

## Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? Was funktioniert?

Raphael Zender<sup>1</sup>, Matthias Weise<sup>1</sup>, Markus von der Heyde<sup>2</sup> und Heinrich Söbke<sup>3</sup>

**Zusammenfassung:** Virtual und Augmented Reality sind derzeit stark diskutierte Technologien. Insbesondere wird ihnen ein hohes Potential zur Verbesserung des Lehrens und Lernens und zur Realisierung neuartiger Lehr-/Lernszenarien zugesprochen. Doch welchen Mehrwert bieten diese Technologien tatsächlich für Bildungssettings? Im Rahmen eines kollaborativen Online-Brainstormings wurde diese Frage Fachexperten gestellt und vielfältige Chancen und Herausforderungen identifiziert. Das Ergebnis wurde für diesen Beitrag u.a. anhand einer Literaturrecherche untermauert und bewertet.

**Abstract:** Virtual and augmented reality currently are highly discussed technologies. In particular, they are considered for the improvement of teaching and learning experiences as well as for the realization of novel learning scenarios. But what kind of value do these technologies actually add to educational settings? This question was answered by experts in a collaborative online brainstorming session. Various opportunities and challenges have been identified. For this contribution, these hypotheses have been confirmed by a literature review.

**Keywords:** Virtual Reality, Augmented Reality, VR/AR-Learning, Umfrage

### 1 Motivation

Einerseits wurde das Jahr 2016 durch Google, Facebook, Apple, Samsung und weitere, auch nicht technologieorientierte Firmen zum Jahr der Virtuellen Realität (VR) erklärt – ein Hype der auch 2017 am Leben gehalten wurde. Andererseits waren neben den Technologiegrößen auch Start-ups aus den Bereichen VR und Augmented Reality (AR) mit immensen finanziellen Mitteln wie Magic Leap bisher nicht in der Lage, die Versprechen des perfekten und allgegenwärtigen Erlebens, Arbeitens und Lernens einzulösen, denn die relevante Anwendung der Geräte im Kontext von Lehre und Lernen hängt nicht nur von deren technischer Verfügbarkeit ab.

Dieser Beitrag trägt einen Ausschnitt vom aktuellen Forschungsstand als Positionspapier des Arbeitskreises VR/AR-Learning der Gesellschaft für Informatik (GI) zusammen.

---

<sup>1</sup> Universität Potsdam, Institut für Informatik und Computational Science, August-Bebel-Str. 89, 14482 Potsdam, vorname.nachname@uni-potsdam.de

<sup>2</sup> vdH-IT, Paul-Schneider-Str. 10, 99423 Weimar, info@vdh-it.de

<sup>3</sup> Bauhaus-Universität Weimar, Bauhaus-Institut für zukunftsfähige Infrastruktursysteme, Coudraystr. 7, 99423 Weimar, heinrich.soebke@uni-weimar.de

Hierfür baten die Autoren die Arbeitskreis-Akteure als Experten in dem Bereich einzuschätzen, welche Chancen und Herausforderungen VR/AR für das Lehren und Lernen bereithält. Dieser Beitrag stellt nicht die erste Meta-Review zu diesem Themengebiet dar. Er öffnet aber eine wertvolle spezifische und mit wissenschaftlichen Ergebnissen abgeglichene Perspektive auf die aktuelle Erwartungshaltung der deutschen VR/AR-Learning-Community.

## 2 Methodik der Erhebung und Auswertung

Zur Erarbeitung der wahrgenommenen Chancen und Herausforderungen die VR/AR-Technologien für das Lehren und Lernen bieten, wurde die Methodik des kollaborativen Online-Brainstormings mit anschließender Nachbereitung verfolgt [Dr11]. Diese wurde in fünf Schritten durchgeführt:

1. Vorbereitung einer vorstrukturierten MindMap im Online-Brainstorming-Tool Mindmeister<sup>4</sup> durch die Sprecher des Arbeitskreises VR/AR-Learning und anschließende Einladung aller Arbeitskreis-Akteure zur Kollaboration.
2. Kollaboratives Brainstorming mit Bewertung und Diskussion der einzelnen Chancen und Herausforderungen (Items). Es beteiligten sich 15 Experten aus den Fachgebieten Informatik und Pädagogik sowie aus Wissenschaft und Wirtschaft.
3. Auswahl (und ggf. Umformulierung) der primären Chancen und Herausforderungen, die ohne bzw. mit geringem Widerspruch (mehr Pro- als Kontra-Stimmen) akzeptiert wurden, durch die Autoren dieses Beitrags.
4. Aussortierung von Items die weniger VR/AR-spezifisch sind (z.B. rechtliche Hürden beim Technologieeinsatz im Allgemeinen) durch die Autoren.
5. Literaturrecherche zum Forschungsstand der einzelnen Items durch die Autoren.

## 3 Ergebnisse

Die Brainstorming-Ergebnisse stehen zum Download<sup>5</sup> zur Verfügung (teilanonymisiert) und dürfen für weitere Arbeiten aufgegriffen werden. Die folgenden Ausführungen behandeln nur die primären Chancen und Herausforderungen als Teil-Ergebnis.

Dieser Abschnitt ist in diese beiden Aspekte sowie weitere Faktoren untergliedert und unterscheidet im Weiteren zwischen Technologie- bzw. medienspezifischen und Lernprozess- bzw. bildungsspezifischen Chancen/Herausforderungen. Die einzelnen Items werden erläutert und anhand von Fachliteratur oder argumentativ eingeschätzt.

---

<sup>4</sup> <http://www.mindmeister.com>

<sup>5</sup> [http://www.uni-potsdam.de/vrarl/downloads/VRARL\\_Brainstorming\\_2018\\_teilanonym.pdf](http://www.uni-potsdam.de/vrarl/downloads/VRARL_Brainstorming_2018_teilanonym.pdf)

### 3.1 Technologie- bzw. medienspezifische Chancen

**Volle Beeinflussung der Lernumgebung durch das IT-System:** Die potentielle vollständige Beeinflussung der simulierten Umgebung durch das IT-System ist ein generelles Kennzeichen von VR/AR. Die Technologie kann zum Einsatz kommen, um Beschränkungen der physischen Realität zu reduzieren [FO15]. Diese beziehen sich vor allem auf Zeit (z.B. Besuch des Mittelalters), Ort (z.B. Betrachtung des Sonnensystems von außerhalb), Gefährlichkeit (z.B. Training der Feuerwehr in physischen oder psychischen Aspekten) sowie Ethik (z.B. Durchführung von Operationen zu Trainingszwecken oder bevor eine notwendige Expertise nachgewiesen ist).

**Training mit neutralen Avataren als "kulturelle Abstraktion":** Slater & Sanchez-Vives [SS16] fassen medienspezifische Chancen zusammen und fokussieren zusätzlich auf Effekte, die durch Präsenz in der Umgebung aus der direkten, aktiven Perspektive (First Person Perspective = 1PP) erzielt werden. Durch synchrone Darstellung von Avataren aus der 1PP können eine ganze Reihe von physiologischen und psychologischen Reaktionen ausgelöst werden. Der Körper wird als der eigene empfunden. Darüber hinaus werden kognitive Selbstempfindung (Alter, Schönheit, Größe, ethnische Zugehörigkeit) durch das Erleben eines fremden Körpers in VR und über die Zeit innerhalb der Simulation hinaus (Sparen für die Zukunft, Abbau von ethnischen Vorurteilen) verändert.

**Anschaulichkeit/Erlebbarkeit von Lerninhalten (Simulation):** Die Mehrheit der bisher realisierten Lerninhalte in virtuellen Umgebungen präsentiert die Lerninhalte durch eine propagierte intensivere Ebene der Anschaulichkeit und Erlebbarkeit der Simulation. In [Jo17] entsprechen 2/3 der untersuchten Beispiele dieser Kategorie, wobei als sekundäre Lernebene häufig entdeckendes Lernen und Konstruktivismus mit der Erlebbarkeit kombiniert wurden.

Drei weitere Items (und Unterpunkte) der Expertenumfrage stellen einen qualitativen Fokus im Erleben dar und sind daher in Tabelle 1 direkt mit Beispielen untermauert. Auch bei der Auswahl dieser Beispiele stand im Vordergrund, dass diese erst mit dem Einsatz von VR/AR Technologien als interaktives Erleben möglich wurden.

Qualitativer Fokus im Erleben	Beispiele [Jo17]
3D-Animationen von Lehrinhalten	Veränderlichkeit des Erdmagnetfeldes, Verständnis eines Motors
Training an nicht verfügbaren bzw. teuren Objekten	Nacherleben des Apollo11 Fluges, Manipulation von Molekülen
Besuch ungewohnter/unzugänglicher Orte	Historische Expedition nach Ägypten, Besuch von Off-Shore Windanlagen

Tab. 1: Beispiele für weitere Items zur Anschaulichkeit/Erlebbarkeit von Lerninhalten

**Digitale Artefakte mit allen Veränderbarkeiten und Interaktionsmöglichkeiten:**

Grundsätzlich sind digitale Artefakte mit allen Formen der Veränderung und einer Vielzahl von Interaktionsmöglichkeiten innerhalb der Simulation denkbar. Eine Analyse, die konkret die Wirkweisen auf Lehren und Lernen darstellt, konnte bei der Literaturrecherche nicht identifiziert werden.

**Umfangreiche Möglichkeiten zur Kommunikation mit Körpersprache:** Effekte der Körpersprache (z.B. des Augenkontakts) können mithilfe von VR/AR effektiv in Lernszenarien integriert werden. Im Kontext der Ausbildung von Dirigenten wurde beispielsweise der Einfluss von Augenkontakt, Gesten und Körperhaltung untersucht [OPR17]. Die jeweiligen experimentellen Bedingungen waren ausschließlich unter Einsatz von VR/AR Technologien realisierbar.

**Soziale Präsenz fördert Zusammenarbeit:** Soziale Präsenz – als Wahrnehmung eines Kommunikationspartners als natürliche Person über ein Medium – kann in VR/AR-Lernanwendungen ebenso wie mit anderen Medien erzeugt werden. Dabei ist VR durch seine immersiven Eigenschaften sehr geeignet, um Präsenz zu erzeugen [SS16] – als Gefühl in einer virtuellen Umgebung "anwesend" zu sein. Konkrete Studien, die gerade soziale Präsenz in einen direkten Zusammenhang mit Kooperations- und Kollaborationserfolg belegen, konnten bei der Literaturrecherche jedoch nicht identifiziert werden [WBZ11].

### 3.2 Lernprozess- bzw. bildungsspezifische Chancen

**VR/AR fördert Lernen als situativen Prozess:** Der Theorie des situierten Konstruktivismus folgend entstehen Wissensstrukturen beim Lerner aus seinen Aktivitäten in bestimmten Situationen [BCD89]. Die Simulation authentischer, realitätsnaher Situationen wird daher häufig als Stärke von VR/AR-Lernanwendungen angesehen. Abhängig von den adressierten Modalitäten (visuell, auditiv, haptisch, ...) ist das simulierende Potential der Technologie tatsächlich hoch. Allerdings folgt ein Großteil der heutigen VR/AR-Lernanwendungen vor allem dem Prinzip des "Learning by doing" für das Selbstlernen. Soziale Interaktionen, die ebenfalls ein Bestandteil für erlebte Situationen sind, sollten hingegen stärker berücksichtigt werden.

**Transfer von (psycho)motorischen Fähigkeiten in die Realität:** Basierend auf dem VR/AR-Lernen als situativen Prozess besteht die Hoffnung, dass Lernende das Gelernte in andere Kontexte und später in die Anwendung transferieren können. Diese Hoffnung konnte bereits in mehreren VR- und AR-Lernszenarien bestätigt werden - z.B. für auf der (psycho)motorischen Ebene erworbene Handlungskompetenzen [Ro00]. Dabei ist für erfolgreiche VR/AR-Lernanwendungen im Einzelfall abzuwägen, welche Kompetenzfacetten auf welchem Niveau im Lernprozess adressiert werden sollen [Sch17].

**Verstärken des Lernerlebnisses durch Präsenz:** Die Annahme, dass Präsenz (als gefühlte Anwesenheit) in einer VR-Lernumgebung insbesondere Behaltensprozesse för-

dert, kann bisher nicht eindeutig belegt werden. So gibt es beispielsweise widersprüchliche Ergebnisse zur Untersuchung der Wirkung von Immersion (als Voraussetzung von Präsenz) auf die Erinnerungsleistung [MC01] [MM02].

**Verschiedene Lerntypen können gleichermaßen angesprochen werden:** In einer breiten Studie [LWF10] wurde 2010 die These untersucht, dass das durch VR geförderte erfahrbare Lernen gut geeignet ist, unterschiedliche Lernertypen nach Kolb [Ko84] zu adressieren. Für zwei Lernertypen (Accommodator, Assimilator) konnte dieser These in Bezug auf eine spezifische VR-Lernanwendung bestätigt werden. Eine breitere Untersuchung mit unterschiedlichen Anwendungsarten, weiteren Lernstilen und vor allem aktuellen VR-Technologien steht bislang noch aus.

**Multisensorisches/-modales Lernen:** Die Hoffnung mit einem breiten Spektrum an Ein- und Ausgabevarianten, in VR/AR interagieren zu können tritt häufig im aktuellen Hype auf. Pragmatisch muss jedoch festgestellt werden, dass es beispielsweise Technologien zur haptischen oder olfaktorischen Interaktion bisher nur vereinzelt aus dem Labor in den Markt geschafft haben. Daher liegt derzeit i.d.R. eine Beschränkung der Interaktionsformen auf den visuellen und auditiven Bereich [Ga18] sowie der Nutzung von Handgestik vor.

**Kontextsensitive und individualisierte Lernhilfe / Statistiken zum Lernszenario bzw. Lernfortschritt:** In virtuellen Welten wie auch AR-Lernszenarien können zusätzlich zum eigentlichen Lerngegenstand bequem Lernhilfen "eingeblendet" werden, wie beispielsweise kontextsensitive Handlungsanweisungen bei der Montage eines Getriebes in AR [TZR17]. Dies ist ohne weitere Displays (z.B. Monitor, Smart Glasses) und Sensorik in der physischen Realität nicht möglich. So können in VR/AR z.B. durch gezielte Instruktionen Blockaden im Lernfortschritt gelöst werden. Auch die Anzeige von statistischen Informationen zum Lernprozess (z.B. erspielte Punkte in einem gamifizierten Szenario) ist möglich und erhöht u.a. die Transparenz im Lernprozess.

**Technikbezogenes Interesse / Motivation:** Zusätzlich gibt es Erwartungen hinsichtlich des motivationalen Aspektes von VR/AR. Neue Technologien sind aufgrund ihrer Neuheit selbst durchaus geeignet, auch bei weniger technikaffinen Personen ein kurzfristiges, technikbezogenes Interesse hervorzurufen. Dieses mag zunächst motivieren, eine VR/AR-Lernanwendung zu nutzen, verfliegt aber schnell [Ke03] und ist daher erwartungsgemäß nicht geeignet nachhaltige Lernerfahrungen zu schaffen.

### 3.3 Technologie- bzw. medienspezifische Herausforderungen

**Kosten für die Technologie / Kosten-Nutzen-Rechnung:** Geräte wie Cardboards und Smartphones ermöglichen einen kostengünstigen Einstieg in VR/AR, wobei diese entsprechend wenig Interaktionsmöglichkeiten bieten. Leistungsstärkere Systeme wie die HTC Vive sind dagegen teurer und setzen einen entsprechend performanten Rechner voraus. Bei der aktuellen Entwicklungsgeschwindigkeit dürften die Preise aber schnell

fallen [ED16]. Momentan fällt es Lehrenden allerdings schwer, die teils noch hohen Kosten gegenüber den Vorteilen von VR/AR abzuwägen.

**Implementierungsaufwand:** Die Umsetzung von VR/AR-Anwendungen stellt hohe Ansprüche an die Medienerstellung. Auch die immer komplexer werdende Programmlogik und die Unterstützung verschiedenster Endgeräte erschweren die Anwendungsentwicklung zunehmend [VZ17]. Für Lehrende oder Informatiker alleine ist dies nicht zu stemmen, da dabei Kenntnisse in Programmierung, Grafikdesign, Pädagogik und Bildungspsychologie vorausgesetzt werden [PV17].

**Zugänglichkeit für Domänenexperten:** Eines der größten Hemmnisse für den breiten Einsatz von VR und AR in der Lehre stellte in den letzten Jahren das Fehlen von Werkzeugen für Lehrende zur Erstellung von VR/AR-Lernanwendungen dar [CP17]. Mittlerweile stehen den Lehrenden aber Autorenwerkzeuge wie z.B. Aurasma Studio, Layar, InstaVR oder Cospaces.io zur Verfügung, die es ihnen ermöglichen, auch ohne Programmierkenntnissen simple Lernszenarien umzusetzen. Somit ist aus mehreren Gründen eine interdisziplinäre Zusammenarbeit notwendig.

**Technologische Reife:** Die aktuelle VR/AR-Generation bietet noch viel Potential für Weiterentwicklungen. Auf Seiten von AR machen vor allem Marker bei schlechten Lichtverhältnissen [Kr17], GPS-Fehler [AA17] und unzureichende sensorische Genauigkeit [TZR17] Probleme. Bei VR steht vor allem das Erzeugen von haptischen Feedback durch die vollständige und realistische Simulation von Widerstand, Elastizität, Struktur und Temperatur aus [La17a].

**Fehlende technische Standards / Vendor-Lock-In:** VR/AR-Ein- und Ausgabegeräte erscheinen meist mit eigenen SDKs, die stark an die entsprechende Hardware gebunden sind. Diese proprietären Lösungen erschweren die Integration in bestehende Systeme und den Umstieg auf andere Endgeräte [VZ17]. Offene Standards wie VRPN oder OSVR sind bisher ohne Erfolg geblieben. Oftmals werden aber zumindest gängige Entwicklungsumgebungen wie Unity oder Unreal unterstützt, die sich bereits als führende Entwicklungswerkzeuge für VR und AR etabliert haben [An16].

**Neue Interaktionskonzepte:** VR/AR ermöglichen neue Formen der Nutzerinteraktion durch z.B. Gesten- und Spracherkennung, wodurch unter anderem sehr realitätsnahe Interaktionsformen ermöglicht werden. Diese sind aber nicht immer erwünscht, da haptisches Feedback fehlt oder abstraktere Interaktionsformen performanter und nutzerfreundlicher sind. Eingaben per Sprache können auf Dauer außerdem ermüdend sein und mehr Zeit in Anspruch nehmen als herkömmliche Eingabemethoden [La17b]. Welche Interaktionsformen zu bevorzugen sind, ist noch ein aktuelles Forschungsthema und hängt stark von den gewählten Lehr- bzw. Lernszenarien ab [WZ17]

Generell bringt die Einführung einer neuen Technologie stets weitere Herausforderungen mit sich. Aufgrund der schnellen Weiterentwicklung und der Technologievelfalt ist es beispielsweise schwer, bei der institutionellen Ausstattung mit aktueller Hardware mit-

zuhalten und die richtige Technologie für den eigenen Anwendungsfall auszuwählen. Unternehmen stehen ebenso vor dem Problem, die neue Technik in die eigene IT-Struktur zu integrieren.

### 3.4 Lernprozess- bzw. bildungsspezifische Herausforderungen

**Didaktik- statt technologiegetriebene Nutzung:** Der schnelle technische Fortschritt der VR/AR-Technologie eröffnet immer weitere potentielle Einsatzmöglichkeiten für VR/AR-Lernanwendungen. Maßgabe derartiger Einsatzmöglichkeiten sollte jedoch nicht die technische Möglichkeit, sondern immer der didaktische Mehrwert sein [Ba14]. Das hohe Interesse für VR/AR-Lernanwendungen ist derzeit durch den mit ihnen verbundenen großen Neuigkeitseffekt begünstigt. Dieser verfliegt jedoch schnell und ist dann für die tatsächliche Effektivität von Lernwerkzeugen unbedeutend [Ke03]. Die Anwendung eines dynamischen Modells der wechselseitigen Beziehungen von Medien und Umwelt [Ke03] auf VR/AR-Lernanwendungen kann hingegen helfen, die übersteigerten Erwartungen des Einsatzes von VR/AR-Lernanwendungen von den tatsächlichen Alleinstellungsmerkmalen dieser Medien zu trennen.

**Lehr-/Lernkonzepte:** Eine der zentralen Herausforderungen von VR/AR-Lernanwendungen ist die derzeit kaum vorhandene konzeptionelle didaktische Grundlage. So fehlt in vielen Standardwerken der Mediendidaktik eine explizite Behandlung von VR/AR-Technologie (z.B. [Ke18], [Re09]). Didaktische Konzepte sind daher derzeit nur rudimentär vorhanden (z.B. [HVB17], [SZ17]). Das weitgehende Fehlen von didaktischen sowie lernpsychologischen Grundlagen wurde schon mehrfach als offene Herausforderung identifiziert [CT13][EGA12] und auch in aktuellen Meta-Studien benannt [AA17][BBF14][Ch17]. So wird u.a. auf die folgenden Herausforderungen hingewiesen, die Lernerfahrungen einschränken [AA17]: hoher Zeitbedarf, nicht für große Gruppen geeignet, mögliche kognitive Überlastung der Lernenden und fehlgeleiteter Aufmerksamkeitsfokus. Zum schrittweisen Schließen dieser Lücken kann neben der empirischen Validierung in Research Based Design-Ansätzen auch der Transfer von existierenden didaktischen Konzepten auf neue VR/AR-Lernanwendungen genutzt werden, wie bereits am Beispiel Mobile Learning demonstriert wurde [El11]. Eine große Herausforderung ist es, mit neuen technischen, teilweise disruptiven Möglichkeiten auch neue, ebenfalls disruptive Lernszenarien zu entwerfen. Ebenfalls nicht zu vernachlässigen sind aktuell bestehende Unsicherheiten bei altersabhängigen Unterschieden in der Wirkung/Rezeption von VR/AR-Inhalten.

**(Curriculare) Medienkompetenz von Lehrenden und Lernenden:** Die Nutzung von VR/AR erfordert Medienkompetenzen, d.h. Fähigkeiten, diese Medien sinnvoll zu nutzen, auf verschiedenen Ebenen. Zunächst müssen die Lernenden den Umgang mit dem Medium beherrschen. Das Erlangen dieser Kompetenzen wird derzeit noch durch die Gerätevielfalt, sperrige Head-Mounted-Displays (HMD), sowie unintuitive Benutzeroberflächen und nicht ausreichenden Hilfestellungen in Verbindung mit kaum verbindlichen Standards stark behindert [AA17]. Auch für die Lehrenden bestehen hohe Kompe-

tenzanforderungen. Auf der einen Seite natürlich ebenfalls, um die Lernmedien selbst fachgerecht bedienen zu können. Gleichfalls stellt die notwendige technische Infrastruktur hohe Anforderungen. Auch wenn diese nicht von Lehrenden selbst einzurichten ist, so sind Kenntnisse des jeweiligen Systems doch sehr hilfreich für zielgenaue Fehlerdiagnosen. Auf der anderen Seite wird der effektive Einsatz von VR/AR durch individualisierte Lerninhalte bzw. vollständige VR/AR-Lernanwendungen unterstützt. Die Kompetenzen zur Bedienung entsprechender Autorenwerkzeuge bzw. Entwicklungsumgebungen sind wichtige Qualifikationen für Lehrende. Obwohl diese Werkzeuge auf leichte Bedienbarkeit ausgelegt sind, ist zumeist noch viel Einarbeitungszeit nötig und weniger technikaffine Lehrende werden schnell abgeschreckt. Derzeit fehlen im Allgemeinen noch entsprechende Medienkompetenzen bei den Lehrenden [CP17]. Für notwendige curriculare Ausbildungsmaßnahmen fehlen aber gleichfalls noch Ausbildungspläne.

### 3.5 Weitere Faktoren

**Gesundheitliche Bedenken:** Neben Übelkeit, Schwindel und Augenschmerzen, gibt es einige gesundheitliche Probleme [La17b], die insbesondere bei der Nutzung von VR auftreten können. Dabei sind die meisten der Beschwerden auf sich widersprechende Sinneseindrücke zurückzuführen [KHL14], was bei der Anwendungsentwicklung aktiv vermieden werden sollte [La17a]. Auf Hardware-Seite können hohe Latenz, geringe Auflösung, hohes Gewicht, unzuverlässiges Tracking und der Vergenz-Akkommodation-Konflikt (d.h. der Unterschied zwischen realem und virtuellem Fokus beim Tragen einer VR/AR-Brille) zu den genannten Beschwerden führen [An16]. Noch fehlen Langzeitstudien zur Nutzung von VR/AR-Technologien, was Aussagen über Spätfolgen verhindert.

**Hürden für die Kommunikation:** Die Verwendung von VR/AR als Kommunikationsmedium wird neben den bereits genannten fehlenden natürlichen Interaktionsmöglichkeiten vor allem durch die unzureichende Darstellung von virtuellen Avataren behindert. Hier scheitert es vor allem an unrealistischen Körperbewegungen und der unnatürlichen oder fehlenden Darstellung der Blickrichtung und des Gesichtsausdrucks [Bo15]. Entwicklungen, wie das Erkennen des Gesichts unter einem VR-Headset [Th16] oder Microsofts Technologie Holoportation [Or16], könnten hier in naher Zukunft Abhilfe schaffen.

**Schlechter Ruf:** Die Begriffe VR und AR sind oftmals negativ konnotiert. So wird sich z.B. die Frage gestellt, warum die Technologie nach dem fehlgeschlagenen Hype in den 80er Jahren jetzt ihren Durchbruch haben sollte [St09]. Auch wird VR/AR oft als "Spielkram" angesehen, der sich nicht ernsthaft für die Lehre einsetzen lässt [VZ17]. Die hohe Immersion von VR/AR schürt außerdem ohnehin bestehende Vorbehalte gegenüber neuen Medien bezüglich Cyber-Kriminalität und sozialer Vereinsamung [Ca14]. Diesen Bedenken kann nur durch sichere und durchdachte Anwendungen, sowie zuverlässigen Technologien und dem verantwortungsvollen Umgang mit diesen begegnet werden.

**Ethische Implikationen:** Vor allem VR kann durch seine immersiven Eigenschaften intensive Illusionen hervorrufen. Deren physiologische und psychologische Implikationen sind derzeit nur schwer abzuschätzen, wodurch sich auch das Lernen mit VR/AR neuen ethischen Fragestellungen stellen muss. Im beispielhaften Hinblick auf das MEESTAR-Modell zur ethischen Bewertung sozio-technischer Arrangements [Ma13] sind insbesondere die Dimensionen der Selbstbestimmung (z.B. in einer fremd-gesteuerten, künstlichen Situation), der Sicherheit (z.B. in Bezug auf den Körper), der Privatheit (z.B. Datenschutz) und des Selbstverständnisses (z.B. Wandel der Selbstempfindung durch das Erleben eines fremden Körpers) von der Technologie betroffen.

**Geschäftsmodelle / Betrieb und Support von Plattformen und Autorenwerkzeugen:** Die anhaltende Fokussierung auf den Vertrieb von Anwendungen durch Brokerplattformen (z.B. App-Stores) ist Zeichen der disruptiven Digitalisierung vieler Märkte. Dies ist beispielsweise bei VR/AR durch den sanften Zwang zur Nutzung der Online-Spielvertriebsplattform Steam bzw. der App-Stores (Google, Microsoft) zu beobachten.

## 4 Fazit

VR/AR-Technologien erleben mit den aktuellen Hardware- und insbesondere HMD-Generationen weiterhin einen Hype, der mit immensen Investitionen auf Seiten der Hersteller und Software-Anbieter verbunden ist. Insbesondere zur Bereicherung des Lehrens und Lernens wird diesen Technologien ein großes Potential zugesprochen. In diesem Beitrag wurden die mit VR/AR für Lehr-/Lernsettings verbundenen Chancen und Herausforderungen aufgezeigt und kritisch beleuchtet.

Dabei wurde festgestellt, dass insbesondere viele der als Chancen identifizierten VR/AR-Potentiale weiterer Forschung bedürfen. Da VR/AR-Lernanwendungen noch relativ jung sind, weisen auch die Ergebnisse zur Entwicklung und zum didaktisch fundierten und damit auf den Lernerfolg ausgerichteten Einsatz dieser Werkzeuge noch einen recht geringen Reifegrad auf und sind stark Fallstudien-getrieben. Die Entwicklung von VR/AR-Lernanwendungen ist als technologisch höchst anspruchsvoll zu werten. Oftmals ist der Lernerfolg keine Frage der Technologie, sondern der soliden Planung und Umsetzung eines didaktischen Konzepts. Daher ist auch in den kommenden Jahren/Jahrzehnten eine intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit von verschiedenen Fachdisziplinen wie der Didaktik, der Informatik und der Psychologie unabdinglich.

## Danksagung

Die Autoren danken den Akteuren des GI-Arbeitskreises "VR/AR-Learning" für ihre Unterstützung beim Brainstorming und der Diskussion der einzelnen Chancen und Herausforderungen. Dies betrifft insbesondere: Kristina Bucher, Ralf Dörner, Torsten Fell, Silke Grafe, Jens Hofmann, Rolf Kruse, Saskia Kuliga und Carsten Lecon.

## Literaturverzeichnis

- [AA17] Akçayir, M.; Akçayir, G.: Advantages and challenges associated with augmented reality for education. A systematic review of the literature. In: Educational Research Review. S. 1–11, 2017.
- [An16] Anthes, C. et al.: State of the art of virtual reality technology. In: IEEE Aerospace Conference. IEEE, Piscataway, NJ, S. 1–19, 2016.
- [Ba14] Baumgartner, P. Bildungstechnologien in der Weiterbildung. Blogbeitrag: <http://peter.baumgartner.name/2014/05/28/bildungstechnologien-in-der-weiterbildung> [abgerufen 15. März 2018]
- [Bo15] Bombari, D. et al.: Studying social interactions through immersive virtual environment technology. Virtues, pitfalls, and future challenges. In: Frontiers in psychology, 6, S. 869, 2015.
- [BBF14] Bacca, J.; Baldiris, S.; Fabregat, R.; Graf, S.: Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. In: Educational Technology & Society, 17(4), S. 133-149, 2014.
- [BCD89] Brown, J. S.; Collins, A.; Duguid, P.: Situated cognition and the culture of learning. In Educational Researcher, 18(1), S. 32-42, 1989.
- [Ca14] Calvert, S. L.: Social Impact of Virtual Environments. In: Handbook of virtual environments. Design, implementation, and applications, Taylor and Francis, Hoboken, S. 699-718, 2014.
- [Ch17] Chen, P. et al.: A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In: Innovations in Smart Learning, Springer, S. 13–19, 2017.
- [CP17] Castellanos, A.; Pérez, C.: New Challenge in Education. Enhancing Student’s Knowledge through Augmented Reality. In: Augmented Reality: Reflections on Its Contribution to Knowledge Formation, S. 273, 2017.
- [CT13] Cheng, K.-H.; Tsai, C.-C.: Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. In: Journal of Science Education and Technology, 22(4), S. 449–462, 2013.
- [Dr11] Drummer, J. et al.: Forschungsherausforderungen des E-Learning. In: Workshopband der 15. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI), 2017. In: DeLFI 2011: Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V., 2011.
- [ED16] Ezawa, K.; Danely, C.: Virtual & Augmented Reality. In: Investment Themes in 2016 - New Normal or No Normal, S. 52–57, 2016.
- [EG12] Elliott, J. B.; Gardner, M.; & Alrashidi, M.: Towards a framework for the design of mixed reality immersive education spaces. In: Proceedings of the 2nd European Immersive Education Summit (EiED’12), S. 63–76, 2012.
- [EI11] Elias, T.: Principles for Mobile Learning. In: The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 12(2), S. 143–156, 2011.

- [FO15] Freina, L.; Ott, M.: A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. In: The International Scientific Conference eLearning and Software for Education, S. 133-141, 2015.
- [Ga18] Garner, T.A.: Applications of Virtual Reality. In: Echoes of Other Worlds: Sound in Virtual Reality, Palgrave Macmillan, Cham, S. 299-362, 2018.
- [HVB17] Hochberg, J.; Vogel, C.; Bastiaens, T.: Gestaltung und Erforschung eines Mixed-Reality- Lernsystems. In: Medienpädagogik - Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 28, S. 140–146, 2017.
- [Jo17] Johnston, E. et al.: Exploring Pedagogical Foundations of Existing Virtual Reality Educational Applications: A Content Analysis Study. In: Journal of Educational Technology Systems, S. 1–26, 2017.
- [Ke03] Kerres, M.: Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung. In: Education Quality Forum - Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien, S. 31–44, 2003.
- [Ke18] Kerres, M.: Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote (5. Auflage). De Gruyter, 2018.
- [KHL14] Keshavarz, B.; Hecht, H.; Lawson, B. D.: Visually induced motion sickness. Characteristics, causes, and countermeasures. In: Handbook of virtual environments. Design, implementation, and applications, S. 647–698, 2014.
- [Ko84] Kolb, D.A.: Experiential learning: experience as the source of learning and development, Prentice Hall, 1984.
- [Kr17] Kramer, R. A. et al.: The Challenges and Advances in Mixed Reality Video Technology, 2017.
- [La17a] Lavalle, S. M.: Virtual reality. Cambridge University Press, 2017.
- [La17b] LaViola Jr, J. J. et al.: 3D user interfaces. Theory and practice (2. Auflage). Addison-Wesley Professional, 2017.
- [LWF10] Lee, E.A.; Wong, K.W.; Fung, C.C.: Learning with virtual reality: its effects on students with different learning styles. In: Transactions on edutainment IV, Springer, S. 79-90, 2010.
- [Ma13] Manzeschke, A.: Ergebnisse der Studie "Ethische Fragen im Bereich Altersgerechter Assistenzsysteme", S. 13-21, VDI, 2013.
- [MC01] Mania, K.; Chalmers, A.: The Effects of Levels of Immersion on Memory and Presence in Virtual Environments: A Reality Centered Approach. In: CyberPsychology & Behavior, 4(2), S. 247-264, 2001.
- [MM02] Moreno, R.; Mayer, R.E.: Learning Science in Virtual Reality Multimedia Environments: Role of Methods and Media. In: Journal of Educational Psychology, 94(3), S. 598-610, 2002.
- [OPR17] Orman, E.K.; Price, H.E.; Russell, C.R.: Feasibility of Using an Augmented Immersive Virtual Reality Learning Environment to Enhance Music Conducting Skills. In: Journal of Music Teacher Education, 27, S. 24–35, 2017.

- [Or16] Orts-Escolano, S. et al.: Holoportation. Virtual 3D Teleportation in Real-time. In: UIST 2016. Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology, New York, NY, S. 741–754, 2016.
- [PV17] Pantelic, A.; Vukovac, D. P.: The Development of Educational Augmented Reality Application. A Practical Approach. In: ICERI2017 Proceedings, IATED, 2017.
- [Re09] Rey, G. D.: E-Learning - Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung, Verlag Hans Huber, 2009.
- [Ro00] Rose, F.D. et al.: Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. In: Ergonomics, 43(4), S. 494-511, 2000.
- [Sch17] Schulte, F.P.: (Virtuelles) Lernen hier, hier und hier, und (reales) Handeln dort – Die Bedeutung einer (Transfer-) Kompetenzorientierung bei der Gestaltung von Virtual/Augmented/Mixed Reality-Lernszenarien. In: Workshopband der 15. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI), 2017.
- [Sl17] Slater, M.: Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality. In: Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education. S. 19–33. Springer, 2017.
- [SS16] Slater, M.; Sanchez-Vives, M.V.: Enhancing our lives with immersive virtual reality. In: Frontiers in Robotics and AI, 3(74), 2016.
- [St09] Stone, R.: Serious games. Virtual reality’s second coming? In: Virtual Reality, 13(1), S. 1-2, 2009.
- [SZ17] Söbke, H.; Montag, M.; Zender, S.: Von der AR-App zur Lernerfahrung: Entwurf eines formalen Rahmens zum Einsatz von Augmented Reality als Lehrwerkzeug. In: Workshopband der 15. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI), 2017.
- [Th16] Thies, J. et al.: FaceVR: Real-Time Facial Reenactment and Eye Gaze Control in Virtual Reality, 2016.
- [TZR17] Tallig, G.; Zender, R.; Runge, M.: Frameworkbasiertes Augmented Reality-Lernszenario in der Kfz-Ausbildung. In: Workshopband der 15. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI), 2017.
- [VZ17] Velev, D.; Zlateva, P.: Virtual Reality Challenges in Education and Training. In: International Journal of Learning and Teaching, 3(1), 2017.
- [WBZ11] Weinel, M., Bannert, M., Zumbach, J., Hoppe, H. U., & Malzahn, N.: A closer look on social presence as a causing factor in computer-mediated collaboration. Computers in Human Behavior, 27(1), 513–521, 2011.
- [WZ17] Weise, M.; Zender, R.: Relevanz und Eignung von Interaktionstechniken für virtuelle Lernwelten. In: Workshopband der 15. e-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI), 2017.