikalische Begrenzungen unsere Welt ergänzen? Es liegt auf der Hand, dass auch diese Fragen in allen Facetten des DPACK-Modells bearbeitet werden sollten. Wie die Weiterentwicklung des Dagstuhl-Dreiecks zur Charta Digitale Bildung (2019) betont, geht es letztlich darum, wie wir unsere digitale Welt *gestalten*.

Literatur

- Adobe. 2022. «Adobe Aero». Create augmented reality. <https://www.adobe.com/products/aero.html>.
- «A-Frame». 2020. Make WebVR. <https://aframe.io/>.
- 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 (February): 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- Amlogy. 2022. «Areeka». *Belebe deinen Unterricht. Mit Augmented Reality*. <https://areeka.net/>.
- AR.js. 2022. *Augmented Reality on the Web*. <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>.
- Artivive. 2022. *The Future Of Art*. <https://artivive.com/>.
- Baacke, Dieter. 1975. *Kommunikation und Kompetenz: Grundlegung einer Didaktik der Kommunikation und ihrer Medien*. München: Juventa.
- Bader, Nadia, und Michaela Götsch. 2020. «Mit der Kamera im Rücken und dem Stift auf der Wand. Wie können ästhetische Erfahrungen Handlungskompetenzen an digital-analogen Schnittstellen fördern?» *BÖKWE* 1 (März): 33–37.
- Bellalouna, Fahmi. 2019. «VR Based Design Process of Industrial Products». *International Conference on Competitive Manufacturing*. 240–45. Stellenbosch, Südafrika. https://www.researchgate.net/publication/337075988_VR_Based_Design_Process_of_Industrial_Products.
- Brefin, Daniel, und Erich Busslinger. 2013. *Einsatz digitaler Medien im Unterrichtsfach Bildnerisches Gestalten. Auswertung einer Umfrage bei Lehrkräften der Sekundarstufe II in der Nordwestschweiz*. 125. Aufl. Basel: Institut Lehrberufe für Gestaltung und Kunst HGK FHNW. <http://hdl.handle.net/11654/27265>.
- Buchner, Josef, und Diane Aretz. 2020. «Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned». Herausgegeben von Klaus Rummler, Ilka Koppel, Sandra Aßmann, Patrick Bettinger, und Karsten D. Wolf. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, Jahrbuch Medienpädagogik 17: 195–216. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>.
- Buchner, Josef, Daniel Otto, und Michael Kerres. 2021. «PCBuildAR: Die Entwicklung von Augmented Reality Karten für den Informatikunterricht als partizipativer Designprozess». *Medienimpulse*, Dezember. <https://doi.org/10.21243/MI-04-21-12>.
- 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*, Nr. IJET-Online First (Mai). <https://doi.org/10.17471/2499-4324/1151>.
- Charta Digitale Bildung. 2019. *charta digitale bildung*. <https://charta-digitale-bildung.de/>.
- CoSpaces Edu. 2022. *CoSpaces Edu for kid-friendly 3D creation and coding*. 2022. <https://cospaces.io/edu/>.

- Deibl, Ines, Stephanie Moser, Jörg Zumbach, Stephan Czermak, Richard Edlinger, Gerhard Zwingenberger, Lukas Prudky, und Christoph Eibl. 2021. «AR im Klassenzimmer». *Medienimpulse*, Dezember. <https://doi.org/10.21243/MI-04-21-14>.
- Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK). 2015. «Lehrplan 21» <https://v-ef.lehrplan.ch/index.php>.
- Döbeli Honegger, Beat. 2021. «Covid-19 und die digitale Transformation in der Schweizer Lehrerinnen- und Lehrerbildung». *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 39 (3). <https://beat.doebe.li/publications/2021-beat-doebeli-honegger-bzl.pdf>.
- Emmenegger, Thomas. 2020. «Kreativ und virtuell. Neue Herausforderungen durch Industrie 4.0 im TTTG Unterricht». *Werkspuren* 4/2020 (160): 28–31.
- Epic Games. 2022 «Unreal». <https://www.unrealengine.com/>.
- Gabriel, Sonja, Matthias Hütthaler, und Michael Nader. 2022. «Lernen in augmentierten Realitäten an Pädagogischen Hochschulen». *Medienimpulse*, März: 42. <https://doi.org/10.21243/MI-01-22-23>.
- Gesellschaft für Informatik – GI. 2016. «Dagstuhl-Erklärung». 2016. <https://dagstuhl.gi.de/dagstuhl-erklaerung>.
- Google o. J. *Google Cardboard*. <https://arvr.google.com/cardboard/>.
- Grünberger, Nina, Klaus Himpsl-Gutermann, Petra Szucsich, Katja Schirmer, Martin Sankofi, Klemens Frick, und Birgit Döbrentey-Hawlik. 2021. «Partizipation, Nachhaltigkeit und Offenheit als Leitlinien medienpädagogischer Projekte». *Medienimpulse* (Dezember). <https://doi.org/10.21243/MI-04-21-15>.
- Heinen, Richard, und Michael Kerres. 2017. ««Bildung in der digitalen Welt» als Herausforderung für Schule». *DDS – Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Bildungspolitik und pädagogische Praxis* 109 (2): 128–145. <https://www.dds.uni-hannover.de/>.
- Huber, Amy M., Lisa K. Waxman, und Connie Dyar. 2022. «Using Systems Thinking to Understand the Evolving Role of Technology in the Design Process». *International Journal of Technology and Design Education* 32 (1): 447–77. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09590-1>.
- Kerres, Michael, Miriam Mulders, und Josef Buchner. 2022. «Virtuelle Realität: Immersion Als Erlebnisdimension Beim Lernen Mit Visuellen Informationen». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 312–30. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.15.X>.
- Kim, Byungsoo, Sharon Joines, und Jing Feng. 2022. «Technology-Driven Design Process: Teaching and Mentoring Technology-Driven Design Process in Industrial Design Education». *International Journal of Technology and Design Education*, März. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09739-0>.
- Koehler, Matthew J., und Punya Mishra. 2009. «What Is Technological Pedagogical Content Knowledge?» *Contemporary Issues In Technology And Teacher Education* 9(1): 60–70.

- Mayring, Philipp. 2015. *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken*. 12. Aufl. Weinheim: Beltz.
- Meyer, Michael W., und Don Norman. 2020. «Changing Design Education for the 21st Century». *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation* 6 (1): 13–49. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.12.002>.
- Microsoft. 2022. «Microsoft Forms». <https://forms.office.com/>.
- Milgram, Paul, und Fumio Kishino. 1994. «A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays». *IEICE Transactions on Information and Systems* E77-D: 1321–9. https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf.
- Moser, Heinz. 2021. «Überlegungen zum Lernen mit und über Medien im Zeitalter der Digitalisierung». 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: 709–32. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2021.05.18.X>.
- Peez, Georg, Hrsg. 2021. *Mixed Reality und Augmented Reality im Kunstunterricht: Beispiele, Forschung und Reflexionen zur Verknüpfung von physischen und virtuellen Wirklichkeitsanteilen in der Kunstpädagogik*. München: kopaed.
- Poghos, Nar. 2020. «What's the Best Alternative for HP Reveal — Aurasma». *AR/VR Journey*, Juli 2020. <https://catchar.io/article/whats-the-best-alternative-for-hp-reveal-aurasma>.
- Pöhl, Regula, und Daniel Schuoler. 2020. «Aus Latten und Leisten. Ordnen und aufbewahren». *Werkspuren* 20.4 (160): 44–5.
- RDZ. 2022. *Regionale Didaktische Zentren PHSG*. <https://www.phsg.ch/de/dienstleistung/regionale-didaktische-zentren>.
- Rogh, Wida, Julia Weber, und Silvia Arbogast. 2017. *Fachdidaktik Kunst und Design: Lehren und Lernen mit Portfolios*. Herausgegeben von Nicole Elisabeth Berner und Christine Rieder. Bern: Haupt.
- Schiffman, Daniel. 2021. «TheCodingTrain – P5.js». Code! Programming with P5.js. https://www.youtube.com/watch?v=HerCR8bw_GE.
- Schmidt-Wetzels, Miriam. 2017. *Kollaboratives Handeln im Kunstunterricht: Eine qualitativ-empirische Untersuchung mit Praxisbeispielen*. Kontext Kunstpädagogik. München: kopäd.
- Shin, Don. 2022. «AR Over the Web Browser Using AR.js, A-Frame, & WebXR». Gehalten auf der CrossComm, Raleigh Convention Center, February 21. <https://youtu.be/wPJ6LHtV844>.
- Shulman, Lee S. 1986. «Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching». *Educational Researcher* 15 (2): 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>.
- Three.js. 2022. *JavaScript 3D Library*. <https://threejs.org/>.

- Truniger, Peter. 2016. «Vom Werkseminar zum Bachelor Art Education oder vom Werken zum design-orientierten Gestalten». In *Schlüsselherz und Stiefelknecht. Handarbeits- und Werkunterricht von 1870 bis 2014*, herausgegeben von Zürcher Hochschule der Künste und Schulmuseum Mühlebach, 9–13. Zürich: Lehrmittelverlag Zürich.
- Unity Technologies. 2022. «Unity». <https://unity.com/>.
- Wettstein, Stefan. 2020. «Handwerklich und digital. Grundsätzlicher Wandel der Fächer Technisches und Textiles Gestalten». *Werkspuren 2/2020* (158): 34–7.
- Wyss, Corinne, Florian Furrer, Adrian Degonda, und Wolfgang Bühler. 2022. «Augmented Reality in der Hochschullehre: Überlegungen zu einer zukunftsweisenden Ausbildung von Lehrpersonen». *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». *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>.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Virtual Reality im modernen Englischunterricht und das Potenzial für Inter- und Transkulturelles Lernen

Eine Pilotstudie

Rebecca Hein¹ , Jeanine Steinbock¹ , Maria Eisenmann¹ ,
Marc Erich Latoschik¹  und Carolin Wienrich¹ 

¹ Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Zusammenfassung

Dieser Beitrag präsentiert die Ergebnisse des Seminarkonzepts und der durchgeführten Begleitforschung zum inter- und transkulturellen Lernen in Virtual Reality (VR). Im Rahmen eines Universitätsseminars entwarfen TEFL-Studierende (Teaching English as a Foreign Language) Unterrichtsstunden für fortgeschrittene Lernende des Faches Englisch der gymnasialen Oberstufe, die sich mit der Entwicklung von Empathie und der Fähigkeit zur Perspektivübernahme in interkulturellen Kommunikations- und Austauschsituationen befassten. Der Fokus des Konzepts lag dabei auf dem Verständnis und der Annahme kultureller Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Hier werden beispielhaft zwei der erstellten Unterrichtsentwürfe für VR Interventionen vorgestellt und diskutiert. Begleitend zum Seminar wurden empirische Daten erhoben. Zum einen wurde das Potenzial des InteractionSuitcase (eine Sammlung virtueller Objekte) von den Studierenden bewertet. Zum anderen wurde explorativ eine qualitative Methode zur Messung interkultureller Kompetenz (Autobiography of Intercultural Encounters) getestet. Die Ergebnisse dieser explorativen Pilotstudie zeigen, dass die Interaktion mit dem InteractionSuitcase von den Studierenden als intuitiv und gewinnbringend für die Konzeption von Unterrichtskonzepten bewertet wurde. Dennoch integrierten die Studierenden die Manipulation der virtuellen Avatare häufiger im Gegensatz zum InteractionSuitcase in die Unterrichtskonzepte. Der Beitrag verfolgt das Ziel, das Potenzial von VR für inter- und transkulturelles Lernen im gymnasialen Englischunterricht zu identifizieren.

Virtual Reality in the Modern English Classroom and the Potential for Intercultural and Transcultural Learning. A Pilot Study

Abstract

This paper presents the results of the seminar concept and the accompanying research conducted on inter- and transcultural learning in Virtual Reality (VR). As part of a university seminar, TEFL (Teaching English as a Foreign Language) students designed lessons for advanced learners of high school English that focused on the development of empathy and the ability to assimilate perspective in intercultural communication and exchange situations. The concept's focus was on understanding and accepting cultural similarities and differences. Here, two created lesson plans for VR interventions are presented and discussed as examples. Empirical data were collected to accompany the seminar. First, the students evaluated the potential of the InteractionSuitcase (a collection of virtual objects). Second, a qualitative method for measuring intercultural competence (Autobiography of Intercultural Encounters) was exploratively tested. The results of this exploratory pilot study show that the students evaluated the interaction with the InteractionSuitcase as intuitive and profitable for the design of teaching concepts. Nevertheless, students integrated the manipulation of virtual avatars into instructional concepts more frequently in contrast to the InteractionSuitcase. This paper aims to identify the potential of VR for intercultural and transcultural learning in high school English classes.

1. Motivation und Zielsetzung

Inter- und transkulturelles Lernen wird sowohl im Fachlehrplan für das Fach Englisch der gymnasialen Oberstufe (ISB 2022, o. S.), den Bildungsstandards (KMK 2012, 19) als auch in Veröffentlichungen der europäischen Bildungspolitik als Teil des *lifelong learning* betont (Official Journal of the European Union 2018). Gemäss diesen Richtlinien ist es wichtig, eine offene Haltung gegenüber der Vielfalt kultureller Ausdrucksformen einzunehmen und diese zu respektieren. Zu einer positiven Einstellung gehören die Neugier auf die Welt, Offenheit und die Bereitschaft, an kulturellen Erfahrungen teilzunehmen. Die europäische Kommission bezieht sich in ihrer Stellungnahme auf die UN-Resolution zur nachhaltigen Gesellschaftsentwicklung mit dem Titel «Transforming our world». Im Kontext der 17 «sustainable development goals», beschreibt das Ziel der «quality education», welches explizit auf die Aspekte «inclusive and equitable education» sowie «lifelong learning opportunities» (United Nations o. J., o. S.) gerichtet ist, die Aufgabe der Schulbildung, sicherzustellen, dass alle Lernenden die Kenntnisse und Fähigkeiten erwerben, die zur Förderung eines lebenslangen Kompetenzaufbaus erforderlich sind:

«[...] to ensure that all learners acquire the knowledge and skills needed to promote sustainable development, including, among others, through education for sustainable development and sustainable lifestyles, human rights, [...], promotion of a culture of peace and non-violence, global citizenship and appreciation of cultural diversity and of culture's contribution to sustainable development.» (Official Journal of the European Union 2018, 3)

Diese Richtlinien wurden von der Kultusministerkonferenz (2012) übernommen und finden sich in den entsprechenden Fachlehrplänen wieder. Im Fachlehrplan Englisch für die gymnasiale Oberstufe in Bayern, und damit verbindlich für die Zielgruppe des Forschungsvorhabens, finden sich nachfolgende Forderungen an Lehrpersonen. So sollen Schüler:innen neben landeskundlichem Faktenwissen und dem Wissen über aktuelle gesellschaftspolitische Ereignisse Fähigkeiten erwerben, um in verschiedenen, ggf. auch digitalen Kommunikationssituationen flexibel und sprachlich-kulturell angemessen zu agieren, Missverständnisse zu klären und ihr eigenes interkulturelles Handeln bewusst mit Toleranz und Empathie zu gestalten (ISB 2022, o. S.). Aufgabe des modernen Englischunterrichts ist, den Fokus auf Aspekte wie Menschenrechtserziehung und Völkerverständigung zu legen und Aspekte wie bspw. (strukturellen) Rassismus als kritischen Unterrichtsgegenstand zu deklarieren (Römhild und Matz 2021, 3). Für den damit einhergehenden Aufbau von Empathie und den Abbau von Vorurteilen vielversprechend, jedoch im Unterrichtsalltag schwer umsetzbar, sind authentische Kommunikationssituationen (Vogt 2016). Eine Meta-Analyse, die verschiedene Interventionen untersuchte, ergab, dass Austauschprogramme im Vergleich zu pädagogischen Interventionen mit Studierenden interkulturelle Kompetenz stärker fördern (Zhang und Zhou 2019). Austauschprogramme sind jedoch sehr zeit- und kostenintensiv. Die besondere Situation der globalen Ausbreitung von Covid-19 machte solche Programme zuletzt noch schwerer umsetzbar.

Virtual Reality (VR) stellt einen progressiven und innovativen Zugang zum Erreichen dieser Forderungen dar. Das Eintauchen in eine konkrete Situation kann mittels VR derzeit bestmöglich reproduzierbar und authentisch erlebbar gemacht werden (Tarantini 2021, 5). Insbesondere Social VR-Anwendungen haben den entscheidenden Vorteil, dass Menschen in VR miteinander in Kontakt treten können, ohne sich physisch am selben Ort zu befinden. Im Gegensatz zu analogen Formaten bietet Social VR als Distanzformat neue Räume, in denen immersive kulturelle Begegnungen auf der Basis von zeitlich und räumlich unabhängiger Kommunikation und greifbarer Kollaboration stattfinden können (Wienrich, Döllinger, und Hein 2021). Bezugnehmend auf den ersten Teil dieses Beitrages (Steinbock et al. 2022) besteht unser Forschungsinteresse nach wie vor aus drei Forschungsfragen:

1. Wie kann man VR im Kontext von inter- und transkulturellen Lernprozessen gewinnbringend im Englischunterricht einsetzen?
 - a. mit Fokus auf virtuelle Objekte (VO)
 - b. mit Fokus auf Selbst- und Fremdverkörperung (Avatare)
2. Wie sollte eine Unterrichtseinheit an einem konkreten Beispiel 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?

2. Theoretischer Hintergrund

Byrams Modell der *Intercultural Communicative Competence* (1997) dient noch heute als Grundlage für den modernen Fremdsprachenunterricht und der Vermittlung interkultureller Kompetenzen. Byram entwirft ein Kompetenzgefüge, welches sich durch *knowledge*, *skills* und *attitudes* auszeichnet, die Lernende zu interkultureller Verständigung befähigen und sie im Sinne einer Vermittlung dieser Kompetenzen ethnozentrische Sichtweisen überwinden und ethnorelative Standpunkte einnehmen lässt (vgl. Byram 1997). Dieser Ansatz geht tendenziell von einem Konzept homogener Kulturen oder Nationalstaaten aus, die als in sich geschlossene, getrennte Einheiten existieren (Delanoy 2017, 158). In der Forschungsdiskussion der modernen Fremdsprachendidaktik verschob sich der Fokus allerdings zunehmend zu einem Kulturbegriff, der das Konzept homogener Kulturgefüge hinterfragt und Transkulturalität und kulturelle Hybridität in den Fokus stellt (Volkman 2014, 39; Eisenmann 2015, 221). Delanoy (2017 158) beschreibt Transkulturalität wie folgt:

«[T]ransculturality implies internal diversity, permeable borders, cultural blending and manifold cross-cultural connections.»

Es handelt sich hierbei keineswegs um einen Bruch mit den gängigen Modellen interkulturellen Lernens, sondern um deren Erweiterung. Dies zeigt auch das integrative Modell Eisenmanns (2015, 222–3), welches sowohl die kommunikative Grundkompetenz als auch inter- und transkulturelle Kompetenzen als Lernkontinuum zusammenfasst. Eisenmann (ebd.) betont, beim Aufbau inter- und transkultureller Kompetenzen handele es sich nicht um klar voneinander abtrennbare Phasen, sondern Überschneidungen und parallel ablaufende Lernprozesse seien vielmehr wahrscheinlich. So kann inter- und transkulturelles Lernen gleichzeitig mit oder sogar vor landeskundlichem Lernen stattfinden (ebd.). Das entwickelte Seminar greift die Fortführung der Diskussion um die Vermittlung inter- und transkultureller Kompetenzen im modernen Englischunterricht auf und legt inhaltlich den Schwerpunkt auf die Forderung nach einem «rassismuskritischen Fremdsprachenunterricht»

(Römhild und Matz 2021). Dieser begründet sich in der Notwendigkeit, die in den Fachlehrplänen und Bildungsstandards nach wie vor stark präsenze kulturelle Abgrenzung nicht länger Gegenstand des Kompetenzaufbaus sein zu lassen. So ist für Römhild und Matz (2021, 5) eine interkulturelle Perspektive und damit eine Abgrenzung in «eigen» und «fremd» stets eine Bewertung, da eine scheinbare Über- und Unterordnung impliziert wird. Sie bemängeln ausserdem eine starke Betonung, Ereignisse und Entwicklungen aus einer Aussenperspektive zu analysieren und zu kommentieren. In einem Resümee fordern sie daher einen Lernansatz, der einen Perspektivenwechsel über Menschenrechtserziehung und Lebensweltbezüge und damit für Schüler:innen persönlich bedeutende Situationen ermöglicht. Ziel war es daher, Einblicke zu erhalten, wie Englischstudierende für das Lehramt an Gymnasien das Potenzial von VR in Bezug auf den Aufbau von Empathie und die Fähigkeit zur Perspektivübernahme in für Schüler:innen bedeutungsvollen Interaktions- und Kommunikationssituationen bewerten und wie sie dies unterrichtlich umsetzen.

Inter- und transkulturelle Kompetenz kann als mehrdimensionales Konstrukt bezeichnet werden, welches aus drei miteinander verbundenen Aspekten besteht: interkulturelle Sensibilität (affektiver Aspekt), interkulturelles Bewusstsein (kognitiver Aspekt) und interkulturelle Gewandtheit (verhaltensbezogener Aspekt) (Chen und Starosta 2000). Es gibt bereits einige immersive Anwendungen, die im Fremdsprachenunterricht eingesetzt wurden. Interkulturelle Kompetenz wird dabei nur selten untersucht. In einem systematischen Literaturreview von Hein, Wienrich und Latoschik (2021a), in dem 54 Artikel analysiert wurden, masen nur fünf davon Interkulturelle (Kommunikations)Kompetenz. Am häufigsten untersucht wurden kognitive Kompetenzen wie Sprachfertigkeit und Wortschatz mithilfe von Augmented Reality (AR) und das Sprechen mittels VR (Hein et al. 2021a; Altun und Lee 2020). Jedoch wird VR gerade im affektiven und konativen Kompetenzbereich grosses Potenzial zugesprochen. Schon oft wurde VR als «Empathie Maschine» bezeichnet (Milk 2015; Barbot und Kaufman 2020). Im pädagogischen Feld sind Untersuchungen auf affektiver und konativer Ebene in Verbindung mit VR jedoch unterrepräsentiert (Hamilton et al. 2020; Hein et al. 2021a). Die empirische Messung interkultureller Kompetenz wird in der modernen Fremdsprachenforschung in Bezug auf die Bewertung affektiver und konativer Kompetenzen sehr kritisch diskutiert (Fantini 2009; Raith 2010). Im erweiterten Diskurs der modernen Fremdsprachenforschung über die Messbarkeit von interkultureller Kompetenz besteht weitgehend Konsens über den Einsatz mehrerer Testinstrumente wie psychometrischer Tests, Portfolios, Selbstreflexionen, Tagebücher und autobiografischer Texte, um Inter- und Transkulturalität in ihrer Komplexität gerecht zu werden (vgl. Vogt 2016, 84). Für die schulische Leistungsmessung schlägt Vogt (2016, 86–7) einen Aufgabenkatalog vor, der folgende, speziell für ein VR-Setting, vielversprechende Aspekte vorsieht:

- «Aufgaben zur Relativierung der eigenen Wahrnehmung
- [...]
- Simulationen, z. B. inszenierte Diskussionen zu Themen mit hohem interkulturellem Konfliktpotenzial
- Medial vermittelte Begegnungssituationen mit Zielsprachensprechern (z. B. Klassenkorrespondenz, E-Mail-Kontakte, Skype Chats, Videokonferenzen)
- Reale Begegnungssituationen mit Zielsprachensprechern, ggf. mit Aufgaben zur Reflexion der Situation (narrativ-reflexive Lerntexte wie *logs*, *diaries*).
- Portfolios zur Darlegung und Reflexion von kulturellen Erfahrungen».

Im Kontext der gebräuchlichen Modelle zur Beschreibung inter- und transkultureller Kompetenz werden Messinstrumente zur Erfassung dieser Kompetenzstrukturen vorgeschlagen, die einzelne Modellkomponenten eingliedern oder Modelle umfassend abdecken. So schlagen Hammer et al. (2003) begleitend zu Milton Bennetts Skala interkultureller Sensibilität ein Interview vor, in dem kulturell geprägte Einstellungen erfragt werden. Eine Frage lautet bspw. «Do you think there is much cultural difference around here?». Ein weiter ausdifferenzierter Fragebogen findet sich in der «Autobiography of Intercultural Encounters» (Council of Europe o. J.), welche stark an Michael Byrams Modell der *Intercultural Communicative Competence* (1997) orientiert ist und kognitive, konative und affektive Faktoren adressiert wie beispielsweise «Ambiguitätstoleranz», «Respekt vor dem Anderssein», «Empathie» oder «Handlungsorientierung».

«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» (Steinbock et al. 2022, 261).

Auch die VR-Forschung adressiert den Bereich von Empathie und Affekt. Es gibt unterschiedliche Eigenschaften einer immersiven virtuellen Umgebung (IVE), die einen Einfluss auf unsere Gefühle, Einstellungen und auch unser Verhalten haben können (Wienrich et al. 2021). Daher fokussieren wir uns bei unserer ersten Forschungsfrage zum einen auf 1.a, die Wirkung der VO, indem wir den *InteractionSuitcase* evaluieren, und zum anderen auf 1.b die Selbst- und Fremdverkörperung mithilfe adjustierbarer Avatare.

Der *InteractionSuitcase* ist die metaphorische Bezeichnung für eine Sammlung virtueller Objekte, die entweder in einem pädagogischen oder wissenschaftlichen Kontext unter kontrollierten Bedingungen oder für inter- und transkulturelle Begegnungen über (soziale) VR genutzt werden können (Hein et al. 2021b). VO können als Vermittler von inter- und transkulturellen Begegnungen oder als behaviorales Mass

für VR Interventionen von Forschenden, Lehrenden und Lernenden gleichermaßen genutzt werden. Im Kontext des inter- und transkulturellen Lernens im Englischunterricht sind Assoziationen und Konnotationen zu VO von Interesse (Hein et al. 2021a, 2021b). So können stark kontextspezifisch stereotype Abbildungen Verallgemeinerungen, d. h. sozialen Gruppen lediglich aufgrund ihrer Gruppenzugehörigkeit attribuierte Merkmale (Haß 2020, 88), hervorrufen und zu *critical incidents* führen, was eine kritisch reflexive Begleitung der Interaktion mit diesen VO bedingt. Die Ergänzung oder Erklärung komplexer Informationen kann die Informationsverarbeitung erleichtern. Veränderbare VO können die präsentierten Informationen zusätzlich zu den Lern- und Reflexionsprozessen unterstützen (Wienrich et al. 2021).

Die Forschung mit Avataren ist indes bereits deutlich umfangreicher (Ratan et al. 2020; Praetorius und Görlich 2021) als die zu VO. Erfahrungen eines Perspektivwechsels können mittels der Immersivität von VR und der dadurch erfahrenen Präsenz initiiert werden (Wienrich et al. 2021; Barbot und Kaufman 2020; Foerster et al. 2021). Dabei spielt die Verkörperung in VR eine entscheidende Rolle. Die Erfahrung, einen Körper zu kontrollieren und sich diesen selbst zuzuschreiben, zählt zu den stärksten Prädiktoren für Empathieänderungen (Barbot und Kaufman 2020).

Wie bereits erwähnt, wollen wir mit dem durchgeführten Seminar Einblicke erhalten, wie Englischstudierende das Potenzial von VR bewerten und unterrichtlich umsetzen. Der Fokus liegt hierbei auf den verwendeten virtuellen Werkzeugen, also den veränderbaren Avataren und dem *InteractionSuitcase*. Explorativ soll dabei die «Autobiography of Intercultural Encounters» zur Messung der interkulturellen Kompetenz der Studierenden eingesetzt werden.

3. Methode

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde der inhaltliche Aufbau des Seminars mit den Hard- und Softwarebestimmungen sowie den durchzuführenden Begleiterhebungen abgestimmt.

3.1 Seminarablauf

Das Seminar wurde als Blockveranstaltung im Wintersemester 2021/22 angeboten und fand an sechs Terminen von Oktober bis Dezember als Präsenzveranstaltung statt. Alle Teilnehmenden (N=5) befanden sich im fünften Semester des Lehramtsstudiums für das Fach Englisch an Gymnasien (vier Teilnehmende in der Fächerkombination mit Geografie, ein Teilnehmender in der Fächerkombination mit Sozialkunde) und absolvierten den Kurs als Aufbaukurs, dessen Basis der Einführungskurs in die Fachdidaktik Englisch ist. Inhaltlich gliederte sich das Seminar in eine Theoriephase, in der die Teilnehmenden in den Forschungsdiskurs um die Vermittlung

inter- und transkultureller Kompetenzen, der Arbeit mit digitalen Werkzeugen und den Chancen und Grenzen von VR eingeführt wurden. Anschliessend hatten die Studierenden an zwei vollen Tagen die Möglichkeit, die VR-Umgebung ViLeArn (Latoschik et al. 2017) zu erfahren und theoretische Inhalte mit praktischen Ideen zu verbinden, um eine entsprechende VR-Intervention zu entwerfen, für die sie die Möglichkeiten der vorhandenen VR-Umgebung nutzten. Abschliessend stellten die Studierenden ihre Unterrichtsentwürfe den anderen Teilnehmenden vor, die dazu als Proband:innen fungierten. Nach der Vorstellung der Unterrichtsbeiträge fand eine letzte Begleiterhebung statt (siehe Abbildung 1).

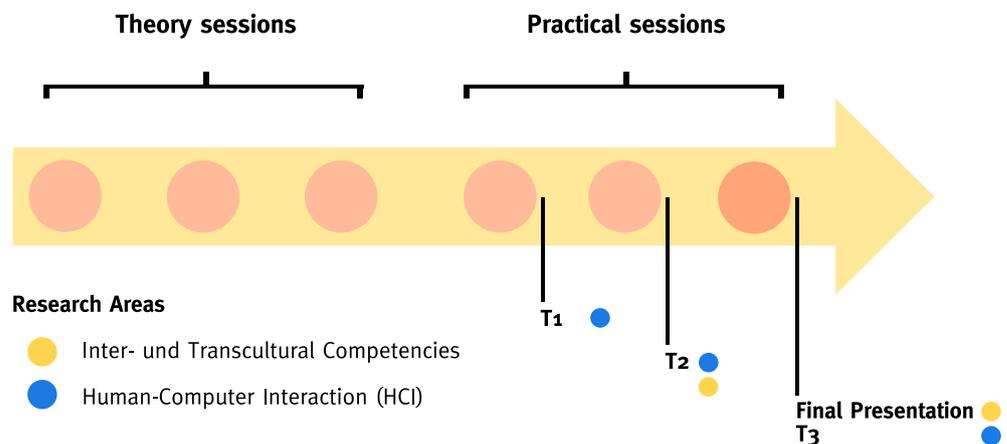


Abb. 1: Diese Abbildung zeigt den zeitlichen Ablauf des Seminars und die Messzeitpunkte der Begleiterhebung, sowie den jeweiligen Forschungsfokus (vgl. Steinbock et al. 2022).

3.2 Soft- und Hardware

Für die Durchführung des Seminars in VR kam die Social VR-Anwendung *ViLeArn* zum Einsatz (Latoschik et al. 2019). Zur Nutzung der Anwendung wird ein VR-fähiger Laptop und eine VR-Brille benötigt. Für das Seminar wurde die Oculus Rift S (Meta o. J.) verwendet.

Die *ViLeArn* Anwendung hat verschiedene Features, die von den Studierenden für ihre Konzepte genutzt werden konnten. Nach dem Starten der Anwendung haben Nutzende die Möglichkeit, aus zehn stilisierten Avataren auszuwählen. Teilnehmende können diese individuell gestalten im Hinblick auf Namen, Phänotyp, Haarfarbe, Hautfarbe und Kleidungsfarbe. Die Auswahl und Anpassung der Avatare erfolgten über den Desktop. Nach Erstellen des Avatars gelangt man über den Button «Starte Anwendung» zu einem Tutorial in VR. Jede und jeder Teilnehmende hat ein virtuelles Tablet, mit welchem sie oder er Zugriff auf Browser hat sowie die Möglichkeit, Räume zu wechseln und den *InteractionSuitcase* aufzurufen. Der *InteractionSuitcase* ist eine Metapher für eine Sammlung an VO, welche mithilfe einer Kontextanalyse

identifiziert und unter anderem in Bezug auf stereotype Wirkung und Bekanntheit untersucht wurden. Dabei handelt es sich vorrangig um Objekte, die als Stereotyp für den Anglo-Amerikanischen, den Britischen und den deutschsprachigen Raum einzusortieren sind (Hein et al. 2021b). Jedem virtuellen Tablet wurde pro Gruppe ein Link zu der Kollaborationsplattform *Notion* (Notion o. J.) hinterlegt. Das Notion-Board konnte von allen Teilnehmenden parallel am Laptop bearbeitet und via VR präsentiert werden. Zusätzlich konnten mithilfe des virtuellen Tablets Sprachmemos und Screenshots aufgenommen und die Ansicht auf grossen Leinwänden im virtuellen Klassenzimmer geteilt werden.

3.3 Messinstrumente und Hypothesen

Die seminarbegleitende empirische Forschung unterteilte sich in zwei Bereiche (siehe Abbildung 1), die zum einen die Wahrnehmung des *InteractionSuitcase* (HCI-Perspektive), zum anderen die Messung interkultureller Kompetenz – als ausgewählten ersten explorativen Ansatz – fokussierte. Für Letzteres soll die bereits erwähnte «Autobiography of Intercultural Encounters» zur Messung der interkulturellen Kompetenz der Studierenden eingesetzt werden. Die Berichte der Studierenden wurden mit dem Tool LIWC einer quantitativen Textanalyse unterzogen (vgl. Tausczik und Pennebaker 2010; Hai-Jew 2016).

Für die Evaluation des *InteractionSuitcase*, wurden den Studierenden zwei halb-offene Fragen in Bezug auf die Wahrnehmung der Objektsammlung gestellt:

«Für was könnten die VO des *InteractionSuitcase* im Fremdsprachenunterricht förderlich sein? (a) Sie können Initiatoren und Vermittler für Unterhaltungen und inter- und transkulturelle Begegnungen sein. (b) Sie stossen kritische Auseinandersetzungen mit stereotypen Denkmustern an. (c) Mithilfe der VO können Sprachbarrieren überbrückt werden. (d) Mithilfe der VO können Vokabeln gelernt werden. (e) Sie regen die Kreativität an. (f) Die VO können etwas anderes fördern, nämlich ...»

«Denken Sie an Ihre Interaktion mit dem *InteractionSuitcase*: Inwieweit erfüllt die Interaktion die folgenden Absichten. Die Interaktion erfüllt mein Streben (a) nach Nähe und Verbundenheit; (b) nach Wertschätzung; (c) nach Vertrautheit; (d) nach kooperativer Zusammenarbeit.»

Durch den explorativen Seminaransatz, der den Studierenden grösstmögliche Freiheiten in der Wahl der VR-Werkzeuge sowie der Nutzung von VR in der Unterrichtssequenz einräumte, können zudem Rückschlüsse auf das zugesprochene Potenzial der verschiedenen Werkzeuge vorgenommen werden. Einen weiteren qualitativen Forschungsbeitrag stellt die Vorstellung der Unterrichtsbeiträge dar, die in

diesem Beitrag auszugsweise anhand von Beobachtungen eingebracht werden. Im Zuge einer teilnehmenden offenen Beobachtung wurden die Unterrichtsideen der Seminarteilnehmenden protokolliert und zwei exemplarische Beispiele ausgewählt (vgl. Bachmann 2009). Die Unterrichtsideen konzentrierten sich dabei auf die Vorgaben des Fachlehrplans für die gymnasiale Oberstufe in Bayern (vgl. ISB 2022, o. S.). In Bezug auf die konkreten inter- und transkulturellen Kompetenzlernziele ihres Unterrichtsbeispiels waren die Studierenden in ihrer Wahl frei.

Gestützt durch eine breitere Forschung im Bereich der Avatare gehen wir davon aus, dass die Studierenden das Potenzial virtueller Verkörperung im Vergleich zu virtuellen Objekten höher einschätzen und diese Option häufiger in ihre Konzepte einarbeiten als VO (Hypothese 1). Dennoch erachten wir die VO als äusserst gewinnbringend für das Ausloten kultureller Gemeinsamkeiten und Unterschiede und erwarten, dass der *InteractionSuitcase* ebenfalls eingesetzt wird. Wir möchten hier mithilfe von offenen Fragen ein erstes Stimmungsbild zum Einsatz des *InteractionSuitcase* skizzieren und erwarten, dass die Studierenden dessen Potenzial als Initiator für Kommunikation erkennen (Hypothese 2).

4. Ergebnisse

4.1 Entwickelte Unterrichtskonzepte

Ziel des Blockseminars war es, Studierende VR-Lehr/Lernszenarien entwerfen zu lassen, die den Aufbau von inter- und transkulturellen Kompetenzen und damit einhergehend den Abbau von Stereotypen und Vorurteilen initiierten. Im Folgenden werden zwei Unterrichtsbeispiele vorgestellt, die anhand der bereits zuvor vorgestellten Methodenlandkarte beschrieben werden (siehe Abbildung 2, vgl. Steinbock et al. 2022). Die Beispiele verwenden jeweils eine eigene, kontextbezogene Methodik und werden auf Basis der angefertigten Beobachtungsprotokolle im Folgenden vorgestellt.

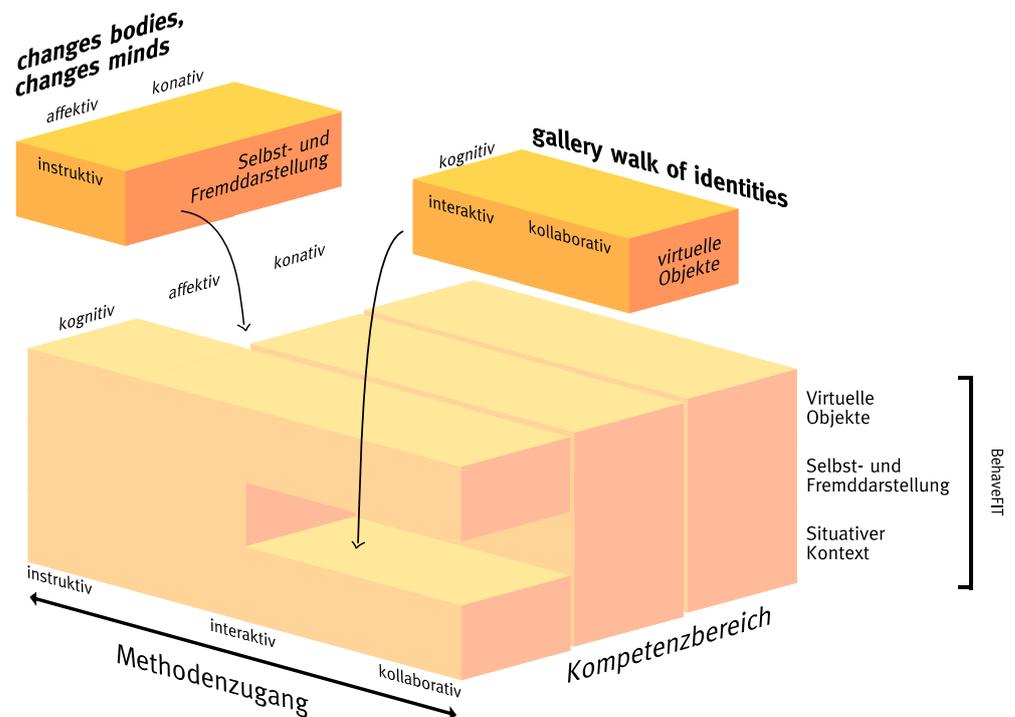


Abb. 2: Methodenlandkarte für VR-Interventionen in Anlehnung an Bolten (Bolten 2016). Die y-Achse beschreibt die zu manipulierenden VR-Elemente nach dem BehaveFIT (Wienrich et al. 2021). Zwei Unterrichtsbeiträge wurden in das Modell einsortiert.

Die Abbildung zeigt, wie Konzepte systematisch einsortiert werden können. Zum einen wird festgelegt, welche VR-Komponente manipuliert wird. In unserem Beispiel konnten die Studierenden die Virtuellen Objekte (*InteractionSuitcase*) oder die Selbst- und Fremddarstellung (Avatare) verändern. Wie schon zuvor beschrieben, hat interkulturelle Kompetenz eine kognitive, affektive und konative Ebene (Chen und Starosta 2000). Das Konzept kann hier in Bezug auf den Kompetenzbereich einsortiert werden. Des Weiteren kann der Methodenzugang definiert werden (instruktiv, interaktiv, kollaborativ).

4.2 *Changing bodies changes minds*

In diesem Unterrichtsbeispiel, das in Anlehnung an den von Maister et al. (2015) veröffentlichten Aufsatz benannt wurde, ist das Konzept der Studierenden, die dieses Unterrichtsbeispiel entwarfen, dass Lernende in einem VR-Setting Erfahrungen mit Stereotypisierung machen und über diese Erfahrungen anschliessend reflektieren. Ziel der Unterrichtssequenz ist die Bewusstmachung von Ausgrenzungsmechanismen und die Reflexion darüber, wie man Vorurteilen entgegenzutreten kann.

Zusätzlich beinhaltete der Unterrichtsvorschlag durch eine Gegenüberstellung von tasks ausser- und innerhalb von VR einen Metareflexionsansatz, der den Teilnehmenden ermöglichte, die Wirkungsweise von VR zu rekapitulieren.

Grundlage des Beispiels war der TED-Talk «The Danger of a Single Story» von Chimamanda Adichie (2009), in dem diese ihre Erfahrungen mit den ihr in den USA begegneten stark stereotypisierenden Ansichten über ihr Geburtsland Nigeria teilte. Den Teilnehmenden wurde ein Ausschnitt dieses Textes als Arbeitsblatt ausgeteilt und sie sollten folgende Reflexionsaufgaben bearbeiten:

- How do you feel while reading this text?
- What were your thoughts while reading this text?
- In what way can you understand the points of view expressed in the text?
- In what way can you relate to the points of view expressed in the text?

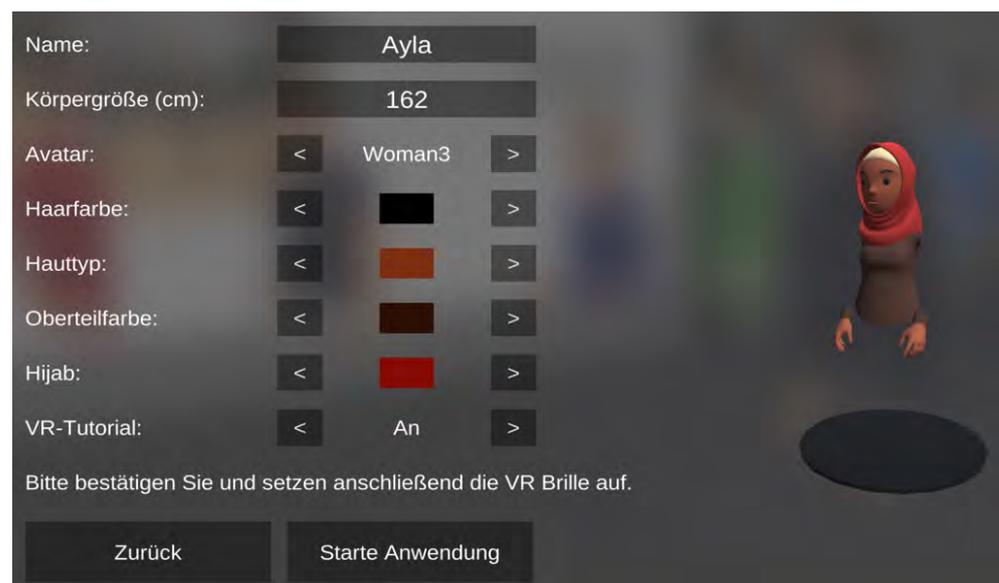


Abb. 3: Hier ist die Desktop-Lobby der Social VR-Anwendung zu sehen, über welche die Studierenden ihren Avatar erstellen konnten. Hier wurde der Hijab tragende Avatar aus dem Beispiel erstellt.

In einer anschliessenden Plenumsreflexion sammelten die verantwortlichen Studierenden die Eindrücke der Teilnehmenden, bevor die Studierenden zur VR-Intervention überleiteten. Die Studierenden erklärten den Teilnehmenden, dass nun eine Übung in VR folge, bei der sie sich gemäss den folgenden Instruktionen im VR-Raum einloggen und sich ihren Rollen entsprechend verhalten sollten. Die Teilnehmenden erhielten daraufhin Rollenkarten, auf denen Avatar-Settings beschrieben wurden. Beispielhaft las sich eine Rollenkarte eines weiblichen Hijab tragenden Avatars wie in Abbildung 3 gezeigt.

Nachdem sich alle Avatare im VR-Raum eingefunden hatten, wurden die Teilnehmenden mittels Präsentation in die Übung eingewiesen. Hier teilten die Studierenden den Teilnehmenden mit, dass sie nun Fragen zu ihren persönlichen Eigenschaften gestellt bekämen. Ihre Aufgabe sei es, auf den Avatar zu zeigen, auf den die erfragte Eigenschaft am ehesten zutrefe. Es sei ihnen während der gesamten Übung nicht gestattet zu sprechen, wohl aber, die Antwort zu verweigern und nicht auf einen Avatar zu zeigen, die Interaktion erfolgte daher rein nonverbal. Den Teilnehmenden, d. h. den anderen am Seminar teilnehmenden Studierenden, wurden daraufhin folgende Fragen gestellt (in Auszügen):

- Who is the most educated person in this room?
- Who is the most criminal person in this room?
- Who is the wealthiest person in this room?
- Who is the most uneducated person in this room?

Die Teilnehmenden reagierten sehr schnell auf die Fragen und zeigten umgehend auf einen der Avatare. Obwohl zuvor ausdrücklich gestattet, enthielt sich von den Teilnehmenden niemand der Antwort. Bei der ersten Frage zeigten die Teilnehmenden auf weisse männliche Avatare, bei der zweiten Frage auf schwarze männliche Avatare. Bei der dritten Frage zeigten die Teilnehmenden wahlweise auf weisse männliche oder weisse weibliche Avatare, bei der vierten Frage auf den weiblichen Hijab tragenden Avatar, welcher sich wiederum für einen schwarzen männlichen Avatar entschied. Nach Beendigung der Übung wurde an die Teilnehmenden ein weiteres Arbeitsblatt ausgeteilt, auf dem sie über die VR-Aufgabe reflektieren sollten. Die Reflexionsaufgaben lauteten:

- What were your thoughts while taking part in this task?
- Did you think about other people's feelings during the exercise?
- Can you understand the behavior of other avatars?
- Pick one question: Explain why you pointed at a specific avatar.
- Do you think this task will stay in your mind after the end of the session? Explain why.

Auch hier schloss sich eine Plenumsdiskussion an, in der die Proband:innen ausserhalb von VR über ihre Erfahrung reflektierten. Hier sprachen sie – im Gegensatz zur vorangegangenen, textbasierten Reflexion, in der sie meist Vermutungen äusserten («Ich glaube, dass sie sich verletzt gefühlt hat.») – fast ausschliesslich mit dem Personalpronomen «Ich». Die Proband:innen, die Schwarze Avatare verkörpern, sprachen von einer körperlichen Erfahrung, ein Proband äusserte, er habe sich ausgegrenzt gefühlt und dies habe sich «im Magen ganz schlecht» angefühlt. Als die Proband:innen von den verantwortlichen Studierenden darauf angesprochen wurden, warum sie die Antwort nicht verweigert hätten, zeigten sich diese erstaunt über

ihr Verhalten und konnten es nicht erklären. Ein Proband äusserte, er habe «da überhaupt nicht mehr dran gedacht». Die verantwortlichen Studierenden nahmen dies zum Anlass, in die Metareflexion über die Wirkungsweisen von VR einzusteigen. Ein zentrales Ergebnis dieser Diskussion war die von den Teilnehmenden wahrgenommene Nähe zum Thema Stereotype und Vorurteile, dem sie zuvor mit Distanz begegnet waren. Demgegenüber merkten sie eine zuvor durch den Text hervorgerufene starke Aussenperspektive an (vgl. Römhild und Matz 2021, 5). Zu betonen ist bei dieser Unterrichtssequenz die Funktion der virtuellen Umgebung als geschützter Raum zur Reflexion über eigene Vorurteile und ausgrenzende Ansichten. Die Intervention bot den Teilnehmenden durch die anonyme Durchführung einen sicheren Raum, in dem sie über ihr Verhalten reflektieren konnten und selbst die Wahl hatten, ob sie ihre Gedanken in die anschließende Plenumsdiskussion tragen. Die VR-Umgebung schuf einen *safe space*, den beispielsweise ein vor den Augen anderer Teilnehmender aufgeführtes Rollenspiel nicht bieten könnte. Allerdings muss ebenso kritisch betrachtet werden, dass beim Einsatz von Stereotypen in interkulturellen Trainings die Gefahr besteht, das Gegenteil zu erreichen und abgrenzende Ansichten eher zu festigen als diese aufzubrechen und abzubauen (Haß 2020, 211). Es gilt ausserdem, darüber hinaus zu betonen, dass Aspekte wie eine Sensibilisierung durch die Seminarinhalte zu veränderten Reaktionen der Studierenden geführt haben könnten. So stellt sich etwa die Frage, ob Studierende bewusst stereotype Denkmuster reproduzierten, um dem vermeintlichen Ziel der Unterrichtseinheit zu entsprechen oder ob die vermittelten Seminarinhalte zu Inter- und Transkulturalität tatsächlich gar keinen Effekt auf Handlungsmuster hatten.

Neben dieser Intervention, die auf die Wirkungsweisen der Avatare konzentriert war, zeigte ein anderes Beispiel den Einsatz des *InteractionSuitcase* und die Arbeit mit virtuellen Objekten als Initiatoren von Kommunikationsprozessen.

4.3 *A gallery walk of (cultural) identity*

Bei der von den Studierenden für dieses Unterrichtsbeispiel verwendeten Methode des *gallery walk* handelt es sich um eine produktorientierte, kooperative Lernform, bei der der Klassenraum als Ort einer Ausstellung von Arbeitsergebnissen fungiert (Klett 2014, 1). Die Lernenden können sich dabei frei im Raum bewegen und die Arbeitsergebnisse ihrer Mitschüler:innen betrachten, Lernende können ausserdem bei ihren Produkten stehen und diese erklären.

Die Studierenden griffen diese Methode auf und verbanden sie mit der Nutzung virtueller Objekte. Ziel der Studierenden war es, Lernende durch Interaktion und Kommunikation in transkulturelle Lernprozesse zu versetzen und damit Gemeinsamkeiten mit Lernenden anderer kultureller Hintergründe zu identifizieren. Die Teilnehmenden erhielten hierfür die Aufgaben, drei Objekte des *InteractionSuitcase*

auszuwählen, die wahlweise ihre Persönlichkeit oder ihre kulturelle Zugehörigkeit repräsentieren, und diese Auswahl im Zuge eines *gallery walks* in VR den anderen Teilnehmenden vorzustellen.

Die innerhalb des Forschungsvorhabens zuvor kritisch diskutierte begrenzte Auswahl an VO erwies sich in diesem Unterrichtsbeispiel als einer der Hauptinitiatoren von Kommunikation. So konnte beispielhaft eine Probandin dabei beobachtet werden, wie sie nach dem Objekt «Flugzeug» suchte, welches sie bei ihrer ersten Betrachtung des *InteractionSuitcase* als eines der Objekte identifiziert hatte, das sie verwenden wollte. Zwischenzeitlich entnahm ein anderer Proband das Objekt und platzierte es vor sich. Nachdem die Probandin das Flugzeug kurz gesucht und bei einem anderen Probanden entdeckt hatte, sprach sie diesen auf das Flugzeug an. Daraus entstand eine Unterhaltung über Reisen. Die beiden Teilnehmenden tauschten sich über Reiseziele bzw. Reisevorlieben aus und kamen über diesen Austausch auch auf andere Objekte, die der Proband vor sich platziert hatte (z. B. die Freiheitsstatue) zu sprechen. Hervorzuheben ist hierbei, dass bereits nach wenigen Minuten Kommunikationsprozesse zwischen den Teilnehmenden abliefen, die durch die Interaktion mit den virtuellen Objekten ausgelöst worden waren.

4.4 Ergebnisse der Begleitforschung

Die Einhaltung der geltenden Hygienevorschriften in Bezug auf den Mindestabstand wirkte sich auf die Zahl der Teilnehmenden aus. Hinzu kamen Studierende, die aus persönlichen oder gesundheitlichen Gründen das Seminar nicht weiter besuchen konnten. So ergab sich, dass fünf Studierende über den gesamten Zeitraum anwesend waren und an allen Erhebungen teilgenommen hatten. Die fünf Studierenden ($N=3$, männlich) waren zum Zeitpunkt der ersten Erhebung im Mittel 21,4 Jahre alt ($SD=0.9$) und ihr höchster Bildungsabschluss war die allgemeine bzw. fachgebundene Hochschulreife. Alle hatten zu Beginn des Seminars keine bzw. sehr wenig Erfahrung mit VR (weniger als eine Stunde).

4.5 Interkulturelle Kompetenz

Die Befragung zum Stand der interkulturellen Kompetenz der Teilnehmenden fand in der letzten regulären Sitzung vor der Präsentation der Unterrichtsbeispiele statt (Abb. 1, MZ2). Die Studierenden wurden im Zuge der «Autobiography of Intercultural Encounters» (Council of Europe o. J.) gebeten, Fragen zu einem von ihnen gewählten Ereignis von kultureller Bedeutung zu beantworten. Es sollte sich dabei um Ereignisse handeln, die die Studierenden aufgrund kultureller Einflüsse in besonders

positiver oder negativer Erinnerung behielten. Hier sollen nun beispielhaft einige Ergebnisse in der für den Gesamtkontext des Forschungsvorhabens bedeutenden Kategorie der Fähigkeit zu Empathie und Perspektivübernahme vorgestellt werden.

Die Auswertung wurde unter anderem mit dem Textanalyse-Tool LIWC (Linguistic Inquiry and Word Count) durchgeführt (LIWC o. J.). Dabei zeigte sich in vier der fünf Texte eine häufigere Verwendung affektiver Ausdrücke (in Prozent: 5,63; 6,09; 7,09; 7,35). In drei Texten kamen überwiegend positive Emotionen zum Ausdruck (4,35; 5,56; 6,28), während ein Text tendenziell negative Emotionen enthielt (3,60). In den am stärksten positiv Ausgeführten spricht eine befragte Person von einer Freundschaft zwischen sich und einem muslimischen Jungen, der vom Kosovo nach Deutschland kam. In dem Text geht die befragte Person auf religiös bedingte unterschiedliche Verhaltensweisen in Bezug auf Essensgewohnheiten und die Einstellung zu Alkohol ein, was sich besonders im späteren Verlauf der Freundschaft bei gemeinsamen Freizeitaktivitäten in Bars und Clubs konstatieren liess. Der/die Befragte berichtet, diese Begegnung sei eine Erfahrung von Unterschieden gewesen:

TN5: «Meeting this friend was my first serious encounter which made me change my actions and be aware of the differences between us.»

Der/die Befragte bringt in seinen/ihren Ausführungen zum Ausdruck, die Erfahrung kultureller Unterschiede als Bereicherung und Aspekt der eigenen Persönlichkeitsentwicklung wahrgenommen zu haben:

TN5: «[...] thinking back into the past and being happy about the fact that we arranged and changed our plans to let him participate without any restrictions.»

Zum Vergleich berichtet eine weitere Person von einem Erlebnis im Kontext der Covid-19-Pandemie, bei dem ihm/ihr Rassismus aufgrund eines verweigerten Handshlags vorgeworfen wurde. Diese/r Teilnehmende drückt stark negative Emotionen aus, die er/sie mit einem Fehlverhalten des Gegenübers begründet. Es finden sich in den Ausführungen Ausdrücke wie «shock» oder «angry». Der/die Befragte zeigt in den Ausführungen kein Verständnis für das Verhalten des Gegenübers und deutet auch in einer abschliessenden Reflexion keinen Ansatz einer Perspektivübernahme im Sinne eines kritischen kulturellen Bewusstseins an.

Es handelt sich beim Einsatz dieses Fragebogens um eine stark vereinfachte und erste explorative Herangehensweise an die Erfassung interkultureller Kompetenz. Das Instrument soll an dieser Stelle lediglich als Ansatz vorgestellt werden. So war es Ziel herauszufinden, inwiefern die Studierenden bereit waren, sich mit diesem Fragebogen auseinanderzusetzen und ob der Fragebogen sich eignet, ggf. in kürzerer Form im zweiten Forschungszyklus eingesetzt zu werden. Aufgrund der recht knappen Antworten der Studierenden (s. o.) ist zu vermuten, dass eine Bearbeitungszeit

von über einer Stunde zu lang sein könnte und nur Teile aus diesem Fragebogen weiterverwendet werden sollten. Da im Forschungsdiskurs der modernen Fremdsprachen die Komplexität der Erfassung interkultureller Kompetenz betont wird (vgl. Raith 2010; Vogt 2016), fließen die Erkenntnisse zum Antwortverhalten der Studierenden in die Weiterentwicklung eines geeigneten Instruments ein.

4.6 HCI-Begleitforschung

Neben der explorativen Evaluation der interkulturellen Kompetenz der Studierenden wurde begleitend Forschung zum Einsatz virtueller Werkzeuge und zur Wahrnehmung des *InteractionSuitcase* in Bezug auf soziale Faktoren vorgenommen. Den Zusammenfassungen der Unterrichtsbeiträge ist zu entnehmen, dass die Studierenden häufiger die Avatare als Werkzeug einsetzten als die VO. Die Studierenden wurden im theoretischen Teil des Seminars über die Forschungshintergründe der HCI unterrichtet. Wie erwartet wurde daher das besser erforschte Werkzeug (Avatare) häufiger (zwei Konzepte) in die Konzepte eingearbeitet als das neu entwickelte Werkzeug, der *InteractionSuitcase* (ein Konzept). Somit können wir die erste Hypothese bestätigen. Im Rahmen der Begleitforschung erhielt der *InteractionSuitcase* aufgrund einer Novität, besondere Beachtung und wurde daher umfangreicher evaluiert als das Werkzeug Avatare.

Die Interaktion mit dem *InteractionSuitcase* wurde in Bezug auf zwischenmenschliche Nähe und Verbundenheit, Wertschätzung, Vertrautheit und kooperative Zusammenarbeit bewertet. Dabei konnten zwischen einem und fünf Sternen vergeben werden. Die Studierenden gaben den Kategorien Nähe und Verbundenheit ($M=2.8$; $SD=1.4$) sowie Wertschätzung ($M=2.7$; $SD=1.2$) über alle drei MZ hinweg die wenigsten Sterne, wobei hier auch die Standardabweichung am höchsten ist. Im Mittel 3.4 Sterne ($SD=0.8$) wurde der Interaktion mit dem *InteractionSuitcase* in Bezug auf Vertrautheit gegeben. Die meisten Sterne erhielt die Interaktion jedoch in Bezug auf die kooperative Zusammenarbeit ($M=4.4$; $SD=0.6$) über alle drei MZ. Bei der Frage «Für was könnten die virtuellen Objekte des *InteractionSuitcase* im Fremdsprachenunterricht förderlich sein?» gaben drei Teilnehmende an, dass die Objekte bei kritischen Auseinandersetzungen helfen könnten. Ab MZ2 waren alle fünf hiervon überzeugt. Die virtuellen Objekte zum Vokabellernen zu nutzen, fanden zu Beginn vier Teilnehmende sinnvoll, nach MZ2 nur noch drei. Mithilfe der Objekte Sprachbarrieren zu überbrücken, konnten sich vier Teilnehmende vorstellen (MZ3).

Alle Teilnehmenden gaben über alle drei Messzeitpunkte (MZ) an, dass der *InteractionSuitcase* und dessen VO Initiatoren und Vermittler für interkulturelle Begegnungen seien und die Kreativität fördern könnten.

Zusammenfassend sind die Ergebnisse zur Wahrnehmung des *InteractionSuitcase* für inter- und transkulturelle Begegnungen via VR sehr vielversprechend. Die Interaktion mit den VO wird mit kooperativer Zusammenarbeit assoziiert. Der virtuelle Werkzeugkoffer hat das Potenzial zur Initiierung und Vermittlung interkultureller Begegnungen und zur Aufklärung von Missverständnissen. Auch wenn es in der praktischen Umsetzung noch Entwicklungspotenzial gibt, wurde das Potenzial der VO von den Studierenden erkannt. Somit können wir unsere zweite Hypothese ebenfalls als bestätigt ansehen.

5. Diskussion und Weiterentwicklung des Seminarkonzepts

Im Rahmen des vorgestellten Seminars wurde Studierenden gezeigt, wie sie theoriegeleitet Unterrichtseinheiten zum Thema «Rassismus» aufbauen und mittels VR inter- und transkulturelle Lernprozesse initiieren können.

Explorativ wurde dabei das Messinstrument «Autobiography of Intercultural Encounters» getestet, um das schwer zu evaluierende Konstrukt interkulturelle Kompetenz zu erfassen. In diesem interdisziplinären Beitrag wurde zusätzlich eine Begleiterhebung aus HCI-Perspektive durchgeführt. Dabei wurde zum einen untersucht, welches Werkzeug (VO oder Avatare) häufiger in die Unterrichtskonzepte der Studierenden eingearbeitet wurde und zum anderen die Wahrnehmung des *InteractionSuitcase* evaluiert. In der theoretischen Ausarbeitung des Forschungsvorhabens und der Forschungsziele wurde das inter- und transkulturelle Lernen in einem VR-Setting als Alternative zu realen Begegnungen, beispielsweise im Zuge eines Schüleraustausches, konzipiert. Wie eingangs erwähnt, haben Social VR-Anwendungen den entscheidenden Vorteil, dass Menschen sich in VR *remote* treffen können. Obwohl dieser Aspekt den Studierenden in der theoretischen Elaboration der Chancen und Grenzen von VR dargelegt wurde, findet er sich in keinem der konzipierten Unterrichtsbeispiele. Dies kann sich durch das rein in Präsenz abgehaltene Seminar erklären. Diese Entscheidung wurde in der Annahme der technischen Betreuungsinintensität der Studierenden getroffen, die sich zuvor in einem vergleichbaren Setting gezeigt hatte. Dies führte allerdings dazu, dass die Teilnehmenden VR nie als Distanztool wahrnahmen, sondern sich stets in *einem* Raum befanden und sich dies in der Ausgestaltung der Unterrichtsbeispiele spiegelte. Alle Beispiele wurden im Rahmen eines Klassenzimmersettings konzipiert, keines enthielt Kommunikations- und Austauschkomponenten über die Grenzen des Klassenzimmers hinweg.

Der Einsatz des Messinstruments «Autobiography of Intercultural Encounters», erfolgte explorativ, um die Eignung dieses Fragebogens für die Erfassung interkultureller Kompetenz als nur schwer erfassbares Konstrukt (Vogt 2016) einzuschätzen. Die Möglichkeit, ein Ereignis ausführlich zu berichten, erlaubte einen facettenreichen Einblick in die Einstellungen und Überzeugungen der Teilnehmenden

im Umgang mit Gemeinsamkeiten und Differenz. Festzustellen war allerdings der deutlich abnehmende Umfang der Ausführungen im Verlauf des Fragebogens. Dies ist problematisch, weil so zentrale Reflexionsfragen, die Auskunft über die kritische Auseinandersetzung der Befragten mit Verhaltensweisen und Einstellungen geben und am Ende des Fragebogens standen, von allen Teilnehmenden nur wenig gewürdigt wurden. Dies mag darin begründet liegen, dass die Teilnehmenden diese Fragen eher als Anhang betrachteten und ihnen dadurch zu wenig Relevanz beimassen. Da im weiteren Verlauf des Forschungsvorhabens die Evaluation der interkulturellen Kompetenz in einem *pre-post-setting* vor und nach der Arbeit in VR angedacht ist, um Kompetenzentwicklungen aufzuzeigen, wird der Fragebogen in einer angepassten Form zum Einsatz kommen.

Ziel einer Überarbeitung des Seminarkonzepts wird es darüber hinaus sein, Seminarsitzungen so zu konzipieren, dass Studierende das Potenzial von VR als Distanz-Lernmöglichkeit erfahren. Hier kann weiterhin evaluiert werden, ob der *InteractionSuitcase* im Rahmen eines Distanz-Lernprogramms ähnlich positive Bewertung in Bezug auf kollaborative Zusammenarbeit erhält.

Ein weiterer limitierender Faktor war der Zeitaufwand im Rahmen der Arbeit mit VR, bedingt durch einen in Extremen gelagerten technischen Kompetenzgrad der Studierenden. So konnten diese entweder intuitiv mit der Technik umgehen und hatten keine technischen Schwierigkeiten oder taten sich mit der Bedienung so schwer, dass sie für nahezu jeden Schritt persönliche technische Hilfestellungen benötigten. In die Weiterentwicklung des Seminarkonzepts fließt daher ein, Studierenden gerade zu den ersten Schritten in VR eine 1:1 Betreuung anzubieten.

6. Fazit und Ausblick

Mit diesem Seminarkonzept geben wir zukünftigen Lehrpersonen die Möglichkeit, erste Schritte mit Social VR zu gehen und theoriegeleitet eigene Konzepte im Bereich des inter- und transkulturellen Lernens zu entwerfen. Sie erweitern so nicht nur ihre Medienkompetenz, sondern wenden die neue Technologie direkt für ein konkretes Fach und Thema an. Des Weiteren sammeln wir so mit jeder weiteren Durchführung des Seminars neue Konzeptideen, können diese in die Methodenlandkarte einordnen und so das Repertoire kontinuierlich erweitern. Davon profitieren nicht nur die zukünftigen Seminarteilnehmenden, sondern auch Forschende können diese Sammlung zum Anlass nehmen, die Wirkung dieser Konzepte zu testen.

Wie sich bereits in den von Studierenden entwickelten Unterrichtskonzepten gezeigt hat, liegt grosses Potenzial im *InteractionSuitcase* und der Manipulation virtueller Avatare. Gerade im Bereich der VO, ihren (versteckten) Assoziationen und ihrer Nutzung als Verhaltensmassnahme gibt es derzeit noch sehr wenig Forschung (Hein et al. 2021a). Der *InteractionSuitcase* ist ein neu entwickeltes Werkzeug für

Begegnungen in Social VR und wurde im Rahmen dieses Seminars zum ersten Mal eingesetzt. Dieser wurde von den Studierenden positiv und als gewinnbringend für inter- und transkulturelle Begegnungen mit Social VR bewertet. Auch im Bereich der Messung inter- und transkultureller Kompetenz kann das Forschungsvorhaben in einem nächsten Schritt einen Beitrag zur Evaluation dieser Kompetenzstruktur leisten. Jedes Objekt des *InteractionSuitcase* wurde in Bezug auf Zuordnung zu einem Kulturraum und dessen Stereotypität evaluiert. So können von der Nutzung der Objekte Verhaltensweisen abgeleitet werden (Hein et al. 2022). Der *InteractionSuitcase* kann als behaviorales Messinstrument im Zusammenspiel mit einem Unterrichtskontext zur Erfassung von Kompetenzentwicklungen dienen.

Das Seminarkonzept wird in Bezug in seinem räumlichen und zeitlichen Rahmen überarbeitet und im Wintersemester 2022/23 erneut angeboten. Ziel des weiteren Vorgehens ist die Anpassung der Messinstrumente und die Durchführung eines weiteren Zyklus mit einer grösseren Stichprobe.

Literaturverzeichnis

- Adiche, Chimamanda, 2009. «The Danger of a Single Story». *TEDGlobal*. https://www.ted.com/talks/chimamanda_ngozi_adichie_the_danger_of_a_single_story.
- Altun, Hamide Kubra, und Jeongming Lee 2020. «Immersive Learning Technologies in English Language Teaching: A Systematic Review». *Educational Technology International* 21 (2): 155–91.
- Bachmann, Götz 2009. «Teilnehmende Beobachtung». In *Handbuch Methoden Der Organisationsforschung*, herausgegeben von Stefan Kühl, Petra Strodtholz, und Andreas Taffertshofer, 248–71. Wiesbaden: VS.
- Barbot, Baptiste und Kaufman, James C. 2020. «What Makes Immersive Virtual Reality the Ultimate Empathy Machine? Discerning the Underlying Mechanisms of Change». *Computers in Human Behavior* 111: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106431>.
- Bayrisches Staatsministerium für Kultus. 2012. «Fachlehrpläne Englisch 11». *Fachlehrpläne Englisch 11*. 2012. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/11/englisch>.
- Bolten, Jürgen 2016. «Interkulturelle Trainings neu denken». *interculture journal: Online Zeitschrift für interkulturelle Studien* 15 (26): 75–92. https://zs.thulb.uni-jena.de/receive/jportal_jparticle_01278516.
- Byram's, B. M. 1997. «Model of Intercultural Communicative Competence (ICC)»
- Chen, Guo-Ming, und William J. Starosta. 2000. «The Development and Validation of the Intercultural Sensitivity Scale». *Human Communication* 3: 1–15.
- Council of Europe, o. J. «*Autobiography of Intercultural Encounters*». <https://rm.coe.int/autobiography-of-intercultural-encounters/16806bf02d>. Zuletzt aufgerufen am 29.04.2022.

- Delanoy, Werner 2017. «From ‹Inter› to ‹Trans›?» In *Basic Issue in ELF Teaching and Learning*, herausgegeben von Maria Eisenmann, und Theresa Summer, 157–67. Heidelberg: Winter.
- Eisenmann, Maria. 2015. «Crossovers – Postcolonial Literature and Transcultural Learning». In *Learning with Literature in the EFL Classroom*, herausgegeben von Werner Delanoy, Maria Eisenmann, und Frauke Matz, 217–36. Frankfurt: Peter Lang.
- Fantini, Alvino E. 2009. «Assessing Intercultural Competence Issues and Tools». In *The Sage Handbook of Intercultural Competence*, 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 Competences in Initial Teacher Education. Implementation Of Educational Design Prototypes Using a Social VR Environment». In *Innovative Learning Summit. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE)*, 95–108. <https://www.learntechlib.org/primary/p/220276/>.
- Hai-Jew, Shalin 2016. «Extracting Linguistic Patterns from Texts with LIWC (‹luke›) for Analysis». *C2C Digital Magazine*, 2016.
- Hamilton, D., J. McKenchie, E. Edgerton, und C. Wilsom. 2020 «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* 8 (1): 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». *Journal of Intercultural Relations* 27 (4): 421–43. [https://doi.org/10.1016/S0147-1767\(03\)00032-4](https://doi.org/10.1016/S0147-1767(03)00032-4).
- Haß, Jessica 2020. *Stereotype Im Interkulturellen Training*. Wiesbaden: Springer VS.
- Hein, Rebecca, Jeanine Steinbock, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik, und Carolin Wienrich. 2021b. «Development of the InteractionSuitcase in Virtual Reality to Support Inter- and Transcultural Learning Processes in English as Foreign Language Education». In *DELFI 2021*, herausgegeben von A. Kienle, A. Harrer, J. M. Haake, und A. Lingnau, 91–96. Bonn: Gesellschaft für Informatik.
- Hein, Rebecca, Carolin Wienrich, und Marc Erich Latoschik. 2021a. «A Systematic Review of Foreign Language Learning with Immersive Technologies (2001–2020)». *AIMS Electronics and Electrical Engineering* 5 (2): 117–45. <https://doi.org/10.3934/electreng.2021007>.
- Hein, R. M., Latoschik, M. E., und Wienrich, C. 2022. Inter- and Transcultural Learning in Social Virtual Reality: A Proposal for an Inter- and Transcultural Virtual Object Database to be Used in the Implementation, Reflection, and Evaluation of Virtual Encounters. *Multimodal Technologies and Interaction* 6 (7): 50.
- ISB (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München). 2022. «Fachlehrplan Englisch 11». 2022. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/11/englisch>.
- Klett Verlag. 2014. *Kooperative Lernformate*. 2014. https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/W_KV_Kooperative_Lernformen_Uebersicht.pdf. Zuletzt aufgerufen am 11.04.22.

- Kultusministerkonferenz. 2012. *Bildungsstandards Für Die Fortgeführte Fremdsprache (Englisch/Französisch) Für Die Allgemeine Hochschulreife*. Williams Lea & Tag GmbH, München. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Fortgef-FS-Abi.pdf.
- Latoschik, Marc Erich, Florian Kern, Jan-Philipp Stauffert, Andrea Bartl, Mario Botsch, und Jean-Luc Lugin. 2019. «Not Alone Here?! Scalability and User Experience Of Embodied Ambient Crowds in Distributed Social Virtual Reality». *IWWW Transactions on Visualization and Computer Graphics* 25 (5): 2133–44. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2019.2899250>.
- LIWC, o. J., 2022. «Introducing LIWC-2022». 2022. <https://www.liwc.app>.
- Maister, Lara, Slater, Mel, Sanchez-Vives, Maria V und Tsakiris, Manos. 2015. «Changing Bodies Changes Minds: Owning Another Body Affects Social Cognition». *Trends in Cognitive Sciences* 19 (1): 6–12. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.11.001>.
- Meta, o. J. 2022. «Oculus Rift S. » 2022. https://www.oculus.com/rift-s/?locale=de_DE.
- Milk, Chris, dir. 2015. «Wie Virtuelle Realität zur ultimativen Empathie-Maschine werden kann?» TED Konferenz. https://www.ted.com/talks/chris_milk_how_virtual_reality_can_create_the_ultimate_empathy_machine/transcript?language=de.
- Notion. o. J. «Kollaborationsplattform Startseite». <https://www.notion.so>.
- Official Journal of the European Union. 2018. «Council Recommendations of 22 May 2018 on Key Competences for Lifelong Learning». <https://bit.ly/330hZVg>.
- Pretorius, Anna Samira, und Daniel Görlich. 2021. «The Proteus Effect: How Avatars Influence Their Users' Self-Perception and Behaviour». In *Augmented Reality and Virtual Reality*, herausgegeben von M. C. Dieck, T. H. Jung, und S. M. C. Loureiro, 109–22. Cham: Springer,. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68086-2_9.
- Raith, Thomas 2010. «Interkulturelle Kompetenzen Evaluieren». *Englisch 5-10* 2.12, 44–7.
- Römhild, Ricardo, 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* 173: 2–7. https://elibrary.utb.de/doi/pdf/10.5555/fue-173-2021_01.
- Steinbock, Jeanine, Rebecca Hein, Maria Eisenmann, Marc Erich Latoschik, und Carolin Wienrich. 2022. «Virtual Reality Im Modernen Englischunterricht Und Das Potential Für Inter-Und Transkulturelles Lernen». *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>.
- Tarantini, Eric 2021. «Immersives Lernen in Der Lehrerbildung. Reflexionsprozesse Mit Virtual Reality-Technologie Gestalten». Institut für Bildungsmanagement und Bildungstechnologien (IBB-HSG). <https://www.alexandria.unisg.ch/publications/262214>.
- Tausczik, Yla R and Pennebaker, James W. 2010. «The Psychological Meaning of Words: LIWC and Computerized Text Analysis Methods». *Journal of Language and Social Psychology* 29 (1): 24–54. <https://doi.org/10.1177/0261927X09351676>.
- United Nations. o. J. «Do You Know All 17 SDGs?» Accessed October 17, 2022. <https://sdgs.un.org/goals#goals>.

- Vogt, Karin 2016. «Die Beurteilung Interkultureller Kompetenz Im Fremdsprachenunterricht». *Zeitschrift Für Fremdsprachenforschung* 27 (1): 77–98.
- Wienrich, Carolin, Nina Döllinger, und Rebecca Hein. 2021. «Behavioral Framework of Immersive Technologies (BehaveFIT): How and Why Virtual Reality Can Support Behavioral Change Processes». *Frontiers in Virtual Reality* 2: 1–16. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.627194>.
- Zhang, Xiaotian, und Mingming Zhou. 2019. «Interventions to Promote Learners' Intercultural Competence: A Meta-Analysis». *International Journal of Intercultural Relations* 71: 31–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijintrel.2019.04.006>.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Handwerkliches Lackieren mit Virtual Reality (HandLeVR)

VR-basierter Kompetenzerwerb in der beruflichen Ausbildung

Miriam Mulders¹ , Matthias Weise² , Andrea Schmitz³ , Raphael Zender⁴ ,
Michael Kerres¹  und Ulrike Lucke² 

¹ Universität Duisburg-Essen

² Universität Potsdam

³ Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk e.V. (ZWH)

⁴ Humboldt-Universität zu Berlin

Zusammenfassung

Kompetenzentwicklung in der beruflichen Aus- und Weiterbildung beinhaltet den Erwerb von Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen, häufig mit einem Schwerpunkt auf psychomotorischer Koordination. Der Kompetenzerwerb in der Ausbildung zum Fahrzeuglackierer bzw. zur Fahrzeuglackiererin wird durch soziale, wirtschaftliche und ökologische Faktoren behindert. Um diese Hürden zu überwinden, entwickelt das Forschungsprojekt HandLeVR (Handlungsorientiertes Lernen in der VR-Lackierwerkstatt) ein Virtual-Reality-Training auf der Grundlage des empirisch validierten 4C/ID-Modells. Der Artikel stellt das Vorgehen und die Resultate des Projekts vor und präsentiert Ergebnisse einer ersten Evaluierungsstudie (z. B. zu Akzeptanz und Präsenzerleben).

Vocational Painting with Virtual Reality (HandLeVR). VR-Based Skills Acquisition in Vocational Training

Abstract

In vocational training, competence acquisition involves the acquisition of knowledge, skills, and attitudes, often with a focus on psychomotor coordination. For vehicle painters, training is hampered by economic, environmental, and social factors. To overcome these limitations, the HandLeVR research project is developing a Virtual Reality-training based on the empirically validated 4C/ID model. This paper aims to present project processes, outcomes as well as results of a first evaluation study.

1. Motivation und Zielstellung

Virtual Reality (VR) wird bereits in verschiedenen Bereichen der beruflichen Aus- und Weiterbildung eingesetzt (Allcoat und van Mühlenen 2018; Hamilton et al. 2021; Merchant et al. 2014; Mikropoulos und Natsis 2011). Im Baugewerbe (z. B. Sacks, Perlman, und Barak 2013), im Handwerk des Schweissens (z. B. Stone et al. 2013) oder des Fahrzeuglackierens (Konieczny et al. 2008; Yang et al. 2007), beim Militär (z. B. Bhagat, Liou, und Chang 2016) und auch in der Chirurgie (z. B. McCloy und Stone 2001) wurde VR beispielsweise erfolgreich implementiert und die Anwendung in der Praxis untersucht. In diesen Sektoren wird VR oftmals dazu genutzt, Kompetenzen der psychomotorischen Koordination zu erwerben und zu trainieren. Dazu befinden sich die Lernenden in einer computergenerierten dreidimensionalen Umgebung, in der die intendierten Fertigkeiten in einer Reihe von Lernaufgaben eingeübt werden. Ausser für den Erwerb motorischer Fertigkeiten wird VR auch als Bildungsmedium für den Erwerb von deklarativem Wissen und Einstellungen herangezogen (Jensen und Konradsen 2018).¹

VR-Lernanwendungen können variabel gestaltet werden, indem Rahmenbedingungen gezielt modifiziert und durch zusätzliche dreidimensionale Inhalte (Hinweise, Prompts, Anleitungen, Feedback zur Performanz etc.) ergänzt werden. VR bietet somit gerade für die berufliche Aus- und Weiterbildung einen Beitrag zum Erwerb von Fertigkeiten für die berufliche Praxis. Denn tatsächlich sind die Kontextbedingungen in der Praxis oftmals so, dass ein Üben in der Realität nur eingeschränkt möglich ist, weshalb VR in solchen Fällen eine sinnvolle Ergänzung des Trainings darstellt.

An dieser Stelle sollen die Restriktionen vorgestellt werden, denen der Fertigkeitserwerb im Bildungsalltag im Handwerk oftmals unterworfen ist (z. B. Zender et al. 2018):

- 1 Das Trainieren von Fertigkeiten ist mit Aufwendungen verbunden, da es viel Zeit und Mühe kostet, das reale Training einzurichten.
- 2 Das reale Training kann teuer sein, da Materialien und Werkstücke verbraucht werden. Zudem ist eine Betreuung durch Ausbildungspersonal vonnöten, die wiederum Kosten verursacht.
- 3 Das Trainieren in der Realität kann unattraktiv und wenig intuitiv sein, da visuelle Hinweise zur korrekten Ausübung der Fertigkeit fehlen.
- 4 Das Trainieren in der Realität ist in manchen Fällen unmöglich oder ethisch fragwürdig, da Notfallsituationen (z. B. ein Brand) nicht beliebig zu simulieren sind.

¹ Die benannten Restriktionen wurden im Projektverlauf durch diverse Expert:innen aus dem Feld bestätigt

VR ist imstande, diese Limitationen zu überwinden (z. B. Zender et al. 2018) und Auszubildenden im Rahmen ihrer beruflichen Aus- und Weiterbildung zusätzliche Übungsgelegenheiten zu bieten. Da auch die Entwicklung von VR-Lernanwendungen kosten- und zeitintensiv ist und ebenso die Anschaffung des nötigen Equipments für Akteure aus der Bildung mit Aufwendungen einhergeht, sollte VR für mehrere Auszubildende und über einen langen Zeitraum einsetzbar sein. Lernende sollten ohne zusätzlichen Betreuungsaufwand bedarfsorientiert üben können, sodass Lernfortschritte ersichtlich werden. Ausserdem ermöglichen VR-Anwendungen den Lernenden, in einem privaten Raum zu lernen. Dies ist besonders wichtig für den Fall, dass sie sich aufgrund der Anwesenheit von Ausbildungspersonal unwohl fühlen könnten. Darüber hinaus bietet VR die Möglichkeit, zusätzliche, in der Realität nicht verfügbare Hilfen in den Lernprozess zu integrieren, die den Fertigkeitserwerb massgeblich unterstützen. Des Weiteren ist das Training in VR sicher und stellt weder für Lernende eine Gefährdung dar noch belastet es unnötig die Umwelt (Conges et al. 2020; Li et al. 2017).

Der Transfer von in VR erlernten Fertigkeiten in die reale Welt ist für den Trainingserfolg von zentraler Bedeutung. Die Studienlage erscheint hier ernüchternd. Während einige Studien (z. B. Champney et al. 2017; Rose, Brooks, und Attree 2000) darauf hindeuten, dass der Transfer gelingt und es nur ausreichend Realitätsnähe zwischen den in VR und in der Realität erforderlichen Handlungsmustern braucht, fanden andere Studien (Velaz et al. 2014) wenige Vorteile von VR für den Transfer in praktische Settings.

Insgesamt sind VR-Technologien in den letzten Jahren populär geworden und ihre Wirksamkeit für das Training von Fertigkeiten in der beruflichen Bildung wurde in einer Vielzahl von Einzelstudien nachgewiesen. Xie et al. (2021) untersuchten umfassend VR-Lernanwendungen im Bereich der beruflichen Bildung und unterscheiden zwischen der Ausbildung von Ersthelfenden, der medizinischen Ausbildung, der militärischen Ausbildung, der Ausbildung im Transportwesen, im Handwerk und in Bezug auf zwischenmenschliche Fähigkeiten. Nichtsdestotrotz ist zu konstatieren, dass das Potenzial von VR als Bildungstechnologie auch im Sektor der beruflichen Bildung noch nicht eingehend erforscht wurde (Kim et al. 2020).

In dem Forschungsprojekt, das diesem Artikel zugrunde liegt, wurde das Training von Arbeitskräften im Handwerk der Fahrzeuglackierung untersucht. In diesem Berufsfeld sind authentische und realitätsnahe Lerneinheiten oft rar. Fahrzeuglackierer:innen müssen in einem komplexen Umfeld effektiv arbeiten, haben aber nur selten Gelegenheit, Verfahren zu üben, bevor sie diese an realen Werkstücken ausführen sollen. Im Bereich der Fahrzeuglackierung müssen verschiedene Techniken (z. B. Neuteillackierung, Reparaturlackierung) zum Auftragen einer Lackschicht auf ein Werkstück trainiert werden. Adäquate, häufige und handlungsorientierte Trainingsszenarien werden jedoch durch wirtschaftliche (z. B.

Materialkosten), ökologische (z. B. umweltsensible Materialien) und soziale Faktoren (z. B. begrenzte Betreuungskapazität des Ausbildungspersonals) erschwert. Es hat sich gezeigt, dass die derzeitigen Methoden zum Erlernen von Fertigkeiten den in der Praxis der Fahrzeuglackierer:innen geforderten Kompetenzerwerb nicht hinreichend adressieren.

Die Ausbildung in der Fahrzeuglackierung stützt sich in der Regel stark auf das Auswendiglernen von Schritten aus kriterienbasierten Checklisten. Da die Auszubildenden jedoch nur wenig Gelegenheit haben, diese Schritte praktisch zu erproben und über mehrere Übungsdurchläufe hinweg zu festigen, haben sie möglicherweise Schwierigkeiten, sich an das ursprünglich Gelernte zu erinnern und es anzuwenden. VR kann diesem Bildungsproblem im Berufszweig der Fahrzeuglackierung begegnen und die Anwendung von Strategien in praktischen Settings unterstützen. Sie versetzt die Lernenden in eine realistische Arbeitsumgebung, im vorliegenden Fall eine Lackierwerkstatt, in der sie sicher üben können, ohne dadurch Schaden zu nehmen. Die im Rahmen des Forschungsprojekts *HandLeVR*² konzipierte **VR-Lackierwerkstatt** kann von den Auszubildenden wiederholt zu Übungszwecken genutzt werden. Dabei wird ihnen stets sofort und konsistent Feedback zu ihrer Leistung durch das System rückgemeldet. Die VR-Lackierwerkstatt wurde in mehreren Iterationen und interdisziplinär konzipiert, immer wieder getestet und weiterentwickelt. Die entwickelte VR-Umgebung umfasst eine geeignete Variation von authentischen Lernaufgaben, die anhand einer definierten Anzahl von Parametern (z. B. hinsichtlich Art des Werkstücks, Schichtaufbau, didaktische Methode) und in Bezug auf die Komplexität angepasst werden können. Dabei wurden die Lernaufgaben als Kundenaufträge gestaltet. Weiterführende Informationen (z. B. Videomaterial) und Forschungsergebnisse zum Projekt sind auf der Homepage und in diversen Publikationen (Schmitz und Mulders 2021; Zender et al. 2019; Zender und Weise 2020) zu finden. Bisherige VR-Anwendungen in diesem Berufsfeld sind eher als rudimentär einzustufen und beinhalten geringfügige didaktische Vorüberlegungen (z. B. Konieczny et al. 2008; Yang et al. 2007).

Insgesamt scheint die Fahrzeuglackierung für den VR-Einsatz prädestiniert zu sein. Psychomotorische Abläufe können wiederholt trainiert werden, was für die Festigung neu erworbener Fertigkeiten entscheidend ist. Zudem ist keine haptische Rückmeldung von den 3D-Werkstücken erforderlich, da diese bei der Lackapplikation nicht berührt werden. Anstelle von handelsüblichen Controllern halten die Auszubildenden eine originalgetreue 3D-gedruckte Lackierpistole in ihrer dominanten Hand. Dies adressiert dieselben motorischen Handlungsabläufe (z. B. Drücken des Hebels), die auch in der Realität nötig sind, was den Transfer in die Praxis erleichtert.

2 HandLeVR (Handlungsorientiertes Lernen in der VR-Lackierwerkstatt) ist ein dreijähriges vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Verbundprojekt (01.01.19 bis 31.03.22; <https://handlevr.de>, Förderkennzeichen: 01PV18002B). Die im Projekt entwickelte Software ist verfügbar unter <https://github.com/HandLeVR>.

Ausserdem kann in VR sofort eine Rückmeldung über die Schichtdicke und weitere relevante Erfolgsparameter gegeben werden, während es in der realen Welt mehrere Stunden dauert, bis Ergebnisse sichtbar werden.

In den nächsten Abschnitten wird das methodische Vorgehen zur Entwicklung der VR-Lackierwerkstatt und weiterer Projektartefakte beschrieben. Darüber hinaus wird eine umfassende Evaluierung der VR-Lackierwerkstatt vorgestellt. Die Ergebnisse werden präsentiert und eingehend diskutiert. Mittels der Evaluierung sollen die folgenden zentralen Forschungsfragen des Projekts beantwortet werden:

- 1 Ist das VR-Training technisch und didaktisch so aufbereitet, dass es zum Kompetenzerwerb im Rahmen der Berufsausbildung zum Fahrzeuglackierer bzw. zur Fahrzeuglackiererin den erforderlichen Beitrag leisten kann?
- 2 Welche Lernprozessvariablen stellen sich als relevant für die Nutzung der VR-Lernumgebung heraus?
- 3 Ist die VR-Anwendung generell nutzungsfreundlich?
- 4 Wird die verwendete Technologie von der Zielgruppe der Auszubildenden akzeptiert?

Der Artikel schliesst mit einem Ausblick auf zukünftige Forschung und Möglichkeiten des Transfers in praktische Lehr- und Lernsettings der beruflichen Aus- und Weiterbildung.

2. Projektvorgehen und praktische Projektergebnisse

Im Forschungsprojekt wird von einem dreischrittigen Lehr-Lern-Prozess ausgegangen: Zunächst definiert das Ausbildungspersonal eine oder mehrere Lernaufgaben für einen oder mehrere Auszubildende. Im nächsten Schritt wird diese Lernaufgabe von den Lernenden ausgeführt. Abschliessend erfolgt die gemeinsame Auswertung der ausgeführten und aufgezeichneten Lernhandlung im Gespräch zwischen Ausbildungspersonal und Auszubildenden.

Zur Abbildung dieses Lehr-Lern-Prozesses wurden im Rahmen des Projekts drei Komponenten entwickelt. Die drei Komponenten zusammen bilden die VR-Lackierwerkstatt:

- 1 ein Autorenwerkzeug (Desktop-Anwendung)
- 2 eine Trainingsanwendung (VR-Anwendung)
- 3 ein Reflexionswerkzeug (Desktop-Anwendung)

Das Autorenwerkzeug wird genutzt, um einsatzfähige Lernaufgaben und zusätzliche Übungen für die VR-Trainingsanwendung zu erzeugen. Das Ausbildungspersonal kann dazu anhand einer Reihe von Parametern einfache bis komplexe Lernaufgaben definieren. In der VR-Trainingsanwendung bearbeiten Auszubildende diese

Aufgaben. Während des VR-Lackiervorganges wird die Leistung der Auszubildenden über eine Reihe von Variablen (z. B. Lackverbrauch, Abstand zum Werkstück) erfasst und gespeichert. Diese Daten dienen als Grundlage für die spätere Auswertung der Leistung mittels des Reflexionswerkzeugs.

Die Durchführung des Forschungsprojekts erfolgte in Zusammenarbeit mit Ausbildungspersonal und Auszubildenden aus dem Bereich der Fahrzeuglackierung. Die Aufgaben wurden in einer Vielzahl von Iterationen erprobt und weiterentwickelt. Abbildung 1 visualisiert den agilen Entwicklungsprozess. Dieser wird unterteilt in eine fortlaufende Anforderungsanalyse, das didaktische Design, die Systementwicklung/-anpassung und die darauf basierenden praktischen Ergebnisse.

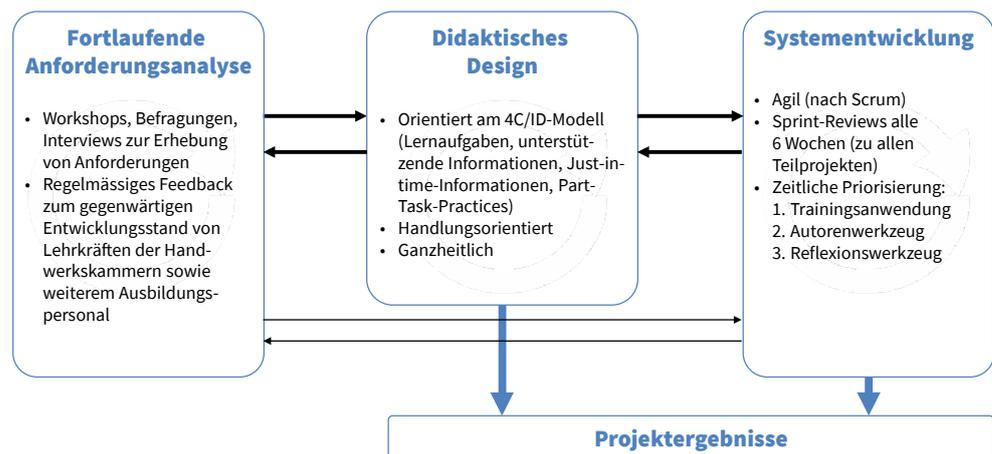


Abb. 1: Agiler Entwicklungsprozess im Projekt HandLeVR.

2.1 Fortlaufende Anforderungsanalyse

Um einen möglichst breiten Transfer der VR-Lackierwerkstatt in die ausbildenden Institutionen zu fördern, ist die Entwicklung einer praxisnahen Lehr-Lern-Anwendung notwendig. Deren Einsatzfähigkeit wurde mithilfe der fortlaufenden Erhebung von Anforderungen und Feedbacks in verschiedenen Settings und Aktivitäten sichergestellt. Konkret wurden insbesondere in der ersten Projekthälfte im Rahmen von Interviews, Verhaltensbeobachtungen und Fokusgruppen in unterschiedlichen Gruppenkonstellationen Bedarfe und inhaltliche Anforderungen der Zielgruppen gesammelt. Die Gruppen setzten sich aus dem Ausbildungspersonal des nationalen Ausbildungszentrums Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH sowie Lehrpersonen von verschiedenen Bildungszentren der Handwerkskammern in Deutschland zusammen. Durch den iterativen Prozess der Softwareentwicklung (siehe Punkt 2.3)

konnten die Ergebnisse aus diesen Massnahmen kontinuierlich in den Entwicklungszyklus einfließen und Feedback bzw. weitere Anforderungen auf Basis von aktuellen Entwicklungsständen generiert werden.

Während zu Projektbeginn hauptsächlich Anforderungen aus Sicht der Lehrpersonen und des Ausbildungspersonals gesammelt wurden, rückten ab der zweiten Projekthälfte die Bedarfe der Lernenden im Rahmen von zwei Evaluierungsphasen in den Fokus. Diese wurden mit Auszubildenden der Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH sowie den beteiligten Bildungszentren durchgeführt. Durch dieses Vorgehen konnten innerhalb der Entwicklung Anforderungen und Bedarfe an eine VR-Lernanwendung aus unterschiedlichen institutionellen Kontexten berücksichtigt werden.

2.2 Didaktisches Design

Auch wenn sich eine zunehmende Anzahl von Studien mit VR in Bildungskontexten beschäftigt (z. B. Makransky und Petersen 2021), fehlt es häufig an Modellen und Theorien, die als Grundlage für die VR-Lernszenarien dienen (z. B. Mulders et al. 2020; Radianti et al. 2020). Zum didaktischen Design der VR-Lackierwerkstatt wurde daher das evidenzbasierte **4C/ID-Modell** (van Merriënboer, Jelsma, und Paas 1992) genutzt. Das vielfach erprobte Instruktionsmodell wurde bislang vorwiegend für die Ausbildung komplexer kognitiver Kompetenzen herangezogen (Costa et al. 2022). Bis dato ist wenig bekannt über die Relevanz des Modells für den Erwerb psychomotorischer Kompetenzen innerhalb der beruflichen Bildung und die Eignung als didaktisches Modell in VR. Es wird dennoch davon ausgegangen, dass das Instruktionsmodell die Gestaltung von handlungsorientiertem Training fördert, wie es die Lehrpläne der Berufsbildung fordern, die Integration von unterstützenden Anweisungen und Feedback ermöglicht und zusätzliche Trainingsgelegenheiten für motorische Fertigkeiten mit hohem Mass an Routine und Genauigkeit bietet. Ebenso wird postuliert, dass das 4C/ID-Modell den integrativen Kompetenzerwerb von Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen gleichermaßen unterstützt. Da VR-Technologien jedoch besonders für das Training psychomotorischer Fähigkeiten geeignet scheinen und nur begrenzt Vorteile für den Wissenserwerb haben (z. B. Jensen und Konradsen 2018), wird konstatiert, dass Lernaufgaben und Übungen, die gemäss dem 4C/ID-Modell für VR entwickelt wurden, den Kompetenzerwerb, vor allem aber den Erwerb von motorischen Fertigkeiten bei angehenden Fahrzeuglackierer:innen erleichtern.

Gemäss dem 4C/ID-Modell ist die VR-Trainingsanwendung strukturiert in die vier Komponenten **Lernaufgaben, unterstützende Informationen, Just-in-time-Informationen** und **Part-Task-Practices**. Lernaufgaben (z. B. Fallbeispiele) sind in übergeordneten Aufgabenklassen (z. B. Neuteillackierung) organisiert. Aufgabenklassen beinhalten dabei stets Lernaufgaben gleichen Komplexitätsniveaus. Aufgabenklassen unterscheiden sich jedoch in ihrer Komplexität. Am Anfang bearbeiten

Auszubildende Aufgaben einfacher Aufgabenklassen (z. B. Neuteillackierung), später schwieriger Aufgabenklassen (z. B. Spot-Repair). Sämtliche Lernaufgaben bilden stets eine vollständige Handlung in Form eines Kundenauftrags ab. Zudem unterscheiden sich die Lernaufgaben hinsichtlich der Art des Werkstücks (z. B. Motorhaube), der verwendeten Materialien (z. B. Zwei-Komponenten-Basislack) und des Lackierverfahrens (z. B. Zwei-Schicht-Lackierung). Innerhalb der Lernaufgaben sind unterstützende Informationen eingebettet und permanent für die Auszubildenden verfügbar. Diese offerieren den Auszubildenden notwendiges Wissen zu ausgewählten Aspekten des Lackierprozesses (z. B. Fehler im Spritzbild). Die Wissensbausteine werden u. a. vermittelt über kurze Erklärvideos, Drag-and-drop-Aufgaben, VR-Best-Practice-Beispiele oder verbal über einen virtuellen Ausbildungsmeister. Just-in-time-Informationen bieten den Auszubildenden genau dann Hilfestellung, wenn sie benötigt wird. Während zu Beginn einer Aufgabenklasse die Just-in-time-Informationen permanent als Hilfestellung verfügbar sind, wird die Darbietung innerhalb einer Aufgabenklasse nach und nach ausgeschlichen (**Fading**), da die Informationen mit zunehmender Routine seltener benötigt werden. Ein Strahl, der die ideale Distanz zum Werkstück farblich indiziert, ist eine derartige Information. Part-Task-Practices sind zusätzliche und vereinfachte Übungseinheiten zum Trainieren von wiederkehrenden Aspekten, die ein besonderes Mass an Routine erfordern (z. B. das Einhalten des korrekten Winkels zwischen Pistole und Werkstück). Sie sind nicht Teil einer Lernaufgabe, sondern tauchen intermittierend zwischen den Lernaufgaben einer Aufgabenklasse auf. Zusätzlich erlaubt das Modell eine flexible Anpassung an die Bedürfnisse der Lernenden. Durch die variierende Komplexität der Aufgaben sowie durch die verfügbaren Hilfestellungen kann der Schwierigkeitsgrad auf die Auszubildenden zugeschnitten werden. Für eine detailliertere Beschreibung des didaktischen Designs entlang des 4C/ID-Modells sei auf Videomaterialien auf der Homepage des HandLeVR-Projekts verwiesen, welche beispielhafte virtuelle Lernaufgaben beschreiben sowie das didaktische Design anhand dieser näher erläutern.

2.3 Systementwicklung

Die Umsetzung der drei Teilkomponenten der VR-Lackierwerkstatt erfolgte in Anlehnung an das agile Vorgehensmodell **Scrum** (Sutherland 2020). Hierbei sind insbesondere die drei Rollen **Scrum-Master** (sorgt für die Einhaltung der Scrum-Richtlinien, stellt nötige Ressourcen zur Verfügung und organisiert Termine), **Product-Owner** (erfragt Anforderungen bei den Stakeholdern und verwaltet sie) und **Entwicklungsteam** (setzt die Anforderungen um) vorgegeben. Scrum sieht eine strikte Trennung dieser Rollen vor, was in diesem Projekt aufgrund der zur Verfügung stehenden personellen Ressourcen nicht möglich war. Entsprechend gab es einen Scrum-Master, aber die Rolle des Product-Owners wurde vom Leiter des

Entwicklungsteams eingenommen. Das Entwicklungsteam bestand ausserdem aus zwei bis drei studentischen Hilfskräften und einem kurzzeitig angestellten technischen Mitarbeiter. Das Zusammenführen der Rollen führte zu einer vereinfachten Kommunikation zwischen dem Entwicklungsteam und den didaktischen Partnern bzw. dem Praxispartner. So konnten Anforderungen schnell erhoben und nötige Details für die Umsetzung unkompliziert besprochen werden.

Das Scrum-Framework sieht sogenannte **Sprints** vor, in denen neue Anforderungen umgesetzt und die Anwendungen erweitert werden. Im Sprint-Planning wurden die im darauffolgenden Sprint umzusetzenden Anforderungen ausgewählt und Verantwortlichkeiten zugewiesen. Anforderungen wurden in Form von Tickets auf der universitätseigenen Instanz von GitLab³ organisiert. Am Ende eines Sprints wurde stets ein neuer Prototyp mit den aktuellen Weiterentwicklungen zur Verfügung gestellt, der von sämtlichen Projektpartnern aus unterschiedlichen Perspektiven (d. h. Expert:innen für den Transfer und die didaktische Gestaltung, aber auch aus der Praxis, hier: Ausbildungspersonal der Mercedes Benz Ludwigfelde GmbH, selbst) getestet und als Grundlage für die weitere Anforderungserhebung genutzt werden konnte. Dieser Prototyp wurde im Rahmen eines Sprint-Reviews vorgestellt, welches mit allen Projektpartnern durchgeführt wurde, um die umgesetzten Anforderungen zu diskutieren. Die Dauer eines Sprints betrug in diesem Projekt jeweils sechs Wochen. Dies ist länger als in Scrum-Projekten üblich, was durch die Grösse des Entwicklungsteams begründet ist. Die längere Sprintdauer stellte einen guten Kompromiss aus Agilität und verfügbarer Entwicklungszeit dar und ermöglichte eine ausreichend schnelle Reaktion auf neue Anforderungen.

Im ersten Entwicklungsjahr lag der Fokus vor allem auf der VR-Trainingsanwendung, die das zentrale Element des Lernsystems darstellt. Hier bestand die Herausforderung insbesondere in der realistischen Darstellung des Farbauftrags, die den didaktischen Anforderungen genügen sollte, aber auch im richtigen Verhältnis zum benötigten Arbeitsaufwand stehen musste. Auch die Umsetzung des virtuellen Ausbildungsmeisters und der Hilfestellungen standen früh im Fokus der Entwicklungsarbeiten. Im zweiten Entwicklungsjahr wurden insbesondere die verschiedenen Teilaufgaben zur Vermittlung relevanter Wissensbausteine – wie z. B. Sortieraufgaben, Multiple-Choice (MC)-Fragen und Schätzaufgaben – gemäss dem didaktischen Design implementiert und eine erste Version des Autorenwerkzeugs umgesetzt, um Ausbildungspersonal und Lehrpersonen die selbstständige Erstellung von Aufgaben zu ermöglichen. Im letzten Entwicklungsjahr wurde das Autorenwerkzeug erweitert, um die Verwaltung von Nutzenden, Gruppen, Aufgabensammlungen, Medien, Lücken und Aufnahmen zu ermöglichen. Auch die Entwicklung und Ausarbeitung des Reflexionswerkzeugs stand zu Projektende im Fokus.

3 <https://about.gitlab.com>, letzter Zugriff: 22.04.2022.

2.4 *Praktische Projektergebnisse*

Die im Zuge des Entwicklungsprozesses erarbeiteten Artefakte beziehen sich auf die folgenden Bereiche: (1) die Lackierpistole, (2) die dreiteilige VR-Lackierwerkstatt bestehend aus der VR-Trainingsanwendung, dem Reflexions- und dem Autorenwerkzeug, (3) das didaktische Design und (4) diverse Begleitmaterialien, die den Transfer in praktische Bildungssettings sichern sollten.

Sämtliche digitalen Artefakte sind frei zugänglich bei GitHub⁴ zu finden und wurden unter die offene MIT-Lizenz gestellt.

2.4.1 *Nachbau einer Lackierpistole*

Die Haptik der Lackierpistole und des zugehörigen Druckschlauchs spielt eine essenzielle Rolle beim Trainieren des Farbauftrags. Entsprechend war die Nachbildung des haptischen Feedbacks eine zentrale Herausforderung im Projekt. Der erste Ansatz der sensorischen Erweiterung einer echten Lackierpistole stellte sich als zu fehleranfällig heraus, da die Sensoren ungeschützt aussen an der Lackierpistole befestigt werden mussten. Aus diesem Grund wurde ein druckbares 3D-Modell einer Lackierpistole umgesetzt, die es Ausbildungsbetrieben ermöglicht, einen eigenen Nachbau einer Lackierpistole mithilfe eines 3D-Druckers zu erstellen (siehe Abb. 2). Ein *Arduino Nano*⁵ ermöglicht die Übermittlung der Stellungen des Abzugshebels und der Drehknöpfe über ein USB-Kabel. Dieses kann durch einen Druckschlauch geführt werden, der gleichzeitig der realistischen Nachbildung der Haptik einer echten Lackierpistole dient. Eine Halterung am Kopf des Nachbaus ist in der Lage, verschiedene VR-Controller aufzunehmen, um Position und Ausrichtung der Lackierpistole im Raum zu erfassen. Die Halterung ist austauschbar, um auch zukünftige Controller zu unterstützen. Metallelemente im Nachbau sorgen dafür, dass Schwerpunkt und Gewicht dem einer echten Lackierpistole entsprechen.

4 <https://github.com/HandLeVR>, letzter Zugriff: 28.04.2022.

5 <http://store.arduino.cc/products/arduino-nano>, letzter Zugriff: 22.04.2022.



Abb. 2: 3D-Druck einer nachgebauten Lackierpistole mit Druckschlauch.

2.4.2 VR-Lackierwerkstatt

Das desktopbasierte **Autorenwerkzeug** dient primär der Erstellung und Anpassung von Lernaufgaben. Es stehen verschiedene Teilschritte zur Verfügung wie z. B. das Lackieren eines Werkstücks sowie MC-Fragen oder unterstützende Informationen (Bilder, Videos oder Texte), welche mithilfe des Baukastenprinzips zusammengestellt und konfiguriert werden können. Die Lernaufgaben werden auf einem lokalen oder dedizierten Server gespeichert und können einzelnen oder mehreren Auszubildenden zugewiesen werden. Das Autorenwerkzeug ermöglicht ausserdem die Verwaltung von Nutzenden und Gruppen sowie von Medien, Lacken und Aufnahmen, die in Lernaufgaben verwendet werden können.

Die Durchführung der Lernaufgaben wird dann in einer VR-basierten **Trainingsanwendung** realisiert. Es werden verschiedene Head-Mounted Displays (HMDs) unterstützt, z. B. die *Meta Quest 2*,⁶ *HTC VIVE Pro 2*⁷ und die *Pico Neo 3 Pro*,⁸ die die Augen umschliessen und in der Regel integrierte Lautsprecher besitzen. Die Auszubildenden befinden sich in einer virtuellen Lackierkabine, welche ein zu lackierendes Werkstück als 3D-Modell beinhaltet, das auf einen Lackierständer gespannt wurde (siehe Abb. 3).

6 <https://www.oculus.com/quest-2>, letzter Zugriff: 22.04.2022.

7 <https://www.vive.com/de/product/vive-pro2>, letzter Zugriff: 22.04.2022.

8 <https://www.vive.com/de/product/vive-pro2>

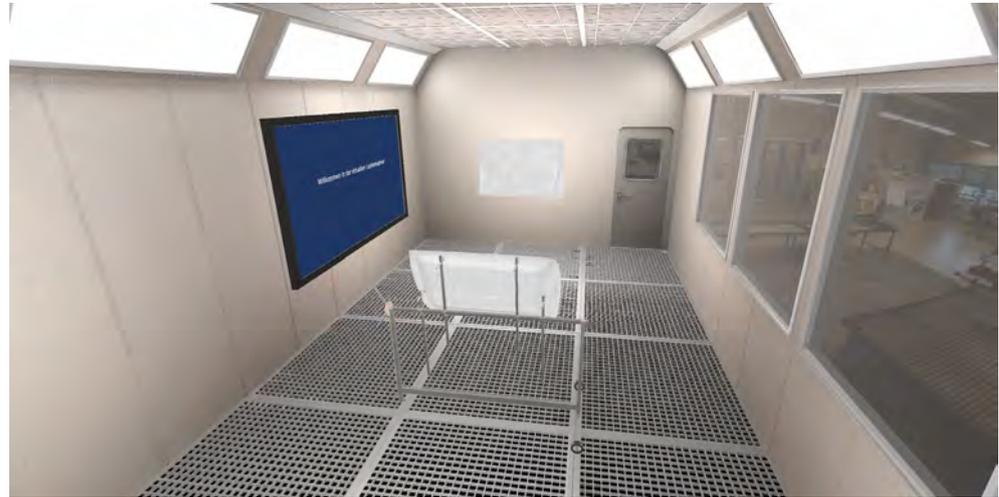


Abb. 3: Die VR-Lackierkabine mit folgenden Elementen: Plakat für Spitzprobe, Monitor, auf Halterung gespanntes Werkstück.

Ausserdem befindet sich ein Papier für eine Spritzprobe an der Wand, und ein Monitor zur Abbildung von multimedialen Darstellungen steht zur Verfügung. Gemäss dem jeweiligen Kundenauftrag, der jeder Lernaufgabe zugrunde liegt, sind die Auszubildenden dazu aufgefordert, eine oder mehrere Lackschichten zu applizieren. Zwischen den zuvor erwähnten Teilschritten kann durch die Interaktion mit farbigen Münzen gewechselt werden. Durch das Einsammeln einer grünen Münze gelangt man zum nächsten Teilschritt. Durch das Einsammeln einer roten Münze kehrt man zum vorherigen Teilschritt zurück. Ein virtueller Ausbildungsmeister (siehe Abb. 4) begleitet die Auszubildenden während einer Lernaufgabe, gibt Instruktionen und verbale Unterstützung. Darüber hinaus sind ausgewählte Wissensbausteine Teil einer Lernaufgabe. Über diverse multimediale Darstellungen (z. B. 3D-Thermometer, sortierbare Objekte und Erklärvideos) wird vor allem der Erwerb deklarativen Wissens (z. B. hinsichtlich Temperatur in Lackierkabine) und arbeitsrelevanter Einstellungen (z. B. hinsichtlich Sicherheitskleidung) adressiert. Der in Abschnitt 2.2 bereits erwähnte Distanzstrahl (siehe Abb. 4) unterstützt in der Aufgabenklasse Neuteillackierung die Auszubildenden bei der Einhaltung eines angemessenen Abstands zwischen Lackierpistole und Werkstück. Um ihnen eine Rückmeldung zu ihrer Leistung zu geben, stehen einerseits zahlenbasierte Erfolgsindikatoren (z. B. bzgl. Farbverbrauch, Einhalten einer angemessenen Geschwindigkeit) und andererseits die sogenannte *Heatmap* zur Verfügung (siehe Abb. 4). Letztere illustriert nach der Applikation auf dem Werkstück selbst in Farben die Schichtdicke. Mithilfe einer Lupenfunktion können Lackierung und *Heatmap* miteinander verglichen werden.

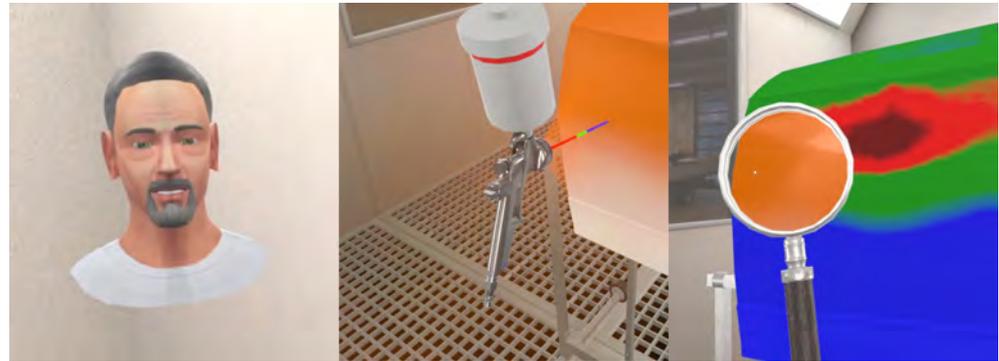


Abb. 4: Virtueller Ausbildungsmeister, Distanzstrahl und Heatmap mit Lupe.

Mit dem **Reflexionswerkzeug** (siehe Abb. 5) kann das Ausbildungspersonal die Lackierleistung innerhalb der Lernaufgaben gemeinsam mit einzelnen oder einer Gruppe von Auszubildenden im Nachhinein besprechen. Das System speichert hierfür alle Lackierarbeiten, die als Lernaufgaben in VR durchgeführt wurden. Zur Besprechung der Lernleistung kann zu verschiedenen Zeitpunkten in der Aufnahme gesprungen werden, um diese von dort an abzuspielen und an beliebigen Stellen zu pausieren. Dabei stehen jederzeit verschiedene Auswertungsparameter (z. B. Abstand zum Werkstück, Winkel und durchschnittliche Schichtdicke) zur Verfügung, die es mittels Farbskalen ermöglichen, die erreichten Resultate zu den Zielvorgaben in Bezug zu setzen. Ausserdem steht im Reflexionswerkzeug auch die bereits erwähnte Heatmap zu Verfügung und eine Visualisierung des Pfades der Lackierpistole unterstützt bei der Reflexion der Führung der Lackierpistole. So können Kompetenzdefizite, aber auch Fortschritte diskutiert und in darauffolgenden Aufgaben und Übungen gezielt adressiert werden, indem zusätzliche Hilfen bzw. Übungen integriert werden oder bei steigender Kompetenz das Schwierigkeitsniveau erhöht wird.



Abb. 5: Aufnahme im Reflexionswerkzeug mit aktiviertem Pfad der Lackierpistole.

2.4.3 Didaktisches Design

Im Zuge des Projekts wurde gemäss dem 4C/ID-Modell ein didaktisches Design ausgearbeitet. Das didaktische Design umschliesst die Konzeption eines für die beteiligten Personen (d. h. Lehr-/Ausbildungspersonal, Auszubildende) passenden Lehr-/Lernangebots.

Die VR-Anwendung beinhaltet die Aufgabenklassen Neuteil-, Reparatur- und Spot-Repair-Lackierung, welche sich wiederum aus mehreren Lernaufgaben und Part-Task-Practices zusammensetzen. Die Aufgabenklasse Neuteillackierung enthält beispielsweise sechs Lernaufgaben – von einem Fallbeispiel hin zu einem konventionellen Kundenauftrag – und drei Part-Task-Practices, um das Einhalten des Abstands zwischen Pistole und Werkstück zu üben. Lernaufgaben wie auch Part-Task-Practices wurden als Drehbücher formuliert. Die einzelnen Szenen (d. h. was der VR-Meister sagt, was auf dem Monitor abgebildet wird usw.) sind darin detailliert beschrieben. Ein Auszug ist in Abb. 6 dargestellt. Die Drehbücher wurden einerseits genutzt, um in mehreren Zyklen inhaltliches Feedback durch Ausbildungspersonal wie Lehrpersonen einzuholen, was in die Überarbeitung einfluss. Andererseits dienten sie dazu, die Lernaufgaben in VR umsetzen zu können (siehe Abschnitt 2.3 zur Systementwicklung). Neben den Lernaufgaben und Part-Task-Practices sind zur Umsetzung der Modellkomponente unterstützende Informationen und eine Vielzahl von Multimedia-Materialien (z. B. vertonte Präsentationsfolien) konzipiert worden. Bei der Entwicklung angemessener Just-in-time-Informationen stellte sich bereits

zu Projektbeginn dar, dass das Einhalten eines angemessenen Abstands zum Werkstück für Auszubildende herausfordernd ist. Dieser Herausforderung wird in der ersten Aufgabenklasse mit dem Distanzstrahl begegnet.

Szene	Werkstück und Pistole	VR-Meister	Monitor und Werkbank	Interaktion	Anmerkung Autorenwerkzeug
1	Weißer Motorhaube	Schön, dass du wieder da bist. Wir befinden uns mitten in der ersten Aufgabenklasse zu Neuteillackierungen. In zu dieser Lernaufgabe gehörenden Kundenauftrag geht es darum, eine Motorhaube in zwei Schichten mit einer Zweischichtlackierung zu lackieren. Was versteht man überhaupt unter einer Zwei-Schicht-Lackierung? Lege alle Bestandteile, die du für eine Zweischichtlackierung benötigst, in den Korb.	Korb und verschiedene Farbdosen: Basislack, 2K Klarlack, 2K-Decklack, Grundierfüller, Nass-in-Nass-Füller, Primer	Auswählen der Materialien Grüne Münze einsammeln Korrektes Ergebnis wird gezeigt Grüne Münze einsammeln	
2		Lerne nun mehr über die Unterschiede zwischen Ein-, Zwei- und Dreischichtlackierungen.	Vertonte Slideshow Decklackierungen	Grüne Münze einsammeln	
3		Du hast nun die Möglichkeit, den Kundenauftrag mitzugestalten. In welcher Farbe soll die Motorhaube lackiert werden?	MC-Frage: Farbe 1: MB 9744 Brillantsilber Farbe 2: MB 5890 Canvasitblau-metallic Farbe 3: MB 9197 Obsidianschwarz-metallic Farbe 4: MB 7755 Tenoritgrau-metallic	Kiste mit einer Kugel auf Werkbank Kugel in vorgesehenes Loch befördern Grüne Münze einsammeln	

Abb. 6: Auszug aus einem Drehbuch der Aufgabenklasse Neuteillackierung.

2.4.4 Begleitmaterialien

Die Befähigung des Ausbildungspersonals und der Lehrpersonen gilt neben der technischen Ausstattung als wichtigster Erfolgsfaktor bei der Einführung von digitalen Lernmedien im institutionellen Bildungskontext (Bach 2016; Kreidl 2011). Anhand der Anforderungsanalyse (siehe Abschnitt 2.1) hat sich herausgestellt, dass bei der Implementierung unterschiedliche Personengruppen (z. B. Technologiebeauftragte, Ausbildungspersonal, Lehrpersonen, Personen aus Leitungsebenen oder aus der IT-Abteilung) mit verschiedenen Perspektiven und Fragestellungen involviert sein können. Dementsprechend wurde im Rahmen des Projekts ein umfassendes Handbuch⁹ zur VR-Lackierwerkstatt entwickelt, welches als Grundlage für deren Einsatz im Ausbildungsgeschehen dient und durch seine inhaltliche Struktur die Perspektiven der verschiedenen Personengruppen adressiert. So werden nach einer allgemeinen Einführung die technischen Anforderungen mit Hinweisen zur Installation und Konfiguration sowie eine Praxisanleitung zur Nutzung und die didaktischen Grundlagen der VR-Lackierwerkstatt vorgestellt. Abschliessend werden die Funktionen der einzelnen Systemkomponenten (Autorenwerkzeug, Trainingsanwendung und Reflexionswerkzeug) in jeweils einzelnen Kapiteln beschrieben. Somit ist ein umfangreiches Dokument entstanden, welches im Kern das Ausbildungspersonal dabei unterstützt, den Unterricht mit der VR-Lackierwerkstatt didaktisch fundiert vorzubereiten und durchzuführen. Als Ergänzung wurden ein Tutorial-Video für die

9 Siehe Begleitmaterialien in GitHub: <https://github.com/HandLeVR/>, letzter Zugriff: 22.04.2022.

Nutzung der VR-Anwendung sowie Leitfäden mit Umgangs- und Verhaltensregeln sowie Hygienehinweisen entwickelt, um die Befähigung der Auszubildenden im Umgang mit der VR-Lackierwerkstatt zu erleichtern.

3. Evaluierung

3.1 Vorgehensweise

Nach zweieinhalb Jahren Projektarbeit wurde eine grösser angelegte Evaluierung durchgeführt. Die Mixed-Methods-Evaluierungsstudie generierte Daten aus: (1) Fragebögen, (2) Diskussionsgruppen und (3) Verhaltensbeobachtungen. In jeweils ein-tägigen Workshops wurden von angehenden Fahrzeuglackierer:innen der Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH sowie von drei weiteren nationalen Bildungszentren eine Lernaufgabe und eine Part-Task-Practice aus der Aufgabenklasse Neuteillackierung ausgeführt. Die Auszubildenden bearbeiteten die Aufgaben allein und selbstständig ohne externe Hilfe (siehe Abb. 7). Dabei kamen als HMDs *HTC VIVEs* und 3D-gedruckte Lackierpistolen (siehe Abb. 2) zum Einsatz. Die Versuchsleitungen folgten einem Leitfaden, um die Versuchsbedingungen so einheitlich wie möglich zu gestalten. Sie achteten darauf, dass die maximale Nutzungsdauer 30 Minuten nicht überstieg (Smith und Burd 2019). Vor der VR-Erfahrung schauten sich die Auszubildenden ein Video-Tutorial an, welches relevante Funktionalitäten innerhalb der VR und auch die Besonderheiten beim Tragen eines HMDs erklärt. Nach der VR-Erfahrung füllten alle Auszubildenden verschiedene Fragebögen aus und nahmen an einer Diskussionsgruppe teil.



Abb. 7: Ein Auszubildender testet die VR-Lackierwerkstatt.

3.2 Messinstrumente

Die schriftlichen Materialien bestanden aus mehreren Fragebögen. Als soziodemografische Daten wurden mit geschlossenen Fragen Alter, Geschlecht, Muttersprache, höchster Bildungsabschluss und Vorerfahrungen im Umgang mit VR erfasst.

Symptome des Unwohlseins in VR wurden retrospektiv und basierend auf den in der Literatur (z. B. Kim et al. 2018) als prävalent bezeichneten Symptomen (z. B. Schwindel, Übelkeit) auf einer Skala von 1 (*nicht vorhanden*) bis 4 (*stark*) bewertet.

Um die Wirksamkeit einzelner didaktischer Aspekte der VR-Lackierwerkstatt zu erheben, musste auf selbst erstelltes Fragebogenmaterial zurückgegriffen werden. Die zugrunde liegende Likertskala (Gesamtbewertung, Dauer der Lernaufgabe, didaktische Elemente, 4C/ID-Modell, Kompetenzerwerb) reichte hier von 1 (*stimme überhaupt nicht zu*) bis 5 (*stimme voll und ganz zu*).

Beispielitem: Die Multiple-Choice-Frage zu Ursachen von Läufern ist inhaltlich sinnvoll und hat mich beim Lernen unterstützt.

Die individuell erlebte Arbeitsbelastung wurde mithilfe des NASA-TLX (Hart 2006) erhoben. Der Fragebogen besteht aus mehreren Unterskalen (geistige Anforderungen, körperliche Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Leistung, Anstrengung) zur subjektiv erfahrenen Belastung in VR, die innerhalb eines 100-Punkte-Bereichs (0 = *wenig belastet*, 100 = *sehr belastet*) bewertet wurden.

Beispielitem: Wie hart musstest du dich anstrengen, um die Lernaufgaben zu erfüllen?

Die Nutzungserfahrung wurde mittels User Experience Questionnaire (UEQ) von Laugwitz, Held und Schrepp (2008) gemessen. Die VR-Erfahrung sollte anhand von Gegensatzpaaren auf einer siebenstufigen Skala (z. B. *erfreulich* – *unerfreulich*) bewertet werden. Die zugehörigen Subskalen des Fragebogens beziehen sich auf Attraktivität, Durchschaubarkeit, Effizienz, Steuerbarkeit, Stimulation und Originalität. Um ausserdem gezieltes Feedback zu ausgewählten Komponenten der Anwendung zu erhalten, wurden zusätzliche Aussagen generiert, bei denen die Proband:innen über eine Likertskala von 1 (*stimme überhaupt nicht zu*) bis 5 (*stimme voll und ganz zu*) angeben sollten, inwieweit sie den Aussagen zustimmen.

Beispielitem: Die Teleportation mit der Lackierpistole funktionierte problemlos.

Das Erleben von Präsenz in VR wurde mittels Multimodal Presence Scale (Makransky, Lilleholt, und Aaby 2017; Volkmann et al. 2018) erfasst. Das Mass unterscheidet zwischen physikalischer Präsenz, Selbst-Präsenz und sozialer Präsenz. Die zugrundeliegende fünfstufige Skala reicht von 1 (*stimmt gar nicht*) bis 5 (*stimmt völlig*).

Beispielitem: Die virtuelle Umgebung erschien mir real.

Allgemeine Einstellungen gegenüber der VR-Technologie wurden anhand mehrerer in der Akzeptanzforschung relevanter Kategorien erfasst: wahrgenommene Nützlichkeit und wahrgenommene Bedienbarkeit (Davis 1989), Verwendungsabsicht und wahrgenommener Genuss (Technology Acceptance Model nach Manis und Choi 2019) sowie Angst vor der Technologie (Bertrand und Bouchard 2008; Venkatesh und Morris 2003). Die ursprünglichen Items wurden ins Deutsche übersetzt und auf den vorliegenden Kontext übertragen. Sie sollten auf einer Likertskala von 1 (*stimme überhaupt nicht zu*) bis 5 (*stimme voll und ganz zu*) beantwortet werden.

Beispielitem: Ich denke, der Einsatz von VR-Trainings macht den Ausbildungsberuf attraktiver.

Nach dem Ausfüllen des Fragebogenmaterials wurden die Auszubildenden in der Diskussionsgruppe gebeten, Potenziale und Herausforderungen der VR-Lackierwerkstatt zu benennen. Dazu wurden sie in Kleingruppen ($N=5$) eingeteilt und erhielten Poster und weitere Schreibutensilien. Nach 30 Minuten Kleingruppenarbeit wurden die Auszubildenden gebeten, ihre Diskussionsergebnisse gemeinsam mit den anderen Gruppen, den Versuchsleitungen und den Ausbildungsmeister:innen zu teilen. Abbildung 8 visualisiert die zu diskutierenden Leitfragen und das Ergebnis einer Kleingruppenarbeit.



Abb. 8: Leitfragen der Diskussionsphase und Ergebnis einer ausgewählten Kleingruppenarbeit.

Die Daten der Fragebögen wurden mithilfe von SPSS quantitativ ausgewertet, und es wurden deskriptive und erste inferenzstatistische Analysen getätigt. Die Ergebnisse der Diskussion wurden nach der qualitativen Inhaltsanalyse von Kuckartz (2014) ausgewertet und induktiv Kategorien abgeleitet.

Neben den Fragebögen und Diskussionsgruppen lieferte auch das VR-System selbst Daten zum Verhalten der Auszubildenden in VR. Das Verhalten wurde anhand von Erfolgskriterien (z. B. zu Schichtdicke, Winkel) operationalisiert. Diese Daten könnten in die Bewertung einfließen. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurden diese Daten bislang nicht ausgewertet und sind Gegenstand künftiger Untersuchungen.

3.3 Empirische Ergebnisse

Insgesamt nahmen 47 Auszubildende teil, 16 von der Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH und 31 von anderen nationalen Ausbildungseinrichtungen. Ihr Alter lag zwischen 17 und 37 Jahren ($M=20.91$, $SD=3.65$). 23% sind weiblich, 77% männlich. Die Verteilung nach Bildungsabschluss ist Abb. 9 zu entnehmen.

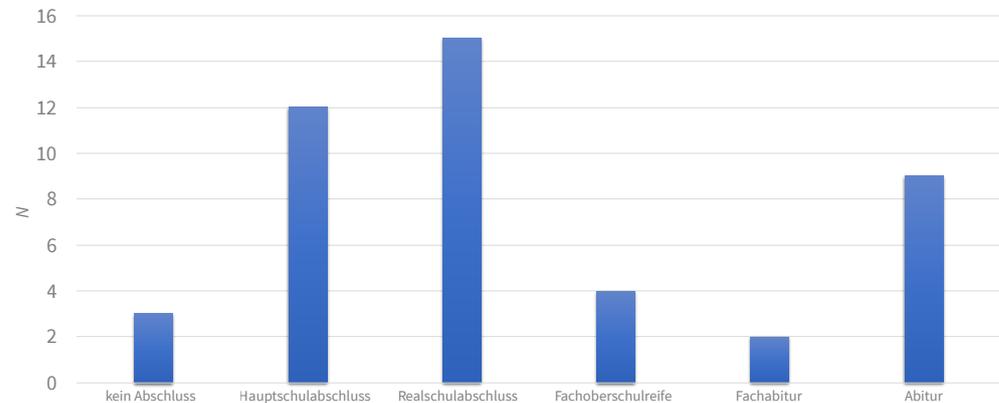


Abb. 9: Höchster Bildungsabschluss.

Für 75% ist die Erstsprache Deutsch. Weitere Auszubildende gaben als Muttersprache Armenisch oder Türkisch an. Die Hälfte der Auszubildenden (49%) berichtete, bereits Erfahrungen mit VR gemacht zu haben, allerdings in fast allen Fällen äusserst selten. Hinsichtlich Alter, Geschlecht, Muttersprache, Bildungsabschluss und Vorerfahrung mit der Technologie kann von einer repräsentativen Stichprobe gesprochen werden (BIBB 2019).

Die Auszubildenden wurden gebeten, eine Gesamtbewertung zu ihrer VR-Erfahrung abzugeben. Auf einer fünfstufigen Skala liegt die Zufriedenheit bei $M = 4.30$ ($SD = .70$) und die Weiterempfehlung der VR-Anwendung an andere Auszubildende bei $M = 4.46$ ($SD = .75$). Den hohen Mittelwerten und geringen Streuungen zufolge waren sich die Auszubildenden hinsichtlich ihrer hohen Bewertung der VR-Anwendung einig. In den Diskussionsgruppen wurden ausserdem Trainingselemente wie der Distanzstrahl, das interaktive Thermometer und die Heatmap als Vorteile genannt. Ferner wird die Möglichkeit, Fehler machen zu können, ohne Schaden anzurichten und Kosten zu verursachen, als befreiend bewertet. Das unangenehme Gefühl beim Tragen von HMDs und die visuelle Schärfe, durch die auch kleine Fehler (z. B. minimale Lackläufer) sichtbar werden können, wurden dagegen moniert.

Des Weiteren sollte die Dauer der Lernaufgaben bewertet werden. Abbildung 10 illustriert die Einschätzung der Auszubildenden. Der Grossteil der Auszubildenden empfand die Dauer der VR-Szenarien als genau richtig.

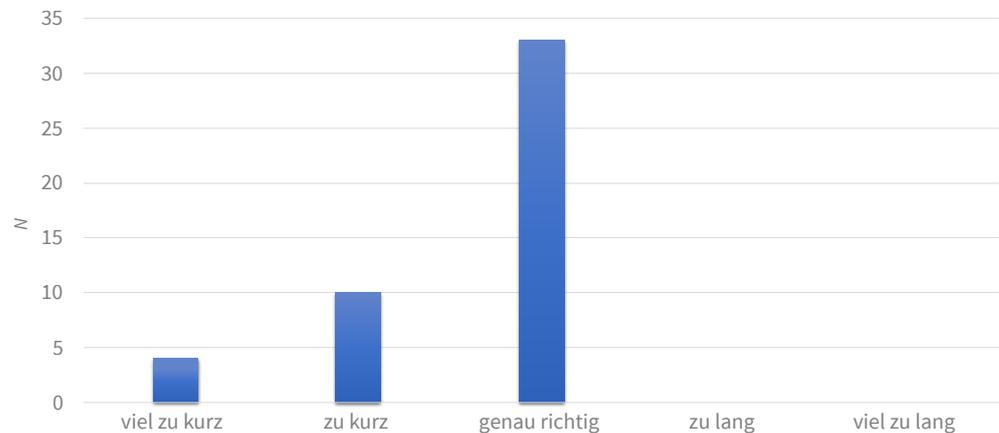


Abb. 10: Einschätzung der Auszubildenden zur Dauer der Lernaufgabe.

Neben diesen eher allgemeinen Befunden der Evaluierung sollen in den nachfolgenden Abschnitten u. a. Befunde aus Sicht der Didaktik und der Systementwicklung näher beleuchtet werden.

3.3.1 Didaktik und Lernprozessvariablen

Die Auszubildenden waren aufgefordert anzugeben, inwieweit die Lernaufgaben zum integrativen Erwerb von Kompetenzen, d. h. von Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen, beigetragen haben und ob es Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten von Kompetenzen gibt. Gemäss den Ergebnissen unterstützten Lernaufgaben den Erwerb von Fertigkeiten, Kenntnissen und Einstellungen gleichermaßen in zufriedenstellender Weise (siehe Tab. 1). Gepaarte t-Tests ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kompetenzarten (Wissen und Fertigkeiten: $t(46) = -.34$, $p = .74$; Einstellungen und Fertigkeiten: $t(46) = 1.12$, $p = .13$; Wissen und Einstellungen: $t(46) = 1.34$, $p = .07$). Demzufolge scheinen die eingesetzten VR-Szenarien – zumindest aus Sicht der Auszubildenden – den Erwerb von Fertigkeiten, Wissen und Einstellungen gleichermaßen zu unterstützen. Die erwartete Überlegenheit von VR zugunsten des Fertigkeitserwerbs und zum Nachteil des Wissens- und Einstellungserwerbs zeigte sich in der vorliegenden Studie nicht. Es ist jedoch zu betonen, dass es sich hier um retrospektive Einschätzungen von Auszubildenden handelt, die sich auf ein einziges VR-Erlebnis beziehen.

Subskala	<i>M</i>	<i>SD</i>
Wissen	3.17	.79
Fertigkeiten	3.21	.86
Einstellungen	3.45	.86

Tab. 1: Einschätzung der Auszubildenden hinsichtlich des Kompetenzerwerbs.

Die VR-Lackierwerkstatt wurde gemäss den vier Komponenten des 4C/ID-Modells konzipiert. Inwieweit das didaktische Design gelungen ist, sollte von den Auszubildenden anhand von vier Items bewertet werden. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 verschriftlicht. Alle vier Komponenten wurden gemäss den Ergebnissen von den Auszubildenden als für das Lernen förderlich bewertet. Demzufolge scheint auch die Passung des 4C/ID-Modells in der VR-Anwendung gelungen zu sein. Einschränkend ist jedoch anzumerken, dass die Ergebnisse nichts hinsichtlich der Wirksamkeit des Modells im Kontext VR sagen. Vielmehr zeigen sie, dass das Modell generell einsetzbar ist. Folgestudien sollten das verwendete 4C/ID-Modell mit anderen Instruktionsmodellen vergleichen.

Modellkomponente	<i>M</i>	<i>SD</i>
Vollständige Handlung in Form einer Lernaufgabe	3.98	.77
Sinnvolle unterstützende Informationen	4.02	.68
Sinnvolle Just-in-time-Informationen	3.68	.76
Sinnvolle Teilaufgaben	3.98	.74

Tab. 2: Einschätzung der Auszubildenden hinsichtlich der Passung des 4C/ID-Modells.

Die Auszubildenden wurden darüber hinaus gebeten, die Wirksamkeit einzelner didaktischer Elemente zu bewerten, die in die VR-Szenarien eingebunden waren. Die Ergebnisse sind in Tab. 3 zu finden. Auch wenn sämtliche didaktischen Elemente hoch bewertet wurden, fallen die besonders hohen Bewertungen für die Darstellung von typischen Lackierfehlern und für den Distanzstrahl auf.

Didaktisches Element	<i>M</i>	<i>SD</i>
Multiple-Choice-Frage	3.87	.69
Darstellung von typischen Lackierfehlern	4.22	.73
Münzen	3.93	.74
Interaktives Thermometer	3.96	.73
Virtueller Ausbildungsmeister	3.74	1.00
Präsentation zur Behebung von Läufern	3.72	.81
Lupe	3.65	1.06
Distanzstrahl	4.28	.81
Tutorial	3.58	.92

Tab. 3: Einschätzung der Auszubildenden hinsichtlich ausgewählter didaktischer Elemente.

Als Lernprozessvariablen wurden die Arbeitsbelastung, das Präsenzerleben und Symptome des Unwohlseins erhoben.

Generell wurden kaum Symptome des Unwohlseins berichtet. In einigen wenigen Fällen gaben die Auszubildenden an, dass sie Schwierigkeiten hatten, scharf zu sehen, oder berichteten von Desorientierung oder allgemeinem Unbehagen. Aufgrund der Seltenheit der Symptome wird auf eine genauere Darstellung an dieser Stelle verzichtet. Zu beachten ist jedoch, dass die Technologie nur innerhalb eines Tages eingesetzt wurde. Langzeiteffekte konnten so nicht betrachtet werden.

Hinsichtlich der Gesamtarbeitsbelastung lag der durchschnittliche Wert der Auszubildenden bei $M = 31.09$ ($SD = 25.05$). Die Werte für die Unterskalen sind Tab. 4 zu entnehmen. Der Befund zur Subskala zeitliche Anforderungen ist konsistent mit dem Befund, der in Abb. 10 visualisiert wurde. Insgesamt ist die subjektiv wahrgenommene Arbeitsbelastung im Vergleich zu anderen VR-Studien (z. B. Grier 2015) als niedrig einzuordnen. Es fallen jedoch hohe Streuungen auf. Dementsprechend scheinen die Auszubildenden die Belastung durch die VR-Technologie sehr unterschiedlich wahrgenommen zu haben. Des Weiteren ergab sowohl die Frage zur NASA-TLX-Subskala zeitliche Anforderungen als auch die Frage zur zeitlichen Dauer, dass die in VR verbrachte Zeit als kurz wahrgenommen wurde. Zukünftige Studien sollten untersuchen, ab welchem Zeitpunkt der Gebrauch von VR bzw. HMDs als aversiv erlebt wird.

Subskala	<i>M</i>	<i>SD</i>
Geistige Anforderungen	47.17	25.33
Körperliche Anforderungen	46.05	28.09
Zeitliche Anforderungen	17.50	18.85
Leistung	35.09	24.98
Anstrengung	25.66	28.00

Tab. 4: Einschätzung der Auszubildenden hinsichtlich der Arbeitsbelastung (NASA-TLX).

Hinsichtlich des Präsenzerlebens scheinen die Auszubildenden sich über alle drei Subfacetten des Konstrukts hinweg in VR anwesend gefühlt zu haben ($M = 3.43$, $SD = .65$). Die Einzeldaten sind in Tab. 5 verschriftlicht. Bei allen Facetten der Skala sind hohe Mittelwerte und geringe Streuungen zu finden, was darauf hindeutet, dass die Auszubildenden sich voll auf die virtuelle Umgebung einlassen und in diese eintauchen konnten.

Subskala	<i>M</i>	<i>SD</i>
Physikalische Präsenz	3.88	.56
Selbst-Präsenz	3.27	.83
Soziale Präsenz	3.12	.87

Tab. 5: Einschätzung der Auszubildenden hinsichtlich Präsenzerleben.

3.3.2 Systementwicklung

Hinsichtlich der User-Experience schnitt die VR-Anwendung in allen Subskalen gut bis sehr gut ab, und das bei einer geringen Streuung (siehe Abb. 11). Insbesondere hinsichtlich Attraktivität, Durchschaubarkeit und Stimulation wurden sehr gute Werte erreicht. Die etwas schlechteren Ergebnisse bei der Effizienz und der Steuerbarkeit sind vermutlich auf kleinere Probleme in der Nutzung der Anwendung zurückzuführen. So gab es vermehrt die Rückmeldung, dass die Navigation zwischen den einzelnen Teilschritten der Aufgabe über die farbigen Münzen nicht immer durchschaubar war und teilweise unzuverlässig funktionierte. Es kam vor, dass sich die Münzen ausserhalb des Sichtfelds befanden und den Auszubildenden somit nicht bewusst war, dass zum nächsten Teilschritt gewechselt werden konnte. Auch war die Auswahl der Münzen in grösserer Entfernung, die durch einen Lichtstrahl umgesetzt wurde, nicht immer zuverlässig, da die Münzen zu klein waren, um sie präzise auswählen zu können. Auch zur Teleportation und Interaktion mit Objekten gab es vereinzelt die Rückmeldung, dass diese Features nicht immer funktionierten. An dieser Stelle sei auch angemerkt, dass sich die aktuell noch sehr innovativ anmutende und ungewohnte VR-Technologie nach Erfahrung der entwickelnden Autor:innen typischerweise verfälschend auf einzelne Subskalen auswirkt. So schneiden VR-Anwendungen hinsichtlich der Originalität oft übermässig positiv ab.

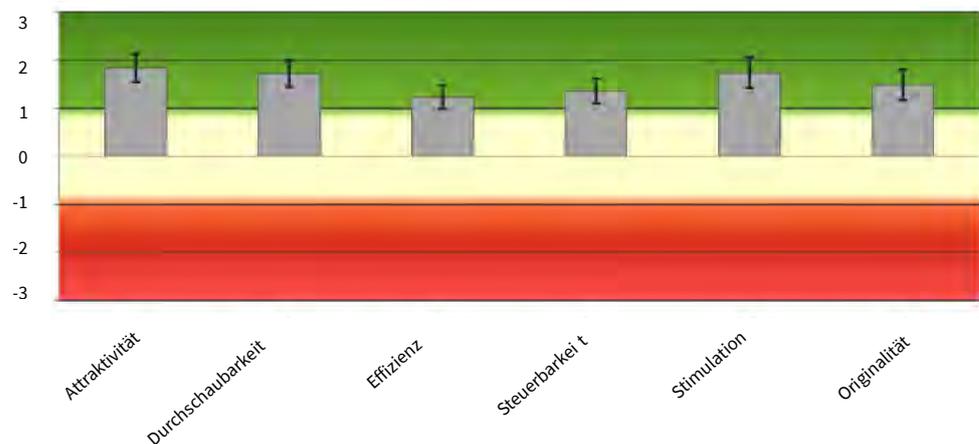


Abb. 11: Ergebnisse des User Experience Questionnaires.

Die Ergebnisse zu den zusätzlichen Aussagen sind in Tab. 6 zusammengefasst. Auch hier wurden durchgängig gute Resultate erzielt. In den Diskussionsgruppen gab es viel positive Rückmeldung, insbesondere zur realistischen Darstellung von Läufern bei der Applikation von zu viel Lack. Es wurde aber auch angemerkt, dass der Lack zu schnell glänzt und nicht den Detailgrad eines echten Lacks erreicht. Die fehlende Darstellung des Druckschlauchs in VR wurde von einigen Auszubildenden

bemängelt, wobei die Bewertungen hier weit auseinandergingen. Die Teleportation war nur möglich, wenn sich die Lackierpistole weiter weg vom Werkstück befand, was im Allgemeinen gut angenommen wurde. Hier gab es aber eine grössere Streuung in den Ergebnissen, was vermutlich auf die bereits angesprochenen vereinzelt Probleme bei der Teleportation zurückzuführen ist. Auch die Führung des Druckschlauchs und die Interaktion mit Objekten funktionierte gut, wobei bei Letzterer eine bessere Hervorhebung von interagierbaren Objekten gewünscht wurde.

Komponente	<i>M</i>	<i>SD</i>
Lackdarstellung	3.64	.77
Lackierpistole	4.16	.74
Führung des Druckschlauchs	3.87	.82
Kein Druckschlauch in VR	3.78	.97
Interaktion mit Objekten	3.82	.84
Teleportation	4.04	.95
Werkstück	4.00	.85

Tab. 6: Einschätzungen der Auszubildenden hinsichtlich einzelner Komponenten der VR-Anwendung.

3.3.3 Einstellungen gegenüber VR

Zur Erhebung allgemeiner Einstellungen gegenüber der VR-Technologie wurden verschiedene Aussagen zur Nutzbarkeit und Wirksamkeit abgefragt. Das Gesamtergebnis zeigt eine insgesamt positive Einstellung der Auszubildenden gegenüber der VR-Technologie ($M = 3.42$, $SD = 1.05$). Die Items sind bestimmten Einflussfaktoren zugeordnet, wodurch ein differenziertes Bild erzeugt wird (siehe Tab. 7).

Faktor	<i>M</i>	<i>SD</i>
Wahrgenommene Nützlichkeit	3.51	.67
Wahrgenommene Bedienbarkeit	3.81	.49
Verwendungsabsicht	3.84	.79
Wahrgenommener Genuss	4.09	.80
Angst vor Bedienbarkeit	2.09	.97

Tab. 7: Einschätzungen der Auszubildenden hinsichtlich der Akzeptanz.

Mit Ausnahme der Angst vor der Technologie liegen die einzelnen Faktoren im positiven Niveau mit einer eher geringen Streuung. Dabei wurde der wahrgenommene Genuss von den Auszubildenden am höchsten bewertet. Dieser Faktor beschreibt, inwieweit die Nutzung als angenehm bzw. unterhaltsam empfunden wird – unabhängig von Nutzen bzw. Leistung der Technologie (Manis und Choi 2019) –, und wird in verschiedenen Studien zu digitalen Lernmedien als wichtiger Einflussfaktor

identifiziert (Abdullah und Ward 2016). Im Vergleich dazu wurde die wahrgenommene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit von den Auszubildenden eher niedrig bewertet. Dies könnte im Zusammenhang mit der geringen Vorerfahrung mit VR-Technologien stehen. Diverse Studien belegen, dass fehlende Vorerfahrung die wahrgenommene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit negativ beeinflussen (Pletz und Zinn 2018; Thim 2017). Aufgrund der nicht vorhandenen Vorerfahrung ist der niedrige Wert hinsichtlich des Faktors Angst vor Bedienbarkeit ein positives Ergebnis. Der Wert sagt aus, dass die Auszubildenden keine oder geringe Berührungsängste in Bezug auf die Technologie haben. Angst vor der Bedienung als emotionaler Faktor ist dabei mit Vermeidung oder geringerer Nutzung assoziiert (Abdullah und Ward 2016; Bertrand und Bouchard 2008), was im Falle der VR-Lackierwerkstatt eher als unwahrscheinlich einzuschätzen ist. Wichtig ist zu betonen, dass die erhobenen Einflussfaktoren mit zunehmender Erfahrung der Auszubildenden sowohl positiv als auch negativ beeinflusst werden (Thim 2017). Entsprechend könnten weitere Erhebungen in Bezug auf eine zeitlich längere Nutzung der VR-Lackierwerkstatt weitere Erkenntnisse hinsichtlich der Akzeptanz der VR-Technologie liefern.

4. Diskussion

Der vorletzte Abschnitt des Artikels fasst die Projektergebnisse und die Resultate der Evaluierungsstudie mit Blick auf die im ersten Abschnitt formulierten Forschungsfragen zusammen.

Auf die erste Forschungsfrage «Ist das VR-Training geeignet, um den Kompetenzerwerb im Rahmen der Berufsausbildung zum Fahrzeuglackierer bzw. zur Fahrzeuglackiererin zu unterstützen?» kann geantwortet werden, dass die VR-Trainingsanwendung generell geeignet ist, um den Kompetenzerwerb im Rahmen dieser Berufsausbildung zu unterstützen. Es braucht jedoch grösser angelegte Studien mit einem Blick auf Langzeitwirkungen, die untersuchen, inwiefern ein nachhaltiger Einsatz der VR-Lackierwerkstatt in der Berufsausbildung gelingen kann und inwiefern sich die Integration in die Ausbildung und über mehrere Ausbildungsjahre auf den Kompetenzerwerb – genauer gesagt den Erwerb von Wissen, Fertigkeiten und Einstellungen – sowie auf den Transfer in die Berufspraxis auswirkt.

Die zweite Forschungsfrage betrachtete, inwieweit latente Lernprozessvariablen die Nutzung der VR-Lernumgebung beeinflussen. Symptome des Unwohlseins konnten zumindest in dieser Untersuchung selten festgestellt werden. Das Erleben von Präsenz und Arbeitsbelastung während der VR-Erfahrung scheint relevant zu sein. Zukünftige Forschung sollte Zusammenhänge der Konstrukte hinsichtlich der Lernresultate der VR-Lernanwendung fokussieren.

Die dritte Forschungsfrage zielte auf die Nutzungsfreundlichkeit der VR-Anwendung ab. Insgesamt hat die VR-Umgebung hinsichtlich der Nutzungserfahrung sehr gut abgeschnitten. Insbesondere die realistische Darstellung der Farbkabine, der Lackierpistole und des Farbauftrags wurde positiv bewertet. Es wurde aber auch angemerkt, dass die Darstellung der Lacke hinsichtlich der Glanzentwicklung und des Detailgrades nicht an die Realität heranreicht. Hier stösst die aktuelle Technologie sowohl softwareseitig als auch in der Darstellungsqualität von HMDs noch an ihre Grenzen. Viele der in der Evaluierung identifizierten Probleme wurden aufgegriffen, um die Anwendung weiter zu verbessern. So wurde beispielsweise der Auswahlbereich der Münzen vergrössert und die Teleportation angepasst.

Die vierte und letzte Forschungsfrage fokussierte die Akzeptanz der eingesetzten Technologie durch die Zielgruppe der Auszubildenden. Gemäss der vorliegenden Evaluierung wird die verwendete VR-Technologie generell von der Zielgruppe angenommen. Massnahmen für den Abbau von Hürden oder Widerständen waren dementsprechend nicht notwendig. Um die Akzeptanz weiter zu fördern, wurden Begleitmaterialien zum Umgang mit der VR-Technologie erstellt, die den Einstieg erleichtern.

5. Limitationen und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung basiert nicht auf einem Kontrollgruppendesign, d. h., die Ergebnisse des Kompetenzerwerbs wurden nicht verglichen mit einer Gruppe, die ohne die VR-Technologie lernte. Aus mehreren Gründen wurde sich gegen ein solches Forschungsdesign entschieden: Zunächst sei auf die grundlegenden Bedenken verwiesen, die gegenüber Medienvergleichsstudien seit vielen Jahren vonseiten der mediendidaktischen Forschung vorgebracht werden (z. B. Reeves und Lin 2020; Rey 2010). Mediengestützte Verfahren lassen sich nicht sinnvoll mit traditionellen Formaten vergleichen, denn es ist nicht die Technik an sich, die eine Wirkung für das Lernen entfaltet, sondern ein Treatment, in dem ein bestimmtes didaktisches Design in einer Technik für eine gegebene Lehr-Lern-Situation implementiert wird. Aus diesem Grund sind Studien umstritten, die als schlichter Medienvergleich angelegt sind. Die Herausgeber der Zeitschrift *Educational Technology: Research & Development* lehnen entsprechende Forschungsdesigns etwa explizit ab (Johnson et al. 2021).

Ferner wurden im Rahmen dieser Studie lediglich deskriptive und erste inferenzstatistische Analysen berichtet. Die erhobenen Daten bieten jedoch die Möglichkeit, weitere Analysen anzustellen und beispielsweise die Zusammenhänge zwischen Konstrukten (z. B. zwischen der Akzeptanz von VR-Anwendungen und dem Erleben von Präsenz) zu betrachten.

Darüber hinaus war für das Projekt wesentlich, dass in der Ausbildung von Fahrzeuglackierer:innen die Möglichkeit zum intensiven und wiederholten Training an einer Reihe unterschiedlich komplexer Werkstücke vielfach nicht hinreichend sichergestellt ist. Sie haben also schlicht nicht ausreichend Gelegenheiten zum Trainieren und Ausbilden von Fertigkeiten des Lackierens. Die Betriebe verfügen häufig nicht über das Trainingsmaterial. Der Lack ist für reines Training oft zu teuer und zudem umwelt- und gesundheitsschädlich. Die betrieblich verfügbaren Lackierwerkzeuge und -kabinen werden meist für die Bearbeitung von Kundenaufträgen benötigt. Fasst man diese Rahmenbedingungen zusammen, wird deutlich, wie wenig sinnvoll ein Vergleich einer Gruppe mit vs. ohne VR-Lernanwendung ist. Interessant wäre dagegen ein Vergleich unterschiedlicher didaktischer Designs, auch zur Prüfung des 4C/ID-Modells, das den Erwerb von Fertigkeiten beschreibt und hier erstmals im Kontext von VR-Trainingsumgebungen zur Anwendung gekommen ist.

Es sei zudem darauf verwiesen, dass die entwickelte VR-Anwendung zwar mit verschiedenen HMDs und VR-Controllern erprobt wurde, dass jedoch die gewonnenen Erkenntnisse aus technischer Sicht nach wie vor spezifisch für das konkrete Setting sind. Andere Geräte, andere Software oder andere Interaktionsformen können zu anderen Bewertungen der Nutzung des Systems führen. Eine Übertragung der aus der vorliegenden Empirie abgeleiteten Aussagen auf VR im Allgemeinen wäre somit unzulässig.

Neben den anwendungsspezifischen Erkenntnissen sind jedoch einige durchaus verallgemeinerbare Resultate und Erfahrungen aus der Projektarbeit anzuführen. Dazu zählt insbesondere die konsequent angewandte *agile Entwurfsmethodik* (siehe Abb. 1), die nicht nur die Arbeit im Projekt strukturiert hat und ermöglichte, dass jederzeit ein nutzbarer Prototyp verfügbar war, sondern insbesondere auch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Mediendidaktik und Bildungstechnologie sowie einen beständigen Austausch hinsichtlich Theorie und Praxis ermöglicht hat. Wenn auch die engmaschigen Abstimmungen externen Betrachtenden aufwendig erschienen sein mögen, so wurde dadurch doch ein geteiltes Verständnis zwischen allen Projektbeteiligten sichergestellt, was abweichende Erwartungshaltungen oder Missverständnisse schnell aufzuzeigen bzw. zu beheben half.

Ebenso wurden durch die konsequente Einbindung von Praxis- und Transferpartnern die Relevanz für das Berufsfeld und die Nachhaltigkeit der Entwicklung befördert. Dies äusserte sich beispielsweise in Überlegungen zum Autoren- und zum Reflexionswerkzeug, die sich in die Ausbildungspraxis einfügen und aufwandsarm betreibbar sein müssen. Auch die Abstimmung zum Lizenzmodell der veröffentlichten Software berücksichtigt die Bedürfnisse aller Partner, sowohl aus der Forschung nach möglichst breitem Teilen als auch aus der Praxis nach kommerzieller Verwertbarkeit. Ob damit ein nachhaltiger Betrieb und eine Weiterentwicklung der Ergebnisse möglich werden, muss die Zukunft zeigen.

Literatur

- Abdullah, Fazil, und Rupert Ward. 2016. «Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by analysing commonly used external factors». *Computers in Human Behavior* 56 (March): 238–56. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.036>.
- Allcoat, Devon, and Adrian von Mühlennen. 2018. «Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement». *Research in Learning Technology* 26. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>.
- Bertrand, Manon, and Stéphane Bouchard. 2018. «Applying the technology acceptance model to VR with people who are favorable to its use». *Journal of Cyber Therapy & Rehabilitation: 200-210*. <https://interactivemediainstitute.com/wp-content/uploads/2019/04/JCR-12.pdf#page=80>.
- Bach, Alexandra. 2016. «Nutzung von digitalen Medien an berufsbildenden Schulen – Notwendigkeit, Rahmenbedingungen, Akzeptanz und Wirkungen». *Jahrbuch der berufs- und wirtschaftspädagogischen Forschung: 107-123*. <https://doi.org/10.25656/01:12732>.
- Bhagat, Kaushal Kumar, Wei-Kai Liou, und Chun-Yen Chang. 2016. «A cost-effective interactive 3D virtual reality system applied to military live firing training». *Virtual Reality* 20 (2): 127-140. <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0284-x>.
- Bundesinstitut für Berufsbildung – BIBB. 2019. «Datensystem Auszubildende – Datenblätter». <https://www.bibb.de/dienst/dazubi/de/1871.php?fulltextSbmt=anzeigen&src=berufesuche&keyword=Fahrzeuglackierer>.
- Champney, Roberto K., Kay M. Stanney, Laura Milham, Meredith B. Carroll, und Joseph V. Cohn. 2017. «An examination of virtual environment training fidelity on training effectiveness». *International Journal of Learning Technology* 12 (1): 42-65. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2017.083997>.
- Conges, Aurélie, Alexis Evain, Frederick Benaben, Olivier Chabiron, und Sebastien Rebiere. 2020. «Crisis management exercises in virtual reality». *IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops: 87-92*. <https://doi.org/10.1109/VRW50115.2020.00022>.
- Costa, Joana Martinho, Guilhermina Lobato Miranda, und Mário Melo. 2022. «Four-component instructional design (4C/ID) model: A meta-analysis on use and effect». *Learning Environments Research* 25 (2): 445-463. <https://doi.org/10.1007/s10984-021-09373-y>.
- Davis, Fred. 1989. «Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology». *MIS Quarterly* 13: 319–339. <https://doi.org/10.2307/249008>.
- Grier, Rebecca A. 2015. «How high is high? A meta-analysis of NASA-TLX global workload scores». *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 59 (1): 1727-1731. <https://doi.org/10.1177/1541931215591373>.
- Hamilton, David, Jim McKenchnie, Edward Edgerton, und Claire 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* 8 (1): 1-32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>.

- Hart, Sandra G. 2006. «NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later». *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* 50 (9): 904–908. <https://doi.org/10.1177/15419312060500090>.
- 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): 1515-1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>.
- Johnson, Tristan. E., Lin Lin, Patricia A. Young, Hale Ilgaz, Gwendolyn Morel, und J. Michael Spector. 2021. «Thinking from Different Perspectives: Academic Publishing Strategies and Management in the Field of Educational Technology». *What Journal Editors Wish Authors Knew About Academic Publishing*: 37–48. <https://www.learntechlib.org/primary/p/219093/>.
- Kim, Hyun K., Jaehyun Park, Yeongcheol Choi, und Mundeong 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>.
- Kim, Kevin Gonyop, Catherine Oertel, Martin Dobricki, Jennifer K. Olsen, Alessia E. Coppi, Alberto Cattaneo, und Pierre Dillenbourg. 2020. «Using immersive virtual reality to support designing skills in vocational education». *British Journal of Educational Technology* 51 (6): 2199–2213. <https://doi.org/10.1111/bjet.13026>.
- Konieczny, Jonathan, Gary Meyer, Clement Shimizu, John Heckman, Mark Manyen, und Marty Rabens. 2008. «VR spray painting for training and design». *Proceedings of the 2008 ACM symposium on Virtual reality software and technology*: 293-294. <https://doi.org/10.1145/1450579.1450659>.
- Kozak, J. J., P.A. Hancock, E. J. Arthur, und S. T. Chrysler. 1993. «Transfer of training from virtual reality». *Ergonomics* 36 (7): 777–784. <https://doi.org/10.1080/00140139308967941>.
- Kreidl, Christian. 2011. «Akzeptanz und Nutzung von E-Learning-Elementen an Hochschulen. Gründe für die Einführung und Kriterien der Anwendung von E-Learning». <https://doi.org/10.25656/01:8288>.
- Kuckartz, Udo. 2014. *Mixed methods: methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Wiesbaden: Springer.
- Laugwitz, Bettina, Theo Held, und Martin Schrepp. 2008. «Construction and evaluation of a user experience questionnaire». *Symposium of the Austrian HCI and usability engineering group*: 63-76. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6.
- Li, Lan, Fei Yu, Dongquan Shi, Jianping Shi, Zongjun Tian, Jiquan Yang, Xingsong Wang, und Qing Jiang. 2017. «Application of virtual reality technology in clinical medicine». *American journal of translational research* 9 (9): 3867-3880. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28979666/>.
- Makransky, Guido, Lau Lilleholt, und Anders Aaby. 2017. «Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach». *Computers in Human Behavior* 72: 276-285. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.066>.

- 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): 937-958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>.
- Manis, Kerry T., und Danny Choi. 2019. «The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware». *Journal of Business Research* 100: 503-513. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.021>
- McCloy, Rory, und Robert Stone. 2001. «Virtual reality in surgery». *Bmj* 323 (7318): 912-915. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7318.912>.
- Merchant, Zahira, Ernest Goetz, Lauren Cifuentes, Wendy Keeney-Kennicutt, und Trina Davis. 2014. «Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis». *Computers & Education* 70: 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.
- Mikropoulos, Tassos A., und Antonis Natsis. 2011. «Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009)». *Computers & Education* 56 (3): 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>.
- 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>.
- Pletz, Carolin, und Bernd Zinn. 2018. «Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen». *Journal of Technical Education (JOTED)* 6 (4): 86-105. <https://doi.org/10.48513/joted.v6i4.143>.
- 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>.
- Reeves, Thomas C., und Lin Lin. 2020. «The research we have is not the research we need». *Educational Technology Research and Development* 68 (4): 1991-2001. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09811-3>.
- Rey, Günter Daniel. 2010. «Multimedia learning: Are we still asking the wrong questions? ». *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 19 (1): 103-120. <https://www.learn-techlib.org/primary/p/33131/>.
- Rose, F. D., B. M. Brooks, und E. A. Attree. 2000. «Virtual reality in vocational training of people with learning disabilities». *3rd International conference on disability, virtual reality and associated technologies*: 129-135. <https://centaur.reading.ac.uk/19120/>.
- Sacks, Rafael, Amotz Perlman, und Ronen Barak. 2013. «Construction safety training using immersive virtual reality». *Construction Management and Economics* 31 (9): 1005-1017. <https://doi.org/10.1080/01446193.2013.828844>.
- Schmitz, Andrea, und Miriam Mulders. 2021. «Institutionelle Rahmenbedingungen für den Einsatz von Virtual Reality als Lerntechnologie». *Proceedings of DELFI Workshops 2021*: 47-58. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:1393-opus4-7338>.

- 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>.
- Stone, R. T., E. McLaurin, P. Zhong, und K. Watts. 2013. «Full virtual reality vs. integrated virtual reality training in welding». *Welding Journal* 92 (6): 167–174. http://files.aws.org/wj/supplement/WJ_2013_06_s167.pdf.
- Sutherland, J. J. 2020. *Das Scrum-Praxisbuch*. Bad Langensalza: Campus/Beltz.
- Thim, Christof. 2017. *Technologieakzeptanz in Organisationen – Ein Simulationsansatz*. Dissertation. Universität Potsdam. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-401070>.
- Van Merriënboer, Jeroen J., Otto Jelsma, und Fred G. Paas. 1992. «Training for reflective expertise: A four-component instructional design model for complex cognitive skills». *Educational Technology Research and Development* 40 (2): 23–43. <https://doi.org/10.1007/BF02297047>.
- Vélaz, Yaiza, Jorge Rodríguez Arce, Teresa Gutiérrez, Alberto Lozano-Rodero, und Angel Susescun. 2014. «The influence of interaction technology on the learning of assembly tasks using virtual reality». *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 14 (4): 041007. <https://doi.org/10.1115/1.4028588>.
- Venkatesh, Viswanath, Michael G. Morris, Gordon B. Davis, und Fred D. Davis. 2003. «User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View». *MIS Quarterly* 27: 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>.
- Volkman, Torben, Daniel Wessel, Nicole Jochems, und Thomas Franke. 2018. «German Translation of the Multimodal Presence Scale». *Mensch und Computer 2018 – Tagungsband*: 475–479. <https://doi.org/10.18420/muc2018-mci-0428>.
- Xie, Biao, Huimin Liu, Rawan Alghofaili, Yongqi Zhang, Yeling Jiang, Flavio Destri Lobo, Changyang Li, Wanwan Li, Haikun Huang, Mesut Akdere, Christos Mousas, und Lap-Fai Yu. 2021. «A review on virtual reality skill training applications». *Frontiers in Virtual Reality* 2: 645153. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.645153>.
- Yang, Ungyeon, Gun. A. Lee, Seonhyung Shin, Sunya Hwang, und Wookho Son. 2007. «Virtual reality based paint spray training system». *2007 IEEE Virtual Reality Conference*: 289–290. <https://doi.org/10.1109/VR.2007.352506>.
- Zender, Raphael, Matthias Weise, Markus von der Heyde, und Heinrich Söbke. 2018. «Chancen und Herausforderungen beim Lernen und Lehren mit VR/AR-Technologien». *DeLFI - Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik*: 275–276. <https://doi.org/10.18154/RWTH-2018-229913>.
- Zender, Raphael, Pia Sander, Miriam Mulders, Matthias Weise, Ulrike Lucke, und Michael Kerres. 2019. «HandLeVR: Action-Oriented Learning in a VR Painting Simulator». *International Symposium on Emerging Technologies for Education*: 46–51. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38778-5_6.
- Zender, Raphael, und Matthias Weise. 2020. «VR-Lernumgebungen am Beispiel der Lackierwerkstatt im Projekt HandLeVR». *Proceedings of DELFI Workshops 2020*: 19–30. <https://doi.org/10.18420/delfi2020-ws-103>.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Ein virtueller Laborrundgang – Gestaltung, Entwicklung und Evaluierung

Praxisbeispiel aus dem Projekt DigiLabTour Ost

Christoph Braun¹ , Fares Kayali²  und Thomas Moser¹ 

¹ Fachhochschule St. Pölten

² Universität Wien

Zusammenfassung

Kleine und mittlere Unternehmen in Niederösterreich stehen aktuell vor der Herausforderung, dass oftmals nur wenig Zeit zur Weiterbildung aufgewendet werden kann. Obwohl Einrichtungen wie FabLabs oder MakerLabs zum Besuch von Workshops zu den Themen wie 3D-Druck oder Lasercutting in ihre Werkstätten und Labore einladen, sind die Einrichtungen zur Kompetenz- oder Wissensaneignung dennoch bei der Zielgruppe wenig bekannt. Daher wurde das Projekt DigiLabTour Ost gestartet mit dem Ziel, derartige Räume der Zielgruppe zeit- und ortsunabhängig in Form von virtuellen Besichtigungen zugänglich zu machen. Ziel ist es, ausgewählte Labore online und als didaktisches Szenario, bestehend aus Komponenten der Vermittlung, Aktivierung und Betreuung für die Lernenden aufzubereiten. Mit diesem Artikel wird anhand eines Praxisbeispiels, ein gestaltungsorientierter Forschungsprozess dargestellt und gezeigt, wie virtuelle Rundgänge als Lösung für ein praktisches Bildungsproblem konzeptioniert, produziert und evaluiert werden können. Als Ausgangsbasis dienen dabei bereits vorab definierte Gestaltungsfragen, die es im Kontext des Praxisbeispiels zu beantworten galt. Nach der Entwicklung und der Präsentation erster virtueller Rundgänge zeigte eine formative Evaluierung, dass die Webanwendung von der Zielgruppe positiv angenommen wird. Basierend auf der zielgruppenorientierten Interaktionsgestaltung sollen nun weiterführende Untersuchungen zur Integration von sequenzierten Animationen in virtuellen Rundgängen durchgeführt werden.

Virtual Laboratory Exploration Tour – Design, Development and Evaluation. Practical Example from the Project DigiLabTour Ost

Abstract

Small and medium-sized enterprises (sme's) in Lower Austria are currently facing the challenge that often there is not enough time for further education available. Although facilities such as FabLabs or MakerLabs invite to attend on their workshops in the field of 3D printing or laser cutting in their workrooms and laboratories, the facilities are still little known at the target group for knowledge transfer. Therefore, the project DigiLabTour Ost was initiated targeting to make such spaces independently from time and location accessible to the target group using virtual tours. Selected laboratories should be online and prepared as a didactic scenario accessible. The article presents a practical example of a design-based research process and shows how virtual tours could be designed, produced, and evaluated to solve a practical problem in education. Starting from a set of predefined design questions which should be answered in the context of the practical example, the process of development and the first virtual tours followed. A formative evaluation showed that the web application is accepted by the target group. Based on the target group-oriented interaction design, further investigations on the integration of sequenced animations in virtual tours shall be conducted.

1. Einleitung

Makerspace, MakerLab, FabLab etc. – unter diesen und weiteren Namen entstehen seit mehreren Jahren thematisch angepasste Werkräume bzw. Werkstätten. Konzipiert, um beispielsweise den Studierenden einer Hochschule einen Raum für Projektarbeiten oder auch Unternehmen einen Ort für prototypische Entwicklungen zu bieten, werden diese Einrichtungen ebenso im Rahmen von Workshops, z. B. zur Vermittlung oder zum Ausprobieren von aktuellen digitalen Fertigungstechnologien genutzt. Die Ausstattung dieser FabLabs (fabrication laboratories) besteht heutzutage zumeist – neben Handwerkzeug und Maschinen zur Holz- und Metallbearbeitung – aus Technologien wie 3D-Druck-, Laserschneide- und weiteren digitalen Produktionsmaschinen (Bohne 2013). Je nach konkreter Ausstattung werden dazu ebenfalls Lehr-Lernszenarien für die jeweiligen Zielgruppen angeboten und die Aktivitäten z. B. für Kinder oder auch für angestellte Personen von Unternehmen zur Weiterbildung angepasst (Blikstein et al. 2019). Neben weiteren Lehrveranstaltungen, werden dabei zumeist Lehreinheiten zum allgemeinen Kennenlernen der Ausstattung bzw. der Technologien und zur Einschulung auf den Maschinen angeboten. Ziel ist es

dabei auch, die Personen zur selbstständigen Nutzung bzw. zur Inanspruchnahme der Technologien zu motivieren und damit auch einen Beitrag in der sogenannten digitalen Transformation, etwa zur Unterstützung von Unternehmen zu erbringen.

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Dieser Artikel widmet sich speziell dem Thema der Weiterbildung bzw. Unterstützung von Unternehmen, welche im Rahmen eines FabLab-Besuchs und dort in Form der genannten Lehr-Lernszenarien passiert. Dabei lernen angestellte Personen von Unternehmen beispielsweise den additiven Fertigungsprozess (3D-Druck) kennen oder bekommen ein Verständnis, wie zukünftig weitere digitale Technologien auch in ihren eigenen Tätigkeiten unterstützend eingesetzt werden können. Diese oft als Workshops veranstalteten Wissens- bzw. Technologie-transferaktivitäten werden beispielsweise in Projekten von nicht-wirtschaftlichen Kompetenznetzwerken für die Zielgruppen angeboten, um damit etwa Betriebe auf zukünftige Herausforderungen vorzubereiten (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH 2020). Bezogen auf das österreichische Bundesland Niederösterreich bestehen dort aktuell bereits mehrere der beschriebenen FabLabs. So betreibt die Fachhochschule St. Pölten (Abbildung 1) etwa das Makers' Lab und die Fachhochschule in Wiener Neustadt das Innovation Lab. Dort werden neben der Lehre für Studierende auch Wissenstransferaktivitäten für Unternehmen angeboten.



Abb. 1: Foto des Makers' Lab der Fachhochschule St. Pölten, Österreich.

Zur Beurteilung der aktuellen Auslastung bzw. Inanspruchnahme von FabLabs in Niederösterreich begleitete die Fachhochschule St. Pölten von September 2020 bis November 2021 das Projekt Digital Innovation Hub Ost (DIHOST), ein Projekt zur Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in deren digitaler Transformation (ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH 2019). Neben Projektaktivitäten in den Bereichen Bewusstseinsbildung oder Projektunterstützungen werden dabei auch Workshops, beispielsweise zum Kennenlernen von aktuellen Technologien für die Zielgruppen (KMU) des Projekts, veranstaltet. Begleitet wurden dabei insgesamt 27 Veranstaltungen, wobei Daten per Onlineumfrage von 92 teilgenommenen Unternehmen (jeweils von einer im Unternehmen angestellten Person) erhoben wurden. Die Umfrage wurde nach Krosnick und Presser (2010) gestaltet und folgte ebenfalls den Empfehlungen von Andrews et al. (2003). Gemeint ist damit etwa die Verwendung von einfachen gebräuchlichen Wörtern und kurzen Sätzen, ein Vermeiden von mehrdeutigen Wörtern oder auch, einen strukturierten Aufbau aufeinander folgender Fragen in der Gestaltung der Onlineumfrage sicherzustellen. Im Zuge der Auswertung der Daten stellte sich heraus, dass 74 befragte Personen (von max. 92 Personen) noch nie ein Testzentrum (FabLabs, MakerLabs, etc.) besucht hatten. Auf diese Angabe bekamen die Personen noch zusätzlich eine offene Frage gestellt, um zu begründen, warum noch nie ein Lab besucht wurde. Dabei gaben wiederum 40 Personen (von max. 74 Personen), kurze Statements ab, die sich nach einer kurzen rudimentären inhaltlichen Analyse in vier Kategorien zusammenfassen liessen. So gaben 22 von ihnen an, dass sie über keine Informationen zur Existenz von FabLabs sowie zu den dort bestehenden Möglichkeiten zur Inanspruchnahme verfügten. Die Kommentare dazu waren etwa «war mir nicht bekannt, dass es diese gibt bzw. diese öffentlich zugänglich sind» oder auch «Nicht gewusst, dass es so etwas gibt». Die Kommentare von weiteren sieben Personen zeigen zudem, dass auch zeitliche Verfügbarkeit einen Grund zur Nicht-Inanspruchnahme der Labs darstellt, und gaben als Kommentare beispielsweise «hatte keine Ahnung, wo wie wann ... wenig Zeit» an. Kein Interesse und keinen Bedarf zur Nutzung der Labs haben weitere neun Personen angegeben mit Kommentaren wie «Bis jetzt keine Relevanz» oder «bisher keine Notwendigkeit» und zwei Personen gaben schliesslich die Corona-Pandemie als Grund an, weshalb noch kein Besuch in den Laboren in Niederösterreich stattgefunden hat. Basierend auf der beschriebenen Auswertung der begleitenden Onlineumfrage erkannte man einige Herausforderungen in der Aus- und Weiterbildung, welche für die Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen bestehen. Man identifizierte auf Basis dieser Daten, dass zumindest für die am DIH-OST Projekt teilnehmenden Unternehmen Probleme in der Kommunikation (Labs sind nicht bekannt) bzw. auch in der zeitlichen Planung (die Zielgruppe möchte wenig Zeit aufwenden) von Weiterbildungsmöglichkeiten in Bezug auf FabLab-Besuche bestehen.

1.2 Ziel und Forschungsfrage

Aufgrund dieser Probleme startete man nach der Auswertung der Daten zum Herbst 2021 das Projekt «DigiLabTour Ost». Das Projekt widmet sich dem Thema der virtuellen Rundgänge und baut auf den bereits im MedienPädagogik Themenheft 47 *Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality Teil 1* erarbeiteten Gestaltungsfragen zur Entwicklung und Anwendung von didaktischen Szenarien unter Einsatz von virtuellen Rundgängen auf (Braun, Kayali, und Moser 2022). Ziel ist es, ausgewählte Labore (von Kooperationspartnern) aus Niederösterreich im Rahmen dieses Projekts in Form eines virtuellen Rundgangs aufzubereiten, um damit für die Zielgruppe (kleine und mittlere Unternehmen) eine Möglichkeit zur orts- und zeitunabhängigen Besichtigung zu schaffen. Die virtuellen Rundgänge sollen dazu nach den bereits im MedienPädagogik Themenheft 47 *Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality Teil 1* beschriebenen Gestaltungsentscheidungen aufgebaut werden, um damit eine Einbindung in Lehr-Lernszenarien zu ermöglichen. Mit diesem Artikel soll nun folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

Wie können die Gestaltungsentscheidungen zur Entwicklung des virtuellen Rundgangs praktisch und in Anlehnung an einen gestaltungsorientierten Forschungsprozess erfolgen, um damit die Anwendung für zukünftige didaktische Szenarien als Lehrmaterial einsetzbar zu machen?

Der Artikel soll damit die Frage beantworten, wie Entscheidungen zur Gestaltung eines virtuellen Rundgangs durch ein FabLab oder einen thematisch ähnlichen Raum praktisch getroffen werden können. Bereits Bowman et al. (1999) haben virtuelle Umgebungen als Ersatz für reale Exkursionen im Bildungsbereich untersucht, wobei virtuelle Rundgänge heutzutage unter dem Begriff «Virtual-Reality» (VR) Technologie einzuordnen sind. Hellriegel und Čubela (2018) oder auch Zobel et al. (2018) klassifizieren beispielsweise auf 360°-Kugelpanoramafotos basierende virtuelle Rundgänge als VR-Technologie. Zudem schreiben Klingauf et al. (2019), dass auch 360°-Panoramaaufnahmen als immersive Technologie bezeichnet werden, wobei eine hohe Immersion erst durch die Betrachtung der Medien in einer VR-Datenbrille (Head-Mounted Display) erreicht wird. Im Artikel folgt nun die Präsentation eines ersten Praxisbeispiels zur virtuellen Aufbereitung eines FabLabs. Konkret wurde von Oktober 2021 bis Januar 2022 ein virtueller Rundgang des Innovation Labs der FH Wiener Neustadt umgesetzt, wobei auch bereits erste Online-Lehr-Lernszenarien stattgefunden haben und formativ evaluiert wurden.

1.3 Vorgehensweise

Der Prozess vom Beginn der ersten Konzeptionsarbeiten bis zur Veröffentlichung des virtuellen Rundgangs und der Abhaltung einer Online-Lehreinheit soll sich an jenem einer Entwicklungsforschung im Bildungskontext orientieren. Im deutschsprachigen Raum von Euler (2011) etwa als «gestaltungsorientierte Forschung» oder im englischsprachigen z. B. von McKenney und Reeves (2019) als «design research» bezeichnet, durchläuft man auch im Praxisbeispiel mehrere Phasen. Dabei stellt die erste Phase die bereits vorgestellte Analyse des praktischen Bildungsproblems (Kapitel 1.1 – wenig bekannte Labs und keine Zeit zum Besuch) dar. In diesem Artikel wird nun näher auf die Vorgehensweise in den Phasen der Konzeption einer Problemlösung, der Entwicklung bzw. Produktion der Lehr-Lernmaterialien sowie abschliessend der Evaluierung eingegangen. Der virtuelle Rundgang soll auf Basis von qualitativen Inputs von Personen aus der Forschung und Lehre (Angestellte des Innovation Labs) gestaltet werden. Zudem soll die Anwendung durch eine erste Evaluierungsphase mit der Zielgruppe explorativ untersucht und sollen Ziele messbar gemacht werden, um daraus Empfehlungen für die Vorgehensweise zur Abbildung weiterer Labore abzuleiten.

2. Gestaltung des didaktischen Szenarios

In dieser ersten Projektphase wurde versucht, ein für die Zielgruppe passendes didaktisches Szenario auszuarbeiten. Wie beschrieben (1.2) sollen dazu die für eine Distanz-Laborlehre von Braun, Kayali und Moser (2022) ausgearbeiteten Gestaltungsfragen im Kontext des Praxisbeispiels Innovation Lab beantwortet werden. Das im Studientext von Reinmann (2015) gezeigte didaktische Szenario, beinhaltet die Komponenten der Vermittlung (Lehr-Lerninhalte), Aktivierung (Aufgabenstellungen) und Betreuung (Kommunikation mit den Lernenden), wobei diese auf die im Vorfeld definierten Lehr-Lernziele sowie die Zielgruppe (Lernende) abzustimmen sind.

2.1 Methodik

Für eine möglichst zielgruppenorientierte Gestaltung des virtuellen Rundgangs sollten in dieser Phase Labor-Lehrende des Innovation Labs eingebunden werden. Diese Personen kennen die räumliche Situation des Labors und verfügen zudem über praktische Erfahrungen aus der Abhaltung von Workshops mit der Zielgruppe. Die Datenerhebung erfolgte qualitativ in Form einer Gruppendiskussion (Fokusgruppe) mit 5 Personen, die einen Bezug zum Labor und den dort durchgeführten Workshops vorweisen konnten. Die Mitte Oktober 2021 stattgefundenen Fokusgruppe wurde nach den Empfehlungen von Lazar et al. (2017) strukturiert und durchgeführt. Diese

Empfehlungen beziehen sich zwar auf den Bereich der Forschungsmethoden für die Gestaltung und Entwicklung von Mensch-Maschine-Interaktionen, jedoch wird dieses Thema aufgrund der thematischen Nähe zu virtuellen Rundgängen von den Autoren des Artikels als passend erachtet. In der Vorbereitung der Diskussionsrunde wurden der Ablauf, die Inhalte sowie die durch die teilnehmenden Personen zu beantwortenden Fragen ausgearbeitet und als digitale Online-Pinnwand (padlet.com) aufbereitet. Die digitale Version erlaubt, mit wenig Zeitaufwand Inhalte zu erstellen bzw. zu tauschen und bietet zudem auch eine direkte Möglichkeit zur Erhebung von Daten. Von der Online-Pinnwand wurde eine Testversion erstellt, um diese nochmals von nicht im Projekt eingebundenen Personen mit Erfahrung in Gruppendiskussionen überprüfen zu lassen. In der Durchführung der Fokusgruppe erfolgte zu Beginn die Vorstellung des Themas als Kurzvortrag, durchgeführt von den Autoren des Artikels. Präsentiert wurden aktuelle Projekte (z. B. VR Truck Tour der Bildungsinitiative expedition d) im Bereich von didaktisch gestalteten virtuellen Rundgängen sowie die Komponenten eines didaktischen Szenarios. Zusätzlich bekamen die an der Diskussion teilnehmenden Personen auch die Möglichkeit, VR-Technologien wie z. B. eine 360°-Kamera oder auch VR-Brillen zur immersiven Betrachtung der Medien auszuprobieren. Nach dem Einstieg in das Thema, erfolgte die Diskussion der Gestaltungsentscheidungen zur Ausarbeitung des virtuellen Rundgangs für das Innovation Lab. Diskutiert wurde dabei in stressfreier Atmosphäre (Besprechungsecke im Labor) über Zielgruppen, Lehr-Lernziele, Materialien, Aufgaben und die Kommunikation im Szenario. Die Fokusgruppe bekam dazu Zugriff auf die Online-Pinnwand, welche zudem auch auf einem grossen Bildschirm ersichtlich war. Dort konnte Feedback in Form von Kommentaren gepostet werden, welches in die zusätzlich erhobenen Daten (Videoaufzeichnung und handschriftlich erstellte Notizen) eingearbeitet wurde. Nach Abschluss der etwa dreistündigen (inkl. Pause) Veranstaltung wurde damit begonnen, die Daten zu sichten und qualitativ zu analysieren bzw. zu interpretieren. Dieser Prozess orientierte sich zwar an dem von Kuckartz (2018) beschriebenen Vorgehen zur qualitativen Inhaltsanalyse, wurde jedoch aufgrund der zeitlichen Projektvorgaben nur bedingt durchgeführt. So wurde das aufgezeichnete Videomaterial nicht vollständig transkribiert, sondern lediglich in Form von verschriftlichten Notizen aufbereitet. Die Ergebnisse der Fokusgruppe wurden dann als Rohfassung des didaktischen Szenarios in einem Dokument zusammengefasst und an die teilgenommenen Personen der Fokusgruppe versendet. Die Personen diskutierten und adaptierten nochmals selbstständig die Ergebnisse und sendeten das finalisierte Dokument zur Gestaltung und Abhaltung eines Onlinerundgangs im Innovation Lab nach 14 Tagen zurück an die am Projekt beteiligten Personen.

2.2 Resultat

Nachdem die Vorgehensweise zur Konzeption des Szenarios beschrieben wurde, erfolgt nun die detaillierte Auflistung der durch die Fokusgruppe getroffenen Entscheidungen zur Gestaltung des Lehr-Lernszenarios.

1. *Zielgruppe und Lehr-Lernziele:* Kleine und mittlere Unternehmen aller Branchen aus Niederösterreich sollen angesprochen werden. Die Zielgruppe soll die Ausstattung sowie Maschinen kennen und verstehen, wie diese genutzt werden können. Sie soll wissen, welche Projekte im Lab umsetzbar sind und für welche Zwecke es nutzbar ist. Ausserdem soll die Zielgruppe die vom Lab angebotenen Kooperationsmöglichkeiten kennen. Zudem soll sie für die Teilnahme an in Präsenz stattfindenden Veranstaltungen im Labor motiviert werden. Die definierten Lehr-Lernziele lassen sich nach der Taxonomie von Krathwohl, Bloom und Masia (1978) in die Bereiche «Erinnern» und «Verstehen» einordnen.
2. *Komponente Vermittlung:* Die virtuelle Abbildung des Labors soll zumindest eine übersichtliche Fotoaufnahme in jedem der neun Themenbereiche (3D-Druck, Assemblierung, Elektronik, Laser, Metall, Robotik, Textil, Holz und Spezialprojekte) beinhalten. Die Aufnahmen sollen in möglichst hoher Auflösung erfolgen, um dadurch detaillierte Abbildungen (durch Heranzoomen) zu ermöglichen. Inhaltlich können damit neben einer Übersicht z. B. auch Bedienprinzipien von Maschinen vermittelt werden. Die für die Medienwiedergabe präferierten Geräte sind Smartphones sowie Desktopcomputer. Die Rundgänge sollen per Webbrowser abgerufen werden können. Die Betrachtung der Medien wurde somit bewusst ohne den Einsatz einer VR-Brille gestaltet. Dadurch wird, wie in Kapitel 1.2 beschrieben, die immersive Betrachtungsweise eingeschränkt, jedoch soll damit eine grössere Zielgruppe (Personen, welche z. B. keine VR-Brillen besitzen) erreicht werden. Die im virtuellen Rundgang möglichen Interaktionen sollen – neben den an Dörner et al. (2013) angelehnten Grundfunktionen der Selektion (z. B. Auswahl von Punkten bzw. Stationen (Hotspots), Manipulation (Veränderung z. B. eines Gegenstands in der Darstellung), Navigation (Veränderung der Kameraposition im Raum bzw. Änderung der Blickrichtung) und Systemsteuerung (Änderung der Lautstärke) – auch in den Rundgang eingebettete Kurzanimationen beinhalten. Dabei sollen alltägliche Tätigkeiten in den einzelnen Themenbereichen des Labs als Animation bzw. Kurzvideo eingebunden und abrufbar sein. Dadurch soll das Verständnis für die Tätigkeiten bzw. der Inhalt detaillierter vermittelt werden. Die Einbindung von Animationen inkl. gleichzeitig hörbarer Audiokommentare (Voice Over) sollen laut Pfennig und Maier-Rothe (2019) einen modernen Lernprozess unterstützen und den Rundgang vielfältiger gestalten. Die Animationen sind für Lernende wiederhol- und teilbar (mehrere Sequenzen). Zudem können diese erweitert und für Lernende damit vielfältig in unterschiedliche Lehr-Lernszenarien eingebunden werden. Die Animationen im virtuellen Rundgang sollen

wie in der von Sweller, Ayres und Kalyuga (2011) beschriebenen «cognitive load theory» und den dazu formulierten Empfehlungen zur Aufbereitung von Text-Bild-Kombinationen gestaltet werden. Dazu sollen die hörbaren Audiokommentare die gleichzeitig eingeblendeten Animationen unterstützen, z. B. als eine Art akustische Bildbeschreibung.

3. *Komponente Aktivierung:* Der virtuelle Rundgang und das aktuelle Trendthema Virtual Reality sollen die Zielgruppe zur Teilnahme am Lehr-Lernszenario motivieren. Die Fokusgruppe kam zum Ergebnis, dass im virtuellen Rundgang neue bzw. wenig bekannte Technologien den Zielgruppen vermittelt werden. Ähnlich wie in einem realen Rundgang, soll die Zielgruppe dabei aktiviert bzw. motiviert werden, das Labor in Zukunft für Projekte wahrzunehmen. Für den virtuellen Rundgang sind keine vorbereitenden aktivierenden Tätigkeiten nötig, wobei die technische Infrastruktur (Endgerät und Internetanbindung) bei den Unternehmen vorausgesetzt wird. Als nachbereitende Tätigkeit definierte die Fokusgruppe, dass die Unternehmen eine Woche nach dem virtuellen Rundgang eine Einladung per E-Mail zur realen Besichtigung des Labs zugesendet bekommen.
4. *Komponente Betreuung:* Zur Betreuung bzw. auch zur Kommunikation mit der Zielgruppe wurde ein Mix, bestehend aus einem synchron und einem darauf folgenden asynchron abgehaltenen Lehr-Lernszenario definiert. Abgehalten werden soll dabei ein gemeinsamer virtueller Rundgang in Form eines Online-Meetings (Videokonferenztool), wobei die Lehrenden den virtuellen Rundgang angeleitet präsentieren und gemeinsam mit der Gruppe die jeweiligen Bereiche und Maschinen besichtigen. Die Lernenden haben dabei keinerlei Zugriff auf den Rundgang, sie können lediglich der Präsentation folgen und Fragen stellen. Erklärt wird dabei auch die Bedienung (Interface) des virtuellen Rundgangs, da die Lernenden nach der synchron abgehaltenen Lehreinheit den Zugang (Weblink) zum virtuellen Abbild bekommen. Hierbei soll die asynchrone Betreuung nur in Form von Rück- oder Anfragen per Mail erfolgen.

Zusammengefasst zeigt die Auflistung in Tabelle 1 nochmals, wie die von Braun, Kayali und Moser (2022) erarbeiteten Fragestellungen zur Gestaltung einer Distanz-Laborlehre durch die Abhaltung der Fokusgruppe in Bezug auf das Praxisbeispiel des virtuellen Rundgangs im Innovation Lab beantwortet wurden.

Zielgruppe	
Kleine und mittlere Unternehmen mit wenig Zeit und wenigen Informationen über Labore wie FabLabs oder Makerspaces.	
Vorerfahrung mit Labs und VR-Technologie?	Keine Vorerfahrung nötig, nur Interesse
Gruppengrösse, synchron abgehaltene Szenarien?	Grosse Gruppen, max. 20 Personen, damit man Fragen stellen und diskutieren kann.
Technisches Setup am Lernplatz?	Microsoft Teams am PC, Laptop oder Smartphone inkl. Internetzugang.
Lehr-Lernziele	
Ziel 1: Ausstattung und Maschinen kennen und verstehen.	
Ziel 2: Verständnis, für welche Projekte und Zwecke das Innovation Lab nutzbar ist.	
Ziel 3: Wissen zu Kooperationsmöglichkeiten und Unterstützungsformen durch das Lab.	
Komponente Vermittlung	
Was soll virtuell abgebildet werden?	Überblick pro Raum schaffen
Welche Technologie zur Abbildung?	Kamerasystem mit möglichst hoher Auflösung
Welches Endgerät?	Smartphone, Laptop, Desktopgerät, Browser
Welche Interaktivität?	Navigation im Raum und Auswahl von Punkten (Hotspots), Lautstärke, Wiedergabe
Welche multimediale Darstellung?	Animierte Text-Ton-Bildkombinationen
Komponente Aktivierung	
Nutzung des virtuellen Rundgangs zur Motivation?	Neuheitscharakter der VR-Technologie nutzen
Welche vorbereitenden Aktivitäten?	Technische Kenntnisse werden vorausgesetzt.
Welche nachbereitenden Aktivitäten?	E-Mail-Einladung zur Besichtigung des realen Labors
Wie kann eine Kombination aus online und offline stattfindenden Aktivitäten hergestellt werden?	Darauf konnte keine Antwort aus der Fokusgruppe generiert werden.
Komponente Betreuung	
Art der synchronen Betreuung?	Gemeinsamer Online-Präsentationstermin und Diskussion. Ähnlich wie in Präsenz.
Art der asynchronen Betreuung?	Fragen können asynchron per E-Mail gestellt werden.

Tab. 1: Zusammenfassende Auflistung der Gestaltungsentscheidungen in Bezug auf das Praxisbeispiel Innovation Lab.

3. Entwicklung der Lehr-Lernmaterialien

Obwohl die medientechnische Entwicklung des virtuellen Rundgangs nicht den Hauptfokus dieses Artikels darstellt, so erachten die Autoren diese Phase dennoch als Hauptbestandteil in der Ausarbeitung eines didaktischen Lehr-Lernszenarios. Es

handelt sich dabei um jene Phase, in der nach der Festlegung der Gestaltungseigenschaften der Mediencontent bzw. die Lehrmaterialien angefertigt werden sollen. Die nächsten beiden Kapitel beschreiben kurz die für die Autoren bedeutendsten Eckpunkte bzw. Merkmale des virtuellen Rundgangs. Ohne zu stark in technische Details einzutauchen, soll dabei vermittelt werden, wie die Gestaltungsentscheidungen zum Praxisbeispiel (Innovation Lab) technisch umgesetzt und in einer VR-Anwendung interaktiv aufbereitet wurden. Das gesamte Praxisbeispiel wurde von den Autoren, welche über eine Hochschulausbildung in Informatik und Medientechnik verfügen, selbstständig entwickelt und veröffentlicht.

3.1 Medienproduktion

In Bezug auf die Komponente der Vermittlung (Tabelle 1) entschied man sich dazu, dass eine übersichtliche Abbildung aller neun Bereiche des Makerspaces mit jeweils einer 360°-Panoramaaufnahme erfolgen soll, wobei zusätzlich eine weitere Aufnahme als Startbildschirm hinzugefügt wurde. Um auch kleinere Details aus den Bereichen (z. B. 3D-Druck) abbilden zu können, sollte die Auflösung der Kugelpanoramaaufnahmen möglichst hoch sein. Zur Aufnahme verwendete man daher keine 360°-Actioncam, die zwar einfach zu bedienen ist, aber mit ca. 18,5 Megapixeln (Insta360 One X2) für Detailabbildungen (Heranzoomen) als nicht geeignet angesehen wurde. Die Abbildung wurde daher mit einer spiegellosen Vollformatkamera (Sony α 7R IV) umgesetzt, die auf einem speziell für die Aufnahme von Kugelpanoramafotos hergestellten Stativ (Hersteller Roundshot) montiert wurde. Die Kamera wird per Stativ (Abbildung 2) geneigt und geschwenkt, und in vorher auf das verwendete Objektiv (SEL14F18GM) abgestimmten Winkeln bzw. Positionen werden mehrere einzelne Fotos aufgenommen. Die Einzelfotos werden erst in der Nachbearbeitungsphase per Software (PTGui) zusammengefügt, wobei das danach erhaltene Foto das gleiche Format (2:1) wie jenes einer 360°-Actioncam aufweist, jedoch mit einer Auflösung von 200 Megapixeln die Abbildung von kleineren Details ermöglicht. Jeder der neun Laborbereiche wurde somit in Form einer höher aufgelösten Kugelpanoramaabbildung fotografiert.



Abb. 2: Kamera und Objektiv montiert auf einem schwenk- und neigbaren Stativ für die Panoramafotografie.

Wie in der Fokusgruppe (Kapitel 2.2) erarbeitet, sollen die einzelnen Panoramafotos durch eine Einbindung kurzer Animationen (Abbildung 3) inhaltlich noch mehr Details liefern und zudem für Lernende motivierend wirken. Dazu wurde ebenfalls wieder das bereits vorgestellte Kamera-Setup verwendet, wobei diesmal lediglich eine Kameraposition auf einen zuvor definierten Bereich (z. B. auf einen Arbeitstisch beim 3D-Drucker) eingestellt wurde. In diesem Bereich erfolgte danach eine Videoaufnahme der definierten Inhalte. Dabei wurde etwa der Umgang mit dem 3D-Drucker oder auch die Anwendung einer CNC-Fräsmaschine gefilmt. Voraussetzung dabei war, dass das Stativ auf der exakt gleichen Position wie schon bei der zuvor aufgenommenen Panoramaabbildung stand. Es erfolgte dabei nur eine Videoaufzeichnung, also keine Tonaufnahme. Nach der Videoaufnahme erfolgte noch eine separat durchgeführte Sprachaufzeichnung. Dabei wurde gesprochener Text aufgezeichnet, welcher von den Lehrenden inhaltlich vorbereitet und eingesprochen wurde. Technisch wurde dazu ein kompaktes Aufnahmegerät (H6 Handy Recorder) des Herstellers Zoom verwendet. Nachdem alle Audio-, Video-, sowie Fotoaufnahmen durchgeführt wurden, startete die Nachbearbeitungsphase der Medien. Dabei wurden Panoramafotos, wie bereits beschrieben, erstellt und in der Farbe angeglichen, das Audiomaterial geschnitten und die Lautstärkepegel angepasst. Ebenfalls

wurden dabei die Videoaufnahmen geschnitten (Beginn und Ende) und die dazu aufgenommenen gesprochenen Audiokommentare in die kurzen (jeweils ca. 40 Sekunden) Videosequenzen eingebettet. Danach stand sowohl das erstellte als auch das nachbearbeitete Medienmaterial zur weiteren interaktiven Aufbereitung als Web-Anwendung bereit.



Abb. 3: Gegenüberstellung der Bildausschnitte mit (rechts) und ohne (links) eingebetteter Videosequenz am Beispiel des 3D-Druck Bereichs.

3.2 Interaktive Aufbereitung der Medien

Um die produzierten Medien nun in einem interaktiv aufbereiteten virtuellen Rundgang für Lernende verfügbar zu machen, bedurfte es weiterer Werkzeuge, welche jenen des Bereichs der Web-Entwicklung ähnlich sind. Vereinfacht ausgedrückt, geht es in dieser Phase darum, die bereits produzierten Medien in Form einer Web-anwendung aufruf- bzw. abspielbar zu machen. Dabei kommen auch Programmiersprachen wie z. B. JavaScript zur Anwendung, um damit die nötigen Interaktionen zu realisieren. Den Prozess der Entwicklung unterstützen aktuell bereits einige Software-Toolkits, die speziell zur Aufbereitung von virtuellen Rundgängen eingesetzt werden. Stellvertretend soll dabei die Software Pano2VR des Herstellers Garden Gnome genannt werden, welche auch in der Produktion des hier beschriebenen Praxisbeispiels angewendet wurde.



Abb. 4: Screenshot des virtuellen Rundgangs mit interaktiven Elementen.

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, wurden in die Anwendung sogenannte Hotspots, also klickbare Elemente eingefügt. Je nach Element dienen diese zum Einblenden und Starten der kurzen Videosequenzen (Abbildung 4, Punkt 1) oder auch zur Anzeige von weiteren Informationen zu den jeweiligen Bereichen oder Maschinen (Abbildung 4, Punkt 2). Ein weiterer Hotspot-Typ (Abbildung 4, Punkt 3) dient zum Wechsel der Position im Raum bzw. in einen anderen Bereich. Zusätzlich zu diesem wurde ein klickbarer Raumplan (Orientierungskarte) in die Applikation integriert (Abbildung 4, Punkt 4). Per Klick kann die Karte vergrößert und danach der gewünschte Bereich zur Besichtigung ausgewählt werden. Die Karte zeigt den Lernenden zudem die aktuelle Blickrichtung zur räumlichen Orientierung an. Die Änderung des Blickfelds passiert in der Anwendung per Ziehen und Loslassen am Touchscreen oder auch per Mauszeiger. Unter Punkt 5, sind zudem Interaktionselemente zur Kontaktaufnahme mit den Lehrenden und Laborverantwortlichen sowie zum Zurückspringen zur Startseite des Rundgangs eingefügt. Die Gestaltung der Interaktionen ist – wie in der Fokusgruppe definiert – bewusst einfach und für Mobil- wie auch Desktopgeräte ausgelegt worden, da ein möglicher Motivationsverlust aufgrund von Bedienfehlern oder nicht geeigneten Endgeräten vermieden werden soll. Die Webanwendung wurde nach Fertigstellung der Erstversion den im Projekt involvierten Personen inkl. den Lehrenden zugänglich gemacht. Ziel war es, noch vor der Veröffentlichung auftretende Fehler und Probleme zu beheben. Dieser Prozess wird in diesem Artikel aber nicht weiter beschrieben. Zusammengefasst soll hier noch darauf hingewiesen werden, dass der in Kapitel 3 gezeigte Prozess der Produktion des virtuellen Rundgangs auf Basis der Gestaltungsentscheidungen eine zeitlich wie auch technisch aufwendige Phase darstellt. Zur Entwicklung und Produktion des Praxisbeispiels bedurfte es dazu an einem Team und Kompetenzen aus den Bereichen Informatik, Webentwicklung, Webdesign, Audio- und Videotechnik sowie Projektmanagement.

4. Formative Evaluierung

Nachdem der virtuelle Rundgang nach einer an Nielsen (1994) orientierten Phase der Fehler- und Problemdokumentation überarbeitet wurde, konnte dieser in einer Erstversion auf der Website des Innovation Labs als Webapplikation veröffentlicht werden. Um nun das ausgearbeitete und umgesetzte Design sowohl auf Effektivität zur Kompetenzaneignung als auch auf Bedienbarkeit zu überprüfen, wurde eine formative Evaluierung auf Basis einer Onlineumfrage ausgearbeitet. Die Erhebung der Daten erfolgte im Rahmen des bereits vorgestellten Projekts *Digital Innovation Hub Ost*, wobei zwei synchron mit der Zielgruppe abgehaltene Online-Rundgänge begleitet wurden. Der Ablauf der Befragung sollte an die von Lazar (2006) sowie von Rubin und Chisnell (2008) beschriebenen Vorgehensweisen des «Usability Testings» angelehnt werden. Die Anzahl der für einen solchen Test benötigten Personen wird von Preece, Rogers und Sharp (2015) sowie Lindgaard und Chattrichart (2007) diskutiert, wobei für einen ersten Online-Besuch von 8 bis 12 teilnehmenden Personen ausgegangen wurde. Wie Reinmann (2015) schreibt, spielt die Benutzerfreundlichkeit (Usability) im Kontext von technologiegestützten Lernanwendungen eine wichtige Rolle. Eine ausreichende Usability sollte gegeben sein bzw. überprüft werden, um unnötige kognitive Belastungen, negative Emotionen oder Motivationsverluste beim Lernen zu vermeiden. Wie Zoerner et al. (2021) schreiben, werden zur Überprüfung häufig Fragebögen, Beobachtungen oder Messungen eingesetzt, wobei angemerkt wird, dass Fragebögen für spezifische Erhebungen nur subjektive Momentaufnahmen aus Sicht der Lernenden liefern. Dennoch haben sich die Autoren dieses Artikels dazu entschieden, dass zwei (zur Erhöhung des Rücklaufs) Online-Veranstaltungen mit nachfolgenden Umfragen begleitet werden. Ziel war es, erste Erkenntnisse zur Usability wie auch zur Möglichkeit einer Kompetenzaneignung zu sammeln, um zukünftig weitere virtuelle Abbildungen (weitere Labore in Niederösterreich) und didaktische Szenarien nach diesem Modell aufzubauen.

4.1 Methodik

Die Onlineumfrage wurde mit Bezug auf das in Kapitel 2 ausgearbeitete didaktische Szenario ausgearbeitet. Die Fragen wurden bewusst danach ausgerichtet, dass Rückschlüsse auf die Bedienbarkeit der Anwendung, als auch auf die Erreichung von Lehr-Lernzielen getroffen werden können. Zur Überprüfung der Zielgruppe wurde zu Beginn der Umfrage qualitativ ein kurzes Statement der Lernenden zu deren eigener Erfahrung mit Online-Rundgängen eingefordert. Danach wurden drei allgemein gehaltene Fragen zum Labor gestellt. Diese bezogen sich auf die einzelnen Bereiche und Technologien im Lab, wobei die Lernenden befragt wurden, welche Bereiche und Maschinen für sie von besonderem Interesse sind und ob noch weitere Kamerapositionen und Abbildungen gewünscht sind. Danach folgten drei Aufgabenstellungen

jeweils in Kombination mit einer dazu passenden Frage. Die Lernenden wurden hierzu aufgefordert, sich im virtuellen Rundgang an definierte Standpunkte zu bewegen, um dort weitere Interaktionen auszulösen. So sollte beispielsweise eine Animation (Videsequenz) im 3D-Drucker-Bereich angesehen und darauf geachtet werden, welches Bauteil produziert und welcher Drucker dafür verwendet wird. Mit dieser Gestaltung der Fragen sollte die Usability untersucht werden. Neben der Navigation, Audio- und Videowiedergabe wurde auch die Auflösung der 360°-Panoramaabbildungen überprüft. Dazu sollten die Personen die Zoom-Funktion nutzen, um kleine im Bild ersichtliche Details (Blattlänge eines Sägeblatts) festzustellen. Nach den Aufgabenstellungen wurden in die Umfrage noch drei weitere qualitativ zu beantwortende Fragen eingebaut. Hier sollte abschliessend erhoben werden, ob die Lernenden etwas speziell als störend empfanden sowie welche Verbesserungsvorschläge und sonstige Anmerkungen sie noch mitteilen wollten. Tabelle 2 zeigt den gesamten Ablauf der Onlineumfrage, die den Besuchenden nach der synchron abgehaltenen Vorstellung des Rundgangs per Weblink zugänglich gemacht wurde. Nachdem die Daten an zwei Veranstaltungen (es wurden 2 Termine zur Teilnahme angesetzt) erhoben wurden, erfolgte nach Abschluss der Erhebung die erste explorative Erkundung der Rohdaten. Ziel war es wieder, sämtliches erhaltenes qualitatives Feedback inhaltlich zu analysieren (Prozess wie in Kapitel 2.1) und Erkenntnisse zur Bedienbarkeit wie auch zur Möglichkeit der Kompetenzzaneignung zu erhalten.

Einleitung
Welche Erfahrung hatten Sie vor dem Workshop mit Online-Rundgängen?
Vermittlung der Inhalte
Welche Technologien und Bereiche finden Sie im Lab interessant?
Warum finden Sie diese Bereiche und Technologien interessant?
Hätten Sie gerne weitere Kamerapositionen im Online-Rundgang besichtigt? Falls ja, welche wären aus Ihrer Sicht interessant?
Bedienbarkeit
Bitte besichtigen Sie nochmals den Online-Rundgang und navigieren Sie ins Wood Lab. Bewegen Sie ihr Sichtfeld im Wood Lab und suchen Sie die Handsägen. Wie viele Handsägen befinden sich im Wood Lab1 zur Auswahl? Welche Blattlängen haben die Handsägen?
Bitte besichtigen Sie nochmals den Online-Rundgang und navigieren Sie ins Electronics Lab. Rufen Sie erweiterte Informationen zum Electronics Lab auf. Wie viele Quadratmeter (m ²) umfasst das Electronics Lab?
Bitte besichtigen Sie nochmals den Online-Rundgang und navigieren Sie ins 3D Printing Lab. Sehen Sie sich die erweiterte Animation im 3D Printing Lab an. Wo befindet sich der 3D Drucker, der in der Animation für die Anfertigung eines zylindrischen Bauteils verwendet wird? (kurze Beschreibung)

Allgemeine Anmerkungen
Empfanden Sie beim Online-Rundgang etwas als störend? (kurze Begründung)
Hätten Sie Vorschläge zur Verbesserung des Online-Rundgangs? (kurze Begründung)
Welche sonstigen Anmerkungen zum Workshop, den virtuellen Rundgängen und der Gestaltung möchten Sie uns mitteilen?

Tab. 2: Zusammenfassende Auflistung der Onlineumfrage zur formativen Evaluierung des Praxisbeispiels Innovation Lab.

4.2 Resultat

Insgesamt wurde der virtuelle Rundgang durch das Innovation Lab mit 27 Personen besucht. Von der jeweils danach abgehaltenen kurzen (ca. 10 Minuten) Onlineumfrage erhielt man einen Rücklauf von 12 teilweise ausgefüllten (manche Eingabefelder blieben leer) Fragebögen, welche somit die Rohdaten darstellen. Die Zielgruppe hatte allgemein wenig bis keine Erfahrung (zehn Personen) mit virtuellen Rundgängen; zwei Personen hatten viel Erfahrung angegeben.

1. *Vermittlung der Inhalte:* Die Fragengruppe zur Ausstattung und Nutzung des Labs zeigte übereinstimmend, dass die Technologien 3D-Druck, Lasercutter und CNC-Fräse besonders interessant waren. Obwohl das Lab noch viele weitere Bereiche (Roboter, Elektronik, Metallbearbeitung etc.) bietet, wurde von diesen keiner genannt. Es wurde überwiegend angemerkt (sechs Personen gaben dazu ein Kommentar ab) dass keine weiteren Kamerapositionen nötig seien, wobei sogar *die kompakten und nicht übertrieben vielfältigen Möglichkeiten der Interaktionen und Abbildungen* gelobt wurden. Die Informationen sind zudem ausreichend und zwei Personen gaben an, dass im Bereich 3D-Druck mehr Inhalte gezeigt werden sollten.
2. *Bedienbarkeit:* Die Aufgabenstellung wurde von sieben Personen bearbeitet, wobei übereinstimmend alle Fragen vollständig und richtig beantwortet werden konnten. Dabei wurden wie in Tabelle 2 vorgesehen, die Daten der Sägeblätter, die Raumgröße des Elektronik-Bereichs sowie der Aufstellungsort eines 3D-Druckers angegeben.
3. *Allgemeine Anmerkungen:* In der letzten Fragengruppe wurde nochmals den Lernenden Gelegenheit zur offenen Mitteilung von Feedback gegeben. Als störend wurde von zwei Personen empfunden, dass es keine Möglichkeit zur Fullscreen-Ansicht gibt und keine Navigation per Pfeiltasten am PC möglich sei. Acht Personen haben neben positiven Kommentaren zur gelungenen Umsetzung noch angemerkt, dass mehr Videos bzw. Animationen zu den jeweiligen Maschinen hinzugefügt werden sollten und die Mini-Navigation (Mini-Übersichtsplan klickbar) bei mobilen Endgeräten nicht immer reagiert. Die sonstigen Anmerkungen kommentierten beispielsweise eine «tolle Erfahrung» oder auch eine «Coole Sache» und «[...] eine gute Aktion das Lab kennenzulernen».

Abschliessend soll hier als Empfehlung angemerkt werden, dass trotz eher einfach gehaltener Usability (keine multisensorischen Ein- oder Ausgabemöglichkeiten) und jeweils nur einer Panoramaabbildung pro Bereich, diese Form der virtuellen Abbildung von der Zielgruppe derzeit als positiv und motivierend angenommen wird. Das Labor konnte übersichtlich und detailliert (Zoom-Funktion) besichtigt werden, wobei es durch die Einbindung von Animationen (Überlagerte Anzeige von Videos mit Audiokommentaren) möglich war, kompliziertere Prozesse oder Arbeitsschritte (z. B. in der Vorbereitung einer Maschine) als sequenzierte Lerninhalte darzustellen.

5. Diskussion

Das in diesem Artikel gezeigte Beispiel sowie der beschriebene Prozess zur Gestaltung, Entwicklung und Evaluierung eines im Kontext eines didaktischen Szenarios einsetzbaren virtuellen Rundgangs stellen für die Autoren vorerst den Abschluss eines Arbeitspakets im Projekt DigiLabTour Ost dar. Die im MedienPädagogik Themenheft 47 *Immersives Lehren und Lernen mit Augmented und Virtual Reality Teil 1* erarbeiteten Fragen zu Gestaltungsentscheidungen in der Entwicklung und Anwendung von didaktischen Szenarien unter Einsatz von virtuellen Rundgängen sollten nun in dieser Projektphase praktisch angewendet werden. Die Beantwortung der in der Einleitung gestellten Frage, wie sich die Konzeption, Entwicklung und Evaluierung eines virtuellen Rundgangs als gestaltungsorientierter Forschungsprozess praktisch umsetzen lässt, erfolgte anhand der Umsetzung des Praxisbeispiels des Innovation Labs. Dabei wurden basierend auf einem im Vorfeld analysierten Problem (bei kleinen und mittleren Unternehmen wenig bekannte Labs) gemeinsam mit Forschenden und Lehrenden des Labors in einer Gruppendiskussion die von Braun, Kayali und Moser (2022) definierten Gestaltungsfragen beantwortet. Nach dieser Phase wurde, basierend auf dem durch die Fokusgruppe erstellten Konzept, die Produktion des virtuellen Rundgangs umgesetzt und vor der Veröffentlichung eine erste Evaluierung und Überarbeitung auf Basis einer Fehler- und Problemdokumentation durchgeführt. Danach wurde der virtuelle Rundgang im Projekt Digital Innovation Hub Ost als Veranstaltung (Lehr-Lernszenario) zum Kennenlernen der Ausstattung und der Nutzungsmöglichkeiten des Labors der Zielgruppe präsentiert. Es erfolgte eine formative Evaluierung auf Basis einer Onlinebefragung, wobei die Zielgruppe qualitativ Feedback geben konnte. Mit der Umfrage sollte sowohl Bedienbarkeit (Usability) als auch die Möglichkeit einer zeit- und ortsunabhängigen Kompetenzerneuerung für die Zielgruppen untersucht werden. Auf Basis des erhaltenen Feedbacks gehen die Autoren davon aus, dass eine virtuelle Abbildung, wie im Praxisbeispiel gezeigt, eine Option zur Lösung des praktisch orientierten Bildungsproblems der zeit- und ortsgebundenen Verfügbarkeit der Labore bietet. Die Usability der Anwendung ist für eine unerfahrene Zielgruppe angemessen, was den Lernenden ermöglicht, sich

auf die inhaltlichen Details (Maschinen, Bereiche, etc.) zu fokussieren. So konnten diese vermittelte Informationen im Rahmen der Onlinebefragung reflektieren und die definierten Aufgabenstellungen in der selbstständigen Anwendung des Rundgangs beantworten.

5.1 Limitation

Obwohl der beschriebene Prozess sicherlich einen Ansatz zur Lösung der einleitend (1.1) beschriebenen Problemstellung bietet, soll abschliessend auch auf die Limitationen dieser Arbeit hingewiesen werden. Im Prozess wurden die Lernenden erst in der Phase der Durchführung der Szenarien eingebunden, dabei zeigte sich, dass zu diesem Zeitpunkt etwa die Entscheidung der Endgeräte bereits durch die zuvor abgehaltenen Gruppendiskussion (Methodik, 2.1) getroffen war. In der Überprüfung der Bedienbarkeit (Methodik, 4.1) stellen neben der kleinen Stichprobe auch die teilweise erhaltenen unvollständigen Datensätze eine Eingrenzung dar. So kann bei einer unausgefüllten Antwortmöglichkeit beispielsweise nicht geklärt werden, ob dies aufgrund einer fehlerhaften Bedienbarkeit der Anwendung passierte oder andere Gründe dazu vorlagen. Angemerkt sei dabei auch, dass die Überprüfung der Usability sich lediglich auf die definierten Endgeräte bezieht; falls zur Betrachtung eine VR-Brille definiert wird, sollte eine separate Überprüfung dazu folgen. Das gezeigte Szenario bot den Lernenden zudem nur eine Videoanimation pro Station. Im Falle von mehreren sequenzierten Animationen pro Station sollte also eine weitere Evaluation stattfinden. Auch wenn das im Artikel beschriebene Praxisbeispiel laut Feedback der Lernenden subjektiv zur Motivation beigetragen hat, konnte mit der gewählten Methodik keine eindeutige Überprüfung zur Erreichung der definierten Lehr-Lernziele erfolgen, da aus Sicht der Autoren ein konkretes Assessmentformat für die Laborrundgänge im Szenario fehlte. Neben den genannten Limitationen kann zudem die Frage nicht beantwortet werden, ob durch die Umsetzung des virtuellen Rundgangs die Inanspruchnahme des Labors durch die Zielgruppe gestärkt wird. Diese Frage könnte gegebenenfalls über eine begleitende Evaluierung mehrerer Veranstaltungen beantwortet werden.

5.2 Empfehlungen und Ausblick

Auch wenn der im Artikel gezeigte Prozess bis hin zur Einbindung des virtuellen Rundgangs in ein Lehr-Lernszenario grossen Zeit- und Ressourcenaufwand mit sich bringt, so verfügt man dennoch über ein Lehr-Lernmaterial, das wiederholt und in verschiedenen Szenarien anwendbar ist. Zur Umsetzung weiterer virtueller Rundgänge unter Anwendung der beschriebenen Vorgehensweise werden in Tabelle 3 nochmals unsere Empfehlungen zusammengefasst.

Gestaltung
Lehrende, Lernende und Laborverantwortliche Personen von Beginn an in den Prozess einbeziehen.
Technische Umsetzung
Überprüfung und Adaptierung der Usability bereits vor der Lehreinheitengestaltung durchführen.
Je nach Projektumfang kann die technische Umsetzung mehrere Wochen in Anspruch nehmen.
Zumeist Bedarf es eines Produktionsteams von mehreren Personen.
Auch technisch einfacher gestaltete virtuelle Rundgänge besitzen das Potenzial einen Mehrwert in der Vermittlung zu erbringen.
Lehr-Lernszenarien
Umgesetzte virtuelle Rundgänge sollten als skalierbare Anwendung bzw. Lehr-Lernmaterial angesehen und vielfach in Szenarien eingesetzt werden.
Mehrere Szenarien und verschiedene Lehr-Lernziele können für einen einzigen virtuellen Rundgang erarbeitet werden:
Synchron z. B. als virtuelle Diskussionsrunde in den jeweiligen Laborbereichen.
Asynchron z. B. als Vorbereitung zu bevorstehenden Laborbesuchen.
An der virtuellen Laborführung können auch dezentral lehrende oder forschende Personen, z. B. Maschinen-Fachpersonal, teilnehmen und sich am Diskurs beteiligen.
Auch geeignet zur Abhaltung von mehreren zeitgleich stattfindenden Laborführungen oder für grössere Gruppen.

Tab. 3: Zusammenfassende Auflistung von Empfehlungen zur zukünftigen Umsetzung virtueller Abbildungen von Laboren.

Der Prozess zur virtuellen Abbildung des Labors soll zukünftig auf weitere Labore wie FabLabs, Makerspaces etc. angewendet und die Übertragbarkeit weiter überprüft werden. Da die erarbeitete Usability formativ evaluiert wurde, soll der weitere Forschungsfokus, sofern die Situation der Endgeräte und Lernorte beibehalten wird, auf der Untersuchung des Potenzials zur Kompetenzerwerb liegen. Die im virtuellen Rundgang eingebundenen Animationen sollen dazu um zusätzliche Interaktionsmöglichkeiten und Sequenzen erweitert werden.

Literatur

- Andrews, Dorine, Blair Nonnecke, und Jennifer Preece. 2003. «Electronic Survey Methodology: A Case Study in Reaching Hard-to-Involve Internet Users». *International Journal of Human-Computer Interaction* 16 (2): 185–210. https://doi.org/10.1207/S153275901-JHC1602_04.
- Blikstein, Paulo, Sylvia Libow Martinez, Heather Allen Pang, Kevin Jarrett, und FabLearn Fellows Initiative. 2019. *Meaningful Making 2: Projects and Inspirations for Fab Labs & Makerspaces*.

- Bohne, Rene. 2013. «Machines for Personal Fabrication». In *FabLab: Of Machines, Makers and Inventors*, herausgegeben von Julia Walter-Herrmann und Corinne Büching, 163–72. Cultural and Media Studies. Bielefeld: transcript.
- 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>.
- 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>.
- 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.
- ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH. 2019. «Digital Innovation Hub Ost – Digitaler Wandel für KMUs in Ostösterreich». https://dih-ost.at/wp-content/uploads/pdf/ecoplus_DIHOST-Folder.pdf.
- Euler, Dieter. 2011. «Wirkungs-vs. Gestaltungsforschung – eine feindliche Koexistenz?» *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* 107 (4): 520–42.
- Hellriegel, Jan, und Dino Čubela. 2018. «Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht – Eine konstruktivistische Sicht». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 2018 (Occasional Papers): 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>.
- Klingauf, Anna, Johannes Funk, Angela Lüüs, und Ludger Schmidt. 2019. «Wirkung von interaktiven 3D-360°-Lernvideos in der praktischen Ausbildung von Handwerkern Vergleich von 3D-360°-Lernvideos mit konventionellen Lernvideos in Bezug auf den praktischen Lernerfolg auf einer Lehrbaustelle». In *DELFI 2019*, herausgegeben von Niels Pinkwart und Johannes Konert, 145–56. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V. (GI). https://doi.org/10.18420/delfi2019_298.
- 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.
- Krosnick, Jon A., und Stanley Presser. 2010. «Question and Questionnaire Design». In *Handbook of survey research*, herausgegeben von Peter V. Marsden und James D. Wright, Second edition, 263–313. Bingley, UK: Emerald Publishing Limited. https://web.stanford.edu/dept/communication/faculty/krosnick/docs/2009/2009_handbook_krosnick.pdf.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4. Auflage. Grundlagentexte Methoden. Weinheim Basel: Beltz Juventa.
- Lazar, Jonathan. 2006. *Web Usability: A User-Centered Design Approach*. Boston: Pearson, Addison Wesley.

- Lazar, Jonathan, Jinjuan Heidi Feng, und Harry Hochheiser. 2017. *Research Methods in Human Computer Interaction. Second Edition*. o. O.: Elsevier Science.
- Lindgaard, Gitte, und Jarinee Chattratichart. 2007. «Usability Testing: What Have We Overlooked?» In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems – CHI '07*, 1415–24. San Jose, California, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1240624.1240839>.
- McKenney, Susan E., und Thomas C. Reeves. 2019. *Conducting educational design research. Second edition*. London; New York: Routledge.
- Nielsen, Jakob. 1994. «Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics». In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems Celebrating Interdependence – CHI '94*, 152–58. Boston, Massachusetts, United States: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/191666.191729>.
- Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH. 2020. «Programmdokument Digital Innovation Hubs». <https://fdoc.ffg.at/s/vdb/public/node/content/lkqxU4ouRkSAIAsJkRkfnw/1.0?a=true>.
- Pfennig, Anja, und Jörg Maier-Rothe. 2019. «Lehrfilme einfach einfach machen – erfolgreiche Konzeptionierung von Peer-to-Peer Lehrfilmen». In *DELFI 2019*, herausgegeben von Niels Pinkwart, und Johannes Konert, 277–82. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V. (GI). https://dx.doi.org/10.18420/delfi2019_98.
- Preece, Jenny, Yvonne Rogers, und Helen Sharp. 2015. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Fourth edition. Chichester: Wiley.
- Reinmann, Gabi. 2015. «Studientext Didaktisches Design». https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/07/Studientext_DD_Sept2015.pdf.
- Rubin, Jeffrey, und Dana Chisnell. 2008. *Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests*. 2nd ed. Indianapolis, IN: Wiley Pub.
- Sweller, John, Paul Ayres, und Slava Kalyuga. 2011. *Cognitive Load Theory*. Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies. New York, NY Heidelberg: Springer.
- 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.
- Zoerner, Dietmar, Paul Beschorner, Lars Michel, und Ulrike Lucke. 2021. «Minimal-invasive Messung lernrelevanter Parameter für den Einsatz im Game-based Learning». In *DELFI 2021*, herausgegeben von Andrea Kienle, Andreas Harrer, Joerg M. Haake, und Andreas Lingnau, 193–98. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Immersives Lernen in der Berufsschule

Fördert VR- und AR-Technologie das Lernen, die intrinsische Motivation und die Technologieakzeptanz von lernbeeinträchtigten Auszubildenden?

Elena Tangocci¹ , Christian Hartmann¹  und Maria Bannert¹ 

¹ Technische Universität München

Zusammenfassung

In der beruflichen Bildung ist das Arbeiten mit Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) von Vorteil, um gefahrlos Arbeitsvorgänge zu erlernen. Ein ausschlaggebendes Potenzial von VR- und AR-Applikationen ist die Möglichkeit, komplexe Lerninhalte realistisch bzw. dreidimensional zu repräsentieren sowie Interaktionsmöglichkeiten mit virtuellen Objekten darzustellen. VR- und AR-Applikationen können insbesondere Menschen mit Lernbeeinträchtigungen unterstützen, da diese Lerninhalte schlecht imaginieren können. Jedoch wurde bisher kaum erforscht, ob VR- und AR-Applikationen die Lernleistung kognitiv Beeinträchtigter tatsächlich fördern. Deswegen wurde an Berufsschulen mit sonderpädagogischen Klassen eine quasi-experimentelle Feldstudie im Prä-Posttest-Design durchgeführt um zu untersuchen, ob Auszubildende mit immersiven VR- und AR-Applikationen effektiver lernten als mit einem nicht-immersiven Tablet-PC und wer die höhere Motivation und Technologieakzeptanz aufwies. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Lernleistung der immersiven Lernbedingungen nur bei kognitiv anspruchsvolleren, prozeduralen und den Lerntansfer fördernden Lerninhalten signifikant von der Tablet-Bedingung unterschieden. Motivation und Technologieakzeptanz waren generell beim Lernen hoch. Insbesondere unterschieden sich die Lernbedingungen bei Interesse, der empfundenen Kompetenz und der Einstellung gegenüber dem Lernmedium. Diese Befunde zeigen, dass Menschen mit Lernbeeinträchtigung durch das Lernen mit VR- und AR-Technologie gefördert werden konnten. Basierend auf den Ergebnissen wird diskutiert, wie immersive Lernmedien effektiv für das Erlernen prozeduraler Inhalte im Unterricht eingesetzt werden können.

Immersive Learning in Vocational Schools. Does VR and AR Technology Promote Learning, Intrinsic Motivation, and Technology Acceptance in Trainees with Learning Disabilities?

Abstract

In vocational training, working with virtual reality (VR) and augmented reality (AR) is advantageous for learning work processes without danger. A decisive potential of VR and AR applications is the possibility to represent complex learning content realistically or three-dimensionally, as well as interaction possibilities with virtual objects. VR and AR applications can support people with learning disabilities in particular, as they have difficulties visualizing learning content. However, little research has been conducted to determine whether VR and AR applications actually enhance the learning performance of cognitively impaired individuals. Therefore, a quasi-experimental field study with a pre-posttest design was conducted at vocational schools with special education classes to investigate whether trainees learned more effectively with immersive VR and AR applications or with non-immersive tablet PCs and showed high motivation and technology acceptance. The results show that the learning performance of both immersive learning conditions differed significantly from the tablet condition only for more cognitively demanding, procedural, and learning transfer learning content. Motivation and technology acceptance were generally high in learning, and in particular, the learning conditions differed in interest, perceived competence, and attitude toward the learning medium. These findings indicate that students with learning disabilities could be supported by learning with VR and AR technology. Based on the results, we discuss how immersive learning media can be effectively used for learning procedural content in the classroom.

1. Einleitung

1.1 Immersive Virtual und Augmented Reality

Obwohl Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) schon in den 1960er-Jahren entwickelt (s. Sutherland 1968) und erste Ansätze für deren Einsatz in der Bildung in den 90ern erarbeitet wurden (Helsel 1992), konnte erst in den letzten Jahren durch erschwinglichere VR- und AR-Brillen eine grössere Zielgruppe erreicht werden (Freina und Ott 2015). Somit entstanden vielseitige Einsatzmöglichkeiten, auch hinsichtlich der Verwendung von VR und AR im Unterricht (Cheng und Tsai 2013; Kavanagh et al. 2017; Lucas 2018). Vor allem wurden immersive Medien

weiterentwickelt und einfacher zugänglich gemacht. Immersive Technologien visualisieren Umgebungen, in die Lernende mithilfe eines Head-Mounted-Displays (auch VR-/AR-Brillen) vollkommen eintauchen.

1.2 Vorteile von VR und AR beim Lernen

Ob VR und AR tatsächlich lernwirksam sind, ist derzeit umstritten. Beispielsweise fanden Kaplan et al. (2021) in ihrer Meta-Analyse keine Unterschiede zwischen VR/AR-basierten und nicht-immersiven Trainings hinsichtlich der Lernwirksamkeit. Weitere Meta-Analysen zeigen jedoch höhere Lernerfolge bei VR-basierten Anwendungen im Vergleich zu weniger immersiven Medienpräsentationen, wie etwa spiel- und simulationsbasierten Anwendungen (Merchant et al. 2014; Wu et al. 2020).

Auch wenn bisherige Befunde nicht eindeutig sind, bringen VR und AR womöglich Vorteile beim Lernen im Vergleich zu alternativen Technologien. Studien zeigten bspw. positive Effekte auf die Aufmerksamkeit und Zufriedenheit von Lernenden (z. B. Kesim und Ozarslan 2012; Di Serio, Ibáñez und Kloos 2013; Radu 2014). Auch zeigten Studien einen positiven Einfluss von VR/AR auf den Lernzuwachs und -transfer (Garzotto et al. 2017) sowie auf das räumlich-visuelle Vorstellungsvermögen (Sorby und Baartmans 1996, 2000). Diese Effekte zeigten sich sowohl während des Lernprozesses der Schüler:innen als auch einige Zeit nach dem Lernen. Weitere Studien fanden eine höhere Motivation und auch höheres Engagement beim Lernen in virtuellen Umgebungen (z. B. Mantovani 2001; Limniou, Roberts, und Papadopoulos 2008). Diese erklären sich anhand der authentischen Lerninhalte in der virtuellen Welt, die selbstbestimmte Handlung, sowie Interaktion mit den Objekten ermöglichen. Diese Selbstbestimmtheit fördert den Spass beim Lernen, wodurch das situative Interesse der Lernenden im Vergleich zum traditionellen Unterricht eher gefördert wird (Kintsch 1980; Wade 1993). Das situative Interesse regt wiederum die Aufmerksamkeit und die aktive Teilnahme der Lernenden an und kann dadurch die gesamte Unterrichtsstunde anhalten und zu besseren Lernergebnissen führen (Parong und Mayer 2018). Auch Akzeptanz gegenüber der Lerntechnologie ist nach dem *Technology Acceptance Model* (Davis 1989) eine wichtige Gelingensbedingung für das Lernen mit VR/AR. Wird der Nutzen einer Technologie für das Lernen wahrgenommen und akzeptiert, sind Lernende eher bereit, Technologien effektiv für ihr Lernen nutzbar zu machen (vgl. Nagy 2018). Zudem wäre anzunehmen, dass Technologien Lernende demotivieren und ablenken, sofern sie diese nicht als geeignet empfinden. Derartige lernhinderliche Effekte werden womöglich durch die visuelle Prägnanz von VR/AR verstärkt.

Gerade im berufsbildenden Kontext bietet der Einsatz von VR und AR Vorteile. So fanden Bacca et al. (2014) heraus, dass immersive Technologien den Lernprozess von Berufsschüler:innen während ihrer Ausbildung fördern und ihnen den Zugang

zum Arbeitsmarkt erleichtern. Mit VR/AR-Applikationen haben sie die Möglichkeit, dreidimensionale Objekte mehrmals und in originaler Grösse zu erleben, was ihnen ermöglicht, räumlich-visuelle Beziehungen zu entwickeln, sich also Objekte dreidimensional vorzustellen und diese nach eigenem (Lern-)Bedarf zu rotieren (Martin-Gutierrez, Navarro, und Gonzalez 2011). Zudem können Auszubildende in authentischen Situationen risikofrei lernen und üben, etwa beim Arbeiten mit einer Ständerbohrmaschine oder beim Umgang mit gefährlichen Chemikalien (Freina und Ott 2015). Des Weiteren führten Leder et al. (2019) eine Studie über ein VR-Training zum Thema Arbeitssicherheit durch, in der sie langwirkende Effekte der Einschätzung von Risiken in bestimmten Szenarien fanden.

1.3 Einsatz von VR und AR bei Lernbeeinträchtigungen

Authentische dreidimensionale Darstellungsformate und die Interaktion mit virtuellen Objekten sind womöglich die grössten Vorteile des Lernens mit VR und AR. Beim Lernen mit immersiven Technologien wird Lernenden die Möglichkeit gegeben, Lerngegenstände in Form und Grösse zu visualisieren, wie sie in der Realität vorkommen. Dies vereinfacht vor allem Menschen mit schlechtem oder geringem Vorstellungsvermögen das Lernen (Grünke 2004). Menschen mit Lernbeeinträchtigungen (folgend LB genannt) kennzeichnen sich u. a. durch kurze Aufmerksamkeits- und Konzentrationsspannen, Verständnis- sowie Lese- und Schreibprobleme. Sie können sich Dinge schwer bildlich oder räumlich vorstellen und haben eine geminderte Erinnerungsleistung. Generell haben sie Probleme bei der Informationsverarbeitung (ICD-10-CM: DIMI 2019). Schuchardt (2009) erklärt, dass die kognitiven Defizite durch die limitierte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses charakterisiert werden. Lernbehinderte Menschen tun sich somit schwerer beim Lernen von abstrakten Begriffen, können Gelerntes oftmals nur schwer auf neue Situationen transferieren und sind aufgrund dieser Schwierigkeiten oftmals demotiviert (Grünke 2004).

Entscheidend ist, dass Menschen mit LB ein geringes Vorstellungsvermögen bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen haben und somit nur sehr schwer ein mentales Modell beim Verstehen von gesprochenem bzw. gelesenen Text und beim Betrachten von Bildern aufbauen können (s. das Modell nach Schnotz und Bannert 1999). Dieses Defizit kann durch die Darstellungen innerhalb der VR/AR-Umgebung kompensiert werden, da Lernende dank dreidimensionaler und realistischer Visualisierungen dabei unterstützt werden, sich komplexe bzw. abstrakte Inhalte mental vorzustellen. Gabana et al. (2017) fanden zudem heraus, dass Lernende durch VR-Spiele die Leistung ihres Arbeitsgedächtnisses verbessern, insbesondere diejenigen mit niedrigerer Arbeitsspeicherleistung. Nach Gabana et al. (2017) aktivieren immersive Lernumgebungen kognitive Ressourcen und motivieren Lernende, Inhalte der virtuellen Umgebung engagierter zu verarbeiten.

Zusammengenommen lässt sich vermuten, dass Lerneffekte von VR/AR-basierten Anwendungen von kognitiven Voraussetzungen der Lernenden abhängen (vgl. Li et al. 2020) und diese Technologien somit besondere Potenziale zur Förderung von Lernenden mit kognitiven Einschränkungen haben können. Dieser Aspekt wurde in bisherigen Studien jedoch kaum berücksichtigt.

1.4 Lernwirksamkeit von VR und AR für verschiedene Wissensarten

Neben der Betrachtung kognitiver Voraussetzungen der Lernenden betonen Li et al. (2020) zudem Gestaltungsnotwendigkeiten virtueller Lernumgebungen. Hierbei ist insbesondere darauf zu achten, welche Wissensarten adressiert werden und wie kognitiv anspruchsvoll die Lerninhalte sind. Renkl (2009) beschreibt deklaratives Wissen als «Faktenwissen» und prozedurales Wissen als «Können». Beide Wissensarten werden in bisherigen Studien zu VR/AR jedoch nicht hinreichend hinsichtlich des gezielten Einflusses des Lernmediums differenziert (z. B. Webster 2016; Greenwald 2018; Parong und Mayer 2018; Makransky, Terkildsen, und Mayer 2019). Daher wäre es von Interesse zu ermitteln, ob VR/AR Technologien auf beide Wissensarten unterschiedlich wirken. Gerade bei Berufsschüler:innen ist prozedurales, anwendungsorientiertes Lernen, wie z. B. die Einschätzung von Risiken und die Anwendung im zukünftigen Arbeitsleben, von grosser Wichtigkeit (Kaiser 2005). Umso mehr können die Lerninhalte einer VR/AR-Umgebung bei dieser Art von Wissenserwerb gerade für Lernende mit kognitiven Beeinträchtigungen (s. Abschnitt 1.3) eine grosse Unterstützung sein.

Zu beachten ist zudem, dass das Transferwissen laut Dalgarno und Lee (2010) bei dreidimensionalen, virtuellen Lernumgebungen vordergründig ist. Durch die authentische Kontextualisierung bei der Bearbeitung der Lernaufgaben mittels VR/AR wird den Lernenden womöglich erleichtert, erlerntes Wissen und Fähigkeiten in reale Situationen zu transferieren. Eine Studie von Leder et al. (2019) zeigte bspw. keine Vorteile eines VR-Trainings über Arbeitssicherheit im Vergleich zu einer Power-Point-Präsentation beim Wissenserwerb, jedoch beim Transferwissen, das heisst bei der Einschätzung von Risiken. Somit können Lerneffekte durch VR/AR-Anwendungen entstehen, wenn diese anwendungsorientiert sind bzw. der anwendungsorientierte Transfer in andere bzw. neuartige Situationen gefordert ist.

1.5 Unterschiede beim Lernen mit VR und Lernen mit AR

Bisher wurde über Effekte immersiver Medien wie VR und AR im Vergleich zu nicht-immersiven Medien berichtet, jedoch stellt sich die Frage, inwiefern VR und AR unterschiedlich lernwirksam sind. Dazu existiert bislang nur wenig Forschung, und daher gilt dieses Thema als wichtige Forschungslücke. Moro et al. (2017) fanden in

einem Vergleich von Lerneffekten mittels einer VR-, AR- und einer Tablet-PC-Lernbedingung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Lernbedingungen, wobei der Wissenstest hauptsächlich aus Fragen zu deklarativem und räumlichem Wissen bestand. Zu betonen ist jedoch, dass Moro et al. (2017) die AR-Bedingung mittels eines Tablet-PCs realisierten, was nur bedingt mit einer «reinen» AR-Anwendung vergleichbar ist. Des Weiteren berichten Liou et al. (2017) über höhere Lernleistungen durch die AR-Anwendung im Vergleich zu VR, wobei hier für beide Lernumgebungen nicht-immersive Tablets oder PCs eingesetzt wurden. Ob sich Lerneffekte zwischen AR und VR unterscheiden, liesse sich durch die mentale Anstrengung erklären, die womöglich eher erhöht ist, wenn Lernende dynamische Objekte der realen Welt sehen können (vgl. Luong et al. 2019). Parong und Mayer (2018) betonen die Notwendigkeit, Prinzipien zur Gestaltung multimedialer Lernumgebungen zu beachten (s. Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) nach Mayer 2008). Hier besteht die Annahme, dass Schüler:innen, die in einer VR-Umgebung lernen, Objekte bzw. Lerninhalte konzentrierter verarbeiten können, wenn die virtuelle Umgebung schlicht gehalten ist und die Lerninhalte einzeln und nacheinander aufgezeigt werden (vgl. Mayer 2008). Ein Beispiel wäre hier eine leere Fabrikhalle. AR-Umgebungen sind womöglich ablenkend, wenn Lernende eine niedrige Konzentrationsspanne haben, da AR-Anwendungen das Umfeld im Klassenzimmer nicht ausblenden. Folglich scheinen VR-Anwendungen für Schüler:innen mit LB u. a. aufgrund ausgeblendeter Ablenkungen lernförderlicher zu sein als AR-Anwendungen.

1.6 Fragestellung und Hypothesen

Kognitive Voraussetzungen der Lernenden sowie die Art des erworbenen Wissens in der virtuellen bzw. erweiterten Lernumgebung wurden in bisherigen Studien nicht hinreichend berücksichtigt. Zudem wurden Effekte von VR und AR kaum im Kontext der beruflichen Bildung sowie für Schüler:innen mit kognitiven Defiziten beforscht. Daher wird im Rahmen dieser Studie untersucht, ob immersive VR und AR bei dieser Zielgruppe lernwirksam sind. Es wurden folgende Forschungsfragen (F) mit daraus abgeleiteten Hypothesen (H) formuliert:

- (F1) Welche Effekte hat das Lernen mit den immersiven Medien VR und AR auf die Lernleistung der Berufsschüler:innen mit LB im Vergleich zu nicht-immersiven Medien, wie dem Tablet?
- (H1) Berufsschüler:innen mit LB, die mit den immersiven Medien VR und AR lernen, zeigen eine bessere Lernleistung als diejenigen, die mit einem nicht-immersiven Tablet lernen.
- (F2) Gibt es einen Unterschied in der Lernleistung beim Lernen mit VR und dem Lernen mit AR?

- (H2) Berufsschüler:innen mit LB lernen mit der VR-Brille besser als mit der AR-Brille.
- (F3) Hat das Lernen mit den immersiven Medien VR und AR einen anderen Einfluss auf die intrinsische Motivation und Technologieakzeptanz von Berufsschüler:innen mit LB im Vergleich zum Lernen mit dem Tablet?
- (H3) Die intrinsische Motivation und Technologieakzeptanz von Berufsschüler:innen mit LB unterscheidet sich beim Lernen mit VR und AR signifikant gegenüber dem Lernen mit dem Tablet.

2. Studie

2.1 Forschungsdesign

Die vorliegende Studie ist eine quasi-experimentelle Felduntersuchung im Prä- und Posttestdesign mit Kontrollgruppe. Hier wurden Effekte auf die Lernleistung, Motivation und Technologieakzeptanz anhand von drei Lernbedingungen (Experimentaltgruppen: immersive VR und AR; Kontrollgruppe: nicht-immersives Tablet) untersucht. Die Schüler:innen wurden klassenweise den entsprechenden Lernbedingungen zugeordnet, um die Lernsituation im Vergleich zum herkömmlichen Unterricht möglichst authentisch zu halten.

Hierfür erarbeiteten die Teilnehmenden nacheinander anhand der zugeteilten Lernmedien drei Lerneinheiten zu dem fachübergreifenden Thema Arbeitssicherheit (näher dazu in Abschnitt 2.3). Zu jeder Lerneinheit wurde das Vorwissen der Schüler:innen vor der Lernphase sowie die Lernleistung direkt nach der Lernphase gemessen. Die Motivation und Technologieakzeptanz wurden mithilfe eines validierten Fragebogens erfasst (Park 2009; Wilde et al. 2009), dessen Formulierung für die Zielgruppe leicht angepasst wurde. Abbildung 1 illustriert das Forschungsdesign der vorliegenden Studie.

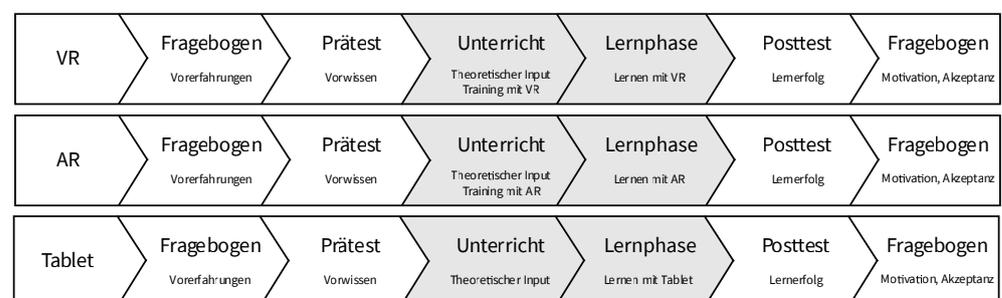


Abb. 1: Untersuchungsdesign für jede Lernbedingung. Anmerkung: bis auf das Training und die Lernphase waren alle Schritte identisch.

2.2 Stichprobe

An der Feldstudie nahmen insgesamt 149 Berufsschüler:innen von zwei Schuleinrichtungen mit sonderpädagogischem Schwerpunkt teil. Da die Untersuchung in einem Zeitraum von ca. 30 nicht aufeinanderfolgenden Wochen stattfand, konnten manche Schüler:innen nicht in die finale Stichprobe aufgenommen werden, da sie ihre Ausbildung während der Studiendurchführung beendeten. Zudem wurden weitere Teilnehmende ausgeschlossen, sofern die Testmaterialien nicht vollständig bzw. sorgfältig bearbeitet wurden. In Tabelle 1 sind die verbliebenen Teilnehmenden der finalen Stichprobe getrennt nach Lernbedingung und Lerneinheit aufgeführt.

Lerneinheit	VR	AR	Tablet	Gesamt
Schutzausrüstung	43	34	38	115
Bohrmaschine	34	31	39	104
Leitern	51	37	28	116

Tab. 1: Anzahl der Teilnehmenden pro Lernbedingung und Lerneinheit.

Die Altersspanne der Teilnehmenden lag zwischen 16 und 28 Jahren ($M = 19.19$ Jahre; $SD = 2.48$). Davon waren 22 (18,03%) weiblich. Die Angaben zur Art der LB der Schüler:innen erfolgte anhand der subjektiven Einschätzung der Lehrpersonen. Diese gaben vor allem sprachliche und schriftliche Barrieren sowie Lese-, Aufmerksamkeits- und Verständnisschwierigkeiten der Teilnehmenden an.

2.3 Lernmaterialien

In der VR-Lernbedingung wurden *Oculus Quest* VR-Brillen (*Meta*), in der AR-Lernbedingung *HoloLens 2* AR-Brillen (*Microsoft*) und in der Kontrollgruppe *iPads pro 2* (*Apple*) eingesetzt. Ausserdem wurden drei Lerneinheiten zu dem Thema Arbeitssicherheit konzipiert, wobei die grafischen Inhalte und die Software für die Brillen mithilfe der Entwicklungssoftware *Unity* sowohl für die VR- als auch für die AR-Brille durch die Firma *VISCOPIIC* (jetzt *TeamViewer*) erstellt wurden. Für die beiden Lernmedien VR und AR wurden identische digitale Inhalte eingeblendet. Die Lerninhalte der VR-Umgebung waren in eine grosse virtuelle Fabrikhalle eingebunden (s. Abb. 2), während in der AR-Umgebung die gleichen Lerninhalte als Hologramme im realen Klassenzimmer eingeblendet wurden. Für die Tablet-Kontrollgruppe wurden die gleichen Lernaufgaben bzw. Inhalte anhand von *WordPress* und der Software *H5P* erstellt, deren Abbildungen aus der virtuellen Lernumgebung entnommen wurden. Im Folgenden werden die Inhalte der drei Lerneinheiten genauer beschrieben und in Abbildung 2 bildlich veranschaulicht.

Die Lerneinheit «Schutzausrüstung» bestand aus sieben Aufgaben, bei denen die Lernenden jeweils aus zwei vorgezeigten Gegenständen oder Kleidungsstücken geeignete Schutzausrüstung identifizieren sollten. Diese Aufgaben zielten auf den deklarativen Wissenserwerb ab. Bei der Lerneinheit «Bohrmaschine» sollten die Lernenden in sieben Schritten einen geeigneten Bohrer in der Bohrmaschine richtig einsetzen und die Ständerbohrmaschine richtig in Betrieb nehmen. Diese Aufgaben zielten auf den prozeduralen Wissenserwerb und waren kognitiv etwas anspruchsvoller. Die Lerneinheit «Leitern» bestand aus vier Teilaufgaben. In der ersten sollten die Schüler:innen für drei vorgegebene Szenarien jeweils die passende Leiterart auswählen. In der zweiten sollten defekte Stellen an einer Stehleiter identifiziert werden. In der dritten wurden Anlegeleitern mit einem unterschiedlichen Anstellwinkel vorgezeigt; hierbei sollte der richtige Winkel ausgewählt werden. In der vierten Aufgabe sollte die richtige Standunterlage für die Leiter ausgewählt werden. Diese Aufgaben zielten auf den Erwerb des Transferwissens und waren kognitiv am anspruchsvollsten.



Abb. 2: Veranschaulichung der Lernumgebungen in der VR-Bedingung: (links) Schutzausrüstung, (mitte) Bohrmaschine, (rechts) Leitern. Anmerkung: Screenshots wie diese wurden in der Tablet-Umgebung verwendet.

2.4 Untersuchungsinstrumente

Demografische Angaben: Zu Versuchsbeginn erfassten die Lehrpersonen demografische Daten der Proband:innen mithilfe eines Fragebogens. Neben Alter und Herkunft sollten sie zudem Informationen zur LB (z. B. Aufmerksamkeitsdefizite), zur Regelmässigkeit des Schulbesuchs und zu den Vorerfahrungen zum Thema Arbeitssicherheit sowie dem Umgang mit VR-, AR- und anderen Technologien geben.

Wissenstests: Für jede der drei Lerneinheiten wurde ein Wissenstest entwickelt und vorab mithilfe einer Expertenbefragung sowie einer Pilotstudie validiert. Zu jedem Messzeitpunkt (Prä- und Posttest) wurden die gleichen Tests durchgeführt, je einer pro Lerneinheit. Der Wissenstest der Lerneinheit «Schutzausrüstung» bestand aus sieben deklarativen Aufgaben mit jeweils offenem Antwortformat, in denen die

korrekte Schutzausrüstung zu benennen war und der passende Körperteil zugeordnet werden sollte. Insgesamt konnten bei diesem Test 21 Punkte erzielt werden (14 Items, $\alpha = .80$). Der Wissenstest der Lerneinheit «Bohrmaschine» bestand aus zwei prozeduralen Aufgaben, bei denen sieben Arbeitsschritte in die richtige Reihenfolge gebracht und in einer Abbildung eingezeichnet werden sollten, um ein Metallstück korrekt mit einer Ständerbohrmaschine zu verarbeiten. Insgesamt konnten bei diesem Test 21 Punkte erzielt werden (14 Items, $\alpha = .88$). Der Wissenstest der Lerneinheit «Leitern» mass das Transferwissen. Der Test bestand aus einer Abbildung mit 12 Szenarien, in denen Menschen mit einer Leiter arbeiten. Für jedes Szenario sollte angegeben werden, ob eine Unfallgefahr zu erkennen ist. Zudem sollte genauer beschrieben werden, welche mögliche Gefahr besteht und wie diese vermieden werden kann. Insgesamt konnten bei diesem Test 56 Punkte erzielt werden (36 Items, $\alpha = .73$).

Fragebogen zur Motivation und Technologieakzeptanz: Um die intrinsische Motivation zu ermitteln, wurden die Skalen «Interesse/Vergnügen» (3 Items, $\alpha = .86$), «Wahrgenommene Kompetenz» (3 Items, $\alpha = .85$) und «Druck/Anspannung» (3 Items, $\alpha = .74$) der Kurzskala Intrinsischer Motivation (KIM: Wilde et al. 2009) verwendet. Um die Technologieakzeptanz im Umgang mit Lerntechnologien zu ermitteln, wurden die Skalen «Perceived Usefulness» (wahrgenommene Nützlichkeit; 3 Items; $\alpha = .83$) und «Attitude» (Einstellung; 3 Items, $\alpha = .85$) aus dem *Technology Acceptance Model* (vgl. Park 2009) verwendet. Der Fragebogen wurde sprachlich für die Zielgruppe angepasst. Die Items wurden zuvor anhand eines Experteninterviews validiert und mithilfe einer Vorstudie pilotiert. Der Fragebogen wurde zusammen mit dem Posttest ausgefüllt. Die Items sind fünfstufig Likert-skaliert (von 1 «trifft gar nicht zu» bis 5 «trifft voll und ganz zu»). Zur Förderung der Verständlichkeit für die Proband:innen wurden die Items mit «unglücklichen» bis «glücklichen» Smileys entsprechend den Skalenstufen ergänzt.

Alle Fragebögen sowie Wissenstests wurden in Papierform erhoben. Die Daten wurden nachträglich elektronisch eingegeben und ausgewertet.

2.5 Untersuchungsablauf

Die Feldstudie fand im Zeitraum zwischen Herbst 2019 und Herbst 2021¹ statt, wobei die Klassen für die VR-Lernbedingung im Herbst und Winter 2019/2020, die Klassen für die Tablet-Lernbedingung im Frühjahr 2020 und die Klassen für die AR-Lernbedingung im Herbst 2021 teilnahmen. Für jeden Teilnehmenden füllten die Lehrpersonen anfangs einen demografischen Fragebogen aus. Um den Kenntnisstand der Lernenden zu ermitteln, wurden für jede Lerneinheit vor Beginn der jeweiligen

1 Aufgrund von Lieferengpässen der AR-Brillen und der Pandemie mit den darauffolgenden Schulschließungen erfolgte die Untersuchung unter Berücksichtigung von Hygienekonzepten in einem längeren Zeitraum als ursprünglich mit den Schulen geplant war.

Einheit Tests zur Erfassung des Vorwissens (Prätest) während einer Unterrichtsstunde eingesetzt. Vor Studienbeginn wurde anhand einer erstellten Trainingslerneinheit der Umgang mit den VR- bzw. den AR-Brillen geübt. Zudem erhielten die Schulklassen eine kurze Einführung zum Thema Arbeitssicherheit. Die Lerneinheiten mit den jeweiligen Medien (VR/AR/Tablet) fanden in mehreren Unterrichtsstunden statt. Direkt im Anschluss wurde der Wissenstest (Postest) sowie der Motivations- und Akzeptanzfragebogen erhoben.

3. Ergebnisse

3.1 Überprüfung der Hypothesen in Bezug auf das Lernen mit immersiven Medien

Um die Annahmen zu testen, dass Berufsschüler:innen mit LB mit immersiven Medien (VR/AR) besser als mit nicht-immersiven Medien (Tablet) lernen (H1) und um zu prüfen, dass das Lernen mit der VR-Brille bei der gleichen Zielgruppe höhere Lernleistung als das Lernen mit einer AR-Brille zeigt (H2), wurde im ersten Schritt für jede der drei Lerneinheiten eine einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor «Lernbedingung» (VR/AR/Tablet) und der abhängigen Variable «Lernzuwachs» berechnet. Die Variable «Lernzuwachs» wurde anhand der Differenz zwischen den erreichten Prozentpunkten im Post- und Prätest berechnet. Im zweiten Schritt wurden Bonferroni Post-Hoc Kontraste genutzt, um Unterschiede zwischen den einzelnen Lernbedingungen festzustellen.

In Tabelle 2 sind die deskriptiven Statistiken für den Wissenstest (Prä- und Posttest) getrennt nach Lernbedingung dargestellt. Die in den jeweiligen Wissenstests erreichte Punktzahl wurde in Prozentwerte überführt, d. h. die tatsächlich erreichten Punkte in Relation zur erreichbaren Gesamtpunktzahl. Deskriptiv zeigt sich beinahe ausnahmslos ein Lernzuwachs für alle Lernbedingungen und Lerneinheiten.

Lerneinheit	n	M _{VR} (SD)	n	M _{AR} (SD)	n	M _{Tablet} (SD)	df	F	p	η ² _p
Schutzausrüstung	43	4.21 (28.46)	34	5.74 (27.24)	38	5.51 (25.28)	2/112	0.037	.963	.000
Bohrmaschine	34	18.91 (23.98)	31	10.60 (17.72)	39	-3.66 (19.22)	2/101	11.377	.001*	.184
Leitern	51	13.00 (15.50)	28	6.94 (18.90)	37	3.05 (11.29)	2/113	4.727	.011*	.077

Tab. 2: Anzahl, Mittelwert und Standardabweichung für den Lernzuwachs pro Lerneinheit und Lernbedingung und einfaktorielle Varianzanalyse mit der abhängigen Variable Lernzuwachs (Punkte im Posttest minus Punkte im Prätest) und dem Faktor Lernbedingung. Anmerkung: Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0.05$ festgelegt und wird mit * gekennzeichnet.

In der Lerneinheit «Schutzausrüstung» ergab das allgemeine Modell beim Lernzuwachs keinen signifikanten Unterschied zwischen den Lernbedingungen, $F(2,112) = 0.037$, $p = .963$, was auch für die einzelnen Post-Hoc Vergleiche galt. Somit konnten die Annahmen H1 und H2 für diese Lerneinheit nicht bestätigt werden.

Bei der Lerneinheit «Bohrmaschine» ergab das allgemeine Modell beim Lernzuwachs einen signifikanten Unterschied mit grosser Effektstärke zwischen den Lernbedingungen, $F(2,101) = 11.377$, $p < .001$, $\eta^2_p = .184$. Die Post-Hoc Analyse zeigt, dass sich der durchschnittliche Lernzuwachs der VR-Lernbedingung ($M = 18.91\%$; $SD = 23.98$) signifikant gegenüber dem der Tablet-Lernbedingung ($M = -3.66\%$; $SD = 19.22$) unterschied ($p < .001$). Ebenso unterschied sich der Lernzuwachs der AR-Lernbedingung ($M = 10.60\%$; $SD = 17.72$) signifikant von dem Lernzuwachs der Tablet-Lernbedingung ($p = .014$). Somit konnte die Annahme H1 für diese Lerneinheit bestätigt werden, jedoch nicht die Annahme H2, da die Post-Hoc Analyse keinen signifikanten Unterschied zwischen der VR- und AR-Bedingung ergab ($p = .317$).

Bei der Lerneinheit «Leitern» ergab das allgemeine Modell beim Lernzuwachs einen signifikanten Unterschied mit mittlerer Effektstärke zwischen den Lernbedingungen, $F(2,113) = 4.727$, $p = .011$, $\eta^2_p = .077$. Die Post-Hoc Analyse zeigte, dass sich der durchschnittliche Lernzuwachs der VR-Lernbedingung ($M = 13.00\%$; $SD = 15.50$) signifikant zu der Tablet-Lernbedingung ($M = 3.05\%$; $SD = 11.29$) unterschied ($p = .009$), jedoch nicht derjenige der AR-Lernbedingung ($M = 6.94\%$; $SD = 18.90$) zur Tablet-Lernbedingung ($p = .931$). Somit konnte die Annahme H1 für diese Lerneinheit nur zum Teil bestätigt werden, die Annahme H2 jedoch nicht, da es keinen signifikanten Unterschied im Post-Hoc Test zwischen der VR- und der AR-Lernbedingung gab ($p = .282$). Insgesamt konnte die Annahme H1 nur für die Lerneinheit «Bohrmaschine» und nur teilweise für die Lerneinheit «Leitern», Annahme H2 für keine der Lerneinheiten bestätigt werden.

3.2 Überprüfung der Hypothese hinsichtlich des Einflusses von Motivation und Technologieakzeptanz

Um die Annahme H3 zu testen, wonach sich die intrinsische Motivation und Technologieakzeptanz beim Lernen mit VR und AR signifikant gegenüber dem Lernen mit dem Tablet unterscheidet, wurden fünf einfaktorische Varianzanalysen mit dem Faktor «Lernbedingung» (VR/AR/Tablet) und als abhängige Variable die jeweiligen fünf Konstrukte der «intrinsischen Motivation» (KIM) und «Technologieakzeptanz» (TAM), sowie a-priori-Kontraste («VR» zusammen mit «AR» kontrastiert zu «Tablet»; «VR» kontrastiert zu «AR») durchgeführt.

In Tabelle 3 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der oben skizzierten Konstrukte des KIM und TAM Fragebogens getrennt nach Bedingungen aufgeführt. Es ist auffällig, dass alle Lernbedingungen eine hohe Motivation und Technologieakzeptanz aufzeigen, wobei die Tablet-Gruppe deskriptiv etwas geringere Motivations- und Akzeptanzwerte aufweist.

		VR (n=48)		AR (n=33)		Tablet (n=39)	
Skala	Konstrukt	M	SD	M	SD	M	SD
KIM	Interesse	4.42	0.71	4.33	0.76	3.98	0.90
	Kompetenz	4.31	0.68	4.31	0.74	3.98	0.81
	Druck*	2.02	1.03	2.05	1.12	2.10	0.99
TAM	Nutzen	4.08	0.80	4.02	0.97	3.68	0.96
	Einstellung	4.20	0.90	4.21	0.94	3.89	0.88

Tab. 3: Deskriptive Statistiken der drei Konstrukte des Messinstruments KIM und der zwei Konstrukte des Messinstruments TAM für jede Lernbedingung. Anmerkung: 5 Punkte Likert-Skala 1 (trifft gar nicht zu) bis 5 (trifft voll und ganz zu). *Druck ist anders gepolt 1 (wenig Druck) bis 5 (viel Druck); n unterscheidet sich bei jeder Lernbedingung zu den Wissenstests aufgrund von fehlenden Fragebögen bzw. aufgrund der Ausreisseranalyse innerhalb jeder Lerneinheit.

Für das Konstrukt «Interesse» ergab das allgemeine Modell einen signifikanten Unterschied zwischen den Lernbedingungen mit einer eher geringen Effektstärke, $F(2,117) = 3.897$, $p = .023$; $\eta^2_p = .062$. A-priori-Kontraste zeigten erwartungsgemäss eine statistisch signifikante Differenz bei den immersiven Medien VR und AR im Vergleich zum nicht-immersiven Lernmedium Tablet, $T(117) = 2.637$, $p = .010$. Jedoch zeigte sich keine signifikante Differenz zwischen dem Lernen mit VR- und demjenigen mit AR-Brille, $T(117) = 0.630$, $p = .530$.

Für das Konstrukt «Kompetenz» zeigte das allgemeine Modell einen signifikanten Unterschied mit kleinerem Effekt zwischen den Lernbedingungen, $F(2,117) = 3.180$, $p = .045$; $\eta^2_p = .052$. A-priori-Kontraste ergaben erwartungsgemäss eine statistisch signifikante Differenz der empfundenen Kompetenz beim Lernen mit immersiven Medien VR und AR im Vergleich zum Lernen mit dem nicht-immersiven Medium Tablet, $T(117) = 2.514$, $p = .013$. Jedoch zeigte sich keine signifikante Differenz zwischen dem Lernen mit der VR- und dem Lernen mit der AR-Brille, $T(117) = -0.065$, $p = .949$.

Für das Konstrukt «Druck» der KIM ergab das allgemeine Modell keinen signifikanten Unterschied zwischen den Lernbedingungen, $F(2,117) = 0.025$, $p = .975$. A-priori Kontraste zeigten entgegen den Erwartungen keine signifikante Differenz zwischen dem Lernen mit den immersiven Medien VR und AR und dem Lernen mit dem nicht-immersiven Tablet, $T(117) = -0.179$, $p = .858$ sowie zwischen dem Lernen mit der VR-Brille und dem Lernen mit der AR-Brille, $T(117) = -0.115$, $p = .909$.

Für das Konstrukt «Nutzen» der TAM ergab das allgemeine Modell keinen signifikanten Unterschied zwischen den Lernbedingungen, $F(2,117) = 2.728$, $p = .069$. Jedoch zeigten die a-priori Kontraste erwartungsgemäss eine signifikante Differenz des empfundenen Nutzens zwischen den immersiven Medien VR und AR und dem nicht-immersiven Lernmedium Tablet, $T(117) = 2.236$, $p = .027$. Entgegen den Erwartungen zeigte sich keine signifikante Differenz zwischen dem Lernen mit der VR- und dem Lernen mit der AR-Brille, $T(117) = 0.433$, $p = .666$.

Für das Konstrukt «Einstellung» der TAM ergab das allgemeine Modell keinen signifikanten Unterschied zwischen den Lernbedingungen, $F(2,117) = 1.731$, $p = .182$. A-priori-Kontraste zeigten entgegen der Erwartung weder eine statistisch signifikante Differenz zwischen den immersiven VR und AR und dem nicht-immersiven Lernmedium Tablet, $T(117) = 1.860$, $p = .065$, noch zwischen dem Lernen mit der VR- und dem Lernen mit der AR-Brille, $T(117) = -0.224$, $p = .823$.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, dass durch die immersiven Lernmedien VR und AR, signifikant höheres Interesse, Kompetenz und Nutzen empfunden wurden als durch das nicht immersive Tablet. Jedoch unterscheiden sie sich nicht signifikant nach dem Druckgefühl und der Einstellung zum Lernmedium. Somit konnte die Hypothese H3 nur für Interesse, empfundene Kompetenz und Nutzen bestätigt werden.

4. Diskussion

Im vorliegenden Beitrag wurde eine quasi-experimentelle Feldstudie in Berufsschulen mit sonderpädagogischem Schwerpunkt durchgeführt, die untersuchte, ob Berufsschüler:innen mit LB anhand von immersiven Lerntechnologien (VR/AR) beim Lernen gefördert werden können. Dabei wurden mehrere Klassen über zwei Schuljahre hinweg den Lernbedingungen VR, AR und Tablet zugeteilt. Für die Untersuchung wurde das Vorwissen der Teilnehmenden in Form von Wissenstests mit deklarativem, prozeduralem und Transferwissen über drei Lerninhalte zum Thema Arbeitssicherheit gemessen. Nach der Einführung im Umgang mit den Lernmedien sowie der Einleitung zum Thema Arbeitssicherheit im Rahmen eines Unterrichts lernten die Proband:innen mit dem zugewiesenen Lernmedium Inhalte über (1) «Schutzausrüstung», (2) «Bohrmaschine» und (3) «Leitern». Anschliessend wurde ihre Lernleistung mit den gleichen drei Wissenstests erneut gemessen. Zusätzlich wurden zusammen mit dem Wissensposttest die Intrinsische Motivation sowie die Technologieakzeptanz der Lernenden erhoben.

4.1 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Um zu beantworten, welche Effekte die Verwendung immersiver VR- und AR-Brillen auf die Lernleistung der Berufsschüler:innen mit LB im Vergleich zum nicht-immersiven Tablet hat (F1) und um zu untersuchen, ob es einen Unterschied in der Lernleistung der gleichen Zielgruppe beim Lernen mit der VR-Brille im Vergleich gegenüber der AR-Brille gibt (F2), wurden für jede der drei Lerneinheiten Varianzanalysen mit dem Faktor «Lernbedingung» und der abhängigen Variablen «Lernzuwachs» sowie den Hypothesen entsprechende Kontrastanalysen genutzt.

In der Lerneinheit «Schutzausrüstung» zeigte der Lernzuwachs keinen signifikanten Unterschied zwischen den Lernbedingungen. Demnach lernten die Schüler:innen mit VR, AR und Tablet gleich gut. Diese Erkenntnis steht im Einklang mit den Studien, die keine Vorteile beim Lernen mit VR und AR fanden (z. B. Kaplan et al. 2021), jedoch nicht mit der von Webster (2016), die Lerneffekte durch VR in Bezug auf das deklarative Wissen feststellte. Es ist zu vermuten, dass bei kognitiv weniger anspruchsvollen Lernaufgaben, bei denen richtige Lerninhalte abgerufen und benannt werden sollen, eine zweidimensionale Repräsentation ausreicht, da diese Informationen nicht sehr komplex bzw. abstrakt sind und beim Abrufen durch das Vorstellungsvermögen keine kognitiven Kapazitäten beansprucht werden (s. Grünke 2004) und keine stark fordernde mentale Anstrengung gegeben ist (vgl. Luong et al. 2019). Zudem gab es keine signifikanten Unterschiede des Lernzuwachses zwischen den VR- und AR-Anwendungen, was mit Befunden von Parmar et al. (2016) vergleichbar ist.

In der Lerneinheit «Bohrmaschine» lernten die Teilnehmenden deutlich besser mit den immersiven VR und AR als mit dem Tablet. In der Lerneinheit wurde prozedurales Wissen adressiert, da die Lernenden sieben Schritte befolgen sollten, wie man korrekt eine Ständerbohrmaschine in Betrieb nimmt. Demnach fiel es den Jugendlichen mit Lerndefiziten einfacher, sich die Schritte zu merken, nachdem sie eine Ständerbohrmaschine in realer Grösse vor sich sahen, mit ihr interagieren konnten und die Schritte eigenständig anwendeten, anstatt die Lerninhalte in abstrakterer, zweidimensionaler Form zu bearbeiten und abzuspeichern (s. Aufbau des Mentalen Modells nach Schnotz und Bannert 1999; Grünke 2004). Auch für diese Lerneinheit war der Unterschied der Lernsteigerung zwischen der VR- und der AR-Anwendung nicht signifikant, obwohl in der VR-Bedingung deskriptiv eine leicht höhere Lernsteigerung beobachtet werden konnte.

In der Lerneinheit «Leitern» lernten die Jugendlichen mit den immersiven Medien deutlich besser, wobei sich die Lernleistung der VR-Lernbedingung nur signifikant von der Tablet-Bedingung, jedoch nicht signifikant von der AR-Bedingung unterschied. In einer Lernumgebung, deren Inhalte risikoreiche Situationen darstellen, die die Lernenden erkennen und beheben sollten, war es am hilfreichsten, in einer vollständig virtuellen Umgebung zu stehen, in der die volle Aufmerksamkeit auf die

Inhalte gelenkt werden kann und keine Ablenkung vom Umfeld kommt (s. Prinzipien nach CTML Mayer 2008). Die Befunde sind zum Teil im Einklang mit denen von Leder et al. (2019). Sie fanden zwar bei VR-Trainings zum Thema Arbeitssicherheit im Vergleich zu einer PowerPoint-Präsentation keine Effekte bei der Lernleistung, jedoch zur Risikoeinschätzung. Wenn es beim Lernen um Transferwissen bzw. um die Einschätzung potenzieller Gefahren in bestimmten Szenarien geht, dann ist ein hochgradig immersives Medium durchaus eine Unterstützung, um Phänomene leichter imaginieren und auf andere Situationen transferieren zu können.

Um beantworten zu können, welchen Einfluss das Lernen mit immersiven Medien auf die Motivation und Technologieakzeptanz von Berufsschüler:innen mit LB im Vergleich zum Lernen mit dem Tablet hat (F3), wurden Varianzanalysen für jedes Konstrukt durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass das Arbeiten mit den Lernmedien VR/AR das Interesse, die empfundene Kompetenz und den Nutzen der Auszubildenden beim Lernen signifikant beeinflusst, jedoch nicht ihr Druckgefühl und ihre Einstellung zu den Lernmedien. Wie mehrere Studien (z. B. Parong und Mayer 2018; Lin und Wang 2021) bereits feststellten, ist das Lernen mit VR und somit auch AR sehr motivationsförderlich, was sich auf das Lernverhalten auswirken kann. Diese Annahme wird zudem durch Auskünfte von Lehrpersonen gestützt, die an unserer Studie teilgenommen haben. Laut Aussagen der Lehrpersonen zeigten die Schüler:innen grosse Begeisterung und Motivation während des Lernens, was die Daten bestätigen. Auch wenn die dargestellte Studie längerfristig implementiert wurde, bleibt jedoch fraglich, ob es sich bei diesen Befunden um kurzfristige «Neuheitseffekte des Mediums» (vgl. Jenö et al. 2019) handelt oder ob derartige motivationsförderliche Effekte auch im Fall stetiger Mediennutzung im Unterricht geltend gemacht werden können.

4.2 Limitationen und Implikationen

Ein entscheidender Vorteil der vorgestellten Feldstudie liegt darin, dass die Untersuchung extern valide ist. Die Untersuchungsbedingungen wurden im Unterricht zu mehreren Themen und über einen längeren Zeitraum von den Lehrpersonen selbst durchgeführt. Unter diesen Voraussetzungen ist davon auszugehen, dass die identifizierten Effekte der Studie auch in kontextgebundenen Lernsituationen greifen. Damit geht jedoch das Problem einher, dass das quasi-experimentelle Untersuchungsdesign im Feld weniger intern valide ist. Das heisst, Befunde, die auf die quasi-experimentelle Variation zurückgeführt werden, könnten auch zum Teil durch nicht kontrollierte Störfaktoren erklärt werden. Dazu zählen z. B. die zeitlichen Abstände zwischen den Messzeitpunkten, die Reihenfolge der Lerneinheiten sowie die Konzentration der Teilnehmenden bei der Beantwortung der Tests. Auch die durchführenden Lehrpersonen könnten die Ergebnisse beeinflusst haben.

Zusammengenommen ist festzuhalten, dass die hier berichteten Ergebnisse in intern validieren Laborexperimenten zu replizieren sind, um so die hier formulierten theoretischen Annahmen abzusichern.

Generell zeigen die berichteten Befunde, dass VR- und AR-Technologien lernförderlich im beruflichen Unterricht eingesetzt werden können. Hervorzuheben ist, dass die positiven Lerneffekte (sowie motivationale Effekte) immersiver Medien auch (oder insbesondere) für Schüler:innen mit LB aufgezeigt werden konnten. Von besonderem Interesse ist, dass sich die Lernförderlichkeit immersiver Medien insbesondere für anwendungsbezogene bzw. prozedurale Lerninhalte (vgl. «Bohrmaschine» und «Leitern») zeigte, nicht jedoch für das Erlernen reinen Faktenwissens (vgl. «Schutzausrüstung»). Diese Befunde deuten an, dass die Beziehung zwischen Lerninhalten bzw. die Art des vermittelten Wissens und die Visualisierungsmöglichkeiten immersiver Medien deren Lernwirksamkeit moderieren. Ein Alleinstellungsmerkmal immersiver Medien besteht darin, Lerninhalte räumlich-situativ zu repräsentieren und so zu kontextualisieren (Hartmann und Bannert 2022). Während die Lerninhalte der Themen «Bohrmaschine» und «Leitern» räumlich-situative Merkmale aufweisen (z. B. Positionen dreidimensionaler Objekte), scheint dies für das Thema «Schutzausrüstung» nicht gegeben. Zudem zeigten sich beim Thema «Leitern» Lerneffekte ausschliesslich zugunsten der VR-Bedingung, nicht jedoch im Vergleich zwischen AR und der Tablet-Bedingung. Hier liesse sich vermuten, dass bei diesem Thema die – im Vergleich zu AR – stärkere räumlich-situative Einbettung durch VR einen Teil der Lernvorteile gegenüber der Tablet-Bedingung erklärt. Die «semantische Beziehung» zwischen Visualisierungsmöglichkeiten immersiver Medien (auch im Unterschied zwischen VR und AR) und Lerninhalten scheint folglich von grosser Bedeutung zu sein, um heterogene Befunde hinsichtlich der Lernwirksamkeit immersiver Medien einordnen zu können, und sollte daher in künftigen Studien gesondert berücksichtigt werden.

Zusammenfassend zeigt unsere Untersuchung, dass der Einsatz von VR und AR im Kontext der beruflichen Bildung und insbesondere bei Auszubildenden mit LB bedeutsame Lernerfolge erzielt. Das umfassende VR/AR-Lernmaterial liefert darüber hinaus beispielhafte Vorlagen für eine lernwirksame Umsetzung im Unterricht. Da jedoch Lerneffekte nicht für alle Lerneinheiten gefunden wurden, bleibt weitergehend zu untersuchen, wie Lernumgebungen mit VR und AR unter Berücksichtigung der kognitiven Voraussetzungen der Lernenden lernförderlich zu gestalten sind (s. Li et al. 2020). Immersive Lernmedien bringen nicht immer ausschliesslich Lernvorteile, jedoch sind sie durchaus effektive Lerntools, die im Klassenzimmer gut eingesetzt bzw. in Kombination mit dem traditionellen Unterricht gut integriert werden können.

Literatur

- Bacca, Jorge, Silvia Baldiris, Ramon Fabregat, Sabine Graf, und Kinshuk. 2014. «Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications». *Educational Technology & Society* 17 (4): 133–49. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.133>.
- 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 (4): 449–62. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>.
- Dalgarno, Barney, und Mark J. W. Lee. 2010. «What are the learning affordances of 3-D virtual environments?» *Part of a special issue: Crossing boundaries: Learning and teaching in virtual worlds* 41 (1): 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>.
- Davis, Fred D. 1989. «Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology». *MIS Quarterly* 13 (3): 319–40. <https://doi.org/10.2307/249008>.
- Di Serio, Ángela, María Blanca Ibáñez, und Carlos Delgado Kloos. 2013. «Impact of an Augmented Reality System on Students' Motivation for a Visual Art Course». *Computers & Education* 68: 586–96. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>.
- DIMI, Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. 2019. ICD-10-GM Version 2019, Kapitel V Psychische und Verhaltensstörungen. 2019. <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-gm/kode-suche/htmlgm2019/block-f80-f89.htm>.
- Freina, Laura, und Michela Ott. 2015. «A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State of the Art and Perspectives». *eLearning & Software for Education* 1 (Januar): 133–41. <https://doi.org/10.12753/2066-026x-15-020>.
- Gabana, Daniel, Laurissa Tokarchuk, Emily Hannon, und Hatice Gunes. 2017. «Effects of Valence and Arousal on Working Memory Performance in Virtual Reality Gaming». In *2017 Seventh International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, 36–41. San Antonio, TX: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ACII.2017.8273576>.
- Garzotto, Franca, Mirko Gelsomini, Daniele Occhiuto, Vito Matarazzo, und Nicolò Messina. 2017. «Wearable Immersive Virtual Reality for Children with Disability: A Case Study». In *IDC '17: Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*, 478–83. IDC '17. New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3078072.3084312>.
- Greenwald, Scott W. 2018. «Comparing Learning in Virtual Reality with Learning on a 2D Screen Using Electrostatics Activities». *Journal of Universal Computer Science* 24 (2): 220–45. <https://doi.org/10.3217/jucs-024-02-0220>.
- Grünke, Matthias. 2004. «Lernbehinderung». In *Interventionen bei Lernstörungen. Förderung, Training und Therapie in der Praxis*, herausgegeben von Gerhard W. Lauth, Matthias Grünke, und Joachim C. Brunstein, 2. Aufl., 65–77. Göttingen: Hogrefe.
- Hartmann, Christian, und Maria Bannert. 2022. «Lernen in virtuellen Räumen: Konzeptuelle Grundlagen und Implikationen für künftige Forschung». *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>.

- Helsel, Sandra. 1992. «Virtual Reality and Education». *Educational Technology* 32 (5): 38–42. <https://www.jstor.org/stable/44425644>.
- Jeno, Lucas M., Vigdis Vandvik, Sigrunn Eliassen, und John-Arvid Grytnes. 2019. «Testing the Novelty Effect of an M-Learning Tool on Internalization and Achievement: A Self-Determination Theory Approach». *Computers & Education* 128 (Januar): 398–413. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.008>.
- Kaiser, Hansruedi. 2005. *Wirksame Ausbildungen entwerfen. Das Modell der konkreten Kompetenzen*. Bern: hep. <https://lit.bibb.de/vufind/Record/DS-126565>.
- Kaplan, Alexandra D., Jessica Cruit, Mica R. Endsley, Suzanne M. Beers, Ben D. Sawyer, und Peter 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>.
- 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. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1165633.pdf>.
- Kesim, Mehmet, und Yasin Ozarlan. 2012. «Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education». *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 47: 297–302. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654>.
- Kintsch, Walter. 1980. «Learning from text, levels of comprehension, or: Why anyone would read a story anyway». *Poetics, Special Issue Story Comprehension* 9 (1): 87–98. [https://doi.org/10.1016/0304-422X\(80\)90013-3](https://doi.org/10.1016/0304-422X(80)90013-3).
- Leder, Johannes, Tina Horlitz, Patrick Puschmann, Volker Wittstock, und Astrid Schütz. 2019. «Comparing Immersive Virtual Reality and Powerpoint as Methods for Delivering Safety Training: Impacts on Risk Perception, Learning, and Decision Making». *Safety Science* 111 (Januar): 271–86. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.021>.
- Li, Jingyi, Ceenu George, Andrea Ngao, Kai Holländer, Stefan Mayer, und Andreas Butz. 2020. «An Exploration of Users' Thoughts on Rear-Seat Productivity in Virtual Reality». In *12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 92–5. Virtual Event DC USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3409251.3411732>.
- Limniou, Maria, David Roberts, und Nikos Papadopoulos. 2008. «Full Immersive Virtual Environment CAVETM in Chemistry Education». *Computers & Education* 51 (2): 584–93. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.06.014>.
- Lin, Yu-Ju, und Hung-chun Wang. 2021. «Using Virtual Reality to Facilitate Learners' Creative Self-Efficacy and Intrinsic Motivation in an EFL Classroom». *Education and Information Technologies* 26 (4): 4487–505. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10472-9>.
- Liou, Hsin-Hun, Stephen J. H. Yang, Sherry Y. Chen, und Wernhuar Tarnng. 2017. «The Influences of the 2D Image-Based Augmented Reality and Virtual Reality on Student Learning». *Journal of Educational Technology & Society* 20 (3): 110–21. <http://www.jstor.org/stable/26196123>.

- Lucas, Jason. 2018. «Student Perceptions and Initial Response to Using Virtual Reality for Construction Education». In *54th Associated Schools of Construction Annual International Conference Proceedings.*, 8. Minneapolis, MN. <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2018/paper/CERT101002018.pdf>.
- Luong, Tiffany, Nicolas Martin, Ferran Argelaguet, und Anatole Lecuyer. 2019. «Studying the Mental Effort in Virtual Versus Real Environments». In *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 809–16. Osaka, Japan: IEEE. <https://doi.org/10.1109/VR.2019.8798029>.
- 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>.
- Mantovani, F. 2001. «VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3 D Environments in Education and Training». 2001. <https://www.semanticscholar.org/paper/VR-Learning-%3A-Potential-and-Challenges-for-the-Use-Mantovani/c7f8d19850f4a88655fe81cae-a89912dcad66241>.
- Martin-Gutierrez, Jorge, Rosa E. Navarro, und Montserrat Acosta Gonzalez. 2011. «Mixed Reality for Development of Spatial Skills of First-Year Engineering Students». In *2011 Frontiers in Education Conference (FIE)*, T2D-1-T2D-6. Rapid City, SD, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6142707>.
- Mayer, Richard E. 2008. «Applying the Science of Learning: Evidence-Based Principles for the Design of Multimedia Instruction». *The American Psychologist* 63 (8): 760–69. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.63.8.760>.
- 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>.
- Moro, Christian, Zane Štromberga, Athanasios Raikos, und Allan Stirling. 2017. «The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy». *Anatomical Sciences Education* 10 (6): 549–59. <https://doi.org/10.1002/ase.1696>.
- Nagy, Judit T. 2018. «Evaluation of Online Video Usage and Learning Satisfaction: An Extension of the Technology Acceptance Model». *The International Review of Research in Open and Distributed Learning* 19 (1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i1.2886>.
- Park, Sung Youl. 2009. «An Analysis of the Technology Acceptance Model in Understanding University Students' Behavioral Intention to Use e-Learning». *Educational Technology & Society* 12 (3): 150–62. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.12.3.150>.
- Parmar, Dhaval, Jeffrey W. Bertrand, Sabarish V. Babu, Kapil Chalil Madathil, Melissa Zelaya, Tianwei Thomas Wang, John R. Wagner, Anand K. Gramopadhye, und Kristin K. Frady. 2016. «A Comparative Evaluation of Viewing Metaphors on Psychophysical Skills Education in an Interactive Virtual Environment». *Virtual Reality* 20 (3): 141–57. <https://doi.org/10.1037/edu000024110.1007/s10055-016-0287-7>.
- 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>.

- Radu, Iulian. 2014. «Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis». *Personal and Ubiquitous Computing* 18 (6): 1533–43. <https://10.1007/s00779-013-0747-y>.
- Renkl, Alexander. 2009. «Lehren und Lernen». In *Handbuch Bildungsforschung*, herausgegeben von Rudolf Tippelt, und Bernhard Schmidt, 737–51. Wiesbaden: VS. https://doi.org/10.1007/978-3-531-91831-0_39.
- Schnotz, Wolfgang, und Maria Bannert. 1999. «Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text und Bildverstehen». *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie* 46 (3): 217–36. <https://doi.org/10.1026/0949-3964.46.3.217>.
- Schuchardt, Kirsten. 2009. «Arbeitsgedächtnis und Lernstörungen: Differenzielle Analysen der Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern mit Lernstörungen». Georg-August-Universität Göttingen. <https://doi.org/10.53846/goediss-1353>.
- Sorby, Sheryl A., und Beverly J. Baartmans. 1996. «A Course for the Development of 3-D Spatial Visualization Skills». *Engineering Design Graphics Journal* 60 (2): 13–20. <https://diggingdeeper.pbworks.com/f/Developing+Spatial+Skills.pdf>.
- Sorby, Sheryl A., und Beverly J. Baartmans. 2000. «The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students». *Journal of Engineering Education* 89 (3): 301–7. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2000.tb00529.x>.
- Sutherland, Ivan E. 1968. «A Head-Mounted Three Dimensional Display». In *AFIPS '68 (Fall, Part I): Proceedings of the December 9–11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I*, 757–64. San Francisco, California: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>.
- Wade, Suzanne E. 1993. «How Interest Affects Learning from Text». In *The Role of Interest in Learning and Development*, herausgegeben von K. Ann Renninger, Suzanne Hidi, und Andreas Krapp, 27–41. New York: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315807430>.
- Webster, Rustin. 2016. «Declarative Knowledge Acquisition in Immersive Virtual Learning Environments». *Interactive Learning Environments* 24 (6): 1–15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.994533>.
- Wilde, Matthias, Katrin Bätz, Anastassiya Kovaleva, und Detlef Urhahne. 2009. «Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM)». *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15: 31–45. https://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/15_Wilde.pdf.
- 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>.

Danksagung

Diese Untersuchung wurde im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes «Be-IT-Ink – Berufliches Immersives Training für Inklusion» (BMBF: 01PE18009C) durchgeführt. Wir danken den Verbundpartnern Zeitbildverlag, VISCOPIK, den Lehrpersonen der Kolping-Einrichtungen Gütersloh und Brakel sowie allen teilnehmenden Berufsschüler:innen.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Vergleichende Evaluation von Explorationsarten in interaktiven 3D-360°-Anwendungen

Einsatz von explorativem Lernen zur Vorbereitung von Handwerkern auf Vor-Ort-Termine beim Kunden

Johannes Funk¹  und Ludger Schmidt¹ 

¹ Universität Kassel

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie vergleicht drei Arten des explorativen Lernens mit interaktiven 3D-360°-Anwendungen. Als Szenarien für die Anwendung werden simulierte Vor-Ort-Termine von Handwerkern beim Kunden verwendet. In den Handwerksszenarien «Maler», «Elektriker» und «Klempner» sollen handwerksübliche Arbeitsaufgaben zur Vorbereitung auf reale Vor-Ort-Termine mit verschiedenen Explorationsarten durchgeführt werden. In Art A werden Arbeitsabläufe von einer Fachperson im Video durchgeführt und vom Nutzer beobachtet. In Art B werden arbeitsaufgabenrelevante Stellen in der gezeigten Umgebung durch «!»-Symbole markiert. In Art C werden keine Markierungen eingesetzt, relevante Stellen müssen vom Nutzer entdeckt werden. Die Studie mit 30 Teilnehmern im Within-Subject-Design prüft unter anderem die Hypothesen, ob sich die Explorationsart auf die Gebrauchstauglichkeit (SUS), das Benutzungserlebnis (UEQ) und die eingenommene Rolle der nutzenden Person (aktiv/passiv) auswirkt. Bei allen Explorationsarten liegt eine vergleichbar hohe Gebrauchstauglichkeit vor. Das Benutzungserlebnis ist sowohl in Art B als auch in Art C signifikant höher als in Art A. In Art C wird die eigene Nutzerrolle aktiver eingeschätzt als in Art A und B. Art B ist wiederum aktiver als Art A. Das bessere Benutzungserlebnis und die aktivere Rolle der nutzenden Person bei gleichbleibend hoher Gebrauchstauglichkeit machen die Explorationsarten B (markierte Stellen) und C (unmarkierte Umgebung) interessant für die Wissensvermittlung von praktischen Inhalten.

**Comparative Evaluation of Exploration Modes in Interactive 3D-360°-Applications.
Using Exploratory Learning to Prepare Craftsmen for On-Site Customer
Appointments**

Abstract

This study compares three types of exploratory learning with interactive 3D 360° applications. Simulated on-site appointments of craftsmen at the customer's site are used as scenarios for the application. In the «Painter», «Electrician» and «Plumber» craft scenarios, common craft work tasks are to be performed in preparation for real on-site appointments using different exploration types. In Type A, work tasks are performed by a skilled person on video and observed by the user. In Type B, work task relevant locations in the shown environment are marked by «!» symbols. In Type C, no markers are used and relevant locations must be discovered by the user. The study with 30 participants in within-subject design tests, among other things, the hypotheses whether the exploration type affects the usability (SUS), the user experience (UEQ) and the assumed role of the user (active/passive). A comparably high usability is present for all exploration types. The user experience is significantly higher in both Type B and Type C than in Type A. In Type C, the user's own role is assessed to be more active than in Types A and B. The user's own role is assessed as more active in Type C than in Type A. Type B is again more active than Type A. The better user experience and the more active role of the user, while maintaining a high usability, make Exploration Types B (marked areas) and C (unmarked surrounding) interesting for knowledge transfer of practical content.

1. Einleitung und Grundlagen

Manche Tätigkeiten und Situationen lassen sich in der handwerklichen Ausbildung nur schwer nachbilden. Hierzu gehört die Situation eines Vor-Ort-Termins beim Kunden. Um Auszubildende dennoch auf die später häufig auftretende Situation vorzubereiten, könnten 3D-360°-Video-Anwendungen nützlich sein. 3D-360°-Videos werden immer häufiger eingesetzt, um immersive Inhalte zu erzeugen (Matos et al. 2018, 1), und sind gut geeignet, auch umfangreiche und komplexe Situationen darzustellen (Hebbel-Seeger et al. 2019, 118). Im Gegensatz zu meist schwer zu erstellenden Virtual-Reality-(VR-)Inhalten werden 3D-360°-Videos mit speziellen Kameras aufgezeichnet, die über die Jahre immer günstiger geworden sind (Neng und Chambel 2010, 119). Ein weiterer Vorteil ist die mögliche Wiedergabe auf Smartphones (Tse et al. 2017, 2968), wodurch hohe Anschaffungskosten durch Verwendung meist vorhandener Geräte entfallen. Mögliche Nachteile im Vergleich zu herkömmlichen VR-Anwendungen – etwa Einschränkungen in den Interaktionsmöglichkeiten durch fehlende Controller (Qian und Teather 2017, 91) – lassen sich durch an die

vorhandene Technik angepasste Interaktionskonzepte verringern (Funk et al. 2019). Für die Interaktion hat sich die Kopfsteuerung mittels der in Smartphones vorhandenen Lagesensoren als intuitiv und effektiv herausgestellt (Klingauf et al. 2019).

Für die Konzeption der in dieser Studie untersuchten Explorationsarten mit 3D-360°-Anwendungen werden konstruktivistische Lerntheorien und das explorative Lernen betrachtet und einbezogen. Konstruktivistische Lerntheorien sehen das Lernen als kreativen und individuellen Konstruktionsprozess (Kerres 2018, 161). Nach Petko (2020, 36) bildet hierbei jeder Mensch subjektive Sinnesstrukturen, die auf Erfahrungen aufbauen, die bspw. beim Experimentieren oder dem Lösen von Problemen gesammelt werden. Eine hierzu geeignete didaktische Methode ist das explorative Lernen, das sich durch folgende vier Merkmale charakterisieren lässt: Die Person steckt sich ein Lernziel; die Person initiiert Handlungen, um das gesteckte Ziel zu erreichen und entscheidet selbst über Lernaktivitäten und deren Sequenz; das Lernen ist dabei kein linearer Prozess; der Vollzug der Lernaktivitäten wird als befriedigend erlebt (Kerres 2018, 347). Lerninhalte werden hierbei nicht in festgelegter Abfolge präsentiert, sondern können von Lernenden gewählt werden, was häufig als weniger langweilig erlebt wird und zu einer aktiven Rolle der Lernenden und mehr Engagement führen kann (ebd.). Im Gegensatz zum darbietenden Lernen (Hartinger und Lohrmann 2014, 385) wird das explorative Lernen als entdeckender, simulativer und spielerischer Prozess betrachtet (Euler und Wilbers 2020, 433). In Studien zur Untersuchung von Effekten zur mittelfristigen Behaltensleistung zeigte sich, dass Lernsituationen, die exploratives Lernen ermöglichen, im Vergleich zu gelenktem Unterricht besser abschnitten (Dean Jr. und Kuhn 2007; Dühlmeier 2009). Arnold (2019) entwickelte in Anlehnung an die konstruktivistische Lerntheorie und das damit verknüpfte explorative Lernen Kriterien, welche gelingendes Lernen ermöglichen sollen. Hierbei soll Lernen selbstgesteuert, produktiv, aktivierend, situativ und sozial sein (Arnold 2019, 79f.). Gemäss der Annahme, dass diese Kriterien als Anspruch für ein gelingendes Lernen gesehen werden können, sollen die Ergebnisse der Studie an diesem Modell diskutiert werden.

Im Gegensatz zu konventionellen Videos können mit 360°-Videos Inhalte in alle Richtungen gleichzeitig aufgenommen und später mit frei wählbarer Betrachtungsrichtung wiedergegeben werden. Zur Erstellung von 360°-Videos können Kameras verwendet werden, die mit mehreren Sensoren und speziellen Objektiven gleichzeitig die gesamte Umgebung aufnehmen (Hebbel-Seeger 2018, 269). Zwar kann die Kamera bei der Aufnahme bewegt werden, hiervon wird jedoch abgeraten, um Unwohlsein des späteren Betrachters zu vermeiden (Frank 2020, 266). Über einfache monoskopische 360°-Videos hinaus können stereoskopische 3D-360°-Videos sogar eine Tiefenwahrnehmung ermöglichen. Dabei werden pro Aufnahme-Richtung zwei leicht versetzte Sensoren, ähnlich den beiden menschlichen Augen, eingesetzt (Jin 2016). Eine stereoskopische Darstellung kann im Vergleich zur monoskopischen

Darstellung sowohl die Präsenz als auch die Immersion signifikant erhöhen (Schild, LaViola und Masuch 2012, 93ff.). 360°-Inhalte können auf verschiedenen Endgeräten angezeigt werden. Monoskopische 360°-Videos können z. B. auf dem PC, dem Smartphone oder einem Tablet angezeigt und mit der Maus, der Tastatur oder dem Touchscreen gesteuert werden (Tse et al. 2017, 2968). Für stereoskopische 3D-360°-Videos können wie in dieser Studie Smartphone-basierte Head-Mounted Displays (HMDs) verwendet werden. Im Gegensatz zu teuren VR-Brillen handelt es sich hierbei um günstige Halterungen für Smartphones ohne eigene Technik (Fernandez 2017, 7). Das Smartphone dient hierbei als Anzeige und Recheneinheit für das HMD (Butz und Krüger 2017, 224). Neben Unterschieden zu klassischen VR-Brillen und -Anwendungen – z. B. durch aufgezeichnete Aufnahmen realer Orte statt computergenerierter virtueller Welten – gibt es viele Gemeinsamkeiten von Smartphone-basierten 3D-360°- und VR-Anwendungen. Brown und Green (2016, 517) bezeichnen Smartphone-basierte HMDs beispielsweise als eine der gängigsten und einfachsten Technologien für immersive VR.

2. Stand der Forschung

Der Einsatz von VR- und 360°-Anwendungen zur Wissensvermittlung wurde bereits in verschiedenen Studien untersucht. Bailey und Witmer untersuchten bereits 1994, ob VR verwendet werden kann, um Strecken durch Gebäude zu lernen. Im Vergleich zu einer mündlichen Weganweisung mit Fotos trafen Personen, die mit einer VR-Anwendung gelernt haben, signifikant weniger falsche Wegentscheidungen (Bailey und Witmer 1994). Ähnliche Studien vergleichen häufig das Lernen mittels einer VR-Anwendung mit bspw. einer Power-Point-Präsentation, Papieranleitungen oder konventionellen Desktopvideos. In einer Studie zum Erlernen des Blutkreislaufs waren die Ergebnisse der VR-Gruppe im Wissenstest schlechter als in der Power-Point-Gruppe, allerdings hatten Personen, die mit VR gelernt hatten, mehr Motivation, Interesse und Freude, wiesen aber auch eine höhere Ablenkung und weniger Konzentration auf (Parong und Mayer 2018). Ebenfalls keine Vorteile im Wissenstest bei Verwendung von VR-Anwendungen im Vergleich zu einer Papieranwendung fanden Makransky et al. (2019) in einer Studie für ein Laborsicherheitstraining. In einem anschließenden Verhaltenstest im Labor schnitten Personen, die mit VR gelernt haben, allerdings besser ab und waren motivierter als Personen, die mit Papierunterlagen gelernt hatten (Makransky, Borre-Gude, und Mayer 2019).

Positive Effekte von 360°-Anwendungen auf die Motivation und das Interesse der Lernenden werden in vielen Studien belegt. Lee et al. (2017) verglichen konventionelle Lehrvideos über Nepal mit 3D-360°-Videos per HMD. Die 3D-360°-Anwendung führte zu signifikant mehr Freude und Interesse (ebd.). Bei einem ähnlichen Vergleich zwischen Desktopvideo und 3D-360°-Videos per HMD untersuchten Klingauf

et al. (2019) das praktische Anfertigen eines Fliesenspiegels in der Handwerker- ausbildung. Hierbei zeigte sich ebenfalls eine höhere Motivation der Lernenden mit der 3D-360°-Anwendung, allerdings auch eine höhere Ablenkung (ebd.). Explorations- und Interaktionsmöglichkeiten in 360°-Anwendungen durch visuelle Markierungen wurden von Kallioniemi et al. (2018) und Violante et al. (2019) untersucht. Die von Kallioniemi et al. (2018) als Hotspot bezeichneten Markierungen in 360°-Anwendungen wurden in räumlicher Nähe zu den entsprechenden Objekten im Video platziert und verwendet, um Informationen zum Objekt anzuzeigen. Untersucht wurden hierbei die Aktivierungsart, die Textausrichtung und die Grösse der dargestellten Hotspots. Es wurden grosse Hotspots mit zentriertem Text und sofortiger Aktivierung der Schaltfläche bei Auswahl mittels Kopfsteuerung präferiert (Kallioniemi et al. 2018). Violante et al. (2019) nutzten ebenfalls Hotspots in Objektnähe in 360°-Videos, um in einem Messeszenario Text- und Videozusatzinformationen einzublenden. Auch hier zeigte sich durch 360°-Videos mehr Interesse und Aufmerksamkeit (Violante, Vezzetti, und Piazzolla 2019). Eine weitere Funktion von Hotspots kann der Raum- und Standortwechsel in 360°-Anwendungen sein. In einer Studie untersuchten Hayes und Yoo (2018) diese Interaktionsmöglichkeit für einen virtuellen Museumsrundgang und sprachen von grossem Potenzial solcher Anwendungen, besonders auch für eine jüngere Zielgruppe.

Eine umfassende Umsetzung einer immersiven 3D-360°-Anwendung mit interaktiven Elementen wurde von Argyriou et al. (2020) erstellt und untersucht. Hierbei mussten verschiedene Aufgaben in der historischen Stadt Rethymnon auf Kreta erledigt werden. Nach einer Einleitungsszene fand eine Wegentscheidung mittels Kopfsteuerung statt. Je nach Abschnitt in der Handlung wurden den Teilnehmenden Richtungsanweisungen durch eine im Video vorhandene Person oder durch Pfeile gegeben. In einer dritten Variante wurde keine Unterstützung gegeben und der Weg musste selbstständig gefunden werden. Zwischen den drei Arten wurde keine im Vergleich zu den jeweils anderen präferiert (Argyriou, Economou, und Bouki 2020). Als Fazit ziehen Argyriou et al. (2020), dass die Anwendung spannende Erlebnisse schaffen kann und Nutzer zum Mitdenken animiert werden. Dabei soll der Nutzer beim Erkunden der Umgebung nach und nach Informationen an entdeckten *Points of Interest* sammeln und ein Feedback erhalten (Argyriou, Economou, und Bouki 2020, 846).

In den vorgestellten Studien werden häufig unterschiedliche Arten von Anleitungen – z. B. Papier, Video oder VR-Anwendung – verglichen. Andere Studien untersuchen Komponenten zur Exploration, z. B. Hotspots, oder setzen verschiedene Explorationsarten gemeinsam in einer Anwendung ein. Eine Differenzierung zwischen Explorationsarten findet hierbei nicht statt. In dieser Studie soll daher der Einfluss von verschiedenen Explorationsmöglichkeiten für das explorative Lernen untersucht werden. In der nachfolgend vorgestellten vergleichenden Evaluation

von drei unterschiedlichen Explorationsarten sollen Ansätze der konstruktivistischen Lerntheorie, insbesondere des explorativen Lernens auf 3D-360°-Videos zur Vorbereitung von Handwerkern auf Vor-Ort-Termine beim Kunden, angewendet und untersucht werden. Neben dem Einfluss der Explorationsarten auf die Gebrauchstauglichkeit (H1), die Beanspruchung (H2) und das Benutzungserlebnis (H3) liegt ein besonderer Fokus auf der subjektiv eingeschätzten Vorbereitung der Handwerker auf reale Vor-Ort-Termine (H4), dem weiteren Nutzungswunsch (H5) und der durch Nutzende eingenommenen Rolle (H6).

3. Methode

3.1 Handwerksszenarien

In der Studie wird das sonst schwer nachstell- und trainierbare Szenario eines Vor-Ort-Termins bei der Kundschaft betrachtet. Hierbei nehmen die Proband:innen die Rolle der Handwerker ein, die beim Kunden handwerksübliche Aufgaben erledigen. Es wurden drei Szenarien aus den Handwerksberufen *Maler, Elektriker* sowie *Gas- und Wasserinstallateur* gewählt, wobei Letzterer in der Studie zur besseren Verständlichkeit mit dem umgangssprachlichen Begriff *Klempner* bezeichnet wurde. Zur besseren Vergleichbarkeit bestehen alle Szenarien aus denselben Elementen. Hierzu gehören je Szenario zwölf bzw. 13 Dialogflächen, fünf bzw. sechs Feedbacks an die Versuchsperson, zwei Zusatzinformationen zur Tätigkeit, zwei Ja/Nein-Entscheidungspunkte, sieben im Raum zu findende Stellen und eine eingeblendete Notiz mit der zu absolvierenden Arbeitsaufgabe. Für eine sinnvolle und nachvollziehbare Gestaltung der Handlung kommt es vereinzelt zu geringfügigen Abweichungen in der Anzahl der Dialogflächen und der Feedbacks. Die beiden Entscheidungspunkte ermöglichen je eine Raumveränderung und die Auswahl eines für die Aufgabe relevanten Objekts. Jedes Szenario beginnt mit der Vorstellung einer konkreten Arbeitsaufgabe. Die in der Studie gestellten Arbeitsaufgaben sind in Tabelle 1 zu sehen.

Szenario	Formulierung der Arbeitsaufgabe in der Studie
1. Maler	<i>Sie sind in der Ausbildung zum Maler und wurden zum Kunden gerufen. Prüfen Sie eine bestimmte Wand auf Problemstellen.</i>
2. Elektriker	<i>Sie sind in der Ausbildung zum Elektriker und wurden zum Kunden gerufen. Prüfen Sie den Sicherungskasten und die Steckerleiste.</i>
3. Klempner	<i>Sie sind in der Ausbildung zum Klempner und wurden zum Kunden gerufen. Prüfen Sie die Heizung.</i>

Tab. 1: Arbeitsaufgaben der drei Szenarien.

Nachfolgend wird exemplarisch der Ablauf des Szenarios Klempner vorgestellt. Nachdem die in Tabelle 1 vorgegebene Aufgabe gelesen wurde, beginnt das Szenario in einem Raum beim Kunden. Die zu prüfende Heizung wird durch eine Stellwand verdeckt, die erst zur Seite gestellt werden muss. Das Wegstellen der Trennwand ist die Raumveränderung dieses Szenarios und damit der erste Entscheidungspunkt. Sobald das Entlüftungsventil am Heizkörper gefunden wurde, wird über eine Dialogfläche darauf hingewiesen, dass ein Gegenstand zum Auffangen von austretendem Wasser benötigt wird. Ein ebenfalls im Raum befindlicher Eimer kann daraufhin ausgewählt (zweiter Entscheidungspunkt) und unter das Ventil gestellt werden. Beim Entlüften wird der Hinweis gegeben, dass so lange gewartet werden soll, bis Wasser aus der Heizung austritt und keine Gluckgeräusche mehr zu hören sind. Die Aufgabe endet mit der Prüfung des Thermostats. Hierbei wird erneut ein Hinweis eingeblendet, dass ein defektes Thermostat an der nicht zur Thermostateinstellung passenden Temperatur der Heizung erkannt werden kann.

3.2 Explorationsarten

Die in der Studie betrachteten Szenarien wurden so gestaltet, dass die Proband:innen ihre Umgebung selbstständig erkunden, um so die gestellte Handwerksaufgabe zu erfüllen. Hierzu wurden drei verschiedene Explorationsarten erstellt, mit denen sie ihre Umwelt in interaktiven 3D-360°-Anwendungen mittels Kopfsteuerung erkunden und mit dieser interagieren können.

In Explorationsart *Personenbeobachtung* (Art A) begleitet man virtuell einen Handwerker bei der Ausführung der handwerklichen Tätigkeit. Hierzu wurde der gesamte Arbeitsablauf von einer Person durchgeführt und aufgezeichnet. Das resultierende 3D-360°-Video wurde um Schaltflächen zum Starten und Pausieren sowie zum Vor- und Zurückspulen mittels Kopfsteuerung erweitert. Die Schaltflächen fungieren nach Frank (2020) als Möglichkeit zur Interaktion mit dem 360°-Video. Sie weisen eine Ähnlichkeit zur Videosteuerung nach Pakkanen et al. (2017) auf, werden aber wie bei Klingauf et al. (2019) mittig unter dem Nutzer platziert. Die Funktionen des Vor- und Zurückspulens, um nichts zu verpassen, folgen der Empfehlung von Petry und Huber (2015). Der Nutzer oder die Nutzerin nimmt eine passiv beobachtende Rolle ein, da er oder sie nicht Teil der Handlung ist und die Handlung nicht beeinflussen kann (Dolan und Parets 2016). Er oder sie beobachtet die Person bei ihrer Arbeit, was an das Lernen von Auszubildenden in der Realität angelehnt ist, in der erfahrene Handwerkskräfte Tätigkeiten ausführen. Dialoge und Feedbacks werden automatisch passend zur Handlung im Video ein- und ausgeblendet, wodurch eine systemautomatisierte Informationsbeschaffung vorliegt (Zhang, Bowman, und Jones 2019). Die Interaktivität ist hierbei niedrig (ebd.).

Explorationsart *markierte Stellen* (Art B) verwendet visuelle Markierungen in Form eines Ausrufezeichens auf kreisförmigen Grund, die der Nutzerin oder dem Nutzer zu findende Stellen in der gezeigten Umgebung anzeigen. Diese ähneln den interaktiven Hotspots von Kallioniemi et al. (2018), da sie als Objektschaltflächen fungieren. Durch die Aktivierung der Schaltfläche wird der nächste Schritt, z. B. das nächste Dialogfeld geladen. Somit gibt das System Informationen vor, jedoch können weitere Informationen durch nutzerinitiierte Interaktion aufgerufen werden. Nach Zhang et al. (2019) liegt daher eine mittlere Interaktivität vor.

In Explorationsart *unmarkierte Umgebung* (Art C) erkunden die Nutzenden oder Nutzer die Umgebung ohne Markierungen, aber mit unsichtbaren Objektschaltflächen an relevanten Stellen der gezeigten Umgebung im Raum. Die Nutzerin oder der Nutzer muss die relevanten Stellen also zunächst selbstständig im Raum finden. Genau wie in Explorationsart B wird durch die Aktivierung der Schaltfläche dann der nächste Schritt geladen. Die Informationsbeschaffung ist somit benutzerinitiiert, wodurch die Explorationsart C eine hohe Interaktion aufweist (Zhang, Bowman, und Jones 2019).

Die Explorationsart A stellt mit dem zu beobachtenden 3D-360°-Video den realen Beobachtungsfall nach. In den Explorationsarten B und C nehmen die Nutzenden eine Rolle mit einem deutlich höheren Mass an Partizipation ein. Die Nutzerrolle nach Dolan und Parets (2016) ist hier die des oder der Teilnehmenden. Das Signalisierungsprinzip nach Preuß und Kauffeld (2019) wird durch die fehlenden Markierungen in der Explorationsart C bewusst nicht umgesetzt. In Art A wird es über die Person im Video und in Art B über die Markierungen umgesetzt.

3.3 3D-360°-Anwendungen

Für die Studie wurden die drei Handwerksszenarien (Maler, Elektriker, Klempner) jeweils nach den drei Explorationsarten (A, B, C) umgesetzt. Hieraus ergeben sich neun 3D-360°-Anwendungen. Für jedes Szenario wurde ein eigener Raum verwendet, um das Gefühl von drei unterschiedlichen Vor-Ort-Terminen zu vermitteln. Alle Räume wurden entsprechend dem geplanten Szenario vorbereitet, bspw. wurden Requisiten sichtbar platziert. Es wurde darauf geachtet, dass sich relevante Objekte senkrecht zu den vier Hauptaufnahmerichtungen der mit 8 Objektiven ausgestatteten 3D-360°-Kamera und in geeignetem Abstand zu dieser befinden, um eine hohe Qualität der Stereo-Aufnahmen zu erreichen. Zur Aufnahme der Räume wurde die 3D-360°-Kamera Vuze+ mit einer Auflösung von 3.840 x 2.160 Pixel (1.920 x 2.160 Pixel pro Auge) und einer Bildwiederholungsrate von 30 Hz bei den Videos verwendet (HumanEyes 2021). Im Gegensatz zu Explorationsart A, in der eine Person bei der Durchführung der Tätigkeit gefilmt wurde, wurde bei Art B und C nur der Raum ohne weitere Handlung als 3D-360°-Foto aufgenommen. Für alle Aufnahmen wurde ein

Dreibein-Stativ an einem einheitlichen Standort verwendet. In Abbildung 1 ist die Kamera beim Einrichten der Aufnahme (links) und ein Ausschnitt aus dem aufgenommenen Video (rechts) zu sehen.



Abb. 1: Vorbereitung der 3D-360°-Kamera vor der Aufnahme des Raums (links) und Ausschnitt aus dem aufgezeichneten Video in der Fischaugen-Ansicht mit einem Handwerker bei der Dokumentation von Wandschäden (rechts).

Die aufgenommenen 3D-360°-Videos und -Fotos wurden in der 3D-Entwicklungsumgebung Unity (Version 2018.4.32f1) weiterverarbeitet. Zur Anzeige der Aufnahmen wurden diese mithilfe einer Skybox als Hintergrund in der Anwendung eingefügt (Unity Technologies 2021). Für die geplante HMD-Nutzung mit Kopfsteuerung wurden die Assets GoogleVR (Google Developers 2019) und Gaze UI (YOU++ 2019) aus dem Unity Asset Store importiert. Als Kopfsteuerung wird eine kopfgekoppelte weiße Markierung in der Mitte des Sichtfelds (siehe Bildmitten in Abbildung 2) verwendet. Wenn die Nutzenden die Markierung durch Kopfbewegungen auf eine Schaltfläche ausrichten, ändert sich die Darstellung der Markierung von einem Punkt zu einem Ring. Nach einer Verzögerung von ca. einer Sekunde wird die Funktion der Schaltfläche ausgelöst. Die Verzögerung soll unbeabsichtigte Aktivierungen beim Umsehen der Nutzenden vermeiden. Die Verwendung dieser Eingabemethode wurde u. a. gewählt, da so keine zusätzliche Hardware benötigt wird. Zuvor in Adobe XD gestaltete Dialogflächen und Icons wurden in Unity importiert und passend zur Kameraposition im virtuellen Raum platziert, sodass z. B. Dialoge in der späteren Anwendung an den Stellen angezeigt werden, auf die sie sich inhaltlich beziehen. Abbildung 2 zeigt eine Gegenüberstellung der drei Explorationsarten für die Aufgabe «Prüfen Sie den Sicherungskasten» im Szenario *Elektriker*.



Abb. 2: Gegenüberstellung der drei Explorationsarten A, B und C am Beispiel des Szenarios Elektriker. In Art A (links) schauen die Probanden einem Handwerker bei der Arbeitsaufgabe zu, in Art B (Mitte) sind relevante Stellen im Raum markiert und können ausgewählt werden, in Art C (rechts) sind keine Markierungen vorhanden und relevante Stellen müssen aufgrund der gestellten Aufgabe selbstständig gefunden werden. Die rot gestrichelte Linie gibt die Lage der Schaltfläche an, um zum nächsten Schritt zu gelangen, und war in der Studie unsichtbar.

In Abbildung 3 sind zwei Auszüge aus dem Szenario *Elektriker* mit der Explorationsart C zu sehen. Bei Betrachtung des Sicherungskastens erscheint ein Feedback. Der Entscheidungspunkt gibt dem Anwender die Option, den Sicherungskasten zu öffnen. Durch Auswahl der *Ja*-Schaltfläche mit der Kopfsteuerung wird der Sicherungskasten virtuell geöffnet und es erscheint ein Zusatzhinweis zur Arbeitsaufgabe. Alle Raumveränderungen werden durch das Laden eines neuen 3D-360°-Fotos in der Anwendung realisiert.



Abb. 3: Zustand vor der Raumveränderung durch einen Entscheidungspunkt mit Feedback (links), Zustand nach der Raumveränderung mit eingeblendeter Zusatzinformation zur Arbeitsaufgabe (rechts).

Abbildung 4 zeigt links die Darstellung nach Auswahl eines für die Arbeitsaufgabe benötigten Utensils am Beispiel der Spiegelreflexkamera zur Dokumentation von Wandschäden im Szenario *Maler*. In der rechten Abbildung ist die für Explorationsart A ergänzte Videosteuerung zu sehen.

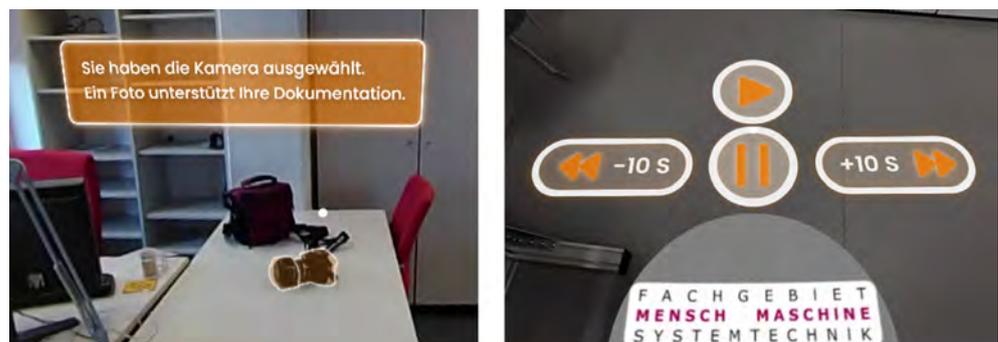


Abb. 4: Darstellung mit Feedback nach Auswahl eines für die Arbeitsaufgabe benötigten Utensils (links); Videosteurelemente in allen Szenarien mit Explorationsart A zum Pausieren und Abspielen sowie je 10 Sekunden Vor- und Zurückspulen des Videos (rechts).

Alle Anwendungen wurden um einen Vorraum und eine Abschlussansicht ergänzt. Der Vorraum dient der Einleitung in die jeweils verwendete Explorationsart sowie der Vorstellung der anschliessend zu absolvierenden Aufgabe. In Abbildung 5 ist links exemplarisch ein Vorraum zu sehen. Die Arbeitsaufgabe beginnt, sobald der nächste Raum durch Aktivierung der zugehörigen Schaltfläche betreten wird. Hierdurch wird gleichzeitig sichergestellt, dass die Verwendung der Kopfsteuerung vor Beginn der Arbeitsaufgabe verstanden wurde.



Abb. 5: Vorraum mit Erklärung zur verwendeten Explorationsart (blaue Dialogflächen) und Beschreibung der Arbeitsaufgabe des Szenarios (orange Dialogflächen) (links); Abschlussansicht der Anwendung nach Beendigung der Arbeitsaufgabe (rechts).

Nach Abschluss der Arbeitsaufgabe erscheint eine Abschlussansicht in Form eines Feedbacks, dass das HMD abgenommen werden kann. Zusätzlich wird der Hintergrund unscharf gestellt, um das Ende der Anwendung zu verdeutlichen.

3.4 Messung

Die Technikaffinität der Proband:innen wurde mit dem standardisierten TA-EG-Fragebogen erhoben (Karrer et al. 2009). Hierzu werden die insgesamt 19 Items der vier Skalen *Begeisterung*, *Kompetenz* sowie *negative* und *positive Einstellung* auf einer fünfgliedrigen Likert-Skala von 1 («Trifft gar nicht zu») bis 5 («Trifft voll zu») bewertet. Nachdem negativ formulierte Items negiert wurden, werden die Mittelwerte der vier Skalen zu einem Gesamtwert gemittelt. Der Gesamtwert liegt in einem Bereich zwischen 1 (sehr niedrige Technikaffinität) und 5 (sehr hohe Technikaffinität).

Zur Erhebung der Gebrauchstauglichkeit wurde der ebenfalls standardisierte System-Usability-Scale-Fragebogen (SUS), bestehend aus je fünf positiv und fünf negativ formulierten Items auf einer fünfgliedrigen Likert-Skala von 1 («Ich stimme gar nicht zu») bis 5 («Ich stimme voll zu») verwendet (Brooke 2014). Entsprechend den Vorgaben werden die negativ formulierten Items in der Auswertung negiert. Anschliessend werden alle Werte von 1–5 auf 0–4 umgerechnet, summiert und mit dem Faktor 2,5 multipliziert, wodurch sich ein möglicher Gesamtwert von 0 (sehr schlechte Gebrauchstauglichkeit) bis 100 (sehr gute Gebrauchstauglichkeit) ergibt (ebd.).

Zur Messung der Beanspruchung wurde der weitverbreitete und einfach anzuwendende NASA-RTLX-Fragebogen verwendet (Hart 2006), der eine vereinfachte Form des NASA-TLX von Hart & Staveland (1988) darstellt. Beim NASA-RTLX werden keine paarweisen Vergleiche mit anschliessender Gewichtung der Subskalen zur Berechnung des Gesamtwerts durchgeführt. Der Fragebogen besteht aus der subjektiven Bewertung der sechs Unterpunkte der *geistigen*, *körperlichen* und *zeitlichen Anforderung* sowie *Leistung*, *Anstrengung* und *Frustration* auf einer 20-gliedrigen Skala von «gering» bis «hoch». Die Summe aller Werte wird auf den Bereich von 0 (keine Beanspruchung) bis 100 (extreme Beanspruchung) normiert.

Das Benutzungserlebnis wurde mit dem User Experience Questionnaire (UEQ) mit 26 Items, bestehend aus je einem Gegensatzpaar von Eigenschaften, z. B. *attraktiv* – *unattraktiv* oder *kompliziert* – *einfach*, auf einer siebengliedrigen Likert-Skala von -3 (stimme dem negativen Ausdruck voll zu) bis +3 (stimme dem positiven Ausdruck voll zu) (Schrepp, Hinderks und Thomaschewski 2017b) protokolliert. Der Fragebogen hat sechs Subskalen, von denen sich fünf (*Durchschaubarkeit*, *Effizienz*, *Steuerbarkeit*, *Stimulation* und *Originalität*) aus dem Mittelwert von je vier Items und eine Subskala (*Attraktivität*) aus dem Mittelwert von sechs Items berechnen. Der Gesamtwert des UEQ-Fragebogens ist der Mittelwert der sechs Subskalen und liegt im Bereich von -3 (sehr schlechtes Benutzungserlebnis) bis +3 (sehr gutes Benutzungserlebnis).

Nach Abschluss der drei Versuchsdurchgänge wurden ausserdem Daten mit selbst erstellten Items bestehend aus Aussagen über die drei zuvor kennengelernten Explorationsarten auf einer 20-gliedrigen Likert-Skala von 1 («stimme überhaupt nicht zu») bis 20 («stimme voll zu») erhoben bzw. beim Aktivitätsniveau von 1 («passiv») bis 20 («aktiv»). Die Items sind in Tabelle 2 zu sehen.

Bewertungsvariablen	Item
Vorbereitung	Ich fühle mich durch die Art der Erkundung auf einen realen Vor-Ort-Termin als Handwerker*in vorbereitet.
Nutzungswunsch	Ich möchte mit der Art der Erkundung weitere Handwerksszenarien erkunden.
Aktivitätsniveau	Meine Rolle im Szenario war... (passiv/aktiv)

Tab. 2: Bewertungsvariablen mit zugehörigen Items.

Zusätzlich wurden die drei Explorationsarten A, B und C in einem Ranking auf Platz 1, 2 und 3 einsortiert. Hierfür sollten Proband:innen bspw. anhand der Bewertungsvariablen «Vorbereitung» angeben, mit welcher der drei Explorationsarten sie sich am besten auf einen bestehenden Vor-Ort-Termin vorbereitet fühlen. Abbildung 6 zeigt exemplarisch die Erhebung der Bewertungsvariable Nutzungswunsch.

2) Mit welcher der drei vorgestellten Arten der Erkundung würden Sie am liebsten weitere Handwerksszenarien erkunden wollen?
Bitte ordnen Sie die Arten nach Ihrer Präferenz in der Reihenfolge von 1 bis 3 und bewerten Sie die untenstehende Aussage für die einzelnen Arten.

Rang	Art der Erkundung A, B, C	Stimme überhaupt nicht zu	Ich möchte mit der Art der Erkundung weitere Handwerksszenarien erkunden.	Stimme voll zu
1.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
2.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
3.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

Abb. 6: Beispiel für die Erhebung des weiteren Nutzungswunschs der einzelnen Explorationsarten mit Likert-Skala und Ranking.

3.5 Versuchsaufbau

Für die 3D-360°-Anwendung wurde das smartphonebasierte HMD Zeiss VR One Plus verwendet, in das ein Smartphone eingelegt wird. In der Studie wurde dazu das Smartphone OnePlus 3T mit einem 5,5 Zoll grossen Display und einer Auflösung

von 1.080 x 1.920 Pixel verwendet, was einer Pixeldichte von 401 ppi (Pixel pro Zoll) entspricht. Für eine korrekte Darstellung wurde die Anzeige des Smartphones auf das verwendete HMD kalibriert. Im Versuchsraum gab es einen Tisch für die Probanden zum Lesen und Ausfüllen der Unterlagen und Fragebögen. Für die Verwendung der 3D-360°-Anwendung wurde auf genügend freien Platz geachtet, damit Proband:innen bei unbeabsichtigtem Bewegen nicht auf Hindernisse stießen. Ein Laptop wurde verwendet, um vom Smartphone gestreamte Displayinhalte anzuzeigen. So konnte der Versuchsleiter während der Durchführung der drei Handwerkszenarien Notizen machen und nötigenfalls unterstützend eingreifen.

3.6 *Versuchsablauf*

Nach Lesen eines Einleitungstextes, einer Vorstellung des Versuchsablaufs und der Klärung etwaiger Fragen unterschrieben die Proband:innen die Einverständniserklärung zur Aufzeichnung und anonymisierten Auswertung der Daten. Anschließend wurde der demografische Fragebogen mit Fragen zu Alter, Geschlecht und Vorerfahrung mit 360°- oder VR-Anwendungen etc. und der TA-EG Fragebogen zur Technikaffinität ausgefüllt.

Vor Beginn des ersten Versuchsdurchgangs wurde auf die Kopfsteuerung in der Anwendung hingewiesen und erklärt, dass Schaltflächen durch die Ausrichtung des weissen Punkts in der Mitte des Sichtfelds auf die entsprechende Schaltfläche ausgelöst werden können. Weiterhin wurden die Proband:innen gebeten, sich während der Nutzung der 3D-360°-Anwendungen möglichst wenig von der Startposition wegzubewegen, um Kollisionen zu realen Gegenständen zu vermeiden. In Abbildung 7 ist der Versuchsaufbau und der Versuchsleiter während eines Versuchsdurchgangs zu sehen.



Abb. 7: Probandin und Versuchsleiter während eines Versuchsdurchgangs (links); Versuchsleiter am Laptop mit gespiegeltem Displayinhalt (rechts).

Der Hauptteil des Versuchs teilte sich in drei Abschnitte, in denen je ein Handwerksszenario mit einer Explorationsart (A, B, C) durchgeführt wurde. Die Reihenfolge der Explorationsarten wurde ausbalanciert, sodass alle sechs möglichen Permutationen (A, B, C), (A, C, B), (B, A, C), (B, C, A), (C, A, B), (C, B, A) gleich häufig vorkamen. Nach jedem Durchgang wurden die Fragebögen SUS, NASA-RTLX und UEQ zur zuvor verwendeten Explorationsart ausgefüllt. Dieses Vorgehen wurde insgesamt dreimal wiederholt. Der Versuch endete mit dem Ausfüllen der Rankings, in denen die drei kennengelernten Explorationsarten relativ zueinander und absolut (von 1 bis 20) bewertet wurden, sowie einem strukturierten Interview zu den subjektiven Vor- und Nachteilen der einzelnen Explorationsarten.

3.7 Stichprobe

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde eine Laborstudie mit zwölf Probandinnen und 18 Probanden durchgeführt. Die vorwiegend studentische Stichprobe weist ein Durchschnittsalter von 25,2 Jahren ($SD=3,0$ Jahre) und eine Technikaffinität (TA-EG-Wert) von 3,69 ($SD=0,49$) auf. In Abbildung 8 ist je ein Boxplot zur Altersverteilung und der Technikaffinität zu sehen.

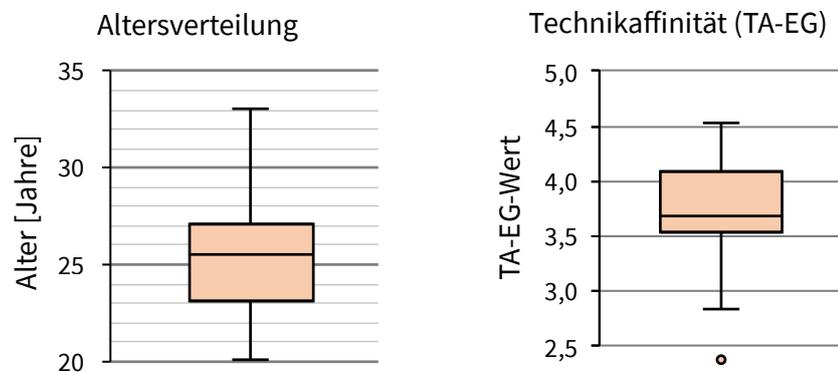


Abb. 8: Boxplots zu Altersverteilung (links) und Technikaffinität (rechts) der Proband:innen.

Die Hälfte der Teilnehmenden (15) gab an, bereits Erfahrungen mit VR-Anwendungen zu haben. Dabei nannten sie u. a. VR-Spiele, VR-Simulatoren (Aquariumssimulator, Achterbahnfahrt) oder das Ansehen von VR-YouTube-Videos. Alle genannten Anwendungen sind dem Freizeitbereich zuzuordnen.

4. Ergebnisse

Zu Beginn der Auswertung wurden alle Skalen auf Ausreisser untersucht. Die Daten der selbsterstellten Skalen weisen Ausreisser auf. Da es sich in allen Fällen um leichte Ausreisser handelt, wurden keine Daten von der Auswertung ausgeschlossen.

Eine Normalverteilung wurde aufgrund des Stichprobenumfangs von 30 Personen angenommen (Field, Miles, und Field 2012). Die Überprüfung der Daten auf Sphärizität wurde mit dem Mauchly-Test durchgeführt. Eine Verletzung der Voraussetzung der Sphärizität lag bei der selbsterstellten Skala *Aktivitätsniveau* vor. Abhängig vom Ausmass der Verletzung wurde beim Aktivitätsniveau eine Huynh-Feldt-Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen. Anschliessend wurden alle Daten mit einer ein-faktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf statisch relevante Unterschiede untersucht. Sofern ein signifikanter Haupteffekt vorlag, wurden Post-hoc-Tests zwischen den einzelnen Explorationsarten durchgeführt.

Bei den Hypothesen H1 und H2 wird geprüft, ob sich die Gebrauchstauglichkeit (H1) und die Beanspruchung (H2) zwischen den Explorationsarten unterscheiden. Die Ergebnisse der Auswertung des SUS-Fragebogens und des NASA-RTLX sind in Abbildung 9 zu sehen.

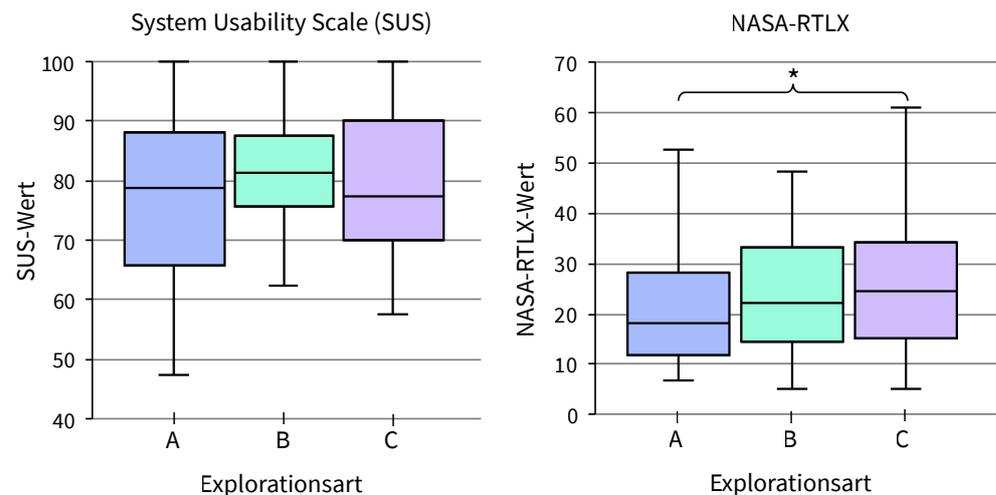


Abb. 9: Boxplots zur Gebrauchstauglichkeit (SUS) (links) und Beanspruchung (NASA-RTLX) (rechts); * $p < 0,05$.

Die mit dem SUS erhobene Gebrauchstauglichkeit liegt durchschnittlich bei allen Explorationsarten (A: $M = 77,42$; $SD = 13,64$; B: $M = 81,50$; $SD = 10,21$; C: $M = 78,67$; $SD = 12,61$) in einem ähnlichen Bereich. Hohe Werte entsprechen einer guten Gebrauchstauglichkeit. Es liegt kein statistisch signifikanter Unterschied vor, $F(2, 58) = 1,89$; $p = 0,16$.

Die mit dem NASA-RTLX erhobene Beanspruchung liegt bei allen Explorationsarten durchschnittlich unter einem Wert von 30 (A: $M = 20,96$; $SD = 11,62$; B: $M = 23,79$; $SD = 12,55$; C: $M = 26,92$; $SD = 14,59$). Niedrige Werte entsprechen einer niedrigen Beanspruchung. Die durchgeführte ANOVA zeigt einen signifikanten Unterschied, $F(2, 58) = 4,46$, $p = 0,016$; partielles $\eta^2 = 0,13$. Nach Cohen (1988) liegt somit ein mittlerer

Effekt vor. Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen eine signifikant niedrigere Beanspruchung in der Explorationsart A, als in der Art B ($p=0,027$; $M_{\text{Diff}}=5,96$; 95%-CI[11,35; 0,56]). Ansonsten liegen keine signifikanten Unterschiede vor.

Nach Hypothese H3 wird geprüft, ob sich das Benutzungserlebnis zwischen den Explorationsarten A, B und C unterscheidet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 10 zu sehen.

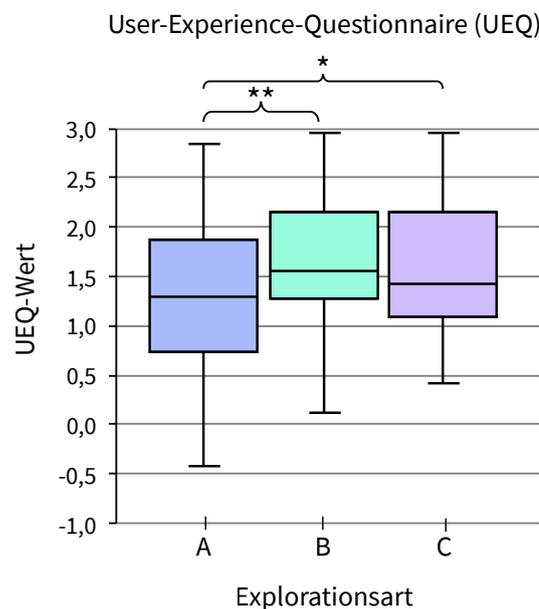


Abb. 10: Boxplot des Benutzungserlebnisses (UEQ); * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

Das mit dem UEQ erhobene Benutzungserlebnis ist im Durchschnitt bei der Explorationsart A mit einem Wert von 1,30 ($SD=0,76$) niedriger als bei den Arten B ($M=1,65$; $SD=0,70$) und C ($M=1,62$; $SD=0,67$). Hohe Werte entsprechen einem guten Benutzungserlebnis. Eine ANOVA mit Messwiederholung zeigt, dass sich die drei Explorationsarten signifikant in ihrem Benutzungserlebnis unterscheiden, $F(2, 58) = 8,37$, $p < 0,01$; partielles $\eta^2 = 0,22$. Nach Cohen (1988) liegt somit ein grosser Effekt vor. Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen ein signifikant niedrigeres Nutzererlebnis in der Explorationsart A als in den Arten B ($p=0,005$; $M_{\text{Diff}}=0,34$; 95%-CI[0,59; 0,09]) und C ($p=0,014$; $M_{\text{Diff}}=0,31$; 95%-CI[0,57; 0,05]). Zwischen den Arten B und C liegt kein signifikanter Unterschied vor.

Bei den Hypothesen H4, H5 und H6 wird geprüft, ob sich die subjektiv eingeschätzte Vorbereitung (H4), der weitere Nutzungswunsch (H5) und das Aktivitätsniveau (H6) zwischen den Explorationsarten unterscheiden. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 3 angegeben. Hohe Werte entsprechen einer grossen Zustimmung zu den zugehörigen Items bzw. einer aktiven Rolle (siehe Tabelle 2).

Bewertungsvariable	Explorationsart		
	A	B	C
Vorbereitung	M=12,67 SD=4,41	M=13,17 SD=5,03	M=14,32 SD=4,77
Nutzungswunsch	M=11,07 SD=5,34	M=15,40 SD=3,80	M=15,15 SD=4,77
Aktivitätsniveau	M=4,500 SD=4,14	M=16,13 SD=3,10	M=18,01 SD=1,90

Tab. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Bewertungsvariablen Vorbereitung, Nutzungswunsch und Aktivitätsniveau für die drei Explorationsarten.

Die Verteilung der Daten ist als Boxplot in Abbildung 11 zu sehen.

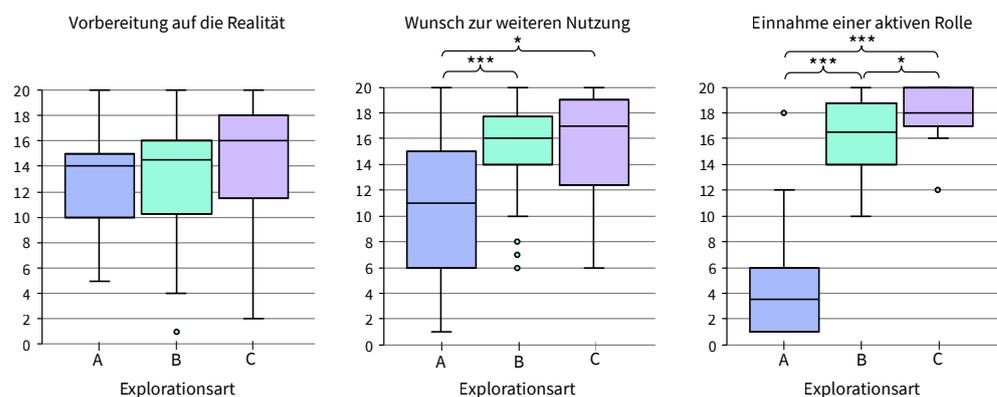


Abb. 11: Boxplots der Vorbereitung auf die Realität (links), des Wunschs zur weiteren Nutzung und der Einnahme einer aktiven Rolle (rechts); * $p < 0,05$, *** $p < 0,001$.

Bei der Vorbereitung auf eine reale Arbeitsaufgabe gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den drei Explorationsarten, $F(2, 58) = 1,06$; $p = 0,36$. Zum weiteren Nutzungswunsch hingegen liegt ein signifikanter Unterschied vor, $F(2, 58) = 8,78$; $p < 0,001$; partielles $\eta^2 = 0,23$. Nach Cohen (1988) liegt ein grosser Effekt vor. Post-hoc Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen hierbei signifikante Unterschiede zwischen der Explorationsart A und B ($p < 0,001$; $M_{\text{Diff}} = 4,33$; 95%-CI[7,04; 1,63]) sowie zwischen A und C ($p = 0,01$; $M_{\text{Diff}} = 4,08$; 95%-CI[7,34; 0,82]). Zwischen den Arten B und C liegt kein signifikanter Unterschied vor.

Eine ANOVA mit Messwiederholung mit Huynh-Feldt-Korrektur zeigt Unterschiede im subjektiven Aktivitätsniveau, $F(1,74; 50,32) = 159,69$; $p < 0,001$; partielles $\eta^2 = 0,85$. Nach Cohen (1988) liegt auch hier ein grosser Effekt vor. Anschliessende Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen signifikante Unterschiede in allen paarweisen Vergleichen der Explorationsarten: A/B ($p < 0,001$; $M_{\text{Diff}} = 11,63$; 95%-CI[14,01; 9,25]), A/C ($p < 0,001$; $M_{\text{Diff}} = 13,52$; 95%-CI[15,75; 11,29]) und B/C ($p = 0,013$; $M_{\text{Diff}} = 1,88$; 95%-CI[3,42; 0,34]).

Neben der Bewertung der einzelnen Bewertungsvariablen wurde je eine Präferenzreihenfolge abgefragt. Hierbei sollten die Nutzer angeben, welche der drei zuvor verwendeten Explorationsarten sie bspw. am besten auf einen realen Handwerkseinsatz vorbereitet hat oder in welcher Art sie die aktivste Rolle eingenommen haben. Die Ergebnisse der Präferenzabfrage sind in Abbildung 12 zu sehen.

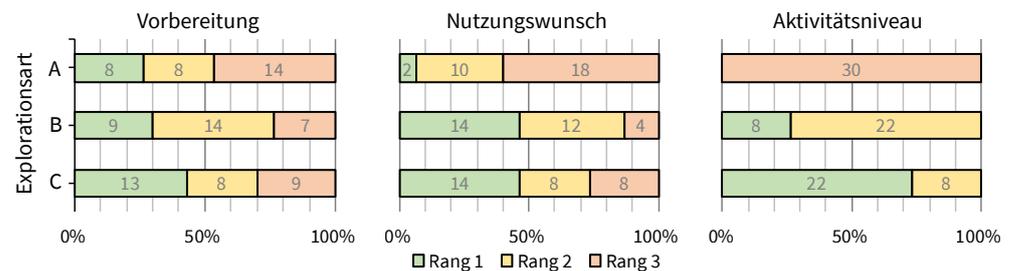


Abb. 12: Präferenzabfrage der Bewertungsvariablen Vorbereitung (links), Nutzungswunsch (Mitte) und Aktivitätsniveau (rechts). Rang 1 (grün), Rang 2 (gelb), Rang 3 (rot) mit Angabe der Häufigkeit des Rangs pro Art der Exploration.

5. Diskussion

Die *Gebrauchstauglichkeit* der in der Studie untersuchten Explorationsarten lässt sich als gut bis exzellent einstufen (Bangor, Kortum, und Miller 2009). Unterschiede in der Gebrauchstauglichkeit zwischen den Explorationsarten konnten nicht nachgewiesen werden. Interviewaussagen belegen mit 14 Nennungen zur einfachen Bedienung die intuitive und leicht verständliche Nutzung. Die subjektive Beanspruchung durch die Art C war signifikant höher als in Art A, was am höheren Einbezug der Nutzenden liegen könnte. Im Interview wurden bspw. für Art C die Vorteile «Aktiv» (8x), «intensiver Einbezug» (3x) und «leicht fordernd» (2x) genannt, wogegen bei Art A die Nachteile «langweilig» (3x), «keine eigene Aktivität» (14x) und «nicht fordernd» (1x) genannt wurden.

Zur Einordnung der *Beanspruchungswerte* wird auf Ergebnisse anderer Studien zurückgegriffen. In einer Meta-Analyse (Grier 2015) unter Einbezug von 237 Studien lagen 25% der NASA-TLX Werte unter 36,77. Damit lassen sich alle vorliegenden Werte (20,96 bis 26,92) einer eher geringen Beanspruchung zuordnen. Aufgrund der guten Gebrauchstauglichkeit in Kombination mit der geringen Beanspruchung durch die Anwendungen ist davon auszugehen, dass die prototypische Umsetzung der Explorationsarten gut funktioniert hat und diese intuitiv und einfach nutzbar waren.

Beim *Benutzungserlebnis* schneiden die beiden Explorationsarten besser ab, in denen Nutzende nicht nur das Video betrachten, sondern selbst aktiv an der Aufgabenerfüllung beteiligt sind. Nach Vergleichswerten aus einer Benchmark-Studie mit ca. 10.000 UEQ-Datensätzen liegen die ermittelten Werte von Art B und Art C im Bereich gut und sind damit überdurchschnittlich (Schrepp, Hinderks, und Thomaschewski 2017a).

Nach der *subjektiven Vorbereitung* auf einen realen Vor-Ort-Termin liegen alle Werte auf einem ähnlich hohen Niveau ohne signifikante Unterschiede zwischen den drei Arten. Beim Wunsch zur weiteren Nutzung und der Einschätzung der eigenen Rolle schnitten die Arten B und C jeweils signifikant besser ab als A. Zwar werden alle drei Arten als geeignet zur Vorbereitung auf reale Vor-Ort-Termine wahrgenommen, allerdings werden die Arten B und C mit einem höheren Anteil an eigener Exploration der Umwelt in der Nutzung präferiert und führen zu einer sehr aktiven Rolle der Nutzenden in der Anwendung.

In der durchgeführten Studie stand die Wissensvermittlung nicht im Fokus, allerdings sprechen die in den Grundlagen vorgestellten Studien von einer besseren Behaltensleistung in den Fällen des explorativen Lernens. Aufgrund des Charakters von Art A, der eher dem darbietenden Unterricht zuzuordnen ist, sind die Arten B und C in der Praxis vorzuziehen. Im Vergleich zum selbstständigen entdeckenden Lernen sind Formen gelenkt entdeckenden Lernens bezüglich des Wissenserwerbs und -transfers erfolgreicher (Kirschner, Sweller, und Clark 2006; Mayer 2004). Dieser Umstand spricht eher für die Explorationsart B statt C, da in dieser Variante durch die sichtbaren Schaltflächen eine höhere Unterstützung vorliegt. Für die Auswahl der jeweils geeigneten Explorationsart ist die Berücksichtigung der Lernvoraussetzungen der Lernenden von Bedeutung. Hierzu können bspw. Vorwissen, allgemeine kognitive Fähigkeiten und das Selbstkonzept der Lernenden einbezogen werden um zu entscheiden, wie viel Unterstützung und Lenkung nötig ist (Möller et al. 2006).

Entsprechend den von Arnold (2019, 79f.) vorgestellten Kriterien für gelingendes Lernen soll die *Erfüllung* durch die drei Explorationsarten diskutiert werden. Die Kriterien, nach denen Lernen ein selbstgesteuerter, aktivierender und konstruierender Prozess sein sollte, werden sowohl von Art B und Art C erfüllt. In beiden liegt eine sehr aktive Rolle der Nutzenden vor und sie fühlen sich einbezogen. Technisch gesehen haben sie auch in Art A klassische Funktionen der Videosteuerung, allerdings wurde diese in den meisten Fällen nicht verwendet. Die im Kriterium *Produktiv* enthaltene Forderung nach *Raum für Neugier und Entdeckung* ist bei Explorationsart C am ehesten als erfüllt anzusehen, da in den Interviews Begriffe wie Spass (2x), leicht fordernd (2x) und Spannung genannt wurden. Explorationsart A wurde mehrfach als langweilig (3x) beschrieben und zu Art B wurde häufig gesagt, dass die Markierungen zu einem «Durchklicken» (8x) der Anwendung führen mit «wenig Mitdenken» (6x). Das Kriterium für situatives und praxisbezogenes Lernen kann in allen Explorationsarten als erfüllt angesehen werden, da Praxisbezug und situative Einbindung bestehen. Dagegen wird das Kriterium *Sozial* und die darin für ein gelingendes Lernen formulierten Anforderungen in keiner der Explorationsarten umgesetzt.

In aufbauenden Untersuchungen von 3D-360°-Anwendungen kann das bisher fehlende Kriterium *Sozial*, wonach Lernen ein sozialer Prozess ist, stärker einbezogen werden, bspw. durch eigenständige Erstellung von 360°-Videos in Gruppenarbeit.

Dies würde zu einer Generierung von Wissen im sozialen Austausch beitragen und in diesem Szenario wäre dann auch die Stufe «Erschaffen» nach der Bloomschen Taxonomie erreicht (Bloom, Engelhart, und Fünér 1976).

6. Fazit

Im Vergleich zu anderen Studien geben die Ergebnisse dieser Studie konkret Aufschluss über Potenziale einzelner für 3D-360°-Videos als geeignete Explorationsarten. Es konnte am Beispiel von Vor-Ort-Terminen im Handwerk gezeigt werden, dass exploratives Lernen bspw. zu einer aktiven Nutzerrolle und einem guten Benutzungserlebnis beitragen kann. Die dabei eingesetzte günstige Technik von smartphonebasierten HMDs sowie leicht zu erstellende 360°-Inhalte machen die gezeigten Anwendungen besonders für Schulen und Ausbildungsstätten interessant.

Literatur

- Argyriou, LEMONIA, Daphne Economou, und Vassiliki Bouki. 2020. «Design methodology for 360° immersive video applications: the case study of a cultural heritage virtual tour». *Pers Ubiquit Comput* 24 (6): 843–59. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01373-8>.
- Arnold, Rolf. 2019. *Wie man lehrt, ohne zu belehren: 29 Regeln für eine kluge Lehre. Das LENA-Modell*. 5. Auflage. Heidelberg: Carl Auer.
- Bailey, John H., und Bob G. Witmer. 1994. «Learning and Transfer of Spatial Knowledge in a Virtual Environment». *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 38 (18): 1158–62. <https://doi.org/10.1177/154193129403801803>.
- Bangor, Aaron, Philip Kortum, und James Miller. 2009. «Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale». *Journal of Usability Studies* 4 (3): 114–23. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2835587.2835589>.
- Bloom, Benjamin Samuel, Max D. Engelhart, und Eugen Fünér. 1976. *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. 5. Aufl. Beltz Studienbuch 35. Weinheim, Basel: Beltz.
- Brooke, John. 2014. «SUS: a «quick and dirty» usability scale». In *Usability Evaluation in Industry*, herausgegeben von Patrick W. Jordan, B. Thomas, Ian L. McClelland, und Bernard Weerdmeester, 189–94. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
- Brown, Abbie, und Tim Green. 2016. «Virtual Reality: Low-Cost Tools and Resources for the Classroom». *TechTrends* 60 (5): 517–9. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0102-z>.
- Butz, Andreas, und Antonio Krüger. 2017. *Mensch-Maschine-Interaktion*. 2., erweiterte Auflage. Berlin: De Gruyter.
- Cohen, Jacob. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2. Auflage. Hillsdale, NJ: Erlbaum. <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0731/88012110-d.html>.
- Dean Jr., David, und Deanna Kuhn. 2007. «Direct instruction vs. discovery: The long view». *Sci. Ed.* 91 (3): 384–97. <https://doi.org/10.1002/sce.20194>.

- Dolan, Devon, und Michael Parets. 2016. «*Redefining The Axiom Of Story: The VR And 360 Video Complex*». <https://techcrunch.com/2016/01/14/redefining-the-axiom-of-story-the-vr-and-360-video-complex>.
- Dühlmeier, Bernd 2009. «Entdeckendes Lernen». In *Grundschule von A bis Z*, herausgegeben von Dietlinde H. Heckt, und Uwe Sandfuchs. Neubearb, 44–5. Praxis Pädagogik. Braunschweig: Westermann.
- Euler, Dieter, und Karl Wilbers. 2020. «Berufsbildung in digitalen Lernumgebungen». In *Handbuch Berufsbildung: Mit 53 Abbildungen und 19 Tabellen*, herausgegeben von Rolf Arnold, Antonius Lipsmeier, und Matthias Rohs. 3., völlig neu bearbeitete Auflage, 427–38. Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19312-6_34.
- Fernandez, Manuel. 2017. «Augmented Virtual Reality: How to Improve Education Systems». *Higher Learning Research Communications* 7 (1): 1–15. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1150087#?>
- Field, Andy, Jeremy Miles, und Zoë Field. 2012. *Discovering Statistics Using R*. Los Angeles, CA: Sage.
- Frank, Tim Bastian. 2020. «Erstellung und Anwendung von 360°-Videos». In *Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion*, herausgegeben von Horst Orsolits, und Maximilian Lackner, 263–73. Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29009-2_13.
- Funk, Johannes., Anna Klingauf, Angela. Lüüs, und Ludger Schmidt. 2019. «Umsetzung einer 3D-360°-Lerneinheit in der praktischen Ausbildung von Handwerkern: Einsatzmöglichkeiten von interaktiven immersiven Medien». In *Proceedings of DELFI Workshops (Berlin 2019)*, herausgegeben von Sandra Schulz, 161–72. Bonn: Gesellschaft für Informatik e. V. <https://dx.doi.org/10.18420/delfi2019-ws-118>.
- Google Developers. 2019. «Quickstart for Google VR SDK for Unity with Android». <https://developers.google.com/vr/develop/unity/get-started-android>.
- Grier, Rebecca A. 2015. «How High is High? A Meta-Analysis of NASA-TLX Global Workload Scores». *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 59 (1): 1727–31. <https://doi.org/10.1177/1541931215591373>.
- Hart, Sandra G. 2006. «NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later». *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 50 (9): 904–8. <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>.
- Hart, Sandra G., und Lowell E. Staveland. 1988. «Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research». In *Human Mental Workload*, 139–83. Advances in Psychology: Elsevier.
- Hartinger, Andreas, und Katrin Lohrmann. 2014. «Entdeckendes Lernen». In *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik*, herausgegeben von Wolfgang Einsiedler, Margarete Götz, Andreas Hartinger, Friederike Heinzl, Joachim Kahlert, und Uwe Sandfuchs. 4., erg. und aktual. Aufl., 385–8. UTB Schulpädagogik, Grundschulpädagogik 8444. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Hayes, Julia, und Kyungjin Yoo. 2018. «Virtual Reality Interactivity in a Museum Environment». In *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST)*, herausgegeben von Stephen N. Spencer, Shigeo Morishima, Yuichi Itoh, Takaaki Shiratori, Yonghao Yue, und Rob Lindeman, 1–2. New York, NY: ACM. <https://doi.org/10.1145/3281505.3281620>.
- Hebbel-Seeger, Andreas. 2018. «360°-Video in Trainings- und Lernprozessen». In *Hochschule der Zukunft*, herausgegeben von Ullrich Dittler, und Christian Kreidl, 265–90. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20403-7_16.
- Hebbel-Seeger, Andreas, André Kopischke, Philipp Riehm, und Marianna Baranovskaa. 2019. «LectureCast als 360°-Video: Welchen Einfluss haben Immersion und Präsenzerleben auf die Lernleistung?». In *Teilhabe in der digitalen Bildungswelt*, herausgegeben von Jörg Hafer, Martina Mauch, und Marlen Schumann, 118–27. Medien in der Wissenschaft. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18016>.
- HumanEyes. 2021. «Vuze+ 3D 360 VR Camera». <https://vuze.camera/camera/vuze-plus-camera>.
- Jin, Han. 2016. «Critical Impact on a Viewer's Virtual Reality Experience: How the Differences in Building 360 2D vs. 3D Cameras Will Shape VR Adoption». <https://medium.com/cinematicvr/critical-impact-on-a-viewers-virtual-reality-experience-how-the-differences-in-building-360-2d-vs-b3abff6185e3>.
- Kallioniemi, Pekka, Tuuli Keskinen, Ville Mäkelä, Jussi Karhu, Kimmo Ronkainen, Arttu Nevalainen, Jaakko Hakulinen, und Markku Turunen. 2018. «Hotspot Interaction in Omnidirectional Videos Using Head-Mounted Displays». In *Proceedings of the 22nd International Academic Mindtrek Conference*, 126–34. New York, NY: ACM. <https://doi.org/10.1145/3275116.3275148>.
- Karrer, Katja, Charlotte Glaser, Caroline Clemens, und Carmen Bruder. 2009. «Technikaffinität erfassen: Der Fragebogen TA-EG». In *Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme*, herausgegeben von Antje Lichtenstein, Christian Stöbel, und Caroline Clemens, 169–201. Düsseldorf: VDI.
- Kerres, Michael. 2018. *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote*. 5. Auflage. De Gruyter Studium. Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg.
- Kirschner, Paul A., John Sweller, und Richard E. Clark. 2006. «Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching». *Educational Psychologist* 41 (2): 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1.
- Klingauf, Anna, Johannes. Funk, Angela Lüüs, und Ludger Schmidt. 2019. «Wirkung von interaktiven 3D-360°-Lernvideos in der praktischen Ausbildung von Handwerkern». In *DELFI 2019 – Die 17. Fachtagung Bildungstechnologien*, herausgegeben von Niels Pinkwart, und Johannes Konert, 145–56. Bonn: Gesellschaft für Informatik. https://dx.doi.org/10.18420/delfi2019_298.

- Lee, Seung Hwan, Ksenia Sergueeva, Mathew Catangui, und Maria Kandaurova. 2017. «Assessing Google Cardboard virtual reality as a content delivery system in business classrooms». *Journal of Education for Business* 92 (4): 153–60. <https://doi.org/10.1080/08832323.2017.1308308>.
- Makransky, Guido, Stefan Borre-Gude, und Richard E. Mayer. 2019. «Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments». *Journal of Computer Assisted Learning* 35 (6): 691–707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>.
- Matos, Teresa, Rui Nóbrega, Rui Rodrigues, und Marisa Pinheiro. 2018. «Dynamic annotations on an interactive web-based 360° video player». In *Proceedings of the 23rd International ACM Conference on 3D Web Technology (Web3D)*, herausgegeben von Krzysztof Walczak, Gabriel Zachmann, Jakub Flotyński, Kiyoshi Kiyokawa, und Daniel Thalmann, 1–4. ACM Conferences. New York, NY: ACM. <https://doi.org/10.1145/3208806.3208818>.
- Mayer, Richard E. 2004. «Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? The Case for Guided Methods of Instruction». *The American psychologist* 59 (1): 14–19. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>.
- Möller, Kornelia, Ilonca Hardy, Angela Jonen, Thilo Kleickmann, und Eva Blumberg. 2006. «Naturwissenschaft in der Primärstufe: Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung». In *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule: Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*, herausgegeben von Manfred Prenzel, und Lars Allolio-Näcke, 161–93. Münster, München, Berlin: Waxmann.
- Neng, Luís A. R., und Teresa Chambel. 2010. «Get around 360° hypervideo». In *Proceedings of the 14th International Academic MindTrek Conference Envisioning Future Media Environments*, herausgegeben von Artur Lugmayr, Heljä Franssila, Olli Sotamaa, Christian Safran, und Timo Aaltonen, 119–22. ACM Digital Library. New York, NY: ACM. <https://doi.org/10.1145/1930488.1930512>.
- Pakkanen, Toni, Jaakko Hakulinen, Tero Jokela, Ismo Rakkolainen, Jari Kangas, Petri Piippo, Roope Raisamo, und Marja Salmimaa. 2017. «Interaction with WebVR 360° video player: Comparing three interaction paradigms». In *2017 IEEE Virtual Reality (VR): Proceedings: March 18-22, 2017, Los Angeles, CA, USA*, herausgegeben von IEEE VR, 279–80. Piscataway, NJ: IEEE. <https://doi.org/10.1109/VR.2017.7892285>.
- 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>.
- Petko, Dominik. 2020. *Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Mit E-Book inside*. 2., vollständig überarbeitete Aufl. Weinheim: Beltz. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1809455>.
- Petry, Benjamin, und Jochen Huber. 2015. «Towards Effective Interaction with Omnidirectional Videos Using Immersive Virtual Reality Headsets». In *Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference (AH)*, herausgegeben von Suranga Nanayakkara, Ellen Y.-L. Do, Jun Rekimoto, Jochen Huber, und Bing-Yu Chen, 217–18. New York, NY: ACM. <https://doi.org/10.1145/2735711.2735785>.

- Preuß, Philipp, und Simone Kauffeld. 2019. «Visualisierung in der Lehre». In *Handbuch Innovative Lehre*, herausgegeben von Simone Kauffeld, und Julius Othmer, 403–8. Wiesbaden: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-22797-5_29.
- Qian, Yuan Yuan, und Robert J. Teather. 2017. «The Eyes Don't Have It: An Empirical Comparison of Head-Based and Eye-Based Selection in Virtual Reality». In *Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction (SUI)*, herausgegeben von Adalberto L. Simeone, Kyle Johnsen, Rob Teather, und Christian Sandor, 91–8. New York, NY: ACM. <https://doi.org/10.1145/3131277.3132182>.
- Schild, Jonas, Joseph LaViola, und Maic Masuch. 2012. «Understanding user experience in stereoscopic 3D games». In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 89–98, herausgegeben von Joseph A. Konstan. ACM Digital Library. New York: ACM. <https://doi.org/10.1145/2207676.2207690>.
- Schrepp, Martin, Andreas Hinderks, und Jörg Thomaschewski. 2017a. «Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ)». *IJIMAI* 4 (4): 40–44. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.445>.
- Schrepp, Martin, Andreas Hinderks, und Jörg Thomaschewski. 2017b. «Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S)». *IJIMAI* 4 (6): 103–8. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.09.001>.
- Tse, Audrey, Charlene Jennett, Joanne Moore, Zillah Watson, Jacob Rigby, und Anna L. Cox. 2017. «Was I There?». In *CHI'17: Extended abstracts: proceedings of the 2017 ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems : May 6-11, 2017, Denver, CO, USA*, herausgegeben von Gloria Mark, Susan Fussell, Cliff Lampe, Monica Schraefel, Juan P. Hourcade, Caroline Appert, und Daniel Wigdor, 2967–74. New York, NY: The Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3027063.3053225>.
- Unity Technologies 2021. Unity (Version 2018.4.32f1). <https://unity.com/de>.
- Violante, Maria Grazia, Enrico Vezzetti, und Pietro Piazzolla. 2019. «Interactive virtual technologies in engineering education: Why not 360° videos?». *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM)* 13 (2): 729–42. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00553-y>.
- YOUE++. 2019. «Gaze UI for Canvas». <https://assetstore.unity.com/packages/tools/gui/gaze-ui-for-canvas-70881#reviews>.
- Zhang, Lei, Doug A. Bowman, und Caroline N. Jones. 2019. «Exploring Effects of Interactivity on Learning with Interactive Storytelling in Immersive Virtual Reality». In *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, 1–8. Piscataway, NJ: IEEE. <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2019.8864531>.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Mehrbenutzer-VR-Anwendungen für ein rollenbasiertes Falltraining

Ein explorativer Einsatz im Kontext der Pflegeausbildung

Urszula Hejna¹ , Carolin Hainke² , Thies Pfeiffer²  und Stefanie Seeling¹ 

¹ Hochschule Osnabrück

² Hochschule Emden/Leer

Zusammenfassung

Da Gruppenarbeit die Kompetenz- und Qualifikationsentwicklung bei Lernenden fördern kann, wird sie zur Stärkung beruflicher Handlungs-, Personal- und Methodenkompetenz eingesetzt. Die zunehmende Digitalisierung bringt jedoch Herausforderungen für Gruppenarbeit im Online-Format mit sich. Zurzeit werden für deren Umsetzung häufig Videokonferenztools verwendet. Dabei steigt mit der Entwicklung von Consumer-freundlicher VR-Hardware das Interesse an Virtual Reality (VR) in der Bildung, da Motivation und Engagement der Lernenden gesteigert werden können, ressourcenschonende Lehre möglich ist und seltene oder gefährliche Situationen beliebig oft wiederholt und eingeübt werden können. Trotz der Vorteile, die das Lernen mit VR mit sich bringt, wird das Medium in der Lehre selten verwendet. Gründe dafür könnten die aufwendige Einarbeitung in die noch neue Technologie sein sowie die Einbindung ins Curriculum ohne eine etablierte didaktische Grundlage mitzudenken. Um die Einbindung zu erleichtern, soll in diesem Beitrag ein Implementierungsbeispiel für eine Mehrpersonen-VR-Anwendung vorgestellt und Ergebnisse einer ersten Erprobung im hochschulischen Lehrkontext aufgeführt werden. Die Anwendung wurde verwendet, um Pflege-Studierenden eine Möglichkeit zur multiperspektivischen Besprechung eines Fallbeispiels zu geben. Während das Feedback der Studierenden zur Nutzung der Anwendung überwiegend positiv ausfiel, zeigt der erhöhte Implementierungsaufwand die Notwendigkeit eines Implementierungs- und (Fach)-Didaktik-Konzeptes, um den Aufwand für den Einsatz von VR in der Lehre zu minimieren.



Multi-User VR Applications for Role-Based Case Training. An Exploratory Application in the Context of Nursing Education

Abstract

Since group work can promote competence and skill development in learners, it is used to strengthen professional skills, personal and methodological competence. However, increasing digitalization raises the challenges for group work in online teaching. Currently, videoconference tools are often used for working in groups, while interest in Virtual Reality (VR) in education is increasing with the development of consumer-friendly VR hardware, because learner motivation and engagement can be increased, resource-saving teaching is possible, and rare or dangerous situations can be repeated and practiced as often as desired. However, despite the benefits of learning with VR, the medium is rarely used in teaching. Reasons for this could be the elaborate familiarization with the still new technology and the integration into the curriculum without thinking about an established didactic basis. Therefore, to facilitate the integration, this paper will present an implementation example for a multiplayer VR application and list the results of an initial trial in a university teaching context. The application was used to provide nursing students with an opportunity for multiperspective discussions of a case-based learning. While the students' feedback on the use of the application was mostly positive, the increased implementation effort demonstrates the need for implementation and didactic concepts to minimize the effort of using VR in teaching.

1. Einleitung

Im Bildungsbereich der Gesundheitsberufe (wie der Pflege) werden handlungsorientierte und lebensweltbezogene Lehrinhalte an realen Fallbeispielen (Konzept der Fallarbeit) exemplarisch gelehrt, um Handlungskompetenzen sowie die Fähigkeit zum Problemlösen und zur Entscheidungsfindung bei Lernenden zu fördern. Dabei bearbeiten und reflektieren Lernende Fallbeispiele aus verschiedenen Perspektiven (Dieterich und Reiber 2014). Dies dient auch zur Vorbereitung auf die interprofessionelle Zusammenarbeit unterschiedlicher Professionen in der Praxis (Diefenbach und Höhle 2018), die einen Verbesserungsbedarf aufweist (Ludwig 2018). Da in der Pflege auf eine ganzheitliche Betrachtung von Patient:innen abgezielt wird, sind die Situationen komplex (Schrems 2013). Um den Herausforderungen bei der Abdeckung der Komplexität pflegerischer Handlungsprozesse (Dütthorn, Hülsken-Giesler, und Pechuel 2018) und der zunehmenden Digitalisierungsprozesse der Berufspraxis (Ortmann-Welp 2020) zu begegnen, wird die Verbindung des Konzeptes der Fallarbeit mit dem Einsatz digitaler Medien in der Lehre als möglicher Lösungsansatz betrachtet (Lerner, Wichmann, und Wegner 2019; Dütthorn et al. 2018). So

werden authentische Fallszenarien zunehmend anhand virtueller Simulationen dargestellt und somit das Konzept der Fallarbeit durch moderne Technik erweitert (Dütthorn et al. 2018). Simulationsbasierte Lehr-Lernmethoden sind immer häufiger in der Pflege- (Feilhuber 2018; Kim, Park, und Shin 2016) und Gesundheitsbildung vorzufinden (Cant et al. 2019). Konkrete Lerneffekte und Integrationskonzepte zum Einsatz vollimmersiver Lernumgebungen sind jedoch noch nicht ausreichend untersucht. Zusätzlich gehen aus den Digitalisierungsprozessen und den Auswirkungen der Corona-Pandemie Herausforderungen für die Umsetzung von Gruppenarbeiten hervor, die neue Formen der methodischen Umsetzung erfordern. In einer Literaturrecherche (Hejna et al. 2022) zeigt sich, dass derzeit insbesondere Videokonferenzsoftware in Bezug auf diese Herausforderungen genutzt wird (ebd.; Kienle und Appel 2021). Ein weiteres Format zur virtuellen Umsetzung von Gruppenarbeiten bietet die vollimmersive Virtual Reality (VR). Im theoretischen Vergleich dieser beiden Formate werden divergente Ergebnisse beschrieben, die in beiden Umsetzungsformen positive und negative Aspekte beinhalten.¹ Es steht jedoch fest, dass der Erfolg von Gruppenarbeiten im Bildungskontext abhängig von der konzeptionellen Einbindung der digital und virtuell unterstützten Gruppenarbeits-Methoden in den Lehrkontext ist, und dies beeinflusst folglich auch die Performanz der Gruppenarbeit (Hejna et al. 2022). Auch Metaanalysen zeigen die Abhängigkeit des Lernerfolgs unter dem Einsatz digitaler und virtueller Medien von der didaktisch-methodischen Aufbereitung der Lehr-Lernsituationen sowie deren curricularen Integration (Lerner und Luiz 2019). So nimmt das Interesse am Einsatz von VR im Bildungskontext zu (Luo et al. 2021; Niedermeier und Müller-Kreiner 2019), sodass vermehrt Forschungsergebnisse in diesem Bereich vorhanden sind. Dies kann darin begründet sein, dass der Zugang zu kommerziell nutzbaren VR-Headsets (beispielsweise von Oculus/Meta² oder HTC³) vermehrt möglich ist (Luo et al. 2021). Mit der Nutzung von VR für Gruppenarbeiten im Bildungskontext können die Motivation und das Engagement der Lernenden gefördert, der Verbrauch von materiellen Ressourcen reduziert, Wiederholungsmöglichkeiten für seltene oder gefährliche Situationen angeboten und ein ortsunabhängiges Lernen ermöglicht werden. Für die Kommunikation unter Lernenden in der VR kann die Sprache und in Teilen die Gestik in Abhängigkeit von der räumlichen (tatsächlichen) Präsenz übertragen werden, wodurch das Gefühl von räumlicher Anwesenheit und menschlicher Nähe unterstützt wird. Laut Schubert, Friedmann und Regenbrecht (2001) wird das Präsenzgefühl in einer virtuellen Umgebung von zwei wesentlichen Faktoren beeinflusst: von der Repräsentation körperlicher Handlungen und der Möglichkeit zur Unterdrückung inkompatibler/irrelevanter sensorischer Inputs.

1 Vgl. Hejna et al. 2022.

2 <https://store.facebook.com/de/quest>.

3 <https://www.vive.com/us/product>.

Dies bietet einen Vorteil gegenüber der Nutzung von Videokonferenzsoftware, die eine zweidimensionale (unabhängig von der räumlichen Position der Sprechenden zueinander) Kommunikation erlaubt und beispielsweise das Ausblenden von Störgeräuschen sowie anderen Ablenkungen kaum ermöglicht. Allerdings kann das Tragen eines VR-Headsets zu Unwohlsein oder Cybersickness führen, während in Videokonferenzen das Auftreten des Fatigue-Syndroms unter den Teilnehmenden möglich ist (Hejna et al. 2022). Ob allerdings das Fatigue-Syndrom in einer VR-Umgebung ebenfalls auftreten kann, ist bisher noch nicht untersucht worden.

Obwohl VR viele positive Aspekte für das Lernen aufzeigt (z. B. besserer Wissenstransfer, verbesserte Zusammenarbeit, stärkere Empathie und Handlungsfähigkeit) (Luo et al. 2021 zitiert nach Dalgarno und Lee 2009; Shin 2017; Southgate et al. 2019) und zunehmend im beruflichen Bildungsbereich sichtbar ist (Niedermeier und Müller-Kreiner 2019), wird diese im allgemeinen Bildungskontext noch nicht oft eingesetzt (eher in spezifischen Bereichen wie dem Operations- oder Flugtraining). Mögliche Gründe hierfür sind, dass das Lernen in VR als ineffizient wahrgenommen wird, hohe Kosten in der Anschaffung bestehen, die Nutzbarkeit der Hard- und Software nicht ohne Vorkenntnisse gelingt und körperliche Bedenken wie Cybersickness vorliegen. Mit leistungsstärkerer und kostengünstigerer Technik können einige der genannten Probleme bereits gelöst werden (Luo et al. 2021). Probleme wie die Einarbeitung in die Hard- und Software, Bedenken bezüglich der Lerneffekte und die Einbindung in das Curriculum bleiben allerdings bestehen. Folglich sind mehr Umsetzungsbeispiele und Evaluationsergebnisse aus dem Bildungsbereich erforderlich, um den positiven Einfluss des Einsatzes von VR in der Lehre bestätigen oder widerlegen zu können und Befangenheit vor der Anwendung zu reduzieren. Ein solches Beispiel soll im Rahmen dieser Veröffentlichung dargestellt werden.

2. Stand der Forschung

Es ist bekannt, dass Lernende durch die Arbeit in Gruppen eine bessere Kompetenz- und Qualifikationsentwicklung erfahren, als sie es in Einzelarbeit tun würden (Nikodemus 2017). In der Hochschuldidaktik ist der Einsatz der Gruppenarbeit üblich, um berufliche Handlungskompetenzen Lernender zu fördern und ihre Personal- sowie Methodenkompetenz zu stärken (Kostorz und van den Berg 2013). Das Potenzial der didaktischen Einbindung in den akademischen Lehrkontext und die nachweisliche Wirksamkeit von VR sind noch nicht ausreichend evaluiert, sodass hier nur wenige Ergebnisse vorliegen. Die Lehrenden, die von ihrem Einsatz der VR berichten, äussern positive Effekte auf den Lernerfolg von Studierenden (Niedermeier und Müller-Kreiner 2019). Affendy und Wanis (2019) beschreiben, basierend auf verschiedenen Arbeiten, VR als eine ausgereifte Technologie zum Einsatz für kollaborative Lernprozesse, bei denen Nutzende von den Ressourcen und Fähigkeiten der Gruppenmitglieder profitieren.

Das grösste Desiderat sind die fehlenden konzeptionell-didaktischen Grundlagen, beispielsweise in den Standardwerken der Mediendidaktik.

«Das weitgehende Fehlen von didaktischen sowie lernpsychologischen Grundlagen wurde schon mehrfach als offene Herausforderung identifiziert und auch in aktuellen Meta-Studien benannt.» (Zender et al. 2018, 7)

Im Jahr 2022 wird von einem vielfältigen Einsatz von VR in der akademischen und schulischen Erst- wie auch Weiterbildung gesprochen (Knoll und Stieglitz 2022), jedoch findet ausserhalb von Forschungsprojekten keine breite Anwendung dieser Technologie in der gängigen Hochschullehre statt. Folglich steigt zwar die Bedeutung von VR im Bildungskontext, allerdings fehlen nach wie vor Evaluationsergebnisse hinsichtlich der Wirksamkeit und der dauerhaften Einbindung in die Lehre (Müser und Fehling 2022).

VR wird in der Lehre u. a. genutzt, um Systeme und Montageprozesse zu simulieren (z. B. in der Ausbildung zum Schweisser) (Niedermeier und Müller-Kreiner 2019), Beschränkungen der physischen Realität zu reduzieren (z. B. Einsicht in andere Zeitalter), Lerninhalte zu veranschaulichen und erlebbar zu machen sowie die Zusammenarbeit durch soziale Präsenz zu fördern (Zender et al. 2018). Das Präsenzerleben ergibt sich aus den Möglichkeiten, körperliche Handlungen im virtuellen Raum wiedergeben und bestimmte Sinnesreize selbstbestimmt ausblenden zu können (Schubert et al. 2001). Dabei verstärkt das Präsenzerleben zusammen mit der Nutzerfreundlichkeit die Trainingseffektivität (Lerner, Pranghofer, und Franke 2020). Positive Berichte gibt es ebenfalls zur digitalen Simulation von z. B. anatomischen Strukturen und der Verwendung von virtuellen Patienten (Avataren). Weiter werden auch «[...] Aspekte der ärztlichen Interaktion mit psychiatrisch schwierigen Patienten simuliert und [eingeübt]» (Mavrogiorgou et al. 2021, 4).

«So können mithilfe von VR ohne großen Aufwand kognitive Fähigkeiten durch Erfahrungslernen erlangt werden, da Studierende Umgebungen, Situationen oder Abläufe direkt erleben können, die mit traditionellen Lehrmethoden nur schwierig nachgebildet werden können.» (Müser und Fehling 2022, 131)

In Bezug auf die *Zusammenarbeit in VR im gesundheitsberuflichen Bildungskontext* fanden Affendy und Wanis (2019) eine Vielzahl an Publikationen. Darin arbeiten Studierende sowohl ortsunabhängig voneinander als auch an einem gemeinsamen Ort. Es werden u. a. VR-Simulationen zur motorischen Rehabilitation von Menschen oder zu chirurgischen Routinen beschrieben, in denen Studierende individuell oder im Team arbeiten. Diese Zusammenarbeit ermöglicht ihnen einen Informationsaustausch und fördert damit den Lernprozess. Der Wissens- und Informationsaustausch zwischen Studierenden im Rollentausch, fördert zudem die Entstehung von kollaborativen Lernumgebungen (Affendy und Wanis 2019).

Weitere Ergebnisse zeigen, dass VR förderlich für das situative Lernen und den Transfer von motorischen Fähigkeiten in die Realität ist. Dabei verstärkt sie das Lernerlebnis und ermöglicht, unterschiedliche Lerntypen gleichermaßen anzusprechen (Zender et al. 2018). Auch im medizinischen Kontext wird der Einsatz von VR als relevant und interessant bezeichnet, wobei die Inhalte und unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade als didaktisch wertvoll beschrieben werden (Mavrogiorgou et al. 2021). Der VR-Technologie wird nachgesagt, sie besitze das Potenzial, die akademische Lehre und medizinische Weiterbildung zu verbessern (Ghanem und Osterhoff 2020). Studierende werden in ihrem Lerninteresse motiviert und können sich durch die Reduktion der äusseren Einflüsse auf den Lerngegenstand besser fokussieren (Müser und Fehling 2022).

Laut einer Übersichtsarbeit werden im biowissenschaftlichen und medizinischen Bildungskontext unterschiedliche Ergebnisse zum Einsatz von VR benannt (Fabris et al. 2019). Ausschliesslich negative Ergebnisse zur Nutzung von VR in unterschiedlichen Kontexten waren in der Literatur nicht anzutreffen.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes DiViFaG (Digitale und Virtuell unterstützte Fallarbeit in den Gesundheitsberufen) wird ein didaktisches Konzept zum Einsatz von digital und virtuell unterstützten Lehr-Lernszenarien im Bildungskontext der Gesundheitsberufe entwickelt. Daraus gehen zehn unterschiedliche und überwiegend mit VR-Anwendungen unterstützte Lehr-Lernszenarien hervor, die einschliesslich einer Handreichung zur didaktischen Umsetzung und curricularen Einbindung als Open Educational Ressource (OER) zum Anfang des Jahres 2023 veröffentlicht werden sollen. Im Rahmen dieses Projektes erfolgte der im Folgenden beschriebene Anwendungsversuch einer Mehrpersonen-VR-Anwendung für Gruppenarbeitsprozesse in der Fallarbeit, welcher der Weiterentwicklung der in dem Projekt entwickelten Mehrpersonen-VR-Anwendung vor ihrer regelhaften Implementierung und Evaluation dienen soll.

3. 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. [...] 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 [...]» ([...][ebd.], 9) definiert.» (Schrems 2019, zit. n. Hejna et al. 2022)

Fallarbeit dient so den Lernenden zur Entwicklung von Fähigkeiten in der Problemlösung und Entscheidungsfindung (Dieterich und Reiber 2014). Sie findet ihren Einsatz insbesondere in Kontexten, in denen der Umgang mit komplexen Problemen erlernt werden muss, für die keine standardisierten Lösungen vorliegen (Zumbach et al. 2008). Dies ist beispielsweise oft im Gesundheitsbereich der Fall. Fallarbeit ist hier eine bewährte Methode. Insbesondere im Berufskontext der Pflege sind Herausforderungen bei der Abdeckung der Komplexität beruflicher Handlungsprozesse anzutreffen, wobei eine individuelle und handlungsbezogene Anwendung von Fachwissen erforderlich ist (Dütthorn et al. 2018).⁴ Das Konzept der Fallarbeit in Verbindung mit dem Einsatz von digitalen und virtuellen Medien wird als möglicher Lösungsansatz zur Vorbereitung der Lernenden auf die sich durch Digitalisierungsprozesse verändernde Berufspraxis der Gesundheitsberufe gesehen (Lerner et al. 2019; Dütthorn et al. 2018) und um den kompetenzorientierten Ansatz von verschiedenen Berufsgruppen in der Versorgung der Patienten im Gesundheitswesen umzusetzen sowie um die unterschiedlichen Gesundheitsberufe zu sensibilisieren.

Ziel ist es, die konzeptionelle Umsetzung und erste Evaluationsergebnisse der Mehrpersonen-VR-Anwendung im hochschulischen Bildungskontext von Pflege dual Studierenden aufzuzeigen und dabei gleichzeitig Herausforderungen und Potenziale hervorzuheben. Das Erkenntnisinteresse ist insbesondere vom speziellen curricularen Inhalt des Bachelor Studiengangs *Pflege dual*⁵ und der Perspektive der Weiterentwicklung der VR-Anwendung geprägt. Die folgenden Fragestellungen sollen hierbei leitend sein:

Leitende Fragestellungen

- Fällt der in der Fallarbeit zielführende/essenzielle Perspektivwechsel durch eine Rollenübernahme den Studierenden in VR leichter als in einem realen Rollenspiel?
- Bevorzugen Studierende den Einsatz von VR gegenüber dem bisher bekannten Einsatz von Videokonferenzen, wenn sie sich in der virtuellen Umgebung körperlich anwesend (präsent) fühlen und das Lernen für sie situativ erlebbar wird?
- Haben Studierende aufgrund ihrer privaten Berührungspunkte mit digitalen Medien ausreichend Vorkenntnisse, um einen schnellen Einstieg in den Umgang mit VR zu finden?

4 Weiterführende Ausführung zum Konzept der Fallarbeit im Zusammenhang mit der Methode der Gruppenarbeit und dem benannten Projekt, siehe Hejna et al. 2022.

5 <https://www.hs-osnabrueck.de/studium/studienangebot/bachelor/pflege-bsc-dual-standort-lingen-ems>.

4. Umsetzung des Lehr-/Lernszenarios und Methodik der Evaluation

Mit dem Fokus der multiperspektivischen und interdisziplinären Fallanalyse wird in dem oben benannten Kooperationsprojekt ein digital und virtuell unterstütztes Lehr-Lernszenario mit dem Thema «Multiperspektivische Einschätzung von Patient:innen: Anwendung von Klassifikationssystemen und Durchführung einer multiperspektivischen Fallbesprechung» entwickelt. Das Szenario setzt sich zusammen aus einem digitalen Lernkurs in dem Lernmanagementsystem ILIAS und einer Mehrpersonen-VR-Anwendung. Diese VR-Anwendung ist nicht wie in diesem Projekt üblich auf die Abbildung bestimmter Prozesse aus den Tätigkeitsfeldern der Pflege und Medizin fokussiert, sondern stellt ein interaktives Patientenzimmer mit dem Schwerpunkt der Kollaboration, Kommunikation und Interaktion unter den Studierenden (in VR als virtuelle Avatare dargestellt) dar. Deshalb ist diese VR-Anwendung vorläufig zu Entwicklungszwecken vor der Gesamtimplementierung evaluiert und auf der Grundlage dieser Ergebnisse weiterentwickelt worden.

Die Umsetzung fand im ersten Semester des Studiengangs *Pflege dual* an der Hochschule Osnabrück, Campus Lingen mit 30 Studierenden (männlich: n=3; weiblich: n=27) statt. Die Studierenden hatten zuvor noch keine Erfahrungen mit VR gesammelt. 23 von ihnen haben die Möglichkeit der VR-Anwendung genutzt. Sieben Studierende bevorzugten die Beobachterrolle. Die Evaluation fand anhand eines quantitativen Fragebogens mit Freitextoptionen anonymisiert statt. Der Fragebogen basiert auf dem quantitativen Evaluationsinstrument des Projektes DiViFaG (Strecker et al. 2023), das zur Evaluation der in dem Projekt erstellten Lehr-Lernszenarien entwickelt wurde, und ist eine verkürzte und thematisch angepasste Version des Evaluationsinstruments. Der Rücklauf betrug 23 Fragebögen (100% der VR Anwender, 77% der anwesenden Studierenden). Ergänzend wurden eigene Beobachtungsnotizen und eine gemeinsame Reflexion im Plenum hinzugezogen.⁶ In der Reflexion hatten die Studierenden die Möglichkeit, ergänzende Eindrücke aus der VR-Erprobung zu benennen, die sie zuvor nicht in dem Fragebogen angeben konnten oder besonders hervorheben wollten. Die Fragestellung lautete:

«Was ist im Hinblick auf die Erarbeitung der Aufgabenstellung in der VR-Anwendung besonders gelungen und wo sehen Sie Herausforderungen bzw. einen Verbesserungsbedarf?»

Im Folgenden wird die methodische Umsetzung und eine allgemeine Beschreibung der didaktischen Einbindung sowie theoretischen Grundlagen dieses Lehr-Lernszenarios beschrieben. Der Fokus hierbei liegt insbesondere auf der Umsetzung der Mehrpersonen-VR-Anwendung und deren Bewertung durch Studierende.

⁶ Die konkreten Inhalte des evaluierten Lehr-Lernszenarios werden Anfang des Jahres 2023 im OER Format auf den Plattformen twillo.de und/oder ORCA.nrw veröffentlicht.

4.1 Vorgehen

Alle in dem Forschungsprojekt entwickelten Lehr-Lernszenarien gründen auf einer engen interdisziplinären Vernetzung von Inhalten der Pflege- und Medizindidaktik mit dem modifizierten Konzept der Fallarbeit nach Kaiser (1983) (Oldak et al. 2022), hier in Kombination mit der multiperspektivischen Fallarbeit nach Schrems (2013), der Hochschulmediendidaktik durch die Anwendung von digitalen Medien/Tools und der Technik mit dem Einbezug von VR-Anwendungen. Die mediendidaktische Umsetzung der Lehr-Lernszenarien bezieht auch das didaktische Design nach Reinmann (2013) mit den Komponenten der Begleitung, der inhaltlichen Vermittlung und der Aktivierung ein. Der Einsatz von VR-Anwendungen fokussiert die aktivierende und begleitende Designkomponente und damit eine engmaschig betreute Transferarbeit theoretischer Inhalte in die praktische Umsetzung. Die Begleitung, Aktivierung und Vermittlung erfolgt im Weiteren durch die digitalen Lehr-Lerninhalte im Lernmanagementsystem durch begleitete und selbstgesteuerte Lernprozesse.

Die Umsetzung des Szenarios erfolgte im Rahmen des Moduls «Lebensphasen verstehen», in dem die Studierenden unterschiedliche Schwerpunkte der pflegerischen Versorgung von bestimmten Altersgruppen kennenlernen sowie relevante Entwicklungstheorien behandeln und anwenden lernen. So war das Ziel des Einsatzes der VR-Anwendung, den Studierenden den Theorietransfer anhand eines Fallbeispiels in einer praktischen Anwendung zu ermöglichen. Hierzu erhielten sie ein frei zugängliches pflegespezifisches Fallbeispiel (siehe 4.3). Auf der Grundlage des Fallbeispiels sollten sie in einer Mehrpersonen-VR-Anwendung die zuvor theoretisch behandelten Entwicklungstheorien auf das Fallbeispiel in einem Gruppenarbeitsprozess (n=5) anwenden und miteinander aushandeln, welche der Theorien für das Fallbeispiel am besten geeignet ist.

4.2 Lernziele

- Die Studierenden wenden die im Modul kennengelernten entwicklungspsychologischen Theorien fallspezifisch an.
- Sie erkennen lebensphasenspezifische pflegerrelevante Merkmale am Beispiel eines pflegebedürftigen Menschen.
- Sie reflektieren Potenziale und Herausforderungen in der Anwendung unbekannter Technologien.

4.3 Fallbeispiel

Bei dem Fallbeispiel handelte es sich um eine 93-jährige Frau, die seit zehn Jahren verwitwet ist. Die Frau leidet aufgrund einer altersbedingten fortschreitenden Makuladegeneration an einer fast vollständigen Erblindung. Bisher konnte sie sich

mithilfe des ambulanten Dienstes und regelmässiger Mahlzeitenlieferung selbstständig zu Hause versorgen. Da die Betroffene ihre Kinder nicht belasten wollte, ihr jedoch die Selbstversorgung zunehmend schwerfiel, entschied sie sich, in eine Langzeitpflegeeinrichtung umzuziehen. Aufgrund ihrer starken Sehschwäche fallen ihr die Orientierung und die Eingewöhnung in das neue Umfeld schwer (Lauber und Schmalstieg 2020).

Arbeitsauftrag

Finden Sie sich zu fünf zu einer Gruppe zusammen. Es arbeiten jeweils zwei Gruppen parallel in der Mehrpersonen-VR-Anwendung (Raum 1 oder Raum 2).

Bitte *diskutieren* Sie in der Gruppe über die lebensphasenspezifischen pflege-relevanten Merkmale dieses Patientenfalls. *Wenden* Sie gemeinsam die Ihnen bekannten entwicklungspsychologischen Theorien (siehe Abb. 1) auf den Patientenfall an. *Machen* Sie sich an der Tafel in der VR-Anwendung Notizen zu der Theorie, die Ihrer Meinung nach hier am besten zutrifft. Erstellen Sie von Ihren Ergebnissen einen Screenshot, der anschliessend bei der Ergebnisvorstellung genutzt werden kann.

In der VR-Anwendung finden Sie als Hilfestellung grobe Stichpunkte zu den Theorieinhalten aus der Vorlesung. *Schauen* Sie sich hierzu die Wanddekorationen an.

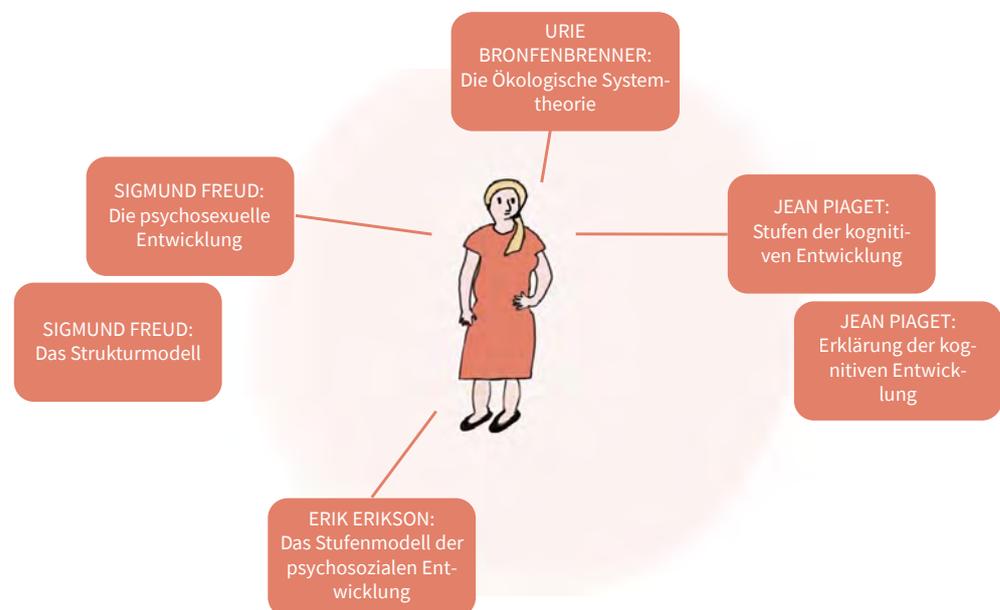


Abb. 1: Übersicht der im Modul «Lebensphasen verstehen» behandelten entwicklungspsychologischen Theorien (eigene Darstellung).

4.4 VR-Anwendung

In der VR-Anwendung befinden sich die Lernenden zunächst in einem leeren Raum (= Lobby), in dem sie ihren Anzeigenamen eingeben und eine Rolle wählen können.

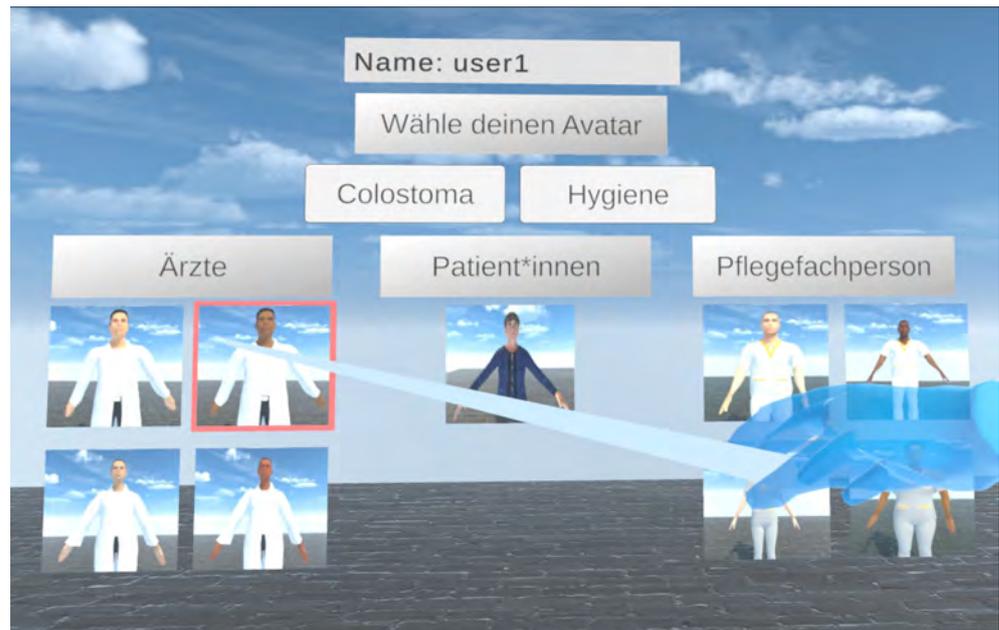


Abb. 2: Lobby mit Einstellungsmöglichkeiten zur Wahl des Avatars oder des zu betretenden Raums (eigene Darstellung).

Zurzeit gibt es eine ältere Dame als Patientin und Ärzt:innen sowie Pflegefachpersonen unterschiedlichen Geschlechts mit heller und dunkler Hautfarbe. Der Anzeigenname wird später über dem Avatar eingeblendet, damit sich die Lernenden voneinander unterscheiden können, wenn mehrmals derselbe Avatar gewählt wurde.

Nachdem diese Einstellungen abgeschlossen sind, kann der Raum gewählt werden, in dem sich die Lernenden treffen. Da in dem Anwendungsbeispiel zwei Gruppen zu je fünf Personen gleichzeitig tätig wurden, wurde für jede Gruppe ein virtueller Raum bereitgestellt, den die entsprechend zugeordneten Lernenden auswählen und somit betreten konnten.

Anschließend befinden sich die Lernenden in einem Patientenzimmer. Dort kann der vorher besprochene Fall diskutiert und bearbeitet werden. Zur Unterstützung befinden sich Bilder mit den wichtigsten Informationen zu den behandelten Entwicklungstheorien an der Wand. Die Patienteninformationen können in der digitalen Patientenakte auf einem Tablet nachgelesen werden.

Die Avatare werden vom Kopf bis zur Taille dargestellt.

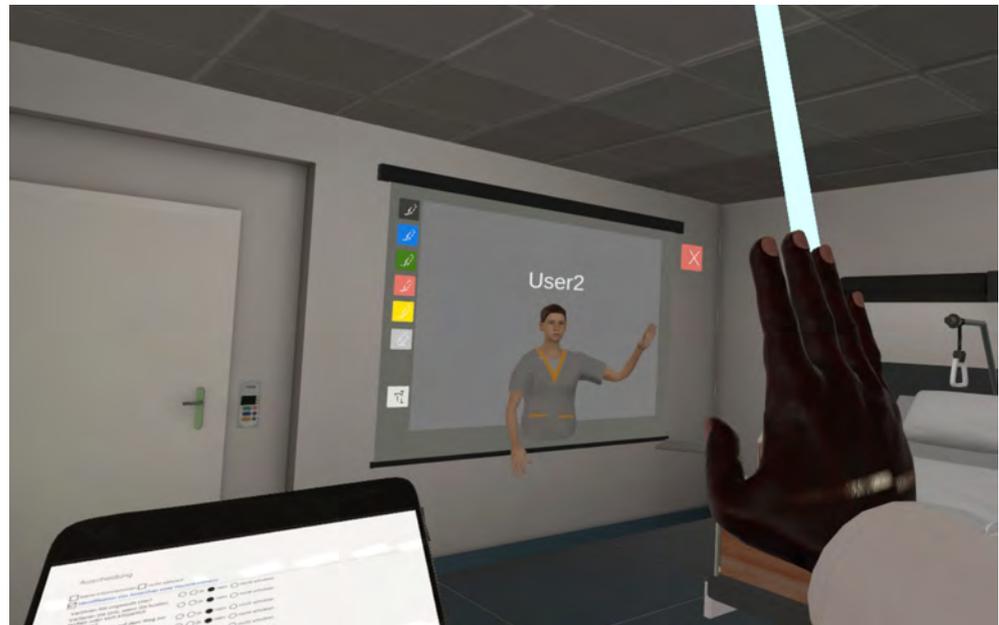


Abb. 3: Übersicht des Patientenzimmers, Sicht des Nutzenden (eigene Darstellung).

Die Hand- und Kopfbewegungen des Studierenden werden von der VR-Brille sowie den Controllern erfasst und auf den Avatar übertragen. So kann in der Anwendung Gestik dargestellt werden, beispielsweise das Winken, Zeigen, Kopfnicken oder sich direkt zu einem Gesprächspartner zuwenden.

In der Anwendung können Studierende sich durch Laufen oder Teleportieren im virtuellen Raum fortbewegen. Lediglich die Rolle der Patientin ist in der Bewegung eingeschränkt, indem sich diese nicht aus dem Bett bewegen kann.



Abb. 4: Übersicht des Patientenzimmers, Übersicht des Raumes (eigene Darstellung).

Um ihre Ergebnisse zu dokumentieren, haben die Lernenden die Möglichkeit, diese auf dem im Raum vorhandenen Whiteboard zu skizzieren und Screenshots zu erstellen. Weiterhin kann die Record-Funktion der Meta Quest verwendet werden, um die gesamte Sitzung mit Bild und Ton aufzuzeichnen. Weiter war es während der Anwendung möglich, das visuelle Sichtfeld der Lernenden an die Wand im Kursraum zu streamen, sodass Beobachtende die Möglichkeit zur Mitverfolgung des Geschehens hatten.

Technische Umsetzung der Anwendung

Die VR-Anwendung wurde mit Unity 2020.3⁷ entwickelt. Für die Mehrspielerfunktionalität wurde ein von Photon⁸ bereitgestelltes Package verwendet, welches grundlegende Funktionen wie die Serververbindung sowie das Suchen und Finden von Räumen und Personen vereinfacht.

Zwar beinhaltet Unity bereits Netzwerkfunktionalitäten, mit welchen ebenfalls eine Mehrspieleranwendung umgesetzt werden kann, allerdings sind diese nach eigenen Angaben des Herstellers veraltet und werden in nächster Zeit ersetzt.⁹

Photon ist ein Cloudservice, der Serverkapazitäten für beispielsweise Echtzeitanwendungen mit Mehrspielerfunktionen bereitstellt. Nutzende der Anwendung verbinden sich mit dem Photon-Server und werden anschliessend in die Lobby

7 <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>.

8 <https://doc.photonengine.com/en-us/pun/current/getting-started/pun-intro>.

9 <https://docs.unity3d.com/2019.3/Documentation/Manual/UNetOverview.html>.

weitergeleitet. Dort gibt es eine Übersicht aller implementierten Räume. Zusätzlich können hier weitere Informationen abgefragt werden, beispielsweise Anzahl und Namen der ebenfalls verbundenen Spielenden. Von der Lobby aus können die Lernenden dann den Raum wählen, in welchem sie sich mit den anderen Lernenden treffen wollen. Der Ablauf dieses Prozesses wird in Abb. 5 dargestellt.

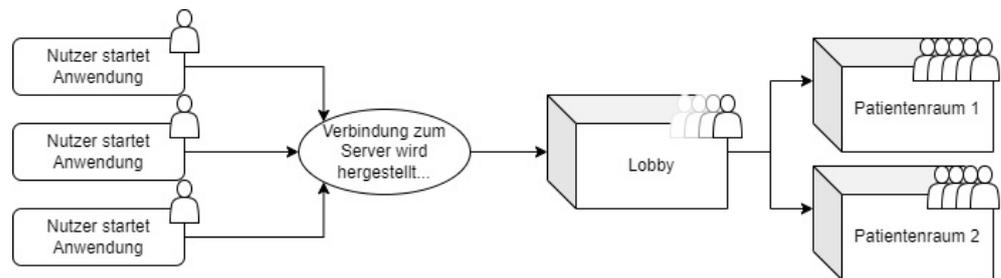


Abb. 5: Grafische Darstellung des Ablaufs der Verbindungsherstellung vom Start der Anwendung bis zum Patientenraum (eigene Darstellung).

4.5 Evaluation

Der Evaluationsbogen (Tab. 1) wurde als Ausschnitt der Gesamtevaluation zusammengestellt und um situationsspezifische Fragen ergänzt, um insbesondere die oben benannten Leitfragen beantworten zu können. Die Gesamtevaluation wurde theoriebasiert im interdisziplinären Projektteam entwickelt und wird in den Evaluationen der Lehr-Lernszenarien szenariospezifisch angepasst und angewendet. Die Erhebung fand direkt im Anschluss an die VR-Erprobung statt.

Fragestellung	Antwortmöglichkeit
1. Mir gefiel das Training in VR.	<input type="checkbox"/> Überhaupt nicht gut <input type="checkbox"/> nicht gut <input type="checkbox"/> weder gut noch nicht gut <input type="checkbox"/> gut <input type="checkbox"/> sehr gut
2. Bitte schätzen Sie die Bedienbarkeit der VR- Anwendung ein.	<input type="checkbox"/> sehr kompliziert <input type="checkbox"/> kompliziert <input type="checkbox"/> akzeptabel <input type="checkbox"/> intuitiv <input type="checkbox"/> sehr intuitiv
3. Falls Sie die Bedienung des VR -Systems als nicht intuitiv einschätzen. Was war nicht intuitiv?	Freitext
4. Welche Funktionen benötige ich in der Multiplayer-VR- Anwendung, um in einer Gruppenarbeit meine Lernziele zu erreichen?	Freitext

Fragestellung	Antwortmöglichkeit
5. Die Eingewöhnung in die VR-Anwendung ging schnell.	<input type="checkbox"/> stimme völlig zu <input type="checkbox"/> stimme zu <input type="checkbox"/> stimme weder zu noch nicht zu <input type="checkbox"/> stimme nicht zu <input type="checkbox"/> stimme überhaupt nicht zu
6. Ich fühlte mich im virtuellen Raum präsent (realitätsnah).	<input type="checkbox"/> stimme völlig zu <input type="checkbox"/> stimme zu <input type="checkbox"/> stimme weder zu noch nicht zu <input type="checkbox"/> stimme nicht zu <input type="checkbox"/> stimme überhaupt nicht zu
7. Ich finde es in VR leichter als in der Realität, eine andere Rolle zu spielen.	<input type="checkbox"/> stimme völlig zu <input type="checkbox"/> stimme zu <input type="checkbox"/> stimme weder zu noch nicht zu <input type="checkbox"/> stimme nicht zu <input type="checkbox"/> stimme überhaupt nicht zu
8. Aus der anderen Rolle heraus fällt mir ein Perspektivwechsel in VR leichter als in einem Rollenspiel in der Realität.	<input type="checkbox"/> stimme völlig zu <input type="checkbox"/> stimme zu <input type="checkbox"/> stimme weder zu noch nicht zu <input type="checkbox"/> stimme nicht zu <input type="checkbox"/> stimme überhaupt nicht zu
9. Ich finde das Training in VR sinnvoll.	<input type="checkbox"/> stimme völlig zu <input type="checkbox"/> stimme zu <input type="checkbox"/> stimme weder zu noch nicht zu <input type="checkbox"/> stimme nicht zu <input type="checkbox"/> stimme überhaupt nicht zu
10. Mir wurde während der Nutzung der VR-Anwendung körperlich unwohl.	<input type="checkbox"/> stimme völlig zu <input type="checkbox"/> stimme zu <input type="checkbox"/> stimme weder zu noch nicht zu <input type="checkbox"/> stimme nicht zu <input type="checkbox"/> stimme überhaupt nicht zu
11. Falls Ihnen während der Nutzung der VR-Anwendung körperlich unwohl geworden ist, welche Symptome traten bei Ihnen auf?	<input type="checkbox"/> Übelkeit <input type="checkbox"/> Schwindel <input type="checkbox"/> Kopfschmerzen <input type="checkbox"/> unangenehmer Tragekomfort Sonstige: _____
12. Wenn Sie an digitale Gruppenarbeit denken, welches Medium würden Sie für die Umsetzung lieber nutzen?	<input type="checkbox"/> Videokonferenztools <input type="checkbox"/> VR Warum? _____

Tab. 1: Evaluationsbogen der Mehrpersonen-VR-Anwendung.

5. Ergebnisse

Abbildung 6 fasst die quantitativ erhobenen Ergebnisse zusammen. Eine grafische Darstellung der einzelnen Ergebnisse befindet sich im Anhang. Die Antworten auf Freitext-Fragen des Evaluationsbogens können Tab. 2 entnommen werden.

Quantitative Evaluationsergebnisse der Mehrpersonen-VR-Anwendung (n=23)

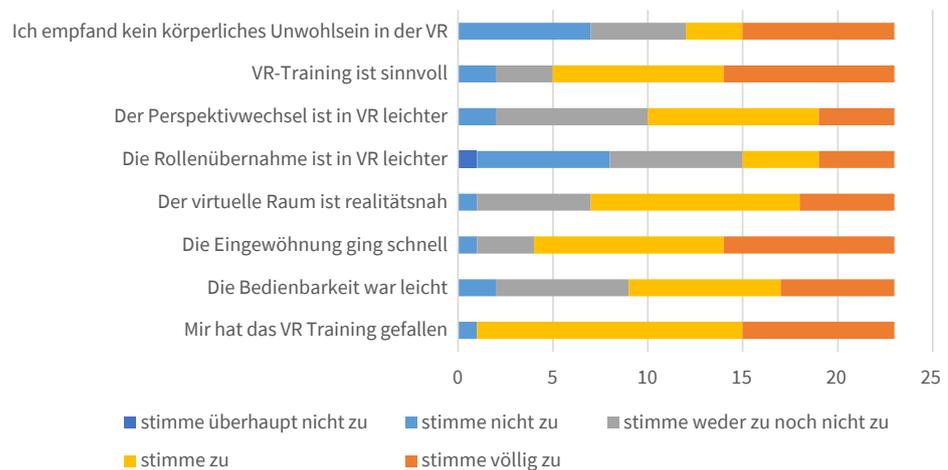


Abb. 6: Gesamtdarstellung aller Antworten auf die quantitativen Fragen (eigene Darstellung).

Von den 23 Studierenden gefiel 14 das virtuelle Training «gut», acht weitere fanden es sogar «sehr gut». Nur einer Person gefiel das Training «nicht». Insgesamt wurde das Training als sinnvoll bewertet. Neun Teilnehmende beantworteten die Frage, ob das VR-Training sinnvoll ist, mit «stimme völlig zu», weitere neun mit «stimme zu». Die Studierenden konnten sich schnell in die virtuelle Welt eingewöhnen (n=9 «stimme völlig zu», n=10 «stimme zu»). Die Bedienbarkeit wurde als akzeptabel bis intuitiv bewertet (n=8 «akzeptabel», n=8 «intuitiv», n=6 «sehr intuitiv»). Als nicht intuitiv wurde beispielsweise das Fortbewegen im Raum in Form des Teleportierens, das Betätigen mehrerer Knöpfe und das Erfordernis einer Erklärung zur Bedienung empfunden (Tab. 2). Weiter wurde das virtuelle Training als überwiegend realitätsnah bewertet (n=5 «stimme völlig zu», n=11 «stimme zu», n=6 «stimme weder zu noch nicht zu»). Obwohl die Studierenden gemischte Aussagen darüber getroffen haben, ob eine andere Rolle im virtuellen Training leichter zu spielen ist, wurde der mit der Fallarbeit einhergehende Perspektivwechsel im virtuellen Training als etwas leichter empfunden als in der Realität (n=4 «stimme völlig zu», n=9 «stimme zu», n=8 «stimme weder zu noch nicht zu»).

Die Frage, ob die Studierenden lieber mittels Videokonferenz oder VR in einer Gruppe arbeiten möchten, wurde sehr ausgeglichen beantwortet (siehe Tab. 2 und Anhang). Positiv am virtuellen Training wurde die realitätsnahe und einfache Kommunikation und Interaktion untereinander hervorgehoben. Weiterhin fühlten sich die Studierenden räumlich näher zueinander und konnten sich gut in die Situation hineinversetzen. Dadurch wurde die Erprobung neuer Aufgaben als einfach empfunden. Für die Gruppenarbeit mit Videokonferenzen wurde besonders positiv hervorgehoben, dass die Arbeitsweise einfacher ist, da nur bekannte und keine neue

Technik verwendet werden muss. Ausserdem empfanden die Studierenden die Kommunikation in Videokonferenzen einfacher, u. a. da Mimik und Gestik besser wahrgenommen werden können.

Allerdings haben einige der Teilnehmenden über ein körperliches Unwohlsein in der VR berichtet, wie beispielsweise Kopfschmerzen, unangenehmen Tragekomfort, Erschöpfung, Übelkeit/ Druck im Bauch und eine Eingewöhnungsphase zurück in der Realität. Neun von ihnen haben sich zusätzlich zu den gegebenen Funktionalitäten eine Tastatur bzw. bessere Dokumentationsmöglichkeiten gewünscht, um Ergebnisse aus der Gruppenarbeit festzuhalten. Als weitere gewünschte Funktionalitäten für die Gruppenarbeit in VR wurden Moderationsfunktionen, eine Kennzeichnung der sprechenden Person und mehr Interaktion mit der Umwelt und untereinander genannt.

Qualitative Fragestellung	Gegebene Antworten
Frage 3: Falls Sie die Bedienung des VR-Systems als nicht intuitiv einschätzen. Was war nicht intuitiv?	Nutzungserklärung ist erforderlich (n=3) Assoziation: Beamen (n=1) Bedienung vieler Knöpfe (n=1) «Für Theorien eher unnötig; für Praxisanwendungen sehr sinnvoll um Ablauf zu erlernen/stabilisieren.» (n=1)
Frage 4: Welche Funktionen benötige ich in der Multiplayer-VR-Anwendung in einer Gruppenarbeit, um meine Lernziele zu erreichen?	Übung (n=2) Mehrere Tafelbilder (n=1) Einführung in die VR-Bedienung (n=2) Moderationsfunktionen (n=1) Bessere Dokumentationsmöglichkeit (n=5) Kennzeichnen, wer redet (n=2) Einen grösseren Raum (n=1) Eine Tastatur/ ein besseres Schreibprogramm (n=8) Funktion der Sprachmemo (n=1) Mehr Interaktion miteinander/ mit der Umwelt (n=1) Bessere Lesbarkeit (n=1)
Frage 11: Falls Ihnen während der Nutzung der VR-Anwendung körperlich unwohl geworden ist, welche Symptome traten bei Ihnen auf? Sonstige:	Druck im Bauch (n=1) Eingewöhnungsphase in der Realität (n=1) Hitze (n=1) Schnelle Erschöpfung (n=1)

Qualitative Fragestellung	Gegebene Antworten
<p>Frage 12: Wenn Sie an digitale Gruppenarbeit denken, welches Medium würden Sie für die Umsetzung lieber nutzen? Warum?</p>	<p>VR wird präferiert: Mehr Zuversicht und Mut beim Ausprobieren neuer Aufgaben (n=1) Neue und spannende Erfahrungen (n=1) Kann sehr hilfreich und effizient werden, nach Verbesserung der VR (n=1) Realitätsnäher (n=4) Bewegung möglich (n=1) Leichteres Hineinversetzen in die Situation (n=1) Praktisch lernen (n=1) Gute Möglichkeiten zu üben (n=1) Andere Bedingungen & Möglichkeiten (n=1) Reale Interaktionsmöglichkeit (n=1) Räumliche Nähe (n=1)</p> <p>Video+VR sind gleich: Abhängig von der Gruppenarbeit (n=1)</p> <p>Videokonferenzen werden präferiert: Einfacher (n=3) Angenehmer (n=3) Leichtere Kommunikation/ schnellerer Austausch (n=2) Realitätsnäher (n=1) Keine Nebenwirkung (n=1) Keine Hilfsmittel notwendig (n=1) Bessere Kommunikation, Mimik & Gestik (n=1) Ist aktuell gängiger (n=1) VR ist noch nicht ausreichend entwickelt (n=1)</p>

Tab. 2: Übersicht der gegebenen Antworten auf die Freitext-Evaluationsfragen.

In einem gemeinsamen Reflexions-Gespräch wurden die Studierenden zu ihren Eindrücken (positiv, negativ/herausfordernd, verbesserungswürdig) befragt. Die geäußerten Aussagen decken sich mit denen, die Tab. 2 zu entnehmen sind. Die generelle Stimmung in der Kohorte nach der Erprobung gestaltete sich positiv, die Studierenden gaben an, während der VR-Anwendung Spass gehabt zu haben und dadurch für die Gruppenarbeit motiviert worden zu sein. Es wurden Entwicklungsvorschläge gemacht und eine erneute Anwendung als vorstellbar bewertet. Hier wurde insbesondere der Wunsch nach einer Tastatur bzw. besseren Dokumentationsmöglichkeit für Gruppenergebnisse hervorgehoben. Die Studierenden gaben an, die Folien an der Wand gut lesen zu können, die digitale Patientenakte war allerdings unscharf und flackernd zu sehen. Als kritisch sind die auftretenden unerwünschten Symptome und Schwierigkeiten in der Kommunikation sowie Verschriftlichung von Gruppenergebnissen zurückgemeldet worden. Zusätzlich gab es Angaben zum grafischen Design, in dem im Vergleich zum privaten Gaming-Bereich Entwicklungspotenzial gesehen wurde.

Als weiterer aus der Lehrendensicht herausfordernder Aspekt ist der hohe organisatorische und personelle Arbeitsaufwand zu benennen, der für eine einwandfreie Umsetzung eines virtuell gestützten Lehr-Lernszenarios notwendig wird (insbesondere wenn die Studierenden noch keine Erfahrungen mit der VR-Technik haben). Bei dem Einsatz virtueller Szenarien ist eine Auseinandersetzung mit den technischen Komponenten vor deren Einsatz notwendig. Zudem ist zu beachten, dass trotz vorheriger Einführung der Studierenden in die Technik im Plenum, jede und jeder Einzelne von ihnen zusätzlich eine persönliche Unterstützung mindestens zu Beginn der Anwendung einfordert. Beispielsweise wurde bei der Erprobung ein Neustart einiger VR-Brillen erforderlich, da sich nicht alle Studierenden auf Anhieb in den gewünschten virtuellen Raum einwählen konnten bzw. Verbindungsstörungen auftraten. Nach dem erfolgreichen Einwählen war allerdings eine störungsfreie Arbeit möglich. Nicht zu vernachlässigen sind ebenfalls die räumlichen Anforderungen. Bestenfalls können Teilnehmende einer Mehrpersonen-VR-Anwendung sich einzeln in unterschiedlichen Räumen oder mit grossem Abstand zueinander aufhalten, da eine doppelte Akustik (Audiowiedergabe in der VR und die real hörbaren Stimmen) die Kommunikation erschweren kann und den Realitätsgrad negativ beeinflusst.

6. Diskussion

In dem hier dargestellten Anwendungsbeispiel wurde die Nutzung einer Mehrpersonen-VR-Anwendung für die Fallarbeit erprobt. Im Folgenden werden die dargestellten Ergebnisse näher diskutiert, Limitationen des Vorgehens beschrieben und es wird auf die benannten leitenden Fragestellungen eingegangen.

Die Frage, ob der in der Fallarbeit zielführende bzw. essenzielle Perspektivwechsel durch eine Rollenübernahme in VR den Studierenden leichter fällt als in einem realen Rollenspiel, konnte nicht eindeutig beantwortet werden. Zwar fiel den Studierenden der Perspektivwechsel in VR überwiegend leichter als in alternativen Verfahren, jedoch wird der Schwierigkeitsgrad der Rollenübernahme sehr divergent bewertet. Dies kann mit dem teilweise rückgemeldeten körperlichen Unwohlsein zusammenhängen. Da die Bedienbarkeit der Technik nicht von allen Teilnehmenden als leicht oder intuitiv, sondern von einigen als mittelmässig bewertet wurde, kann die Rollenübernahme ebenfalls durch die technische Ablenkung beeinträchtigt worden sein. Als weitere mögliche Begründung ist anzumerken, dass die Bereitschaft von Studierenden, in virtuelle Rollen zu schlüpfen, eine andere sein kann als im realen Rollenspiel. Schliesslich werden die Studierenden in der im Lehrkontext eingesetzten VR direkt von anderen Studierenden beobachtet. Als methodische Limitation ist hier jedoch die Mehrdeutigkeit der Fragestellung anzumerken, da der Perspektivwechsel nicht unmittelbar mit einer Rollenübernahme einhergeht, aus der Rollenübernahme geht allerdings ein Perspektivwechsel hervor. Zudem erfolgte

die Erhebung unmittelbar nach der VR-Erprobung, gleichzeitig fand weder im realen Rollenspiel noch in einer Videokonferenz eine Arbeitsphase statt, da den Studierenden das Arbeiten in Präsenz und in Videokonferenzen aus anderen Lehrformaten bekannt war. Als Bias kann hier das Fehlen einer direkten Vergleichbarkeit der Methoden mit gleichem inhaltlichen Kontext benannt werden. So wurde die Frage, ob die Studierenden Fallarbeit lieber mittels Videokonferenz oder in VR bearbeiten möchten, sehr gemischt beantwortet. Dies deckt sich allerdings mit den Ergebnissen von Hejna et al. (2022). Dort konnte auf Basis einer Literaturrecherche herausgearbeitet werden, dass sich für Formate wie das der Fallarbeit beide Medien gut eignen, da jedes Medium für sich Stärken und Herausforderungen mit sich bringt und der Erfolg seines Einsatzes von der Qualität des Mediums und der didaktischen Einbindung und Umsetzung abhängt. Lerner et al. (2020) konnten mittels eines Regressionsmodells aufzeigen, dass die Trainingseffektivität in einem starken Zusammenhang mit der Einschätzung des Trainingsdesigns, des Präsenzerlebens und der Nutzerfreundlichkeit steht. Die Studie belegt die Ergebnisse mit den Aussagen von Tamim et al. (2011), die die Abhängigkeit des Lernerfolgs vom didaktischen Design bestätigen. Die durchmischte Bewertung der VR-Anwendung in dem Anwendungsbeispiel liegt möglicherweise an den Herausforderungen, die die VR zum aktuellen Zeitpunkt noch mit sich bringt. Dazu gehören unter anderem, dass Mimik und Gestik noch nicht einwandfrei abgebildet und übertragen werden können, die beide für einen guten Austausch unter den Lernenden sowie zwischen Lernenden und Lehrenden wichtig sind (Buehler und Kohne 2019). Zum anderen handelt es sich bei VR für viele Personen noch immer um ein neues Medium. Dadurch können sich Studierende schnell durch die noch unbekanntere Technik vom Lerninhalt ablenken lassen (Burhenne et al. 2018). Gerade dieser zweite Aspekt lässt sich jedoch mit einer ausführlichen Einführung in die technische Anwendung der VR-Brillen bewältigen. So können die im Anwendungsbeispiel herausgestellten Potenziale genutzt werden, die eine Mehrpersonen-VR-Anwendung bietet. Hierzu zählen beispielsweise die nachempfundene räumliche Nähe und das positiv bewertete Hineinversetzen in die Situation. Im Weiteren wäre die Erhebung der Lerneffekte sinnvoll, die laut Literatur (siehe Einleitung und Stand der Forschung) potenziell mittels VR gefördert werden können. Im hier beschriebenen Anwendungsbeispiel sind die Lerneffekte nicht konkret gemessen worden, da der Fokus auf der methodischen Evaluation der VR-Anwendung lag.

Die neutrale bis positive Rückmeldung der Studierenden bezüglich der Bedienbarkeit der VR-Anwendung sowie der schnellen Eingewöhnung bestätigt überwiegend die dritte Frage. Allerdings kann ein erhöhter Betreuungsaufwand notwendig sein, um dies zu gewährleisten, da die Lernenden sich oft zunächst mit der neuen Technik vertraut machen müssen und hierzu konkreter Anweisungen bedürfen. Aber auch die Lehrenden müssen sich in die neue Technik einarbeiten, um den Einsatz im

Unterricht zu gewährleisten. Schliesslich sollten sie in der Lage sein, den Lernenden bei der Nutzung der Technik Hilfestellung zu leisten. Bei bereits erfahrenen Nutzenden sinkt dieser Betreuungsaufwand.

Weiterhin muss die VR-Anwendung sinnvoll in die Lehre eingebunden werden können, um als *unterstützendes* Tool zu fungieren und nicht zur Ablenkung zu werden (Burhenne et al. 2018). Es kann demnach hilfreich sein, neue Anwendungen dahingehend im Vorfeld (beispielsweise in einem Anwendungsbeispiel wie hier vorgestellt) zu testen. Dies kann jedoch zu einem organisatorischen Mehraufwand für die Lehrperson führen. Hilfreich kann hierfür eine auf den Lehrinhalt passend zugeschnittene VR-Anwendung sein. Diese müssen aber ggf. zeit- und kostenaufwendig entwickelt werden. Alternativ gibt es bei kommerziellen Anbietern (beispielsweise ClassVR¹⁰, Stelldirvor¹¹ und TriCAT¹²) die Möglichkeit, generische VR-Szenarien oder -Räume für den Lehrkontext einzukaufen. Wie gut diese sich für das Einbinden in den Unterricht eignen, muss dann allerdings evaluiert werden.

Zum aktuellen Stand der Technik bringt der Einsatz von VR-Anwendungen in der Lehre noch Herausforderungen mit sich. Trotzdem lassen sich viele Potenziale dieses Mediums erkennen, wie auch die positiven Rückmeldungen der Studierenden in dem Anwendungsbeispiel gezeigt haben. So bewerteten sie das virtuelle Training als überwiegend positiv und sinnvoll, denn die simulierte Umgebung gibt ihnen das Gefühl, im Vergleich zu einer Videokonferenz sowohl der Gruppe räumlich als auch der Situation inhaltlich näher zu sein.

7. Fazit

Die in der Literatur beschriebenen positiven Potenziale von VR für den Bildungsbereich (Ghanem und Osterhoff 2020) werden auch von den befragten Studierenden bestätigt, ebenso wie die von ihnen ausgehende Motivation im Lernprozess. Sowohl in der Literatur als auch anhand der vorgestellten Evaluationsergebnisse wird jedoch deutlich, dass keine konkrete Präferenz für die methodische Umsetzung der Gruppenarbeit in Verbindung mit dem Konzept der Fallarbeit benannt werden kann. Zum einen ist ein solcher Vorteil von der Synergie zwischen der technischen und methodischen Qualität der Lehrgestaltung mit dem jeweiligen Medium abhängig, zum anderen von der persönlichen Präferenz der Lernenden oder auch ihrer Digitalkompetenz.

Aufgrund des beschriebenen noch hohen organisatorischen und technischen Unterstützungsbedarfs ist der Einsatz von VR-Anwendungen nicht ohne Weiteres in der Distanzlehre möglich. Es ist allerdings vorstellbar, dass bei regelmässigem

10 <https://www.classvr.com/school-curriculum-content-subjects/virtual-reality-resources>.

11 <https://www.stelldirvor.jetzt>.

12 <https://tricat.net>.

Einsatz dieser Technologie in der Präsenzlehre der Nutzung von Mehrpersonen-VR-Anwendungen auch in der Distanzlehre ein hohes Potenzial zu wachsen wird, sodass bei sicherem Umgang mit den VR-Brillen diese als Kommunikationsmedium für Arbeitsaufträge in der selbstorganisierten Lernzeit ausgeliehen werden und den Studierenden eine Alternative zur Videokonferenz bieten könnten. Dies muss allerdings im Hinblick auf das mögliche Auftreten von Unwohlsein immer auf freiwilliger Basis umgesetzt werden. Weiter ist anzunehmen, dass die Übernahme von Rollen in der Lehre für Studierende zum Teil mit Scham besetzt ist, da sie ihre soziale Rolle nicht oder nur schwer verlassen können und ihnen in der Studierenden-Peergroup zum Teil die Offenheit fehlt, über die sie im privaten Kontext beispielsweise verfügen. Daher bedarf es auch der Sensibilisierung für das Vorgehen, andere Rollen zu übernehmen, z. B. durch veränderte sozio-technische Lehrmethoden, aber auch durch beispielsweise interprofessionelle Lehrveranstaltungen, die mit der Körperlichkeit arbeiten (z. B. Kooperationen mit der Theaterpädagogik). Durch den Einbezug von verschiedenen Perspektiven der Gesundheitsberufe in der Lehre mithilfe des Einsatzes virtuell unterstützter Fallarbeit kann eine kompetenzorientierte ganzheitliche Versorgung in der Praxis gefördert werden. Es zeigt sich, dass die Kompetenzentwicklung ein Angebot auf verschiedenen personellen Ebenen ist, aber auch in der Breite die Kreativität von Lehrmethoden erfordert. Diese Kreativität kann sowohl technisch ausgebracht werden als auch in Kombination mit sozialen Schwerpunkten agieren oder aber immer noch im traditionellen Lehrraum mit Körperarbeit verbunden werden. Jedenfalls wird sichtbar, dass die Studierenden der Zukunft eine Vielfalt an Lehr- und Lernmethoden zur Verfügung haben müssen, um ihre Kompetenzen auf Niveau sechs des Hochschulqualifikationsrahmens (KMK/HRK 2017) zu entwickeln. Die Nutzung von VR sollte dabei in den Regelbetrieb überführt werden. Die benannten Herausforderungen zeigen auch hier einen hohen Bedarf nach didaktischen Implementierungs- und Umsetzungskonzepten sowie konkreten Messungen von Lerneffekten.

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>.
- 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, 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>.
- Cant, Robyn, Simon Cooper, Roland Sussex, und Fiona Bogossian. 2019. «What's in a name? Clarifying the nomenclature of virtual simulation». *Clinical Simulation in Nursing* 27 (C): 26–30. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2018.11.003>.
- Dalgarno, Barney, und Mark J. Lee. 2009. «What are the learning affordances of 3-D virtual environments?» *British Journal of Educational Technology* 41 (1): 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>.
- 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.
- Dütthorn, Nadin, Manfred Hülsken-Giesler, und Rasmus Pechuel. 2018. «Game Based Learning in Nursing – didaktische und technische Perspektiven zum Lernen in authentischen, digitalen Fallsimulationen». In *Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen IV: Impulse für die Pflegeorganisation*, herausgegeben von Mario A. Pfannstiel, Sandra Krammer, und Walter Swoboda, 83–101, Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-13644-4_5.
- Fabris, Christian P., Joseph A. Rathner, Angelina Y. Fong, und Charles P. Seigny. 2019. «Virtual Reality in Higher Education». *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education* 27 (8): 69-80. <https://doi.org/10.30722/IJISME.27.08.006>.
- Feilhuber, Markus. 2018. «Simulation in der Pflegeausbildung. Entwicklung und Förderung von Pflegekompetenzen durch die Methode der Simulation». *Padua* 13 (2): 129–32. <https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000426>.
- Ghanem, Mohamed, und Osterhoff, Georg. 2020. «Technische Innovation in der Lehre am Beispiel des Fachgebietes Orthopädie und Unfallchirurgie». *Forum* 35 (4): 329–33. <https://doi.org/10.1007/s12312-020-00799-8>.
- 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>.
- Kaiser, Franz-Josef. 1983. *Die Fallstudie. Theorie und Praxis der Fallstudiendidaktik*. Forschen und Lernen, 6. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

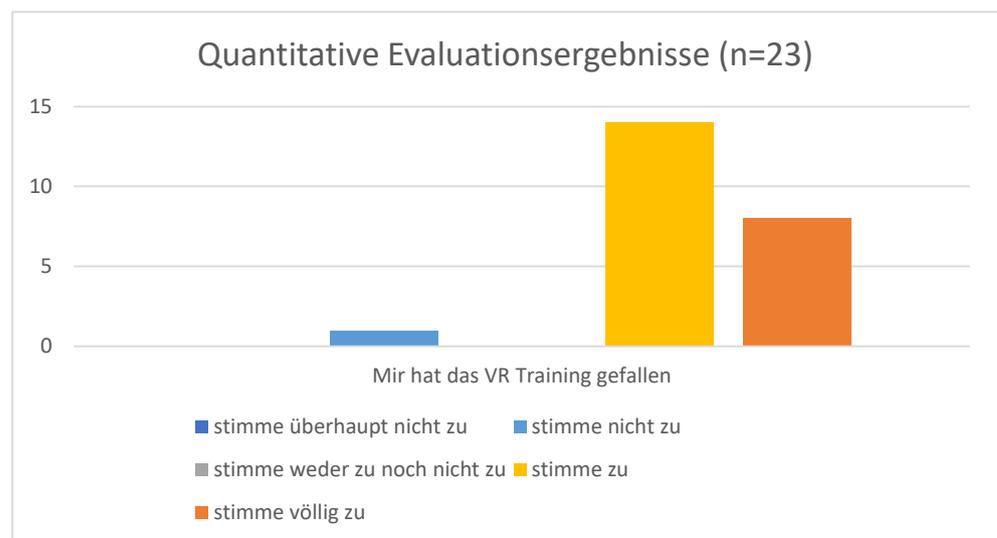
- Kienle, Andrea, und Tamara Appel. 2021. «In 25 Tagen in die digitale Welt: Das Online-Semester an der Fachhochschule Dortmund». In *Wie Corona die Hochschullehre verändert. Erfahrungen und Gedanken aus der Krise zum zukünftigen Einsatz von eLearning*, herausgegeben von Ullrich Dittler, und Christian Kreidl, 105–18, Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32609-8>.
- Kim, Junghee, Jin-Hwa Park, und Sujin Shin. 2016. «Effectiveness of simulation-based nursing education depending on fidelity: a meta-analysis». *BMC Medical Education* 16 (152). <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0672-7>.
- KMK, und HRK. 2017. «Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse», 16.02.2017. https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-03-Studium/02-03-02-Qualifikationsrahmen/2017_Qualifikationsrahmen_HQR.pdf.
- Knoll, Matthias, und Stefan Stieglitz. 2022. «Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre». *HMD* 59 (1): 6–22. <https://doi.org/10.1365/s40702-022-00840-5>.
- Kostorz, Peter, und Marco van den Berg. 2013. «Gruppenarbeit im Studium». *PADUA* 8 (1): 4–12. <https://doi.org/10.1024/1861-6186/a000097>.
- Lauber, Annette, und Petra Schmalstieg. 2020. «Fallbeispiel Pflegeplanung. Sehbehinderung». *Verstehen und pflegen, 3. Pflegerische Interventionen (2012) modifiziert für I care Pflege*, Stuttgart: Georg Thieme. https://www.thieme.de/statics/dokumente/thieme/final/de/dokumente/tw_pflegepaedagogik/Seheinschraenkung-93-Jaehrige-Orientierung-blanko.pdf.
- Lerner, Dieter, und Thomas Luiz. 2019. «Nah an der Realität. Lernen mit virtuellen Patienten». *Intensiv* 27 (2): 64–9. <https://doi.org/10.1055/a-0821-3183>.
- Lerner, Dieter, Johannes Pranghofer, und Andreas Franke. 2020. «Der Einfluss des Präsenzerlebens auf die Lern- und Trainingseffekte in einer Virtual-Reality Simulationsumgebung». *Pädagogik der Gesundheitsberufe* 2020 (1): 17–25. <https://doi.org/10.1055/a-0821-3183>.
- Lerner, Dieter, Dominik Wichmann, und Konstantin Wegner. 2019. «Virtual-Reality-Simulationstraining in der Notfallsanitäterausbildung». *retten!* 8 (04): 234–37. <https://doi.org/10.1055/a-0820-8614>.
- Ludwig, Oliver. 2018. «Herausforderungen und Chancen des interprofessionellen Dialogs». *Heilberufe* 70(2): 24. <https://doi.org/10.3936/1527>.
- Luo, Heng, Gege Li, Qinna Feng, Yuqin Yang, und Mingzhang Zuo. 2021. «Virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the literature from 2000 to 2019». *J Comput Assist Learn* 37 (3): 887–901. <https://doi.org/10.1111/jcal.12538>.
- Mavrogiorgou, Paraskevi, Pierre Böhme, Vitalij Hooge, Thies Pfeiffer, und Georg Juckel. 2021. «Virtuelle Realität in der Lehre im Fach Psychiatrie und Psychotherapie». *Der Nervenarzt*. <https://doi.org/10.1007/s00115-021-01227-5>.
- Müser, Sinja, und Christian Dominic Fehling. 2022. «AR/VR.nrw – Augmented und Virtual Reality in der Hochschullehre». *HMD* 59 (1): 122–141. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00815-y>.

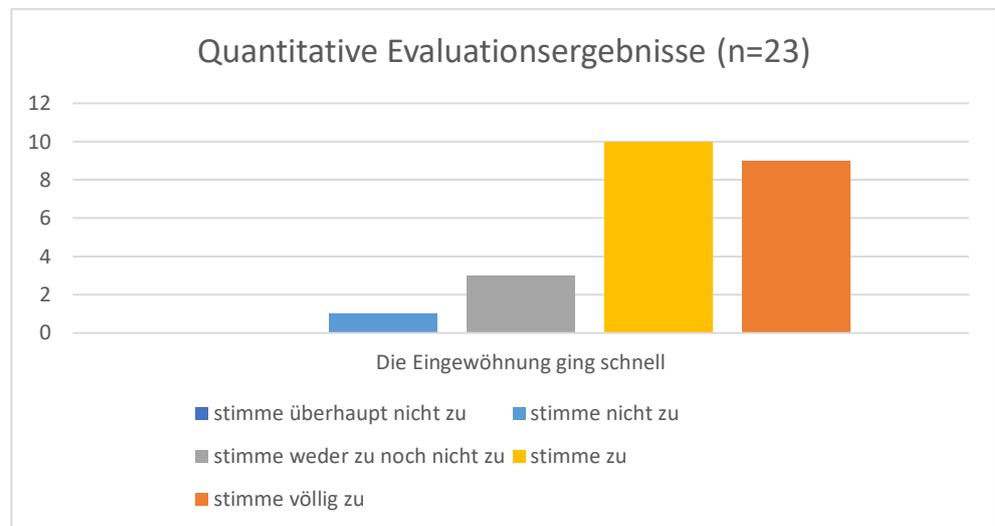
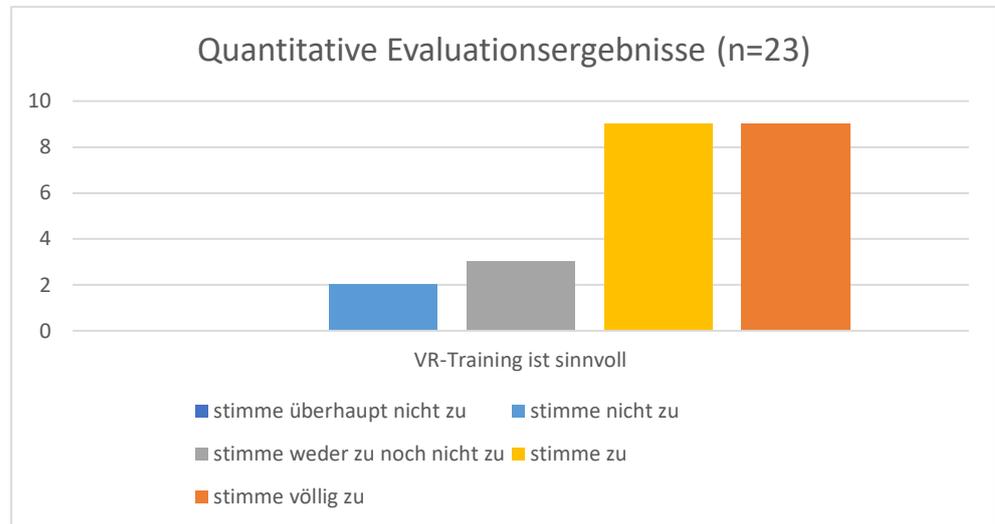
- Niedermeier, Sandra, und Claudia Müller-Kreiner. 2019. «VR/AR in der Lehre!? Eine Übersichtsstudie zu Zukunftsvisionen des digitalen Lernens aus der Sicht von Studierenden». <https://doi.org/10.25656/01:18048>.
- Nikodemus, Paul. 2017. *Lernprozessorientiertes Wissensmanagement und kooperatives Lernen*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17681-5>.
- Oldak, Anna, Rebecca Lätzsch, Ivonne Wattenberg, Carolin Hainke, Anna-Maria Kamin, und Anne-Kathrin Eickelmann. 2022. «Digitale und virtuell unterstützte fallbasierte Lehr-/Lernszenarien in den Gesundheitsberufen – theoretische und konzeptuelle Grundlagen zur Entwicklung fallbasierter VR-Szenarien am Beispiel Reanimation». *Working Paper-Reihe der Projekte DiViFaG und ViRDIPA 4*.
- Ortmann-Welp, Eva. 2020. «Digitale Lernangebote in der Pflege. Neue Wege der Mediennutzung in der Aus-, Fort- und Weiterbildung». Berlin: Springer.
- Reinmann, Gabi. 2013. «Didaktisches Handeln. Die Beziehung zwischen Lerntheorien und Didaktischem Design». In *L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*. 2. Auflage, herausgegeben von Sandra Schön, und Martin Ebner. <https://doi.org/10.25656/01:8338>.
- Schrems, Berta. 2013. *Fallarbeit in der Pflege. Grundlagen, Formen und Anwendungsbereiche*. Wien: Facultus.
- Schubert, Thomas, Frank Friedmann, und Holger Regenbrecht. 2001. «The Experience of Presence: Factor Analytic Insights». *Presence Teleoperators & Virtual Environments* 10, 266–81. <https://doi.org/10.1162/105474601300343603>.
- Shin, Dong-Hee. 2017. «The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality». *Telematics and Informatics* 34 (8): 1826-1836. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.013>.
- Southgate, Erica, Shamus P. Smith, Chris Cividino, Shane Saxby, Jivvel Kilham, Graham Eather, Jill Scevak, David Summerville, Rachel Buchana, und Candace Bergin. 2019. «Embedding immersive virtual reality in classrooms: Ethical, organisational and educational lessons in bridging research and practice». *Journal of Child-Computer Interaction* 19: 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.002>.
- Strecker, Mia, Anna Oldak, Rebecca Lätzsch, Miriam Falk-Dulisch, Anna-Kathrin Eickelmann, Laura Liebau, Lisa Nagel, Urszula Hejna, Melanie Pieper, Alexander Stirner, Christiane Freese, Katja Makowsky, Anna-Maria Kamin, Anette Nauerth, und Stefanie Seeling. 2023. «Digitale und virtuell unterstützte fallbasierte Lehr-/Lernszenarien in den Gesundheitsberufen – Implementierung, Evaluation, Reflexion». *Working Paper-Reihe der Projekte DiViFaG und ViRDIPA 5*. <https://doi.org/10.4119/unibi/2968261>.
- Tamim, Rana, Robert M. Bernard, Eugene Borokhovski, und Richard F. Schmid. 2011. «What Forty Years of Research Says About the Impact of Technology on Learning A Second-Order Meta-Analysis and Validation Study». *Review of Educational Research* 81 (1): 4-28. <https://10.3102/0034654310393361>.

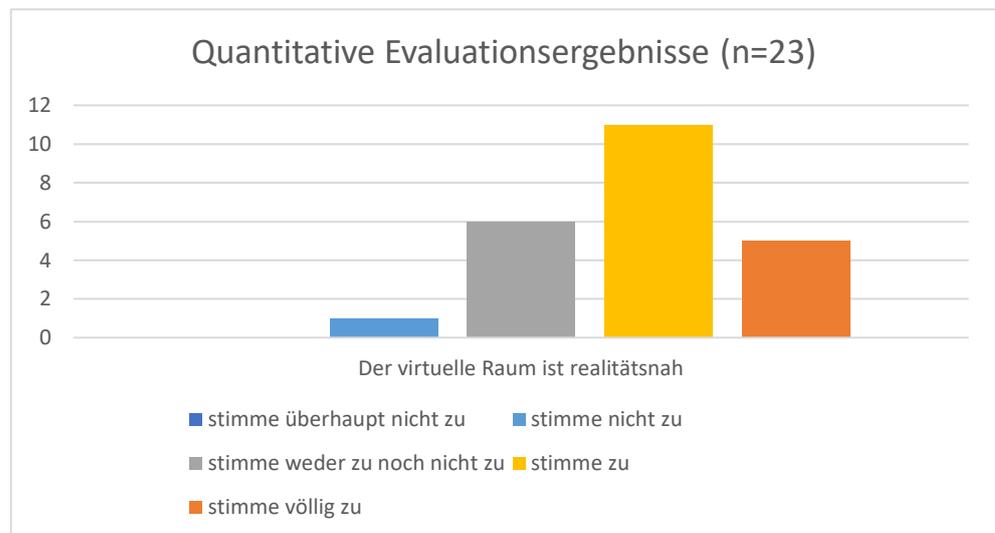
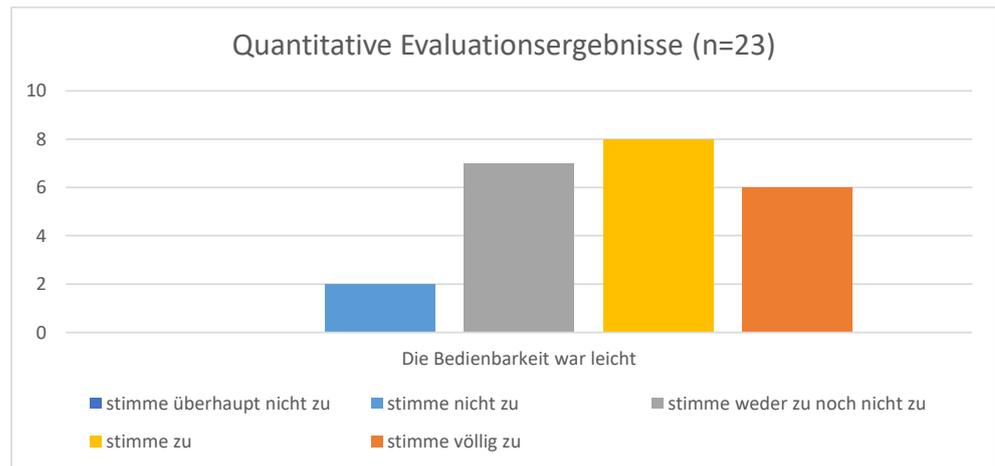
Zender, Raphael, Matthias Weise, Markus von der Heyde, und Heinrich Söbke. 2018. «Lehren und Lernen mit VR und AR - Was wird erwartet? Was funktioniert?» In *Proceedings der Pre-Conference-Workshops der 16. E-Learning Fachtagung Informatik co-located with 16th e-Learning Conference of the German Computer Society (DeLFI 2018)*, herausgegeben von Daniel Schiffner. http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf.

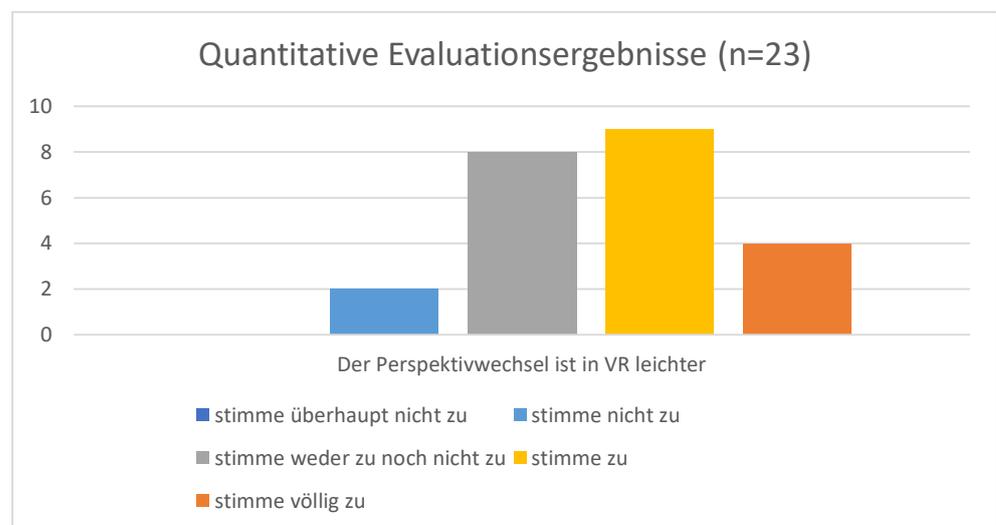
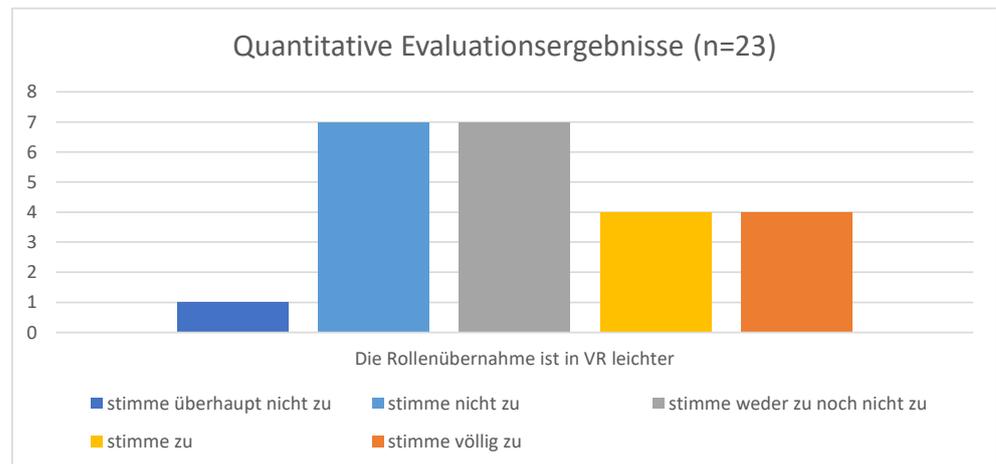
Zumbach, Jörg, Karin Haider, und Heinz Mandl. 2008. «Fallbasiertes Lernen: Theoretischer Hintergrund und praktische Anwendung». In *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis. Ein fallbasiertes Lehrbuch*, herausgegeben von Jörg Zumbach und Heinz Mandl, 1–14. Göttingen: Hogrefe.

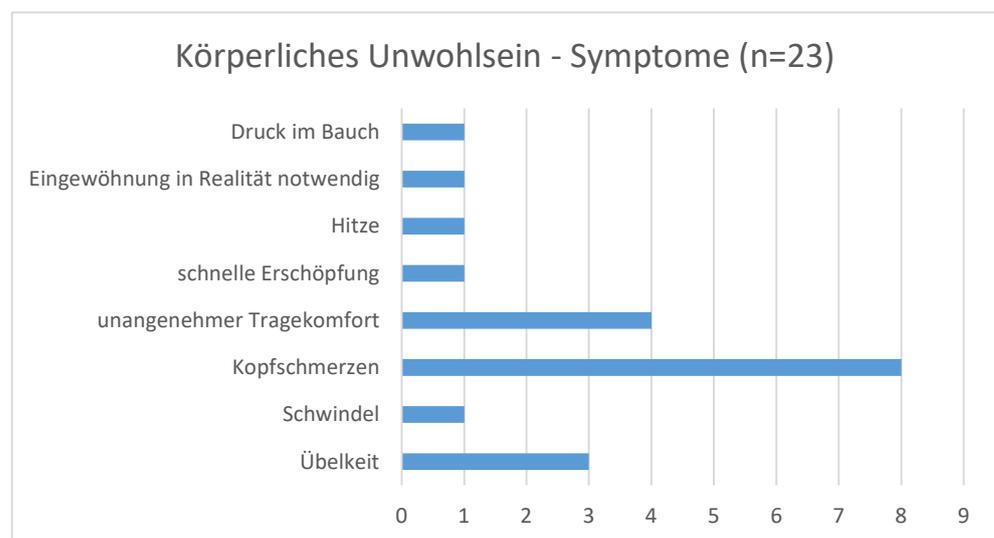
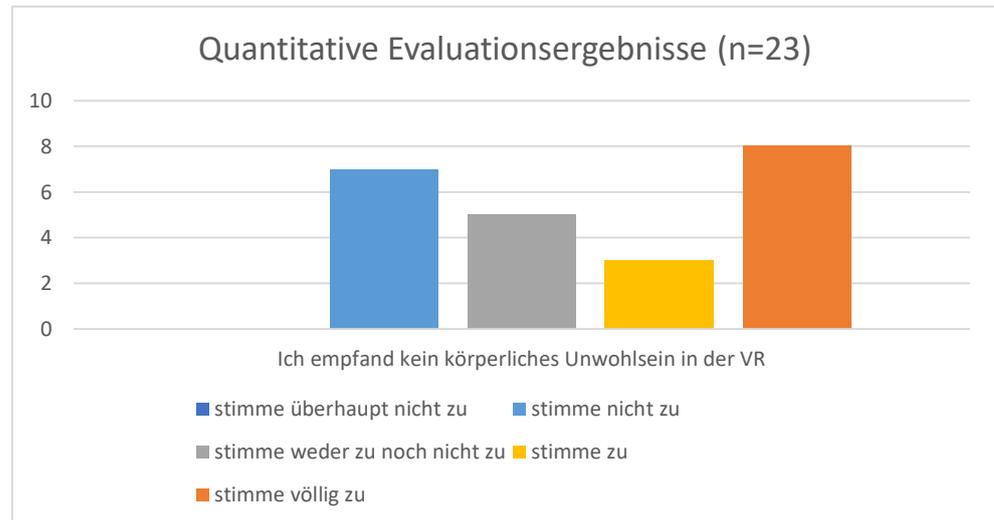
Anhang

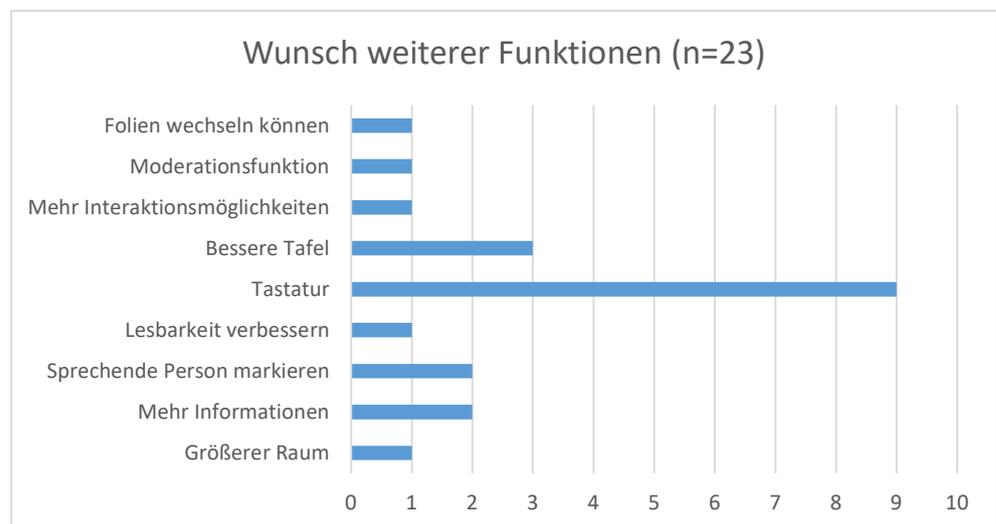
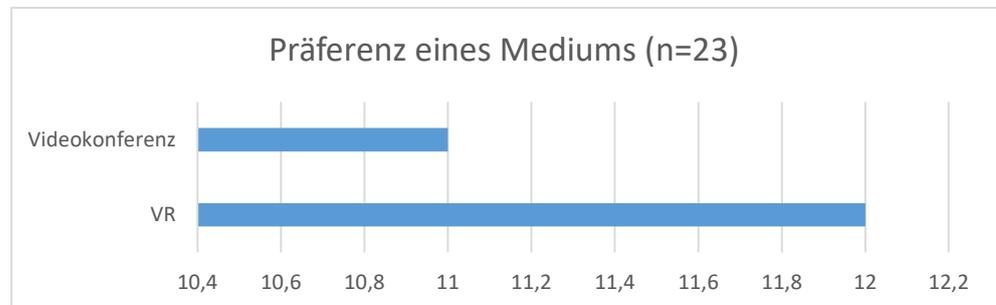












Themenheft Nr. 51:

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

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

Konzeption und Evaluation einer virtuellen Lernumgebung für die Hochschullehre

Sinja Müser¹ , Jens Maiero² , Christian Dominic Fehling³ , David Gilbert⁴ , Sevinc Eroglu⁴, Daniel Bachmann², Sebastian Wiederspohn²  und Jörg Meyer¹ 

¹ Hochschule Hamm-Lippstadt

² Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

³ Bergische Universität Wuppertal

⁴ RWTH Aachen University

Zusammenfassung

Das Interesse an Virtual Reality (VR) für die Hochschullehre steigt aktuell vermehrt durch die Möglichkeit, logistisch schwierige Aufgaben abzubilden sowie aufgrund positiver Ergebnisse aus Wirksamkeitsstudien. Gleichzeitig fehlt es jedoch an Studien, die immersive VR-Umgebungen, nicht-immersive Desktop-Umgebungen und konventionelle Lernmaterialien gegenüberstellen und lehr-lernmethodische Aspekte evaluieren. Aus diesem Grund beschäftigt sich dieser Beitrag mit der Konzeption und Realisierung einer Lernumgebung für die Hochschullehre, die sowohl mit einem Head Mounted Display (HMD) als auch mittels Desktops genutzt werden kann, sowie deren Evaluation anhand eines experimentellen Gruppendesigns. Die Lernumgebung wurde auf Basis einer eigens entwickelten Softwareplattform erstellt und die Wirksamkeit mithilfe von zwei Experimentalgruppen – VR vs. Desktop-Umgebung – und einer Kontrollgruppe evaluiert und verglichen. In einer Pilotstudie konnten sowohl qualitativ als auch quantitativ positive Einschätzungen der Usability der Lernumgebung in beiden Experimentalgruppen herausgestellt werden. Darüber hinaus zeigten sich positive Effekte auf die kognitive und affektive Wirkung der Lernumgebung im Vergleich zu konventionellen Lernmaterialien. Unterschiede zwischen der Nutzung als VR- oder Desktop-Umgebung zeigen sich auf kognitiver und affektiver Ebene jedoch kaum. Die Analyse von Log-Daten deutet allerdings auf Unterschiede im Lern- und Explorationsverhalten hin.

Design and Evaluation of a Virtual Learning Environment for Higher Education

Abstract

Interest in Virtual Reality (VR) for higher education is currently increasing due to the feasibility of logistically difficult tasks in combination with positive results from effectiveness studies. At the same time, however, there is a lack of studies comparing immersive VR environments with non-immersive desktop environments and conventional learning materials, and evaluating aspects of teaching and learning. Therefore, this paper deals with the design and realization of a learning environment for higher education that can be used via Head Mounted Display (HMD) as well as via desktop, and its evaluation using a between group design. The learning environment was created on the basis of a self-developed software platform and its effectiveness was evaluated and compared with the data of two experimental groups – VR vs. desktop environment – and a control group. In a pilot study, both qualitatively and quantitatively positive assessments of the usability of the learning environment were found by both experimental groups. Furthermore, positive effects on the cognitive and affective impact of the learning environment were found in comparison to conventional learning material. Differences between the use as VR or desktop environment on a cognitive and affective level are only slight. The analysis of log data, however, suggests differences in learning and exploration behavior.

1. Einleitung

Die konstruktivistische Lerntheorie geht davon aus, dass Wissen durch die Interaktion des Einzelnen mit seiner Umwelt entsteht (Rustemeyer 1999). Sie postuliert, dass Wissen durch kognitive Prozesse und Informationsverarbeitung entsteht, die durch Aufmerksamkeit (z. B. anschauliche Darstellung des Lerninhaltes) sowie die Aktivierung möglichst vieler Sinne angeregt werden können (Reinmann 2013). Den Lerntheorien zuordenbare Modelle und didaktische Gestaltungsprinzipien – wie das 4C/ID (van Merriënboer 2020), die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML; Mayer 2014a) oder auch die Cognitive Load Theory (CLT; Paas und Sweller 2014; Sweller 2010) – zeigen evidenzbasierte Strategien auf, die das Lernen fördern können. Darüber hinaus scheinen immer neue Lernansätze hinzuzukommen, beispielsweise das Embodied Learning (Macedonia 2019), bei dem das Lernen durch körperliche Erfahrungen unterstützt werden kann. Allerdings sind nur wenige Lehr-Lern-Arrangements in der Lage, all solche lernförderlichen Theorien, Modelle und Prinzipien sinnvoll kombiniert umzusetzen und damit bestmögliches Lernen zu ermöglichen.

Eine Lösung, die die Umsetzung möglichst vieler lernförderlicher Strategien und Prinzipien ermöglichen kann, ist das Lernen mithilfe immersiver virtueller Lernumgebungen. Zu beachten ist hierbei sicherlich, dass sich traditionelle, aus

nicht-immersiven Medien resultierende Prinzipien der didaktischen Gestaltung nicht immer direkt auf Virtual Reality-Anwendungen übertragen lassen, die Möglichkeiten jedoch bei weitem vielfältiger sind. Gängige Designprinzipien nach Mayer (2014b) sind beispielsweise das Redundanzprinzip, das besagt, dass die audiovisuelle Präsentation von Bild- und Textinformationen in Bild und Ton lernförderlicher ist als die redundante Präsentation derselben Informationen in Bild, Ton und Text, oder das Modalitätsprinzips, das besagt, dass die Verwendung von gesprochenem statt geschriebenem Text zur Begleitung bildlicher Darstellungen lernförderlich wirkt. In aktuellen Studien finden sich allerdings Hinweise, dass diese Designprinzipien, wie auch das Prinzip der Signalisierung (Einfügen von Hinweisen, z. B. Hervorhebungen, die den wesentlichen Inhalt betonen) und Segmentierung (Präsentation von Aufgabe in benutzergesteuerten Abschnitten und statt kontinuierlicher Lerneinheiten) in Virtual Reality-Anwendungen nicht gleich der Wirkung in konventionellem multimedialem Lernmaterial zu sein scheinen oder teilweise sogar in umgekehrter Form zu wirken (Baceviciute et al. 2021; Albus et al. 2021; Vogt et al. 2021).

Virtuelle Lernumgebungen stützen sich auf computergenerierte Darstellungen von realen oder fiktionalen Umgebungen, die dreidimensional und interaktiv sind (Schwan und Buder 2006). Immersion meint dabei das objektive Mass, welches die Umgebung als real erscheinen lässt, indem das System die Aussenwelt ausblendet (Cummings und Bailenson 2016). Nicht-immersive VR- oder auch Desktop-Umgebungen, welche die Interaktion vor allem mittels PC, Tastatur und Maus ermöglichen, lassen sich von immersiven VR-Umgebungen unterscheiden, welche in der Regel durch am Kopf getragene Head Mounted Displays (HMD) präsentiert werden (Merchant et al. 2014). Durch die Begegnung mit visuellen, auditiven und haptischen Reizen sowie durch unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten simulieren diese Umgebungen eine eigene Realität (Brill 2009). Als Interaktionsmetaphern lassen sich in diesem Zusammenhang Möglichkeiten der Interaktion und Manipulation virtueller Objekte sowie zur Navigation virtueller Umgebungen verstehen, die Anwendenden in Virtual Reality zur Verfügung stehen. Diese können sowohl an natürliche Interaktionen angelehnt sein (z. B. Greifen, Werfen, Gehen) als auch über die real möglichen Metaphern hinausgehen (z. B. Telekinesis, Teleport). Die kognitiven Zustände, die das Lernen während der Aktivität in immersiven virtuellen Lernumgebungen beeinflussen, bezeichnen letztendlich das «immersive Lernen» (Scoresby und Shelton 2011). Desktop-Umgebungen stellen dabei eine Alternative zur immersiven VR dar und können ebenfalls produktiv zum Lernen eingesetzt werden (Merchant et al. 2014).

VR zu Lehr-Lernzwecken zu nutzen ist keine gänzlich neue Idee und wurde bereits in den 1960er-Jahren zum ersten Mal implementiert (Kavanagh et al. 2017). In den letzten Jahren rückte diese Möglichkeit jedoch wieder vermehrt in den Fokus, da der Fortschritt in immersiven Technologien immer komplexere Simulationen, realitätsnähere Visualisierungen und Interaktionen ermöglicht. Darüber hinaus

finden sich durch die zunehmende Finanzierbarkeit von VR-Anwendungen im Bildungsbereich und das Angebot kostengünstiger hochwertiger HMDs mehr und mehr Forschungsprojekte sowie Literatur zu den Auswirkungen der immersiven VR auf die Bildung (Makransky und Petersen 2021; Goertz, Fehling, und Hagenhofer 2021; für eine Meta-Analyse siehe Wu, Yu, und Gu 2020).

1.1 Potenziale von VR für die Lehre

Die Potenziale von VR für die Hochschullehre sowie die Aus- und Weiterbildung liegen vor allem in der Realisierung logistisch, zeitlich und finanziell schwieriger Aufgaben und Erfahrungen (u. a. Larsen et al. 2012; Çaliskan 2011). Dies betrifft vor allem Lerngelegenheiten, die im Realen zu gefährlich, zu teuer oder nicht erreichbar wären (Schuster 2015). Darüber hinaus bietet die digitale Verfügbarkeit der Lerninhalte Potenziale für die asynchrone und ortsungebundene Nutzung, die eine Wiederholung (Thomas, Metzger, und Niegemann 2018) ermöglichen und zusätzliche Flexibilität schaffen (Zinn 2017).

Zahlreiche Studien über den Einsatz immersiver VR in der Bildung brachten bereits positive Ergebnisse hervor, die auf motivierende Vorteile sowie eine Steigerung des situativen Interesses hinweisen (Makransky, Terkildsen, und Mayer 2019; Mulders 2020; Makransky und Petersen 2019; Makransky und Lilleholt 2018; Makransky, Petersen, und Klingenberg 2020; Muntean und Bogusevski 2019; Chavez und Bayona 2018; Parong und Mayer 2018). Hier kann unter anderem auch der Neuheitseffekt eine Rolle spielen, wobei eine Studie von Huang et al. (2021) herausstellt, dass die Resultate – Förderung von Motivation und Lernen – auch bei steigender Vertrautheit mit dem System nicht abnehmen. Andere Studien weisen auf eine längere Beschäftigung mit der Aufgabe hin und liefern Hinweise auf ein tiefgreifendes Lernen und langfristige Speicherung (Huang, Rauch und Liaw 2010) sowie eine Steigerung des Wissens (Buttussi und Chittaro 2018). Durch ein gewisses Mass an Immersion – sprich das Eintauchen in eine virtuelle Welt z. B. mittels HMD – kann ausserdem ein stärkeres Präsenzerleben sowie mehr Engagement und Selbstwirksamkeit bezüglich des Lernstoffs erlangt werden (Buttussi und Chittaro 2018; Civelek et al. 2014; Han 2020), was wiederum motivierend, ansprechend und lernfördernd auf Lernende wirkt (Huang et al. 2021). Eine Meta-Studie (Wu, Yu, und Gu 2020), welche sich mit dem Vergleich von immersiver VR unter Verwendung von HMDs mit nicht immersiven VR- oder Desktop-Anwendungen und anderen traditionellen Unterrichtsmitteln beschäftigt, bestätigt, dass immersive VR unter Verwendung von HMDs effizienter ist als nicht-immersive Lernansätze (mit geringer Effektgrösse von Cohen's $d = 0.24$). Sowohl der Wissenserwerb als auch die Entwicklung von Fähigkeiten konnten durch das Lernen mittels immersiver VR verbessert sowie der Lerneffekt über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten werden.

Williams et al. (2022) fanden heraus, dass die Erwartungen von Studierenden, die in immersiven Virtual-Reality-Laboren lernten, sogar übertroffen wurden und sie über positive affektive Erfahrungen berichteten. Negative Effekte wie erhöhte Aufgabenbelastung (Srivastava et al. 2019), erhöhter extraneous Load¹ (Makransky, Terkildsen, und Mayer 2019; Richards und Taylor 2015) oder erhöhte Motion Sickness² (Srivastava et al. 2019) werden nur in wenigen Studien berichtet.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die wahrgenommene Nutzerfreundlichkeit des Systems, zu welcher unter anderem Pletz und Zinn (2018) einen positiven Zusammenhang in Abhängigkeit von den Vorerfahrungen der Nutzenden feststellten. Mangelnde Nutzerfreundlichkeit wirkt hindernd (Kavanagh et al. 2017). Insgesamt zeigt sich ein signifikanter Vorteil des Einsatzes immersiver VR in der Lehre (Hamilton et al. 2021) und ein hohes Potenzial, diesen noch weiter zu verbessern (Hellriegel und Čubela 2018; Köhler, Münster, und Schlenker 2013; Zender et al. 2018).

1.2 Zielsetzung

Da VR-Implementierungen im Bildungsbereich im Gegensatz zu den Erkenntnissen aus dem vorhergehenden Abschnitt bisher vergleichsweise wenig genutzt werden (Kavanagh et al. 2017), ist der Stand ihrer Entwicklung und Einbindung in die Lehre sowie die Evaluation ihrer Wirksamkeit aktuell nicht zufriedenstellend (Radianti et al. 2020). Die vorliegende Studie verfolgt daher drei Ziele:

1. Konzeption einer virtuellen Lernumgebung, die mit einer sich in Entwicklung befindlichen modularen, offenen und kostenfreien Autorenumgebung (Müser und Fehling 2022) umgesetzt wurde.
2. Untersuchung lehr-lernmethodischer Aspekte der Wirksamkeit – Vergleich einer immersiven VR-Umgebung (VR), einer nicht-immersiven 3D-Desktop-Umgebung (Des) und konventioneller Lernmaterialien.
3. Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit der Lernumgebung

Im vorliegenden Beitrag sind sowohl die Erforschung der Wirksamkeit der Lernumgebung – im Sinne einer Überprüfung, ob die neu entwickelte Software den Anforderungen einer multimodalen Anwendung zu Lehr- und Lernzwecken entspricht – als auch die Erfahrungen und das Verhalten der Nutzenden – im Sinne einer Überprüfung, ob die Umsetzung in der neu entwickelten Software optisch ansprechend und die Interaktionsmetaphern praktikabel ist – von Bedeutung.

1 Die Form der kognitiven Belastung, die durch ungünstiges didaktisches Design wichtige Ressourcen bindet (Paas und Sweller 2014).

2 Simulatorkrankheit resultierend aus der Unstimmigkeit zwischen visuell wahrgenommener und realer Bewegung (Brandt 1991).

Es werden erste Ergebnisse einer Pilotstudie vorgestellt, die im Wintersemester 2021/2022 durchgeführt wurde, sowie das Nutzungspotenzial immersiver Lernumgebungen in Hochschulen diskutiert. Hierzu folgt zunächst die Beschreibung virtueller Lernumgebungen sowie des genutzten Lernszenarios. Anschliessend werden die durchgeführte Studie und ihre Ergebnisse dargestellt.

2. Virtuelle Lernumgebungen

Um sowohl nicht-immersive als auch immersive Lehr- und Lernumgebungen zu realisieren und zu nutzen, wird eine Softwareplattform benötigt, die sowohl funktionale Prozesse abbildet, dreidimensionale Visualisierungen ermöglicht, als auch interaktive Metaphern bereitstellt. Funktionale Prozesse können neben den benötigten Grundfunktionalitäten z. B. die Durchführung von Unterrichtseinheiten sein. Ähnlich wie auch am Desktop wird mit einem solchen System mittels Interaktionsmetaphern interagiert. Zu diesen gehören unter anderem Metaphern zur Navigation, Selektion und Manipulation virtueller Objekte sowie die Systemsteuerung (LaViola et al. 2017).

2.1 Implementierung

Zur Umsetzung der Studie wurde eine Softwareplattform auf Basis von Unity Engine (Unity Technologies 2021) verwendet. Lehrende und Lernende können die erstellten Lernumgebungen sowohl in VR mittels HMD (immersives Setting) als auch in einer Desktop-Umgebung (nicht-immersives Setting) betreten, wobei sich die zur Verfügung stehenden Interaktionsmetaphern je nach verwendetem Medium unterscheiden. Interaktionen in VR erscheinen in der Regel direkter und natürlicher (z. B. greifbare Objekte). Darüber hinaus ist unabhängig vom Medium eine Kollaboration aller Nutzenden in der Lernumgebung möglich. Weitere Implementierungsdetails und konzeptionelle Ansätze der verwendeten Softwareplattform werden in Müser und Fehling (2022) vorgestellt.

2.2 Navigations- und Interaktionsmetaphern

Um sich in virtuellen und dreidimensionalen Umgebungen fortzubewegen, wird auf sogenannte Navigationsmetaphern zurückgegriffen. Im Gegensatz zur Navigation mit Tastatur und Maus am Desktop-Computer, die eine kontinuierliche Bewegung gewährleistet, ermöglicht die Teleportation in Virtual Reality eine diskrete und unmittelbare Navigation von Ort zu Ort. Neben der Navigation in virtuellen Räumen ist die Interaktion mit Umgebungen und Objekten in VR wichtig. In der vorliegenden Studie wurden gängige Interaktionsmetaphern eingesetzt, darunter z. B. die

Interaktion mit UI-Elementen, Click-and-Drag-Gesten sowie virtuelle Zeiger, die am Desktop mittels Maus und Tastatur und in VR mittels Raycasting realisiert wurden (LaViola et al. 2017). Alle Interaktionen wurden durch sofortiges visuelles Feedback ergänzt, um die Nutzenden bestmöglich zu unterstützen (Norman 2002).

3. Studiendesign

Zur Evaluation der Anwendbarkeit sowie Wirksamkeit einer virtuellen Lernumgebung wurde eine Lerneinheit entwickelt, welche mit zwei Experimentalgruppen und einer Kontrollgruppe durchgeführt wurde. 28 Mechatronik-Studierende (89% männlich; $M_{\text{Age}} = 22.9$ Jahre, $SD = 2.2$) einer deutschen Hochschule nahmen an der experimentellen Studie teil. Die Teilnehmenden wurden randomisiert den Experimentalgruppen mit Nutzung der virtuellen Lernumgebung mittels HMDs (VR; $N = 10$) oder eines Desktop-Computers (Des; $N = 9$) sowie der Kontrollgruppe mit konventionellem Lernmaterial (KG; $N = 9$) zugewiesen. Die Lerneinheit wurde in zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen mit jeweils vier bis fünf Teilnehmenden pro Experimentalgruppe durchgeführt. Die Teilnehmenden der Des- und VR-Gruppe befanden sich gemeinsam in einem Raum. Der leitende Professor nahm einmal als Desktop-Nutzer und einmal als VR-Nutzer teil. Die Kontrollgruppe arbeitete parallel hierzu mit konventionellem Material (Texte, Grafiken und 3D-Modelle; siehe Abbildung 1) zum gleichen Thema in einem Hörsaal. Die Lerneinheit umfasste jeweils etwa 45 Minuten.

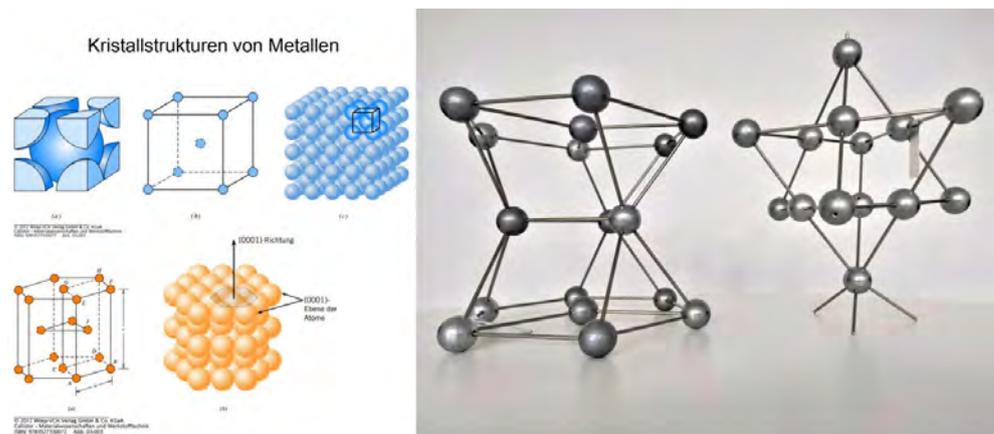


Abb. 1: Die in der Kontrollgruppe verwendeten konventionellen Materialien: zweidimensionale Abbildungen (links; entnommen aus Callister und Rethwisch 2012, 43-44) und dreidimensionale Modelle von Kristallstrukturen (rechts).

Apparatus

Das VR-System bestand aus drei Oculus Quest 2 (OQ2)³ und zwei Oculus Rift and Touch (ORT)⁴ HMDs, den erforderlichen optischen Trackingsystemen und Handcontrollern, über die die Interaktionen (UI-Elemente, VR-Umgebungen, VR-Objekte) per Trigger, Buttons und Analogstick gesteuert wurden. Jeder VR-Nutzende war über ein Kabel mit einem Computer⁵ verbunden und verfügte über eine für Interaktionen und Navigation zur Verfügung stehende Freifläche von ca. 2x2m, in deren Mitte ein Drehstuhl stand. Neben den VR-Lernstationen gab es Desktop-Lernstationen⁶. Die räumliche Anordnung der realen Tische entsprach nicht der räumlichen Anordnung der virtuellen Tische. Neben der nonverbalen Kommunikation in VR war auch eine Kommunikation per Sprache in der realen Welt möglich, auf eine Übertragung per Voice-Chat wurde aufgrund der räumlichen Nähe verzichtet. Während die VR-Nutzenden über den Raum verteilt waren, sassen die Desktop-Nutzenden in einer Reihe nebeneinander. Um die Desktop-Nutzenden nicht abzulenken, wurde darauf geachtet, dass sie die VR-Nutzenden nicht sehen konnten. Der Professor war im ganzen Raum deutlich zu hören.

4. Methodik

Um die Bedingungen und die Wirksamkeit der Lerneinheit zu evaluieren, wurden verschiedene qualitative und quantitative forschungsmethodische Zugänge gewählt. Die Studierenden wurden während der Lerneinheit mithilfe von Fragebögen befragt, nach der Lerneinheit interviewt und ihr Verhalten (z. B. Bewegungsprofile, Blickrichtung) in der virtuellen Umgebung mit Hilfe von Log-Daten protokolliert.

4.1 Material und Instrumente

4.1.1 Fragebogen 1 – Erfassung der Stichprobe

Neben der Beschreibung der Stichprobe diente Fragebogen 1 der Überprüfung der Vergleichbarkeit der randomisiert erstellten Gruppen. Zunächst wurden soziodemografische sowie studienbezogene Informationen abgefragt. Es folgten Fragen zu Vorerfahrungen, früherer Nutzung, Einstellung zu digitalen Medien und VR in Anlehnung an Teile des *Monitors Digitale Bildung* der Bertelsmann Stiftung (2016) sowie den Fragebogen von Niedermeier und Müller-Kreiner (2019). Der Interessenfragebogen basiert auf dem Fragebogen zur Erfassung des individuellen Interesses von

3 Auflösung 2x1832x1920, 90 Hz.

4 Auflösung 2x1080x1200, 90 Hz.

5 GPU: NVIDIA GeForce RTX 3090, CPU: Intel Core i7-6850k/3,60 GHz, RAM: 32 GB, OS: Windows 10 Enterprise.

6 Gleiche Konfiguration wie 5, zusätzlich 2 Displays (Fujitsu P27-8 TS Pro (DP)/Auflösung: 2x2560x1440).

van Vorst (2013). Es wurden Items aus dem Bereich des Fachinteresses übernommen und an die Inhalte der Lehrveranstaltung angepasst. Die daraus resultierenden acht Items ($\alpha = .79$) wurden auf einer vierstufigen Likert-Skala abgefragt. Darüber hinaus enthielt der Teilnehmenden-Fragebogen fünf offene Fragen zum Thema Kristallstruktur, um das themenspezifische Vorwissen der Teilnehmenden zu erfassen.

4.1.2 Fragebogen 2 – Evaluation der Lernumgebung

Zur Messung der Motivation wurde der Fragebogen zur Einschätzung der aktuellen Motivation (FAM; Rheinberg, Vollmeyer und Burns 2001; $\alpha = .79$) verwendet. Er enthielt 13 Aussagen, aufgeteilt auf vier Subskalen (Misserfolgsbefürchtung, Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung), welche inhaltlich leicht auf die Thematik angepasst wurden und auf einer siebenstufigen Likert-Skala beantwortet werden konnten.

Zur Messung der kognitiven Belastung wurde zum einen der Zwei-Item-Fragebogen von Paas (1992; $\alpha = .78$) eingesetzt, in dem Aufgabenschwierigkeit und mentale Anstrengung von *sehr leicht/niedrig* (= 1) bis *sehr schwer/hoch* (= 9) einzuschätzen sind. Zum anderen wurde ein weiteres Belastungsniveau mithilfe des NASA TLX (Hart 2006; Cronbachs $\alpha = .81$) gemessen, in dem die Arbeitsbelastung in sechs Dimensionen (geistige Anforderung, körperliche Anforderung, zeitliche Anforderung, Leistung, Anstrengung, Frustration) auf einer 7-Punkte-Skala zu bewerten ist. Zur Überprüfung der verschiedenen Formen des cognitive Load wurde ausserdem der naive rating questionnaire (Klepsch, Schmitz und Seufert 2017; iCL $\alpha = .82$; eCL $\alpha = .71$; gCL $\alpha = .66$) genutzt, auf welchem mittels siebenstufiger Likert-Skala zwei Items zum intrinsic Load sowie jeweils drei Items zum extraneous und germane Load erfragt wurden. Hier war vorrangig der extraneous Load von Interesse.

Zur Messung des Präsenzerlebens wurde die deutsche Version des Fragebogens der Multimodalen Präsenzskala (MPS; Makransky, Lilleholt, und Aaby 2017, deutsche Übersetzung von Volkmann et al. 2018; $\alpha = .96$) verwendet. Die 15 Items sind gleichmässig auf die Subskalen umweltbedingte, soziale und persönliche Präsenz verteilt und wurden auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet.

Abschliessend wurden die Studierenden gebeten, ihren Lernerfolg anhand von fünf Items auf einer fünfstufigen Likert Skala selbst einzuschätzen und einige Angaben zur Bewertung des Lernszenarios zu machen. Zu diesem Zweck wurde die Systemnutzbarkeitsskala nach Brook (SUS; 1996; $\alpha = .72$; max. 100 Punkte) verwendet und mithilfe von lernszenariospezifischen Feedbackfragen (z. B. «Die Einführungsphase hat mir geholfen zu verstehen, wie die Ebenen/Atome übereinandergestapelt werden können»; «Ich konnte die Elemente mit geringem Aufwand anordnen») abgerundet. Die Skalen zu Präsenzerleben und Usability wurden ausschliesslich den Experimentalgruppen vorgelegt.

4.1.3 Ergänzende Interviews

Um neben den quantitativen auch qualitative Angaben zur Nutzerfreundlichkeit zu erhalten, wurden im Anschluss an die Lerneinheit zwei kurze Gruppeninterviews durchgeführt. Dabei wurden insgesamt sieben Studierende der VR Gruppe zu ihren Erfahrungen und Einschätzungen befragt. Folgende Themen waren für die Interviewfragen leitend: (1) Behagen und Störgefühle, (2) Schwierigkeit und Funktionalität, (3) Kritik und Wünsche, (4) Nutzbarkeit und Lernerfolg. Der Fokus lag hier vor allem auf der Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten. Mithilfe von Audioaufnahmen wurden, mit Zustimmung der Teilnehmenden, Transkripte der etwa 5 und 7 Minuten langen Interviews angefertigt.

4.1.4 Log-Daten

Ergänzt wurden diese Erhebungsinstrumente durch systeminhärente Aufzeichnungsmethoden, durch die während des Lernszenarios Daten, z. B. die Position und Blickrichtung des Teilnehmenden, die Verweildauer an einzelnen Lernstationen wie auch die durchgeführten Interaktionen mit Objekten bzw. Aufgaben, erfasst werden konnten. Die Aufzeichnung der Position und Blickrichtung ermöglichte die anschließende Erstellung eines Videos. Das Video gibt die Studie aus der Sicht des Nutzers wieder. Alle Log-Daten wurden separat von den eingesetzten Fragebogen-Erhebungen ausgewertet. Die Zustimmung zur Erfassung der Log-Daten erteilten die Teilnehmenden mit der Zustimmung zur Teilnahme an der Versuchsreihe.

4.2 Analysen

Die erhobenen quantitativen Daten – Fragebögen und Log-Daten – wurden mittels deskriptiver Statistik sowie Korrelationen analysiert. Darüber hinaus wurden mittels einfaktorieller ANOVA sowie t-Test Gruppenunterschiede herausgearbeitet. Das Signifikanzniveau wurde dabei auf 5% festgelegt.

Die erhobenen qualitativen Daten – Interviews und aus den Log-Daten erstellte Bewegungsprofile – wurden einer evaluativen inhaltlichen Analyse (Kuckartz 2018) unterzogen und kategorisiert. Sie wurden verwendet, um Aspekte der Nutzerfreundlichkeit zu bewerten sowie weitere Gruppenunterschiede festzustellen.

5. Das Lernszenario

5.1 Inhalt

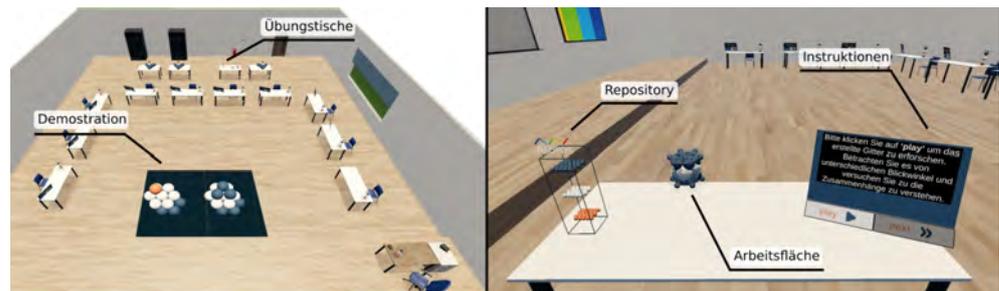


Abb. 2: Visualisierung des VR-Klassenzimmers und die Anordnung der Tische (links); der Aufbau eines Arbeitstisches (rechts).

Das in der Studie verwendete Lernszenario stammt aus dem Bereich der Materialwissenschaften. Darin werden Metalle und ihre kristallinen Strukturen untersucht (siehe Abbildung 1). Der Inhalt wurde von dem für den Kurs verantwortlichen Professor bereitgestellt und aktiv mitgestaltet. Das entstandene VR-Klassenzimmer und der Aufbau eines Arbeitstisches sind in Abbildung 2 dargestellt. Die komplexen kristallinen Strukturen eignen sich sehr gut für den Einsatz in VR (Fogarty et al. 2018). Die Grundstruktur eines Metalls setzt sich aus Atomen zusammen, deren Anordnung im Raum sich periodisch wiederholt. Unterschieden werden kann bei diesen Anordnungen z. B. zwischen kubisch-raumzentrierten und hexagonalen Kugelpackungen, die direkten Einfluss auf die Materialeigenschaften haben. Sie lassen sich mittels konventioneller Lehrmaterialien als räumliche Strukturen aber nur schwer vermitteln.

5.2 Ablauf

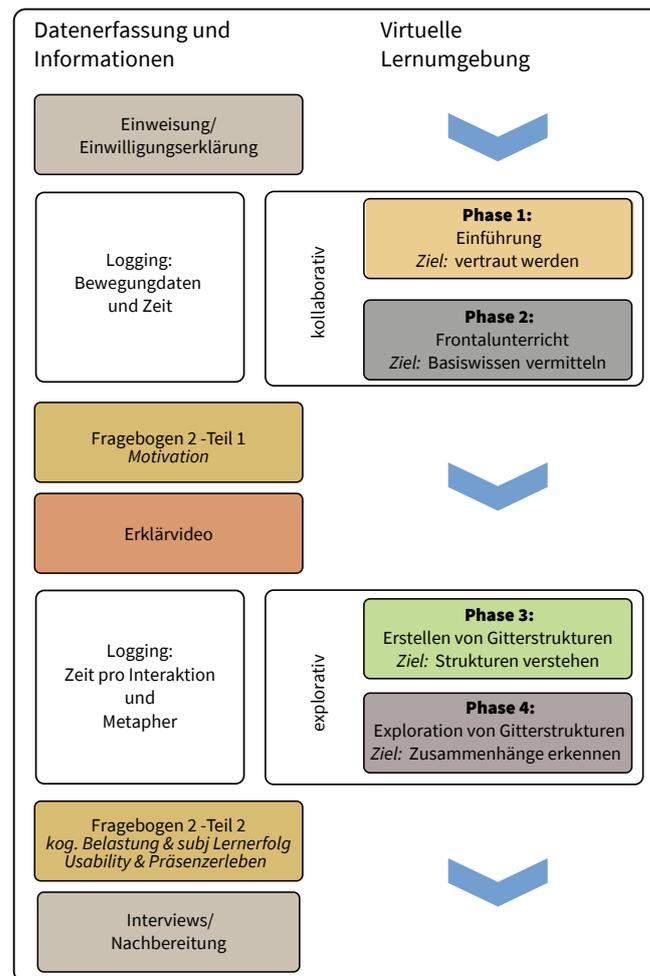


Abb. 3: Ablaufdiagramm der Interventionsstudie.

Der Ablauf der Lerneinheit gliederte sich in der VR- und der Desktop-Umgebung in die gleichen nachfolgend beschriebenen vier aufeinander aufbauenden Phasen (siehe Abbildung 3). Inhaltlich wurde die Interventionsstudie durch den die Vorlesung regulär durchführenden Professor betreut. Technisch unterstützten die Entwickler und Autoren die Lehrperson bei der Intervention. Etwa drei Wochen vor der eigentlichen Unterrichtseinheit bearbeiteten die Studierenden *Fragebogen 1*, welcher vorrangig zur Beschreibung der Stichprobe diente und damit nur indirekt Teil der Intervention war.

Nach einer kurzen Einweisung und der Einwilligungserklärung konnten sich die Studierenden in der Einführungsphase (*Phase 1*) mit der Lernumgebung vertraut machen, um Navigations- und Interaktionsmetaphern kennenzulernen. Darüber hinaus wurden fachrelevante Inhalte (Atome, Elementarzellen und andere Objekte) auf interaktiven Experimentiertischen ausgestellt. Auch die kollaborative Komponente wurde in der Einführungsphase auf spielerische Weise eingeführt, die Objekte auf den Tischen konnten gemeinsam erkundet werden.

In *Phase 2* erläuterte der Professor den Aufbau kristalliner Strukturen durch dichtest gepackte Kugeln anhand vergrößert dargestellter Atome. Unterschiedliche Anordnungen konnten zur Visualisierung verschiedener kristalliner Strukturen genutzt und verglichen werden. Unterstützt wurde dies durch eine weitere Ansicht (Draufsicht), die im virtuellen Klassenzimmer an die Wand projiziert wurde. Mithilfe eines virtuellen Zeigestabs konnte der Dozent auf alle Objekte im Raum zeigen und damit die Aufmerksamkeit der Studierenden lenken.

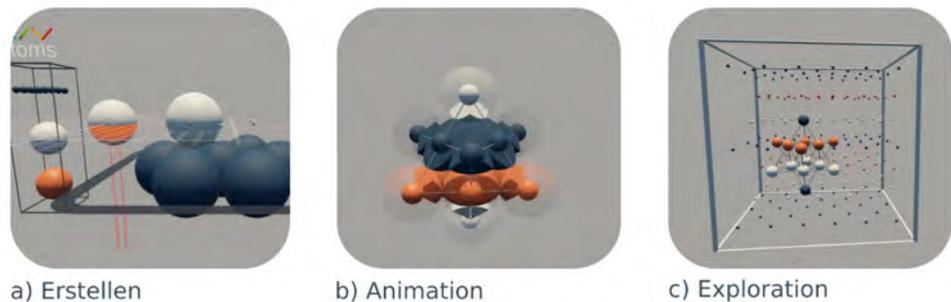


Abb. 4: Die drei virtuellen Erkundungsmethoden: von der Erstellung von Kristallgittern (a) über die Animation verschiedener visueller Repräsentationen (b) bis zu einer räumlichen Interaktion mit der Elementarzelle in einem Gitter (c).

Anschliessend wurde den Studierenden *Fragebogen 2, Teil 1* vorgelegt, welcher die Erfassung der Motivation beinhaltet. Nach einer kurzen Pause, in der der Fragebogen beantwortet wurde, sollten die Lernenden selbstständig zwei dichteste Kugelpackungen als Grundlage für die Kristallstrukturen erstellen (*Phase 3*). Die Aufgabe wurde am virtuellen Arbeitstisch (siehe Abbildung 2) ausgeführt und fand im Unterschied zu den vorangegangenen Phasen in einer nicht-kollaborativen Umgebung statt. Sie umfasste zwei Teilaufgaben: die Erstellung von Ebenen aus einzelnen Atomen und das Stapeln von Ebenen. Atome und Ebenen mussten auf den Arbeitstisch gezogen und an der richtigen Stelle platziert werden, was durch einen Snapping-Mechanismus bestätigt wurde (siehe Abbildung 4a). Ziel war es, die Beziehungen der Atome zueinander und auch die Anordnung der Ebenen untereinander während der Aufgabe kontinuierlich zu explorieren, um ein Verständnis für die entstehende Struktur zu gewinnen.

Eine interaktive Exploration (*Phase 4*) zielte anschliessend darauf ab, die Zusammenhänge zwischen dem Gitter und der Elementarzelle zu erkunden. Die Phase bestand aus zwei Abschnitten: der Animation und der Exploration (siehe Abbildung 4b und 4c). Während der Animation konnten die Studierenden unterschiedliche visuelle Repräsentationen von Elementarzellen und Gittern ineinander überblenden. Hierbei wurde ersichtlich, wie Gitter und Elementarzelle zusammenhängen. In der Exploration sollte gelernt werden, dass eine einzelne Elementarzelle immer auch das gesamte resultierende Gitter beschreibt. Zu diesem Zweck wurde das Gitter halbtransparent dargestellt und die Studierenden wurden aufgefordert, eine Elementarzelle in das halbtransparente Gitter zu ziehen. Auch hier wurde ein Snapping-Mechanismus verwendet, um die Elementarzellen an passenden Stellen im Gitter zu platzieren.

Im Anschluss bearbeiteten die Studierenden *Fragebogen 2, Teil 2*, welcher Fragen zur kognitiven Belastung, zu Präsenzerleben, Usability sowie einer Selbsteinschätzung des eigenen Lernerfolgs beinhaltet. Zusätzlich wurden leitfadengestützte Interviews mit sieben Freiwilligen durchgeführt.

6. Ergebnisse

6.1 *Erfahrungen der Nutzenden: Ergebnisse der Fragebögen*

Die randomisiert in die drei Gruppen aufgeteilten Studierenden wurden hinsichtlich ihrer Angaben aus Fragebogen 1 geprüft, um eine Vergleichbarkeit der Gruppen sicherzustellen. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen – Experimentalgruppe VR, Des und der Kontrollgruppe – festgestellt werden. Weder hinsichtlich soziodemografischer Angaben noch der Abiturnote ($M=2.38$) oder dem aktuellen Notenschnitt im Studium ($M=2.34$) konnten Unterschiede herausgestellt werden. Auch in Bezug auf das Fachinteresse und das Vorwissen schnitten die Studierendengruppen sehr ähnlich ab, indem sie ein Interesse im mittleren Bereich ($M=2.56$) angaben sowie insgesamt wenig Vorwissen zeigten ($M=1.2$, von max. 6 Punkten). Über alle Gruppen hinweg zeigte sich eine positive Einstellung hinsichtlich digitaler Medien im Allgemeinen ($M=2.61$), wobei die Erfahrung speziell mit VR sowie dessen Bekanntheit und bewerteter Sinnhaftigkeit eher im mittleren Bereich liegen ($M=3.04$). 89.3% der Teilnehmenden gaben an, noch nie eine VR-Anwendung genutzt zu haben, 10.7% nutzen diese bereits in der Freizeit, jedoch nicht zu Lernzwecken. Darüber hinaus gaben 96.4% an, noch nie eine VR-Brille getragen zu haben, 3.6% nutzen diese bereits in der Freizeit, jedoch ebenfalls nicht zu Lernzwecken. Da keine signifikanten Unterschiede in den drei Gruppen hinsichtlich verschiedener persönlicher Aspekte sowie Aspekten der Einstellung

und Vorerfahrungen herausgestellt werden konnten, war es möglich, Gruppenvergleiche hinsichtlich der Angaben aus *Fragebogen 2* zu analysieren. Anders als in *Fragebogen 1* zeigen sich hier deutliche Unterschiede in den Gruppen, die die verschiedenen Interventionen durchlaufen haben. Abbildung 5 zeigt die Unterschiede bezüglich der erhobenen Skalen unter Einbezug der Gruppenzuordnung.

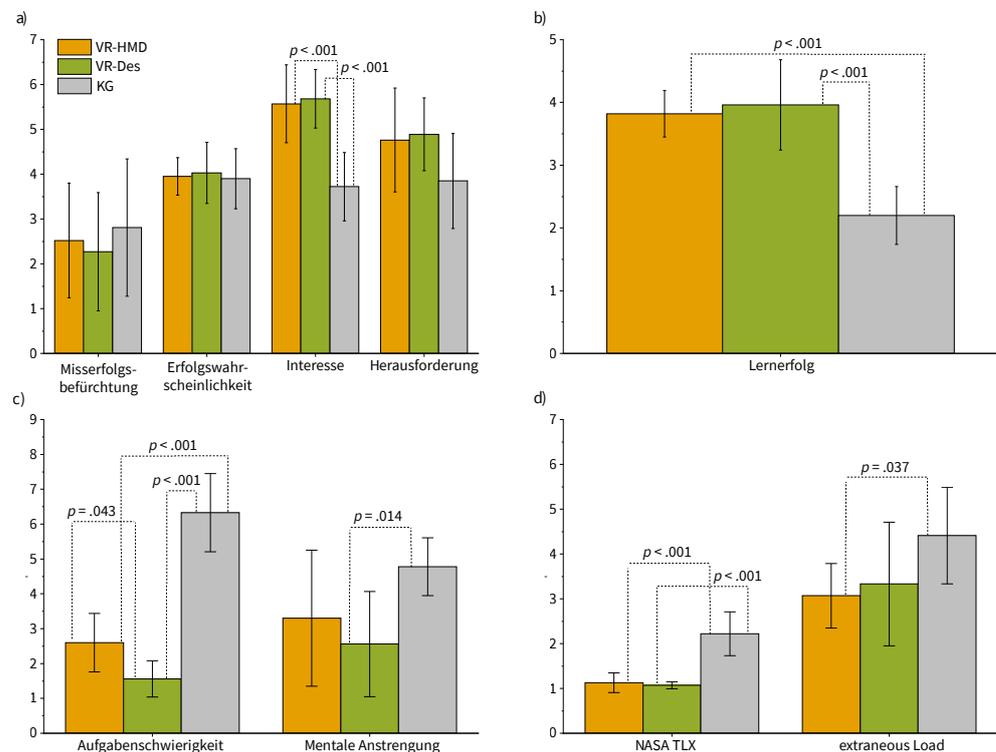


Abb. 5: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche (ANOVAS) zwischen den drei Gruppen in (a) den Subskalen des FAM, (b) dem Lernerfolg, (c) den Skalen des cognitive Load nach Paas (1997) sowie (d) dem NASA TLX und der Subskala extraneous Load des naïve rating questionnaire. $N_{VR} = 10$; $N_{Des} = 9$; $N_{KG} = 9/7$ (Lernerfolg); $p =$ Signifikanz.

Es zeigte sich, dass die Kontrollgruppe vor der Durchführung der Lerneinheit – die Experimentalgruppen hatten diesbezüglich bereits Informationen und Erklärungen zum Vorgehen in der Lernumgebung erhalten – signifikant geringer motiviert war als die beiden Experimentalgruppen ($F(2,25) = 18.83$, $p < .001$). Dies schlug sich signifikant jedoch lediglich in der *Subskala* Interesse nieder. Unmittelbar nach der Bearbeitung der Lerninhalte berichtete die Kontrollgruppe eine signifikant höhere kognitive Belastung im Vergleich zu den Experimentalgruppen. Dies zeigte sich zum einen in der Bewertung der Aufgabenschwierigkeit ($F(2,25) = 76.75$, $p < .001$) sowie im NASA Task Load Index ($F(2,25) = 39.12$, $p < .001$). Bezüglich der empfundenen Aufgabenschwierigkeit zeigte sich ebenfalls ein Unterschied zwischen den beiden

Experimentalgruppen, wobei die Gruppe *Des* eine geringere Aufgabenschwierigkeit berichtete als die Gruppe *VR*. In der Bewertung der mentalen Anstrengung hingegen unterschied sich lediglich die Gruppe *Des* signifikant von der Kontrollgruppe. Darüber hinaus zeigte sich, dass die *KG* einen signifikant höheren extraneous Load berichtete als die Gruppe *VR* ($F(2,25) = 3.99, p = .031$). Bezüglich der Bewertung der Aufgaben gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass der Kontrollgruppe methodenbedingt nur ähnliche Aufgaben wie den Experimentalgruppen vorgelegt werden konnten, da diese aufgrund der unterschiedlichen Interaktionsmetaphern nicht identisch sein konnten. Darüber hinaus schätzten die beiden Experimentalgruppen ihren Lernerfolg signifikant höher ein als die Kontrollgruppe ($F(2,23) = 25.21, p < .001$).

Im Vergleich der beiden Experimentalgruppen (siehe Abbildung 6) berichtete die Gruppe *VR* erwartungskonform ein stärkeres Präsenzerleben als die Gruppe *Des*. Sowohl das soziale als auch das umweltbezogene Präsenzerleben wurde von beiden Gruppen moderat bis hoch eingeschätzt und zeigte keine signifikanten Inter-Gruppenunterschiede. Die Gruppe *VR* zeigte allerdings ein signifikant stärkeres persönliches Präsenzerleben ($t(14.26) = 3.39; p = .04$) als die Gruppe *Des*. Die Nutzerfreundlichkeit der implementierten Lernumgebung – gemessen mit der SUS – bewerteten beide Experimentalgruppen als sehr hoch, wobei sich die Werte nicht signifikant unterschieden.

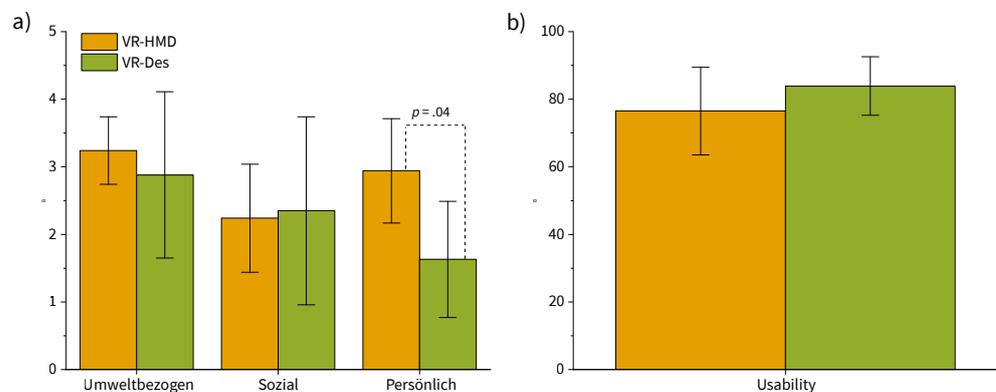


Abb. 6: Ergebnisse der Mittelwertvergleiche (ANOVA) zwischen den zwei Experimentalgruppen in (a) den Subskalen der Multimodalen Präsenzskala und (b) der SUS. $N_{VR} = 10$; $N_{Des} = 9$; $p = \text{Signifikanz}$.

Bezüglich der spezifisch für die virtuelle Lernumgebung erstellten Feedbackitems konnten positive Bewertungen festgestellt werden. Hier zeigten sich ebenfalls keine Gruppenunterschiede, was eine Vergleichbarkeit der HMD- und Desktop-Nutzung nahelegt.

6.2 *Wahrnehmungen der Nutzenden: Ergebnisse der Interviews*

Subjektiv bewerteten die VR-Nutzenden die Lerneinheit als gut und nützlich. Sie gaben an, dass die Inhalte und Aufgaben leicht verständlich waren und die Veranschaulichungen in *Phase 2* – mithilfe der vergrößerten und farbig markierten Atome – sehr zum Verständnis der Thematik beigetragen haben.

«Also ich sehe da schon einen Mehrwert, also früher ist mir das sehr schwergefallen, mir das räumlich vorzustellen. Da wurde es zwar auch mit so Kugeln nachgebaut, aber das ist so jetzt schon wesentlich leichter, sich das halt wirklich räumlich vorzustellen, wie das dann ist.» (T2.1)

Von vorrangigem Interesse waren allerdings die Kritiken und Verbesserungsvorschläge der Teilnehmenden. So äusserten Teilnehmende störende Einflüsse, die sich zum einen auf Lernen mit VR im Allgemeinen – wie fehlender Platz und schwer kontrollierbares Verhalten im realen Raum sowie anfängliche Schwierigkeiten im Umgang mit den Controllern – bezogen. Zum anderen wurde aber auch auf hinderliche Merkmale in der Lerneinheit hingewiesen. So wurde die Störung durch andere Teilnehmende oder durch die Platzierung von Gegenständen im Raum bemängelt. Nach der Äusserung einiger Kritikpunkte lieferten die Teilnehmenden konstruktive Verbesserungsvorschläge und äusserten Wünsche, z. B. nach detaillierteren Aufgabenbeschreibungen oder Erläuterungen. Auch wurde der Vorschlag eines anpassbaren Schwierigkeitsniveaus zu Beginn der Lerneinheit vorgebracht, um verschiedene Schwierigkeiten in Abhängigkeit von den Voraussetzungen der Studierenden zu realisieren. Ebenfalls wurden weitere Interaktionsmöglichkeiten, z. B. eine erweiterte Manipulierbarkeit der Kristallgitter (Rotation), als sinnvoll bezeichnet. Darüber hinaus gab es Vorschläge bezüglich der Einbindung weiterer Funktionen, z. B. gender-unabhängiger Avatare, eines kurzen Tutorials zur Nutzung der Controller oder einer Laufbewegung statt der Teleportation. Auch wurden Vorschläge geäussert, die die Selbsteinschätzung des eigenen Lernerfolgs möglicherweise noch gesteigert hätten, wie das Einfügen eines kurzen Verständnistests nach einzelnen Aufgaben. Insgesamt wurden Nutzen und Lernerfolg allerdings als bereits gegeben eingeschätzt und Vorteile gegenüber bisherigen Darstellungsmöglichkeiten der Kristallgitter wurden hervorgehoben:

«Ich denke mal, gerade für Leute, die Probleme haben, sich räumlich etwas vorzustellen, ist es sehr, sehr angenehm und besser zu verstehen, wenn man das wirklich auch so sieht räumlich, anstatt sich nur irgendwie aus einer Abbildung oder einem 3D Bild etwas vorzustellen. Ich denke, dass man damit auch deutlich besser lernen kann.» (T3.2);

Auch Zukunftsvisionen wurden bereits passend thematisiert:

«Wenn ich mir das aber weiter vorstelle, dass man sagt, man sitzt zu Hause und der Professor wäre beispielsweise an der Hochschule und würde uns die Sachen so erklären, fände ich das gar nicht so schlecht, weil sonst würde er vielleicht Modelle mitbringen. Das sieht man dann vielleicht nur in klein. So kann man es wirklich irgendwie empirisch ein bisschen mehr packen und auch dann erforschen [...]. An sich finde ich das, glaube ich, ganz gut. Man bräuchte nur wahrscheinlich mehr Zeit dafür.» (T2.2).

6.3 Verhalten der Nutzenden: Ergebnisse der Log Daten

Die in Abbildung 7 dargestellten acht beispielhaften Bewegungsprofile der beiden Experimentalgruppen (VR und Des) zeigen einen deutlich sichtbaren Unterschied: Während Desktop-Nutzende mehr Orte besuchen und dadurch bedingt seltener länger an einem Ort verweilen, zeigen VR-Nutzende punktuelle Bewegungsprofile.

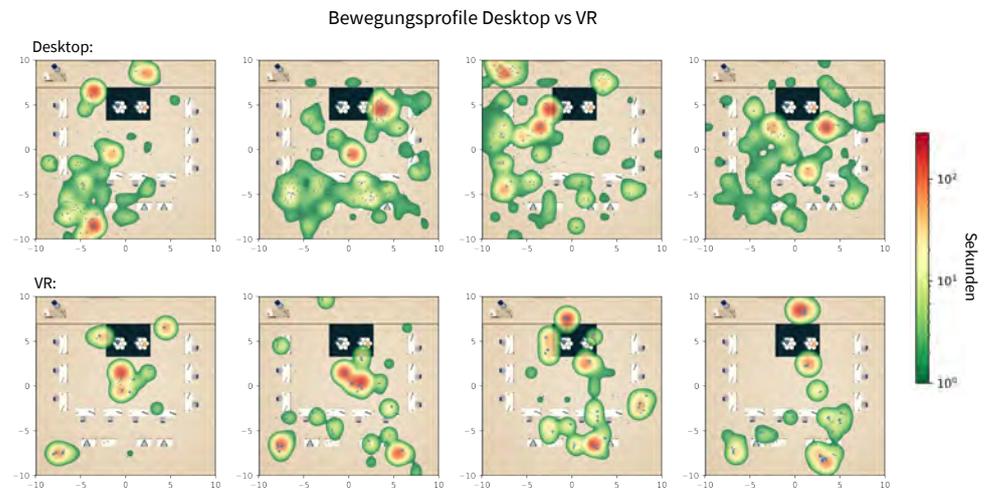


Abb. 7: Aus automatisch erfassten Log-Daten generierte Bewegungsprofile.

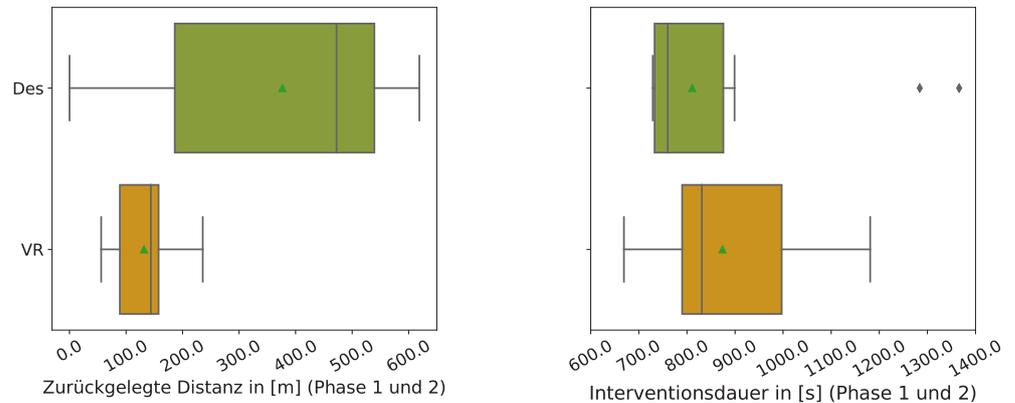


Abb. 8: Analyse der Bewegungsprofile der VR- und Desktop-Nutzenden, hier im Vergleich die zurückgelegte Entfernung (links) sowie die benötigte Zeit (rechts) in den Phasen 1 und 2.

Der t-Test für unabhängige Stichproben ergab für die Bewegungsprofile einen signifikanten Unterschied in der zurückgelegten Entfernung für die Phasen 1 und 2 (in Metern) für Desktop ($M(SD) = 418.44 (190.15)$) und VR ($M(SD) = 131.72 (52.70)$); $t(17) = 4.58, p < .001$). Bei der benötigten Zeit gab es keinen signifikanten Unterschied ($t(17) = 4.59, p = 0.81$), obwohl Desktop-Nutzende ($M(SD) = 897.0 (249.16)$) etwas mehr Zeit beanspruchten als VR-Nutzende ($M(SD) = 874.0 (165.48)$) (siehe Abbildung 8).

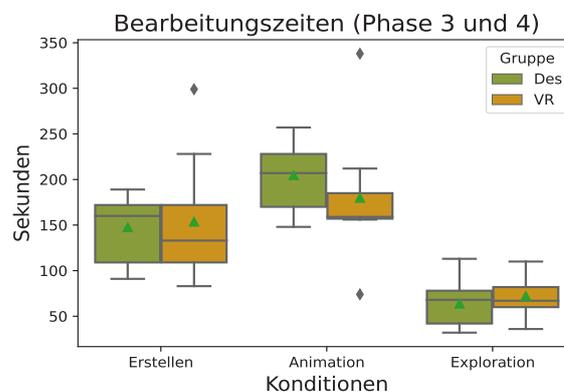


Abb. 9: Die Bearbeitungszeiten der drei Erkundungsmethoden aus den Phasen 3 und 4.

Die Bearbeitungszeiten der beiden Erkundungsphasen sind in Abbildung 9 dargestellt, wobei zwischen Erstellung (Phase 3) sowie Animation und räumlicher Exploration (Phase 4) unterschieden wird. Auch hier wurde der Unterschied zwischen beiden Experimentalgruppen untersucht. Beim Vergleich aller drei Konditionen gab es keinen signifikanten Unterschied in der benötigten Zeit. Allerdings verbrachten die Desktop-Nutzenden mit den Animationen 14% mehr Zeit ($M(SD) = 204.66 (37.24)$) als die VR-Nutzenden ($M(SD) = 179.77 (70.03)$). Die Mittelwerte der übrigen Bedingungen weisen keine Unterschiede auf (Phase 3: $M(SD)_{Des} = 147.56 (39.34)$; $M(SD)_{VR} = 153.67 (71.21)$; Phase 4: $M(SD)_{Des} = 63.77 (26.43)$; $M(SD)_{VR} = 72.22 (21.68)$). Interessanterweise

ergab sich in der Korrelation zwischen der Bearbeitungszeit (Variable: Erstellen) und dem im Fragebogen abgefragten selbst eingeschätzten Lernerfolg ein signifikanter Unterschied ($r = .47, p = .48; N = 18$).

7. Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Studie hat eine Überprüfung der Konzeption und Wirksamkeit einer virtuellen Lernumgebung in einer Lerneinheit vorgenommen. Ihr lagen drei Ziele zugrunde: (1) Konzeption einer virtuellen Lernumgebung, (2) Erforschung der subjektiven Lernergebnisse und affektiven Wirkung der Lernumgebung und (3) Überprüfung der Benutzerfreundlichkeit und des Verhaltens der Nutzenden in der Lernumgebung.

Es konnte erfolgreich eine virtuelle Lernumgebung geschaffen werden, die ein zuvor festgelegtes Lernszenario zufriedenstellend abbildet und zu Lehr-Lernzwecken eingesetzt werden konnte. Bezüglich des zweiten Ziels konnte die virtuelle Lernumgebung in einer Pilotstudie erfolgreich evaluiert werden. Insgesamt zeigt sich, dass die Kontrollgruppe ihren Lernerfolg als geringer eingeschätzt und eine geringere interessenbasierte Motivation sowie höhere mentale Anstrengung und Aufgabenschwierigkeit bzw. -belastung aufweist als die beiden Experimentalgruppen, die die Lernumgebung mittels HMD (VR), also immersiv, oder Desktop (Des), also nicht-immersiv, nutzten. Ein nicht erwartungskonformer Unterschied zeigte sich lediglich in der Erfassung des extraneous cognitive Load, welcher bei der Kontrollgruppe signifikant höher ausfiel. Bezüglich der Bewertung der Aufgaben gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass der Kontrollgruppe aufgrund der unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Interaktionsmetaphern nur ähnliche, nicht aber identische Aufgaben vorgelegt werden konnten. Zusätzlich gilt es zu beleuchten, dass die implementierte Lernumgebung insgesamt auf wesentliche Elemente reduziert wurde, um möglichst wenige ablenkende Elemente zu integrieren. Analysen der Unterschiede zwischen den beiden Experimentalgruppen VR und Des weisen auf eine grosse Ähnlichkeit der beiden Gruppen hin. Die signifikant geringere Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit durch die Gruppe Des lässt sich durch die bekannte und intuitive Interaktion in der Umgebung mithilfe von Tastatur und Maus erklären. Die signifikant höher wahrgenommene persönliche Präsenz in der VR deckt sich mit der Annahme, dass die Nutzung von HMDs den Grad der wahrgenommenen Immersion erhöht. Bezüglich des selbst eingeschätzten Lernerfolgs konnte kein signifikanter Vorteil der Gruppe VR gegenüber Des herausgestellt werden. Die Ergebnisse deuten hier darauf hin, dass weniger die Immersion, sondern mehr die Beschäftigungsdauer mit dem Gegenstand einen positiven Effekt auf den subjektiven Lernerfolg haben kann. Dies kann aus den Vergleichen der Bewegungsprofile und Bearbeitungszeiten interpretiert werden. Die Ergebnisse der Meta-Studie von Wu et al. (2020) konnten

damit nur teilweise reproduziert werden. Eine Analyse des tatsächlichen Wissenserwerbs im Sinne eines Prä-post-Vergleichs mittels Wissenstests wäre hier zukünftig eine geeignete Methode, um auch den objektiven Lernerfolg und damit die Lernwirksamkeit des VR-basierten Lernmaterials mess- und vergleichbar zu machen.

Insgesamt konnten bei den analysierten affektiven und kognitiven Merkmalen erwartungskonforme Unterschiede zwischen den drei Gruppen herausgestellt werden. In einigen Fällen liegen hier allerdings keine signifikanten Ergebnisse vor, was vor allem an der geringen Stichprobengröße sowie an der kurzen Dauer der Intervention liegen kann. Die geringe Stichprobengröße stellt eine Limitation der Studie dar. Nicht nur können kleinere Effekte unerkannt bleiben, auch Ausreisser beeinflussen die Ergebnisse überproportional. Varianzunterschiede zwischen den Gruppen können so im Vergleich zur Varianz über die Gruppengrenzen hinweg überschätzt werden. Zwar wurden durch Fragebogen 1 einige personenbezogene Variablen gemessen und innerhalb der randomisiert zugeteilten Gruppen verglichen, jedoch können weitere Merkmale nicht ausgeschlossen werden, die eine Unterscheidung der Studierenden nahelegen. Dies gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Aufgrund des hohen Aufwandes, der mit der Umsetzung von Virtual Reality basierten Studien verbunden ist, handelt es sich hier jedoch um eine Stichprobengröße, die vergleichbar mit denen ähnlicher Studien ist. Vor diesem Hintergrund kann auch die hohe Relevanz von Meta-Studien zu diesem Feld betont werden.

Bezüglich der Usability gaben die Studierenden beider Experimentalgruppen in der quantitativen Einschätzung durchweg positives Feedback und stellten auch in den ergänzenden Interviews die Nützlichkeit der verwendeten Lernumgebung heraus. Bezüglich des zweiten Ziels konnten daher erste Hinweise darauf gefunden werden, dass die Umsetzung optisch ansprechend und praktikabel war. Auch die räumliche Situation hat Einfluss auf das Verhalten und die Erfahrung der Nutzenden. Obwohl alle Aufgaben innerhalb der Studie für eine sitzende Nutzung konzipiert waren, wurde die Ausnutzung des real zur Verfügung stehenden Raumes während der Intervention nicht untersagt. Wenige Teilnehmende der Gruppe VR nutzten diese Möglichkeit, konnten so aber unter Umständen Blickwinkel auf die Lerngegenstände einnehmen, die sitzend nicht oder nur schwer möglich gewesen wären. Darüber hinaus befanden sich alle Teilnehmenden während der Studie in einem Raum, was die Durchführung und Beobachtung erheblich erleichterte. Diese räumliche Situation muss bei der Interpretation der Studienergebnisse ebenfalls berücksichtigt werden. Während die *Des*-Gruppe die Möglichkeit hatte, sich neben der virtuellen auch in der realen Welt umzusehen und miteinander zu sprechen, hatten die Teilnehmer der VR-Gruppe nur die Möglichkeit, miteinander zu sprechen. Beobachtungen während der Studie zeigten, dass die Desktop-Nutzenden diese Kommunikationsebene deutlich häufiger nutzten als die VR-Nutzenden. Die zusätzliche Möglichkeit zur

Kollaboration der Desktop-Nutzenden könnte die Interaktion mit dem System und das Erlernen der Inhalte beeinflusst haben. Die räumliche Situation wirkte sich auch auf den Lehrenden aus, der angab, dass VR besser geeignet sei, um die Erfahrungswelt der Studierenden zu verstehen. Da sich aber alle Studienteilnehmer im selben Raum befanden, wurde die Desktop-Version aufgrund der besseren Übersicht als angenehmere Umgebung empfunden.

Zusätzlich zu den in Abbildung 7 gezeigten Verteilungskarten konnte durch die systeminhärente Aufzeichnung der Position und Blickrichtung die visuelle Wahrnehmung der Nutzenden, sprich das Gesehene, in einem Video aufbereitet werden. Die Analyse der Videos deutet darauf hin, dass es Desktop-Nutzenden leichter fiel, die Navigationsmetaphern zu erlernen als VR-Nutzenden. Das Erlernen der Teleportation dauerte im Vergleich etwas länger, aber einmal erlernt traten keine weiteren Probleme auf. Interessanterweise war die «Neugier» auf andere Avatare in der VR- vergleichsweise höher als in der Desktop-Umgebung, und die VR-Nutzenden schienen sich mehr Zeit zu nehmen, um Lernobjekte genauer zu erkunden. Dies kann auf ein höheres Präsenzerleben zurückgeführt werden, bedarf aber weiterer und detaillierter Verhaltensanalysen beider Gruppen. Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass es Unterschiede in Verhalten und Erleben zwischen *Des* und *VR* gab, aber alle Aufgaben in beiden Gruppen mit den bereitgestellten Interaktionsmetaphern erfolgreich absolviert werden konnten.

Die Ergebnisse dieser Studie stehen in wesentlichen Punkten im Einklang mit vergleichbaren Studien und zeigen einen generellen Nutzen von nicht-immersiven und immersiven Umgebungen für Lehr- und Lernaktivitäten auf. Auch wenn mithilfe dieser Studie keine direkten Aussagen über die Lernwirksamkeit des VR-basierten Lernmaterials geleistet werden kann, zeigen sich seitens der Lernenden doch positive Effekte auf die Motivation, die kognitive Belastung sowie den subjektiven Lernerfolg, welche indirekte Hinweise liefern können. Die untersuchte Lernumgebung (und im Rückschluss die Software, mit der diese erstellt wurde) erfüllen daher grundsätzliche Anforderungen an eine in diesem Kontext sinnvoll einzusetzende Software. Dies kann als Voraussetzung für die weitere Entwicklung dieser Software und der damit verbundenen didaktischen und technischen Konzepte gedeutet werden. Eines der häufigsten Hindernisse der Nutzung von VR zu Lehr- und Lernzwecken ist eine mangelnde Nutzerfreundlichkeit (Kavanagh et al. 2017), weshalb es sinnvoll scheint, bei solchen Weiterentwicklungen einen Fokus auf die selbstständige Bedienung der Software durch Lehrende zu richten. Dazu gehören unter anderem die Gestaltung intuitiver Benutzeroberflächen, qualitativ hochwertige natürliche und direkte Interaktionsmetaphern und leicht wahrnehmbare Informations- und Feedback-Methoden. Darüber hinaus stellten verschiedene Reviews (u. a. Radianti et al. 2020; Luo et al. 2021) heraus, dass bei der Entwicklung, Erforschung und damit auch Nutzung von VR für den Lehr-Lernprozess vor allem wichtig ist, dass sowohl Lerntheorien als

auch ein angepasstes Instruktionsdesign sowie eine effektive Integration der Technologien berücksichtigt werden. Dies kann vor allem durch die Lehrenden selbst geschehen, die den konkreten Lerngegenstand, welcher nun in VR umgesetzt werden soll, bereits lerntheoretisch sowie didaktisch durchdacht und aufbereitet haben.

Autorenwerkzeuge zur Planung, Erstellung und Durchführung VR-basierter Unterrichtsmaterialien sowie deren Integration in bestehende Prozesse der Unterrichtsvorbereitung werden daher zukünftig eine immer grössere Rolle spielen. Ein weiteres Forschungsgebiet ist aus diesem Grund die Untersuchung möglichst geeigneter Methoden zur Inhaltserstellung auf Basis solcher Autorenwerkzeuge, deren softwaretechnische Realisierung und Erprobung mit einem möglichst domänenübergreifenden Pool von Probanden.

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>.
- Baceviciute, Sarune, Gordon Lucas, Thomas Terkildsen und Guido Makransky. 2021. «Investigating the redundancy principle in immersive virtual reality environments: An eye-tracking and EEG study». *Computer Assisted Learning* 38 (1): 120–36. <https://doi.org/10.1111/jcal.12595>.
- Bertelsmann Stiftung. 2016. *Monitor Digitale Bildung Studierende*. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/Projekte/Teilhabe_in_einer_digitalisierten_Welt/Fragebogen_Studierende.pdf.
- Brandt, Thomas. 1991. «Motion Sickness». In *Vertigo: Its Multisensory Syndromes*, herausgegeben von Michael Swash, und Thomas Brandt, 311–23. *Clinical Medicine and the Nervous System*. London: Springer London.
- Brill, Manfred. 2009. *Virtuelle Realität*: Berlin Heidelberg: Springer.
- Brook, John. 1996. «SUS: A «Quick and Dirty» Usability Scale». In *Usability Evaluation in Industry*, herausgegeben von Patrick W. Jordan, B. Thomas, Ian L. McClelland, und Bernard Weerdmeester, 189–94. London: Taylor and Francis.
- Buttussi, Fabio, und Luca Chittaro. 2018. «Effects of Different Types of Virtual Reality Display on Presence and Learning in a Safety Training Scenario». *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 24 (2): 1063–76. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2653117>.
- Çaliskan, Onur. 2011. «Virtual field trips in education of earth and environmental sciences». *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 15: 3239–43. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.278>.
- Callister, William D., und David G. Rethwisch. 2012. *Materialwissenschaften und Werkstofftechnik*. Weinheim: Wiley.

- Chavez, Bayron, und Sussy Bayona. 2018. «Virtual Reality in the Learning Process». In *Trends and Advances in Information Systems and Technologies*. Bd. 746, herausgegeben von Álvaro Rocha, Hojjat Adeli, Luís P. Reis und Sandra Costanzo, 1345–56. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer International.
- Civelek, Turhan, Erdem Ucar, Hakan Ustunel, und Mehmet Kemal Aydin. 2014. «Effects of a Haptic Augmented Simulation on K-12 Students' Achievement and Their Attitudes Towards Physics». *EURASIA J Math Sci Tech Ed* 10 (6): 565–74. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1122a>.
- 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>.
- Fogarty, J., J. McCormick, und S. El-Tawil. 2018. «Improving student understanding of complex spatial arrangements with virtual reality». *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 144(2). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000349](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000349).
- Goertz, Lutz, Christian Dominic Fehling, und Thomas Hagenhofer. 2021. *Didaktische Konzepte identifizieren – Community of Practice zum Lernen mit AR und VR*. https://www.social-augmented-learning.de/wp-content/downloads/210225-Coplar-Leitfaden_final.pdf.
- 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». *J. Comput. Educ.* 8 (1): 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>.
- Han, Insook. 2020. «Immersive Virtual Field Trips in Education: A Mixed-methods Study on Elementary Students' Presence and Perceived Learning». *Br. J. Educ. Technol.* 51 (2): 420–35. <https://doi.org/10.1111/bjet.12842>.
- Hart, Sandra G. 2006. «Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later». *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 50 (9): 904–8. <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>.
- Hellriegel, Jan, und Dino Čubela. 2018. «Das Potenzial von Virtual Reality für den schulischen Unterricht: Eine konstruktivistische Sicht». *MedienPädagogik* 2018 (Occasional Papers): 58–80. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2018.12.11.X>.
- Huang, Hsiu-Mei, Ulrich Rauch, und Shu-Sheng Liaw. 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>.
- Huang, Wen, Rod D. Roscoe, Mina C. Johnson-Glenberg, und Scotty D. Craig. 2021. «Motivation, engagement, and performance across multiple virtual reality sessions and levels of immersion». *Computer Assisted Learning* 37 (3): 745–58. <https://doi.org/10.1111/jcal.12520>.
- 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. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1165633>.

- Klepsch, Melina, Florian Schmitz, und Tina Seufert. 2017. «Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load». *Frontiers in Psychology* 8: 1997. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>.
- Köhler, Thomas, Sander Münster, und Lars Schlenker. 2013. «Didaktik virtueller Realität: Ansätze für eine zielgruppengerechte Gestaltung im Kontext akademischer Bildung». In *Hochschuldidaktik im Zeichen von Heterogenität und Vielfalt: Doppelfestschrift für Peter Baumgartner und Rolf Schulmeister*, herausgegeben von Gabi Reinmann, Martin Ebner und Sandra Schön, 99–112. Norderstedt: Books on Demand.
- Kuckartz, Udo. 2018. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Larsen, Christian Ribbjerg, Jeanett Oestergaard, Bent S. Ottesen, und Jette Led Soerensen. 2012. «The Efficacy of Virtual Reality Simulation Training in Laparoscopy: A Systematic Review of Randomized Trials». *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica* 91 (9): 1015–28. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0412.2012.01482.x>.
- LaViola Jr, J.J., E. Kruijff, R.P. McMahan, D. Bowman, und I.P. Poupyrev. 2017. *3D user interfaces: theory and practice*. Boston: Addison-Wesley.
- Luo, Heng, Gege Li, Qinna Feng, Yuqin Yang, und Mingzhang Zuo. 2021. «Virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the literature from 2000 to 2019». *Computer Assisted Learning* 37 (3): 887–901. <https://doi.org/10.1111/jcal.12538>.
- Macedonia, Manuela. 2019. «Embodied Learning: Why at School the Mind Needs the Body». *Frontiers in psychology* 10: 2098. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02098>.
- Makransky, Guido, und Lau Lilleholt. 2018. «A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education». *Education Tech Research Dev* 66 (5): 1141–64. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>.
- Makransky, Guido, Lau Lilleholt, und Anders Aaby. 2017. «Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach». *Computers in Human Behavior* 72:276–85. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.066>.
- Makransky, Guido, Gustav Petersen, und Sara Klingenberg. 2020. «Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science?». *Br. J. Educ. Technol.* 51 (6): 2079–97. <https://doi.org/10.1111/bjet.12954>.
- Makransky, Guido, und Gustav Bøg Petersen. 2019. «Investigating the process of learning with desktop virtual reality: A structural equation modeling approach». *Computers & Education* 134: 15–30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.002>.
- Makransky, Guido, und Gustav Bøg Petersen. 2021. «The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality». *Educ Psychol Rev.* <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* 60:225–36. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>.

- Mayer, Richard E. 2014a. «Cognitive Theory of Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard E. Mayer. Cambridge: Cambridge University Press, 43–71.
- Mayer, Richard E., Hrsg. 2014b. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 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: 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.
- Mulders, Miriam. 2020. «Investigating learners' motivation towards a virtual reality learning environment: a pilot study in vehicle painting». In *2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*: 390–93: IEEE. <https://doi.org/10.1109/AIVR50618.2020.00081>.
- Muntean, Christina Hava, und Diana Bogusevschi. 2019. *EARTH COURSE Pilot: NEWTON Project Support for STEM Education*. Zugriff am 20. April 2022. http://www.newtonproject.eu/wp-content/uploads/2019/09/Paper_10044_CMuntean_Formatted_CameraReady.pdf.
- Müser, Sinja, und Christian Dominic Fehling. 2022. «AR/VR.nrw – Augmented und Virtual Reality in der Hochschullehre». *HMD* 59 (1): 122–41. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00815-y>.
- Niedermeier, Sandra, und Claudia Müller-Kreiner. 2019. *VR/AR in der Lehre!? Eine Übersichtsstudie zu Zukunftsvisionen des digitalen Lernens aus der Sicht von Studierenden*. <https://doi.org/10.25656/01:18048>.
- Norman, Don A. 2002. *The design of everyday things*. New York: Basic Books.
- Paas, Fred. 1992. «Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach». *Journal of Educational Psychology* 84 (4): 429–34. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429>.
- Paas, Fred, und John Sweller. 2014. «Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. herausgegeben von Richard E. Mayer. Cambridge: Cambridge University Press, 27–42.
- 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>.
- Pletz, Carolin, und Bernd Zinn. 2018. «Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen». *Journal of Technical Education* 6 (4): 86–105. <https://doi.org/10.48513/JOTED.V6I4.143>.
- 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>.
- Reinmann, Gabi. 2013. «Didaktisches Handeln. Die Beziehung zwischen Lerntheorien und Didaktischem Design». In *L3T: Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*, herausgegeben von Martin Ebner. [2. Aufl.], Kap. 12. Berlin: Epubli.

- Rheinberg, Falko, Regina Vollmeyer, und Bruce D. Burns. 2001. «FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen». *Diagnostica* 47 (2): 57–66. <https://doi.org/10.1026//0012-1924.47.2.57>.
- 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: 157–71. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.009>.
- Rustemeyer, Dirk. 1999. «Stichwort: Konstruktivismus in der Erziehungswissenschaft». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 2: 467–84. <https://doi.org/10.25656/01:4530>.
- Schuster, Katharina. 2015. *Einfluss natürlicher Benutzerschnittstellen zur Steuerung des Sichtfeldes und der Fortbewegung auf Rezeptionsprozesse in virtuellen Lernumgebungen*. Marburg: Tectum.
- Schwan, Stephan, und Jürgen Buder. 2006. «Virtuelle Realität und E-Learning». Zugriff am 20. April 2022. <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf>.
- Scoresby, Jon, und Brett E. Shelton. 2011. «Visual perspectives within educational computer games: effects on presence and flow within virtual immersive learning environments». *Instr Sci* 39 (3): 227–54. <https://doi.org/10.1007/s11251-010-9126-5>.
- Srivastava, Priyanka, Anurag Rimzhim, Palash Vijay, Shruti Singh, und Sushil Chandra. 2019. «Desktop VR Is Better Than Non-Ambulatory HMD VR for Spatial Learning». *Frontiers in Robotics and AI* 6: 50. <https://doi.org/10.3389/frobt.2019.00050>.
- Sweller, John. 2010. «Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances». In *Cognitive Load Theory*, herausgegeben von Jan L. Plass, Roxana Moreno, und Roland Brunken, 29–47. Cambridge: Cambridge University Press.
- Thomas, Oliver, Dirk Metzger, und Helmut M. Niegemann, Hrsg. 2018. *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung: Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Berlin: Springer Gabler.
- Unity Technologies. Unity 3D (2021.3.12f1). [Software]. Verfügbar unter <https://unity.com/>.
- van Merriënboer, Jeroen J. G. 2020. «Das Vier-Komponenten Instructional Design (4C/ID) Modell». In *Handbuch Bildungstechnologie*, herausgegeben von Helmut Niegemann und Armin Weinberger, 153–70. Berlin, Heidelberg: Springer.
- van Vorst, Helena. 2013. *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie*. Studien zum Physik- und Chemielernen 145. Berlin: Logos. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832596453.
- Vogt, Andrea, Patrick Albus, Michael Montag, Tobias Drey, Sebastian Hartwig, Fulya Tasliarmut, und Mario Wolf. 2021. Effekte von Segmentierung und Color Coding in nicht-immersiven Virtual-Reality-Lernumgebungen. 18. *Fachgruppentagung der Fachgruppe Pädagogische Psychologie (PAEPSY)*: Heidelberg/online, Germany.
- Volkman, Torben, Daniel Wessel, Nicole Jochems, und Thomas Franke. 2018. „German Translation of the Multimodal Presence Scale.“ In *Mensch und Computer – Tagungsband*, herausgegeben von R. Dachsel und G. Weber: Gesellschaft für Informatik e. V. <https://doi.org/10.18420/muc2018-mci-0428>.

- Williams, Nicholas D., Maria T. Gallardo-Williams, Emily H. Griffith, und Stacey Lowery Bretz. 2022. «Investigating Meaningful Learning in Virtual Reality Organic Chemistry Laboratories». *J. Chem. Educ.* 99 (2): 1100–5. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00476>.
- Wu, Bian, Xiaoxue Yu, und Xiaoqing Gu. 2020. «Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis». *Br. J. Educ. Technol.* 51 (6): 1991–2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>.
- 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*, herausgegeben von Daniel Schiffner. http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf.
- Zinn, Bernd. 2017. «Digitalisierung der Arbeit: Kompetenzerwartungen des Beschäftigungssystems und didaktische Implikationen». In *Berufsbildung vor neuen Herausforderungen: Wandel von Arbeit und Wirtschaft*, herausgegeben von Bernhard Bonz, Heinrich Schanz und Jürgen Seifried, 163–76. Berufsbildung konkret Band 13. Baltmannsweiler: Schneider.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Aktives Integrieren von Repräsentationen bei interaktiven Augmented Reality-Anwendungen

Betrachtung von kognitiver Belastung und Lernerfolg

Jule M. Krüger¹ , Franziska Schacht¹  und Daniel Bodemer¹ 

¹ Universität Duisburg-Essen

Zusammenfassung

Augmented Reality (AR) bietet viele Möglichkeiten, mit Lernmaterialien zu interagieren. Dabei ist es wichtig, dass diese zielgerichtet eingesetzt werden, um Lernende nicht zu überlasten, jedoch relevante Verarbeitungsprozesse anzuregen. Unterschiedliche Repräsentationsformen selbst extern zuzuordnen (Aktives Integrieren) kann relevante Organisations- und Integrationsprozesse anregen und wird hier auf eine AR-Lernanwendung übertragen, die virtuelle und reale Komponenten verknüpft. In einem experimentellen Vergleich zu einer vorintegrierten Version (N = 94), werden Variablen zur kognitiven Belastung, Aufgabenbelastung und dem Lernerfolg erfasst. Die Hypothesen, dass das Aktive Integrieren zu höherem Germane Cognitive Load und besserem Lernerfolg führt, wurden nicht bestätigt und die deskriptiven Daten zeigten sogar einen gegenteiligen Unterschied. Auch die meisten weiteren Hypothesen mussten verworfen werden, da sich keine signifikanten Unterschiede zeigten. Nur die wahrgenommene Leistung war mit Aktivem Integrieren signifikant höher. In der explorativen Betrachtung von Bildschirmaufnahmen in der Lernphase zeigte sich, dass beim Aktiven Integrieren die virtuellen Elemente in der AR-Anwendung weniger stabil und insgesamt weniger häufig sichtbar waren. Die Ergebnisse werden hinsichtlich dieser Besonderheit und der hohen Komplexität bei der AR-Nutzung diskutiert, weitere Forschung und der Einsatz interaktiver AR in der Praxis werden empfohlen.

Active Integration of Representations in Interactive Augmented Reality Applications. Considering Cognitive Load and Learning Success

Abstract

Augmented reality (AR) offers many possibilities to interact with learning materials. It is important to use these in a targeted way in order not to overload learners, but still stimulate relevant information processing and learning processes. Assigning different

forms of representations externally by oneself (active integration) can stimulate relevant organisational and integration processes and is here transferred to an AR learning application that links virtual and real components. In an experimental comparison to a pre-integrated version (N=94), variables on cognitive load, task load and learning success are recorded. The hypotheses that Active Integration leads to higher Germane Cognitive Load and better learning success were not confirmed and the descriptive data even showed an opposite difference. Most of the other hypotheses were also rejected, as no significant differences were found. Only perceived performance was significantly higher for actively integrating learners. In the exploratory examination of screen-recordings of the learning phase, it became apparent that with active integration the virtual elements in the AR application were less stable and less frequently visible overall. The results are discussed with regard to this particularity and the high complexity of using AR. Recommendations for further research and using interactive AR in practice are given.

1. Einleitung und theoretischer Hintergrund

Augmented Reality (AR) kombiniert reale und virtuelle Elemente. Im Bereich des Lehrens und Lernens kann diese Form der Darstellung durch neue Möglichkeiten für die Gestaltung von Lernmaterial zu einer besonderen Art der Informationsvermittlung genutzt werden. Für einen zielgerichteten Einsatz müssen jedoch einige Punkte beachtet werden, z. B. die Anpassung des Materials an das entsprechende Lernziel und das zielgerichtete Design von Interaktionen zum Herbeiführen relevanter mentaler Verarbeitungsprozesse bei gleichzeitiger Reduzierung irrelevanter mentaler Prozesse.

1.1 Interaktives Lernen mit AR

AR ermöglicht durch die Kombination realer und virtueller Elemente Interaktion mit rein realen oder rein virtuellen Elementen, aber auch vermittelte Interaktion, in der virtuelle Elemente durch die Manipulation realer Elemente verändert werden können (Krüger und Bodemer 2020; Tangible Interface Metaphor; vgl. Billinghurst und Dünser 2012). Hierbei können z. B. Papiermarker Ankerpunkte für virtuelle Elemente bieten, sodass das Verschieben einer Papierkarte die Bewegung eines virtuellen Objekts auslöst. Die Interaktion mit dem Material kann in unterschiedlicher Form erfolgen und unterschiedlich aufwendig sein. Beim Herumgehen um ein virtuelles Objekt können z. B. verschiedene Perspektiven betrachtet und räumliche Beziehungen erlernt werden (Holmes, Newcombe und Shipley 2018). Dies ist trotz der Anforderung, den ganzen Körper zu bewegen, eine intuitive Interaktion von vergleichsweise geringer Komplexität. Dagegen kann z. B. der Zusammenbau virtueller Elemente oder

das Zuordnen von virtuellen und realen Objekten mit den Händen zur externen und mentalen Integration von Teilstrukturen und zur Generierung neuer Objekte führen. Diese Handlungen stellen jedoch hohe Anforderungen an die Interagierenden.

Moreno und Mayer (2007) definieren interaktive Lernumgebungen darüber, dass Lernende durch Aktionen Ereignisse auslösen können. Die Gestaltung der Interaktion soll kognitive Kapazitäten der Lernenden nicht überfordern. Dementsprechend wird in der Forschung zu multimedialem Lernen betont, dass nicht die körperliche Interaktion unmittelbar für vertiefte Lernprozesse verantwortlich ist, sondern die mentale Interaktion (Clark und Mayer 2016). Körperliche Interaktion kann demnach zwar lernförderliche mentale Prozesse anregen, aber auch lernhinderlich sein (Stull und Mayer 2007).

Körperliche Interaktion sollte also zielgerichtet eingesetzt werden, um die erwünschte mentale Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial zu initiieren oder zu vertiefen. Dies gilt sowohl für klassische multimediale Darstellungen als auch für den spezifischen Fall von AR, welche insbesondere auf Grund der oben beschriebenen komplexen Interaktionsmöglichkeiten ein zielgerichtetes Design zur Reduzierung lernirrelevanter und Erhöhung lernrelevanter Verarbeitungsprozesse erfordert.

1.2 Kognitive Belastung beim interaktiven Lernen

Forschungsergebnisse zu schlechteren Lernerfolgen bei körperlicher Aktivität können auf Basis der Theorie der kognitiven Belastung (Cognitive Load Theory, CLT) begründet werden (u. a. Clark und Mayer 2016; Stull und Mayer 2007). Die CLT postuliert ein begrenztes Arbeitsgedächtnis und drei Arten kognitiver Belastung beim Lernen: *intrinsische kognitive Belastung* (intrinsic cognitive load, ICL), *lernrelevante kognitive Belastung* (germane cognitive load, GCL) und *extrinsische kognitive Belastung* (extraneous cognitive load, ECL; Sweller, van Merriënboer, und Paas 1998; Sweller, van Merriënboer, und Paas 2019). Die ICL bezieht sich auf die Schwierigkeit der Lernaufgabe, die ECL hängt von der Materialgestaltung ab, die nichts mit der inhaltlichen Lernaufgabe zu tun hat, und die GCL entsteht durch tiefere Verarbeitungs- und Lernprozesse. Die CLT beschreibt als Ziel der Instruktionsgestaltung, ECL zu verringern und GCL innerhalb der vorhandenen Arbeitsgedächtniskapazität durch die Aktivierung relevanter Lernprozesse zu erhöhen.

Laut der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens (Cognitive Theory of Multimedia Learning, CTML) finden im Arbeitsgedächtnis aktive mentale Prozesse der Informationsverarbeitung statt, die die Auswahl, die Organisation in eine kohärente mentale Repräsentation, und die Integration miteinander und mit vorhandenem Vorwissen enthalten (Mayer 2020a). Hierbei wird beim «extraneous processing» (analog zur ECL) davon ausgegangen, dass diese Prozesse nicht bzw. nicht

erfolgreich ablaufen, beim «essential processing» (analog zur ICL), Auswahlprozesse ausgeführt werden, und beim «generative processing» (analog zur GCL) Organisations- und Integrationsprozesse stattfinden.

Lernmaterialien sollten demnach mit dem Ziel gestaltet sein, kognitive Organisations- und Integrationsprozesse über die Auswahlprozesse hinaus anzuregen, um vertieftes Lernen und Verstehen anzuregen. Da im Design von AR-basierten Lernanwendungen die vielfältigen Möglichkeiten der Technologie dazu verleiten, diese weitestgehend auszuschöpfen, ist der Hinweis auf die Relevanz der Anregung von vertieften Verarbeitungsprozessen durch gezieltes Instruktionsdesign besonders wichtig.

Eine weitere Unterteilung von kognitiver Belastung, die häufig im Rahmen von AR-bezogenen Studien genutzt wird (Buchner, Buntins, und Kerres 2021a; 2021b), ist die Konzeption nach Hart und Staveland (1988), die im Rahmen des NASA Task Load Index (NASA TLX) sechs globale Konstrukte der Aufgabenbelastung beschreibt. Im Vergleich zur CLT-Konzeption wird die zugrundeliegende Aufgabe stärker berücksichtigt, dies geschieht jedoch im Zusammenspiel mit individuellem Verhalten und Empfinden. Hierbei beschreiben *mentale*, *körperliche* und *zeitliche Anforderung* drei aufgabenbezogene Konstrukte (Hart und Staveland 1988). Die Anforderung ergibt sich direkt aus der Schwierigkeit der Aufgabe, wird jedoch nicht wie in der CLT in lernförderliche und lernhinderliche Anteile klassifiziert. Insbesondere die körperliche Belastung bringt hier eine zusätzliche Komponente mit ein, die für interaktive Lernsettings von Interesse sein kann. Wahrgenommene *Leistung* und *Aufwand* sind in der Konzeption als verhaltensbezogene Konstrukte enthalten, und *Frustration* als personenbezogenes Konstrukt. «Aufwand» ist eine aktive Komponente, die den erbrachten Aufwand für das Erreichen der Leistung beschreibt und mit der aktiv investierten GCL (Klepsch und Seufert 2021) einhergehen kann. Durch die NASA TLX-Konzeption können weitere Erkenntnisse über die Belastung von Lernenden beim Ausführen verschiedener Lernaufgaben erlangt werden. Krüger und Bodemer (2020) fanden positive Korrelationen von GCL mit Aufwand sowie mentalen Anforderungen, und eine positive Korrelation von ECL und Frustration. Dies zeigt mögliche Zusammenhänge zwischen den CLT- und den NASA TLX-Konstrukten, jedoch auch eine weiterführende Differenzierung zwischen verschiedenen Arten der Belastung, die mit Verarbeitungsprozessen einhergehen können.

1.3 Aktives Integrieren für vertiefte Verarbeitungsprozesse

In der CTML werden Designprinzipien zur Reduzierung nicht direkt lernrelevanter Prozesse beschrieben. Das räumliche Kontiguitätsprinzip beschreibt z. B. den Vorteil visuell-räumlich integrierter multimedialer Darstellungen von zusammengehörenden Bildern und Texten im Vergleich zur getrennten Darstellung, da hierdurch

visuelle Suchprozesse verringert und Kapazitäten im Arbeitsgedächtnis für die vertiefte Verarbeitung freigehalten werden können (Mayer 2020b). Der Split-Attention-Effekt in der CLT beschreibt dasselbe Phänomen (Ayres und Sweller 2014) und in vielen empirischen Studien wurde ein positiver Effekt auf die Lernergebnisse bei Beachtung des Prinzips festgestellt (Schroeder und Cenkci 2018). Mit AR ist dieses Prinzip spezifisch anwendbar auf die Kombination virtueller und physischer Elemente, die mithilfe von AR-Technologien in derselben visuellen Ansicht dargestellt werden können: integriert am tatsächlichen Ort des realen Objekts im dreidimensionalen Raum der «echten» Welt (Krüger und Bodemer 2022; Altmeyer et al. 2020). Thees et al. (2020) fanden z. B., dass bei einer integrierten Darstellung überblendeter Informationen mithilfe einer AR-Brille die ECL geringer war als bei einer separat auf einem Bildschirm gezeigten Darstellung, auch wenn keine Effekte auf den Lernerfolg gefunden wurden.

Die Entlastung kognitiver Kapazitäten bei Befolgen des Kontiguitätsprinzips ist jedoch kein Garant für die Nutzung freier Kapazitäten zur vertieften kognitiven Verarbeitung von Inhalten. Bodemer et al. (2004) schlugen aus diesem Grund vor, Aufgaben zum Aktiven Integrieren unterschiedlicher Repräsentationsformen in Lernmaterialien einzubetten, um mentale Prozesse der Organisation und Integration anzuregen und zu vertiefen: Lernende sollen dabei durch schrittweise physisch-interaktive Zuordnung einander entsprechender Elemente und Strukturen eine integrierte Gesamtdarstellung erreichen. Auf diese Weise sollen Lernende bei der mentalen Kohärenzbildung unterstützt und soll einer zu oberflächlichen mentalen Verarbeitung, die bei bereits vorintegriertem Material auftreten kann, oder einer zu hohen kognitiven Belastung durch nicht integriertes Material entgegengewirkt werden. In einer Reihe von Studien zeigten sich lernbezogene Vorteile durch Aktives Integrieren im Vergleich zu vorintegrierten und nicht integrierten Darstellungen. Dabei unterstützt Aktives Integrieren insbesondere das Verständnis von Zusammenhängen, die durch unterschiedliche Repräsentationsformen vermittelt werden (z. B. Bodemer et al. 2004), und von komplexen Inhaltsbereichen (z. B. Bodemer et al. 2005; Florax und Ploetzner 2010). In Bezug auf die mediale Komplexität des Lernmaterials zeigen sich dagegen Vorteile, wenn die Lernenden das Material zunächst statisch integrieren und dann erst dynamisch und interaktiv nutzen (z. B. Bodemer et al. 2004, 2005).

Das Vorgehen beim Aktiven Integrieren entspricht dem Ziel der in Abschnitt 1.1 vorgestellten Anregung mentaler Aktivitäten durch zielgerichtete körperliche Aktivitäten und soll die in Abschnitt 1.2 beschriebenen Organisations- und Integrationsprozesse (GCL) anregen, während durch die resultierende integrierte Darstellung nicht lernrelevante Prozesse (ECL) geringgehalten werden sollen. In der aktuellen Studie soll das Konzept des Aktiven Integrierens in einer AR-basierten Lernumgebung umgesetzt werden, um die Übertragbarkeit der bisher gefundenen Ergebnisse

auf komplexe, realitätsüberbrückende Visualisierungen zu prüfen. In der AR-Umgebung sollen hierbei physische Elemente (hier: Textkarten) und virtuelle Elemente (hier: animierte virtuelle Modelle) miteinander verknüpft werden. Im Vergleich zu rein virtuellen Umgebungen ist eine natürliche, intuitive Interaktion zur externen Zuordnung physischer Elemente möglich, die die mentale Zuordnung auslösen und unterstützen soll. Im Vergleich zu rein physischen Umgebungen ist eine dreidimensionale, dynamische Darstellung virtueller Modelle möglich, die das Verständnis textuell beschriebener Prozesse unterstützen soll. Um eine Übertragung der beschriebenen theoretischen Annahmen und Ergebnisse zu überprüfen, soll die Forschungsfrage beantwortet werden:

Führt Aktives Integrieren in einer AR-Umgebung mit realen und virtuellen Elementen zu lernförderlicherer kognitiver Belastung und Arbeitsbelastung und besseren Lernergebnissen als eine vorintegrierte Darstellung?

Zusätzlich zur Messung verschiedener Arten von Lernerfolg in den vorgestellten Studien zum Aktiven Integrieren sollen in der aktuellen Studie zur genaueren Beschreibung der erwarteten Effekte auch kognitive Belastung und Arbeitsbelastung erfasst werden. Hierzu sollen die in Abschnitt 1.4 vorgestellten Hypothesen überprüft werden.

1.4 Hypothesen

Die in Abschnitt 1.3 vorgestellten theoretischen Überlegungen und empirischen Befunde zum Aktiven Integrieren beim Lernen mit multimedialen Lernmaterial beschreiben Vorteile gegenüber vorintegriertem Material in Bezug auf die Unterstützung mentaler Organisations- und Integrationsprozesse und damit einhergehend einen höheren Lernerfolg. Entsprechend gehen wir auch bei AR-Material, das physische und virtuelle Objekte verknüpft und unterschiedliche, teilweise ungewohnte Interaktionsformen erfordert, von verbesserter mentaler Organisation und Integration und somit einer erhöhten GCL im Vergleich zu einer vorintegrierten Darstellung aus (H1a). Bei zunächst getrennter Darstellung der Materialien und erhöhter körperlicher Belastung durch Aktives Integrieren, wird ausserdem eine im Vergleich zur integrierten Darstellung erhöhte ECL erwartet (H1b), die jedoch durch das Aktive Integrieren über die Zeit verringert werden und insgesamt gering genug sein sollte, um keinen negativen Einfluss auf das Lernergebnis zu haben. Da die Lerninhalte gleich sind und von gleichem Vorwissen ausgegangen wird, vermuten wir eine gleich hohe ICL bei vorintegriertem und aktiv integriertem Material (H1c).

Hypothesenblock 1: Beim Lernen mit AR-Material führt Aktives Integrieren im Unterschied zu vorintegriertem Material zu

- (a) höherer GCL.
- (b) höherer ECL.
- (c) gleich hoher ICL.

Auch in Bezug auf die sechs Konstrukte zur Aufgabenbelastung (NASA TLX) wird auf Basis der theoretischen Überlegungen von einer insgesamt höheren Belastung beim Aktiven Integrieren im Vergleich zu vorintegriertem Material aufgrund zusätzlich erforderlicher mentaler (H2a) und körperlicher (H2b) Prozesse ausgegangen. Die mentale Anforderung ergibt sich hierbei aus der mentalen, die körperliche Anforderung aus der externen Integration der Elemente. Durch die explizite Tätigkeit bei gleichbleibender Lernzeit wird auch eine Erhöhung der zeitlichen Anforderung erwartet (H2c), jedoch auch eine erhöht wahrgenommene Leistung (H2d). Durch die nötige mentale Integration und die Möglichkeit, bei einer Zuordnung länger überlegen zu müssen, werden auch der wahrgenommene investierte Aufwand (H2e) und die Frustration (H2f) beim Aktiven Integrieren höher erwartet.

Hypothesenblock 2: Beim Lernen mit AR-Material führt Aktives Integrieren im Unterschied zu vorintegriertem Material zu

- (a) höherer mentaler Anforderung.
- (b) höherer körperlicher Anforderung.
- (c) höherer zeitlicher Anforderung.
- (d) höherer selbsteingeschätzter Leistung.
- (e) höherem wahrgenommenem investiertem Aufwand.
- (f) höherer Frustration.

Insgesamt wird auf Basis der theoretischen Überlegungen und der Erhöhung der mentalen Verarbeitung (einhergehend mit höherer GCL) durch Aktives Integrieren auch von einem höheren Lernerfolg im Vergleich zu einer vorintegrierten Darstellung ausgegangen, wie dies auch schon in den in Abschnitt 1.3 vorgestellten empirischen Studien gefunden wurde. Hierbei wird erwartet, dass sich durch das Integrieren der Elemente die möglicherweise lernhinderlichen Belastungen (einhergehend mit höherer ECL) über die Zeit verringern, da am Ende eine integrierte Darstellung vorhanden ist und die physische Integration die mentale Integration unterstützen soll. Daher gehen wir trotz zu Beginn erhöhter ECL von einem höheren Lernerfolg aus (H3).

Hypothese 3: Beim Lernen mit AR-Material führt Aktives Integrieren im Unterschied zu vorintegriertem Material zu höherem Lernerfolg.

2. Methode

Zur Überprüfung der Annahmen wurde in einer Laborstudie mithilfe einer Tablet-basierten AR-Anwendung ein experimentelles Zwischen-Gruppen-Design umgesetzt. Es konnten zwei Personen parallel teilnehmen. Die Verteilung in die Gruppen erfolgte grösstenteils randomisiert – mit der Einschränkung, dass bei gleichzeitiger Teilnahme die beiden Personen in gegensätzliche Gruppen eingeteilt werden mussten, da es pro Bedingung nur ein Material-Set gab.

Die Manipulation der unabhängigen Variable erfolgte durch die Variation der Aufgabenstellung und der damit verbundenen Interaktivität des Lernmaterials, das aus virtuellen, animierten 3D Modellen der Komponenten eines Gas-und-Dampf-Kombi-Kraftwerks sowie entsprechenden textuellen Kurzbeschreibungen auf Papierkarten bestand (vgl. Abschnitt 2.2.1). Während eine Gruppe die Aufgabe und die Möglichkeit hatte, das Lernmaterial physisch zu integrieren, war das Lernmaterial in der anderen Gruppe bereits vorintegriert.

Die untersuchten abhängigen Variablen in dieser Studie entsprechen den in den Hypothesen genannten: drei Variablen zur kognitiven Belastung (GCL (H1a), ECL (H1b), und ICL (H1c)), sechs Variablen zur Aufgabenbelastung (mentale Anforderung (H2a), physische Anforderung (H2b), zeitliche Anforderung (H2c), Leistung (H2d), Aufwand (H2e), Frustration (H2f)) und Lernerfolg (H3). Darüber hinaus wurden anhand von Bildschirmaufzeichnungen auch Prozessdaten zur Interaktion der Teilnehmenden mit dem Material erhoben und explorativ ausgewertet. Die Studie mit der ID psychmeth_2019_AR5_74 wurde in Übereinstimmung mit ethischen Richtlinien durchgeführt und das Protokoll wurde von der Ethikkommission der Abteilung Informatik und Angewandte Kognitionswissenschaft genehmigt (Votums-ID 1911PFSF0722).

2.1 Teilnehmende

102 Personen nahmen an der Studie teil, die grösstenteils aus dem Studiengang «Angewandte Kognitions- und Medienwissenschaft» der Universität Duisburg-Essen rekrutiert wurden. Davon wurden vier Personen auf Basis des 1.5 Interquartilsabstand-Kriteriums mit sehr kurzer (< 21.30 Minuten) oder sehr langer Bearbeitungszeit (> 37.42 Minuten) entfernt (mittlere Bearbeitungszeit: 29.72 Minuten; $SD = 3.78$). Weitere vier Personen wurden aus der Bedingung Aktiv Integrieren entfernt, da aus den Bildschirmaufnahmen ersichtlich war, dass sie die Zuordnungsaufgabe nicht ausführten. Insgesamt blieben $N = 94$ Personen im endgültigen Datenset, $n = 49$ in der vorintegrierten und $n = 45$ in der Bedingung Aktiv Integrieren.

Als Geschlecht gaben 20 Personen männlich an, 73 weiblich, und eine divers. Die Teilnehmenden waren 18 bis 44 Jahre alt ($M = 21.44$, $SD = 3.88$). 90% waren Studierende. Die Teilnehmenden gaben in einem fünfstufigen Antwortformat (1 «nie»,

2 «selten», 3 «ab und zu», 4 «häufiger», 5 «regelmässig») an, in der Vergangenheit nur selten oder noch nie allgemeine mobile AR-Anwendungen ($M=1.63$, $SD=0.70$; nie: 48%) und mobile AR-Lernanwendungen ($M=1.14$, $SD=0.35$; nie: 86%) genutzt zu haben. Auch die Wissensüberzeugung in Bezug auf das Thema Gas-und-Dampf-Kombi-Kraftwerke, abgefragt mit drei Items im Fünfpunktformat, war sehr gering ($M=1.23$, $SD=0.35$). In Tabelle 1 sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Eigenschaften der Teilnehmenden beider Bedingungen angegeben, die sich in den meisten Werten sehr ähnlich sind.

Bedingung	n	Geschlecht			Alter M (SD)	Wissens- überzeugung M (SD)	Nutzung AR-Apps	
		m	w	d			Allgemein M (SD)	Lernen M (SD)
Aktiv Integr.	45	11	33	1	21.16 (2.43)	1.26 (0.41)	1.64 (0.68)	1.13 (0.34)
Vorintegriert	49	9	40	0	21.69 (4.85)	1.21 (0.29)	1.61 (0.73)	1.14 (0.35)

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen ausgewählter Eigenschaften der Teilnehmenden nach Bedingung.

2.2 Material

2.2.1 Lernmaterial und Anwendung

Das Lernmaterial bestand aus einem animierten dreidimensionalen Gas-und-Dampf-Kombi-Kraftwerk, das mithilfe einer AR-Anwendung auf einem Android Tablet durch Einscannen von elf in einem Cluster zusammengeklebten AR-Markern betrachtet werden konnte (Markercluster s. Abbildung 1 und 2). Hierbei wurde pro Marker eine Komponente des Kraftwerks angezeigt (s. Abbildung 3). Die AR-Anwendung wurde mithilfe von Unity 3D, Version 2018.2.11f1 (Unity Technologies 2018), und dem Plugin Vuforia, Version 7.5 (PTC Inc. 2018), im Rahmen einer Masterarbeit (Buchholz 2018) programmiert, für diese Studie geringfügig angepasst und auf einem 10.8 Zoll Tablet genutzt (s. Abbildung 4). Sie war für beide Gruppen in den Markern und daran gekoppelten virtuellen Elementen gleich. Die Manipulation erfolgte durch die zusätzlichen Textelemente, die entweder schon an die Marker angefügt waren (vorintegrierte Darstellung, Abbildung 1 und 5), oder getrennt waren und von den Teilnehmenden selbst zugeordnet werden sollten (Aktives Integrieren, Abbildung 2 und 6). Inhaltlich waren die Texte in beiden Bedingungen gleich. Es wurde eine Tablet-basierte Umsetzung gewählt, da diese Geräte freier verfügbar sind als z. B. AR- oder VR-Brillen und somit einfacher in echten Lernsettings eingesetzt werden können.

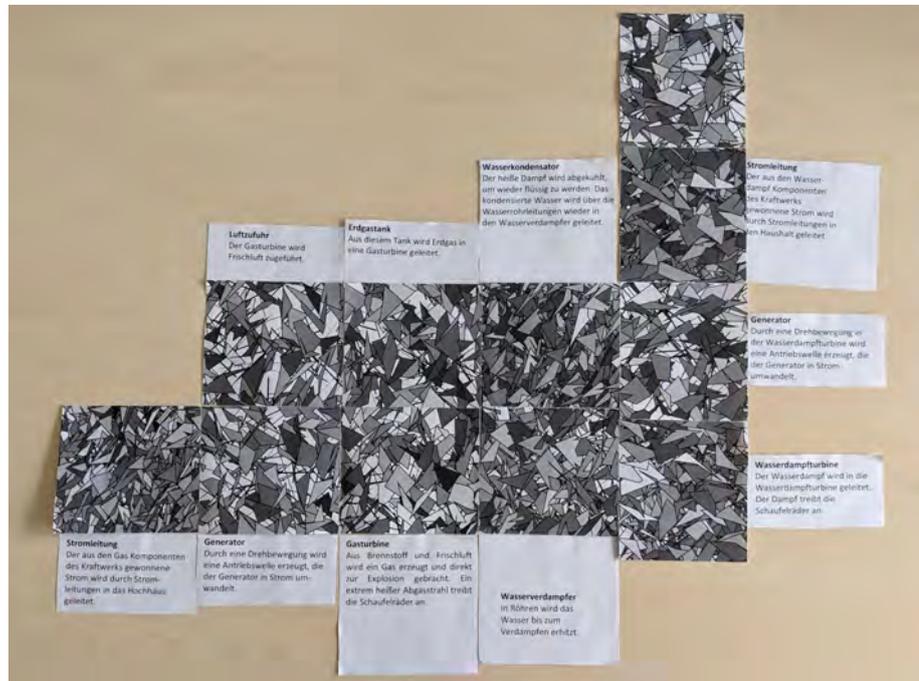


Abb. 1: Versuchsaufbau vorintegrierte Darstellung.

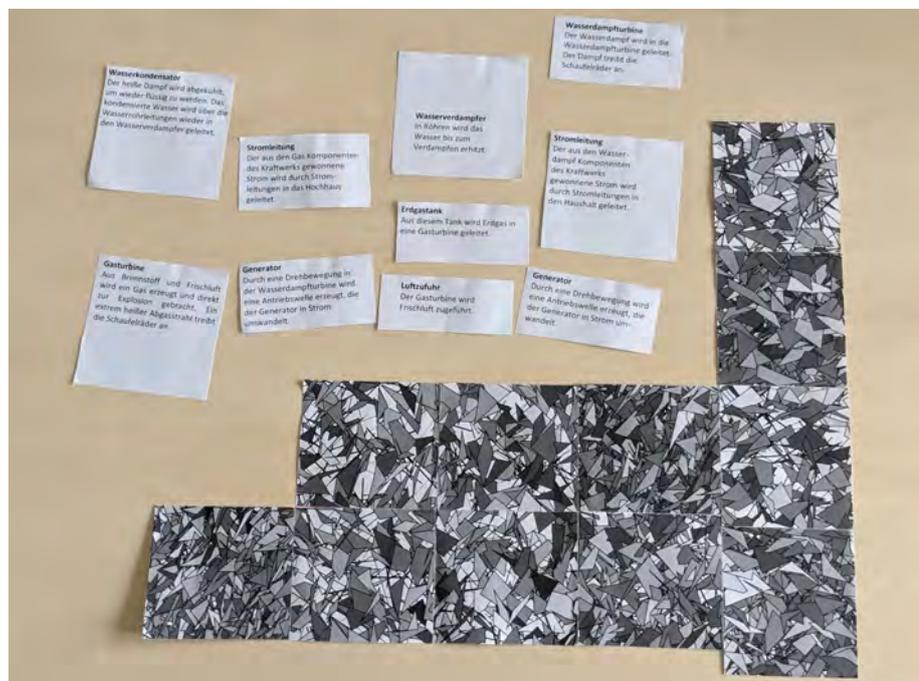


Abb. 2: Versuchsaufbau Aktives Integrieren.

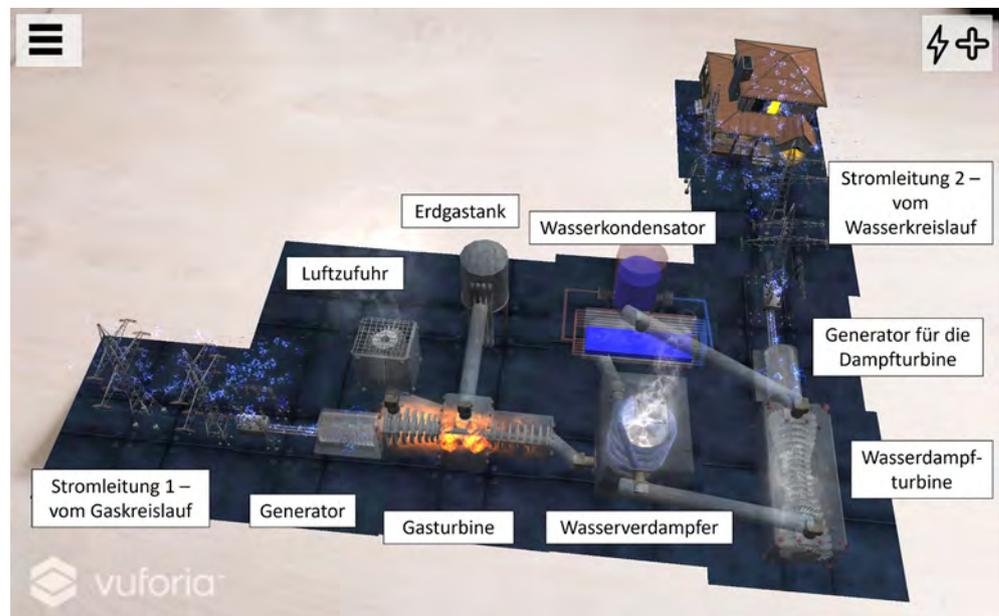


Abb. 3: Übersicht der Kraftwerkkomponenten in AR-Anwendung.

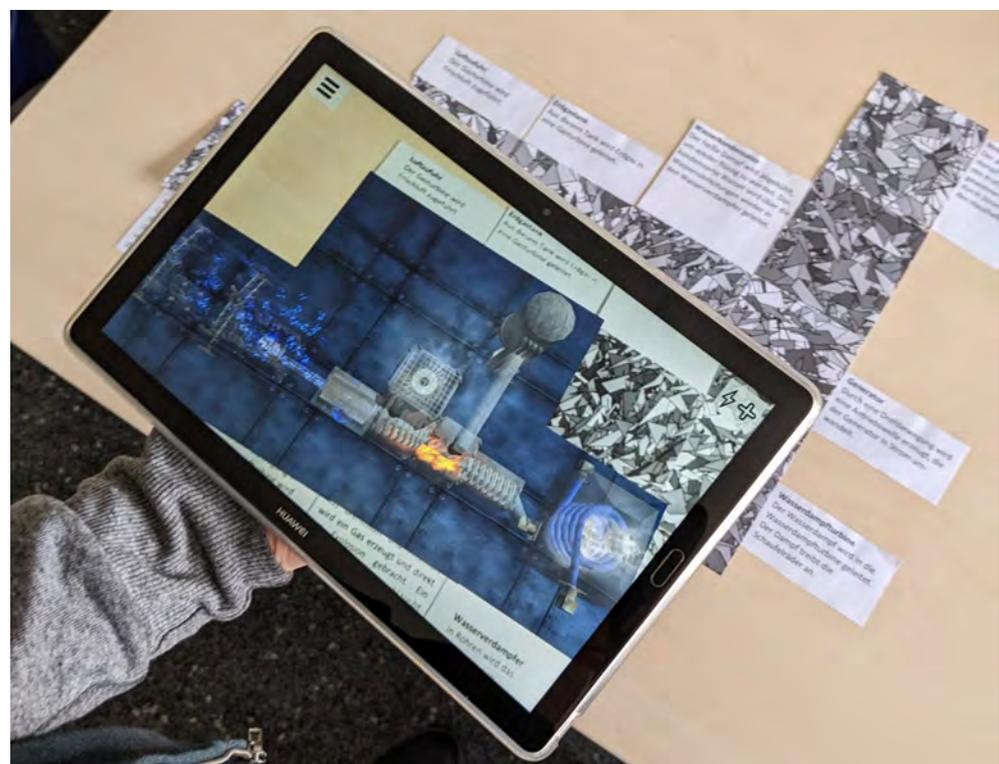


Abb. 4: Nutzung der Tablet-Anwendung.

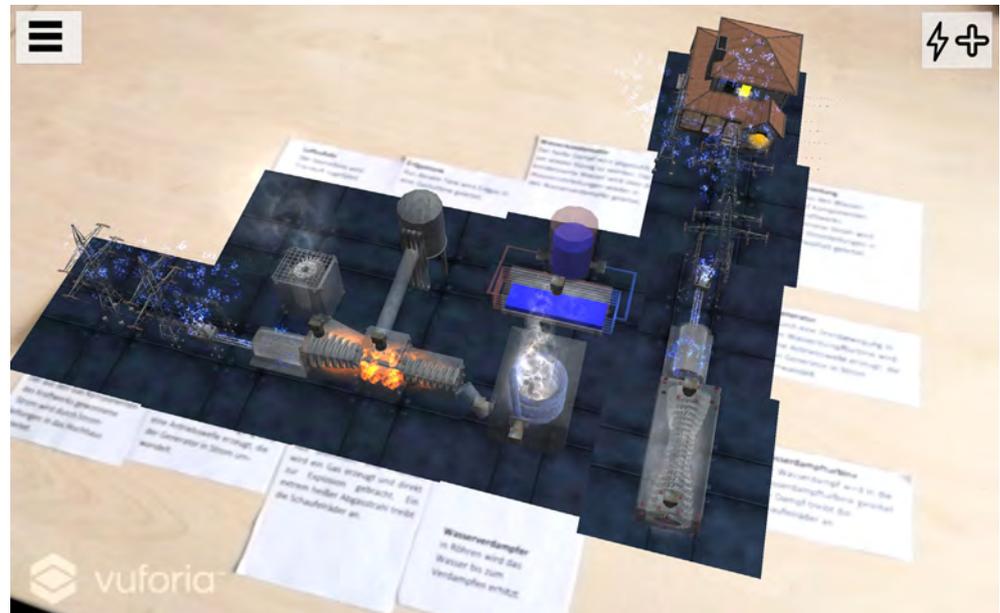


Abb. 5: Screenshot der Nutzung von vorintegriertem Material.

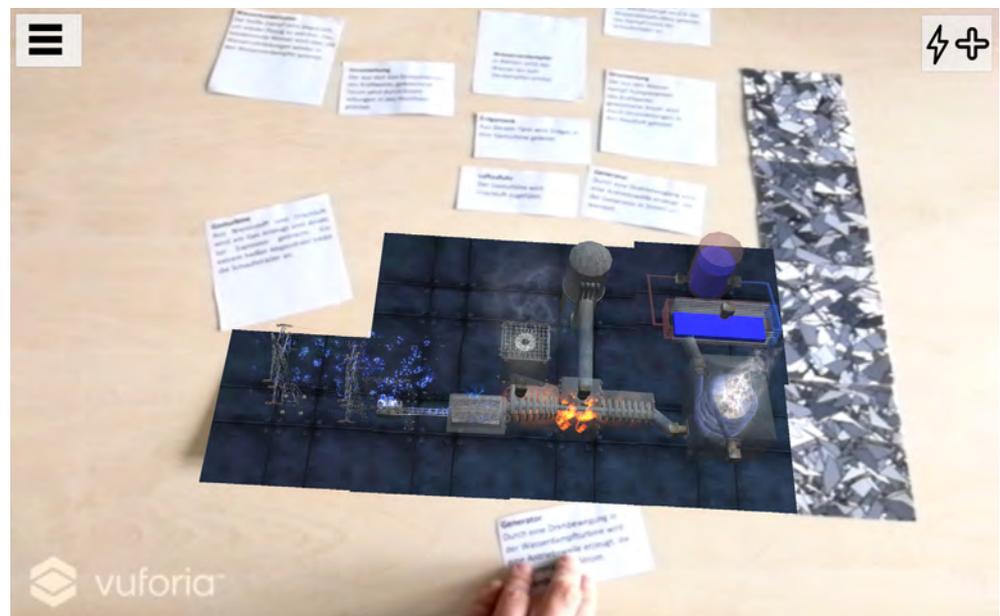


Abb. 6: Screenshot der Nutzung beim Aktiven Integrieren.

2.2.2 Fragebögen

Zur Messung der kognitiven Belastung wurde der Fragebogen von Klepsch, Schmitz und Seufert (2017) genutzt, der GCL (drei Items), ECL (drei Items) und ICL (zwei Items) siebenstufig von «Vollkommen unzutreffend» (1, niedrig) bis «Vollkommen zutreffend» (7, hoch) misst. Es wurden Mittelwerte für jede Subskala berechnet. Die in der Validierungsstudie ermittelte Faktorenstruktur bildet diese 3-Subskalen-Struktur ab (Klepsch, Schmitz, und Seufert 2017). McDonald's Omega als Mass der internen Konsistenz, das generischer verwendet werden kann als Cronbach's Alpha (Hayes und Coutts 2020), fällt in dieser Stichprobe akzeptabel für GCL ($\omega = .73$) und hoch für ECL ($\omega = .86$) und ICL ($\omega = .79$) aus, sodass der Fragebogen wie geplant genutzt werden kann.

Die Aufgabenbelastung wurde mit einer selbst ins Deutsche übersetzten Version des NASA TLX (Hart und Staveland 1988; Hart 2006) gemessen, die sechs Ein-Item-Skalen für die sechs Variablen mentale Anforderung, physische Anforderung, zeitliche Anforderung, Leistung, Aufwand und Frustration enthält. Die Items wurden in einem 21-Punkte-Antwortformat (1 – niedrig, 21 – hoch) beantwortet.

2.2.3 Wissenstest

Am Ende der Studie beantworteten die Teilnehmenden einen Wissenstest, der mehrfach im Verlauf der Studie angekündigt wurde. Er bestand aus zehn Fragen im Single-Choice-Format mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten. Die Fragen konnten auf Basis der Texte und Visualisierungen der Lernphase beantwortet werden. Um verschiedene Bereiche und Arten von Informationen abzufragen, wurden fünf Fragen zu verschiedenen individuellen Komponenten des Kraftwerks (z. B. «Was ist die Aufgabe des Erdgastanks?») und fünf Fragen zur Verknüpfung der Prozesse mehrerer Komponenten (z. B. «Wodurch werden die Schaufelräder in den Turbinen angetrieben?») formuliert. In Anhang A1 ist der Anteil korrekter Antworten auf die einzelnen Fragen in der Stichprobe abgebildet, wobei insgesamt ein hohes Mass an korrekten Antworten erkennbar ist. Insgesamt konnten zehn Punkte erreicht werden. Der Punkteverteilung in Abbildung 7 ist zu entnehmen, dass viele der Versuchspersonen die volle Punktzahl erreicht haben.

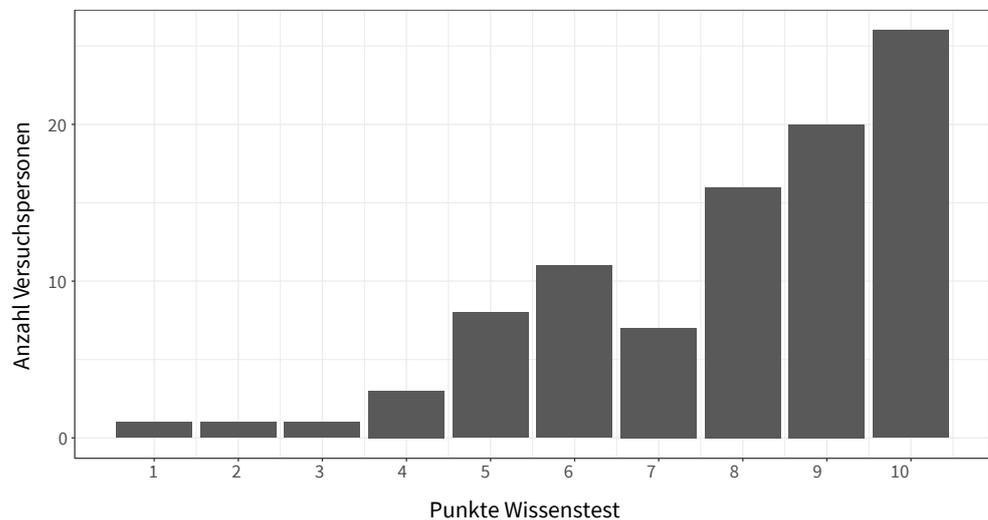


Abb. 7: Punkteverteilung im Wissenstest.

2.2.4 Prozessdaten

Zur genaueren Beobachtung der Interaktion der Teilnehmenden mit dem Material wurde während der Lernphase der Bildschirm der Tablets permanent als Video aufgenommen. Aufgrund der unerwarteten Ergebnisse wurde dieses Material nachträglich mit dem Programm BORIS (Friard und Gamba 2016) kodiert. Hierbei gab es vier Kategorien für die Sichtbarkeit der virtuellen Elemente: ein Element sichtbar, 2 bis 4 Elemente sichtbar, 5 bis 8 Elemente sichtbar und 9 bis 12 (alle) Elemente sichtbar. Es wurde der Zeitraum der Sichtbarkeit pro Kategorie festgehalten. Zusätzlich wurde die Dauer der Tablet-Nutzung für die Aufgabenerfüllung kodiert sowie Pausen, in denen das Tablet keine relevanten Objekte (d. h. die Marker) erfasste. In der Aktiv-Integrieren-Gruppe wurden ausserdem alle (sichtbaren) Platzierungen der Textkarten festgehalten, um den Zeitraum der Platzierungen zu definieren. In der Auswertung wurden von den State Events (d. h. Anzahl Elemente sichtbar, Tablet nicht genutzt) nur Events mit einer Dauer von mindestens einer Sekunde einbezogen, da kleinere Schwankungen als nicht relevant betrachtet wurden. Aufgrund technischer Probleme gibt es nur für $n = 77$ Teilnehmende Bildschirmaufnahmen, sodass alle Analysen der Beobachtungen auf Basis dieses Subsets mit $n = 37$ in der Aktiv-Integrieren- und $n = 40$ in der vorintegrierten Bedingung durchgeführt wurden.

2.3 *Versuchsablauf*

Nach Begrüssung, Aufklärung und Einverständniserklärung startete die Umfrage in LimeSurvey mit der Abfrage der Wissensüberzeugung. Nach einem kurzen technischen Test der Anwendung startete die Lernphase, in der die Teilnehmenden je nach Bedingung das Lernmaterial vorintegriert oder aktiv integrierend bearbeiteten (15 Minuten, ggf. mit Hinweis, die volle Zeit zu nutzen). Die Teilnehmenden wurden in beiden Bedingungen mit einem Hinweis auf den Wissenstest am Ende instruiert, die Texte aufmerksam zu lesen und sich das Kraftwerk durch das Tablet genau anzuschauen. In der Bedingung Aktiv Integrieren mussten zusätzlich die Textteile den richtigen Kraftwerksteilen zugeordnet werden. Hier wurde nach der Aufgabe die richtige Zuordnung präsentiert und abgefragt, wie viele Karten richtig platziert wurden. Im Anschluss wurden die Fragebögen zu Cognitive Load, Task Load und der Wissenstest beantwortet. Vor Debriefing und Verabschiedung wurden schliesslich die in Abschnitt 2.1 berichteten demografischen Daten abgefragt.

2.4 *Datenanalyse*

Die Analysen nutzen ein Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ und Shapiro-Wilk Tests (Shapiro und Wilk 1965) zur Überprüfung der Normalverteilung (s. Anhang A2 für Ergebnisse). Bei nicht gegebener Normalverteilung (H1a, H1b, H2a, H2b, H2c, H3) wurden non-parametrische Mann-Whitney *U* Tests zum Testen von Gruppenunterschieden verwendet. Bei gegebener Normalverteilung in beiden Gruppen (H2d, H2e, H2f) wurden, wie von Delacre, Lakens und Leys (2017) vorgeschlagen, standardmässig Welch's *t*-Tests durchgeführt. Alle Tests wurden einseitig für die erwartete Richtung durchgeführt. Die Interpretationen der Effektgrösse Cohen's *d* basieren auf den Klassifikationen von Cohen (1988). Für H1c wurde eine Äquivalenztest in Form eines TOST (two one-sided *t*-Tests) (Lakens, Scheel und Isager 2018) durchgeführt. Die kleinste interessierende Effektgrösse (smallest effect size of interest, SESOI; Lakens 2014) für die Äquivalenztests wurde im Vorfeld auf eine kleine Effektgrösse von Cohen's $d = +/- 0.3$ festgelegt, musste aber auf Cohen's $d = +/- 0.42$ korrigiert werden, da dies die kleinste nachweisbare Effektgrösse mit $n = 45$ in jeder Gruppe ist (hier abgerundet auf die kleinere Gruppengrösse; berechnet mit dem Tool beschrieben in Lakens (2017)). Für Cohen's *d* werden 95% Konfidenzintervalle angegeben.

3. Ergebnisse

Die zentralen deskriptiven Ergebnisse zu den formulierten Hypothesen sind in Tabelle 2 aufgeführt, die Ergebnisse der Shapiro-Wilk Tests in Anhang A2.

Mittelwert und SD pro Bedingung ^a	Möglicher Bereich	Aktiv Integrieren M (SD)	Vorintegriert M (SD)
H1a: GCL	1-7	5.35 (1.21)	5.72 (0.80)
H1b: ECL	1-7	2.48 (1.42)	2.50 (1.17)
H1c: ICL	1-7	3.37 (1.30)	3.53 (1.29)
H2a: Mentale Anforderung	1-21	9.42 (4.15)	9.47 (3.64)
H2b: Körperliche Anforderung	1-21	8.18 (5.27)	7.31 (4.64)
H2c: Zeitliche Anforderung	1-21	4.29 (3.32)	3.98 (3.06)
H2d: Leistung	1-21	15.16 (3.86)	11.88 (4.00)
H2e: Aufwand	1-21	9.64 (4.38)	10.08 (4.20)
H2f: Frustration	1-21	12.04 (5.22)	10.88 (4.39)
H3: Wissen	0-10	7.49 (2.37)	8.24 (1.73)

^a deskriptiv höherer Mittelwert jeweils **fett gedruckt**

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Kernvariablen pro Hypothese aufgeteilt nach Bedingung.

3.1 Kognitive Belastung

In H1a bis H1c wurden bei GCL und ECL jeweils höhere Werte mit Aktivem Integrieren im Vergleich zum Lernen mit vorintegriertem Material angenommen und bei der ICL gleiche Werte.

- H1a: GCL ist etwas geringer mit Aktivem Integrieren als mit vorintegriertem Material, ohne signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, $U=936.50$, $p=.898$, $d=-0.37$, 95% CI [-0.78, 0.05].
- H1b: ECL ist in beiden Bedingungen sehr ähnlich und der Unterschied nicht signifikant, $U=1041.00$, $p=.682$, $d=-0.01$, 95% CI [-0.42, 0.39].
- H1c: ICL ist mit Aktivem Integrieren etwas geringer als mit vorintegriertem Material. Die Äquivalenzgrenzen entsprechen mit Cohen's $d=+/-0.42$ den rohen Grenzen von $+/-0.54$. Die Hypothese der Gleichheit wurde nicht unterstützt, 90% CI für d [-0.61, 0.28], untere Grenze, $t(91.14)=1.42$, $p=.079$, obere Grenze, $t(91.14)=-2.65$, $p=.005$. Hierbei unterscheiden sich die Gruppen jedoch auch nicht signifikant, $U=1029.50$, $p=.580$, $d=-0.13$, 95% CI [-0.53, 0.28].

H1a, H1b und H1c werden somit verworfen.

3.2 Aufgabenbelastung

In H2a bis H2f wurden für alle Arten von Aufgabenbelastung höhere Werte mit Aktivem Integrieren im Vergleich zum Lernen mit vorintegriertem Material angenommen.

- H2a: Mentale Anforderung ist in beiden Bedingungen ähnlich und der Unterschied nicht signifikant, $U = 1068.50$, $p = .400$, $d = -0.01$, 95% CI [-0.42, 0.39].
- H2b: Physische Anforderung ist mit Aktivem Integrieren etwas höher als mit vorintegriertem Material, jedoch ohne signifikanten Unterschied, $U = 1004.00$, $p = .228$, $d = 0.18$, 95% CI [-0.42, 0.39].
- H2c: Zeitliche Anforderung ist mit Aktivem Integrieren etwas höher als mit vorintegriertem Material, jedoch auch ohne signifikanten Unterschied, $U = 1050.50$, $p = .347$, $d = 0.10$, 95% CI [-0.31, 0.50].
- H2d: Wahrgenommene Leistung ist mit Aktivem Integrieren höher als mit vorintegriertem Material, was sich in einem signifikanten Unterschied mit grossem Effekt zeigt, $t(91.79) = 4.04$, $p < .001$, $d = 0.83$, 95% CI [0.39, 1.27].
- H2e: Wahrgenommener Aufwand ist etwas geringer mit Aktivem Integrieren als mit vorintegriertem Material, jedoch ohne signifikanten Unterschied, $t(90.53) = -0.49$, $p = .688$, $d = -0.10$, 95% CI [-0.51, 0.30].
- H2f: Frustration ist mit Aktivem Integrieren etwas höher als mit vorintegriertem Material, jedoch ebenfalls ohne signifikanten Unterschied, $t(86.32) = 1.17$, $p = .111$, $d = 0.24$, 95% CI [-0.17, 0.65].

Somit wird nur H2d angenommen. In H2b, H2c und H2f weisen die deskriptiven Werte zwar in die erwartete Richtung, sie werden jedoch auf Grund des kleinen Effekts verworfen, und H2a und H2e werden schon aus deskriptiver Sicht verworfen.

3.3 Wissen

In Hypothese H3 wird höheres resultierendes Wissen mit Aktivem Integrieren als mit vorintegriertem Material angenommen. Das gemessene Wissen ist jedoch etwas geringer mit Aktivem Integrieren als mit vorintegrierten Informationen und es zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, $U = 923.50$, $p = .917$, $d = -0.37$, 95% CI [-0.78, 0.05]. H3 wird somit verworfen. Die Ergebnisse der Teilkategorien (Wissen zu einzelnen Komponenten und Verknüpfendes Wissen) zeigten dasselbe Muster wie die Gesamtauswertung des Wissenstests.

3.4 Beobachtungsdaten

Um die unerwarteten Ergebnisse der Hypothesentestungen zu erklären und Besonderheiten in der Interaktion mit der AR-Anwendung zu beschreiben, analysierten wir weitergehend die Interaktionen der Teilnehmenden auf Basis von Bildschirmaufnahmen des Tablets während der Lernphase. Allgemein kann festgehalten werden, dass Teilnehmende sehr unterschiedliche Vorgehensweisen zeigten, welche wir hier kurz zusammenfassen. Einige Personen betrachteten den Text auf den physischen Textkarten durch das Kamerabild des Tablets, andere hielten das Tablet zeitweise in andere Richtungen oder legten es weg. Mehrere Personen unterbrachen die Nutzung, aber einige nutzten das Tablet durchgängig. Nur wenige Personen drehten das Markercluster, jedoch betrachteten einige durch Positionswechsel das Kraftwerk von verschiedenen Seiten. Während manche Teilnehmende sich die Komponenten zuerst einzeln anschauten, versuchten andere, direkt das Gesamtbild des Kraftwerks zu sehen. An manchen Stellen konnten Vergleichsbewegungen z. B. zwischen den beiden Generatoren beobachtet werden. Beim Aktiven Integrieren legten mehrere Teilnehmende zu Beginn die Textkarten auf die Marker statt daneben, sodass die virtuellen Elemente meist nicht mehr abrufbar waren. Viele merkten dies jedoch und nahmen die Textkarten spätestens nach vollständiger Zuordnung von den Markern herunter, legten sie daneben und schauten sich die virtuellen Elemente nochmals an.

3.4.1 Tablet-Nutzung und Sichtbarkeit

Eine Besonderheit der AR-Umsetzung beim Aktiven Integrieren ist die Verknüpfung virtueller und physischer Elemente. In der aktuellen Studie sollten physische Textkarten virtuellen Modellen zugeordnet werden. Die Anzeige der virtuellen Elemente kann hierbei unterbrochen werden, wenn das Tablet das Tracking eines Markers verliert oder ein Marker aus dem Kamerabild verschwindet. Zudem kann das neue Einscannen von Markern einen ständigen Wechsel der Ansicht bedeuten. Hier muss also, insbesondere wenn die Interaktion noch unbekannt ist, mehr Aufwand aufgebracht werden, um die bildlichen Elemente zu betrachten, als bei rein virtuellen oder rein physischen Elementzusammenstellungen. Beim Aktiven Integrieren gab es hierdurch zwei Formen der externen Manipulation, (1) Halten und Koordinieren des Tablets und (2) Zuordnen der Textkarten. Hierdurch kann sich die Ansicht häufiger ändern oder unterbrechen, wenn das Tablet mehr hin- und hergeschwenkt wird. In der Videoauswertung wurden zur Überprüfung dieser Annahmen verschiedene Kategorien von Sichtbarkeit kodiert (s. Abschnitt 2.2.4 Prozessdaten). In Anhang A3 sind deskriptive Werte und Ergebnisse der Unterschiedstests zu allen Variablen aufgeführt. Im nächsten Absatz beschreiben wir zentrale Ergebnisse.

Wir führten fünf zweiseitige Unterschiedstestungen durch, um die Annahme zu testen, dass beim Aktiven Integrieren häufiger Ansichtsunterbrechungen oder -änderungen der virtuellen Elemente vorkommen. Zur Häufigkeit der Änderung der Ansicht fanden wir insgesamt mehr kodierte Sichtbarkeitsevents beim Aktiven Integrieren ($M=63.65$, $SD=22.54$) als der vorintegrierten Bedingung ($M=53.40$, $SD=25.07$). Dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant, $t(74.94)=1.89$, $p=.063$, $d=0.43$, 95% CI [-0.03, 0.88]. Bei genauerer Betrachtung fand sich ein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Events nur in der Kategorie «1 Element sichtbar» ($M_{AI}=12.16$, $SD_{AI}=8.27$; $M_I=7.78$, $SD_I=6.29$), $U=497.00$, $p=.013$, $d=0.60$, 95% CI [0.13, 1.06]. Zur mittleren Länge aller Sichtbarkeitsevents fanden wir signifikant längere Eventphasen in der vorintegrierten Bedingung ($M_{AI}=39.18$, $SD_{AI}=19.87$; $M_I=53.57$, $SD_I=31.57$), $U=524.00$, $p=.027$, $d=-0.54$, 95% CI [-1.00, -0.07]. Teilnehmende wechselten beim Aktiven Integrieren also häufiger zwischen Ansichten und blieben im Mittel kürzer in stabilen Ansichten.

Die Anzahl der Events, in denen das Tablet nicht auf relevante Elemente gerichtet oder ganz weggelegt war ($M_{AI}=1.97$, $SD_{AI}=2.25$; $M_I=0.90$, $SD_I=1.86$), $U=468.50$, $p=.003$, $d=0.52$, 95% CI [0.05, 0.98], und auch die Gesamtdauer der Unterbrechungen ($M_{AI}=83.55$, $SD_{AI}=119.52$; $M_I=43.26$, $SD_I=96.03$), $U=516.00$, $p=.016$, $d=0.37$, 95% CI [-0.08, 0.83] war beim Aktiven Integrieren signifikant grösser. Dies wurde auch durch die signifikant kürzere Gesamtdauer der Elementsichtbarkeit beim Aktiven Integrieren unterstützt ($M_{AI}=679.13$, $SD_{AI}=177.21$; $M_I=773.06$, $SD_I=218.52$), $U=420.00$, $p<.001$, $d=-0.47$, 95% CI [-0.93, -0.01]. Teilnehmende richteten beim Aktiven Integrieren also das Tablet häufiger und insgesamt länger von den relevanten Elementen weg und betrachteten also die AR-basierten virtuellen Elemente für einen kürzeren Zeitraum als bei der vorintegrierten Ansicht.

3.4.2 Ausführung Aufgabe zum Aktiven Integrieren

Zur Analyse des Vorgehens beim Aktiven Integrieren wurden die Zeitpunkte der Platzierung der Textkarten und somit die Zuordnung der Texte festgehalten ($n=37$). Auch hier gab es sehr grosse Unterschiede zwischen den Personen in der zeitlichen Abfolge (z. B. zuerst Textkarten platzieren, dann Kraftwerk genauer betrachten, oder andersherum) und der Länge des Zeitraums in dem die Textkarten platziert wurden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Hier sehen wir z. B. Unterschiede in Bezug auf die Zeit zwischen Start der Betrachtung und der Fertigstellung aller Platzierungen (zwischen 01:28 und 14:49). Zur Korrektheit der Platzierungen konnten nur $n=36$ Aufnahmen ausgewertet werden. Bei 10 möglichen korrekten Antworten erhielten 33% die volle Punktzahl und 31% 8 Punkte, wobei hier häufig z. B. die beiden Stromleitungen oder Generatoren vertauscht waren. In

einer Korrelationsanalyse des Zusammenhangs der korrekten Zuordnung und des Lernerfolgs entdeckten wir einen signifikanten positiven, starken Zusammenhang, Kendall's Tau $B=0.39$, $p=.003$.

Mittelwert und SD ^a	<i>M (SD)</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>IQR</i>
Dauer: Start Betrachtung → erste Platzierung	87.59 (42.85)	15.17	219.50	27.33
Dauer: Start Betrachtung → letzte Platzierung	506.32 (197.27)	87.77	888.60	297.37
Dauer: erste → letzte Platzierung	418.73 (193.05)	58.27	796.10	302.50
Dauer: letzte Platzierung → Ende Betrachtung	316.78 (199.59)	21.10	692.42	293.27
Anzahl Platzierungen	9.62 (3.71)	2	20	3
Korrektheit Platzierungen	8.00 (1.96)	2	10	3

Tab. 3: Beschreibung der Beobachtungsdaten zum Aktiven Integrieren ($n=37$; bei Korrektheit $n=36$), Dauer in Sekunden.

4. Diskussion

Ziel der in diesem Artikel vorgestellten Studie war es, eine Aufgabe zum Aktiven Integrieren physischer und virtueller Repräsentationen in einer AR-Umgebung umzusetzen und ihre Auswirkungen auf Lernprozesse und Lernergebnisse im Vergleich zur Präsentation vorintegrierter Informationen einzuschätzen. Dafür wurden Hypothesen zur Auswirkung auf kognitive Belastung und Lernerfolg formuliert und überprüft sowie explorativ Beobachtungsdaten analysiert, um die Interaktion mit der Anwendung besser verstehen zu können.

Die aufgestellten Hypothesen mussten bis auf H2d (wahrgenommene Leistung) alle verworfen werden. Teilweise zeigten sich deskriptiv sogar gegenläufige Ergebnisse. Sowohl die GCL (H1a) als auch der Lernerfolg (H3) waren beim Aktiven Integrieren hypothesenwidrig nicht höher und deskriptiv sogar geringer als im Fall der vorintegrierten Darstellung. Dies kann unter anderem auf den AR-spezifischen Aufbau in Kombination mit der Aufgabe des Aktiven Integrierens zurückgeführt werden, die zu Schwierigkeiten der Koordination der beiden externen Aufgaben Tabletkoordinierung und Textkartenplatzierung führten. Diese Schwierigkeiten schlugen sich zwar nicht in ECL (H1b) oder mentalen Anforderungen (H2a) nieder, jedoch wurde deskriptiv die körperliche Anforderung beim Aktiven Integrieren höher bewertet (H2b). Auch die Einschätzung der zeitlichen Anforderung (H2c), des Aufwands (H2e) und der Frustration (H2f) waren deskriptiv beim Aktiven Integrieren etwas höher, was einen weiteren Hinweis auf Erschwerung durch zusätzliche Aufgaben geben könnte. Die Unterschiede waren jedoch sehr gering und nicht signifikant, sodass eine Überprüfung in weiteren Studien vorgenommen werden muss. Die einzige Hypothese, die angenommen wurde, ist H2d zur wahrgenommenen Leistung. Da die Teilnehmenden beim Aktiven Integrieren eine feste Aufgabe hatten, in der sie gut

oder schlecht abschneiden konnten, konnten sie besser die eigene Leistung einschätzen als die Teilnehmenden mit vorintegrierter Ansicht, die sich lediglich mit dem Lernmaterial beschäftigen sollten.

Im Unterschied zu den Ergebnissen von Bodemer et al. (z. B. 2005, 2004) sowie Florax und Ploetzner (2010) wurden keine Vorteile des Aktiven Integrierens gegenüber einem vorintegrierten Format in Bezug auf den Lernerfolg gefunden. Dies kann z. B. mit der Natur der AR-Anwendung und dem zusätzlichen Aufwand zusammenhängen, den die Betrachtung der virtuellen Elemente auf Markern durch das Tablet mit sich bringt. In den Beobachtungsdaten zeigte sich, dass Lernende beim Aktiven Integrieren die virtuellen Objekte weniger lange betrachteten, was dem erwarteten kognitiven Vorteil der Aufgabe entgegengewirkt haben könnte. Ausserdem hatten sie durchschnittlich kürzere stabile Abschnitte ohne Veränderung der Anzahl sichtbarer virtueller Objekte, sodass der Aufbau einer mentalen Repräsentation des gesamten Kraftwerks vermutlich erschwert wurde. In Studien, in denen sich positive Auswirkungen durch Aktives Integrieren gezeigt haben (z. B. Bodemer et al. 2004, 2005; Florax und Ploetzner 2010), gab es zusätzlich zum Aktiven Integrieren des statischen Materials eine weiterführende, komplexere Aufgabe mit dynamisch-interaktivem Material, die auf Basis des erlangten grundlegenden Wissens ausgeführt wurde. In der aktuellen Studie fand nur *eine* Lernphase statt, die die direkte Verarbeitung des dynamischen Lernmaterials und zusätzliche Interaktionen erforderte. Die Komplexität der Aufgabe war somit direkt erhöht und das erworbene Wissen konnte anschliessend nicht mit zunehmender Komplexität weiter genutzt werden. Dies könnte in zukünftigen Studien genutzt werden um zu betrachten, ob das grundlegende Wissen über ein Objekt, das durch Aktives Integrieren mit AR-Unterstützung erlangt wurde, in Aufgaben mit ansteigender Komplexität erweitert werden kann.

4.1 Limitationen

In der Studie gibt es mehrere Limitationen, die bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden sollten. Eine Limitation der Ergebnisse bezieht sich auf den Wissenstest, der grösstenteils Wissen abfragte, das zwar Aufbau und Funktionen des Kraftwerks betraf, jedoch in den meisten Fällen bereits durch die Informationstexte erlangt werden konnte. Die räumliche Integration half bei der Beantwortung einiger Zusammenhangsfragen, jedoch gab es keine Fragen, die bildliche Elemente aus den virtuellen Modellen aufgriffen. Thees et al. (2022) fanden in einem Vergleich von separaten und durch AR integrierten Darstellungen virtueller und physischer Elemente einen Vorteil der separaten Darstellung für den Lernerfolg. Als mögliche Erklärung nannten die Autor:innen die Relevanz der in der separaten Darstellung einfacheren lokalen Integration textueller Informationen im Vergleich zur globalen Integration textueller und bildlicher Informationen (für «local coherence formation»

und «global coherence formation» s. Seufert und Brünken 2006, 2004). Auch in der aktuellen Studie war für die Beantwortung des Wissenstests nur die lokale Integration innerhalb der textuellen Repräsentationsform notwendig, nicht die globale Integration bildlicher und textueller Repräsentationsformen, die durch das Aktive Integrieren unterstützt werden sollte. In weiteren Studien sollte ein Wissenstest eingesetzt werden, der auch die Integration der bildlichen und textuellen Materialien abfragt. Im Lernmaterial der aktuellen Studie waren die bildlichen Inhalte hauptsächlich für die Veranschaulichung der textuell beschriebenen Prozesse in den Kraftwerkskomponenten relevant, sodass diese keine essenziellen zusätzlichen Informationen vermittelt haben, die hätten abgefragt werden können. Auch dies sollte bei zukünftigen Studien im Lernmaterial bedacht werden.

Eine weitere Limitation stellt der Umgang mit der AR-Anwendung dar. Die Teilnehmenden mussten gleichzeitig Text und Bild integrieren und die Marker mit dem Tablet erfassen, um die virtuelle Repräsentation zu sehen. Dies kann zu unerwarteten Wechselwirkungen der verschiedenen Formen der Interaktion geführt haben, die hier jedoch nicht weiter überprüft werden konnten. In zukünftigen Studien sollte darauf geachtet werden, dass das Material leichter nutzbar ist, z. B. durch eine Technologie wie AR-Brillen, bei denen die Person die Hände für die Interaktion zur externen Integration frei hat. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass AR-Brillen noch nicht weitreichend verfügbar sind und somit Umsetzungen in echten Lernsettings vorerst mit Tablets erfolgen müssten.

4.2 Implikationen und Fazit

Trotz der Limitationen haben die hier vorgestellten Ergebnisse verschiedene Implikationen für Theorie und Praxis. Einerseits unterstützen sie die Annahme, dass nicht alle körperlichen Interaktionen mit Lernmaterial unmittelbar zu Lernerfolg führen (vgl. Stull und Mayer 2007; Clark und Mayer 2016). Es gab einen klaren Zusammenhang zwischen der Korrektheit der Zuordnung und dem Ergebnis im Wissenstest, bei dem der Kausalzusammenhang jedoch auf Basis der aktuellen Studie nicht eindeutig definiert werden kann. Einerseits könnten Personen bei der Zuordnung einen Lernzuwachs gehabt haben, der bei korrekten Annahmen zum besseren Ergebnis im Wissenstest führte. Andererseits könnte ein grundlegendes Wissen zum Thema sowohl zur korrekten Zuordnung als auch zum guten Ergebnis im Wissenstest geführt haben. In der aktuellen Studie gab es zwar eine subjektive Einschätzung zum Vorwissen der Personen, jedoch keinen Vorwissenstest oder eine Einleitung zum Thema, die das Vorwissen den Teilnehmenden hätte angleichen können. Dies sollte in zukünftigen Studien beachtet werden.

Ob die Ergebnisse in dieser Studie speziell auf die AR-Umsetzung oder auf das allgemeine Instruktionsdesign dieses Lernsettings zurückzuführen sind, ist nicht abschliessend zu beurteilen. Es kann jedoch für die Umsetzung einer solchen Lernaufgabe in der Praxis festgehalten werden, dass es wichtig ist, Lernende bei der ersten Nutzung einer innovativen Technologie zu unterstützen, insbesondere bei der Koordination von Aktivitäten, die durch Nutzung der Technologie komplexer werden. In der aktuellen Studie ist deutlich erkennbar, dass die Teilnehmenden, die gleichzeitig die Tabletkoordination und Aktives Integrieren durchführten, mindestens eine der beiden Aufgaben nicht ausreichend umsetzen konnten und das Tablet weniger konsistent zur Betrachtung der virtuellen Objekte nutzten. Die Schwierigkeiten bei der Gerätekoordination würden sich vermutlich über die Zeit und mit mehr Übung reduzieren, sollten aber insbesondere beim ersten Einsatz in der Praxis beachtet werden, z. B. durch eine Phase des Bekanntmachens mit dem Gerät und der Lernumgebung.

Abschliessend kann festgestellt werden, dass Designprinzipien, die sich in klassischen multimedialen Lernumgebungen bewährt haben und typischerweise nur virtuelles Lernmaterial bereitstellen (wie hier das Prinzip des Aktiven Integrierens), sich nicht automatisch auch auf AR-Szenarien übertragen lassen, in denen physische und virtuelle Objekte verknüpft werden. Hier gilt es in Zukunft, die Unterschiede der Lernumgebungen systematisch zu differenzieren, um theoretisch und empirisch fundierte AR-spezifische Instruktionsprinzipien zu identifizieren, die Lernen bestmöglich unterstützen. Hierbei sollten nicht nur interaktive Möglichkeiten der verschiedenen Technologien in das Design einbezogen werden, sondern auch deren Notwendigkeit in Bezug auf die Anregung kognitiver Verarbeitungsprozesse. AR bietet die Möglichkeit, physische Tätigkeiten – wie das hier untersuchte Aktive Integrieren –, die die mentale Verarbeitung anregen können, in die echte Welt einzubetten. Ziel sollte es sein, in zukünftigen AR-Studien ein geeignetes Mass an Komplexität zu identifizieren, sodass lernrelevante Prozesse angeregt werden können, ohne die Lernenden zu überfordern. Dadurch kann das Potenzial von AR-basiertem Lernen, den Transfer von theoretischem Wissen auf reale angewandte Situationen und Orte zu unterstützen, noch besser zur Geltung kommen.

Literatur

- Altmeyer, Kristin, Sebastian Kapp, Michael Thees, Sarah Malone, Jochen Kuhn, und Roland Brünken. 2020. «The Use of Augmented Reality to Foster Conceptual Knowledge Acquisition in STEM Laboratory Courses – Theoretical Background and Empirical Results». *British Journal of Educational Technology*, January, bjet.12900. <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>.
- Ayres, Paul, und John Sweller. 2014. «The split-attention principle in multimedia learning». In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, herausgegeben von Richard E. Mayer, 206–26. Cambridge: Cambridge University Press.
- Billinghurst, Mark, und Andreas Dünser. 2012. «Augmented reality in the classroom». *Computer* 45 (7): 56–63. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.111>.
- Bodemer, Daniel, Rolf Ploetzner, Katrin Bruchmüller, und Sonja Häcker. 2005. «Supporting learning with interactive multimedia through active integration of representations». *Instructional Science* 33 (1): 73–95. <https://doi.org/10.1007/s11251-004-7685-z>.
- Bodemer, Daniel, Rolf Ploetzner, Inge Feuerlein, und Hans Spada. 2004. «The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualisations». *Learning and Instruction* 14 (3): 325–41. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.006>.
- Buchholz, Alexander. 2018. «Computersimulationen mit Augmented Reality als Lernunterstützung: Eine komparative Untersuchung von kognitiven Auswirkungen auf Lernende bei verschiedenen Darstellungs- und Interaktionsmedien». Masterarbeit, Universität Duisburg-Essen.
- Buchner, Josef, Katja Buntins, und Michael Kerres. 2021a. «The Impact of Augmented Reality on Cognitive Load and Performance: A Systematic Review». *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12617>.
- Buchner, Josef, Katja Buntins, und Michael Kerres. 2021b. «A Systematic Map of Research Characteristics in Studies on Augmented Reality and Cognitive Load». *Computers and Education Open* 2 (Dezember): 100036. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100036>.
- Clark, R. C., und Richard E. Mayer. 2016. «Engagement in e-Learning». In *e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*, herausgegeben von R. C. Clark und Richard E. Mayer, 4th Aufl., 219–38. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119239086.ch11>.
- Cohen, Jacob. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.
- Delacre, Marie, Daniël Lakens, und Christophe Leys. 2017. «Why psychologists should by default use Welch’s t-test instead of Student’s t-test». *International Review of Social Psychology* 30 (1): 92–101. <https://doi.org/10.5334/irsp.82>.
- Florax, Mareike, und Rolf Ploetzner. 2010. «The Influence of Presentation Format and Subject Complexity on Learning from Illustrated Texts in Biology». In *Learning in the Disciplines: Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2010) - Volume 1, Full Papers*, herausgegeben von Kimberley Gomez, Leilah Lyons, und J. Radinsky, 17–24. Chicago, IL: ISLS.

- Friard, Olivier, und Marco Gamba. 2016. «BORIS: A Free, Versatile Open-Source Event-Logging Software for Video/Audio Coding and Live Observations». *Methods in Ecology and Evolution* 7 (11): 1325–30. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12584>.
- Hart, Sandra G. 2006. «Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later». *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 50 (9): 904–8. <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>.
- Hart, Sandra G., und Lowell E. Staveland. 1988. «Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research». *Advances in Psychology*, 52: 139–83. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9).
- Hayes, Andrew F., und Jacob J. Coutts. 2020. «Use Omega Rather than Cronbach's Alpha for Estimating Reliability. But ...». *Communication Methods and Measures* 14 (1): 1–24. <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629>.
- Holmes, Corinne A., Nora S. Newcombe, und Thomas F. Shipley. 2018. «Move to Learn: Integrating Spatial Information from Multiple Viewpoints». *Cognition* 178 (September): 7–25. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.05.003>.
- Klepsch, Melina, Florian Schmitz, und Tina Seufert. 2017. «Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load». *Frontiers in Psychology* 8 (November). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>.
- Klepsch, Melina, und Tina Seufert. 2021. «Making an Effort Versus Experiencing Load». *Frontiers in Education* 6: Article 645284. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.645284>.
- Krüger, Jule M., und Daniel Bodemer. 2020. «Different types of interaction with augmented reality learning material». In *6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN)*, herausgegeben von Daphne Economou, Alexander Klippel, Heather Dodds, Anasol Peña-Rios, Mark J.W. Lee, Dennis Beck, Johanna Pirker, Andreas Dengel, Tiago M. Peres, und Jonathon Richter, 78–85. San Luis Obispo, CA: IEEE. <https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155148>.
- Krüger, Jule M., und Daniel Bodemer. 2022. «Application and Investigation of Multimedia Design Principles in Augmented Reality Learning Environments». *Information* 13 (2): Article 74. <https://doi.org/10.3390/info13020074>.
- Lakens, Daniël. 2014. «Performing High-Powered Studies Efficiently with Sequential Analyses». *European Journal of Social Psychology* 44 (7): 701–10. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2023>.
- Lakens, Daniël. 2017. «The 20% Statistician: How a power analysis implicitly reveals the smallest effect size you care about». *The 20% Statistician* (blog). 11. Mai 2017. <http://daniellakens.blogspot.com/2017/05/how-power-analysis-implicitly-reveals.html>.
- Lakens, Daniël, Anne M. Scheel, und Peder M. Isager. 2018. «Equivalence Testing for Psychological Research: A Tutorial». *Advances in Methods and Practices in Psychological Science* 1 (2): 259–69. <https://doi.org/10.1177/2515245918770963>.
- Mayer, Richard E. 2020a. «2 Science of learning: Determining how multimedia learning works». In *Multimedia Learning*, 3. Aufl., 29–62. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355.004>.

- Mayer, Richard E. 2020b. «9 Spatial contiguity principle». In *Multimedia Learning*, 3. Aufl., 207–26. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355.012>.
- Moreno, Roxana, und Richard E. Mayer. 2007. «Interactive Multimodal Learning Environments». *Educational Psychology Review* 19 (3): 309–26. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>.
- PTC Inc. 2018. «*Vuforia Augmented Reality SDK (Version 7.5)*».
- Schroeder, Noah L., und Ada T. Cenkci. 2018. «Spatial Contiguity and Spatial Split-Attention Effects in Multimedia Learning Environments: A Meta-Analysis». *Educational Psychology Review* 30 (3): 679–701. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9435-9>.
- Seufert, Tina, und Roland Brünken. 2004. «Supporting Coherence Formation in Multimedia Learning». In *Instructional Design for Effective and Enjoyable Computer-Supported Learning. Proceedings of the First Joint Meeting of the EARLI SIGs Instructional Design and Learning and Instruction with Computers*, herausgegeben von Peter Gerjets, Paul Kirschner, Jan Elen, und Richard Joiner, 138–47. Tübingen: Knowledge Media Research Center.
- Seufert, Tina, und Roland Brünken. 2006. «Cognitive Load and the Format of Instructional Aids for Coherence Formation». *Applied Cognitive Psychology* 20 (3): 321–31. <https://doi.org/10.1002/acp.1248>.
- Shapiro, S. S., und M. B. Wilk. 1965. «An analysis of variance test for normality (complete samples)». *Biometrika* 52 (3–4): 591–611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>.
- Stull, Andrew T., und Richard E. Mayer. 2007. «Learning by Doing versus Learning by Viewing: Three Experimental Comparisons of Learner-Generated versus Author-Provided Graphic Organizers.» *Journal of Educational Psychology* 99 (4): 808–20. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.808>.
- Sweller, John, Jeroen J. G. van Merriënboer, und Fred G. W. C. Paas. 1998. «Cognitive Architecture and Instructional Design». *Educational Psychology Review* 10 (3): 251–96. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>.
- Sweller, John, Jeroen J. G. van Merriënboer, und Fred G. W. C. Paas. 2019. «Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later». *Educational Psychology Review* 31 (2): 261–92. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>.
- Thees, Michael, Kristin Altmeyer, Sebastian Kapp, Eva Rexigel, Fabian Beil, Pascal Klein, Sarah Malone, Roland Brünken, und Jochen Kuhn. 2022. «Augmented Reality for Presenting Real-Time Data During Students' Laboratory Work: Comparing a Head-Mounted Display With a Separate Display». *Frontiers in Psychology* 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.804742>.
- Thees, Michael, Sebastian Kapp, Martin P. Strzys, Fabian Beil, Paul Lukowicz, und Jochen Kuhn. 2020. «Effects of Augmented Reality on Learning and Cognitive Load in University Physics Laboratory Courses». *Computers in Human Behavior* 108 (Juli): 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>.
- Unity Technologies. 2018. «*Unity (Version 2018.2.11f1)*».

Anhang

Anhang A1

Item	<i>M</i>	<i>SD</i>
I1	0.72	0.45
I2	0.90	0.30
I3	0.84	0.39
I4	0.76	0.43
I5	0.95	0.23
V1	0.88	0.32
V2	0.80	0.40
V3	0.66	0.48
V4	0.72	0.45
V5	0.65	0.48

Tab. 1: Mittelwert und Standardabweichung pro Frage im Wissenstest (Fragen zu individuellen Komponenten: I1 – I5; Fragen zu Verknüpfungen: V1 – V5).

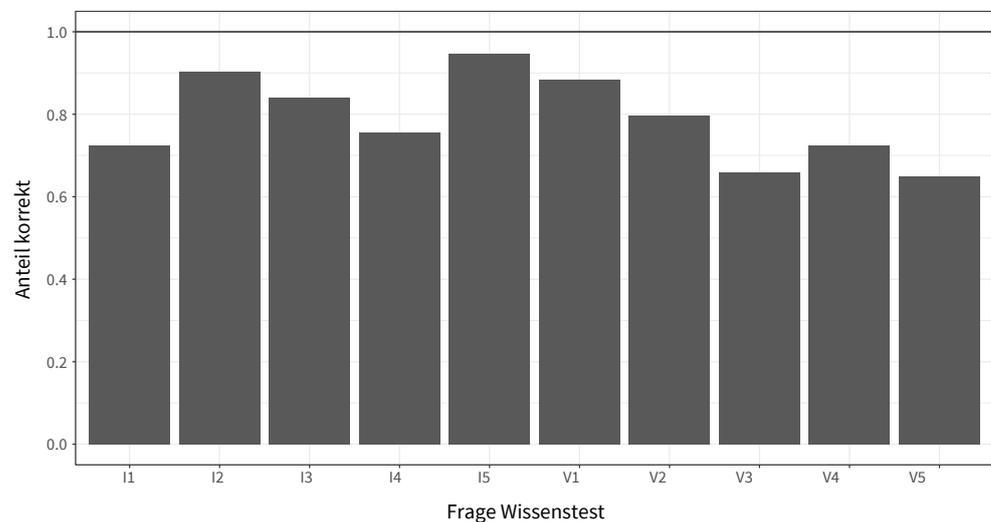


Abb. 2: Anteil korrekter Antworten pro Frage im Wissenstest (Fragen zu individuellen Komponenten: I1 – I5; Fragen zu Verknüpfungen: V1 – V5).

Anhang A2

Shapiro-Wilk Tests pro Bedingung	Aktives Integrieren	Vorintegriert
H1a: GCL	$W=0.93, p=.010$	$W=0.93, p=.006$
H1b: ECL	$W=0.83, p < .001$	$W=0.91, p=.002$
H1c: ICL	$W=0.96, p=.097$	$W=0.93, p=.007$
H2a: Mentale Anforderung	$W=0.94, p=.015$	$W=0.95, p=.057$
H2b: Körperliche Anforderung	$W=0.91, p=.002$	$W=0.92, p=.003$
H2c: Zeitliche Anforderung	$W=0.87, p < .001$	$W=0.85, p < .001$
H2d: Leistung	$W=0.96, p=.085$	$W=0.97, p=.229$
H2e: Aufwand	$W=0.97, p=.431$	$W=0.98, p=.481$
H2f: Frustration	$W=0.97, p=.396$	$W=0.97, p=.250$
H3: Wissen	$W=0.89, p < .001$	$W=0.86, p < .001$

Tab. 3: Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests der Kernvariablen pro Hypothese aufgeteilt nach Bedingung.

Anhang A3

Mittelwert und SD pro Bedingung ^a	Akt. Integrieren M (SD)	Vorintegriert M (SD)	Unterschiedstest		
			t / U	p	d [95% CI]
<i>Tablet weggerichtet</i>					
Anzahl Events	1.97 (2.25)	0.90 (1.86)	468.50	.003***	0.52 [0.05, 0.98]
Gesamtlänge	83.55 (119.52)	43.26 (96.03)	516.00	.016*	0.37 [-0.08, 0.83]
Mittlere Länge	30.95 (48.43)	20.18 (43.39)	546.00	.037*	0.23 [-0.22, 0.68]
<i>1 Element sichtbar</i>					
Anzahl Events	12.16 (8.27)	7.78 (6.29)	497.00	.013*	0.60 [0.13, 1.06]
Gesamtlänge	64.03 (56.03)	35.12 (36.65)	466.00	.005**	0.62 [0.14, 1.08]
Mittlere Länge	4.74 (1.90)	4.48 (3.56)	545.00	.047*	0.09 [-0.36, 0.54]
<i>2-4 Elemente sichtbar</i>					
Anzahl Events	30.65 (10.88)	26.85 (14.19)	1.32 (df=72.56)	.190	0.30 [-0.16, 0.75]
Gesamtlänge	295.87 (97.33)	373.10 (177.03)	-2.40 (df=61.53)	.020*	-0.53 [-1.00, -0.07]
Mittlere Länge	10.80 (4.84)	14.91 (7.80)	479.00	.007**	-0.63 [-1.09, -0.15]
<i>5-8 Elemente sichtbar</i>					
Anzahl Events	19.46 (11.88)	17.52 (9.01)	702.50	.706	0.18 [-0.27, 0.63]
Gesamtlänge	291.94 (163.73)	317.24 (141.8)	-0.72 (df=71.51)	.472	-0.17 [-0.61, 0.28]
Mittlere Länge	16.83 (9.79)	20.27 (10.98)	579.00	.102	-0.33 [-0.78, 0.13]
<i>9-12 Elemente sichtbar</i>					
Anzahl Events	1.38 (2.61)	1.25 (2.57)	724.50	.862	0.05 [-0.40, 0.50]
Gesamtlänge	27.30 (71.20)	47.60 (105.66)	720.00	.821	-0.22 [-0.67, 0.23]
Mittlere Länge	6.82 (12.89)	13.90 (23.81)	706.00	.698	-0.37 [-0.82, 0.09]
<i>Summe Events «Elemente sichtbar»</i>					
Anzahl Events	63.65 (22.54)	53.40 (25.07)	1.89 (df=74.94)	.063	0.43 [-0.03, 0.88]
Gesamtlänge	679.13 (177.21)	773.06 (218.52)	420.00	<.001***	-0.47 [-0.93, -0.01]
Mittlere Länge	39.18 (19.87)	53.57 (31.57)	524.00	.027*	-0.54 [-1.00, -0.07]
^a Der deskriptiv höhere Mittelwert ist jeweils fett gedruckt					

Tab. 4: Beobachtungsdaten zur Tablet-Nutzung und Sichtbarkeit virtueller Elemente aufgeteilt nach Bedingung ($n_{A1} = 37, n_1 = 40$). Gesamtlänge und mittlere Länge in Sekunden.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Und was kommt nach der Zeitreise?

Eine empirische Untersuchung des «Auftauchens» aus geschichtsbezogener Virtual Reality

Elena Lewers¹  und Lea Frentzel-Beyme² 

¹ Ruhr-Universität Bochum

² Universität Duisburg-Essen

Zusammenfassung

Viele Virtual Reality-Anwendungen (VR), die sich historischen Themen widmen, eint ein Ziel: Zeitreisen wirklich werden lassen. Über die Technologie soll es den Rezipierenden möglich gemacht werden, in Simulationen vergangener Zeiten und Orte einzutauchen und diese zu erleben. Aber was passiert nach diesem «Zeitreiseerlebnis»? Da auf das vermeintliche «Eintauchen» in die Vergangenheit ein «Auftauchen» in der Gegenwart folgt, wird in diesem Beitrag die Frage untersucht, wie das «Auftauchen» aus einer virtuellen Umgebung didaktisch begleitet werden kann. Basierend auf medienpsychologischer und geschichtsdidaktischer Forschung wurden Materialien für die Begleitung des «Auftauchens» aus der VR entwickelt und in einer Laborstudie (N=70) eingesetzt. Genutzt wurde ein 2x2 Between-Subjects-Design, in dessen Rahmen die Auswirkungen der Materialien und des emotionalen Inhalts der VR auf Präsenzerleben, Emotionen und Geschichtsbewusstsein qualitativ untersucht wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass die didaktische Begleitung des «Auftauchens» durch die Rezeption weniger emotionalisierender Inhalte und Materialien positive Effekte auf die Äusserungen von Geschichtsbewusstsein hat.

And What Comes after Time Travel? An Empirical Analysis of «Emerging» from History-Related Virtual Reality

Abstract

Many virtual reality applications (VR) dedicated to historical topics share one goal: making time travel real. The VR-technology is meant to give users the possibility to immerse themselves into past times and places and experience them. But what happens after this «time travel experience»? Since the supposed «immersion» in the past is followed by an «emergence» in the present, this paper examines the question of how the «emergence» from a virtual environment can be supported didactically. Based on research

in media psychology and history didactics, we developed material for accompanying the «emergence» from VR and applied it in a laboratory study (N=70). A 2x2 between-subjects design was used to examine qualitatively the effects of the material as well as the emotional content of the VR on presence, emotions and historical consciousness. Results showed that the didactic support of «emergence» through a reception of less emotionalizing content and additional material has positive impacts on expressions of historical consciousness.

1. Zeitreisemaschine Virtual Reality?

Sie sind in einem Vernehmungsraum. Einer von zwei Beamten spricht Sie eindringlich an: «Jetzt passen Sie mal auf, Sie arbeiten nicht gegen uns. Wir finden Sie – egal wo, [...]. Auch im Westen – Autounfälle gibt es überall, nicht wahr?» Er grinst hämisch und wirft dem anderen Beamten einen selbstgefälligen Blick zu, während er mit einer Zigarette in seiner Hand spielt. Dann schaut er Sie wieder an: «Sie meinen, das sei eine Drohung?» Er trifft näher an Sie heran, sein Gesicht ist direkt vor Ihrem.«Natürlich», sagt er entschieden, «was denn sonst?» Sie werden zurück in Ihre Zelle geführt. Sie hören jemanden mehrmals laut und gequält stöhnen, dann die Stimme eines Wärters: «Durchgedreht», sagt dieser gleichgültig. Sie nehmen die VR-Brille ab.

Diese Szene könnte genauso in Ihrem Haushalt ablaufen. Das frei zugängliche 360°-Video «Was wollten Sie in Berlin?!» bietet die Möglichkeit, mit einfachen technischen Mitteln – wie einem mobilen Endgerät und/oder einem Cardboard – die Rolle eines Häftlings in der Haftanstalt der Staatssicherheit Berlin-Hohenschönhausen in den 1980er-Jahren einzunehmen. In der Ego-Perspektive sollen die Rezipierenden nach Angaben der Produzierenden erfahren können, «was es bedeutet, im Stasi-Knast auf Gefängniswärter, Vernehmer und Zellennachbarn zu treffen. Was es bedeutet, niemandem trauen zu können und ausgeliefert zu sein.» (IntoVR & Video 2017).

Diese und andere geschichtsbezogene VR-Anwendungen (z. B. Anne Frank House VR, Projekt History 360°) sollen den Rezipient:innen ermöglichen, in die Vergangenheit und sogar in die Gefühlswelt von Personen einzutauchen (Allison 2008, 344; Bunnenberg 2020, 47). Mit technischen und inhaltlichen Mitteln soll ein Gefühl der Anwesenheit in der medienvermittelten Umgebung (hier beschrieben als Präsenzerleben) erzielt werden. Die Rezipient:innen können jedoch nicht nachempfinden, wie sich Häftlinge in den 1980er-Jahren gefühlt haben, da ihre Wahrnehmung als Personen des 21. Jahrhunderts an ihre Gegenwart gebunden ist. VR bietet lediglich eine Rekonstruktion und Interpretation der Ereignisse an, die sich «zwischen Fakt und Fiktion» bewegt und eine emotionalisierende Wirkung auf die Rezipierenden haben soll (Bunnenberg 2021b, 26). In diesem Beitrag liegt der Fokus auf den

Rezipierenden und ihrer Verarbeitung der Inhalte: Inwiefern verspüren diese eine Präsenz in der virtuellen Umgebung und reagieren auf die emotionalen Inhalte? Was passiert, wenn die Rezipierenden die VR-Brille absetzen und aus der virtuellen Umgebung auftauchen? Was bleibt vom Erlebnis und wie kann das «Auftauchen» didaktisch begleitet werden, um ihnen eine kritische Reflexion des Gesehenen zu ermöglichen?

An diesem Punkt setzt der Beitrag an. In der Geschichtsdidaktik werden diese erlebnisorientierten Zugänge zu(r) Geschichte häufig mit Zurückhaltung betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass audiovisuelle, interaktive und emotionalisierende Medien wie VR die kritische Haltung der Rezipierenden herausfordern und die Bildung eigener Deutungen erschweren (Oswalt 2012, 128). Damit deutet sich ein Spannungsverhältnis zwischen dem vermeintlichen «Eintauchen» in die Vergangenheit durch VR und der Herausbildung eines kritischen Geschichtsbewusstseins an. Dies ist jedoch eine theoretische Annahme der Forschung, da die Rezeption von geschichtsbezogener VR bisher eine «Black Box» ist, der sich immer mehr angenähert wird.

Um der Annahme der Forschung empirisch auf den Grund zu gehen, wird im vorliegenden Beitrag daher in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Medienpsychologie und Geschichtsdidaktik in einer Laborstudie untersucht, wie das «Auftauchen» aus geschichtsbezogener VR am Beispiel der Anwendung «Was wollten Sie in Berlin?!» didaktisch begleitet werden kann. Hierbei werden die Effekte auf Präsenzerleben, Geschichtsbewusstsein und Emotionen qualitativ untersucht. Dabei ist die übergeordnete Forschungsfrage, inwiefern die didaktische Begleitung des «Auftauchens», die auf die Dekonstruktion der VR zielt, einen Einfluss auf Präsenzerleben, Geschichtsbewusstsein und Emotionen hat.

2. Theorie

2.1 *Virtual Reality und Immersion*

Gemäss gängigen Definitionen gilt jede «computergenerierte realistische Welt» als «Virtual Reality» (VR) (Pan und Hamilton 2018, 396f.). Darunter fallen sowohl 360°-Videos als auch Anwendungen, die mit Head-Mounted-Displays (HMD) und Controllern genutzt werden. Demnach kann auch das 360°-Video «Was wollten Sie in Berlin?!» als VR bezeichnet werden. Diese Einordnung wird in der Literatur jedoch allgemein diskutiert (Fadde und Zaichkowsky 2018; Kittel et al. 2020; Panchuk et al. 2018). So werden 360°-Videos teilweise auch als «immersive Videos» bezeichnet, da sie nicht die Interaktion in der virtuellen Welt ermöglichen, aber wie VR-Technologie immersive Eigenschaften aufweisen, die das «Eintauchen» des Publikums in eine virtuelle Umgebung fördern (Frentzel-Beyme und Krämer 2022a; Zender et al. 2022, 27).

Innerhalb der Forschung gibt es keinen Konsens in der Definition des Begriffs Immersion (Agrawal et al. 2020, 404). Diese wird einerseits als Eigenschaft einer Technologie betrachtet (Slater 2003), woran in diesem Beitrag angeschlossen wird. Andererseits wird Immersion als ein psychologischer Zustand betrachtet, der dadurch gekennzeichnet ist, dass sich Nutzende als Teil der virtuellen Umgebung wahrnehmen (hier bezeichnet als Präsenzerleben; Agrawal et al. 2020, 405).

2.1.1 Immersion als technologische Eigenschaft

Wird Immersion zur Beschreibung der Eigenschaften einer Technologie genutzt, so kann deren Immersionsgrad anhand bestimmter Merkmale bestimmt werden: Das Ausmass des sensorischen Inputs (z. B. Sound), die Umgebungsqualität (z. B. 360°-Ansicht), der Reichtum an Bildmerkmalen (z. B. dynamische Darstellung von Schatten) oder die Anpassung natürlicher Bewegungen an die virtuelle Schnittstelle (propriozeptive Anpassung, z. B. Gehen; Slater und Wilbur 1997, 607). Basierend auf der 360°-Sicht und der propriozeptiven Anpassung (natürliches Umschauen durch die Kopfbewegungen) gelten auch geschichtsbezogene 360°-Videos als immersiv. Technologien sollten jedoch nicht binär in immersiv oder nicht immersiv eingestuft, sondern anhand ihres Immersionsgrades beschrieben werden (Steuer 1992, 74). Technologien, die über eine Vielfalt an Ein- und Ausgabekanälen (z. B. visuell, haptisch) und Interaktionsmöglichkeiten (z. B. HMDs; iVR) verfügen, können als hoch immersiv und 360°-Formate, die über einen 2D Bildschirm abgerufen werden, als weniger immersiv beschrieben werden (Slater 2003; Slater 2018; Mulders, Buchner, und Kerres 2020, 208).

Die VR-Anwendung «Was wollten Sie in Berlin?!» kann also im Hinblick auf die technologischen Eigenschaften als weniger immersiv klassifiziert werden, da sie zwar visuelle und auditive Reize sendet, aber wenig interaktiv ist. Das Video kann ohne oder mit HMD rezipiert werden, wobei sich bei letzterem der Immersionsgrad erhöht, da die physische Umgebung der Nutzenden ausgeblendet und das Sichtfeld allein von der virtuellen Umgebung bestimmt wird.

2.1.2 «Eintauchen» in immersive Medien

Tauchen Rezipierende in immersive Anwendungen ein, lenken sie ihre Aufmerksamkeit auf die virtuelle Umgebung und nehmen diese als realer und einnehmender wahr als ihre tatsächliche physische Umgebung (Slater und Wilbur 1997, 608). Der Begriff Präsenzerleben (presence) nähert sich diesem Phänomen an und beschreibt das subjektive Empfinden von Rezipierenden, in einer virtuellen Umgebung anwesend zu sein: «the sense of being there» (Slater und Wilbur 1997, 604). Lombard und Ditton (1997) schlagen darüber hinaus vor, zwischen dem Gefühl der physischen Anwesenheit (physisches Präsenzerleben) und dem Gefühl des Zusammenseins und der Interaktion mit anderen (medienvermittelten) Personen im virtuellen Raum

(soziales Präsenzerleben) zu differenzieren. Empirische Untersuchungen zeigen, dass das Präsenzerleben unter anderem von den immersiven technologischen Eigenschaften einer Anwendung abhängt (Cummings und Bailenson 2016, 3): Je immersiver eine Technologie, desto stärker das Präsenzerleben der Rezipierenden. Auch erste empirische Untersuchungen zu geschichtsbezogenen VR-Anwendungen zeigen diesen Zusammenhang: Rezipierende, die ein geschichtsbezogenes 360°-Video sahen, berichteten ein höheres Präsenzerleben als jene, die den gleichen Inhalt im Standard-Video-Format rezipierten (Frentzel-Beyme und Krämer 2022a).

Für das Erleben einer medienvermittelten Umgebung sind jedoch nicht nur die technischen Rahmenbedingungen relevant, auch der Inhalt spielt eine grosse Rolle (Kerres et al. 2022, 315). Das Vorhandensein einer Storyline kann z. B. das Gefühl des Eintauchens in eine Erzählung fördern, das angelehnt an das Konzept Transportation durch den Begriff «narratives Präsenzerleben» beschrieben werden kann (Kinnebrock und Bilanzic 2006, 2; Green und Brock 2000).

Auch die «Dimensionen des Erlebens in (nicht-)medienvermittelten Umwelten» (Kerres et al. 2022, 321) nähern sich unterschiedlichen Arten des Präsenzerlebens an, die die Bedeutung dessen bei der Rezeption von geschichtsbezogenen VR-Anwendungen unterstreicht. In diesem Beitrag wird daher insbesondere das Präsenzerleben untersucht, da die subjektive Verarbeitung der Inhalte geschichtsbezogener VR im Hinblick auf die Lehr-/Lernkontexte von grosser Bedeutung ist.

Geschichtsbezogene VR-Anwendungen zeichnen sich darüber hinaus häufig durch emotionalisierende Inhalte aus, die die Möglichkeit zum «Nacherleben» der Vergangenheit unterstützen und so die «Distanz zwischen der Gegenwart als natürlicher Realität und einer imaginierten Vergangenheit als virtueller Realität» überbrücken sollen (Bunnenberg 2021a, 175).

Empirische Untersuchungen zeigen, dass emotionale Medieninhalte eine emotionale Reaktion bei den Rezipienten hervorrufen (Riva et al. 2007, 54). So fanden Riva et al. (2007) heraus, dass die angsteinflössende Darstellung eines Parks bei den Rezipierenden Angst auslöste, während eine entspannende Darstellung des Parks Entspannung hervorrief. Darüber hinaus berichteten Teilnehmende unter den zuvor genannten emotionalen VR-Bedingungen ein höheres Präsenzerleben als unter neutralen Bedingungen. Auch bei geschichtsbezogener VR zeigt sich ein starker Zusammenhang zwischen dem Präsenzerleben und der emotionalen Eingebundenheit der Rezipierenden (Frentzel-Beyme und Krämer 2022a). Dies legt nahe, dass Präsenzerleben mit einer emotionalen Reaktion und einer affektiven, weniger kritischen und argumentbasierten Verarbeitung der Medieninhalte einhergehen kann (Green und Brock 2002, 320).

Es ist daher davon auszugehen, dass auch geschichtsbezogene VR-Anwendungen zu starken emotionalen Reaktionen und einer weniger kritischen Verarbeitung seitens der Rezipierenden führen können.

2.2 *Immersive Medien als Herausforderung für Geschichtsbewusstsein?*

Aufgrund der Auswirkungen von Präsenzerleben auf die Emotionen des Publikums sowie die potenziell geringere kritische Verarbeitung der Inhalte werden immersive Medien in der geschichtsdidaktischen Forschung mit Zurückhaltung betrachtet (Bunnenberg 2020, 47).

Emotionen spielen beim (historischen) Lernen eine wichtige Rolle und sind zugleich eine Herausforderung, da sie Lernprozesse sowohl anstossen als auch behindern können (Brauer 2019, 277). Lernen mit/über Emotionen kann dann gelingen, wenn kein Einfühlen in historische Akteur:innen gefordert, sondern Distanz gewahrt wird, um eine emotionale Überwältigung zu verhindern (ebd.). Werde jedoch ein Einfühlen in die Vergangenheit verlangt, wie es viele VR-Anwendungen erzielen wollen, könne die emotionalisierende Wirkung den Akt der Distanzierung erschweren (Brauer 2019, 279). Zwar ist Emotionalität ein Bestandteil von Geschichtsbewusstsein, da die Wahrnehmung und Verarbeitung von Geschichte untrennbar mit Gefühlen verbunden ist (Pandel 2017, 149), doch zählt zu einem reflektierten Geschichtsbewusstsein, dass die durch ein Medium erzeugten Gefühle vom Individuum erkannt werden.

Da mit Präsenzerleben ausserdem die unkritische Übernahme der in der VR präsentierten Deutungen einhergehen kann (Green und Brock 2002, 323), werden immersive Medien als Herausforderung für die Bildung eigener Vorstellungen (Imaginationen) verstanden. Durch VR werde es den Rezipierenden immer schwerer gemacht, «sich von diesen vorgefabrizierten Bildern zu lösen, um eigene Vorstellungen zu bilden» (Oswalt 2012, 128).

Ziel historischen Lernens ist jedoch die Ausbildung eines reflektierten Geschichtsbewusstseins: Rezipierende historischer Darstellungen sollen sich darüber bewusst sein, dass es sich bei Geschichte immer nur um mögliche Interpretationen der Vergangenheit handelt, die entsprechend kritisch betrachtet werden müssen. Der Umstand, dass die Vergangenheit nicht mehr zugänglich ist und nur durch Geschichte als mediale Konstruktion vermittelt werden kann, wird von den Darstellungen jedoch häufig nicht transparent gemacht. Für die Förderung einer kritischen Betrachtung der Inhalte ist es notwendig, dass die Nutzenden sich der Charakteristika des Mediums und seiner Einflüsse auf ihre Vorstellungsbilder und Emotionen bewusst sind (ebd.).

Die geforderte (emotionale) Distanzierung scheint jedoch der medialen Logik von VR zu widersprechen. Mit der Technologie werden «digitale historische Raumbilder» geschaffen, mit denen Geschichte «mehrdimensional, multisensorisch und realitätsnah erfahrbar» gemacht werden soll (Knoch 2021, 100). Es soll der «Eindruck einer haptischen oder sensorischen Unmittelbarkeit erzeugt werden, um ein Präsenzerleben im virtuellen Raum zu erzielen» (ebd., 91). Ziel ist es, dass das Gezeigte als «wirklich» angenommen wird, wobei jedoch der Konstruktionscharakter von Geschichte verschleiert wird (Bunnenberg 2020, 47). So kann der Eindruck entstehen, dass die Vergangenheit tatsächlich erfahrbar sei, was jedoch nicht der Fall ist.

Es deutet sich also ein wahrgenommenes Spannungsfeld zwischen dem durch immersive Medien erzeugten Präsenzerleben und den dadurch hervorgerufenen Emotionen auf der einen und Geschichtsbewusstsein auf der anderen Seite an. Daher soll durch die hier vorgestellte Studie untersucht werden, wie sich Präsenzerleben bzw. Emotionen und Geschichtsbewusstsein zueinander verhalten – schliesst das eine das andere aus? Kann mit VR Geschichtsbewusstsein angeregt werden?

Auch Befunde lernpsychologischer Forschung bieten Grund zur Skepsis, inwiefern immersive Medien Lernen ermöglichen. Es wird u. a. in der bildungstechnologischen Forschung und auch der Bildungspolitik häufig davon ausgegangen, dass durch Immersion und Präsenzerleben höhere Lernleistungen erzielt werden können (Przybylka 2022, 332). Kerres et al. halten der Annahme aus lernpsychologischer Sicht und auf Basis empirischer Ergebnisse entgegen, dass immersive Medien nicht zwangsweise zu besserem Lernerfolg führen. So kann eine VR-Umgebung gegenteilig «als ablenkend und kognitiv überlastend empfunden» werden (Kerres et al. 2022, 322). Es ist also danach zu fragen, wie immersive Medien gestaltet werden können, um Lernen zu ermöglichen (Kerres et al. 2022, 323f.).

3. Begleitung des «Auftauchens»

Bisher liegen wenige didaktische Konzepte zur Einbettung von VR in Lernsettings vor. Auch mangelt es an empirischen Untersuchungen (Buchner und Aretz 2020, 197; Zender et al. 2022, 28). In den letzten Jahren findet sich jedoch eine wachsende Anzahl lerntheoretischer und pragmatischer Forschungen zu VR, die sich um eine «(fach-)didaktisch sinnvolle Einbettung» bemühen (Przybylka 2022, 334).

Für die vorliegende Studie wurden auf Basis geschichtsdidaktischer Forschung Materialien für die didaktische Begleitung entwickelt. Fokussiert wird dabei die Phase direkt nach der Rezeption der VR, die hier als «Auftauchen» bezeichnet wird. Eine Vorstellung der Materialien erfolgt in Kapitel 4, die zugrundeliegenden Kriterien für die Gestaltung werden im Folgenden erläutert.

Ziel der Begleitung ist die Förderung von Geschichtsbewusstsein und damit der kritische und reflektierte Umgang mit Geschichtsdarstellungen. In Anlehnung an Schönemann wird darunter eine mentale Struktur verstanden, die sich in Auseinandersetzung mit Geschichtskultur (z. B. in Form von Denkmälern, historischen Spielfilmen) verändert (Schönemann 2011, 57). Pandel versteht Geschichtsbewusstsein weiterhin als eine aus sieben aufeinander bezogenen (Bewusstseins-)Dimensionen zusammengesetzte Struktur (Pandel 2017, 137; Abb. 1). Diese Dimensionen vereinen die Fähigkeiten zur Analyse und Beurteilung von Darstellungen von Vergangenheit (Pandel 2017, 233).

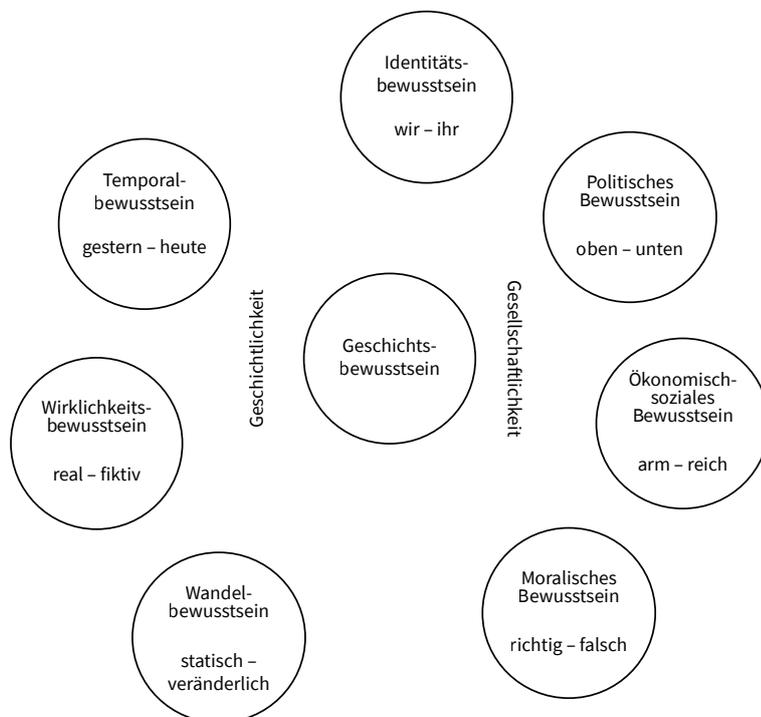


Abb. 1: Dimensionen des Geschichtsbewusstseins, übernommen aus: Pandel 2017, 137.

Geschichtsbewusstsein meint ausserdem, dass Individuen sich ihrer Wahrnehmungen und Einstellungen bewusst sind. Reflexivität gilt somit als eine wesentliche Eigenschaft (Schönemann 2012, 104).

Aufgrund der komplexen Struktur sollten in didaktischen Kontexten nur einzelne Dimensionen fokussiert werden. An dieser Stelle werden das *Temporal-* und das *Wirklichkeitsbewusstsein* adressiert, da diese für eine kritische Auseinandersetzung mit VR als grundlegend erachtet werden. *Temporalbewusstsein* wird als die Fähigkeit gefasst, zwischen den «Zeitmodi Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft» zu unterscheiden (Pandel 2017, 138). Mit *Wirklichkeitsbewusstsein* ist die Fähigkeit gemeint, «eine Grenze zwischen realen und fiktiven Ereignissen und Personen ziehen zu können» (Pandel 2017, 140). Das bedeutet, dass unterschiedliche Gattungen (z. B. Romane, Filme) im Hinblick auf ihre «Faktizitätsniveaus» (Kontinuum von real bis fiktiv) untersucht werden können (Pandel 2017, 140). In Bezug auf die Auseinandersetzung mit geschichtsbezogener VR heisst das, dass die Anwendungen als konstruierte und damit teilweise fiktive Produkte der Gegenwart verstanden werden, anhand derer Aspekte der Vergangenheit veranschaulicht werden, es sich also um Darstellungen *aus* der Gegenwart *für* die Gegenwart handelt. Empirisch ist diese mentale Struktur schwierig messbar, weswegen viele Studien der geschichtsdidaktischen Forschung sich auf bereits stärker operationalisierte Kompetenzen fokussieren (z. B. Kompetenzen des FUER-Modells, Trautwein et al. 2017), wobei auch dabei die empirische

Messung als herausfordernd gilt (Körper 2019). In diesem Beitrag wird sich daher – orientiert an Pandels (2017) Dimensionen von Geschichtsbewusstsein – einer *Quantifizierung von Geschichtsbewusstsein basierend auf einer qualitativen Analyse* angenähert.

Die Begleitung des «Auftauchens» soll eine Dekonstruktion des Mediums und Inhalts sowie das Verständnis für die verschiedenen Zeitebenen anregen. Die Auseinandersetzung

«muss deutlich werden lassen, dass es sich bei diesen geschichtskulturellen Angeboten um Konstruktionen vergangener Lebenswelten und Räume handelt, die nur eine Annäherung an das Vergangene ermöglichen, aber kein Erleben derselben.» (Bunnenberg 2020, 53).

Daneben soll eine Auseinandersetzung mit der eigenen Wahrnehmung und Perspektive angeregt werden: Was habe ich aus der VR mitgenommen? Was habe ich empfunden? Es ist wichtig, das Medium und seine Wirkungsweise kritisch zu hinterfragen, um sich von den vorgegebenen Deutungen lösen und eigene Interpretationen entwickeln zu können (Buchner und Mulders 2020, 13; Lewers 2022, 13).

Weitere Kriterien für die Auswahl und Gestaltung der Materialien bilden *Multiperspektivität* und *Kontroversität*. Angebote der Geschichtskultur präsentieren den Rezipierenden häufig einseitige und vereinfachende Darstellungen, die der Komplexität von Vergangenheit und Geschichte nicht gerecht werden (können). Auch die VR-Anwendung «Was wollten Sie in Berlin?!» bietet den Nutzenden nur *eine* Perspektive an – die der Opfer. Daher ist es wichtig, die Nutzenden auf diesen Umstand hinzuweisen sowie darauf, dass die Darstellung allein aus diesem Grund eine begrenzte Aussagekraft besitzt. Eine Möglichkeit wäre es, im Rahmen der Materialien weitere zeitgenössische Perspektiven anzubieten, um die unterschiedlichen Wahrnehmungen der Zeit deutlich zu machen (*Multiperspektivität*; Lücke 2012, 283). Es können aber auch weitere Meinungen von gegenwärtig Forschenden zum selben Sachverhalt eingebunden und der Vergleich angeregt werden (*Kontroversität*; Lücke 2012, 285). Mit diesen Mitteln können die Einsichten ermöglicht werden, dass die Darstellung nur eine Perspektive abbildet und dass die Deutung durch die eigene Person zudem ein individueller Akt ist. Zudem wird es dadurch möglich, verschiedene Perspektiven in einen historischen Kontext einzuordnen (ebd.). Kontextualisierung gilt daher ebenfalls als wichtiges Gestaltungskriterium für die didaktische Einbettung. Die VR und ihre Inhalte sollten nicht kontextlos vermittelt, sondern in den grösseren (historischen) Zusammenhang eingebettet werden (Brauer und Zündorf 2019, 383f.).

In diesem Beitrag soll daher das «Auftauchen» durch ein Dekonstruktionsangebot begleitet werden, das die kritische Betrachtung des Mediums und die Identifikation der eigenen Eindrücke anregen sowie multiperspektivische Zugänge und Kontextualisierung anbietet, um *Temporal-* und *Wirklichkeitsbewusstsein* zu adressieren.

Darüber hinaus wird der Ansatz verfolgt, die Emotionalität des Videos zu verringern, um eine Distanzierung zum Gegenstand und die Entwicklung von Geschichtsbewusstsein zu ermöglichen.

Aufbauend auf den theoretischen Ausführungen zum Spannungsfeld zwischen Präsenzerleben und Emotionen auf der einen und Geschichtsbewusstsein auf der anderen Seite sowie auf den Überlegungen zur Begleitung des «Auftauchens» werden in diesem Beitrag folgende Forschungsfragen untersucht:

1. Wie wirkt geschichtsbezogene VR auf die Rezipierenden? Inwiefern lassen sich Dimensionen von Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen feststellen? (F1)
2. Welchen Einfluss haben die Begleitung des «Auftauchens» und die Emotionalität des Videos auf Dimensionen von Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen? (F2)
3. Wie verhalten sich Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen zueinander? (F3)

4. Methode

4.1 Design

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde eine Laborstudie¹ im 2 (Emotionalität) x 2 (Dekonstruktionsangebot)-Between-Subjects-Design durchgeführt. Die Studie umfasste vier Experimentalgruppen (Tabelle 1).²

	Emotionaler Teil	Weniger Emotionaler Teil
Dekonstruktionsangebot	VG 1 (n=17)	VG 3 (n=18)
Kein Dekonstruktionsangebot	VG 2 (n=18)	VG 4 (n=17)

Tab. 1: Experimentalgruppen VG1, VG2, VG3 und VG4.

1 Der vorliegende Beitrag beschreibt eine separate Teilfragestellung innerhalb einer Laborstudie. Weitere Fragestellungen, die quantitativ innerhalb der Laborstudie untersucht wurden, werden getrennt betrachtet und können in der Pre-Registrierung (https://osf.io/utpbn/?view_only=3eda6116a6e54d55beca4a0252f4a88a) oder einem separaten wissenschaftlichen Artikel (Frentzel-Beyme und Krämer 2022b) eingesehen werden.

2 Das Design der Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Duisburg-Essen geprüft. <https://www.uni-due.de/iw/inko/de/ethikkommission/>

4.2 Manipulationen

4.2.1 Emotionen

In der Studie wurde die VR-Anwendung «Was wollten Sie in Berlin?» eingesetzt, die mit einer VR-Brille geschaut wurde (Bild 1). Von der geschichtsdidaktischen Forschung wurde die Anwendung stark kritisiert, der aktuelle Gedenkstättenleiter hat sich ausserdem von der Darstellung distanziert (van Laak 2021; Bunnenberg 2021b; Brauer und Zündorf 2019). Kritisiert wurde vor allem der emotionalisierende Zugang und die Erweckung des Eindrucks, die Zuschauenden könnten durch das Video die Emotionen der damaligen Häftlinge nacherleben. Trotz der Kritik bietet die Darstellung die Möglichkeit zu untersuchen, wie sich emotionalisierende VR auf die Nutzenden auswirkt.



Abb. 2: VR Brille. Cardboard + mobiles Endgerät (360°-Video im Cardboard-Modus).

Um die Emotionalität des Inhalts zu variieren, wurden zwei verschiedene Ausschnitte der Anwendung verwendet. Basierend auf einer Vorstudie ($N=58$) wurde ein Teil der Anwendung als emotional ($M=7.8$; $SD=1.2$) und ein anderer als weniger emotional ($M=6.7$; $SD=2.3$) klassifiziert, da die statistischen Analysen ergaben, dass sich die beiden Teile hinsichtlich ihrer Emotionalität signifikant unterschieden ($t(56)=2,03$; $p=.048$; $d=.524$). Inhalt und Umfang beider Teile sind in Tabelle 2 zu finden. Obwohl sich die einzelnen Szenen inhaltlich zum Teil unterscheiden, ähnelt sich der Kerninhalt der beiden Ausschnitte. Die Teile beinhalten ähnliche Szenen (z. B. Verhör) und spielen beide im Stasi-Gefängnis Berlin Hohenschönhausen.

	Szene	Inhalt
Weniger emotionaler Teil (0:00 bis 2:11 Minuten)		
	1	Begrüßung durch drei Gefängniswärter vor dem Gefängnis Berlin Hohenschönhausen
	2	Übergabe der Haftkleidung, Leibesvisitation
	3	Verhör durch zwei Beamte
	4	Aufnahme des Erkennungsfotos durch zwei weitere Beamte
	5	Unterbringung in der Gefängniszelle
Emotionaler Teil (2:12 bis 4:26 Minuten)		
	1	Verhör durch zwei Beamte, wobei einer der beiden Beamten auf die Person zugeht, sie anschreit und Zigarettenrauch ins Gesicht pustet
	2	Unterbringung in der Gefängniszelle und Zusammentreffen mit dem Zellennachbarn, der versucht die Person zur Zusammenarbeit mit der Stasi zu überreden

Tab. 2: Inhalte des weniger emotionalen und des emotionalen Teils der VR-Anwendung.

4.2.2 Dekonstruktionsangebot

Das Dekonstruktionsangebot (im Folgenden: DA) bestand aus Nachrichtenartikeln, die den Teilnehmenden nach der Nutzung der VR-Anwendung zur Verfügung gestellt wurden. Der Nachrichtenartikel in der Dekonstruktionsbedingung befasst sich mit der VR-Anwendung der Gedenkstätte Berlin Hohenschönhausen und orientiert sich an den in Kapitel 3 vorgestellten geschichtsdidaktischen Kriterien (Dekonstruktion des Mediums, Identifikation der eigenen Eindrücke, Kontroversität, Kontextualisierung) (548 Wörter). Der Nachrichtenartikel, der nicht als Angebot zur Dekonstruktion verstanden werden kann, befasst sich mit Virtual Reality-Technologien im Allgemeinen und skizziert Anwendungsbereiche (550 Wörter). Die vollständigen Artikel können in OSF eingesehen werden (s. Fn. 4).

4.3 Vorgehensweise

Innerhalb der Laborstudie wurden die Teilnehmenden gebeten, verschiedene Fragebögen zu beantworten sowie einen Ausschnitt der VR-Anwendung anzuschauen und einen Nachrichtenartikel zu lesen. Zum Schluss wurden die Teilnehmenden gebeten, eine offene Frage zum «Erleben» der VR-Anwendung schriftlich zu beantworten, welche die Grundlage der qualitativen Analyse bildet: «Sie haben eben die VR Anwendung «Was wollten Sie in Berlin?» genutzt. Beschreiben Sie bitte, was Sie erlebt haben.» Abbildung 3 gibt einen detaillierten Überblick über Ablauf und Fragebögen der Studie (Dauer: ca. 20 Minuten).



Abb. 3: Überblick über den Ablauf der Studie. * Grundlage der qualitativen Analyse.

4.4 Stichprobe

Insgesamt nahmen 99 Personen (Alter: $M=22.5$, $SD=5.3$; 74 Frauen, 24 Männer und 1 diverse Person) an der Laborstudie teil. Die Rekrutierung der Teilnehmenden war sehr breit ausgerichtet, um möglichst viele Personen zu adressieren: Sie richtete sich an Studierende (z. B. in Vorlesungen), aber auch Personen ausserhalb des universitären Kontextes (z. B. über Anzeigen auf Ebay Kleinanzeigen). Da die Beantwortung der offenen Frage, welche die Grundlage der qualitativen Analyse bildet, freiwillig war, wurde diese von nicht allen Teilnehmenden beantwortet. Die Stichprobe der qualitativen Analyse umfasst daher 70 Teilnehmende im Alter von 17 bis 54 Jahren ($M=23.0$, $SD=5.9$; 53 Frauen, 16 Männer, 1 keine Angabe), die hauptsächlich Studierende waren (91.4%). Diese gaben an, das Abitur (84.3 %) , einen Hochschulabschluss (12.9%) oder Realschulabschluss (2.9%) erworben zu haben.

5. Ergebnisse

5.1 Vorgehen bei der Auswertung

Die Antworten auf die offene Frage wurden mittels der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse orientiert an Kuckartz ausgewertet (Kuckartz und Rädiker 2022, 132ff.). Durch induktive und deduktive Kategorienbildung erarbeiteten drei Kodierende ein Kategoriensystem. Darauf basierend wurde das gesamte Material durch eine Kodierende kodiert. Ein zweiter Kodierender kodierte etwa 25% (n=18) der Antworten der Teilnehmenden (moderate Intercoder-Reliabilität: Cohens Kappa $\kappa = .41$). Das Kategoriensystem bildet drei Hauptkategorien ab: *Geschichtsbewusstsein*, *Präsenzerleben* und *Emotionen*. In Abbildung 4 werden die Haupt- und Subkategorien sowie Beispiele für codierte Textsegmente dargestellt.

Die Kategorie *Geschichtsbewusstsein* und die darin enthaltenen Subkategorien wurden in Anlehnung an Pandels Dimensionen von Geschichtsbewusstsein (2017) entwickelt und dabei *Temporal-*, *Wirklichkeitsbewusstsein* sowie *moralisches Bewusstsein* fokussiert. Diese wurden auch durch das DA adressiert (Kapitel 3). Unter *moralisches Bewusstsein* fielen Äusserungen der Rezipierenden, durch welche die gezeigten Handlungen bewertet werden (Pandel 2017, 148). Die Äusserungen zeichnen sich häufig durch Emotionalität aus und lassen sich z. B. als «Gefühle der Verpflichtung» (Scham, Schuld, Mitgefühl) und «Gefühle der Aversion» (Ekel, Hochmut, und Hass) fassen (Pandel 2017, 149).

Die Kategorie *Präsenzerleben* wurde in Anlehnung an medienpsychologische Forschung erstellt und umfasst die Subkategorien räumliche, soziale und *narrative Präsenz*, wie sie in Kapitel 2 des Beitrags ausgeführt wurden.

Die Kategorie *Emotionen* wurde in Anlehnung an allgemeine affektive Emotionen (Breyer und Bluemke 2016) erstellt. Als Subkategorien wurden hier *affektive negative Emotionen* (z. B. schuldig, ängstlich) und *affektive positive Emotionen* (z. B. interessiert, aufmerksam) codiert (Breyer und Bluemke 2016, 2f.). Die Kategorie grenzt sich von der Kategorie *moralisches Bewusstsein* ab, da es hier um die direkte Äusserung eigener Empfindungen wie z. B. Angst geht.

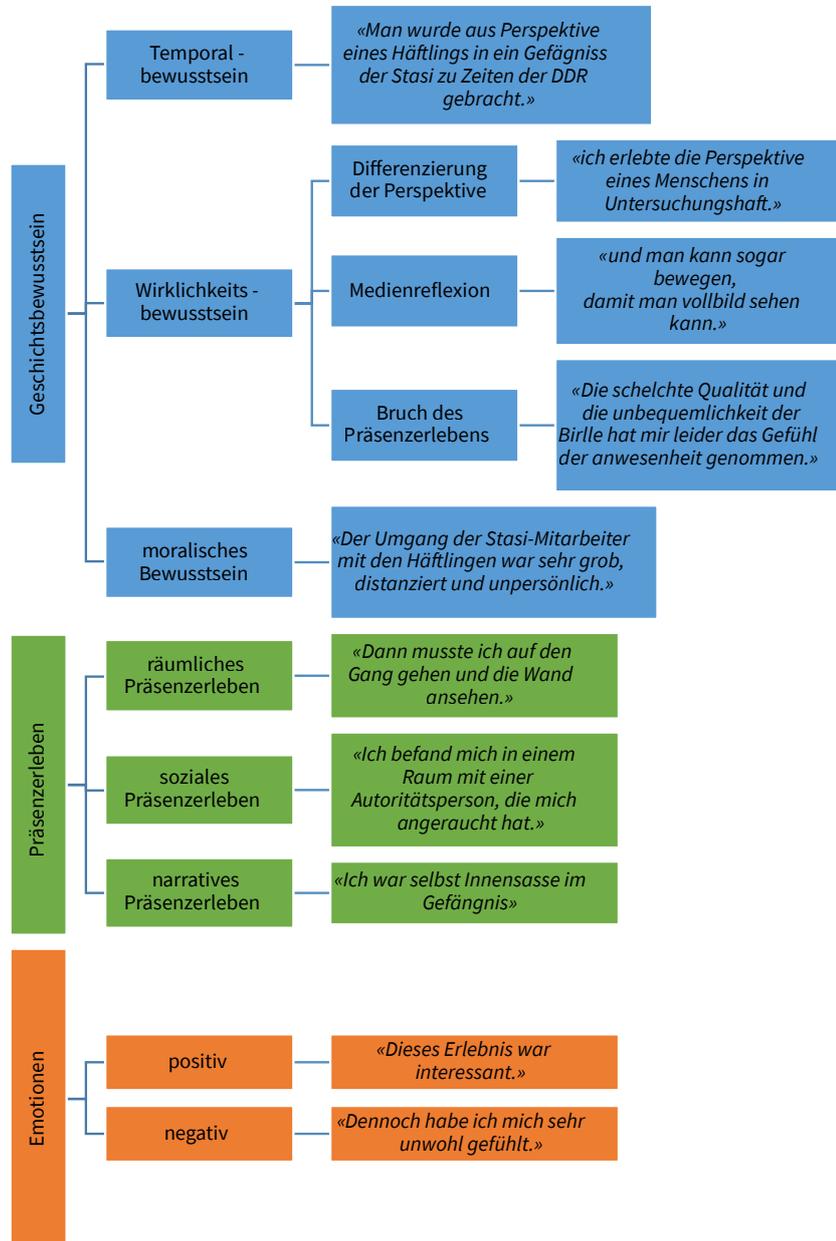


Abb. 4: Kategoriensystem mit Ankerbeispielen.

5.2 Auswertung der Codehäufigkeiten

Nach der kategoriengeleiteten Codierung wurden die Codehäufigkeiten berechnet. Die folgenden Angaben bilden ab, wie häufig der jeweilige Code in den Dokumenten mindestens einmal vergeben wurde. Darüber hinaus wurden die Häufigkeiten der einzelnen Kategorien und ihrer Subkategorien pro Versuchsgruppe betrachtet.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt deskriptiv entlang der Forschungsfragen. Die Interpretation der Daten erfolgt in Kapitel 6.

5.2.1 Wie wirkt geschichtsbezogene VR auf die Rezipierenden? Inwiefern lassen sich Dimensionen von Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen feststellen? (F1)

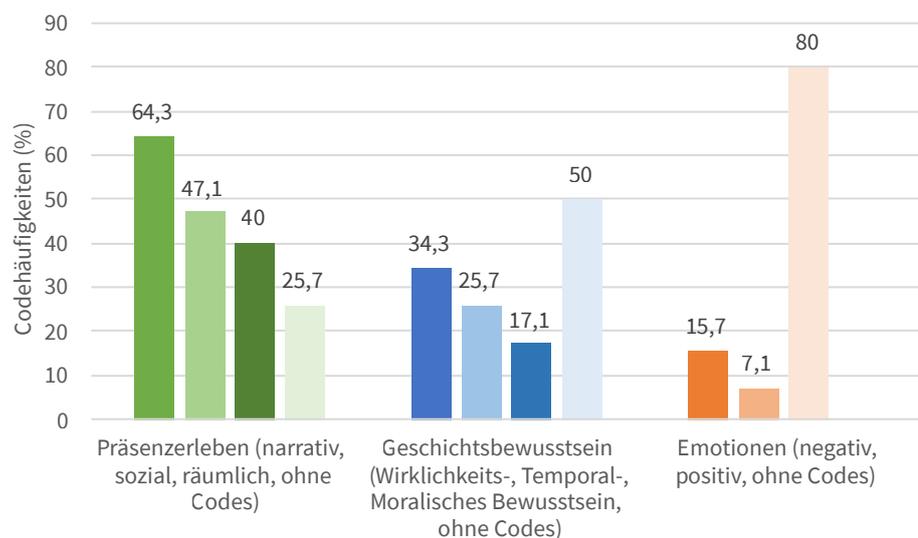


Abb. 5: Codehäufigkeiten der Unterkategorien im gesamten Material.

In Abbildung 5 zeigt sich, dass bei einer Mehrheit der Rezipient:innen mindestens eine Art von *Präsenzerleben* codiert wurde. In lediglich 25,7% der Antworten wurde kein *Präsenzerleben* festgestellt. Allgemein überwog das wahrgenommene *narrative Präsenzerleben* der Befragten (64,3%), gefolgt vom *sozialen* (41,1%) und *räumlichen Präsenzerleben* (40%). Hinsichtlich des *Geschichtsbewusstseins* enthielten insgesamt 52,2% der Antworten eine Aussage zu mindestens einer Dimension von *Geschichtsbewusstsein*, wobei das *Wirklichkeitsbewusstsein* dominant auftrat (34,3%). *Emotionen* wurden nur in 20% der Antworten codiert. Dabei wurden bei 15,7% der Antworten explizit *negative* («Ich habe aus Angst nichts gesagt.») und 7,1% *positive Emotionen* codiert («Dieses Erlebnis war interessant.»).

Die Ergebnisse legen die Wahrnehmung von *Präsenzerleben* sowie vereinzelt *Emotionen* als Reaktion auf die VR nahe. Darüber hinaus geben sie Hinweise auf Dimensionen von *Geschichtsbewusstsein* bei den Befragten.

5.2.2 Welchen Einfluss haben das Dekonstruktionsangebot (DA) und die Emotionalität des Videos auf Dimensionen von Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen? (F2)

Um den Einflüssen des DA sowie der Emotionalität des Videos nachzugehen, erfolgte eine Untersuchung der Äusserungen der Teilnehmenden entlang der Kategorien im Hinblick auf die unterschiedlichen Versuchsgruppen (im Folgenden: VG) (Abb. 6). Zur Untersuchung der Forschungsfrage wurde hier keine Unterscheidung zwischen den Subkategorien in den Blick genommen, sondern ermittelt, in wie vielen Antworten der Teilnehmenden mindestens eine der Unterkategorien angesprochen wurde.

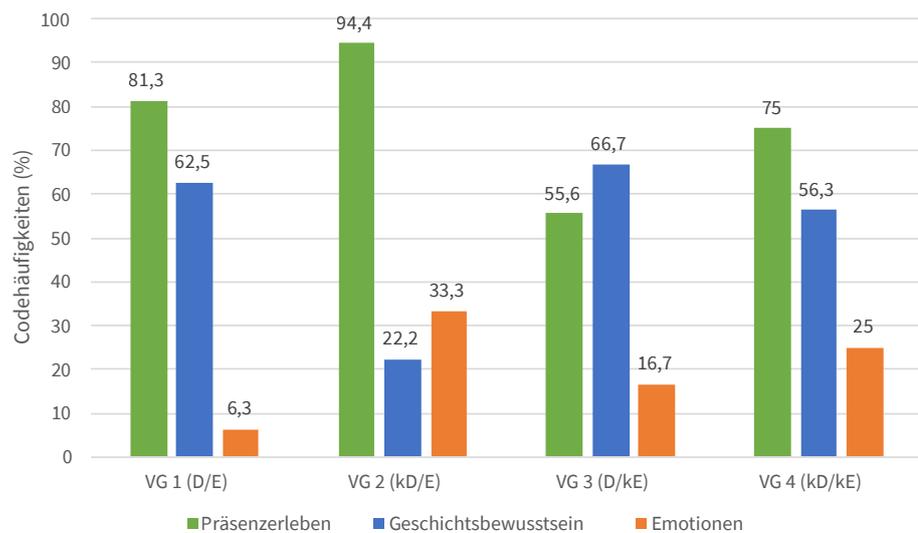


Abb. 6: Codehäufigkeiten der Hauptkategorien nach VG.

Dekonstruktionsangebot und emotionaler Inhalt

In VG1 erhielten die Probanden nach der Rezeption der VR das DA und sahen die Szenen des Videos, die als emotional klassifiziert wurden (E). 81,3% ihrer Antworten wiesen eine Art von *Präsenzerleben* auf, wobei *soziales* und *räumliches Präsenzerleben* dominierten und in jeweils 68,8% der Antworten codiert wurden. Dimensionen von *Geschichtsbewusstsein* wurden in insgesamt 62,5% der Antworten gefunden, wobei insbesondere die Kategorie *Wirklichkeitsbewusstsein* in 43,8% der Antworten festgestellt wurde (Beispiel für *Reflexion des Mediums*: «sich hineinversetzen kann man nicht mit Sachtexte lesen gleichsetzen»). *Emotionen* wurden in 6,3% der Antworten codiert, wobei allein *negative Emotionen* geäußert wurden. Nur 6,3% der Antworten wiesen keine Art von Codierung auf.

Anhand der Antwort einer befragten Person lassen sich die Ergebnisse der Auswertung verdeutlichen:

«Ich habe erlebt, wie sich ein Gefangener gefühlt hat zu DDR Zeiten. Dadurch, dass ich das Gefühl hatte ich werde angesprochen bzw. angeschrien, kann ich mich mehr in die Zeit damals hineinsetzen. Allgemein die Wahrnehmung der Umgebung war sehr realistisch und bewirkte ebenfalls ein Gefühl von Gegenwart.»

Die Passagen «ich habe erlebt» und «kann mich mehr in die Zeit hineinsetzen» deuten auf *narratives Präsenzerleben* hin, da sie verdeutlichen, dass diese Person sich als Teil der dargestellten Szene wahrgenommen hat. Durch die Nennung «zu DDR Zeiten» wurde eine zeitliche Verortung vorgenommen, welche auf ein vorhandenes *Temporalbewusstsein* hindeutet. Zudem wird das «Gefühl von Gegenwart» auf die realistische Darstellung zurückgeführt, welches eine *Reflexion des Mediums* darstellt. Insgesamt verdeutlicht das Beispiel das gleichzeitige Vorhandensein von *Präsenzerleben* und *Geschichtsbewusstsein*.

Fehlendes Dekonstruktionsangebot und emotionaler Inhalt

Auch in VG2 sahen die Probanden die als emotional bewerteten Szenen, erhielten jedoch kein DA. Innerhalb dieser VG berichteten fast alle Teilnehmenden eine Art von *Präsenzerleben* (94,4%), wobei *soziale* und *narrative Präsenz* am häufigsten codiert wurden (je 66,7%). Im Vergleich zu den anderen VG zeigt sich innerhalb dieser Gruppe deutlich, dass ein vergleichsweise hohes *Präsenzerleben* festgestellt wurde. Auch *Emotionen* wurden in VG2 am häufigsten codiert (33,3%). Eine Person äusserte *Emotionen* wie folgt: «Ich wurde von einem Mann verachtet und erniedrigt. Es wurde auf mich eingeschrien und mir Anweisungen gegeben, ohne das ich mich dagegen wahren konnte.» Diese Antwort zeigt deutlich *Emotionen*, die Passage «Ich wurde von einem Mann verachtet» sowohl *soziales* als auch *narratives Präsenzerleben*. *Geschichtsbewusstsein* wurde hingegen weniger häufig geäußert und nur in 22,2% der Antworten verortet.

Dekonstruktionsangebot und weniger emotionaler Inhalt

Bei den Befragten, die das DA erhielten und die weniger emotionalen Szenen des Videos sahen, wurde im Vergleich zu den anderen VG deutlich häufiger eine Art von *Geschichtsbewusstsein* (66,7%) codiert. Insbesondere die Unterkategorie *Wirklichkeitsbewusstsein* kristallisierte sich als dominant heraus (44,4%, «In dem Video hat man erleben können, wie vermutlich Verhaftungen, Verhöre, etc. in einem Stasi-Gefängnis zu Zeiten der DDR abgelaufen sind.»). *Präsenzerleben* wurde in 55,6% der

Antworten festgestellt, wobei das *narrative Präsenzerleben* mit Abstand am meisten adressiert wurde (55,6%). *Emotionen* liessen sich in 16,7% der Antworten finden, wobei *positive Emotionen* (16,7%) gegenüber *negativen Emotionen* (5,6%) überwogen.

Das Zitat «Eine Führung durch das vorherige Gefängnis des Ministeriums für Staatsangelegenheiten. Dort wurde probiert zu simulieren, wie Personen zu der damaligen Zeit behandelt wurden sind in solchen Anstalten.» zeigt exemplarisch eine distanzierte Haltung. Hier werden eine zeitliche Verortung vorgenommen («das vorherige Gefängnis») und der Konstruktionscharakter der Darstellung angesprochen («probiert zu simulieren»), weshalb *Wirklichkeitsbewusstsein* und *Temporalbewusstsein* codiert wurden.

Fehlendes Dekonstruktionsangebot und weniger emotionaler Inhalt

Bei Befragten, die weder das DA erhielten noch die emotionalen Szenen sahen, wurde insbesondere *Präsenzerleben* (75%) festgestellt. Das *narrative Präsenzerleben* wurde dabei am häufigsten codiert (61,1%, «Ich habe mich wie ein politischer Gefangener gefühlt»). Dimensionen von *Geschichtsbewusstsein* wurden in 56,3% der Antworten gefunden, wobei alle Unterkategorien (*Temporal-*, *Wirklichkeits-*, *moralisches Bewusstsein*) Werte zwischen 22% und 28% aufweisen. Es wurden keine *positiven Emotionen*, dafür in 25% der Texte *negative Emotionen* codiert («Dennoch habe ich mich sehr unwohl gefühlt.»). 11,1% der Texte sind ohne Codierungen.

Am folgenden Beispiel wird die Parallelität von *geschichtsbewussten* Äusserungen und *emotionalen* Reaktionen deutlich:

«Das sieht wie genau in der Situation der Vergangenheit aus. Ich habe danach auch ein bisschen Angst und Ärger. Aber ich glaube die sind nur Schauspieler:innen, nicht die echten Personen in DDR.»

Es wurden hierbei *negative Emotionen* codiert («Angst und Ärger»), dennoch zeigt sich eine gewisse *Reflexion des Mediums*.

Zusammenführung

Die Kategorie *Präsenzerleben* dominiert in jeder Versuchsgruppe. Die höchsten Werte für *Präsenzerleben* wurden festgestellt, wenn die emotionalen Szenen des Videos gezeigt wurden (VG1, VG2). Dabei weisen *narratives* und *soziales Präsenzerleben* jeweils ähnliche Häufigkeiten auf (VG1: 68,8%; VG2: 66,7%). Der niedrigste Wert findet sich in VG3, der keine emotionalen Szenen zeigt und das DA eingesetzt wurde. Es deutet sich ein Zusammenhang von *Präsenzerleben* und emotionalen Inhalten der VR an, insbesondere da die Werte für *soziales Präsenzerleben* in VG1 und VG2

deutlich höher sind als in VG3 (22,2%) und VG4 (27,8%), bei denen keine emotionalen Szenen gezeigt wurden. Auswirkungen des DA auf *Präsenzerleben* bilden die Ergebnisse nicht ab.

Da die Werte für *Geschichtsbewusstsein* in den Versuchsgruppen, die ein DA erhielten (VG1, VG3), am höchsten sind, legen die Ergebnisse nahe, dass das DA einen positiven Einfluss auf Äusserungen von *Geschichtsbewusstsein* hat. So wurde in VG3 häufiger *Geschichtsbewusstsein* (66,7%) als *Präsenzerleben* (55,6%) festgestellt. Ebenso wirkt sich die geringere Emotionalität des Videos positiv auf *Geschichtsbewusstsein* aus (VG4), während die höhere Emotionalität negative Auswirkungen hat. So beträgt der Wert für *Geschichtsbewusstsein* in VG2 nur 22,2%.

Die Untersuchung nach Versuchsgruppen legt nahe, dass das DA einen Einfluss auf die Äusserung von *Emotionen* sowie *Geschichtsbewusstsein* hat. Die Emotionalität des Videos wirkt sich auf *Präsenzerleben* aus. Ein deutlicher Effekt der Emotionalität des Videos auf *Geschichtsbewusstsein* und *Emotionen* zeigt sich nicht.

5.2.3 Wie verhalten sich *Geschichtsbewusstsein*, *Präsenzerleben* und *Emotionen* zueinander? (F3)

Abbildung 5 gibt zudem Auskunft darüber, wie sich die Hauptkategorien zueinander verhalten. Die Daten der unterschiedlichen VG zeigen, dass ein hoher Wert für *Präsenzerleben* nicht in jedem Fall mit einem niedrigen Wert für *Geschichtsbewusstsein* einhergeht. Sind die Werte für *Präsenzerleben* in VG1 (81,3%) und VG4 (75%) recht hoch, sind es ebenso die Werte für *Geschichtsbewusstsein* (VG1 = 62,5%, VG4 = 56,3%). In VG2 findet sich der höchste ermittelte Wert für *Präsenzerleben* neben dem niedrigsten für *Geschichtsbewusstsein*. Dieser Effekt wird auf die Emotionalität des Inhalts und das Fehlen des DA zurückgeführt. Das DA und die geringere Emotionalität des Videos führen in VG3 zum höchsten Wert von *Geschichtsbewusstsein* und dem niedrigsten Wert von *Präsenzerleben*.

Bezüglich des Zusammenhangs von *Geschichtsbewusstsein* und *Emotionen* zeigt Abbildung 5, dass hohe Werte für *Geschichtsbewusstsein* mit niedrigeren Werten für *Emotionen* einhergehen (VG1, 2 und 4). Die Werte sind jedoch wenig aussagekräftig, da in 80% der Texte keine *Emotionen* codiert wurden und die Aussage damit auf einer geringen Fallzahl basiert. Ein Zusammenhang von *Präsenzerleben* und *Emotionen* lässt sich anhand der Werte nicht feststellen.

Weiterführende Korrelationsanalysen³ zeigten darüber hinaus, dass Äusserungen von *Präsenzerleben* und *Emotionen* ($\phi = .189, p = .114$), *Emotionen* und *Geschichtsbewusstsein* ($\phi = -.107, p = .370$), *Geschichtsbewusstsein* und *Präsenzerleben* ($\phi = .173, p = .147$) nicht signifikant miteinander in Verbindung stehen.

³ Korrelationen wurden mittels Phi-Koeffizienten untersucht begründet in den dichotomen Charakteristika der Variablen. Zur Analyse wurde die Statistik-Software IBM SPSS (Version 29.0) verwendet. Werte zur Signifikanz sind als Annäherung zu verstehen.

6. Diskussion

6.1 Interpretation der Ergebnisse

6.1.1 Wie wirkt geschichtsbezogene VR auf die Rezipierenden? Inwiefern lassen sich Dimensionen von Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen feststellen? (F1)

Die Ergebnisse der Auswertung zeigen im Einklang mit quantitativer Forschung (z. B. Frentzel-Beyme und Krämer 2022a), dass das *Präsenzerleben* ein Schlüsselement bei der Rezeption geschichtsbezogener immersiver Anwendungen ist. Die Rezipierenden der VR berichteten mehrheitlich, dass sie sich als Teil der dargestellten Geschichte wahrnahmen (*narrative Präsenz*), ein Gefühl der Anwesenheit anderer Personen in der medierten Welt hatten (*soziale Präsenz*) oder sich sogar in der virtuellen Welt verorteten (*räumliche Präsenz*). Vor allem das Eintauchen in die dargestellte Geschichte (*narratives Präsenzerleben*) wurde dabei von Teilnehmenden berichtet. Während in der (quantitativen) Forschung meist *räumliches Präsenzerleben* als zentrales Element für das Gefühl der Anwesenheit in einer medial vermittelten Umgebung verstanden wird (Slater und Wilbur 1997, 604), stellen sich innerhalb der vorliegenden Untersuchung insbesondere das *narrative* und *soziale Präsenzerleben* als bedeutsam für das Erleben der Rezipierenden heraus. *Räumliches Präsenzerleben* wurde am wenigsten berichtet. Dies könnte in einem Mangel an Interaktionsmöglichkeiten und dem geringen Immersionsgrad der untersuchten VR-Anwendung begründet sein, da insbesondere *räumliches Präsenzerleben* durch den Grad der technologischen Immersion bestimmt wird (Frentzel-Beyme und Krämer 2022a).

Die geringe Häufigkeit von berichteten *Emotionen* seitens der Rezipierenden, unabhängig davon, ob die emotionalen Szenen rezipiert wurden oder nicht, ist überraschend, geht aber einher mit den quantitativen Ergebnissen der Untersuchung und vorherigen Untersuchungen, welche das vorliegende 360°-Video adressieren (Frentzel-Beyme und Krämer 2022b). Auch dort zeigte sich kein Einfluss der Emotionalität des Inhalts der VR-Anwendung auf die Emotionen der Rezipierenden, unabhängig davon, ob die Anwendung über einen Media Player oder ein Cardboard rezipiert wurde. Darüber hinaus wurde auch in dem uns vorliegenden Material die mit Emotionalität verbundene Kategorie *moralisches Bewusstsein* nur selten angesprochen. Damit unterscheiden sich die Ergebnisse von den Untersuchungen von z. B. Riva und Kollegen 2007 oder Green und Brock 2002, die nahelegen, dass ein enger Zusammenhang zwischen emotionalen Medieninhalten, Immersion und emotionalen Reaktionen besteht. Die Ergebnisse deuten daher nicht auf eine emotionale Überforderung als Reaktion auf emotionalisierte geschichtsbezogene VR hin, wie es in der geschichtsdidaktischen Forschung befürchtet wurde (Bunnenberg 2021).

6.1.2 Welchen Einfluss haben das Dekonstruktionsangebot und die Emotionalität des Videos auf Dimensionen von Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen? (F2)

Die Ergebnisse zeigen sichtbare Auswirkungen des DA sowie der Emotionalität des Videos auf das *Präsenzerleben* und *Geschichtsbewusstsein* der Befragten. Erhielten Teilnehmende ein DA und sahen eine geschichtsbezogene VR-Anwendung mit geringerer Emotionalität, zeigt sich eine deutliche Verschiebung der Häufigkeit zwischen *Geschichtsbewusstsein* und *Präsenzerleben* zugunsten des *Geschichtsbewusstseins*. Aussagen, welche eine Art von *Geschichtsbewusstsein* darstellen, wurden innerhalb dieser Versuchsgruppen am häufigsten gefunden. Diese Ergebnisse stützen die Annahme, dass eine geschichtsdidaktische Begleitung des «Auftauchens» in Form der Bereitstellung weiterer Informationen zum rezipierten Inhalt einen positiven Einfluss auf das *Geschichtsbewusstsein* der Rezipierenden hat. Es ist demnach möglich, über die Beschäftigung mit VR *Geschichtsbewusstsein* anzuregen, solange die Darstellung nicht für sich stehen gelassen, sondern didaktisch begleitet wird, wie es von der geschichtsdidaktischen Forschung vorgeschlagen wird (Bunnenberg 2021b, 51).

Darüber hinaus zeigte sich ein Zusammenhang von *Präsenzerleben* und emotionalen Inhalten der VR, da die Werte für *Präsenzerleben* in den Versuchsgruppen, welche die emotionalisierenden Inhalte rezipierten (VG1 und VG2), deutlich höher waren als bei jenen Rezipierenden, die die weniger emotionalisierenden Inhalte konsumierten. Diese Ergebnisse gehen einher mit bisherigen Forschungsergebnissen (Riva et al. 2007; Frentzel-Beyme und Krämer, 2022a).

6.1.3 Wie verhalten sich Geschichtsbewusstsein, Präsenzerleben und Emotionen zueinander? (F3)

Durch die Ergebnisse deuten sich v. a. zwei Zusammenhänge an: Wurde ein hoher Wert für *Geschichtsbewusstsein* ermittelt, ging dies mit einem niedrigen Wert für *Emotionen* einher, ebenso wurden bei einem hohen Aufkommen von *Geschichtsbewusstsein* geringere Werte für *Präsenzerleben* gemessen. Ein Zusammenhang zwischen hohem *Präsenzerleben* und geringem *Geschichtsbewusstsein* deutet sich jedoch, wie auch in quantitativen Untersuchungen (Frentzel-Beyme und Krämer, 2022a), nicht an. Dadurch kann die Befürchtung der fachdidaktischen Forschung, dass ein hohes *Präsenzerleben* die Ausbildung von *Geschichtsbewusstsein* verhin-dere (z. B. Oswald 2012), etwas entschärft werden.

6.2 Limitationen der Studie

Zunächst ist anzumerken, dass nicht alle Antworten die durchschnittlichen Ergebnisse der Versuchsgruppe abbilden. So gab es auch in VG3 Texte, in denen, trotz Konfrontation mit einem weniger emotionalen Inhalt und dem DA, kein

Geschichtsbewusstsein codiert wurde und es fanden sich stark *emotionale* Äusserungen in VG4, obwohl in dieser Gruppe kein besonders emotionaler Inhalt rezipiert wurde. Generell erwies sich die Codierung von *Geschichtsbewusstsein* als schwierig. So liess sich durch die Codierung nicht die Gleichzeitigkeit von «geschichtsbewussten» und «geschichtsunbewussten» Äusserungen innerhalb eines Textes abbilden: Auch wenn einige Passagen in einer Antwort auf *Temporal-* und *Wirklichkeitsbewusstsein* hindeuten mögen, kann es sein, dass diese Person die VR-Anwendung trotzdem als Abbild der Vergangenheit versteht. Die Äusserungen allein können daher nicht als Beleg für ein umfängliches *Geschichtsbewusstsein* verstanden werden, sondern als Aspekte der unterschiedlichen Dimensionen von *Geschichtsbewusstsein*, die nur partiell und unterschiedlich ausgeprägt bei den Testpersonen gezeigt werden konnten. Für weitere Untersuchungen wäre eine Graduierung interessant, um die Niveauunterschiede greifen zu können. Zudem wurden allein die Häufigkeiten berechnet, es erfolgte keine vertiefte qualitative Analyse der einzelnen Textantworten. Auch aufgrund der niedrigen Fallzahlen ($N = 70$) und der mangelnden Repräsentativität der Stichprobe muss die Studie als Annäherung verstanden werden.

7. Praktische Implikationen und Ausblick

Die Untersuchung zeigt, dass Dekonstruktionsangebote, die nach geschichtsdidaktischen Kriterien gestaltet sind, das «Auftauchen» aus geschichtsbezogener VR wirkungsvoll begleiten können. Das gestaltete DA wirkte sich positiv auf die Häufigkeit der Äusserungen von *Geschichtsbewusstsein* im Sinne Pandels aus. Rezipierende, die ein DA bekamen, war es insbesondere häufiger möglich, eine bewusste Unterscheidung zwischen Realität und virtueller Realität herzustellen («ich habe das Gefühl, da ich quai da war, b wohl das stimmt nicht.», *Wirklichkeitsbewusstsein*). Für die didaktische Einbettung von VR in informellen Lernkontexten bedeutet dies, dass die Verfügbarkeit weiterer Informationen sich positiv auf eine reflektierte Haltung der Nutzenden auswirken kann. Diese könnte im digitalen Raum über weiterführende Links z. B. zu Nachrichtenartikeln realisiert werden.

Es zeigte sich jedoch auch, dass eine Begleitung dieser Art nicht ausreichend ist, sollte das Ziel die umfassende Ausprägung von *Geschichtsbewusstsein* sein, das sich zwar in Ansätze erkennen liess, die aber als eingeschränkt zu verstehen sind (s. 6.2).

Andere Möglichkeiten, das «Auftauchen» im Hinblick auf die Ausbildung von *Geschichtsbewusstsein* zu unterstützen, sollten in weiteren Untersuchungen erprobt werden – zum Beispiel der Austausch mit anderen über das Gesehene. Dieser Austausch im Rahmen historischer Lernprozesse gilt als besonders relevant, da «Geschichte [...] nicht nur als selbstreferentielle Konstruktion [entsteht], sie ist immer auch Auseinandersetzung mit den Co-Konstruktionen anderer.» (Deile 2020, 228).

Neben dem «Auftauchen» könnte in weiteren Studien ausserdem bereits das «Eintauchen» didaktisch begleitet werden. So könnten Erwartungen an die Erfahrung formuliert und einer emotionalen Überforderung vorgebeugt werden, wie es z. B. auch vor Gedenkstättenführungen gemacht wird (Haug 2015).

Dennoch führte die eingesetzte VR-Anwendung, die v. a. aufgrund der zu starken Emotionalisierung ihrer Inhalte kritisiert wurde (Bunnenberg 2021b; Brauer und Zündorf 2019), nicht zu so starken emotionalen Reaktionen wie angenommen. Die Ergebnisse zeigen, dass Präsenzerleben und das Empfinden von (negativen) Emotionen Äusserungen von Geschichtsbewusstsein nicht unterdrücken. Obwohl Präsenzerleben häufiger geäussert wurde, wenn die VR emotionalisierende Inhalte zeigte, führte das Empfinden von Präsenzerleben nicht zwangsläufig dazu, dass die Ausbildung von Geschichtsbewusstsein verhindert wurde.

Da jedoch insbesondere dann negative Emotionen geäussert wurden, nachdem Teilnehmende den emotionalen Ausschnitt der VR konsumierten und nicht beim «Auftauchen» begleitet wurden, sollte der Einsatz weniger emotionaler Inhalte im Lehr/Lernkontext angestrebt werden, um eine emotionale Überwältigung zu verhindern und eine kritische, bewusste Verarbeitung der Inhalte zu fördern.

Zusammenfassend erwies sich eine Begleitung des «Auftauchens» aus geschichtsbezogener VR anhand von Nachrichtenartikeln, die nach geschichtsdidaktischen Kriterien erstellt wurden, als wirkungsvoll für die Unterstützung der Ausbildung von Geschichtsbewusstsein im informellen Kontext. Entgegen der bisherigen (v. a. theoretischen) Forschungsdiskussion konnte hier empirisch gezeigt werden, dass das Eintauchen in geschichtsbezogene VR (Präsenzerleben) eine reflektierte Wahrnehmung der Inhalte (Geschichtsbewusstsein) nicht ausschliesst.

Literatur

- Agrawal, Simon Sarvesh, Adèle Bech, Bech Søren, Klaus Bæntsen, und Søren Forchhammer. 2020. «Defining Immersion: Literature Review and Implications for Research on Audiovisual Experiences». *Journal of the Audio Engineering Society* 68 (6): 404–17. <https://doi.org/10.17743/jaes.2020.0039>
- Allison, John. 2008. «History educators and the challenge of immersive pasts: a critical review of virtual reality <tools> and history pedagogy». *Learning, Media and Technology* 33 (4): 343–52.
- Brauer, Juliane. 2019. «Gefühlte Geschichte? Emotionen, Geschichte und historisches Lernen.» *Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Pädagogik* (95): 272–83.
- Breyer, Bianca, und Mathias Bluemke. 2016. «Deutsche Version der Positive and Negative Affect Schedule PANAS (GESIS Panel)». Mannheim: ZIS (Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen). <https://doi.org/10.6102/zis242>.

- Brauer, Juliane, und Irmgard Zündorf. 2019. «DDR-Geschichte vermitteln: Lehren und Lernen an Orten der DDR-Geschichte.» *Geschichte in Wissenschaft und Unterricht* (7/8): 373–89.
- Buchner, Josef, und Diane Aretz. 2020. «Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned». Herausgegeben von Klaus Rummler, Ilka Koppel, Sandra Aßmann, Patrick Bettinger, und Karsten D. Wolf. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* (Jahrbuch Medienpädagogik 17): 195–216. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>.
- Buchner, Josef, und Miriam Mulders. 2020. «Lernen in immersiven virtuellen Welten aus der Perspektive der Mediendidaktik». *medienimpulse* 58: 1–23. <https://doi.org/10.21243/mi-02-20-22>.
- Bunnenberg, Christian. 2020. «Mittendrin im historischen Geschehen? Immersive digitale Medien (Augmented Reality, Virtual Reality, 360°-Film) in der Geschichtskultur und Perspektiven für den Geschichtsunterricht.» *Geschichte für heute* (4): 45–58.
- Bunnenberg, Christian. 2021a. «Das Ende der historischen Imagination? Geschichte in immersiven digitalen Medien (Virtual Reality und 360°-Film).» In *Brennpunkte heutigen Geschichtsunterrichts: Joachim Rohlfes zum 90. Geburtstag*, herausgegeben von Lars Deile, Jörg van Norden, und Peter Riedel, 174–79. Wochenschau Wissenschaft. Frankfurt a. M.: Wochenschau.
- Bunnenberg, Christian. 2021b. «Endlich zeigen können, wie es gewesen ist? Virtual-Reality-Anwendungen, 360°-Filme und geschichtskulturelles Lernen im Geschichtsunterricht.» In *Digitalisierte Geschichte in der Schule*, herausgegeben von Tobias Arand, und Peter Scholz, 23–53. Ludwigsburger Hochschulschriften TRANSFER 20. Baltmannsweiler: Schneider.
- Cummings, James J., und Jeremy N. Bailenson. 2015. «How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence.» *Media psychology*: 1-38. <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>.
- Deile, Lars. 2020. «Historische Imagination.» In *Handbuch Diversität im Geschichtsunterricht: Inklusive Geschichtsdidaktik*, herausgegeben von Sebastian Barsch, Bettina Degner, Christoph Kühberger, und Martin Lücke, 223–35. Wochenschau Wissenschaft. Frankfurt a. M.: Wochenschau.
- Fadde, Peter J., und Zaichkowsky, Leonard. 2018. «Training perceptual-cognitive skills in sports using technology.» *Journal of Sport Psychology in Action* 9, 239–48. <https://doi.org/10.1080/21520704.2018.1509162>.
- Frentzel-Beyme, Lea, und Nicole Krämer. 2022a. «Back to the Past – An Experimental Investigation about the Effects of Immersive Historical Environments on Empathy and Morality.» *PRESENCE: Virtual and Augmented Reality* 29: 91–111. https://doi.org/10.1162/pres_a_00357.
- Frentzel-Beyme, Lea, und Nicole Krämer. 2022b. «Historical Time Machines – Experimentally Investigating Potentials and Impacts of Immersion in Historical VR on History Education and Morality.» *Technology, Mind, and Behavior*.

- Ginsburg, Michael, Martin Heller, und Christiane Wittenbecher (Intro VR & Video). 2017. «Was wollten Sie in Berlin?!» VR-Projekt Stasi-Gefängnis (9 Min.), *YouTube Video*, 12.05.2017. <https://www.youtube.com/watch?v=ZKP54B0yu3M>.
- Green, Melanie C., und Timothy C. Brock. 2002. «In the Mind's Eye: Transportation-imagery model of narrative persuasion». In *Narrative Impact: Social and cognitive foundations*, herausgegeben von M.C. Green, J.J. Strange, und T.C. Brock, 315-341. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Haug, Verena. 2015. «Gedenkstättenpädagogik als Interaktion: Aushandlung von Erwartungen und Ansprüchen vor Ort.» In *Gedenkstättenpädagogik: Kontext, Theorie und Praxis der Bildungsarbeit zu NS-Verbrechen*, herausgegeben von Elke Gryglewski, Verena Haug, Gottfried Kößler, Thomas Lutz, und Christa Schikorra, 113-26. Berlin: Metropol.
- Kerres, Michael, Miriam Mulders, und Josef Buchner. 2022. «Virtuelle Realität: Immersion als Erlebnisdimension beim Lernen mit visuellen Informationen.» *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 312-330. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.15.X>.
- Kinnebrock, Susanne, und Helena Bilandzic. 2006. «How to make a story work: Introducing the concept of narrativity into narrative persuasion.» *56. Jahrestagung der International Communication Association (ICA)*, Aachen, 19. Juni.
- Kittel, Aden, Paul Larkin, Ian Cunningham, und Michael Spittle. 2020. «360 virtual reality: A SWOT analysis in comparison to virtual reality.» *Frontiers in Psychology* 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.563474>.
- Knoch, Habbo. 2021. «Das KZ als virtuelle Wirklichkeit: Digitale Raumbilder des Holocaust und die Grenzen ihrer Wahrheit.» *Geschichte und Gesellschaft* 47: 90-121.
- Körper, Andreas 2019: «Kompetenzen historischen Denkens – Bestandsaufnahme nach zehn Jahren.» In *Geschichtsdidaktischer Zwischenhalt. Beiträge aus der Tagung »Kompetent machen für ein Leben in, mit und durch Geschichte« in Eichstätt vom November 2017*, hrsg.v. Waltraud Schreiber, Béatrice Ziegler, Christoph Kühberger, 71-87, Münster u. a.: Waxmann.
- Kuckartz, Udo, und Stefan Rädiker. 2022. *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden*. 5. Auflage. Grundlagentexte Methoden. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Lewers, Elena. 2022. «Durch Raum und Zeit? Medienkritische Auseinandersetzung mit Virtual Reality im Geschichtsunterricht.» *Medienimpulse* 60 (2). <https://doi.org/10.21243/mi-02-22-20>.
- Lombard, Matthew, und Theresa Ditton. 1997. «At the heart of it all: The concept of presence.» *Journal of computer-mediated communication* 3 (2).
- Lücke, Martin. 2012. «Multiperspektivität, Kontroversität, Pluralität.» In *Handbuch Praxis des Geschichtsunterrichts*, herausgegeben von Michele Barricelli, und Martin Lücke, 281-88. Wochenschau Geschichte). Schwalbach i. Ts.: Wochenschau.

- Mulders, Miriam, Josef Buchner, und Michael Kerres. 2020. «A Framework for the Use of Immersive Virtual Reality in Learning Environments». *International Journal for Emerging Technologies in Learning (IJET)* 15 (24): 208–24. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i24.16615>
- Oswalt, Vadim. 2012. «Imagination im Historischen Lernen.» In *Handbuch Praxis des Geschichtsunterrichts*, herausgegeben von Michele Barricelli, und Martin Lücke, 121–35. Wochenschau Geschichte). Schwalbach i. Ts.: Wochenschau.
- Pan, Xueni, und Antonia. F. de C. Hamilton. 2018. «Why and how to use virtual reality to study human social interaction: The challenges of exploring a new research landscape.» *British Journal of Psychology* 109 (3): 395–417.
- Panchuk, Derek, Markus J. Klusemann, und Stephen M. Hadlow. 2018. «Exploring the effectiveness of immersive video for training decision-making capability in elite, youth basketball players.» *Frontiers in Psychology* 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02315>.
- Pandel, Hans-Jürgen. 2017. *Geschichtsdidaktik: Eine Theorie für die Praxis*. 2. Aufl. Schwalbach i. Ts.: Wochenschau.
- Przybylka, Nicola. 2022. «Medienkulturwissenschaftliche Perspektiven auf Augmented und Virtual Reality in formalen Bildungskontexten.» *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (1: AR/VR): 331–54. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.16.X>
- Riva, Giuseppe, Mantovani, Fabrizia, Capideville, Claret Samantha, Preziosa, Alessandra, Morganti, Francesca, Villani, Daniel, Gaggioli, Andrea, Botella, Cristina, und Alcañiz, Mariano. 2007. «Affective Interactions Using Virtual Reality: The link between presence and emotions». *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society* 10 (1): 45–56.
- Schönemann, Bernd. 2011. «Erinnerungskultur oder Geschichtskultur?» In *Kulturwissenschaften und Geschichtsdidaktik*, herausgegeben von Eugen Kotte, und Jürgen Joachimsthaler, 53–72. Kulturwissenschaft(en) als interdisziplinäres Projekt 4. München: Meidenbauer.
- Schönemann, Bernd. 2012. «Geschichtsbewusstsein – Theorie.» In *Handbuch Praxis des Geschichtsunterrichts*, herausgegeben von Michele Barricelli, und Martin Lücke, 98–111. Wochenschau Geschichte). Schwalbach i. Ts.: Wochenschau.
- Slater, Mel. 2003. «A Note on Presence Terminology.» *Presence Connect* 3/3, 1–5.
- Slater, Mel. 2018. «Immersion and the Illusion of Presence in Virtual Reality.» *British journal of psychology* 109 (3): 431–33. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>.
- 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://www.mitpressjournals.org/doi/pdfplus/10.1162/pres.1997.6.6.603>.
- 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>.

- Trautwein, Ulrich, Christiane Bertram, Bodo von Borries, Nicola Brauch, Matthias Hirsch, Kathrin Schröter, Andreas Körber et al. 2017. *Kompetenzen historischen Denkens erfassen: Konzeption, Operationalisierung und Befunde des Projekts «Historical Thinking – Competencies in History» (HiTCH)*. Münster, New York: Waxmann.
- van Laak, Claudia. 2021. «Stasi-Gedenkstätte Hohenschönhausen saniert. Aufarbeitung durch Aufklärung». *Deutschlandfunk*, April 21, 2021. <https://www.deutschlandfunk.de/stasi-gedenkstaette-hohenschoenhausen-saniert-aufarbeitung-100.html>
- Zender, Raphael, Buchner, Josef, Schäfer, Caterina, Wiesche, David, Kelly, Kathrin, und Ludger Tüshaus. 2022. «Virtual Reality für Schüler:Innen: Ein Beipackzettel für die Durchführung immersiver Lernszenarien im schulischen Kontext». *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 47 (AR/VR - Part 1): 26–52. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.02.X>.

Themenheft Nr. 51:

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

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

Verkörperter Bildung durch die virtuelle Realität *THE SHAPE OF US*

Empirische Befunde, didaktisches Design und bildungstheoretische Schlüsse

Marie Isabel Schwarz¹  und Anna Mauersberger² 

¹ Universität zu Köln

² HeartWire

Zusammenfassung

Ausgehend von den Verkörperungstheorien, einer aktuellen Theorieströmung, die die konstitutive Rolle des Körpers für sämtliche mentale Prozesse hervorhebt, wird im Beitrag zunächst die Theorie einer «Verkörperter Bildung» konturiert. Diese schliesst an grundlegende Konzepte aus Medienbildung, pädagogischer Phänomenologie und ästhetischer Bildungstheorie an, versteht sich aber als disziplinübergreifender Bildungsbegriff. Hierauf aufbauend wird Bildung durch immersive virtuelle Realität als eine Bildungspraktik im Paradigma der Verkörperung erst theoretisch beleuchtet und anschliessend an einem konkreten Beispiel, der immersiven virtuellen Realität THE SHAPE OF US (TSOU), empirisch evaluiert. TSOU wurde mit dem Anspruch entwickelt, dem politischen Bildungsthema «Klimakrise» durch ein körper- und emotionsgebundenes Medium zu begegnen. Die Anwendung wurde zunächst in einer experimentellen Phase an drei unterschiedlichen Schulen und schliesslich in einer konzeptuellen Phase an einer Darmstädter Gesamtschule in unterschiedlichen didaktischen Settings bei Schüler:innen der 8. und 10. Jahrgangsstufe im Unterricht eingesetzt. Es wurden zwei Interviews mit Expert:innen und 14 Audiofiles von Gruppendiskussionen zur qualitativ-rekonstruktiven Analyse der Lern-Lehr-Szenarien nach der Grounded-Theory-Methodologie ausgewertet. Die Ergebnisse dienen, trotz ihrer Limitationen, einerseits der bildungstheoretischen Ausdifferenzierung spezifischer Qualitäten und Bedingungen von verkörperter Bildungsprozessen durch immersive virtuelle Realität, andererseits konkreten gestaltungsorientierten Schlussfolgerungen zu deren didaktischem Einsatz im Schulunterricht.

Embodied Education through the Virtual Reality *THE SHAPE OF US*. Empirical Findings, Didactic Design and Educational Theoretical Conclusions

Abstract

*Based on current assumptions about Embodiment that emphasize the constitutive role of the body for all mental processes, this article outlines a theory of «Embodied Education» affiliated with fundamental concepts of Media Education, Pedagogical Phenomenology and Aesthetic Education Theory. Yet it understands itself as a cross-disciplinary concept in the realms of education. Teaching and learning through immersive Virtual Reality is seen to be an embodied educational practice and is first theoretically illuminated and then empirically evaluated using the concrete case of the immersive Virtual Reality *THE SHAPE OF US* (TSOU). TSOU was developed with the aim of addressing the educational topic «climate change» in a way that reaches not only our heads but also our bodies and emotions. During an experimental phase, the app was first implemented in three different schools in Germany. The conceptual phase that followed took place at a comprehensive school in Darmstadt in different didactic settings with students of the 8th and 10th grade. Two expert interviews and 14 audio files of group discussions were analyzed for a qualitative-reconstructive evaluation of the learning-teaching scenarios using the grounded theory methodology. Despite their limitations, the results serve, on the one hand, to theoretically differentiate specific qualities and conditions of embodied educational processes through immersive Virtual Reality and, on the other hand, to draw concrete design-oriented conclusions about their didactic use in the classroom.*

1. Einleitung

Seit einigen Jahren werden verstärkt die Stimmen des Verkörperungs- oder Embodiment-Diskurses laut, der körperlichen Eigenschaften und Aktivitäten eine konstitutive Rolle für das menschliche Denken zuschreibt (vgl. u. a. Breyer 2015). Obgleich eine Neukonzeption von *Denken* und *Intelligenz* offensichtlich auch mit einer Revision der Paradigmen im Bildungsbereich einherzugehen hat, sind bislang wenige Anschlüsse zwischen Verkörperungs- und Bildungsdiskurs im deutschsprachigen Raum zu verzeichnen. Als Erbe der cartesianischen Tradition hat sich die Trennung von Körper und Geist, Natur und Technik, Fühlen und Denken auch in die theoretische und praktische Pädagogik eingeschrieben und zu einer regelrechten Körpervergessenheit beigetragen (Brinkmann 2016). Selbst wenn jüngere Konzepte und Programme für eine gewisse Wiederentdeckung des Körpers in der Schule und anderen Bildungsinstitutionen plädieren, wird den notwendigen neuen Denkweisen und Umformulierungen, die mit einer nicht naturalistischen Auffassung von Verkörperung einhergehen müssten, kaum ausreichend Beachtung geschenkt (vgl. Kraus 2009).

Besonders relevant wird dieses Dilemma, wenn traditionelle Bildungsparadigmen auf die Themen und Probleme einer global-vernetzten Welt stossen und etablierte institutionelle Wissenspraktiken darin ihr Scheitern bzw. ihre Grenzen offenbaren. Die Klimakrise ist ein eindrückliches Beispiel dafür, dass die einseitige Ausrichtung auf propositionale Wissensbestände – etwa im Sinne eines Wissens, *dass* sich die Erde jedes Jahr erwärmt, *dass* die Regenwälder abgeholzt und indigenen Völkern sowie tausenden von Tierarten die Lebensgrundlage entzogen wird, und *dass* wir etwas an diesen Umständen ändern könnten – nicht genügt, um Verhaltensänderungen von globaler, lokaler oder auch nur persönlicher Tragweite einzuleiten. Es scheint, als würde mehr *Wissen-dass*, ein *Dazu Lernen*, nicht automatisch auch zu einem *Wissen-wie*, zur Handlungskompetenz, führen (zu den unterschiedlichen Wissensdimensionen und ihren Qualitäten vgl. etwa Grundmann 2003; Jung 2012), bzw. dieser sogar im Wege stehen: Wir fühlen uns ausserstande, auf das, was wir wissen, zu antworten. Wie aber kann es gelingen, Lernende durch Bildungspraktiken zu einer Beteiligung an gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsprozessen zu befähigen – und damit einer globalen Verantwortung (im Sinne einer *response-ability* nach Haraway 1985; 2018) mit Blick auf unsere Wissensbestände gerecht zu werden?

Hier setzt das Konzept von BNE (Bildung für Nachhaltige Entwicklung) an, das die nachhaltige Entwicklung der Gesellschaft grundlegend an Innovationen im Bildungsbetrieb gebunden sieht (Vierbuchen und Rieckmann 2020). Im Sinne einer handlungsorientierten, transformativen Pädagogik (Rieckmann 2018) hat BNE das Ziel, Lernende in die Lage zu versetzen, Nachhaltigkeitsprozesse aktiv mitzugestalten sowie eigene Handlungen und Werte vor diesem Hintergrund kritisch zu reflektieren (Künzli David 2007). Kompetenzen, die hier im Vordergrund stehen, wie Vernetztes und Kritisches Denken, Kooperationskompetenz, Integrierte Problemlösekompetenz und Empathiekompetenz (vgl. ebd.) können nicht unterrichtet werden, sondern müssen in partizipativen Lehr-Lernarrangements selbst entwickelt werden. Dies ist nicht loszulösen von neuen didaktischen Prinzipien wie Lernenden-zentrierung, Reflexions- und Partizipationsorientierung, Transformativem Lernen, Interdisziplinarität – und damit auch an neue Lehrkompetenzen gebunden, die mit einem eigenen Nachhaltigkeitsbewusstsein und kritischem Selbstverständnis der Lehrenden als Lernbegleitende einhergehen (Vierbuchen und Rieckmann 2020). Der hierin eingewobene Diskurs einer Transformativen Bildung gründet auf der Beobachtung, dass ein *Verständnis von* gesellschaftlichen Problemlagen bei Lernenden nicht zu Verhaltensänderungen führt (Lingenfelder 2020: 52f.). Ein transformatives Lernen müsse deswegen jene mentalen Strukturen ansprechen, die zur Ausbildung von Werten und Handlungen führten, die Selbst- und Weltverhältnisse der Lernenden verschoben und von Emotionen und Erfahrungen bestimmt würden (Mezirow 1991; Koller 2012; Krämer 2018). In der Sprache der Verkörperungstheorien könnte man sagen: Lernen muss als Aktivität eines verkörperten Geistes begriffen werden,

um im Sinne von BNE wirken zu können. Inwiefern könnten nun aber neue digitale Technologien – sensibel und kompetent durch Pädagog:innen begleitet – nützlich sein, um solche Bildungsmomente zu fördern?

Einen Versuch in diese Richtung wagt die virtuelle Realität (VR) *THE SHAPE OF US* (TSOU). Sie wurde vom Bildungslabor *Heartwire* und dem Gamedesign-Studio *Monobanda* mit dem Anspruch entwickelt, ein lange vergessenes Narrativ am eigenen Leib erfahren und *er-innern* (vgl. Serres 1998) zu lassen: dass wir eins sein mit der Natur. Wenn wir dies wirklich verinnerlichen, so die implizite These der Entwickler:innen, würde unser Handeln in Nachhaltigkeitsfragen konsequent anders aussehen.¹ In einer einjährigen praktischen Studienphase wurde die VR im Schulkontext an Schüler:innen sowie in Bibliotheken an Erwachsenen als Bildungstechnologie erprobt.

In dieser Publikation werden erstmalig Daten aus der Schulpraxis ausgewertet und diskutiert. Es handelt sich um ein Pionierprojekt im deutschsprachigen Raum, denn obgleich erste Erhebungen zu immersiver VR im Schulunterricht vorliegen, ist – unserem Kenntnisstand nach – bislang keine Anwendung mit einem vergleichbaren inhaltlichen und körperbezogenen Schwerpunkt untersucht worden. Zumeist behandelten die Studien technische Fragestellungen und berücksichtigten wenig gestaltungsorientierte Aspekte im Design der VR oder der speziellen Unterrichtssituation (vgl. auch Buchner und Aretz 2020). Ebenso fehlt es an einer bildungstheoretischen Grundlage, um den Einsatz immersiver VR im Schulunterricht wissenschaftlich zu diskutieren und zu evaluieren.

Die vorliegende Untersuchung verfolgt einerseits das Ziel, im Sinne der Grounded-Theory-Methodologie theoretische Erkenntnisse zu den bislang wenig beschriebenen Zusammenhängen von (Technologie-vermittelten) Verkörperungspraktiken und Bildung zu gewinnen. Andererseits sollen, dem Design-Based-Research-Ansatz folgend, konkrete gestaltungsorientierte Schlussfolgerungen zum didaktischen Einsatz von immersiver VR für komplexe Bildungsthemen im Schulunterricht abgeleitet werden. Dazu werden zunächst theoretische Grundlagen und Bezüge einer Verkörperten Bildung (Kap. 2) und einer Bildung durch immersive VR (Kap. 3) abgehandelt, ehe eine detaillierte Beschreibung der VR-Anwendung TSOU vorgenommen wird (Kap. 4). Im zweiten Teil werden das Set-Up und die Methode der empirischen Erhebung, ihre Befunde und deren design- sowie bildungstheoretisch orientierte Ergebnisse vorgestellt und diskutiert (Kap. 5). Den Abschluss bilden ein Fazit und ein Ausblick auf die aus der Untersuchung hervorgehenden Erkenntnisse, Anschlussfragen und Perspektiven (Kap. 6).

1 TSOU wurde explizit für den Einsatz in pädagogischen Settings entwickelt und ist nicht als Stand-Alone-VR gedacht: Zu transformatorischen Bildungsprozessen (vgl. Koller 2012) soll TSOU vor allem durch die pädagogisch begleitete Reflexion im Anschluss führen, die mindestens so wichtig ist wie die VR-Erfahrung selbst. Neben der VR können über die Projektwebsite daher auch didaktische Tipps und Begleitmaterialien heruntergeladen werden.

2. Verkörperte Bildung

Die Verkörperungs- oder Embodiment-Debatte ist ein breiter und relativ junger disziplinenübergreifender Diskurs, der verstärkt auch Einzug in die hiesige pädagogische Forschung hält (vgl. Kraus 2008; 2009; Casale, Rieger-Ladich, und Thompson 2020). Ihre Ursprünge hat die Debatte, die zunächst vorrangig durch die Philosophie des Geistes² beschrieben wurde, in der Kognitionswissenschaft und Künstlichen Intelligenz (KI)-Forschung, beeinflusst durch die Evolutionsbiologie, die kontinentale Phänomenologie und den amerikanischen Pragmatismus (eine deutschsprachige Sammlung der Grundlagentexte zu dieser Debatte liefern Fingerhut, Hufendiek und Wild 2017a). Nicht nur aufgrund seiner interdisziplinären Ursprünge, sondern auch wegen seines weitreichenden und vielgestaltigen Wirkungsfeldes im Wissenschaftsbetrieb, lässt sich der Verkörperungsansatz eher als eine gemeinsame Denkrichtung denn als ein geschlossenes theoretisches Konstrukt begreifen. Gemeinsam ist den Vertreter:innen dieser Denkrichtung die Prämisse eines verkörperten – also welt- und körpergebundenen – menschlichen Geistes. Das heißt, in Kürze: «Es ist die Beschaffenheit unseres Körpers, die uns intelligent macht» (Fingerhut, Hufendiek, und Wild 2017b, 9). Diese Idee geht mit einigen fundamentalen Paradigmenwechseln einher, gründen die westlichen erkenntnis- und bildungstheoretischen Konzepte – mitsamt ihrer praktisch-methodischen Auslegungen – doch auf einer dualistischen Trennung von Körper und Geist. Im Folgenden werden die Kerngedanken des Verkörperungsansatzes aus der Philosophie des Geistes zusammengetragen, ehe ihre bildungstheoretischen Bedeutungen und Anschlüsse diskutiert werden.

2.1 Kerngedanken der Verkörperung: 4-E-Cognition

Es gibt vier zentrale Begriffe beziehungsweise Unterströmungen, die die neue Debatte um den menschlichen Geist als einen verkörperten charakterisieren (4-E-Cognition), die sich teils widersprechen, teils überschneiden. Gemeinsam ist diesen Strömungen, und das soll auch hier im Vordergrund stehen, dass sie sich gegen das klassische Modell des Geistes aus der Kognitionswissenschaft richten. Von Susan Hurley auch anschaulich als Sandwich-Modell beschrieben (Hurley 2017), geht dieses Modell von einer vertikalen Organisation der Komponenten Sensorik (= Input), Kognition (= Computation) und Motorik (= Output) aus. «Denken» meint in diesem Modell eine zentral gesteuerte *Verrechnung* und *Übersetzung* von externen Informationen in systeminterne Inhalte, wobei epistemische Prozesse und intelligentes Handeln immer von mental erzeugten Abbildern (Repräsentationen) ausgehen. Diesem klassischen Modell zufolge könnten intelligente menschliche Fähigkeiten ebenso gut losgelöst von ihrer (austauschbaren) körperlichen Basis, etwa von einem

2 Es handelt sich um jene philosophische Disziplin, die es sich zur Aufgabe macht, das Wesen des menschlichen Geistes, seine Zustände, Bedingungen und Wirkungen, zu beschreiben.

«Gehirn im Tank» (vgl. Etzemüller, Fuchs, und Tewes 2017, 9), erzeugt werden – die Grundannahme der frühen KI-Forschung. Umgekehrt verunmöglicht diese Vorstellung ein Denken ohne Verrechnung und ohne mentale Repräsentationen des Wahrgenommenen. Für eben jene Form des peripheren Denkens und Verstehens treten wiederum die Verkörperungsströmungen ein, in je spezifischer Weise.

Das erste E, der verkörperte Geist (*embodied mind*), lässt sich als Sammelthese des Verkörperungskonzepts begreifen. Es richtet sich gegen das reduktionistische und körpervergessene Computermodell des Geistes der klassischen Kognitionswissenschaft und gegen die daraus resultierenden «künstlichen» kognitiven Systeme, die ihre *Intelligenz* auf einem vorgegebenen Regelwerk innerhalb begrenzter, kontrollierbarer Rahmenbedingungen gründen (z. B. schachspielende Roboter). Demgegenüber betonen die Autor:innen des Standardwerks *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience* (Varela, Thompson, und Rosch 1991) die unersetzbare Rolle der praktischen und impliziten Wissensdimensionen, die wir – als Common-Sense- oder Hintergrundwissen – als gegeben annehmen, mit denen eine KI aber erst nach und nach gefüttert werden müsste, um vergleichbare kognitive Fähigkeiten zu erwerben. Indem sie den Common Sense als Körper- und Sozialgeschichte des Menschen begreifen, heben die Vertreter:innen des verkörperten Geistes zugleich die wechselseitige Bestimmtheit von Geist und Welt, von Erkennendem und Erkanntem hervor und widerlegen die Trennbarkeitsthese³ der klassischen Kognitionswissenschaft: Tatsächliche Intelligenz ist nicht programmierbar, sondern an sensomotorische Fähigkeiten wie Bewegung, Sehen und Interaktionsbereitschaft gebunden – ohne diese verkörperten Tätigkeiten gibt es keine Abstraktion und ohne Abstraktion keine (künstliche) Intelligenz (ebd., 146).

Das zweite E, der eingebettete Geist (*embedded mind*), besagt, dass Elemente der Umgebung die kognitiven Prozesse unterstützen, ohne selbst Teil dieser Prozesse zu sein (vgl. Fingerhut, Hufendiek, und Wild 2017, 73). Zentral für die Verfechter:innen der Einbettungsthese sind die Zeichen- und Symbolsysteme, «die für uns die Welt in einer bestimmten Weise ordnen und erschließbar machen» (ebd.). Die Idee vom eingebetteten Geist befasst sich weniger damit, wie «der Geist» konstituiert ist, sondern vor allem mit dem seine Aktivitäten strukturierenden Hintergrund, seinem *Medium*. Denken kann sich demnach nie auf eine Angelegenheit zwischen einem Subjekt und seinen mentalen Zuständen beschränken – mit der Konsequenz: Andere kulturelle, ökologische, ökonomische, soziale oder mediale Voraussetzungen bringen ein *anderes* Denken hervor, ganz gleich wie dieses individuell verkörpert ist.

3 Die Trennbarkeitsthese oder These der multiplen Realisierbarkeit besagt, dass von den mentalen Zuständen einer Akteurin unmöglich auf deren körperliche Eigenschaften geschlossen werden könne (vgl. Fingerhut, Hufendiek, und Wild 2017b, 79). Ein menschlicher Geist würde demnach in ganz unterschiedlich gearteten Körpern – und beispielsweise auch in Maschinen – wohnen können.

Das dritte E, der Enaktivismus (*enactive mind*), ist die radikalste Verkörperungstheorie und stark evolutionsbiologisch geprägt. Drei wesentliche Merkmale charakterisieren das enaktivistische Verkörperungsverständnis: Erstens setzt der Ansatz eine strikte sensomotorische Bedingtheit von Kognition voraus – das heisst: ohne körperliche Aktivität kein Denken! –, zweitens wird angenommen, dass zwischen Welt und Organismus eine strukturelle Koppelung vorliegt, beide sich also wechselseitig gestalten, und drittens werden Wahrnehmung und Erfahrung nicht als passive Zustände, sondern als aktive kognitive Tätigkeiten begriffen. Den Enaktivist:innen folgend braucht Kognition keine Repräsentationen, sondern kann allein durch die Bewegungsaktivitäten und sich verändernde Sinnesreize in unterbewussten Interaktionen zwischen Organismus und Umwelt vermittelt werden (O'Regan und Noë 2017, 332ff.).

Das vierte E, der ausgedehnte Geist (*extended mind*), geht davon aus, dass sich Kognition auch ausserhalb des Schädels, also des Gehirns, und sogar ausserhalb des Körpers abspielen kann. Das bedeutet: Sinnesorgane, Motorik und technische Hilfsmittel werden zu potenziellen Trägern für kognitive Prozesse. Andererseits ist auch gemeint, dass das, was wir wahrnehmen, nicht etwa objektiv in der Welt liegen kann, sondern von unseren «geistigen Organen» beeinflusst wird: «Was wir hören und sehen hängt – einfach gesprochen – wesentlich auch davon ab, was wir wissen» (Breyer 2016, 41): Der Substanzdualismus von *res cogitans* und *res extensa* ist überwunden. Diese These ist weniger radikal als der Enaktivismus, da sie grundsätzlich noch an einer funktionalistischen und repräsentationalistischen Idee des Geistes festhält. Das Wichtige ist aber: Sowohl der Körper als auch die Umwelt und die in ihr enthaltenen Entitäten können Träger mentaler Zustände sein und gleichberechtigte kognitive Funktionen erfüllen. Angesichts des Einsatzes von Medien und Technologien zu Bildungszwecken handelt es sich hier um eine wegweisende Entgrenzung der Vorstellung des menschlichen Geistes.

2.2 Bildung als Berührung und Antwort des Selbst

Es ist unausweichlich, dass ein neues Verständnis vom menschlichen Geist und seinen Aktivitäten auch zu einer Revision von Bildungstheorie und -praxis führen muss. Denn zunächst kann festgehalten werden: Die in der westlichen Tradition verankerten bildungs- und lerntheoretischen Konzepte bleiben dem cartesianischen Substanzdualismus von Körper und Geist sowie dem klassischen Computermodell des Geistes verhaftet. So entwickelt sich ausgehend von u. a. Wilhelm von Humboldt ein subjektzentrierter Blick auf das lernende Individuum als reflexiv-denkendes, autonomes *Ich*, dem die Welt und die in ihr enthaltenen Körper, Sinne und Affekte gegenüberstehen. Didaktische Konzepte des (Regel)Schulbetriebs adressieren demgemäss ein Subjekt, das keinen Körper benötigt, um zu einer vernunftbasierten

Erkenntnis zu gelangen – im Gegenteil, körpergebundene Aspekte wie Emotionen, Wahrgenommenes und Erlebtes bergen das Potenzial, die reine Erkenntnis zu trügen und müssen diszipliniert, instrumentalisiert, ggf. sogar stummgeschaltet werden. Das propositionale und damit überprüfbare Wissen gewinnt die Hoheit über die Wissensformen; Mathematik, Naturwissenschaften und Sprachen erhalten jene über die Schulfächer. Der Körper und die ihm inhärenten Erkenntniswege geraten in institutionellen Bildungssettings in Vergessenheit (Brinkmann 2016) – eine Tatsache, die unter der Prämisse eines verkörperten Geistes geradezu paradox erscheint.

Schon seit geraumer Zeit lässt sich jedoch eine erneute Hinwendung zur Körperlichkeit im Bildungs- und Schulkontext verzeichnen, obgleich diese Hinwendung bislang wenig konsequent die eigentlich erforderlichen Paradigmenwechsel einläutet (vgl. Kraus 2009). Ein hierfür einsehender empirischer und theoretischer Beitrag soll im Rahmen unseres Forschungsprojekts geleistet werden. Im Anschluss an die strukturelle Bildungstheorie nach Marotzki (1990), die ästhetische Bildungstheorie Andrea Sabischs (2008) und die pädagogische Phänomenologie (u. a. Kraus 2008; Rittelmeyer 2009; Brinkmann 2016) wird dabei von einem Bildungsbegriff ausgegangen, der Bildung als ein prozesshaftes, ästhetisch-grundiertes Wirken am Selbst begreift⁴ – und sich damit nur *verkörpert* denken sowie bewerkstelligen lässt.

Um dies besser zu verstehen, lohnt sich zunächst ein detaillierter Blick auf die möglichen Auslegungen von *Bildung*, wie sie im aktuellen Bildungsdiskurs kursieren: Mit Jörissen (2011) kann Bildung zum einen verstanden werden als *Output* des Bildungswesens, der sich mittels standardisierter Messverfahren (etwa im Rahmen von PISA) evaluieren lässt. Ebenso wird Bildung als *Ergebnis* individueller Lernprozesse begriffen und angestrebt, gebunden an persönliche Qualifikationen, Kompetenzen und Allgemeinbildung.⁵ Zum anderen, und von den beiden erstgenannten deutlich abweichend, kann Bildung als unabgeschlossener *Prozess* aufgefasst werden, der mit einer Transformation der Sichtweisen auf Selbst und Welt einhergeht (vgl. hierzu den Bildungsbegriff von Kokemohr und Koller 1996). Ein solcher Prozess lässt sich nicht anhand externer Maßstäbe messen, sondern wenn überhaupt qualitativ-empirisch rekonstruieren (Jörissen 2011). Es ist diese prozesshafte, differenztheoretische Vorstellung von Bildung, die den Ausgangspunkt für unser Konzept einer *Verkörperten Bildung* darstellt (vgl. auch Marotzkis strukturelle Bildungstheorie, Marotzki 1990, und die strukturelle Medienbildung nach Marotzki und Jörissen 2010).

4 Womit Bildung etwas anderes ist als Lernen. «Alles Lernen hat keinen Sinn, wenn die Schülerinnen und Schüler von sich aus nicht staunen, fragen und etwas suchen», schreibt Andrea Sabisch (2008, 197). Indem Bildung, anders als Lernen, mit einer Regung und eigenverantwortlichen Handlung *des Selbst* einhergehen muss, ist sie zugleich ebenso wenig für Lehrpersonen kontrollierbar wie für Forschende objektiv messbar.

5 Man erkennt in diesen Vorstellungen von Bildung als *messbares Ergebnis* deutlich die Auffassung vom menschlichen Geist als Input-Output-Maschine wieder.

Welche Rolle aber spielt der menschliche Körper bei diesen sich verschiebenden Verhältnissen von Selbst und Welt und folglich in und für Bildungsmomente(n)? Für die (pädagogischen) Phänomenolog:innen ist die Antwort auf diese Frage eindeutig: Der Leib, phänomenologisch begriffen als «der grundlegende Modus unserer Erfahrung und Erfassung von Welt» (Kraus 2009, 10), ist für das Individuum gleichermaßen identitäts-, sinn- und verhaltensstiftend – und damit grundlegend für die Wahrnehmung seiner Selbst- und Weltverhältnisse. Es sind folglich die körpergebundenen Aspekte der Selbst- und Welterschließung (in einem nicht naturalistischen Sinne), die im Zentrum aller denkbaren Bildungsprozesse stehen. Beispielhaft stellt etwa Christian Rittelmeyer (2009) die entscheidende Bedeutung der Körperresonanz für die Urteilsfähigkeit – auch im Kontext von Schulbildung – heraus: Erst indem eine (Lern)Situation möglichst viele Sinne anspreche und der Körper synästhetisch in Resonanz trete, könne ein Attribut aus seiner rein kognitiven Bewertungs-Indifferenz befreit werden und eine kritisch-bewertende Anteilnahme hervorrufen. Dem pflichtet Malte Brinkmann – mit etwas anderer Schwerpunktsetzung – mit seinem Modell einer *interkorporalen Reflexivität im Urteilen* bei (Brinkmann 2016).

Die Position Andrea Sabischs macht die konstitutive Rolle sinnesgebundener Aspekte des Weltzugangs für *jegliche* Bildungsmomente besonders deutlich: «Bildung ohne ästhetische Grundierung ist im doppelten Sinne sinnlos oder von Sinnen. Bildung ist ästhetisch organisiert und motiviert» (Sabisch 2008, 192). Für Sabisch sind zwei Aspekte ausschlaggebend, um Bildung zu ermöglichen: Einerseits das *Aufmerken*, ein affektiver, an Sinne und Empfindungen gebundener Prozess, der unbewusst abläuft und unsere Wahrnehmung organisiert; andererseits das *Antworten* auf diese Aufmerksamkeit, das aus dem *Selbst* heraus und damit ebenfalls sinnes- (und körper-)gebunden vollzogen werden muss (ebd.). Aus dieser ästhetischen Bildungstheorie lassen sich für das didaktische Design der Studie zwei zentrale Komponenten ableiten, um verkörperte Bildungsprozesse zu evozieren: Das Kreieren von Aufmerksamkeit einerseits, das selbst-bestimmte Antwortenlassen der Schüler:innen andererseits.

Zusammengefasst begreifen wir Bildungsmomente als ein Wirken am (körperlich verhafteten) Selbst⁶ – Bildungsmomente, die zunächst mit einem Berührt-Werden, einem affektiven Aufmerken und Organisieren der Wahrnehmung beginnen und dann zu Bildung werden (können), wenn sie in Antworten (Regungen, Handlungen, Forsch- und Suchbewegungen desselben) übergehen. Bildung findet also in einem Spannungsfeld von Passivität und Aktivität zwischen Welt und Organismus statt,

6 Auch wenn hier ein Selbst-Verständnis zugrunde liegt, in dem sich Selbst und Körper nicht voneinander trennen lassen, ist damit keineswegs gemeint, dass eine (biologische) Körperlichkeit «das Selbst» determiniere oder überhaupt, dass dieses eine abgeschlossene, eindeutige, autonome Form annehmen könne. Vielmehr ist das Bildungs-subjekt, insbesondere in einer tiefgreifend technologisierten, mediatisierten und digitalisierten Gesellschaft, in den Worten Grünbergers (2019), als «Fleckentepich» oder als «fragmentiertes Selbst» zu verstehen.

zwischen einem Hervorgebracht-Werden und einem Selbst-Hervorbringen – und lässt sich demnach als *enaktiver, verkörperter* Vorgang begreifen. Übereinstimmend mit dem Ansatz der Transformativen Bildung geht es bei diesen Vorgängen weniger um Wissensakkumulation als um die Transformation von Wissen in Handlungskompetenz (Fuhr 2018, 86). Um das Konzept einer Verkörperten Bildung zu konturieren, wird hier vorrangig auf Prinzipien der Phänomenologie, der ästhetischen Bildung und der strukturalen Medienbildung zurückgegriffen. Dennoch möchten wir Verkörperte Bildung dezidiert als eine fach- und disziplinübergreifende Denkrichtung⁷ ausweisen, die jegliche Bildungsprozesse – und nicht etwa «nur» ästhetisch vermittelte – als verkörpert versteht und damit ein Umdenken in den pädagogischen und didaktischen Prinzipien aller Fächer fordert.

3. Bildung durch immersive virtuelle Realität

(Verkörperte) Bildung kann auf unterschiedlichen Wegen medial initiiert werden und ist nicht gebunden an digitale Technologien. Gleichzeitig liegt die Vermutung nahe, dass Virtuelle Realität wegen ihrer spezifischen Eigenschaften, etwa ihres hohen Immersionsgrads, auch besondere Potenziale für Bildungsprozesse mit sich bringt.⁸ Anwender:innen einer VR wie TSOU können sich mit ihren Körpern im Raum bewegen, erkunden dreidimensionale synthetische Bildwelten, empfangen Ton über Kopfhörer und erleben sich dabei selbst – und das ist entscheidend gegenüber anderen Medien wie Buch oder Film – als Protagonist:innen. Ausreichend empirische Hinweise sprechen dafür, dass ein solches multimodales Setting, in dem mehrere Sinne gleichzeitig angesprochen werden, besondere Erfolgsaussichten für Bildungsprozesse bereithält (vgl. Kraus 2009; Rittelmeyer 2009). Doch obgleich die Potenziale von VR für Bildungsprozesse vielfach angepriesen werden (Rogers 2019), ist die Datenlage noch begrenzt, da die Technik bislang kaum in institutionellen Bildungssettings eingesetzt wird. Dabei spricht vieles dafür, dass es eher eine Frage der Zeit ist, bis VR Einzug ins Alltägliche hält.⁹ Umso wichtiger scheint es, dieses neue mediale Format frühzeitig kritisch-forschend in den Blick zu nehmen, da es unser Denken und Handeln voraussichtlich wesentlich prägen wird: «The tools we design have an impact on how we become designed by the tools of our own hand» (Barone und Eisner 2012).

7 Gemeint sind sowohl alle denkbaren Schulfächer als auch die an der Debatte beteiligten wissenschaftlichen Disziplinen (wie etwa die Philosophie, Soziologie, Anthropologie, Psychologie, Erziehungswissenschaften, Kunstpädagogik etc.).

8 Siehe hierzu auch die Arbeit des Virtual Human Interaction Lab: <https://stanfordvr.com>.

9 Nicht zuletzt etwa die Ankündigung Mark Zuckerbergs, das soziale (2-D-)Netzwerk *Facebook* in ein *Meta*-verse umzuwandeln, in dem sich Menschen über dreidimensionale Avatare begegnen.

3.1 Bildende Bildwelten

Das Aufsetzen einer VR-Brille ist zunächst eine stark visuell geprägte Erfahrung. Inwiefern können diese digital erzeugten Bilder wirksam sein, um das Selbst in Regung zu versetzen und antworten zu lassen? Einen hilfreichen theoretischen Anhaltspunkt liefert die Bildakttheorie von Horst Bredekamp (2015): Reziprok zum Sprechakt wird Bildern ein Wirken auf das Empfinden, Denken und Handeln ihres Gegenübers zugesprochen, das einerseits aus der Kraft des Bildes selbst, andererseits aus der Wechselwirkung beider hervorgeht. Indem Bilder ihre Betrachter:innen über die Wahrnehmung in andere emotionale und mentale Zustände versetzen, sind sie – theoretisch betrachtet – wirkmächtig im Sinne einer Verkörperten Bildung. Seit den 1960er-Jahren wird die Wirkung von Bildern auch empirisch untersucht (Selke 2007). Hiervon leitet sich die These vom *picture superiority effect* ab, die visuellen Reizen grundsätzlich eine umfangreichere Wirkung auf den menschlichen Organismus zuschreibt als textlichen Stimuli. Visuelle Reize werden dieser These nach effizienter verarbeitet als Sprache, lassen sich leichter erinnern und enthalten pro Informationseinheit einen höheren Informationsgehalt. Sie können auf Ebene der Aufmerksamkeit wirken (bewusst und unbewusst), auf jener der Erinnerung und des Gedächtnisses sowie auf Handlungsebene («Verhaltenswirksamkeit») (ebd.). Bildern, denen es gelingt, Wirkungen auf allen drei Ebenen zu erzielen, können nach unserer obigen Begriffsfassung Bildungspotenziale zugesprochen werden. In akteurs- und dingtheoretischer Hinsicht haben wir es bei Bildern also mit potenziellen epistemischen Akteuren zu tun – in der Sprache der Verkörperungstheoretiker:innen mit einer Ausprägung des *extended mind*. Ausschlaggebend dafür, *ob* und *wie* ein Bild – oder eine digitale, bewegte Bildwelt – relational epistemisch wirken kann, ist sein *Design* (vgl. Jörissen 2015).

3.2 Besonderheiten von VR

Wenngleich das Erleben einer VR stark visuell bestimmt ist, sind ihre Wirksamkeiten nicht mit denen von (möglicherweise auch vertonten und bewegten) Bildern gleichzusetzen. Es sind die Erfahrungsmodi der *Immersion* und der *Presence*, die die Technologie der VR gegenwärtig charakterisieren und gegenüber anderen Medien abgrenzen (vgl. Buchner und Aretz 2020): Immersion beschreibt die technische Eigenschaft von VR, möglichst viele Sinnesmodalitäten anzusprechen und dadurch die Illusion von Realität zu erzeugen. Presence (oder auch mentale Immersion) meint wiederum das Gefühl, in der VR anwesend zu sein und dadurch Handlungen hervorzubringen, die auch in der realen Welt zutage treten könnten.¹⁰ Virtuelle Realität zu erleben heisst, eine computergenerierte Welt aus der Erste-Person-Perspektive zu

¹⁰ Während Immersion in der VR ihrer Definition nach eine technisch bedingte Eigenschaft ist, hängt Presence auch von persönlichen, emotionalen und kognitiven Voraussetzungen ab.

erfahren – und, falls die Anwendung funktioniert, diese temporär als Wirklichkeit wahrzunehmen, wodurch Diversitätserleben und Verhaltensanpassung, ein *Wissen-wie*, möglich werden. Mit Waldenfels lässt sich eine menschliche Erfahrung als ein wechselseitiges und letztendlich unverfügbares Geschehen zwischen den Polen «Erleiden» und «Gestalten» begreifen, auf das der Mensch mit einer Antwort, einem Aufmerken Bezug nimmt (Waldenfels 2002). Erfahrungen können damit per se als Initiatoren für Bildungsprozesse im oben beschriebenen Sinne verstanden werden. Wie Koller mit Waldenfels herausstellt, erzeugen insbesondere Erfahrungen des Fremden jene irritierenden Momente, die es braucht, um etablierte Selbst- und Weltverhältnisse zu destabilisieren und damit transformatorische Bildungsprozesse zu veranlassen (Koller 2012), oder anders gesagt: um *response-able* zu werden. In diesem Zusammenhang hält eine VR-Anwendung die besondere Eigenschaft bereit, eine Transformation von Perspektiven (Mezirow 1991) zu ermöglichen: So können in der VR fremde Perspektiven nicht nur visuell, sondern mit dem gesamten Körper eingenommen und, falls sich eine mentale Immersion einstellt, als real erfahren und erinnert werden. Wie Spangenberger, Geiger und Freytag (2022) zeigen, fördern Verkörperungsprozesse mittels immersiver VR (etwa die Perspektiveinnahme eines Baumes) das Verbundenheitsgefühl zur Natur, womit wiederum eine grössere Handlungsbereitschaft in Nachhaltigkeitsfragen einhergeht (vgl. ebd. mit Bezug auf Barth et al. 2007). Schlussfolgernd zeichnen sich hierin besondere Potenziale von immersiver VR für ein transformatives Lernen und Sich-Bilden im Sinne einer BNE ab.

Die empirische Datenlage zu VR in Bildungssettings ist noch begrenzt. Insbesondere für immersive virtuelle Explorationswelten wie TSOU liegen wenige Metaanalysen zu möglichen Lern- oder Bildungseffekten vor. Einige Autor:innen weisen auf die Möglichkeiten eines situierten, multiperspektivischen Lernens (Dede 2009) in Verbindung mit der Entwicklung affektiver Fähigkeiten wie dem Empathie-Erleben (Shin 2018) und empathischen Handeln (Neundlinger 2021) hin, die jene der zweidimensionalen (digitalen) Vermittlung deutlich übersteigen. Solche sinnlich mediierten Veränderungsmomente des emotionalen und kognitiven Erlebens sind in politischen Bildungsfragen wie derjenigen zum Umgang mit dem Klimawandel als besonders relevant einzustufen, wie die Forschungsergebnisse im Kontext von BNE nahelegen (vgl. Kap. 1).

Zusammengefasst ist auf Basis der bisherigen empirischen Erkenntnisse und besonderen multimodalen Eigenschaften von immersiver VR von einem Potenzial für verkörperte Bildungsprozesse auszugehen. Ob jedoch Bildungsmomente durch eine VR zutage treten können, hängt vom Design der Anwendung und ihrer didaktischen Rahmung sowie von den individuellen Voraussetzungen der Anwender:innen sowie der begleitenden Pädagog:innen ab. Grundsätzlich ist man angesichts einer Forschung an verkörperter Bildung durch VR vor die Herausforderung gestellt, dass sich

die zu untersuchenden Veränderungsprozesse – Bildung als Berührung und Antwort des Selbst – nicht objektivieren und operationalisieren, also standardisiert bewerten lassen. Stattdessen sind qualitative Untersuchungsmethoden gefragt, die die zugrundeliegenden Prozesse rekonstruieren und dem Forschungsgegenstand offen, interpretativ und selbstreflexiv entgegentreten (vgl. etwa Lamnek und Krell 2016).

4. Die VR *THE SHAPE OF US*

Die virtuelle Realität *THE SHAPE OF US* (TSOU) wurde von Januar 2020 bis Januar 2022 von der Robert Bosch Stiftung gefördert und vom Labor für gesellschaftliche Herzensbildung *HeartWire* in Kooperation mit dem niederländischen Game-Studio *Monobanda* entwickelt.¹¹ Bei der Experience handelt es sich um eine ca. 30-minütige Reise, die die Körper ihrer Anwender:innen auf besondere Weise einbindet und aktiviert: Von einer auktorialen Erzählerin (Mutter Natur) werden sie von Station zu Station geleitet, müssen sich strecken, den Boden berühren, durch einen enger werdenden Tunnel krabbeln, sich hinlegen oder tanzen.¹²

Die Experience gliedert sich grob in drei Teile: Im ersten Teil, einer schwarz-weißen, dystopisch anmutenden Welt, werden die Anwender:innen mit dem Ausmass der menschengemachten Zerstörung konfrontiert: ausgetrocknete Flüsse, abgeholzte, tote Wälder, Artensterben, Umweltverschmutzung. Mutter Natur spricht in diesem Teil viel, sie mahnt, warnt, erinnert sich – und gewährt hin und wieder einen Blick in vergangene, intakte Welten, wie sie einst auf der Erde vorzufinden waren. Lange dürfen die Anwender:innen allerdings nicht in diesen Welten verweilen. Nach wenigen Sekunden verflüchtigen sich die bunten Bilder und hinterlassen erneut schwarz-weiße Ödnis. Das Ziel dieses ersten Teils ist, den Verlust von Lebensraum nicht nur sichtbar, sondern auch emotional erlebbar zu machen.

Im zweiten Teil von TSOU ist es wortwörtlich den Anwender:innen überlassen, «den Schritt» zu tun: Entscheiden sie sich dafür, ins Dunkle und Ungewisse zu treten, führt ein enger werdender Tunnel sie heraus aus der Ödnis und hinein in einen kuppelartigen Raum, der sich ruhig und meditativ anfühlt. Mutter Natur fordert sie auf, sich selbst zu spüren, ihre Körper wahrzunehmen, sich schliesslich hinzulegen und nichts weiter zu tun als loszulassen und sich der Erde anzuvertrauen.

Im letzten Teil der Experience sollen sich die Anwender:innen selbst als «Teil der Natur» erfahren. Ihre VR-Hände verändern sich, bekommen Wurzeln und werden lebendig. Sie können sich frei im Raum bewegen, werden zu Protagonist:innen des Geschehens. Es geht um das lebendige Moment, um das Aufeinandertreffen von

11 Die VR-Anwendung *THE SHAPE OF US* (entwickelt für die Meta Quest) kann mitsamt didaktischen Handlungsempfehlungen kostenfrei von der Projekt-Website heruntergeladen werden und ist für den Einsatz in nicht-kommerziellen Lehr- und Lern-Settings freigegeben: www.theshapeofus.de.

12 Ein *Walkthrough* zur Experience, also ein Live-Mitschnitt aus Sicht der Anwender:innen, findet sich hier: <https://www.youtube.com/watch?v=zp0RGXG3Ilo&t=87s>.

Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, um Möglichkeiten und Potenziale. Am Ende finden sich die Anwender:innen an dem Lagerfeuer wieder, von dem aus sie gestartet sind.

5. Empirische Erhebung: TSOU im Schulunterricht

5.1 Studiendesign

5.1.1 Forschungsanliegen und Vorgehen

Die empirische Untersuchung sollte der Frage Rechnung tragen, inwiefern immersive VR – hier speziell die Anwendung TSOU – in der Lage sein kann, transformative Bildungsmomente im Paradigma eines verkörperten Geistes in schulischen Lern-Lehr-Szenarien zu fördern. Dabei waren sowohl technische als auch pädagogische und strukturelle Gelingensbedingungen sowie Hemmnisse von Interesse. Ferner soll die Arbeit dazu beitragen, die Theorie einer Verkörperten Bildung, ausgehend von empirischen Erkenntnissen zu technologievermittelten Verkörperungspraktiken, weiter zu schärfen.

Aufgrund der geringen Datenlage und grossen Komplexität des Vorhabens wurde ein offener, explorativer Ansatz gewählt. Unsere Untersuchung begann mit einer experimentellen Phase, in der zunächst keine Vorgaben zur didaktischen Rahmung der VR-Anwendung oder zum Dokumentationsverfahren seitens der Lehrenden gemacht wurden – sie sollten TSOU gemäss ihrer pädagogischen Intuition individuell einsetzen und evaluieren. Diese Phase diente dazu, erste Erkenntnisse zu sammeln, mit deren Hilfe das sehr umfangreiche Forschungsfeld schärfer konturiert und das Studiendesign entsprechend zugeschnitten werden konnten. Einhergehend mit der im Vorfeld geleisteten Theoriearbeit wurde daraufhin eine konzeptuelle Studienphase entwickelt, die sowohl das didaktische Framing der Unterrichtsstunden als auch Umfang und Art der Datenerhebung konkretisierte. Da die Anwendung für eine breite Altersgruppe entwickelt wurde («Jugendliche und Erwachsene»), wurden Schüler:innen ab der 8. Jahrgangsstufe in die Untersuchung eingeschlossen. Um eine grundständige Vergleichbarkeit zu ermöglichen, sollte das Alter der berücksichtigten Schüler:innen möglichst wenig variieren. Die Anwendung wurde aufgrund ihres fachübergreifenden Themenschwerpunkts bis dato nur ausserhalb des Fachunterrichts eingesetzt.

Die hier dargestellten Daten und Ergebnisse bilden eine Momentaufnahme innerhalb eines fortdauernden Forschungsprozesses ab. In Folgeuntersuchungen sollen sowohl die didaktische Gestaltung der Unterrichtsstunde als auch deren wissenschaftliche Auswertung iterativ in Kooperation mit den beteiligten Lehrpersonen

weiterentwickelt werden. Langfristig soll dabei von Mal zu Mal präziser theoretisch beschrieben und praktisch erprobt werden, *für wen, unter welchen Umständen* und *warum* immersive VR in schulischen Bildungssettings sinnvoll sein kann – und damit nicht zuletzt das Transferproblem innovativer Bildungspraktiken behoben werden. Inhaltlich folgt die Arbeit damit dem Design-Based-Research-Ansatz (vgl. u. a. Schmiedebach und Wegner 2021; Reinmann 2005), methodologisch ist sie dem Paradigma der Grounded-Theory-Methodologie (Glaser und Strauss 2008) zuzuordnen.

5.1.2 Kohorte

In der experimentellen Phase wurden die Brillen zunächst an fünf Lehrkräfte an deutschen Schulen verteilt, die – nach einem umfangreichen Briefing zu Hintergrund und Zielen der VR – selbstbestimmt den Einsatz der Anwendung in ihrem jeweiligen Schulkontext erprobten. Aufgrund pandemiebedingter Einschränkungen des Präsenzunterrichts in den Monaten November 2020 bis Februar 2021 konnte diese Phase nicht den geplanten Umfang erreichen. Ein Interview mit einer Lehrkraft, die die Möglichkeit hatte, die VR mit 15 Schüler:innen (Altersgruppe 13 bis 16 Jahre) durchzuführen, sowie weitere informelle Gespräche mit den Lehrkräften der Kohorte, die die VR vorwiegend selbst und im Kolleg:innenkreis ausprobierten, sind aus diesem Forschungsabschnitt hervorgegangen.

Die zweite konzeptuelle Phase baut in ihrem Design und ihrer Umsetzung auf den Erkenntnissen der ersten Forschungsphase auf. Sie wurde an der Gesamtschule *GUTenberg* in Darmstadt unter Beteiligung von insgesamt 31 Schüler:innen und vier Lehrkräften durchgeführt. Die Schüler:innen besuchten zum Zeitpunkt der Erhebung die 8. bzw. 10. Klassenstufe, vorwiegend im Realschulzweig, ergänzt um einige Gymnasialschüler:innen. Die hieraus hervorgehenden Fokusgruppen (siehe *Konzeptuelle Phase – Didaktisches Design*) wurden von den betreuenden Lehrkräften mit dem Anspruch zusammengesetzt, möglichst diverse Gruppen von Schüler:innen gleicher Jahrgangsstufen zu erhalten.

Ziel dieser konzeptuellen Forschungsphase war es, erste didaktische Strategien zum Einsatz der immersiven VR TSOU in schulischen Unterrichtssituationen zu erproben und auszuwerten. Hinweise auf mögliche Bildungspotenziale und -bedingungen wurden – der Komplexität der individuellen Erfahrungen beim Einsatz von VR, dem oben definierten Bildungsbegriff und der naiven Datenlage Rechnung tragend – in einer offenen und qualitativ-rekonstruktiven Herangehensweise erhoben.

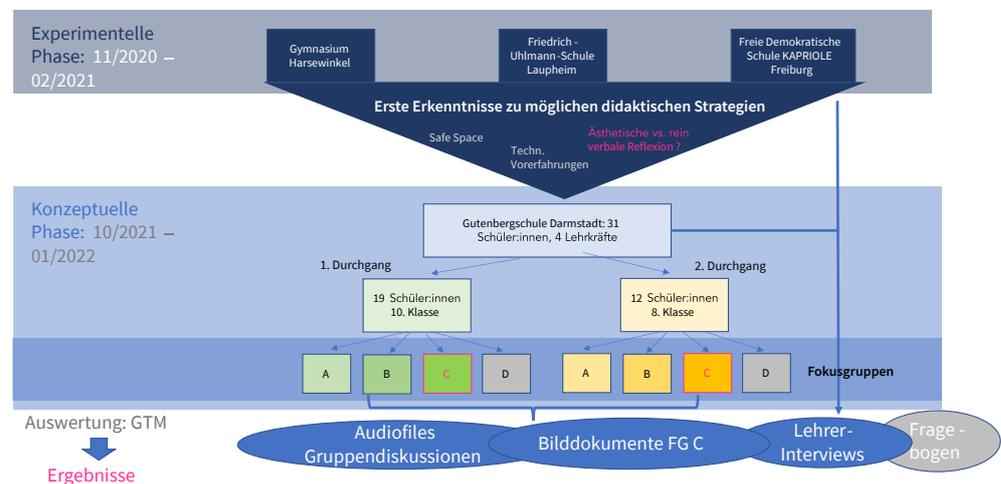


Abb. 1: Forschungsdesign TSOU im Schulunterricht. GTM = Grounded-Theory-Methodologie; FG: Fokusgruppe.

5.1.3 Konzeptuelle Phase – Didaktisches Design

Die Einteilung der Schüler:innen-Kohorte während der konzeptuellen Phase in Fokusgruppen ist in Abb. 1 dargestellt. Zum Zweck einer gewissen – aufgrund der geringen Anzahl von Teilnehmenden weiterhin eingeschränkten – Vergleichbarkeit wurden die Schüler:innen einer Jahrgangsstufe gleichmässig auf die Fokusgruppen aufgeteilt.

In diesem Setting wurden insgesamt drei unterschiedliche didaktische Ansätze zur Einbettung von TSOU in den Schulunterricht untersucht (Fokusgruppen A–C) sowie eine Vergleichsgruppe gebildet, in der TSOU nicht zur Anwendung kam (Fokusgruppe D). In allen vier Fokusgruppen wurde abschliessend, manchmal auch einleitend, eine Gruppendiskussion zwischen den beteiligten Lehrenden sowie den Schüler:innen geführt, deren Audioaufnahmen dokumentiert und ausgewertet wurden. Das in Fokusgruppe C zusätzlich schüler:innenseits produzierte Bildmaterial wurde in Form einer Dokumentenanalyse ebenfalls in die Auswertung einbezogen.

Eine Erkenntnis aus der experimentellen Phase war gewesen, dass die Schüler:innen sehr unterschiedlich auf die Anwendung reagiert hatten, je nachdem, welche individuellen Vorerfahrungen sie mit immersiver VR bereits mitbrachten. Um eine gewisse Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde in der konzeptuellen Phase allen Gruppen zunächst eine technische Vorerfahrung mit immersiver VR ermöglicht. Darüber hinaus sollte sichergestellt werden, ebenfalls als Erkenntnis aus der experimentellen Phase, dass die VR-Erfahrung in einem *Safe Space* vonstatten gehen konnte – an einem Ort also, an dem sich die Schüler:innen vertrauensvoll auf die immersive Erfahrung einlassen konnten. Die Lehrpersonen waren anwesend, jedoch hatten die Schüler:innen ausreichend Platz und Privatsphäre, um während der Anwendung für sich zu sein und sich weder beobachtet noch bewertet zu fühlen.

Dafür verliessen sie in Gruppen den Klassenraum und fanden sich in der Aula bzw. Turnhalle der Schule zusammen, wo jeweils drei bis fünf von ihnen die VR gleichzeitig durchführten.

Die von diesem übergreifenden Setting ausgehenden unterschiedlichen didaktischen Ausrichtungen der Fokusgruppen werden im Folgenden skizziert.¹³ Zusätzlich wurden alle Schüler:innen gebeten, einen Online-Fragebogen auszufüllen, der weitere qualitative Daten zur VR-Erfahrung aus ihrer Perspektive erheben sollte.

5.1.4 Fokusgruppe A: VR – offenes Gespräch

In Fokusgruppe A wurde die VR TSOU von den Schüler:innen als Auftakt der Unterrichtseinheit ohne ein vorausgegangenes Gespräch oder anderweitige inhaltliche Auseinandersetzung angewendet. Nachdem alle Schüler:innen die Erfahrung beendet hatten, fanden sie sich mit den beiden begleitenden Lehrpersonen in einem Gesprächskreis zusammen. Die von den Lehrkräften eingebrachten Fragen wurden von den Forschenden vorgegeben (assoziative Ebene: *Was habt ihr erlebt?*; Reflexive Ebene: *Was ist euch am meisten im Gedächtnis geblieben?*; Emotionale Ebene: *Was für Gefühle konntet ihr während der Erfahrung wahrnehmen?*; Inhaltliche Transfer-Ebene: *Was könnte das mit der Klimakrise zu tun haben?*). Der jeweilige Gesprächsverlauf wurde von den Lehrkräften koordiniert und lag in deren Verantwortung.

5.1.5 Fokusgruppe B: Onboarding-Gespräch – VR – offenes Gespräch

Die Unterrichtssituation in Fokusgruppe B wurde durch einen gemeinsamen Gesprächskreis eingeleitet (Onboarding). Hierin standen die Fragen im Mittelpunkt, wie die beteiligten Personen (Lehrkräfte sowie Schüler:innen) ihr eigenes Leben zu Zeiten des Klimawandels wahrnehmen und wie sie ihr Verhältnis zur Natur beschreiben.

Anschliessend wendeten die Schüler:innen die VR TSOU an und fanden sich danach erneut zu einer Gruppendiskussion zusammen. Es gab also ein vor- und nachbereitendes Framing der individuellen Erfahrungen in der gesamten Gruppe. Die seitens der Lehrkräfte eingebrachten Fragen wurden auch hier von den Forschenden vorgegeben und entsprechen im Wesentlichen denen aus Fokusgruppe A. Zusätzlich wurde der Bogen zum Auftaktgespräch gespannt und dezidierter als in Gruppe A nach Handlungsmöglichkeiten im Kontext der Klimakrise gefragt.

¹³ Theoretische Konzepte zur Beschreibung einer Verkörperten Bildung sollten aus den Reflexionen der Schüler:innen im Anschluss an die VR-Erfahrung abgeleitet werden, ohne das Thema im Vorfeld zu explizieren und damit ggf. Ergebnisse zu beeinflussen.

5.1.6 Fokusgruppe C: Persönliche Auseinandersetzung – Onboarding-Gespräch – VR – ästhetische Reflexion – offenes Gespräch

In Fokusgruppe C wurde der didaktische Rahmen um ästhetisch-reflexive Verfahren der Auseinandersetzung mit dem Thema sowie mit der Erfahrung von TSOU erweitert. Dieser Ansatz resultierte aus der experimentellen Phase der Forschung. Hierin hatte sich gezeigt, dass eine verbale Wiedergabe und Reflexion des Erlebten im direkten Anschluss an die VR-Erfahrung für viele Schüler:innen schwierig schien. Vorbereitend zur Unterrichtseinheit zu TSOU hatten sie die Aufgabe gestellt bekommen, ein Element «aus der Natur» mitzubringen, das sie persönlich anspreche. Aus diesen gesammelten Gegenständen und aus Feuerholz, das die Lehrkräfte beisteuerten, wurde als einleitendes Gruppenritual ein «Lagerfeuer» in der Mitte des Raumes errichtet, um das sich alle Personen versammelten. Das daran anschliessende Gespräch basierte auf der gleichen Fragestellung wie in Fokusgruppe B, erweitert um die Begründung, warum die Schüler:innen den jeweiligen Gegenstand ausgewählt und mitgebracht hatten. Anschliessend wendeten sie TSOU an. Auf die individuelle Erfahrung folgte zunächst eine ästhetische Auseinandersetzung in Stille: Die Schüler:innen wurden gebeten, auf einem Din-A-4-Blatt mit Stiften ihre Erfahrung zu Papier zu bringen – in einer individuell angemessenen und frei wählbaren Form und (Bild-)Sprache. Auch der mitgebrachte Gegenstand konnte dabei eingebunden werden. Anschliessend fand ein offener Gesprächskreis statt, dessen vorgegebene Fragen mit denen aus Fokusgruppe B übereinstimmten.

5.1.7 Fokusgruppe D: Film – offenes Gespräch

Die Schüler:innen aus Fokusgruppe D schauten gemeinsam den Film *Mein Lehrer, der Krake* – einen Film, der eindringlich und sehr emotional veranschaulicht, aber eben nicht körperlich erfahren lässt –, dass «Mensch» und «Natur» unausweichlich miteinander verwoben sind. Im Anschluss daran fand ein Gruppengespräch statt, das auf den gleichen Fragen aufbaute wie in Fokusgruppe A.

Um den Gesprächsverlauf nach dem Schauen des Films direkt mit dem nach TSOU gegenüberstellen zu können, wendete die gleiche Gruppe aus der 10. Jahrgangsstufe an einem anderen Tag auch die immersive VR an. Das didaktische Framing entsprach dabei dem von Fokusgruppe A (*VR – offenes Gespräch*).

5.1.8 Auswertungsmethoden

Die im Rahmen der Studie gewonnenen empirischen Daten (Interviewmaterial mit zwei beteiligten Lehrpersonen, Audiofiles der Gruppengespräche, ästhetische Dokumente, s. Abb. 2) wurden gemäss der *Grounded-Theory-Methodologie* (Glaser und Strauss 2008) qualitativ-rekonstruktiv und explorativ ausgewertet. Die ebenfalls

erhobenen Fragebögen wurden im Zuge des Theoretical Samplings von der Auswertung ausgeschlossen, da insgesamt zu wenig verwertbare Daten eingereicht worden waren.

Ziel der Auswertung war, (a) *spezifische Spuren und Bedingungen von Bildungsprozessen* ausfindig zu machen, aus denen erste, möglicherweise hypothesengenerierende Konzepte zur Beschreibung der Theorie einer Verkörperten Bildung durch immersive VR abgeleitet werden können und (b) möglichst konkrete Hinweise und Empfehlungen zur sinnvollen didaktischen Gestaltung von Unterricht mit der VR TSOU zu generieren. Diese Ziele wurden als richtungsweisende Ansprüche an die empirische Forschungsarbeit in dem Bewusstsein formuliert, sie nicht gänzlich in dem hier beschriebenen Untersuchungsrahmen erreichen zu können. Daher war es ein weiteres Anliegen, (c) gestaltungsorientierte Erkenntnisse für Folgeuntersuchungen zu gewinnen.

5.2 *Ergebnisse und Diskussion*

5.2.1 *Strukturelle und technische Voraussetzungen*

Wie aus den Interviews mit den Lehrpersonen hervorging, sind für die Anwendung immersiver VR als Unterrichtsmedium besondere Voraussetzungen in der Schule zu prüfen bzw. zu schaffen. Neben finanziellen Hemmnissen oder anderweitig begründeten Vorbehalten aus dem Kollegium oder der Schulleitung zum Einsatz oder zur Anschaffung der Technik, stellt insbesondere die unterrichtsinhärente Zeit- und Raumstruktur gewillte Lehrkräfte vor Herausforderungen. So müssen für die Anwendung einer immersiven VR Räume gesucht werden, die die Voraussetzung für einen *Safe Space* erfüllen – also eine sichere und ungestörte Lernumgebung gewährleisten, in der die Schüler:innen möglichst unbeobachtet sind, einfühlsam an die Technologie herangeführt werden, was immer auch die Option beinhaltet, die VR auf eigenen Wunsch abzubrechen. Ferner sollten sie die Möglichkeit haben, bei Bedarf um Hilfe zu bitten und, ganz grundsätzlich, *freiwillig* teilzunehmen. Dies ist in den meisten Fällen nicht in den Klassenzimmern gegeben. Die interviewten Lehrpersonen sprachen davon, dass sie ein «ruhiges Umfeld» aufsuchten, «Zeit» im Sinne ihrer eigenen Anwesenheit bei den Erfahrungen aufbrachten und die Klassengruppe für den Einsatz der VR in mehrere Kleingruppen unterteilten. Die *Freie Demokratische Schule KAPRIOLE* in Freiburg hielt aufgrund ihrer besonderen Unterrichtsstruktur, die asynchrone und synchrone Einheiten verbindet, ausreichend freie Räume für betreute Einzelerfahrungen zur Verfügung. An der *Gutenbergschule Darmstadt* suchten die Fokusgruppen die Aula bzw. Sporthalle der Schule auf und ermöglichten so Erfahrungen für drei bis fünf Schüler:innen gleichzeitig.

Ein weiterer bedeutender Punkt ist das technische Set-up der VR: Immersion wird vor allem dann ermöglicht, wenn die Anwendung störungsfrei läuft. Dafür ist z. B. eine saubere Voreinstellung der Headsets oder eine exakte Vermessung des Raums nötig. Dafür wiederum benötigen Lehrkräfte entweder Vorerfahrung mit VR, oder aber den Willen zu *Trial and Error*: Das Einrichten von VR-Räumen läuft selten ohne unvorhergesehene Ärgernisse ab, ein «digitales Mindset» – also eines, das selbstständig auf die Suche nach Lösungen geht und vieles im Ausprobieren entdeckt – ist unerlässlich. Die Ergebnisse der Studie zeigen allerdings auch, dass eine Einstellung durch die Lehrkräfte zuverlässiger war als jene durch geübte Schüler:innen.

5.2.2 Spuren und Bedingungen von verkörperten Bildungsprozessen

Bei Schüler:innen, die TSOU bis zum Ende ohne technische Unterbrechungen durchspielten, beobachteten die Lehrenden einen starken immersiven Effekt im Sinne eines völligen «Versunken-Seins» in der virtuellen Welt. Dies wurde insbesondere in jenen Situationen sichtbar, in denen Anwender:innen ihren Körper zum Einsatz brachten, etwa in den Tunnel kriechen oder sich auf die Erde legen und «fallen lassen» mussten. Auch war ein Aufmerken, ein Staunen zu vernehmen

«ich konnte fast durch die Brillen ihre staunenden Augen sehen»,

also eine Ergriffenheit

«Oaah! Ohh krass! Wie schön!»,

was sich als Spur für die Ermöglichung von verkörperten Bildungsprozessen im oben beschriebenen Sinne einordnen lässt.

Da die Erfahrung solcher affektiver Momente durch Immersion bzw. Presence auch an persönliche Voraussetzungen gebunden ist, lassen sich hinsichtlich der hier von ausgehenden Bildungspotenziale individuelle und von den Lehrpersonen nur bedingt zu beeinflussende Limitationen ableiten. So waren manche Schüler:innen mit viel Gaming-Erfahrung von der «flachen Grafik» der VR enttäuscht, weswegen es ihnen, vermutlich infolge eines Abstumpfungseffekts, nicht möglich war, auf gleiche Weise wie andere in die computergenerierten Bildwelten einzutauchen. Dem entgegen schienen einige Schüler:innen so ergriffen

«es hat ihr Angst gemacht, sie hat auch geweint»,

dass sie die Erfahrung vorzeitig abbrechen mussten. Es wird deutlich, dass das emotionale Erleben einer immersiven VR-Erfahrung und damit einhergehende Bildungseffekte von Lehrpersonen für eine Allgemeinheit weder vorherzusagen sind noch gänzlich gesteuert werden können. In einigen Fällen kann die Anwendung

unwirksam sein, in anderen könnte es sogar pädagogisch sinnvoll sein, gänzlich¹⁴ von ihr abzusehen. Der potenziellen Diversität im emotionalen Erleben immersiver VR ist daher mit grosser Sensibilität und Achtsamkeit zu begegnen. Dies setzt zugleich die Notwendigkeit einer intakten pädagogischen Beziehungsebene zwischen Schüler:innen und betreuenden Lehrpersonen voraus, damit immersive VR durch ihre emotionalen Aspekte bildungsfördernd – und nicht etwa verstörend – wirken kann.

Hinsichtlich der besonderen Qualitäten von (potenziellen) verkörperten Bildungsprozessen durch immersive VR liess sich in allen Fokusgruppen, in denen die VR zur Anwendung kam, ein eindeutiger Ich-Bezug in den Schilderungen der Erfahrung feststellen:

«Ich hab Schuldgefühle, weil ich so viel gesehen habe, was wir zerstört haben.»

«Wir waren halt auf ner Reise. Haben nen Wald gesehen, Fluss gesehen. Wie er halt aussehen würde, wenn wir ihn nicht zerstört hätten. Oder auch Tiere, die wir getötet haben.»

Dies wurde insbesondere im Kontrast zur Filmgruppe deutlich, in der die Antworten auf die Frage *Was hast du erlebt?* allesamt auf der beschreibenden Ebene in der 3. Person verhafteten.

«Ein Oktopus hat sich einem Menschen genähert und ihm Vertrauen gegeben.»

«Es ging um einen Mann, der einen Oktopus getroffen hat.»

Dem immersiven Erleben durch VR im Kontext politischer Bildungsthemen lässt sich also, im Unterschied zum Film, ein besonderes Wirken auf der personalen Ebene zusprechen – was einen möglichen Hinweis darauf liefern könnte, dass hier verkörperte Bildungsprozesse durch *Berührungen des Selbst* initiiert werden. Inwiefern diese Berührungen, die in den Äusserungen der Schüler:innen durch emotionsgeleitete Beschreibungen des Erfahrenen

«ich hatte auch ein bisschen Angst»

«ich fühle mich auch ein bisschen traurig»

«irgendwie hat sich das voll cool angefühlt, ich weiß nicht warum»

¹⁴ Dies trifft sicherlich für sämtliche pädagogisch begleiteten Bildungsmomente zu, soll aber für die Technologie der VR wegen ihres besonders grossen Immersionspotenzials hier herausgestellt werden.

manifest werden, auch zu Handlungen im Sinne eines *selbstbestimmten Antwortens* führen können, ist aus den bis dato erhobenen Studiendaten nicht abzuleiten. Die unmittelbare Gesprächssituation im Anschluss an die VR-Anwendung erwies sich als methodisch schwierig, um weiterführende Reflexionsprozesse zu evaluieren: So kam es nach Aussage einer Lehrperson zu einem Bruch in der Begeisterung und im Commitment der Schüler:innen.

«So richtig Begeisterung bei den Gesprächen kam relativ wenig auf. Sie hatten ihren Spaß in den Brillen und jetzt geht's mit Unterricht weiter.»

Neben motivationalen Aspekten scheint dies auch kommunikativen Engpässen geschuldet, die möglicherweise mit der spezifischen Qualität – und auch dem besonderen Potenzial – vergleichbarer immersiver Technologien in Lern-Lehr-Szenarien zusammenhängen. Etwa fiel das reflektierte Wiedergeben der ersten Hälfte der VR, in der ein klassisches auktoriales Narrativ erzählt wird, wie es auch aus anderen Unterrichtssituationen und z. B. dem Frontalunterricht bekannt ist, den Schüler:innen aller Gruppen leicht. Die Schilderung der persönlichen Gefühlsebene aber, die ‚Deutung‘ der offeneren zweiten Hälfte der Erfahrung (zweiter und dritter Teil von TSOU), schliesslich der Transfer der eigenen Erfahrung auf mögliche (Handlungs-)Konsequenzen im Kontext der Klimakrise, schien für die Schüler:innen zum erhobenen Zeitpunkt dagegen durchweg herausfordernd. Dies ist im Zusammenhang mit der Debatte rund um BNE und transformatives Lernen nicht überraschend, auch sofern Erfahrungen – und insbesondere jene irritierenden und potenziell transformierenden – als in sich gebrochene und letztlich sprachlich unverfügbare Momente begriffen werden können (vgl. Waldenfels 2002). Unklar bleibt, ob diese Transferproblematik auf die methodische Wahl eines Gruppengesprächs im unmittelbaren Anschluss an die Erfahrung zurückzuführen ist oder ob ein *anderes Sprechen über* zwischen Schüler:innen und Lehrenden geübt werden könnte, um solche erfahrungsgebundenen transformativen Prozesse fördern und angemessener evaluieren zu können. Auch könnten entwicklungsgebundene, also altersspezifische Voraussetzungen eine Rolle spielen.¹⁵ Nicht zuletzt sind insbesondere die individuellen Fähigkeiten der Lehrkräfte dafür verantwortlich zu machen, ob sich in einer Unterrichtssituation verkörperte Bildungsprozesse ausgehend von unbegreifbaren Erfahrungen entfalten können oder nicht: Es ist an ihnen, Räume zu gestalten und zu halten, in denen der Umgang mit, das Sprechen über und das Lernen durch emotional Erlebtes möglich ist. Dies ist nicht ohne eine Veränderung der Bildungsinstitutionen in Gänze zu denken (vgl. etwa Vierbuchen und Rieckmann 2020). In den aufgenommenen Gesprächen konnten wir einige Hemmnisse für solche Prozesse seitens der Lehrpersonen detektieren:

¹⁵ Einen Hinweis hierauf liefern etwa die Erkenntnisse zu TSOU in Kontexten der Erwachsenenbildung, speziell in Bibliotheken, in denen zum Beispiel die Schilderungen der erlebten Gefühle während der Erfahrung weitaus differenzierter ausfielen als im schulischen Kontext.

«Das hat keiner gehört, die Klingel war fünfmal so laut wie du!»

Abschliessend bleibt die Möglichkeit zu nennen, dass die Anwendung in diesem Kontext schlichtweg unwirksam war. In der Kürze der Zeit der durchgeführten Untersuchung (eine Unterrichtseinheit) lassen sich längerfristige Bildungsprozesse, die eine Distanznahme und In-Bezug-Setzung zum Geschehenen voraussetzen, sicher nicht zufriedenstellend beurteilen. In jedem Fall aber resultieren aus diesen Beobachtungen interessante Anschlussfragen an die spezifischen Bedingungen von verkörperten Bildungsprozessen durch immersive VR, die es in weiteren Untersuchungen zu untersuchen gilt.



Abb. 2: Ergebnisse der ästhetisch-künstlerischen Reflexion der VR-Erfahrung in Fokusgruppe C.

Ein möglicher Hinweis war auffällig: Innerhalb der Fokusgruppe C waren – insbesondere bei den Schüler:innen der 10. Klassenstufe – die meisten qualitativen Gefühlsäusserungen zu konstatieren. Dies könnte dafür sprechen, dass eine vorgeschaltete ästhetische Reflexion des Erlebten, ohne sofort auf Begrifflichkeiten zurückgreifen und vor einer Gruppe bzw. Lehrperson sprechen zu müssen, dabei helfen kann, sich den verkörperten Dimensionen der Erfahrung sowie deren potenziellen Erkenntnissen produktiv zu nähern, sie zu *er-innern* und schliesslich kommunizierbar zu machen. Aufgrund der eingeschränkten Vergleichbarkeit und der Limitationen der durchgeführten Studie bleibt aber auch dieser Hinweis in Folgeuntersuchungen zu evaluieren.

Eine weitere Spur zu einer möglichen spezifischen Qualität soll hier noch hervorgehoben werden. Sie betrifft das mögliche Potenzial von TSOU und vergleichbaren Anwendungen in inklusiven Bildungsfragen. So berichtet der interviewte Lehrer der *GUTenbergschule Darmstadt* von einem «ziemlich schwachen Schüler», «dem das Abstrahieren sehr schwerfällt» und der in der Unterrichtsstunde mit TSOU «plötzlich voll dabei war» – eine Erfahrung, die ihn nachhaltig berührte:

«Also hier hatte ich wirklich das Gefühl, hier ist was besonderes passiert.»

Während die Anwendung, nach Einschätzung der Lehrperson, für Schüler:innen mit ausgeprägter Abstraktionsfähigkeit nur wenig Mehrwert generiere – dies mag zumindest zutreffen, wenn die Erfahrung auf den ersten, auktorial berichtenden Teil reduziert wird –, biete sie für Schüler:innen mit Abstraktionsschwierigkeiten neue Zugangsmöglichkeiten zu komplexen Themen, indem sie diese «begehrbar» und «anfassbar» mache. Hier deutet sich also ein interessanter und inklusiver Umbau der im Unterricht entworfenen Wissensarchitektur an, weg von einem Wissen-dass und hin zu einem Wissen-wie – ähnlich, wie er auch durch partizipative Lernsituationen realisiert werden kann. Je nach Vorlieben der Lehrperson und Rahmung der Lehr-Lern-Situation könnten entsprechend designte VR-Erfahrungen damit das pädagogische Potpourri im Umgang mit Diversität sinnvoll erweitern. Inwiefern der beobachtete Einzelfall generalisiert werden kann und die Erfahrung praktischer, impliziter Wissensdimensionen auch «leistungsstarke» Schüler:innen epistemisch bereichern kann, sind ebenfalls noch zu bearbeitende Anschlussfragen für zukünftige Arbeiten.

5.2.3 Bedeutung des didaktischen Framings

Zur Beurteilung der didaktischen Rahmung der VR-Anwendung wurde ein qualitativ-rekonstruktiver Vergleich der Gesprächssituationen zwischen den Fokusgruppen A bis C in beiden Durchläufen der konzeptuellen Phase durchgeführt. Wenngleich nach Äusserung der interviewten Lehrperson keine Qualitätsunterschiede festzustellen waren, lassen sich in der qualitativen Analyse des Audiomaterials der Fokusgruppen durchaus Differenzen finden. So kam es in Fokusgruppe C zu auffällig stärker ausdifferenzierten Schilderungen der eigenen Gefühlswahrnehmungen beim Erleben der VR. Daher liegt die Vermutung nahe, dass ästhetische Reflexionswege und/oder eine persönliche Auseinandersetzung mit dem Gegenstand im Vorfeld der Anwendung den Zugriff auf die emotional-körperlichen Ebenen der Erfahrung und damit die Bildungspotenziale von TSOU fördern könnten. Dies muss aber in zielgerichteten Folgestudien, in denen die Forschenden bestenfalls selbst als teilnehmende Beobachtende bei den Erfahrungen zugegen sind, weitergehend geprüft und beurteilt werden.

Weiterhin lässt sich – wie oben erläutert – aus den Audiodaten ableiten, dass der Kontext und die Methodik von *klassischem Unterricht*, der Standort *Schule* und die rollengebundenen Dynamiken zwischen *Schüler:in* und *Lehrerperson* möglicherweise keine optimale Rahmung darstellt, um die im Kontext von BNE diskutierten und auch hier fokussierten Kompetenzen wie Handlungsorientierung und Empathievermögen (vgl. Künzli David 2007) durch körperbezogene Vermittlungsformen herbeizuführen. Es bleibt sowohl als didaktisch-methodische als auch als persönlich-pädagogische Herausforderung für Lehrkräfte anzusehen, einen *Safe Space* für immersives Erleben und verkörperte Bildung innerhalb der strukturellen Bedingungen von *Schule* und *Unterricht* aufzubauen und aufrechtzuerhalten, der nicht zuletzt an besondere Lehrkompetenzen gebunden ist (Vierbuchen und Rieckmann 2020). Nichtsdestotrotz sprach sich der Lehrer, der alle Fokusgruppen begleitete, dafür aus, TSOU gerne weiter in einem ähnlichen, «initiiierenden» Setting mit seinen Schüler:innen einzusetzen, um das Thema Klimawandel bzw. die eigene Handlungsverantwortung daran anschliessend weiterführend zu bearbeiten. Richtungsweisend könnte darüber hinaus auch eine Fokussierung auf ausserunterrichtliche und fächerübergreifende Einsatzmöglichkeiten sein. Ein anderer Lehrer äusserte in diesem Zusammenhang etwa die Idee, TSOU auf Schulfahrten einzusetzen, um dort ausreichend Zeit zu haben, die Erfahrung auch mehrfach zu erleben, darüber (laut oder leise) zu reflektieren und das emotionale Erleben sowie dessen thematischen Kontext ausserhalb des Rahmens *Unterricht* bearbeiten zu können. Auch kam der Wunsch auf, die VR-Erfahrung «frei» für Schüler:innen zur Verfügung stellen zu können, damit diese so oft sie möchten darauf zugreifen und sich – je nach Alter mehr oder weniger pädagogisch begleitet – selbstbestimmt darüber austauschen können.

Es scheint – so lässt sich abschliessend festhalten –, dass wir es beim *Lernen mit TSOU* mit einer Bildungsmöglichkeit zu tun haben, die bereits aufgrund ihrer immersiven Erfahrung selbst, wegen ihrer motivationalen Aspekte und affektiv-involvierenden Wirkung initiiert werden kann. Damit diese *Möglichkeit* ihr Potenzial entfalten und in dem gedachten Sinne *bildend wirken* kann, muss die Erfahrung – so der aktuelle Stand unserer Erkenntnisse – weniger von einem vorgegebenen didaktischen Setting (im Sinne eines methodisch festgelegten *On- und Offboardings*) gerahmt als vor allem mit viel Zeit und pädagogischem Feingefühl begleitet werden.

6. Fazit und Ausblick

Virtuelle Realität ist ein Bildungsmedium, das Schüler:innen aktuell motiviert und begeistert. So waren deren Interesse und Beteiligung an allen beteiligten Schulen gross, selbst unter solchen, die für gewöhnlich wenig Interesse am Lernen haben. Für die Zeit «in den Brillen» waren die Schüler:innen nach Aussagen der Lehrkräfte «in dieser anderen Welt versunken», und – je nach individuellem Immersions- bzw.

Presence-Erleben – teils stark emotional involviert. Sofern Bildung als ein Prozess verstanden wird, der von einer Transformation der Selbst- und Weltverhältnisse ausgeht und mit einer Berührung sowie Aktivität des *Selbst* verbunden ist, sind allein diesen Beobachtungen grosse Bildungspotenziale zuzusprechen. Sowohl vor einem bildungstheoretischen als auch bildungspraktischen Horizont bleibt dabei von Interesse, inwiefern diese Effekte der Faszination für die Technologie selbst, dem spezifischen Immersionsgrad und Design der Anwendung oder/und persönlichen sowie pädagogisch-didaktischen Voraussetzungen im jeweiligen Lern-Lehr-Szenario geschuldet sind – und wie sie durch letztere gefördert werden können.

Aufgrund der Komplexität der untersuchten Situationen und der bislang sehr geringen Datenlage sind die Ergebnisse zum jetzigen Zeitpunkt in ihrer Reichweite limitiert. Insbesondere ist eine längerfristige Kooperation mit Lehrpersonen, die TSOU in unterschiedlichen didaktischen Settings einsetzen und evaluieren, notwendig, um tatsächlich wegweisende Schlussfolgerungen zu Bildungsprozessen (im Unterschied zu messbaren «Lernerfolgen») ableiten zu können. Auch würde es für die Ergebnisse zuträglich sein, wenn die Forschenden als teilnehmende Beobachtende die Unterrichtsszenarien selbst *erleben* könnten, was aufgrund der besonderen pandemischen Lage im bisherigen Studienverlauf leider nicht möglich war. Dennoch ist bis hierhin ein Aufschlag gelungen, um die spezifischen Qualitäten der VR-Anwendung TSOU als Bildungstechnologie im Unterrichtskontext zu untersuchen und daraus erste grundlegende Erkenntnisse sowie weiterführende Fragestellungen abzuleiten.

Zum einen kann festgehalten werden, dass, speziell im Unterschied zum Medium Film, durch die Anwendung der VR eine Erste-Person-Perspektive (anstelle einer Dritte-Person-Perspektive) auf den behandelten Inhalt kreiert wurde. Dies birgt grosses Potenzial, sofern aus diesen Erfahrungen selbst-bestimmte Antworten und damit neues implizites Wissen zu dem jeweiligen Thema generiert werden können – ein *Wissen-wie-es-sich-anfühlt*, das sich vom klassischen propositionalen Schulbuchwissen elementar unterscheidet und besonders angesichts der Bildungsziele von BNE als wertvoll einschätzen lässt (Spangenberger, Geiger, und Freytag 2022; Künzli David 2007). Damit es dazu kommen kann, müssen aber besondere Voraussetzungen auf struktureller, technischer und auch persönlicher Ebene gegeben sein. Insbesondere ist es essenziell, dass sowohl die Beziehungsdynamik zwischen Lehrperson und Schüler:in als auch der Standort, an dem die Erfahrung gemacht wird, Raum und Möglichkeiten für eine persönliche, emotionale Auseinandersetzung bereithalten. Dies kann zum einen methodisch durch die Lehrkraft unterstützt werden: Die Ergebnisse unserer Studie deuten darauf hin, dass eine persönliche Auseinandersetzung mit dem Gegenstand der VR im Vorfeld sowie eine ästhetisch-non-verbale Reflexion des Erlebten im Anschluss an die Erfahrung dabei helfen könnten, dieses Wissen individuell zugänglich und produktiv zu machen. Dieses Ergebnis

bleibt in seiner Aussagekraft wegen der Limitationen im Studiendesign zwar eingeschränkt, liefert aber interessante Ansatzpunkte für Folgeprojekte. Etwa könnte untersucht werden, inwiefern eine Anwendung von TSOU im Kunstunterricht bzw. als Station eines künstlerischen Forschungsprozesses zum Thema Klimakrise und Nachhaltigkeit, die spezifischen Bildungsqualitäten der Anwendung fördern und die beobachteten Hemmnisse abbauen kann.

Neben solchen oder ähnlichen methodischen Strategien scheint es insbesondere der persönlichen pädagogischen Haltung und damit auch Ausbildung der Lehrpersonen geschuldet, inwiefern emotionsgebundene Erfahrungen im Schulkontext produktiv getragen und in implizites, verkörpertes Wissen überführt werden können. Eine Studie von Danielle Lawson et al., die 2019 in *Nature Climate Change* veröffentlicht wurde (Lawson et al. 2019), belegt, dass Kinder und Jugendliche der Generation ihrer Eltern (und damit auch ihren Lehrpersonen) dabei helfen können, sich im Kontext der Klimakrise emotional involviert zu fühlen, was die Voraussetzung für kollektives politisches Handeln bildet. Es sind also die Erwachsenen, die von Kindern und Jugendlichen lernen können, wenn es um emotionsgebundenes Wissen und damit verbundene Handlungsmöglichkeiten geht. Dieser Rolle sollten sich Lehrkräfte, die an verkörperten Bildungsprozessen unter dem Einsatz von VR-Anwendungen wie TSOU interessiert sind, bewusst sein und sich nicht als die *Wisenden* im entsprechenden Lern-Lehr-Szenario positionieren. Stattdessen sollten sie für ein inter-generationales Lernen in einer sicheren Lern-Umgebung eintreten, die emotionsgebundene Erfahrungen und deren Reflexionen möglich und produktiv macht, und gemeinsam mit ihren Schüler:innen nach neuen Erkenntnissen und Antworten suchen.

Literatur

- Barth, Matthias, Jasmin Godemann, Marco Rieckmann, und Ute Stoltenberg. 2007. «Developing key competencies for sustainable development in higher education». *Int. J. Sustain. Higher Educ.* 8: 416–30. <https://doi.org/10.1108/14676370710823582>.
- Barone, Tom, und Elliot W. Eisner. 2012. *Arts Based Research*. New York: Sage.
- Bredenkamp, Horst. 2015. *Der Bildakt. Frankfurter Adorno-Vorlesungen 2007, Neufassung*. Berlin: Klaus Wagenbach.
- Breyer, Thiemo. 2016. «Philosophie der Verkörperung – Grundlagen und Konzepte». In *Verkörperung als Paradigma der theologischen Anthropologie*, herausgegeben von Gregor Etzelmüller, und Annette Weissenrieder, 29–50. Berlin, Boston: de Gruyter.
- Brinkmann, Malte. 2016. «Leib und Denken. Zum Verhältnis von Denken, Lernen und Erziehen in der interkorporalen Reflexivität». Vortrag auf der Jahrestagung der Kommission Bildungs- und Erziehungsphilosophie «Verkörperte Bildung – Körper und Leib in geschichtlichen und gesellschaftlichen Transformationen» am 27.09.2016 in Bonn.

- Buchner, Josef, und Diane Aretz. 2020. «Lernen mit immersiver Virtual Reality: Didaktisches Design und Lessons Learned». Herausgegeben von Klaus Rummler, Ilka Koppel, Sandra Aßmann, Patrick Bettinger, und Karsten D. Wolf. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, Jahrbuch Medienpädagogik 17: 195–216. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.01.X>.
- Casale, Rita, Rieger-Ladich, Markus, und Thompson, Christiane. 2020. *Verkörpernte Bildung. Körper und Leib in geschichtlichen und gesellschaftlichen Transformationen*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Dede, Christian. 2009. «Immersive Interfaces for Engagement and Learning». *Science* 323 (5910): 66–69. <https://doi.org/10.1126/science.1167311>.
- Etzelmüller, Gregor, Fuchs, Thomas, und Christian Tewes. 2017. «Einleitung: Verkörperung als Paradigma einer neuen Anthropologie». In *Verkörperung: Eine Neue Interdisziplinäre Anthropologie*, herausgegeben von Gregor Etzelmüller, Fuchs, Thomas, und Christian Tewes, 1–30. Berlin, Boston: De Gruyter.
- Fingerhut, Joerg, Hufendiek, Rebekka, und Markus Wild, Hrsg. 2017a. *Philosophie der Verkörperung. Grundlagentexte zu einer aktuellen Debatte*. Berlin: Suhrkamp.
- Fingerhut, Joerg, Hufendiek, Rebekka, und Markus Wild. 2017b. «Was ist Philosophie der Verkörperung?» In *Philosophie der Verkörperung. Grundlagentexte zu einer aktuellen Debatte*, herausgegeben von dies., 9–102. Berlin: Suhrkamp.
- Fuhr, Thomas. 2018. «Lernen im Lebenslauf als transformatives Lernen». In *Lernen im Lebenslauf. Theoretische Perspektiven und empirische Zugänge*, herausgegeben von Christiane Hof, und Hannah Rosenberg, 83–104. Wiesbaden: Springer VS.
- Glaser, Barney G., und Anselm L. Strauss. 2008. *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung*. Nachdruck der 2., korr. Auflage. Bern: Huber.
- Grünberger, Nina. 2019. «Fragmentiert und Fluide? Eine Skizze zu Bildungsprozessen entlang tiefgreifender Medialisierungsprozesse». *Fluidität. Bildet*.
- Grundmann, Thomas, Hrsg. 2003. *Erkenntnistheorie. Positionen zwischen Tradition und Gegenwart*. Paderborn: mentis.
- Haraway, Donna J. 1988. «Situated Knowledges. The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective». *Feminist Studies* 14 (3): 575–99. <https://doi.org/10.2307/3178066>.
- Haraway, Donna J. 2018. *Unruhig bleiben. Die Verwandtschaft der Arten im Chthuluzän*. Frankfurt a. M., New York: Campus.
- Hurley, Susan. 2017. «Wahrnehmen und Handeln. Alternative Sichtweisen». In *Philosophie der Verkörperung. Grundlagentexte zu einer aktuellen Debatte*, herausgegeben von Jörg Fingerhut, Rebekka Hufendiek und Markus Wild, 379–412. Berlin: Suhrkamp.
- Jörissen, Benjamin. 2011. ««Medienbildung»: Begriffsverständnisse und Reichweiten». In *Medienbildung und Medienkompetenz. Beiträge zu Schlüsselbegriffen der Medienpädagogik*, herausgegeben von Heinz Moser, Petra Grell, und Horst Niesyto, 211–35. München: kopaed. <https://doi.org/10.21240/mpaed/20/2011.09.20.X>.

- Jörissen, Benjamin. 2015. «Bildung der Dinge: Design und Subjektivation». In *Subjekt Medium Bildung*, herausgegeben von Benjamin Jörissen, und Torsten Meyer, 215–33. Wiesbaden: Springer.
- Jung, Eva-Maria. 2012. *Gewusst wie? Eine Analyse praktischen Wissens (Ideen & Argumente)*. Berlin: De Gruyter.
- Kokemohr, Rainer, und Hans-Christoph Koller. 1996. «Die rhetorische Artikulation von Bildungsprozessen». In *Handbuch Erziehungswissenschaftliche Biographieforschung*, herausgegeben von Heinz-Hermann Krüger, und Winfried Marotzki, 90–102. Opladen: Leske + Budrich.
- Koller, Hans-Christoph. 2012. *Bildung anders denken. Einführung in die Theorie transformativer Bildungsprozesse*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Krämer, Georg. 2018. «Transformative Bildung: Zwischen Katastrophen-Pädagogik und Subjektorientierung». In *Globales Lernen: Wie transformativ ist es? Impulse, Reflexionen, Beispiele*, herausgegeben von VENRO, 12–16. Berlin.
- Kraus, Anja, Hrsg. 2008. *Körperlichkeit in der Schule I*. Oberhausen: Athena.
- Kraus, Anja, Hrsg. 2009. *Körperlichkeit in der Schule. Aktuelle Körperdiskurse und ihre Empirie. Band 2*. Oberhausen: Athena.
- Künzli David, Christine. 2007. *Zukunft mitgestalten. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung – Didaktisches Konzept und Umsetzung in der Grundschule*. Bern: Haupt.
- Lamnek Siegfried, und Claudia Krell. 2016. *Qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.
- Lawson, Danielle F., Kathryn T. Stevenson, M. Nils Peterson, Sarah J. Carrier, Renee L. Strnad, und Erin Seekamp. 2019. «Children foster climate change concern among their parents». *Nature Climate Change* 9: 458–62. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0463-3>.
- Lingenfelder, Julia. 2020. «Transformative Bildung. Was bedeutet Transformative Bildung im Kontext sozial-ökologischer Krisen?» In *Außerschulische Bildung*, herausgegeben von Arbeitskreis Deutscher Bildungsstätten e. V., 52–57.
- Marotzki, Winfried. 1990. *Entwurf einer strukturalen Bildungstheorie. Biographietheoretische Auslegung von Bildungsprozessen in hochkomplexen Gesellschaften*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag. URL: <https://www.gbv.de/dms/hebis-darmstadt/toc/18555616.pdf>.
- Marotzki, Winfried, und Benjamin Jörissen. 2010. «Dimensionen strukturaler Medienbildung». In *Jahrbuch Medienpädagogik 8. Medienkompetenz und Web 2.0*, herausgegeben von Bardo Herzig, Dorothee M. Meister, Heinz Moser, und Horst Niesyto, 19–39. Wiesbaden: VS.
- Mezirow, Jack. 1991. *Transformative dimensions of adult learning*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Neundlinger, Klaus. 2021. «Digitale Empathie. Virtual Reality als Medium zur Entwicklung sozialer Kompetenzen». *Medienimpulse* 59 (2). <https://doi.org/10.21243/mi-02-21-24>.

- O'Regan, Kevin J., und Alva Noë. 2017. «Ein sensomotorischer Ansatz des Sehens und des visuellen Bewusstseins». In *Philosophie der Verkörperung. Grundlagentexte zu einer aktuellen Debatte*, herausgegeben von Jörg Fingerhut, Rebekka Hufendiek, und Markus Wild, 328–78. Berlin: Suhrkamp.
- Reinmann, Gabi. 2005. «Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung». *Unterrichtswissenschaft* 33 1: 52–69.
- Rieckmann, Marco. 2018. «Chapter 2 – Learning to transform the world: key competencies in ESD». In *Issues and trends in Education for Sustainable Development*, herausgegeben von Alexander Leicht, Julia Heiss, und Won J. Byun, 39–59. Paris: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261445E.pdf>.
- Rittelmeyer, Christian. 2009. «Der menschliche Körper als Erkenntnisorgan». In *Körperlichkeit in der Schule. Aktuelle Körperdiskurse und ihre Empirie. Band 2*, herausgegeben von Anja Kraus, 19–37. Oberhausen: Athena.
- Rogers, Sol. 2019. «Virtual Reality: THE Learning Aid Of The 21st Century. » Letzter Zugriff 30.05.2022. <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/03/15/virtual-reality-the-learning-aid-of-the-21st-century/#7bf34e5f139b>.
- Sabisch, Andrea. 2008. «Ästhetische Bildung ist Grundlage jeder Bildung». In *Angeboten: Was die Kunstpädagogik leisten kann*, herausgegeben von Franz Billmeyer. 192–98. München: kopaed.
- Schmiedebach, Mario, und Claas Wegner. 2021. «Design-Based Research als Ansatz zur Lösung praxisrelevanter Probleme in der fachdidaktischen Forschung». *Bildungsforschung* 2, 1–10. <https://doi.org/10.25656/01:23920>.
- Selke, Stefan. 2007. «Wie man die Wirkung von Bildern messen kann. Voraussetzungen empirischer Bildwirkungsforschung». In *Bild – Raum – Interaktion. Angewandte empirische Wirkungsforschung. Ergebnisse transdisziplinärer Zusammenarbeit*, herausgegeben von Daniel Fetzner, und Stefan Selke, 11–33. Furtwangen: Fakultät Digitale Medien.
- Serres, Michel. 1998. *Die fünf Sinne. Eine Philosophie der Gemenge und Gemische*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- 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.
- Spangenberg, Pia, Geiger, Sonja Maria, and Freytag, Sarah-Christin. 2022. «Becoming nature: effects of embodying a tree in immersive virtual reality on nature relatedness». *Scientific Reports* 12, no. 1311. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05184-0>.
- Varela, Francisco, Thompson, Evan, und Eleanor Rosch. 1991. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vierbuchen, Marie-Christine, und Rieckmann, Marco. 2020. «Bildung für nachhaltige Entwicklung und inklusive Bildung. Grundlagen, Konzepte und Potenziale». *ZEP: Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik* 43, no. 1: 4–10.
- Waldenfels, Bernard. 2002. *Bruchlinien der Erfahrung. Phänomenologie, Psychoanalyse, Phänomenotechnik*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.