

VIRTUAL, AUGMENTED UND CROSS REALITY IN PRAXIS UND FORSCHUNG

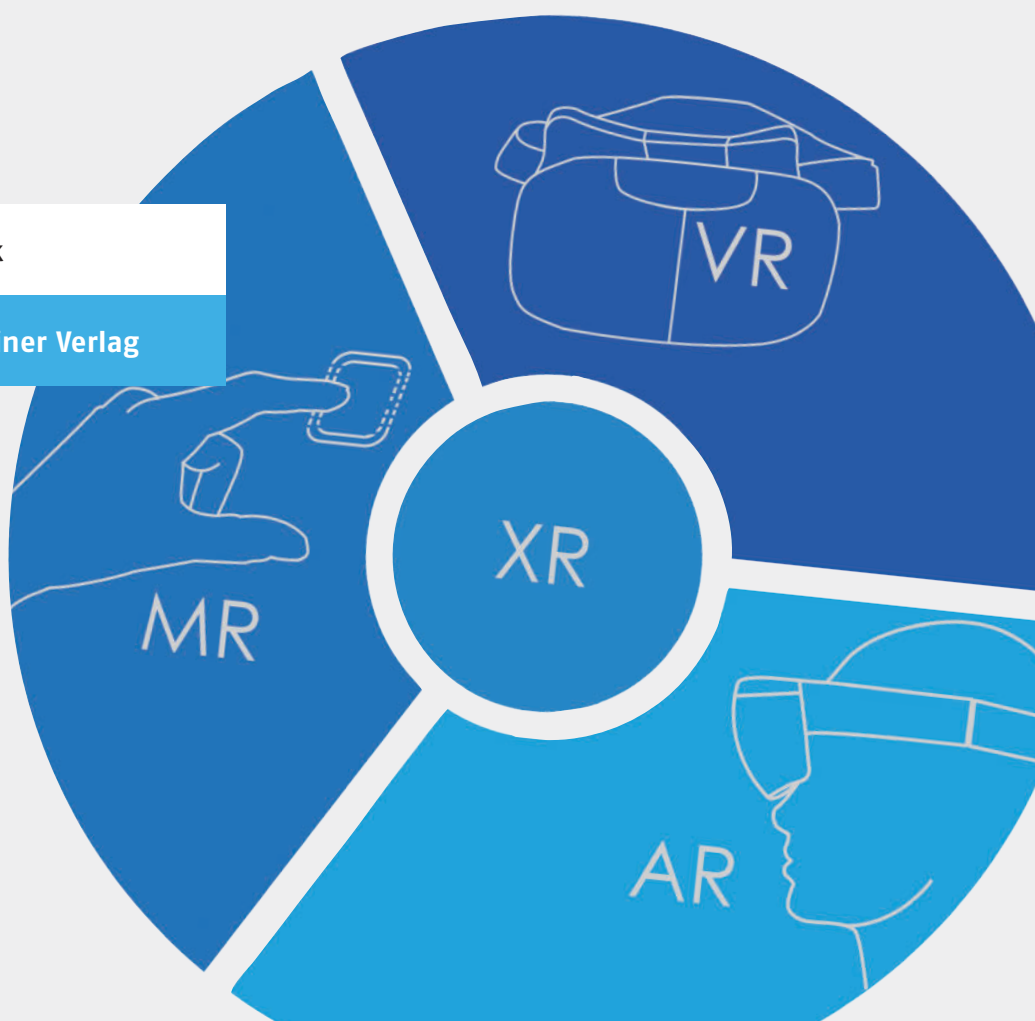
Technologiebasierte Erfahrungswelten
in der beruflichen Aus- und Weiterbildung

Theorie und Anwendung

Herausgegeben von Bernd Zinn

Pädagogik

Franz Steiner Verlag





VIRTUAL, AUGMENTED UND CROSS REALITY IN PRAXIS UND FORSCHUNG

Technologiebasierte Erfahrungswelten
in der beruflichen Aus- und Weiterbildung

Theorie und Anwendung

Herausgegeben von Bernd Zinn

Franz Steiner Verlag

Umschlagabbildung: Cross Reality (XR), © Evelyn Hoffarth

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.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes
ist unzulässig und strafbar.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2020

Layout und Herstellung durch den Verlag

Satz: DTP + TEXT Eva Burri, Stuttgart

Druck: Hubert & Co, Göttingen

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-515-12475-1 (Print)

ISBN 978-3-515-12478-2 (E-Book)

Inhaltsverzeichnis

BERND ZINN	
Editorial	7

Teil 1

Lehren und Lernen in technologiebasierten Erfahrungswelten

BERND ZINN / SUNITA ARIALI	
Technologiebasierte Erfahrungswelten	
<i>Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität</i>	13

QI GUO	
User Experience Design und Evaluation in immersiven	
Virtual-Reality-Umgebungen	31

CAROLIN PLETZ / BERND ZINN	
Wie lässt sich die Technologieakzeptanz virtueller Lern- und Arbeitsumgebungen	
erklären?	
<i>Ein Überblick zu theoretischen Ansatzpunkten und dem Forschungsstand.....</i>	57

Teil 2

Anwendung von virtuellen und erweiterten Umgebungen

TOBIAS KORB / ALEXANDER SCHMIDT / OLIVER RIEDEL	
Evaluierung potenzieller Augmented-Reality-Anwendungsfälle im industriellen	
Umfeld	89

CAROLIN PLETZ / BERND ZINN	
Eine explorative Studie zu potenziellen Anwendungsfeldern von VR	
in technischen Domänen	115

SEBASTIAN HEINZE / SEBASTIAN CARSCH / CHRISTOPH JESAJA HEIDELBACH / JULIAN RAHM / MARC MAUERMANN / LEON URBAS On-the-Job-Training mittels AR-/VR-gestützter Fehlerdiagnose und -behebung in industriellen Anlagen	141
--	-----

BERND ZINN / CAROLIN PLETZ / QI GUO / SUNITA ARIALI Konzeptionierung virtueller Lehr- und Lernarrangements im Kontext des industriellen Dienstleistungsbereichs des Maschinen- und Anlagenbaus	169
--	-----

Teil 3

Forschung zu virtuellen Umgebungen

BERND ZINN / CAROLIN PLETZ / HENRI WADAS / QI GUO Förderung von Auszubildenden mit einem besonderen Förder- und Unterstützungsbedarf mittels einer virtuellen Lernumgebung	187
--	-----

EVELYN HOFFARTH Entwicklung und Potenzialeinschätzung einer Virtual Reality zum Erlernen der Mnemotechnik.	219
---	-----

SUNITA ARIALI / BERND ZINN Virtual Reality <i>Eine Studie zur chronometrischen Analyse der mentalen Rotationsfähigkeit</i>	243
--	-----

CAROLIN PLETZ / MARBOD LEMKE / LEANDRA DEININGER Technologieakzeptanz des virtuellen Verkaufsraums VR2GO in der Firma ANDREAS STIHL AG & Co. KG	257
---	-----

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren.....	285
---	-----

Editorial

BERND ZINN

Von den Effekten des Digitalen Wandels sind zahlreiche gesellschaftliche, soziale und wirtschaftliche Lebensbereiche grundlegend betroffen. Die Digitalisierung verändert unseren privaten und beruflichen Alltag. Sie ermöglicht es uns beispielsweise, jederzeit und an fast jedem Ort mobil erreichbar zu sein, sie gestattet es uns, an fernen Orten ohne eigene Repräsentanz Maschinen virtuell zu steuern oder in Form eines Avatars an virtuellen Konferenzen mit hoher Funktionalität räumlich und zeitlich flexibel teilzunehmen. Mit dem Digitalen Wandel im beruflichen Aus- und Weiterbildungsbereich ergeben sich neue und veränderte Möglichkeiten für das Lehren und Lernen, gleichzeitig bestehen mit der Digitalisierung aber auch vielfältige Herausforderungen. Der Digitale Wandel eröffnet Chancen, birgt aber auch Risiken, mit denen wir umgehen müssen.

Wenn im Diskurs der Digitalisierung davon ausgegangen wird, dass virtuelle und physisch reale Räume zum Lehren, Lernen und Arbeiten zukünftig weitergehend verschmelzen, so stellen sich zu deren Ausgestaltung multiple Fragen. So ergeben sich Fragen an die möglichen Einsatzbereiche der technologiebasierten Erfahrungswelten und den zentralen förderlichen Randbedingungen, um einen sinnvollen Einsatz der Technologien in der beruflichen Aus- und Weiterbildung zu unterstützen. Es bestehen Fragen an die grundlegende Akzeptanz der neuen Technologien und an die anschlussfähigen lehr- und lerntheoretischen Grundlagen des Lehrens und Lernens in und mit den technologiebasierten Erfahrungswelten.

Wo liegen beispielsweise die erfahrungsbasierten Potenziale und Grenzen in einem Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität? Oder anders formuliert: Wie können die neuen Technologien im Kontext beruflicher Aus- und Weiterbildungsszenarien sinnvoll zum Einsatz gebracht werden und was ist bei der Konzeptionierung von Lehr- und Lernsettings in und mit technologiebasierten Erfahrungswelten zu beachten. An diesen und weiteren Fragestellungen setzt der vorliegende Sammelband an. Der Fokus des Sammelbandes liegt hierbei auf den Technologien Virtual Real-

ty (VR), Augmented Reality (AR), Mixed Reality (MR) sowie Cross Reality bzw. Extended Reality (XR), die im Folgenden übergreifend als technologiebasierte (computergenerierte) Erfahrungswelten bezeichnet werden.

Der vorliegende Sammelband vermittelt der Leserin und dem Leser einen Einblick in die theoretischen Grundlagen sowie aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bezugsfeld des Lehrens und Lernens mit technologiebasierten Erfahrungswelten. Die Autorinnen und Autoren greifen in den einzelnen Beiträgen verschiedene Schwerpunkte auf, berichten von ihren Entwicklungs- und Forschungsarbeiten in unterschiedlichen Domänen und beschreiben fachspezifische und fachübergreifende Anknüpfungspunkte und gleichfalls weitergehende Forschungsdesiderate im Bezugsfeld der fokussierten Technologien. Die elf Beiträge sind inhaltlich vielfältig gelagert und berichten damit, in welchen Feldern Entwicklungs- und Forschungsaktivitäten zu technologiebasierten Erfahrungswelten stattfinden und darüber hinaus als notwendig erachtet werden.

Damit zeigen die sowohl theoretisch und konzeptionell als auch empirisch angelegten Beiträge ein zentrales Handlungsfeld des Digitalen Wandels auf, liefern spezifische Ansatzpunkte für die berufliche Aus- und Weiterbildungspraxis sowie für die wissenschaftliche Erforschung technologiebasierte Erfahrungswelten allgemein. Die Beiträge können fruchtbare Impulse für die domänenspezifische Betrachtung der Technologien in der beruflichen Aus- und Weiterbildung liefern, gleichzeitig darüberhinausgehend aber auch die domänenübergreifende Forschung zu technologiebasierten Erfahrungswelten durch die spezifische Kontextualisierung bereichern.

Der Sammelband ist inhaltlich in drei Abschnitte gegliedert. Die Beiträge im ersten Abschnitt beschäftigen sich mit den theoretischen Bezugspunkten des Lehrens und Lernens in virtuellen Umgebungen, den technischen Aspekten sowie der Akzeptanz technologiebasierter Erfahrungswelten. Im zweiten Abschnitt werden in den einzelnen Beiträgen aktuelle und potenzielle Anwendungsszenarien der VR- und AR-Technologie in der beruflichen Aus- und Weiterbildung sowie in unternehmerischen Kontexten vorgestellt. Der dritte Abschnitt umfasst Beiträge, in denen von Forschungsarbeiten im Bezugsfeld der beruflichen Aus- und Weiterbildung sowie im Kontext des virtuellen Vertriebs berichtet wird.

Teil 1: Lehren und Lernen in technologiebasierten Erfahrungswelten

Im Beitrag mit dem Titel „Technologiebasierte Erfahrungswelten – Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität“ von *Bernd Zinn* und *Sunita Ariali* werden lerntheoretische Ansätze und Konzepte thematisiert, die für das Lehren und Lernen mit technologiebasierten Erfahrungswelten von besonderer Bedeutung sind.

Qi Guo berichtet in ihrem Beitrag mit dem Titel „User Experience Design und Evaluation in immersiven Virtual-Reality-Umgebungen“, basierend auf den Konzepten der Usability, des User Interface und der User Experience im technologischen Kontext von immersiven VR-Umgebungen, Entwicklungsprinzipien, technischen Artefakten

und narrativen Prinzipien im Bezugsfeld des Design- und Evaluationsprozess entsprechender Umgebungen.

Carolin Pletz und *Bernd Zinn* beschäftigen sich in dem Beitrag mit dem Titel „Wie lässt sich die Technologieakzeptanz virtueller Lern- und Arbeitsumgebungen erklären? Ein Überblick zu theoretischen Ansatzpunkten und dem Forschungsstand“ mit der Modellierung der Technologieakzeptanz. Zudem berichten sie vom empirischen Forschungsstand zur Technologieakzeptanz sowie den beeinflussenden nutzerbezogenen, organisationalen und technologiespezifischen Faktoren des Konstruktes.

Teil 2: Anwendung von virtuellen und erweiterten Umgebungen

Tobias Korb, *Alexander Schmidt* und *Oliver Riedel* berichten in ihrem Beitrag mit dem Titel „Evaluierung potenzieller Augmented-Reality-Anwendungsfälle im industriellen Umfeld“ von grundlegenden Kriterien für die Entwicklung einer Augmented-Reality-Anwendung. Die Merkmale sollen dem Leser als Leitfaden für die Planung von Augmented-Reality-Anwendungen dienen. Darüber hinaus werden mögliche Use Cases im Kontext des erstellten Modells vorgestellt und überprüft.

Mit dem Titel „Eine explorative Studie zu potenziellen Anwendungsfeldern von VR in technischen Domänen“ berichten *Carolin Pletz* und *Bernd Zinn* in ihrem Beitrag von den Ergebnissen einer Studie zu den Einsatzmöglichkeiten der VR-Technologie aus der Perspektive von Beschäftigten in technischen Domänen. Die Befunde der Studie zeigen, dass die Einsatzmöglichkeiten facettenreich wahrgenommen werden und dabei insbesondere die Anwendungsfelder Ausbildung, Weiterbildung sowie Produktentwicklung und -testung von Relevanz sind.

Im Beitrag von *Sebastian Heinze*, *Sebastian Carsch*, *Christoph Jesaja Heidelberg*, *Julian Rahm*, *Marc Mauermann* und *Leon Urbas* mit dem Titel „On-the-job-Training mittels AR & VR-gestützter Fehlerdiagnose & -behebung in industriellen Anlagen“ wird vom Einsatz der erweiterten und virtuellen Umgebung vor dem Hintergrund des Produktionsalltags berichtet. Dabei betrachten die Autoren ein On-the-Job-Training unter industrietypischen Bedingungen, das sich auf verschiedene Teilbereiche industrieller Anlagen und die Kommunikation Mensch-Mensch sowie Mensch-Maschine bezieht.

Bernd Zinn, *Carolin Pletz*, *Sunita Ariali* und *Qi Guo* präsentieren unter dem Beitragstitel „Konzeptionierung virtueller Lehr- und Lernarrangements im Kontext des industriellen Dienstleistungsbereichs des Maschinen- und Anlagenbaus“ ein Rahmenmodell, welches dem Leser praxisrelevante Ansatzpunkte für den konzeptionellen Aufbau von spezifischen virtuellen Lehr- und Lernszenarien liefern kann.

Teil 3: Forschung zu virtuellen Umgebungen

In dem Beitrag von *Bernd Zinn*, *Carolin Pletz*, *Henry Wadas* und *Qi Guo* mit dem Titel „Förderung von Auszubildenden mit einem besonderen Förder- und Unterstützungsbedarf mittels einer virtuellen Lernumgebung“ wird von den technologischen und methodischen Aspekten einer virtuellen Lernumgebung sowie von den Befunden

einer explorativen Studie zur praxisnahen Eignung der Lernumgebung berichtet. Darüber hinaus diskutieren die Autoren mögliche Implikationen für die Forschung im Bezugsfeld der Förderung von Auszubildenden mit besonderem Förder- und Unterstützungsbedarf.

Evelyn Hoffarth berichtet unter dem Beitragstitel „Entwicklung und Potenzialeinschätzung einer Virtual Reality zum Erlernen der Mnemotechnik“ von der Entwicklung einer virtuellen Umgebung zum Erlernen und Anwenden einer Mnemotechnik als Verfahren zur Steigerung der Gedächtnisleistung. Anschließend werden im Beitrag explorative Befunde einer Pilotstudie zum Erlernen der Mnemotechnik mit und ohne VR-Unterstützung vorgestellt sowie ein Ausblick auf Desiderate im Bezugsfeld gegeben.

Im Beitrag „Virtual Reality – eine Studie zur chronometrischen Analyse der mentalen Rotationsfähigkeit“ berichten *Sunita Ariali* und *Bernd Zinn* von einer experimentellen Studie, in der analysiert wird, inwiefern verschiedene virtuelle technologische Umgebungen (teil-immersiv vs. voll-immersiv) geeignet sind, um die mentale Rotationsfähigkeit als eine zentrale Dimension des räumlichen Vorstellungsvermögens und unter Berücksichtigung chronometrischer Daten bei Schülerinnen und Schülern zu unterstützen.

Mit dem Titel „Technologieakzeptanz des virtuellen Verkaufsraums VR2GO bei der Firma Andreas Stihl AG & Co. KG“ beschreiben *Carolin Pletz*, *Marbod Lemke* und *Leandra Deininger* in ihrem Beitrag einen virtuellen Verkaufsraum und stellen eine hypothesenprüfende Studie mit Trainern vor, in der der Frage nachgegangen wird, welchen Einfluss die Faktoren Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, soziale Norm und Verhaltenskontrolle auf die Nutzungsintention des Verkaufsraums haben.

Abschließend bedanke ich mich bei allen Autorinnen und Autoren für die vorliegenden Beiträge und die sehr gute Zusammenarbeit in der Arbeitsgruppe Cross Reality am BPT. Mein besonderer Dank gilt Frau *Carolin Pletz*, die bei der Erstellung des Sammelbandes mitgearbeitet hat, Frau *Evelyn Hoffarth* für die Gestaltung des Covers und *Anna Zinn* für die fundierten Lektoratsarbeiten.

Teil 1

Lehren und Lernen in technologiebasierten
Erfahrungswelten

Technologiebasierte Erfahrungswelten

Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität

BERND ZINN / SUNITA ARIALI

Technology-based experience worlds

Teaching and learning between virtuality and reality

Zusammenfassung: Virtuelle Umgebungen verschmelzen zunehmend mit realen Lehr- und Lernumgebungen mit dem hoffnungsvollen Anspruch, die Arbeitsabläufe in Unternehmen sowie die beruflichen Aus- und Weiterbildungsprozesse zu optimieren. Doch wie ist diese Annahme lerntheoretisch begründet? Der vorliegende Beitrag fokussiert in diesem Bezugsfeld zentrale lerntheoretische Ansätze und Konzepte, die für das Lehren und Lernen mit technologiebasierten Erfahrungswelten für besonders bedeutungsvoll gehalten werden. Hierzu erfolgt nach der Einleitung und einem Überblick über die für den Beitrag relevanten Technologien und den Forschungsstand ein Diskurs zu lerntheoretischen Ansätzen und Konzepten im Kontext technologiebasierter Erfahrungswelten.

Abstract: Virtual environments are increasingly merging with real-life teaching and learning environments with the aspiration to optimize professional education and training processes or workflows. But how can such a hopeful assumption be justified in a learning-theoretical way? The present article focuses on the central learning-theoretical basic approaches and concepts that could be of central importance to the learning and teaching with technology-based experience worlds. Hereto, after the introduction and an overview of the technologies relevant to the article, as well as a state of the present research, a discourse regarding learning-theoretical basic approaches and concepts in the context of technology-based experience worlds will be discussed.

1. Einleitung

Mit der durch den Digitalen Wandel geprägten realen und (parallelen) virtuellen Lebens- und Arbeitswelt verbinden sich vielfältige Herausforderungen, die gleicher-

maßen technologische, gesellschaftlich-kulturelle sowie anwendungsbezogene Perspektiven betreffen. Mit dem stetig steigenden Digitalisierungsgrad der Berufs- und Arbeitswelt werden diverse Entwicklungspotenziale verbunden. Wesentliche technologische Kennzeichen der Digitalisierung der Berufs- und Arbeitswelt sind cyber-physische Systeme und der zunehmende Vernetzungsgrad von Maschinen, Anlagen und Prozessen (vgl. Schatz & Bauernhansl 2015; Bauer, Dworschak & Zaiser 2017). Im Zuge der Digitalisierung der Berufs- und Arbeitswelt stehen neben den neuen technologischen und ökonomischen Möglichkeiten, die damit verbunden sind, innovative digitale Lern- und Arbeitsmittel im Fokus, die für die berufliche Aus- und Weiterbildung grundlegende neue Lehr- und Lernooptionen und damit einhergehend auch veränderte methodisch-didaktische Gestaltungsoptionen eröffnen (vgl. Zinn 2016, 2017). Physisch reale Räume werden mit virtuellen Welten verknüpft und können zunehmend in Lern- und Arbeitskontexte eingebunden werden (vgl. Bauernhansl 2017). Durch die Einbindung virtueller Umgebungen in ein reales Lernumfeld können beispielsweise die Eigenschaften und Prinzipien einer komplexen Anlage nachvollziehbar betrachtet werden. Gleichzeitig kann den Lernenden die Möglichkeit eingeräumt werden, die Prozesse der Wissensaneignung selbst durch zusätzliche Informationen effizienter zu steuern (vgl. Schuster et al. 2016). Es wird davon ausgegangen, dass die neuen Formen der Mensch-Technik-Interaktion auch spezifische Lernumgebungen erfahrbar machen können und das Potenzial haben, betriebliche Praxisbezüge verstärkt in die berufsschulische Aus- und Weiterbildung zu integrieren. Die Nutzung der Technologie im Aus- und Weiterbildungsbereich wird besonders dann als vorteilhaft angesehen, wenn sie nicht als reines Additiv eingebracht, sondern didaktisch in reale berufliche Projekte integriert wird (vgl. Zinn 2017). Im Fokus des vorliegenden Beitrags stehen die im folgenden Abschnitt beschriebenen Technologien Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), Mixed Reality (MR) sowie Cross Reality (XR), die im Fortgang des Beitrag als technologiebasierte (computergenerierte) Erfahrungswelten bezeichnet werden. Hinsichtlich dieser Technologien werden im Beitrag zentrale lerntheoretische Ansätze und Konzepte, die für das Lehren und Lernen in technologiebasierten Erfahrungswelten als bedeutsam gelten, thematisiert. Hierzu wird nach der Einleitung ein Überblick über die technologiebasierten Erfahrungswelten gegeben und der Forschungsstand zu ausgewählten wahrnehmungsbezogenen Aspekten vorgestellt, um anschließend die für das Lehren und Lernen mit den technologiebasierten Erfahrungswelten als zentral erachteten Theorien und Ansätze näher zu beschreiben.

2. Technologiebasierte Erfahrungswelten

Obwohl insbesondere erst in der letzten Dekade die technologiebasierten Erfahrungswelten verstärkt in den Fokus diverser Anwendungsfelder in der Aus- und Weiterbildung gerückt sind, wurden die technologischen Grundlagen für die einzelnen Techno-

logien schon früher gelegt. Bereits im Jahr 1934 beschrieb Stanley G. Weinbaum ein auf Brillen basierendes System mit holografischen Aufnahmen von fiktiven Ereignissen (vgl. Korgel 2017). Im Jahr 1965 veröffentlichte Ivan Sutherland seinen Essay mit dem Titel „The Ultimate Display“, in dem er erste Visionen über virtuelle Umgebungen skizziert. Er beschreibt dabei ein Display, das mit einem Computer verbunden ist und uns die Möglichkeit bietet, künstliche Welten zu betreten, wie folgt:

„The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked“ (Sutherland 1965, S. 508).

Von solchen Visionen abgesehen, regte Sutherland (1965) auch eine Reihe technologischer Entwicklungen an, die dreidimensionale Interaktionen unterstützen, indem sie Informationen nicht nur über die Augen, sondern auch über Ohren, Nase, Mund und Hände vermitteln. Sutherlands Arbeit bildete einen zentralen Grundstein für die VR-Entwicklung. Seine Visionen treiben noch bis heute verschiedene Forschungsfelder zur VR-Technologie an. Sutherland versuchte sogar, seine Ideen selbst zu verwirklichen und baute das erste 3D Head-Mounted Display (HMD). Da aber die technischen Möglichkeiten in den 1960er Jahren noch begrenzt waren, konnten Sutherland und andere die betreffenden Ideen nur eingeschränkt umsetzen. In den 1990er Jahren erschienen dann die ersten Virtual-Reality Headsets auf dem Markt, welche vor allem für Forschungszwecke bestimmt waren (vgl. Korgel 2017). Sie wurden beispielsweise zur Konstruktion und zum Design von Fahrzeugen im Rahmen medizinischer Ausbildungszwecke oder zur Visualisierung von komplexen Datenbanken eingesetzt. Trotz der anfänglichen Begeisterung scheiterten in der Folge viele VR-Projekte. Zentrale Gründe hierfür waren einerseits die hohen Anschaffungskosten der Technologie und andererseits deren begrenzte Einsatzmöglichkeiten aufgrund zu schlechter Bildauflösung und Bildwiederholungsrate. Unter dem Begriff Virtual Reality (VR)-Technologie werden heute zahlreiche technologische Möglichkeiten zusammengefasst, mit denen virtuelle Umgebungen erfahrbar gemacht werden können. Unter virtuellen Umgebungen werden wiederum computergenerierte Echtzeitdarstellungen von realen oder fiktiven Umgebungen verstanden, in die die Nutzerinnen und Nutzer eintreten und in denen sie über verschiedene Benutzerschnittstellen mit weiteren Nutzerinnen und Nutzern interagieren können. Im Zentrum der VR steht die Erfahrung, an einem fremden (virtuellen) Ort zu sein (vgl. Rheingold 1992). Laut Dörner und Kollegen stellt VR eine Analogie der Realität dar (vgl. Dörner et al. 2014). In einer VR-Anwendung werden die Sinneseindrücke des Nutzers über künstliche und natürliche Nutzerschnittstellen übertragen. Insbesondere natürliche Nutzerschnittstellen für die Visualisierung sollen eine realitätsbezogene Navigation und Interaktion ermöglichen und damit eine authentischere Erfahrung realisieren. Neben dem visuellen Eindruck, der auf-

grund der stereoskopischen Darstellung einen dreidimensionalen Charakter hat, wird bei den VR-Anwendungen auch ein auditives Feedback vermittelt und dadurch ein räumliches Szenario geschaffen, das den Eindruck erweckt, sich in einer digitalen Welt zu befinden, die vollständig von der realen Außenwelt isoliert existiert (vgl. Dörner et al. 2014). Verschiedene Sensoren berücksichtigen Kopf- und Körperbewegungen und können der Nutzerin bzw. dem Nutzer das Gefühl vermitteln, sich in der virtuellen Welt zu bewegen und in ihr sowie mit ihr zu interagieren. Durch Echtzeit-Visualisierungen und -Reaktionen des Systems erhalten die Personen ein sofortiges Feedback zu ihrer Handlung. VR hat das Potenzial, den Arbeits- und Lernprozess durch realistisches Nachbilden des Produktionsprozesses zu simulieren und ihn interaktiv zu explorieren (vgl. Dörner et al. 2014; Schuster et al. 2016), indem die Nutzerinnen und Nutzer befähigt werden, die virtuelle Umgebung und die darin enthaltenen Objekte aktiv zu beeinflussen, zu greifen oder zu steuern. Interaktivität umfasst somit motorische und sensorische Gesichtspunkte (vgl. Schreier 2002).

Neben den VR-Anwendungen werden heute Augmented-Reality-Anwendungen oder Mixed-Reality-Anwendungen zur Darstellung digitaler Inhalte eingesetzt. Unter Augmented Reality (AR) versteht man technologiegestützte Erweiterungen der Realität, wobei die zusätzlichen Informationen verschiedene menschliche Sinnesmodalitäten ansprechen können. Die erweiterten computergenerierten Informationen umfassen in der Regel visuelle Darstellungen (z. B. Bilder, Videos, Textinformationen) oder auditive Informationen (z. B. gesprochener Text, Musik).

Mit Mixed Reality (MR) werden überwiegend Kombinationen von AR und VR verstanden (vgl. z. B. Preim & Dachsel 2015). Milgram und Kishino (1994) definierten MR als ein Kontinuum zwischen realen und künstlichen Welten. Vor dem Hintergrund, dass VR und AR zunehmend hybrid verwendet und technologiebasierte Erfahrungswelten durch zusätzliche technologische Erweiterungen angereichert werden, werden beide Anwendungen auch unter dem Oberbegriff Cross Reality (XR) oder Extended Reality zusammengefasst. Unter Cross-Reality versteht Coleman folgendes: „Cross-reality (also known as x-reality) is an informational or media exchange between real-and virtual-world systems“ (Coleman 2009, S. 16). Paradisio und Landay beschreiben Cross-Reality wie folgt: „[T]he union between ubiquitous sensor/actuator networks and shared online virtual worlds [...] We call the ubiquitous mixed reality environment that comes from the fusion of these two technologies cross-reality“ (Paradisio & Landay 2009, S. 14). Ebenfalls das Modell von Milgram und Kishino als Grundlage nehmend, gehen Mann et al. (2018) noch einen Schritt weiter, indem sie eine zusätzliche Dimension einführen und das Modell (1994) um die Modalitätsdimension erweitern. Mann et al. (2018) bezeichnen die dadurch entstandene Realität als sogenannte „Multimediated Reality“ und definieren diese wie folgt: Multimediated Reality ist

„not just interactive multimedia-based ‚reality‘ for our five senses, but also includes additional senses (like sensory sonar, sensory radar, etc.), as well as our human actions/actua-

tors. These extra senses are mapped to our human senses using synthetic synesthesia. This allows us to directly experience real (but otherwise invisible) phenomena, such as wave propagation and wave interference patterns, so that we can see radio waves and sound waves and how they interact with objects and each other“ (Mann et al. 2018, S. 1).

3. Forschungserkenntnisse zur Wahrnehmung virtueller (Lern-)Umgebungen

Mit der dynamischen Entwicklung der technologiebasierten Erfahrungswelten in den letzten Jahren entstand ein Bedarf an einer systematischen Erforschung der einzelnen Technologien sowie der Analyse von fördernden und hemmenden Bedingungen sowie der individuellen und sozialen Folgen ihres Einsatzes. Hinsichtlich der diversen Forschungsbestrebungen können im Wesentlichen drei Betrachtungsebenen differenziert werden (vgl. Bente, Krämer & Petersen 2002): (1) die Makroebene, die die gesellschaftlichen und politischen Voraussetzungen für die Implementierung der Technologien fokussiert, (2) die Mesoebene, bei der die Auswirkungen der Technologien auf Gruppen- und Organisationsstrukturen im Vordergrund steht, und (3) die Mikroebene, die sich mit den psychologischen Aspekten der Nutzung befasst. Die Mikroebene beschäftigt sich darüber hinaus mit dem Gegenstandsbereich der psychologischen Forschung und umfasst einerseits allgemeinspsychologische Fragen, wie etwa Wahrnehmung, Informationsverarbeitung und Gedächtnis; andererseits werden auch pädagogisch-psychologische Fragen gestellt, die sich auf die strukturelle Erklärung des Lehrens und Lernens mit den technologiebasierten Erfahrungswelten beziehen.

Im Folgenden werden ausgewählte Studienergebnisse zur Wahrnehmung von virtuellen Räumen vorgestellt, wobei hier nicht der Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden soll. Vielmehr soll die Auswahl einen Überblick über die Bedeutung wahrnehmungsbezogener Aspekte im Bezugsfeld geben. Die Forschungserkenntnisse zur Wahrnehmung von virtuellen Räumen können helfen zu verstehen, wann und warum es zu Wahrnehmungsverzerrungen bzw. zu förderlichen Momenten bei der Nutzung virtueller Räume zu Lehr- und Lernzwecken kommt. Allgemein wird davon ausgegangen, dass die Fähigkeit, mit oder in einer computergenerierten Umgebung zu interagieren, wesentlich auf den individuellen Wahrnehmungen und dem Aufbau einer mentalen Repräsentation der Umgebung basiert. Die Wahrnehmung der Umwelt erfolgt über die menschlichen Sinne. Für die Nutzung von virtuellen Umgebungen sind die visuelle, auditive und taktile Wahrnehmung zentral (vgl. Dörner et al. 2013), eher selten wird der olfaktorische Sinn angesprochen. Dinh et al. (1999) untersuchten beispielsweise verschiedene Sinneseindrücke im Hinblick auf die Präsenz und die Gedächtnisleistung der Versuchsteilnehmer in einem virtuellen Bürokomplex mit Variation der Sinnesmodalitäten. Dabei wurde eine signifikant bessere Bewertung bezüglich der Präsenz festgestellt, wenn auditive oder taktile Stimuli gegeben wurden.

Was den olfaktorischen Stimulus betrifft, gab es einen nicht signifikanten positiven Trend. Gedächtnisfragen wurden von den Versuchsteilnehmern am besten beantwortet, wenn diese multisensorischen Stimuli ausgesetzt waren. Diejenigen Probanden, die beispielsweise die Kaffeemaschine nicht nur gesehen, sondern auch den Kaffee gerochen hatten, erinnerten sich weit häufiger an sie. Ebenso wurde sich an einen Ventilator viel häufiger erinnert, wenn die Versuchspersonen zusätzlich den Wind des Ventilators spürten.

Aus den Erkenntnissen darüber, wie Menschen Informationen in den künstlich generierten Welten wahrnehmen und verarbeiten, können nach Dörner und Steinicke konkrete Empfehlungen für die Gestaltung solcher Welten sowie der Interaktionen in ihr abgeleitet werden (vgl. Dörner & Steinicke 2013). In den vergangenen Jahren erschienen mehrere Studien, in welchen die Auswirkungen verschiedener gestaltungsbezogener Aspekte von virtuellen Umgebungen auf die Leistung analysiert wurden. Die visuelle Gestaltung des virtuellen Raumes, beispielsweise die räumliche Anordnung von Gegenständen, die Komplexität der Umgebung, die realistische vs. schematische Darstellungsform, die Manipulation von Farben und der Beleuchtung oder die Verwendung von Texturen, ist ein zentraler Bereich in der Forschung zu virtuellen Welten. Ragan et al. (2015) führten ein Experiment durch, um zu verstehen, wie sich der Darstellungsrealismus der virtuellen Umgebung auf das Training auswirkt. Hierbei stellten sie fest, dass ein maximaler Realismus, das Training visueller Suchaufgaben positiv beeinflusst. Xu, Murcia-López und Steed (2017) beschäftigten sich mit der visuell-räumlichen Wahrnehmung und analysierten, wie genau verschiedene Distanzen in den virtuellen Umgebungen eingeschätzt werden. Die Studienergebnisse deuten darauf hin, dass es in den virtuellen Umgebungen oftmals zu einer Unterschätzung der vertikalen Distanzen kommt (ebd.). Sun et al. (2015) gehen davon aus, dass die Leistung durch das Bewusstsein eines eigenen Körpers signifikant positiv beeinflusst werden kann. Ries et al. (2008) führten hierzu ein Experiment durch, indem sie eine Selbst-Avatar-Bedingung mit der Bedingung ohne Avatar verglichen. In der Selbst-Avatar-Bedingung konnte die Versuchsperson, wie es auch in den realen Umgebungen der Fall ist, sich selbst aus der egozentrischen Perspektive betrachten. Dabei zeigte sich, dass unter der Avatar-Bedingung die räumlichen Distanzen genauer wahrgenommen werden und die Anzahl an Fehlern bei Navigationsaufgaben reduziert werden kann. Die Studienergebnisse von Alshaer, Regenbrecht und O'Hare (2017) belegten hingegen, abgesehen von einem positiven Präsenzerleben, keinen positiven Einfluss der Selbst-Avatar-Bedingung – weder auf Wahrnehmungs- noch auf Verhaltensaspekte in virtuellen Räumen. Dennoch wird allgemein angenommen, dass der egozentrische Charakter virtueller Umgebungen den Lerngegenständen eine neue Dimension verleiht und sich positiv auf die räumliche Informationsverarbeitung auswirkt (vgl. Ariali & Zinn 2018). Darüber hinaus könnten durch die Einbindung natürlicher Benutzerschnittstellen und Interaktionsmöglichkeiten die räumlichen Fähigkeiten unterstützt und verbessert werden. In angloamerikanischen Publikationen findet

man zwar bereits Befunde, die Tendenzen in diese Richtung aufzeigen (vgl. z. B. Kozhevnikov, Cheng, & Kozhevnikov 2015; Dünser et al. 2006), doch bedarf es noch eines weitergehenden evidenzbasierten Wissens, um technologiebasierte Interventionen zu entwickeln, mit deren Hilfe relevante räumliche Fähigkeiten wirkungsvoll trainiert werden können.

Eine besondere Forschungsherausforderung bei der Gestaltung technologiebasierter Lernwelten ist die optimale Einbindung natürlicher Benutzerschnittstellen, wobei die Navigation in künstlichen Umgebungen einen wichtigen Aspekt intuitiver Bedienbarkeit darstellt (vgl. Hale & Stanney 2014). Dabei gibt es eine Reihe von Fortbewegungstechniken, die von aktuellen virtuellen Welten unterstützt werden. Boletsis (2017) analysierte 36 Studien, die sich zwischen 2014 und 2017 mit den verschiedenen Navigationsmöglichkeiten beschäftigten. Dabei identifizierte er 11 unterschiedliche Techniken, wobei das Laufen auf der Stelle und das Navigieren mittels eines Eingabegerätes (Controller) am häufigsten vertreten waren. Das Laufen auf der Stelle lässt sich mithilfe eines Trackingsystems integrieren. Damit es realisiert werden kann, müssen die Füße der Probanden zuvor mit Sensoren ausgestattet werden. Dieses Verfahren kann schnell umgesetzt werden, benötigt aber eine Trainingsphase, da die Probanden sich an die virtuellen Bewegungsabläufe zunächst erst gewöhnen müssen. Bei der Navigation mittels eines Eingabegerätes löst ein Knopfdruck eine virtuelle Bewegung aus, die Körperbewegung der Nutzerin bzw. des Nutzers spielt dabei keine Rolle. Diese Klasse der Navigation lässt sich sehr einfach realisieren und wird deswegen häufig eingesetzt. Boletsis (2017) stellte in seinem Review fest, dass die Forschung zu Fortbewegungstechniken hauptsächlich auf Aspekte der Usability beschränkt ist und weitere psychologische Aspekte vernachlässigt. Meyer und Pfeifer (2017) untersuchten, ob natürliche Handbewegungen in einem virtuellen Trainingsprogramm einen signifikant positiven Einfluss auf den Lernerfolg im Vergleich zur Nutzung eines Controllers haben. Als Umgebung diente ein virtuelles Labor, in welchem im Rahmen eines medizinischen Kontextes eine Infusion vorbereitet werden sollte. Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass die Nutzung von natürlichen Handbewegungen in der virtuellen Umgebung tendenziell positiv von den Versuchspersonen aufgenommen wird, jedoch nicht signifikant positiver als die Nutzung der Controller. Bezogen auf den Lernerfolg wurde keine signifikante Differenz zwischen den beiden Testbedingungen gefunden, allerdings einen Effizienzunterschied, welcher sich darin äußerte, dass die Probanden ihre Aufgaben schneller bewältigten, wenn sie natürliche Handbewegungen vollführen konnten (vgl. Meyer & Pfeifer 2017).

In einem Zwischenfazit ist festzustellen, dass sich der Forschungsstand zur räumlichen Wahrnehmung und den Interaktionsmöglichkeiten in virtuellen Umgebungen variantenreich und im Hinblick auf die Befunde zum Teil heterogen darstellt. Die Auswahl der exemplarisch vorgestellten Studien zeichnet sich durch differente kontextuelle Einbettungen, unterschiedliche Schwerpunktsetzungen und eine differente Forschungsmethodik aus. Obwohl die Ergebnisse damit nur begrenzt übertragbar sind,

können sie möglicherweise dennoch erste Ansatzpunkte zur Gestaltung und weiteren Erforschung von virtuellen Lern- und Arbeitsräumen liefern.

4. Lerntheoretische Ansätze und Konzepte

Forschungsbefunde zur Medien-, Usability- und Lehr-Lern-Forschung belegen, dass weniger das gewählte Medium (bzw. die gewählte Technologie) als vielmehr seine Usability, das räumliche Präsenzerleben, das Flow-Erleben, die kontextuelle und situationsbezogene Einbindung des Lehr-Lern-Arrangements sowie das didaktische Design für den Lernprozess effektrelevant sind (vgl. Hinkofer & Mandl 2003; Rey 2009; Jahnke 2016; Zinn, Guo & Sari 2016). Auch wenn bei didaktischen Entscheidungen die lerntheoretischen Ansätze und Konzepte oftmals keine unmittelbare handlungspraktische Relevanz für das didaktische Design haben, so liefern diese Theorien den Lehrenden dennoch vielfältige Hinweise, wie sie das didaktische Design gestalten können bzw. sollten (vgl. Reinmann et al. 2013), so dass sie eine mittelbare praktische Bedeutung für die Konzeptionierung von technologiebasierten Lehr- und Lernarrangements besitzen. Im folgenden Abschnitt geht es daher um die Klärung der Frage, welche Theorien und Ansätze bedeutsam für das Lernen in technologiebasierten Erfahrungswelten sind und welche Konsequenzen sich hieraus für die Gestaltung entsprechender Umgebungen ergeben. Anknüpfend an einer Literaturanalyse angloamerikanischer Publikationen im Bildungssektor von Loke (2015) sowie deutschsprachiger Publikationen (vgl. z. B. Robben & Cermak-Sassenrath 2010; Weibel & Wissmath 2011; Zinn, Guo & Sari 2016; Schuster et al. 2016), erachten wir folgende Theorien und Ansätze für das Lehren und Lernen mit technologiebasierten Erfahrungswelten für besonders bedeutsam: Embodied Cognition, Erfahrungsbasiertes Lernen, Situiertes Lernen, Konstruktivismus, Sozialkonstruktivismus, Präsenztheorie, Flow-Theorie und Cognitive Load Theory.

Arbeiten zur Embodied Cognition belegen, dass körperliche Zustände einen basalen Einfluss auf die Kognition und das menschliche Handeln nehmen (vgl. Storch et al. 2010). Nach dem Ansatz des Embodied Cognition nehmen sensorische Funktionen sowie die komplexe Interaktion mit der Umwelt eine entscheidende Rolle bei kognitiven Prozessen ein (vgl. Kaltner 2015). Demnach werden beispielsweise im Lernprozess bei einer Person mit einer aufrechten Körperhaltung unterbewusst auch mentale Konzepte wie Moral oder Dominanz verbunden. Knapp formuliert bedeutet Embodiment, dass kognitive Prozesse in der komplexen körperlichen Interaktion mit der Umwelt verankert sind. Der Ansatz des Embodied Cognition geht dabei von mehreren Grundannahmen aus, die von Wilson (2002) wie folgt zusammengefasst werden: (a.) Kognition ist situiert und impliziert immer eine Interaktion zwischen Wahrnehmung und Handlung. (b.) Off-Line-Kognition ist körperbasiert, d. h. auch von der unmittelbaren Umgebung losgelöste Vorgänge basieren auf fundamentalen sensomotorischen

Prozessen. (c.) Kognitive Prozesse dienen der Handlungen und müssen damit als Beitrag zu situationsangepasstem Verhalten betrachtet werden. (d.) Die Kognition kann auf die Umgebung ausgelagert werden: Da uns nur begrenzte Arbeitsgedächtniskapazität zur Verfügung steht, sind wir darauf angewiesen, unsere Umwelt so zu nutzen, dass wir die für Informationsverarbeitung erforderliche Arbeitsleistung minimieren. (e.) Durch den kontinuierlichen Informationsaustausch ist es schwer, zwischen Körper und Umgebung zu unterscheiden. (f.) Kognition läuft in Echtzeit ab. (vgl. Wilson 2002). Ausgehend von diesen Prinzipien werden Informationen zu einem bestimmten Vorgang in den verschiedenen Sinnesmodalitäten in Form einer multimodalen Erfahrung gespeichert. Bei Erinnerung an eine Kategorie (z. B. Geruch) werden multimodale Repräsentationen reaktiviert, um mental zu simulieren, welche Wahrnehmungen und Handlungen mit der Erfahrung zusammenhängen. Folgt man dem Ansatz des Embodied Cognition, so sind in den technologiebasierten Erfahrungswelten der Nutzerin bzw. dem Nutzer möglichst vielfältige auditive, visuelle und sensomotorische Erfahrungsräume bereitzustellen, um sie bzw. ihn im Lernprozess zu unterstützen.

In komplexen Erfahrungsräumen könnte auch die Theorie des erfahrungsbasierten Lernens von Relevanz sein. Angelehnt an Dewey (1938) formuliert Kolb (1984) einen erfahrungsbasierten Lernzyklus, der auf vier Zyklen basiert: konkrete Erfahrung, Beobachtung und Reflexion, abstrakte Begriffsbildung und aktives Experimentieren. Nach Kolb (1984) ist das Lernen ein stetiger Prozess und kann in formalen Bildungssituationen nur in Kombination mit konkreten individuellen Erfahrungen effektiv sein. In virtuellen und anderen technologiebasierten Erfahrungswelten kann dieser Erfahrungsraum geschaffen werden, indem die Nutzerinnen und Nutzer über natürliche Benutzerschnittstellen mit ihrer Arbeitsumgebung realitätsnahe interagieren (vgl. Haase et al. 2015). In einer Studie mit Medizinstudierenden wurde beispielsweise nach einem Rollenspiel in einem virtuellen Krankenhaus bei der Nachbesprechung mit einem Tutor festgestellt, dass die Reflexionsleistung der Probanden in den virtuellen und realen Umgebungen ähnlich verliefen, was dafür spricht, dass erfahrungsbasiertes Lernen in virtuellen und realen Räumen vergleichbar verlaufen kann (vgl. Loke, Blyth & Swan 2012; Loke 2015). Für das Lernen in virtuellen Umgebungen und in der um virtuelle Elemente erweiterten realen Welt kann somit die Theorie des erfahrungsbasierten Lernens relevant werden, weil Lernende in künstlichen (realitätsnahen) Umgebungen konkrete (virtuelle) Erfahrungen sammeln können, die dann das Verhalten auch in realen Umgebungen beeinflussen können.

Auch der Ansatz des Situierten Lernens geht davon aus, dass Lernprozesse immer in einem zu beachtenden Anwendungsprozess bzw. in einer Situation erfolgen (vgl. Lave & Wenger 1991; Wenger 1998). Unter dem Begriff „Situation“ wird dabei sowohl die materielle als auch soziale Umwelt des Lernenden eingeordnet, und es wird davon ausgegangen, dass das Lernen effektiv ist, wenn ein situativer Bezug zur späteren Berufs- und Arbeitswelt hergestellt wird. Im berufsschulischen Unterricht wird dem situierten Lernen eine hohe Bedeutung beigemessen. Dies ist spätestens mit der

Einführung des Lernfeldkonzepts deutlich geworden (vgl. KMK 2007). Die tatsächliche Umsetzung und Integration von komplexen beruflichen Situationen am berufsschulischen Lernort ist aber oftmals mit einer Reihe von grundlegenden Problemen (z. B. hohe Anschaffungskosten und Komplexität der Maschine, Risikofaktoren in der Arbeitsumgebung) verbunden. Geht man davon aus, dass virtuelle Umgebungen vergleichbare Situationen bieten, die dasselbe Verhalten und Denken bei Lernenden auslösen wie eine reale Situation (vgl. Loke 2015), so könnte mit virtuellen Umgebungen auch das situationale Lernen am berufsschulischen Lernort unterstützt werden. Lernen und Arbeiten in virtuellen Umgebungen ist ungefährlich, es entsteht weder Materialverschleiß, noch können Schäden an Maschinen entstehen – die Möglichkeit praxisnaher Gestaltung oder Modifizierung der Ausbildungssituationen wäre gegeben (vgl. Blümel, Jenewein & Schenk 2010; Katzky et al. 2013). Technologiebasierte Erfahrungswelten eignen sich grundsätzlich, um situationales Lernen zu unterstützen. Inwieweit virtuelle Erfahrungen aber tatsächlich mit realen Erfahrungen vergleichbar sind und welchen Wert sie im Vergleich zu anderen realen Lernformen haben, ist bisher nicht hinreichend geklärt, die Befundlage stellt sich heterogen dar. Die modernen natürlichen Benutzerschnittstellen unterstützen zwar die visuellen und sensomotorischen Erfahrungen in virtuellen Umgebungen auf vielfältig Weise, die Interaktion in der virtuellen Welt oder der durch Virtualität angereicherten Welt entspricht jedoch meistens nicht exakt der sensomotorischen Erfahrung in der realen Umgebung.

Übertragen auf technologiebasierte Erfahrungswelten, impliziert der Konstruktivismus, dass Erfahrungswelten den Lernenden Optionen bieten sollten, mit der Lernwelt zu interagieren und ihr Wissen selbst konstruieren zu können (vgl. Shute, Rahimi & Emihovich 2017). Der Konstruktivismus, der vor allem auf die Arbeiten von Dede (1995), Dickey (2005) und Papert (1980) zurückzuführen ist und dabei auf Arbeiten von Piaget zurückgreift, besagt, dass Menschen mit ihren Wahrnehmungen die Welt nicht einfach „abbilden“ können, sondern individuell „konstruieren“, indem sie ihre eigene Repräsentation der Welt erschaffen. Folgt man diesem Ansatz, können technologiebasierte Erfahrungswelten durch ihre technologischen Optionen als interaktive Orte genutzt werden, an denen Lernende ihr Wissen durch die Anwendung multipler Tools entwickeln können.

Es wird außerdem angenommen, dass die den Menschen umgebende Welt keine objektiv gegebene, sondern eine sozial konstruierte Wirklichkeit ist. In der Theorie des Sozialkonstruktivismus, die sich auf die Arbeiten von Vygotsky (1978) stützt, wird davon ausgegangen, dass Lernen maßgeblich auch auf der Basis sozialer Interaktionen erfolgt. Die Lernentwicklung nimmt dabei immer auf einem interpsychologischen (sozialen) Level ihren Anfang und geht dann mit der Zeit in ein intrapsychologisches (individuelles) Level über. Höhere mentale Funktionen werden dadurch erworben, dass eine Person diese Funktionen zunächst in der Interaktion mit einer anderen Person ausführt. Eine besondere Form des Lernens in der (virtuellen) Gruppe ist das kollaborative Lernen, bei der die Gruppenmitglieder koordiniert und synchron zu-

sammenarbeiten. Dabei wird von der Gruppe versucht, eine gemeinsame Auffassung des Problems zu finden und aufrechtzuerhalten (vgl. Roschelle & Teasley 1995). Dazu werden unter den Gruppenmitgliedern Informationen ausgetauscht, unterschiedliche Meinungen diskutiert und gemeinsam Entscheidungen getroffen. Es herrscht Übereinstimmung darüber, dass die Interaktivität zwischen den Kollaborationspartnern eine große Rolle für den Erfolg der Gesamtarbeit spielt. Dabei ist nicht die Häufigkeit der Interaktionen entscheidend, sondern inwieweit sich die Interaktionen und die kognitiven Prozesse der Partner gegenseitig beeinflussen (vgl. Dillenbourg 1999). Kollaborativ orientierte Gruppen unterscheiden sich von individuell orientierten Gruppen dadurch, dass ihre Mitglieder miteinander und nicht nebeneinander arbeiten. Barron (2000) konnte zeigen, dass die Qualität der Interaktion positiv mit der Effektivität der kollaborativen Gruppenarbeit korreliert. Gängige virtuelle Umgebungen stellen vielfältige Tools zur Verfügung, um das kollaborative Lernen und Arbeiten zu fördern. Folgt man den Annahmen des Sozialkonstruktivismus und überträgt diese auf technologiebasierte Erfahrungswelten, scheint die Verwendung kollaborativer Tools sowie die Ermöglichung vielfältiger verbaler und nonverbaler Interaktionen zwischen den Nutzern, auch in Form von Avataren, zur Unterstützung von Lernprozessen beizutragen.

Gekoppelt mit der Forschung zu virtuellen Umgebungen erschienen bereits in den 1990er Jahren zahlreiche Publikationen im Journal „Presence: Teleoperators and Virtual Environments“, die ein tieferes Verständnis zur Präsenztheorie lieferten (vgl. Hendrix & Barfield 1995; Slater, Usoh and Steed 1994; Slater 1999; Wittmer & Singer 1998; Zeltzer 1992). Zwar gibt es keine einheitliche Definition von Präsenz, doch stammt eine im Kontext von virtuellen Umgebungen häufig benutzte Begriffsbestimmung von Wittmer und Singer (1998): „the subjective experience of being in one place or environment, even when one is physically situated in another“ (Wittmer & Singer 1998, S. 225). Wittmer und Singer untersuchten das Präsenzerleben im Rahmen der Militärausbildung und ermittelten positive Zusammenhänge zwischen der Arbeitsleistung und der in der virtuellen Umgebung wahrgenommenen Präsenz. Lombard und Ditton (1997) zeigen aber auch, dass es Aufgabenbereiche gibt, in denen die wahrgenommene Präsenz hinderlich sein kann. Daher wird empfohlen, den Nutzern die Möglichkeit zu geben, den Grad des Präsenzerlebens in der virtuellen Umgebung durch die Manipulation von Einflussfaktoren (u. a. Nutzung eines Avatars, Multisensorik) selbst zu steuern.

Das in virtuellen Umgebungen wahrgenommene Präsenzerleben korreliert mit dem Flow-Erleben (vgl. Weibel & Wissmath 2011; Zinn, Guo & Sari 2016). Bei der Flow-Theorie wird davon ausgegangen, dass eine Person eine Tätigkeit als beglückend erleben kann und diese als ein einheitliches „Fließen“ erlebt. Die Person nimmt dabei keine oder kaum eine Trennung zwischen sich und der Tätigkeit wahr (vgl. Csikszentmihalyi 1997). Die wichtigste Bedingung des Flow-Erlebens ist dabei, dass die Fähigkeit und Handlungsanforderung der Person subjektiv zusammenpassen. Ein Flow-Erleben

kann sich dann einstellen, wenn die handelnde Person weder unter- noch überfordert ist. In der pädagogischen Psychologie wird das Flow-Erleben als leistungsrelevante Komponente der Lernmotivation (vgl. Engeser et al. 2005), die eine motivationssteigernde Wirkung hat, beschrieben (vgl. Sherry 2004; Voiskounsky et al. 2004). Um ein Flow-Erleben generell zu begünstigen, sollte bei der Gestaltung einer (virtuellen) Lernumgebung daher ein bestmögliches Verhältnis zwischen den Fähigkeiten der Nutzer und den konkreten (virtuellen) Lernanforderungen angestrebt werden.

Die optimale kognitive Belastung spielt in Lernprozessen generell und speziell auch in virtuellen Realitäten eine entscheidende Rolle. Die Kombination von (zu) hoher extrinsischer und intrinsischer Belastung kann zu einer kognitiven Überlastung („cognitive overload“) führen und den Wissenserwerb beeinträchtigen. In seiner Cognitive Load Theory (CLT) beschreibt Sweller (1994, 2011) verschiedene Belastungsarten, welche beim Lernen auftreten können und den Wissenserwerb beeinflussen. Die Theorie lehnt sich an das Modell der Architektur des menschlichen Gedächtnisses von Baddeley (1992) an und geht davon aus, dass die Arbeitsgedächtniskapazität begrenzt ist und gleichzeitig nur eine bestimmte Menge an Informationen behalten kann. In der CLT werden drei Arten von Belastungen des Arbeitsgedächtnisses unterschieden. Die Belastung, welche durch die Art des Lernmaterials hervorgerufen wird, bezeichnet Sweller (1994) als intrinsische Belastung („intrinsic load“). Diese wächst mit der Anzahl an den gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis befindlichen Elementen, wobei das Ausmaß der intrinsischen Belastung auch vom Expertisegrad des Lernenden abhängt. Die zweite Belastung, die in der CLT spezifiziert wird, ist die extrinsische („extraneous load“). Diese ist direkt durch das instruktionale Design des Lernmaterials beeinflussbar. Durch die kognitive Anstrengung beim Automatisieren von Schemata entsteht zusätzlich die lernbezogene Belastung („germane load“). In diesem Kontext zeigen Murcia-López und Steed (2016), dass räumliche Wissensaufgaben in virtuellen Umgebungen im Vergleich zu desktopbasierten Umgebungen nur dann besser gelöst werden, wenn die virtuelle Umgebung hinreichend komplex ist. Aber was ist hinreichend komplex? Bislang liegen keine eindeutigen domänenübergreifenden Hinweise bezüglich optimaler Gestaltungsformen von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen vor (siehe Abschnitt 3). Einzelne Studien deuten zwar daraufhin, dass vielfältige Handlungsmöglichkeiten in der virtuellen Umgebung das episodische Gedächtnis allgemein unterstützen (vgl. Plancher et al. 2013). Da aber eine interaktive virtuelle Umgebung auch mit großem ökonomischem Aufwand verbunden ist, stellt sich die Frage, ob der Mehrwert komplexer interaktiver Umgebungen tatsächlich gegeben ist oder unter Umständen sogar einen „cognitive overload“ verursachen kann. Um eine lernbezogene Überlastung zu vermeiden, könnte der Expertisegrad der Nutzer abgeschätzt und in die Konzeptionierung technologiebasierter Erfahrungswelten einbezogen werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Anschließend an die bisherigen Ausführungen und in Anlehnung an die verbreiteten Erwartungen an E-Learning im Allgemeinen stellt sich die Frage, ob das Lehren und Lernen in technologiebasierten Erfahrungswelten eine bessere Anpassung an die individuellen Bedürfnisse ermöglicht und tatsächlich zu besseren Lernergebnissen in der beruflichen Aus- und Weiterbildung führt. Wie eingangs formuliert, wird erwartet, dass entsprechende Lern- und Arbeitsumgebungen mit vielfältigen Vorteilen für die Lern- und Arbeitswelt verbunden sind. Aber gehen mit der bloßen Verwendung von neuen technologiebasierten Erfahrungswelten per se Optimierungen einher? Nein, hier besteht kein Automatismus! Unseres Erachtens geht es dabei vielmehr um die Klärung der förderlichen und hinderlichen Rahmenbedingungen im Kontext der spezifischen Nutzergruppen, der fokussierten Kompetenzen, der verwendeten Technologie und der methodisch-didaktischen Umsetzung einschließlich der gewählten lerntheoretischen Bezüge. Ausgehend von den oben skizzierten Anknüpfungspunkten sowie dem Forschungsstand zu den wahrnehmungsbezogenen Aspekten des Lehrens und Lernens in technologiebasierten Erfahrungswelten, befinden sich die im Sammelband fokussierten Technologien vielerorts noch in Entwicklungs- und Erprobungsphasen. Zielgebend scheint es daher zu sein, entsprechende Umgebungen so weiterzuentwickeln, dass sie individuelle fachliche und überfachliche Anforderungen der Nutzer erfüllen können und gleichzeitig ohne größeres spezielles technologiebasiertes Vorwissen intuitiv bedienbar sind, was letztlich auch die technologiebezogene Akzeptanz steigern könnte (vgl. Zinn & Pletz 2019). In dieser Hinsicht wäre es denkbar, den Nutzern selbst auch die Möglichkeit zu geben, die Umgebungsvariablen an die eigenen Vorkenntnisse anzupassen. Dies kann einerseits zur motivationalen Förderung beitragen und andererseits die Lernenden dabei unterstützen, ihre kognitiven Kapazitäten adaptiv zu nutzen.

Im Zusammenhang mit KI-Systemen wird davon ausgegangen, dass zukünftig die Option bestehen wird, anhand der kognitiven Belastung der Nutzer das Interface und die Informationsgehalte der Anwendung automatisiert anzupassen. Die Weiterentwicklung der technologiebasierten Erfahrungswelten zielt daher vor allem auf die Erweiterung natürlicher Benutzerschnittstellen und auf neue Interaktionsmöglichkeiten ab. Obwohl diverse Studien zur Wahrnehmung von technologiebasierten Erfahrungswelten existieren (s. o.), sind die Forschungsdesiderate bezüglich der Gestaltung längst nicht ausgeschöpft. Zwei Aspekte sind hier interessant: (1.) die Analyse der Wahrnehmungsmodalitäten und (2.) deren Kombinationsmöglichkeiten. Dazu gehören u. a. visuelle Elemente, Darstellungsform (schematisch vs. realistisch), Gestaltung des Selbst- oder Fremd-Avatars sowie die Einbindung von adaptiven Informationen. Ausgehend von der Cognitive Load Theory kann eine informationsreiche Umgebung durch kognitive Überforderung sogar zu einer ineffizienten Arbeitsweise führen. Je mehr Vorwissen eine Person besitzt, desto weniger kann ein möglicher „intrinsic cognitive load“ erfolgen und desto mehr kognitive Kapazitäten stehen für die

Informationsaufnahme zur Verfügung. Ausgehend von dieser Erkenntnis sollte bei der Gestaltung entsprechender Umgebungen nicht nur der Komplexitätsgrad der Inhalte, sondern auch der Grad der Expertise der Nutzer berücksichtigt werden. Die angerissenen Forschungsdesiderate der Mikroebene sollten immer wieder überdacht werden, weil eine dynamische Entwicklung der einzelnen Technologien erfolgt. Darüber hinaus scheint es prüfenswert zu sein, inwiefern die auf der Mikroebene gewonnenen Erkenntnisse einen Einfluss auf die Meso- und Makroebene der technologiebasierten Erfahrungswelten nehmen. Die effektive Nutzung von technologiebasierten Erfahrungswelten setzt nicht nur optimale technische und umgebungsbezogene Gegebenheiten voraus, sondern adressiert auch gesellschaftliche und soziale Aspekte.

Mit den technologiebasierten Erfahrungswelten und einer anzunehmenden weiteren Verschmelzung von virtuellen und realen Lehr- und Lernwelten sind auch grundlegende erkenntnistheoretische Fragestellungen verbunden. Während (wirkliche) Realitäten einer Erkenntnislogik von Abduktion, Deduktion und Induktion zugeführt werden können und im Hinblick auf ihren Aufbau, ihre Verlässlichkeit und ihre Kohärenz anhand vorliegender wissenschaftlicher Aussagesysteme überprüft werden können, stellen sich entsprechende Analysen zu virtuellen Realitäten „eingeschränkt“ dar. Virtuelle Umgebungen können von der Wirklichkeit unabhängige Konstrukte sein, sie müssen nicht den Naturgesetzen entsprechen und die „wirkliche“ Realität darstellen. Manchmal ist es sogar vorteilhaft, dass virtuelle Realitäten die Wirklichkeit in modifizierter Form darstellen, vielmehr sollen sie diese nur anschaulich erklärbar machen. Damit ergibt sich im Bezugsfeld eine elementare Dilemmata-Situation. Auf der einen Seite ermöglichen virtuelle Lernwelten neue Lern- und Arbeitsmöglichkeiten und können zu Effizienzeinsparungen führen; andererseits besteht die Gefahr, dass sie die Nutzer über die Wirklichkeit (bewusst oder unbewusst) täuschen und die sinnliche „echte“ Erfahrungswelt eingeschränkt wiedergeben. Um dies zu vermeiden und stattdessen zu gewährleisten, dass das virtuell Geübte möglichst effizient auf reale Situationen übertragen wird, benötigen Lehrende und Lernende im Bezugsfeld der fokussierten Technologien und von deren Verwendung sophistische epistemologische Überzeugungen, um sich reflexiv und kritisch denkend mit den (zunehmenden) technologiebasierten Erfahrungswelten in Lehr- und Lern-Arrangements auseinanderzusetzen.

Literatur

- Alshaer, A., Regenbrecht, H., & O'Hare, D. (2017). Immersion factors affecting perception and behaviour in a virtual reality power wheelchair simulator. *Applied Ergonomics*, 58(1), 1–12.
- Ariali, S. & Zinn, B. (2018). Virtuelle Umgebungen zur Analyse der mentalen Rotationsfähigkeit. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), 7–29.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.

- Barron, B. (2000). Achieving Coordination in Collaborative Problem-Solving Groups. *Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 403–436.
- Bauer, W., Dworschak, B., & Zaiser, H. (2017). Weiterbildung und Kompetenzentwicklung für die Industrie 4.0. In *Handbuch Industrie 4.0 Bd.1* (S. 125–138). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bauernhansl, T. (2017). Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, & M. ten Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0 Bd.4* (1–31). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bente, G., Krämer, N. C., & Petersen, A. (2002). *Virtuelle Realitäten*. Göttingen: Hogrefe.
- Boletsis, C. (2017). The New Era of Virtual Reality Locomotion: A Systematic Literature Review of Techniques and a Proposed Typology. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(4), 24.
- Coleman, B. (2009). Using sensor inputs to affect virtual and real environments. *IEEE Pervasive Computing*, 8(3), 16–23.
- Csikszentmihalyi, M. (1997). *Finding flow: The psychology of engagement with everyday life*. New York: Basic Books.
- Dede, C. (1995). The evolution of constructivist learning environments. *Educational Technology*, 35(5), 46–52.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York: Collier Books.
- Dickey, M. D. (2005). Three-dimensional virtual worlds and distance learning. *British Journal of Educational Technology*, 36(3), 439–451.
- Dillenbourg, P. (1999). *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*. Advances in Learning and Instruction Series. Oxford: Elsevier.
- Dinh, H. Q., Walker, N., Hodges, L. F., Song, C., & Kobayashi, A. (1999). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. In *Proceedings IEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316)*, 222–228.
- Dörner, R., & Steinicke, F. (2013). Wahrnehmungsaspekte von VR. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm, & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (33–63). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (2014). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., & Glück, J. (2006). Virtual and augmented reality as spatial ability training tools. CHINZ '06 Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction: design centered HCI (125–132).
- Engeser, S., Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Bischoff, J. (2005). Motivation, Flow-Erleben und Lernleistung in universitären Lernsettings 1 Dieser Beitrag wurde unter der geschäftsführenden Herausgeberschaft von Joachim C. Brunstein akzeptiert. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 19(3), 159–172.
- Haase, T., Termath, W., & Schumann, M. (2015.). Integrierte Lern- und Assistenzsysteme für die Produktion von morgen. In: Horst Meier (Hrsg.): *Hochschulgruppe Arbeits- und Betriebsorganisation e.V. -HAB-*, München: Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt (183–208). Berlin: GITO Verlag.
- Hale, K. S., & Stanney, K. M. (2014). *Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications*, Second Edition. Boca Raton: CRC Press.
- Hendrix, C., & Barfield, W. (1995). Presence in virtual environments as a function of visual and auditory cues. In *Virtual Reality Annual International Symposium, 1995. Proceedings*. (74–82).

- Hinkofer, L. & H. Mandl (2003). *Implementation von E-Learning in einem Pharmaunternehmen*. München: Ludwig-Maximilians- Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Jahnke, I. (2016). *Digital Didactical Designs – Teaching and Learning in CrossActionSpaces*. New York/London: Routledge, Taylor & Francis.
- Kaltner, S. (2015). *Verkörperte mentale Rotation: objektbasierte und egozentrische Transformationen vor dem Embodiment-Ansatz*, unv. Diss., Universität Regensburg.
- Katzky, U., Höntzsch, S., Bredl, K., Kappe, F. & Krause, D. (2013). Simulationen und simulierte Welten Lernen in immersiven Lernumgebungen. In: Ebner, M., Schön, S. & Frey, C. (Hrsg.): *L3T Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien*. Online: <http://l3t.eu/homepage/das-buch/ebook-2013/kapitel/o/id/102/name/simulationen-und-simulierte-welten> (31.05.2019)
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Korgel, D. (2017). *Virtual Reality-Spiele entwickeln mit Unity®: Grundlagen, Beispielprojekte, Tipps & Tricks*. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Loke, S. K. (2015). How do virtual world experiences bring about learning? A critical review of theories. *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(1), 112–122.
- Loke, S. K., Blyth, P. & Swan, J. (2012). Student views on how role-playing in a virtual hospital is distinctively relevant to medical education. In M. Brown, M. Hartnett, & T. Stewart (Eds.), *Future Challenges, Sustainable Futures*. Presented at the ascilite Conference 2012, Wellington (565–574).
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2), 0–0.
- Mann, S., Furness, T., Yuan, Y., Iorio, J., & Wang, Z. (2018). All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X,Y), and Multimeditated Reality. *arXiv:1804.08386*.
- Meyer, L., & Pfeiffer, T. (2017). Vergleich von Leap Motion Hand-Interaktion mit den HTC-Vive MotionControllern in einer VR-Trainingssimulation für manuelle Arbeiten. In *Virtuelle und Erweiterte Realität – 14. Workshop der GI-Fachgruppe VR/AR* (91–102).
- Milgram, P. & Kishino, F. A. (1994). „Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays.“ *IECE Trans. on Information and Systems (Special Issue on Networked Reality)*, E77-D(12), 1321–1329.
- Murcia-López, M., & Steed, A. (2016). The Effect of Environmental Features, Self-Avatar, and Immersion on Object Location Memory in Virtual Environments. *Frontiers in ICT*, 3, 1–10.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms*. Brighton: Harvester Press.
- Paradisio, J. A. & Landay, J. A. (2009). Guest editors' introduction: Cross-reality environments. *IEEE Pervasive Computing*, 8(3), 14–15.
- Plancher, G., Barra, J., Orriols, E., & Piolino, P. (2013). The influence of action on episodic memory: A virtual reality study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(5), 895–909.
- Preim, B., & Dachselt, R. (2015). *Interaktive Systeme*. Bd. 2: *User Interface Engineering, 3D-Interaktion, Natural User Interfaces* (2. Aufl.). Berlin: Springer.
- Ragan, E. D., Bowman, D. A., Kopper, R., Stinson, C., Scerbo, S., & McMahan, R. P. (2015). Effects of Field of View and Visual Complexity on Virtual Reality Training Effectiveness for a Visual Scanning Task. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 21(7), 794–807.
- Reinmann, G., Ebner, M., & Schön, S. (2013). *Hochschuldidaktik im Zeichen von Heterogenität und Vielfalt: Doppelfestschrift für Peter Baumgartner und Rolf Schulmeister*. BoD – Books on Demand. Online: <https://www.bimsev.de/n/userfiles/downloads/festschrift.pdf> (01.07.2019).