

LERNEN MIT VIRTUAL UND AUGMENTED REALITY

Arbeitspapier im Rahmen des Projekts TransWork

Karin Hamann, Aljosha Kannewurf, Maïke Link, Annabell Münzinger, Kathrin Schnalzer

September 2020

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „TransWork“, das mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung in der Fördermaßnahme „Arbeit in der digitalisierten Welt“ (Förderkennzeichen 02L15A160) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe betreut wird. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und dem Autor.



Inhalt

1 . Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	3
2 . Hintergrund – Das Projekt „TransWork“	4
3 . Entwicklung und aktueller Einsatz von AR/VR	5
4 . Definitionen verwendeter Begrifflichkeiten	6
5 . Medien- und Lerntheorien als Basis für den Einsatz von AR/VR	8
5.1. Media Richness Theory (MRT).....	8
5.1.1. Grundaussagen	8
5.1.2. Media Richness Theory in Bezug auf AR/VR	9
5.2. Cognitive Load Theory (CLT)	9
5.2.1. Grundaussagen	9
5.2.2. Cognitive Load Theory in Bezug auf AR/VR.....	10
5.3. Situiertes Lernen	11
5.3.1. Grundaussagen	11
5.3.2. Situiertes Lernen in Bezug auf AR/VR.....	11
6 . Chancen und Herausforderungen von AR/VR in der Aus- und Weiterbildung ...	12
6.1. Chancen von AR/VR.....	12
6.2. Herausforderungen von AR/VR.....	13
6.3. Fazit	15
7 . Aktuelle Forschungs- und Pilotprojekte.....	16
8 . Kurzvideos – weiterführende Informationen und Anwendungsbeispiele	17
9 . Literatur	18

1 . **Abbildungs- und Tabellenverzeichnis**

Abbildung 1: Reality-Virtuality Continuum.....	6
Abbildung 2: Media Richness Theorie	8
Abbildung 3: Cognitive Load & Resources Allocation in the Human Cognitive Architecture (HCA)	10
Tabelle 1: Zehn Herausforderungen für die VR-Technologie.....	14
Tabelle 2: Kurzvideos zum Thema. Weiterführende Informationen und Anwendungsbeispiele	17

2 . Hintergrund – Das Projekt „TransWork“

Das Projekt TransWork – Transformation der Arbeit durch Digitalisierung wird im Rahmen des BMBF-Förderschwerpunkts „Arbeit in der digitalisierten Welt“ durchgeführt. Im Mittelpunkt des Projekts steht die Analyse und Gestaltung von Arbeit im Kontext der Digitalisierung. Mit der Zielsetzung, die Möglichkeiten digitaler Technologien auszuloten und Lösungsansätze für das Arbeiten in der digitalen Welt zu entwickeln und zu verbreiten, werden im Förderschwerpunkt 29 Verbundprojekte aus unterschiedlichsten Branchen, wie beispielsweise dem Maschinenbau, dem Dienstleistungsbereich und der Pflege, umgesetzt. Gefördert werden die Erforschung innovativer Formen der Arbeitsgestaltung, die Entwicklung der Kompetenzen der Beschäftigten, die Erprobung sozialer, gesundheitsförderlicher Beschäftigungsmodelle und vieles mehr. Das Verbundprojekt TransWork begleitet und vernetzt neben der inhaltlichen Bearbeitung eigener Forschungsfelder den Förderschwerpunkt und unterstützt den Ergebnistransfer in Wirtschaft und Wissenschaft.

Als Projektkoordinator mit eigenen Forschungsfragen hat sich das Fraunhofer IAO im Rahmen von TransWork das Ziel gesetzt, auch Entwicklungen und Innovationen projektexterner Akteure zu berücksichtigen. Nach einer Sichtung aktueller Forschungsergebnisse wurde das Thema „Lernen mit Virtual Reality and Augmented Reality“ als hoch relevant bewertet.

Auf Grund zunehmender Marktreife und Erfahrungswerte durchdringen immersive Technologien auch die Gestaltung von Aus- und Weiterbildung über alle Branchen hinweg. Die Beforschung von Potenzialen und Risiken beim Einsatz dieser neuen digitalen Möglichkeiten im Bereich ‚Lehr- und Lernszenarien‘ bezüglich Interaktion, Lernmotivation und Lerneffizienz etc. steht derzeit noch am Anfang. Sie bilden jedoch eine zunehmend tragende Säule in Bezug auf den digital unterstützten Aufbau von Know-how in Unternehmen, insbesondere in Zeiten des Fachkräftemangels und der Erosion traditioneller Geschäftsmodelle - auch in der Weiterbildung.

Der vorliegende Text gibt einen Überblick zu grundlegenden Begrifflichkeiten und aktuellen Diskussionen zum Thema „Lernen mit VR und AR“, ausgewählte Medien- und Lerntheorien für Fragestellungen in diesem Kontext und zu aktuellen Anwendungsbeispielen. Ergänzend werden weiterführende Links zu kurzen Erklärvideos gelistet, die im Rahmen einer beauftragten Expertise erstellt wurden¹.

¹ Thorsten Fell, Institute for Immersive Learning

3 . Entwicklung und aktueller Einsatz von AR/VR

Die Faszination, die Realität mit virtuellen Elementen zu vermischen oder gänzlich in eine virtuelle Realität einzutauchen, zeigte sich bereits Ende der 1960er Jahre. Dabei entwickelte Ivan Sutherland einen Aufbau, mit Hilfe dessen geometrische Umrisse auf eine Bille projiziert wurden. Mit Hilfe eines Head-Tracking Systems, das unter Einsatz eines mechanischen Arms an der Decke befestigt war, konnte dabei die Kopfbewegung des Nutzens verfolgt und erfasst werden. Dadurch war es möglich die Perspektive je nach Blickrichtung des Nutzens entsprechend anzupassen und so in einen computergesteuerten virtuellen Raum einzutauchen (Sutherland, 1968). Heute gilt dies als das erste Head Mounted Display (HMD).

Bis heute nimmt die Faszination um VR und AR nicht ab und erhält durch neue technologische Möglichkeiten mit vielseitigen Anwendungsszenarios im Alltag weiteren Aufschwung. Wer Augmented Reality-Anwendungen nutzen will benötigt inzwischen kein HMD mehr. Ein Smartphone oder Tablet reicht aus. Auch im Bereich der Virtual Reality hat sich viel getan. Wer nun in eine aufwendig generierte virtuelle Welt eintauchen will, ist nicht mehr auf ein stationär montiertes Display angewiesen. Sogenannte Standalone-VR-Brillen ermöglichen größtmögliche Bewegungsfreiheit, da sie unabhängig von stationären Rechensystemen funktionieren. Dies ermöglicht den Nutzenden sich gleichzeitig im physischen und virtuellen Raum zu bewegen. Die zahlreichen neuen VR-Brillen (Head Mounted Display) zeichnen sich durch höhere Auflösung, ein größeres Sichtfeld und Sensoren, die die Augenbewegung erfassen, sowie höheren Tragekomfort aus.

Trotz der steigenden benutzerfreundlichen Möglichkeiten VR und AR zu nutzen, zeigt eine repräsentative Studie der Bitkom Research GmbH (Klöß, Sebastian, 2020) mit einer Befragung von 1195 Privathaushalten, dass lediglich 14 Prozent der Bevölkerung ab 16 Jahren privat eine VR-Brille und 13 Prozent eine AR-Anwendung nutzt/genutzt hat. Die Nutzungstendenz ist allerdings steigend (Vergleich AR-Nutzung 2019: Sieben Prozent). Die vorrangige Nutzung bezieht sich sowohl bei VR als auch AR auf Computer- und Videospiele. 18 Prozent der AR-Nutzenden (15 Prozent bei VR) bilden sich mit einer entsprechenden Anwendung weiter oder beteiligen sich an Lernprojekten. Weiter wird für AR-Anwendungen im beruflichen Kontext 13 Prozent angegeben, hier waren es 2019 nur vier Prozent (Klöß, Böhm und Esser, 2019, Klöß, Sebastian, 2020)

Das US-Marktforschungsinstitut Gartner bewertet jährlich die Technologiereife verschiedener Technologietrends. 2017 wurde für Virtual Reality eine Marktreife in 2 bis 5 Jahren, für Augmented Reality sogar in 5-10 Jahren prognostiziert. 2018 wird VR aufgrund erreichter und vollkommener Marktreife bereits aus dem Hype Cycle entfernt. AR wird mit „Trough of Disillusionment“ (Tal der Enttäuschung) weiter auf dem Weg zur Produktivität gesehen. Im Hype Cycle 2019 ist auch AR auf Grund der Marktreife nicht mehr aufgeführt. Expertinnen und Experten sehen dies einerseits als Zeichen, dass die Zeit reif für eine flächendeckende Einführung ist und zukünftig umfangreiche Use Cases entstehen werden. Andererseits werden die Einschätzungen von Gartner stark kritisiert: Es wird vielfach angemerkt, dass sowohl der Grad der Implementierung in Unternehmen noch deutlich zu gering als auch die Technologie an sich noch nicht entsprechend ausgereift ist. Die Gartner-Ergebnisse sollten also mit Vorsicht bewertet werden, Beispielsweise sind einfachere Smartphone-AR-Anwendungen (u. a. Gesichtsfiler) durchaus technisch ausgereift, während komplexere AR/VR (z. B. Einblendung und vor allem Interaktion mit virtuellen Gegenständen und Personen) im Endverbrauchermarkt bisher nicht umfänglich angenommen wird (Iceventure, 2019, Bastian, 5. September 2019).

4 . Definitionen verwendeter Begrifflichkeiten

Für ein gemeinsames Verständnis der verwendeten Begrifflichkeiten, werden im Folgenden Definitionen zu den relevanten Grundbegriffen aufgeführt.

Virtuelle Realitäten (VR) sind Modelle realer oder fiktionaler Wirklichkeiten, die mit Computertechnologie simuliert werden. Anders als bei traditionellen künstlichen Wirklichkeiten, wie etwa im Film, zeichnet sich VR durch die Möglichkeit der Echtzeit-Interaktion des Nutzenden aus, der in die Simulation eingreifen und diese verändern kann (Milgram et al., 1994, Schwan und Buder, 2006).

Im Gegensatz zu VR zielt **Augmented Reality (AR)** auf eine Erweiterung der bestehenden Realität durch computergenerierte Objekte. Dabei wird keine gänzlich neue Realität konstruiert, sondern die bereits vorhandene mit virtuellen Objekten ergänzt. Wie auch bei VR findet die Manipulation und Interaktion mit den Informationselementen in Echtzeit statt.

In der Fachliteratur gibt es keine einheitliche Definition von AR. Meist wird auf die Definition von Azuma zurückgegriffen, die sich durch folgende Charakteristika auszeichnet (Azuma, 1997):

- Kombination von virtueller und realer Umwelt mit teilweiser Überlagerung
- Interaktion in Echtzeit
- Dreidimensionaler Bezug virtueller und realer Objekte

Mixed Reality (MR) wird als eine Umgebung definiert, in der Objekte der realen und virtuellen Welt zusammen in einem Display (z. B. Smartphone, AR-Brille) kombiniert werden, um eine neue Art von Umwelten und Visualisierungen zu schaffen, in denen physische und digitale Objekte abgebildet und in Echtzeit manipuliert werden können.

Real Environment (Milgram et al., 1994) definiert jede Umgebung, die ausschließlich aus realen Objekten besteht und beobachtbar ist (Realität). **Virtual Environment** hingegen definiert jede Umgebung, die ausschließlich aus virtuellen Objekten besteht (auch VR). In diesem Zusammenhang versteht Milgram die **Mixed Reality (MR)** als eine Umgebung, in der Objekte der Realität und der virtuellen Realität zusammengeführt werden (Milgram et al., 1994, S. 283). „Tatsächlich wurde aufgrund der Entwicklung von Wissenschaft und Technologie für die Erkenntnistheorie über die Welt eher ein Kontinuum von realer zu virtueller Umgebung als eine Dichotomie von realer Welt oder virtueller Umgebung in Betracht gezogen [...] die **Augmented Reality** kann bis zu einem gewissen Grad als eine Unterart der virtuellen Realität betrachtet werden.“¹ (Liu et al., 2017, S. 106).

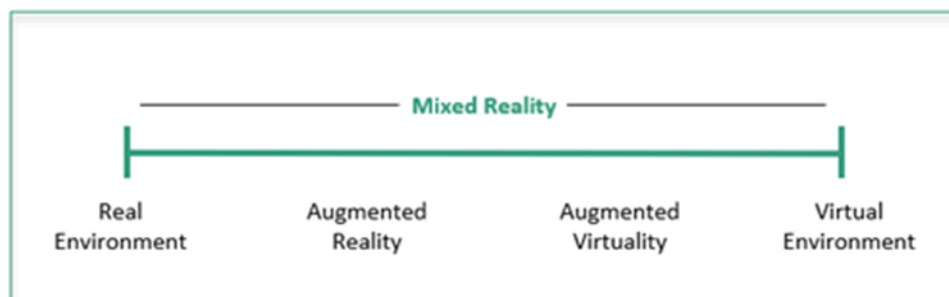


Abbildung 1: Reality-Virtuality Continuum.

Quelle: Eigene Darstellung nach (Milgram et al., 1994)

¹ Übersetzung von den Autoren

Gelegentlich findet sich in Blogs oder auf Unternehmensseiten auch die Bezeichnung **Extended Reality (XR)**, um alle möglichen Realitätsformen abzudecken. In wissenschaftlichen Artikeln wird dieser Begriff jedoch kaum erwähnt.

Im Kontext digitaler Technologien wird **Immersion** als „Eintauchen“ in eine Virtuelle Realität beschrieben, die eine Wahrnehmung der realen Umgebung soweit in den Hintergrund treten lässt, dass die virtuelle Umgebung als real empfunden wird. Die Intensität der Immersion wird vor allem durch die Möglichkeit der Interaktion mit Elementen der virtuellen Realität und der Qualität der Darstellung beeinflusst (Eckardt et al., 2017, H. Murray, 2017, Oppermann, 2016).

5 . Medien- und Lerntheorien als Basis für den Einsatz von AR/VR

Im Folgenden werden zwei klassische Theorien aus dem Bereich der Medienpsychologie und eine konstruktivistische Lerntheorie beispielhaft dargestellt und deren Ansatzpunkte für einen Transfer auf das Lernen in und mit AR/VR andiskutiert.

- Media Richness Theory (MRT)
- Cognitive Load Theory (CLT)
- Situiertes Lernen

5.1. Media Richness Theory (MRT)

5.1.1. Grundaussagen

Die Media Richness Theory (MRT) bzw. „Theorie der Reichhaltigkeit von Medien“, wurde von Daft und Lengel in den 1980er-Jahren entwickelt. Sie trifft Annahmen zur Beziehung zwischen zu kommunizierenden Inhalten und der Art des Mediums, das für eine Kommunikation gewählt wird. Je komplexer ein zu vermittelnder Sachverhalt ist, desto reichhaltiger sollte laut Theorie das gewählte Medium (bzw. Kommunikationstechnologie) sein. Dabei hängt die Reichhaltigkeit eines Mediums von der Anzahl der zur Verfügung stehenden Kanäle, der Feedbackgeschwindigkeit, der Vielfalt vermittelter Sprache und der Möglichkeit sozialer Präsenz ab (Kimmerle, 2016).

Ein wichtiges Ziel der Media Richness Theory ist zu bestimmen, welche Technologien am besten die Unsicherheit und Mehrdeutigkeit in verschiedenen Kommunikationssituationen reduzieren. Schlanke Medien (bspw. E-Mail) machen demnach die Kommunikation in analysierbaren, bestimmten Umgebungen effektiver, während reichere Medien (bspw. Face-to-Face) die Kommunikation in zweideutigen, unsicheren Umgebungen erleichtern (Daft & Lengel, 1986; zit. nach Liu, Liao und Pratt, 2009).

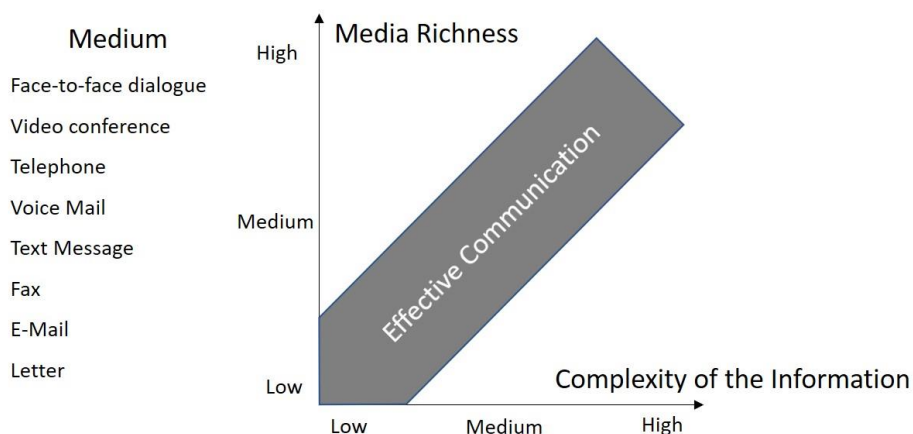


Abbildung 2: Media Richness Theorie

Quelle: Eigene Darstellung nach (Reichwald und Bonnemeier, 2014)

Die Media Richness Theorie wurde unter anderem für das Versäumnis kritisiert, situative Elemente (z. B. Zeit und Ort, die das Verhalten beeinflussen könnten) und soziale Faktoren (z. B. soziale Norm und Einstellung, die die Wahrnehmung der Medien beeinflussen könnten) zu berücksichtigen (Suh, 1999).

5.1.2. Media Richness Theory in Bezug auf AR/VR

Grundlegende Befunde zur Media Richness Theory lassen sich gut auf aktuelle technologische Entwicklungen wie AR/VR übertragen. Da AR/VR, anders als die klassischen Kommunikationsmedien, als Anwendung portable und nicht statische Lösungen erlauben, bieten sie das Potenzial einer sehr reichhaltigen Kommunikation. Verstärkt wird dies durch die technische Möglichkeit nicht nur Audiosignale, sondern auch visuelle Signale, Gestik, Mimik sowie Bewegungen zu übertragen (Ahir, 2019).

Gerade bei Lerninhalten, die nach der Media Richness Theorie eine hohe Unsicherheit und eine inhaltliche Mehrdeutigkeit aufweisen, führt eine medial „reiche“ Darstellung zu objektiven (Lernpunktzahl) und subjektiven (Lernzufriedenheit) Vorteilen. Bei geringer Mehrdeutigkeit und Unsicherheit scheint dagegen eine einfache Darstellung in Textform am effektivsten. Eine reichhaltige Medienunterstützung hat hier keinen positiven Effekt (Sun und Cheng, 2007).

Verschiedene Studien haben sich bereits mit der Anwendung der Media Richness Theory auf die Gestaltung von Lernumgebungen, besonders unter Einsatz neuer Technologien, befasst. Unter anderem haben Liu, Liao und Pratt (2009) unterschiedliche Kombinationen des Medieneinsatzes (Text, Video und Audio) in E-Learning Material untersucht. So könnte eine effektive Präsentation von Multimedia-Informationen zu besseren Lernerfolgen und höherer Zufriedenheit bei der Nutzung von E-Learning-Material führen. Medienreichtum fördert demnach nicht nur die Absicht der Lernenden E-Learning zu nutzen, sondern steigert auch die Flow-Erfahrungen der Lernenden. Flow-Erfahrungen können hierbei als Zustand definiert werden, in dem sich die Aufmerksamkeit der Lernenden auf ein bestimmtes Reizobjekt, also in diesem Fall das Lernmaterial, richtet und volle Konzentration herrscht (Csikszentmihalyi, 16. Juni 2007).

Grundsätzlich erfordert die Gestaltung von AR/VR Lernumgebungen eine sorgfältige Abstimmung zwischen den Charakteristika und Potenzialen eingesetzter Technologien, der medialen Aufbereitung von Lerninhalten und den Zielen eines Lernsettings (vgl. Kapitel 6).

5.2. Cognitive Load Theory (CLT)

5.2.1. Grundaussagen

Die Cognitive Load Theory (CLT) ist eine Lern- und Instruktionstheorie, die sich auf Annahmen der Gedächtnispsychologie stützt. Dabei wird folgenden Fragen nachgegangen: Wie gehen wir mit unseren begrenzten Speicherkapazitäten unseres Gehirns am effektivsten um? Wie unterscheiden wir nötige und unnötige Belastungen beim Lernen, und wie vermeiden wir die unnötigen? Die CLT ist eine der wenigen pädagogisch orientierten Versuche, die psychischen Prozesse beim Lernen empirisch in ihrer Gesamtheit zu erfassen und praktisch für die Entwicklung von Lernprogrammen zu nutzen. Die Cognitive Load Theory beschreibt schließlich, wodurch Lernen erleichtert bzw. erschwert werden kann, und nimmt als Prämissen an, dass jedes Lernen mit kognitiver Belastung verbunden ist und dass Lernen umso besser funktioniert, je niedriger diese kognitive Belastung ist. Damit ist die Cognitive Load Theory also eine Theorie der kognitiven Belastung beim Lernen und der Verarbeitung von Gelernten (Stangl, 2019).

Die Cognitive Load Theory unterscheidet zwischen drei Arten von kognitiver Belastung, die in Lernthemen-Lernumgebungs- und Lernprozessaspekte gegliedert werden. Die verschiedenen Arten der kognitiven Belastung, die durch CLT unterschieden werden, sind mit unterschiedlichen Instruktionsdesigns und kognitiven Belastungseffekten verbunden. Gerade beim Design von Lernumgebungen können kognitive Belastungen durch eine nicht optimierte Gestaltung des Lernmaterials zustande kommen, wie beispielsweise Redundanzen, zu viele Verweise, Unübersichtlichkeit oder ungeeignete Navigationshilfen (Maresch, 2006). Wenn die Höhe der mentalen Belastung die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses übersteigt, kommt es zu einer Überlastung und zu einer Unterbrechung der mentalen Verarbeitungsaktivitäten. Der Schwerpunkt der Theorie liegt daher darauf, die Rolle des Arbeitsgedächtnisses im kognitiven Prozess zu erkennen und sicherzustellen, dass die kognitive Belastung gering gehalten wird u. a. durch Vermeidung zu vieler neuer Informationen auf einmal oder durch die Reduktion inhaltlicher oder optischer Reize.

Nachfolgende Abbildung erläutert das Zusammenwirken zwischen sensorischem, Arbeits- und Langzeitgedächtnis und die daraus folgende Notwendigkeit, unnötige Stimulationen in Lernumgebungen zu reduzieren.

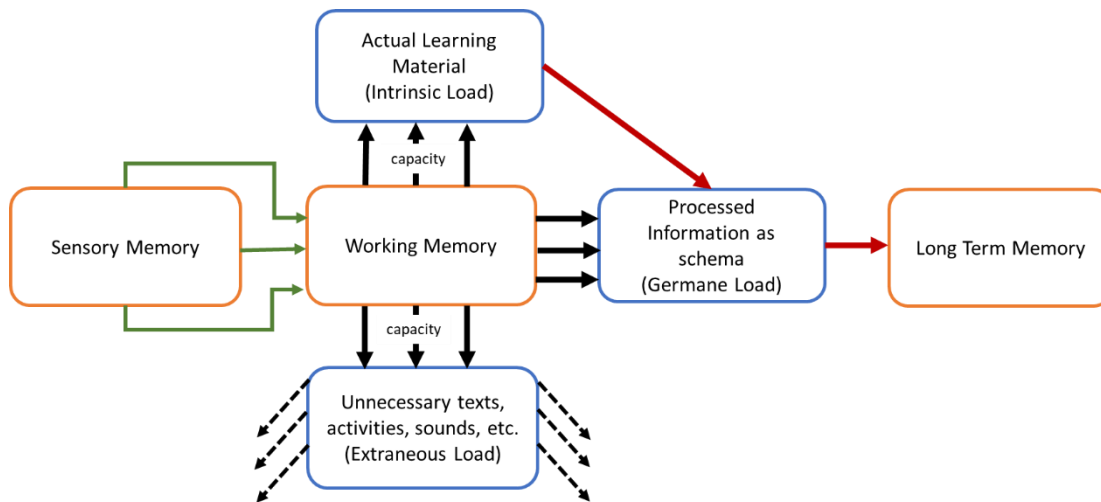


Abbildung 3: Cognitive Load & Resources Allocation in the Human Cognitive Architecture (HCA)

Quelle: Eigene Darstellung nach (Edwards, Aris und Shukor, 2015)

5.2.2. Cognitive Load Theory in Bezug auf AR/VR

Über AR/VR-Technologie werden Lernumgebungen mit multiplen Informationen, wie z. B. Ton, Bildern, Texten oder taktilen Hinweisen ausgestattet, die über die unterschiedlichen Sinne wahrgenommen werden.

Mechanismen der Verarbeitung von unterschiedlichen Reizen erfordern eine adäquate Gestaltung von Lernanwendungen, die zum einen anregend wirkt, gleichzeitig jedoch die Aufnahmekapazität insbesondere des Arbeitsgedächtnisses nicht überfordert. Durch die medialen Möglichkeiten können zum einen viele Informationen simultan kombiniert werden. Eine AR/VR-Anwendung bietet dem Lernenden eine sehr realitätsnahe Welt, die ihm zu einer immersiven Lernerfahrung verhilft. Jedoch können multiple Informationsmodalitäten und reichhaltige Stimulation auch zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses führen und somit die Lernergebnisse negativ beeinflussen. Darüber hinaus können nicht genau abgestimmte Umgebungsbedingungen und Lernskripte die Lernenden daran hindern, ihre begrenzten kognitiven Ressourcen den Aktivitäten zu widmen, die mit echten Lernzielen verbunden sind.

Beispielsweise kann eine multisensorische Stimulation in AR/VR-Umgebungen einen Split-Attentionseffekt bewirken, bei dem sich die Lernenden nur auf einen bestimmten Ausschnitt eines Demonstrators bzw. eines Lerngegenstandes konzentrieren und somit das eigentliche Lernziel aus den Augen verlieren. Ein weiteres Beispiel im Zusammenhang mit kognitiver Überlastung in VR-Umgebungen ist der Redundanzeffekt. Dieser kann auftreten, wenn mehrere Informationsmodalitäten mit dem gleichen Objekt verbunden werden, um die Präsenz und das immersive Erleben zu intensivieren (z. B. wenn ein Bild und Worte mit den gleichen Bedeutungen zur gleichen Zeit erscheinen). Anstatt der Intensivierung wird eine kognitive Überlastung bewirkt. Daher sollten bei der inhaltlichen Konkretisierung und Materialpräsentation von VR-Lernumgebungen kognitive Theorien berücksichtigt werden, um dem Verarbeitungs- und Lernprozess von Lernenden gerecht zu werden (Liu et al., 2017, S. 111).

Aus den oben ausgeführten lernhinderlichen Effekten lassen sich weitere Gestaltungskriterien ableiten, wie z. B. die Verwendung unterschiedlicher Sinneskanäle (z. B. Verwendung eines Lernfilms statt reinem Text), die bei Übereinstimmung der vermittelten Information, die kognitive Belastung verringern können. Zudem fördert eine Personalisierung des Materials oder ein persönlicher Lernassistent und somit eine interaktive Lernumgebung

den Lernprozess. Außerdem sollte auf eindeutige Inhalte und eher kurze, einfach zu verarbeitende Einheiten geachtet werden (Maresch, 2006).

Neben kognitiven Kriterien für einen optimalen Lernprozess spielen aber auch umgebungs- und kontextbezogene Kriterien eine wichtige Rolle in der Gestaltung eines Lernprozesses, die vor allem im situierten Lernen berücksichtigt werden.

5.3. Situiertes Lernen

5.3.1. Grundaussagen

Die Theorie des Situierten Lernens, die sich mit der Gestaltung von Lernumgebung und kontextgebundenem Wissenserwerb befasst, beruht vor allem auf zwei Grundannahmen. Zum einen hat Lernen einen situierten Charakter, d. h. es ist sowohl in einen situativen Lernkontext als auch durch den Lernenden bereits erlebte, sozial geprägte Situationen eingebettet. Zum anderen wird Lernen zum Teil von sozialer Kognition beeinflusst. Das bedeutet, dass situatives Handeln und kognitive Prozesse nicht dem Individuum vorbehalten sind, sondern vor allem im Austausch mit anderen Menschen stattfinden. Diese Theorie wird seit den 1990er Jahren diskutiert und lässt sich auf Lave und Wenger zurückführen. Ziel ist es, eine Lernsituation so zu gestalten, dass sich Lern- und Anwendungsszenario möglichst ähneln, um einen erfolgreichen Transfer des Gelernten zu gewährleisten. Situierte Lernumgebungen sollen also möglichst nahe an die Arbeitsstation, in der das erworbene Wissen schlussendlich angewandt werden soll, angepasst werden (Rensing und Tittel, 2013).

5.3.2. Situiertes Lernen in Bezug auf AR/VR

Situiertes Lernen scheint für die Gestaltung und Beurteilung von AR/VR-Lernumgebungen ein geeigneter Ansatz zu sein, da mit AR/VR-Technologien die Möglichkeit besteht, den Lernkontext realitätsnäher, also mit stärkerem Bezug auf den Anwendungskontext, zu gestalten als beispielsweise in einer Präsenzschiung. So kann der Lernstoff situativ verankert werden. Diese Realitätsnähe ermöglicht, Neues ausprobieren, zu erkunden sowie ein sinnliches Erleben neuer Situationen. Dies ist - unter anderem aus Sicherheits- und Kostengründen - in der ‚echten‘ Realität oftmals nicht möglich ist.

Durch einen aktiven Einbezug der Lernenden in die Lernumgebung und der Möglichkeit zur Interaktion mit der Lernumgebung werden die Lernenden motiviert, engagieren sich mehr und können sich empathisch in die Arbeitssituation einföhlen. Darin liegt eine der größten Chancen der AR/VR-unterstützten Lernprozesse (Portnoy, 2017).

6 . Chancen und Herausforderungen von AR/VR in der Aus- und Weiterbildung

Vorreiter in der Nutzung von VR und AR sind laut einer Studie von Bitkom Research aktuell Maschinen- und Anlagenbauer - jedes dritte Unternehmen (34 Prozent) nutzt Anwendungen aus diesem Bereich neben anderen innovativen Technologien, wie beispielsweise 3D-Druck und Robotik (industrie.de, 2019). Hohe Nutzungspotenziale von VR und AR gibt es, laut Fachpresse, jedoch in fast allen Branchen. Bislang wird – neben dem Anlagen- und Maschinenbau - vor allem über innovative Nutzungsszenarien in der Medizinbranche und dem Gesundheitssektor berichtet. Neben dem branchenübergreifenden Einsatz von VR und AR-Anwendungen zur Verbesserung und Optimierung von Arbeitsprozessen, bieten diese außerdem die Möglichkeit, neue Lern- und Kollaborationsszenarien im Bereich der Aus- und Weiterbildung zu gestalten. Insbesondere die inzwischen technologisch mögliche Vielfalt an Kombinationen an Elementen aus virtueller und physischer Realität (Mixed Reality) eröffnet neue Optionen für die Lerngestaltung. In den virtuellen Lernumgebungen können Lernende zu vermittelnde Inhalte selbstständig ausprobieren und anwenden. Dies ist, entsprechend der Erkenntnisse des selbstorganisierten Lernens, ein entscheidender Vorteil, um Lerninhalte nachhaltig und praxisrelevant zu vermitteln.

Die Szenarien, die Lernende in gemischten Realitäts-/Virtualitätswelten erleben können, sind vielfältig und können effektives, effizientes und engagiertes Lernen fördern. Der fließende Übergang zwischen digitalen und physischen Lernumgebungen auf Basis zunehmend leistungsstarker digitaler Technologien führt zu neuen Lernerfahrungen, die bislang so nicht möglich waren (Schneider, 2017, S. 219).

Gleichzeitig zeigen sich technische, soziale wie auch didaktische Herausforderungen im Einsatz von AR/VR. Im Folgenden werden einige wesentliche Chancen und Herausforderungen von VR und AR im Kontext von Lernen und Lehren aufgeführt. Kapitel 6.1 und 6.2 fassen Erkenntnisse aus Kapitel 5 und Ergebnisse aus ausgewählten Literaturquellen zusammen.

6.1. Chancen von AR/VR

Die Anpassungsfähigkeit der Lernumgebung durch den Einsatz von AR/VR-Technologien ermöglicht die Gestaltung einer **integrativen Lernumgebung** für eine breite Anzahl an Nutzenden (Multi-User Szenarien). Kooperative, situative und erlebnisorientierte Lernszenarien und -erfahrungen zeichnen diese Formate aus (vgl. Kap. 5.3). Das Potenzial, über sogenannte E-Learning Modelle, Multi-User-Szenarien abzubilden ist vielfältig. Typische Anwendungen finden sich in folgenden Arbeitsbereichen:

- Verteilte Präsentationen und Teamprozesse: Objekte und/oder Umgebungen können virtuell präsentiert und erstellt werden (z. B. für Design Reviews oder Marketing).
- Training und Ausbildung: 3D-Qualifizierung eines physisch nicht anwesenden Teilnehmenden (z. B. für Vertriebsschulungen, Trainings oder Produkte).
- Assistenzsysteme: Unterstützung eines Arbeits- oder Lernprozesses (z. B. für Reparaturaufgaben, Wartung oder Support, Montage, Coaching oder Gefahrenschulungen).

Charakteristisch für AR-Szenarien ist eine **Manipulation von virtuellen Objekten** durch Nutzende. Abstrakte und schwer zugängliche Prozesse, Gegenstände und Zusammenhänge können visualisiert und so greifbar gemacht werden. Das Verändern, Hinzufügen oder Abrufen der Informationen eines virtuellen Objekts ist dabei simultan von allen Teilnehmenden des Gruppenszenarios durchführbar und ermöglicht eine individuelle Interaktion aller Beteiligten. VR-Szenarien zeichnen sich darüber hinaus durch eine Unterstützung der **individuellen, sozialen und kollektiven Wissenskonstruktion** aus. Hier können beispielsweise verschiedene Rollen und Positionen in der Lernumgebung eingenommen, die Perspektive gewechselt und virtuelle Objekte aus verschiedenen Positionen im Raum betrachtet werden. Durch AR/VR kann ein Gefühl der **sozialen Präsenz** – „als Wahrnehmung eines Kommunikationspartners als natürliche Person über ein

Medium“ (Zender et al., 2018, S. 4) erzeugt werden. Vor allem VR-Anwendungen sind hierbei geeignet, um den Teilnehmenden, bspw. in Besprechungen, ein „Anwesenheitsgefühl“ zu vermitteln. So kann beispielsweise Augenkontakt zwischen den Lernenden hergestellt werden und wichtige Gestik, Mimik und Körperhaltung in die Lernumgebung integriert werden, wodurch beispielsweise die Zusammenarbeit zwischen räumlich verteilten Teams gefördert werden kann (Zender et al., 2018).

Der Einsatz von AR/VR ermöglicht weiterhin durch die **kontextspezifische Anpassung** eine Verringerung oder sogar vollständige Aufhebung von zeitlichen, räumlichen, ethischen und sicherheitsrelevanten Beschränkungen. So können beispielsweise Not- und Katastrophenfälle trainiert werden, ohne die physische und psychische Gesundheit der Lernenden zu gefährden. Weiterhin kann ein AR/VR-basiertes Lernszenario individuell an verschiedene Lerntypen angepasst werden. Durch die selbstgesteuerte Lernerfahrung im virtuellen Raum sowie die Möglichkeit, Informationen wiederholt und in einer individuellen Reihenfolge abzurufen, sind entsprechende Lernformate für **unterschiedliche Lerntypen** zugänglich.

Durch einen hohen Grad an Immersion sowie die Möglichkeit zur Steuerung und Manipulation von virtuell erzeugten Elementen wird die Lernerfahrung intensiviert (Liu et al., 2017). Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass Lerninhalte, die in einem realitätsnahen Kontext praxisnah gelernt wurden im realen Arbeits- und Alltagsleben besser abgerufen werden können (Jahn et al., 2018, Zender et al., 2018). Durch die beliebige Wiederholbarkeit des Lernszenarios und der Möglichkeit, selbstgesteuert benötigte Lerninformationen abzurufen, ist es dem Lernenden außerdem möglich, ein größeres Selbstvertrauen für reale Situationen aufzubauen und diese nachhaltig zu verstehen. Somit fördert AR/VR das **Lernen als situativen Prozess** und den damit verbundenen **nachhaltigen Transfer der Lerninhalte** (vgl. Kap. 5.3; Zender et al., 2018).

Die Vorteile der VR und AR-Anwendungen können durch die Kombination mit verschiedenen anderen Lernformen, wie beispielsweise dem **Gamification**, weiter verstärkt werden. Game-based learning (Gamification) als besondere Form des E-Learnings, bietet nach aktuellen Studien (Chang et al., 2017) eine reichhaltige mediale Ausführung (vgl. Kapitel 5.1) und einfache Bedienung, die Lernende effektiv unterstützt und die Motivation steigert. Die zusätzliche Anwendung dieses Konzepts in immersiven Lernsettings kann zu einer höheren Lernmotivation, zu einem schnelleren Verständnis von Lerninhalten und somit zu einer höheren Lernleistung beitragen (Villagrasa, Fonseca und Durán, 2014).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine hohe Immersion sowie die Möglichkeit zur Interaktion zwischen den Lernenden, aber auch zwischen Lernenden und den virtuellen Elementen im Raum bildungsspezifische Potenziale und Chancen für eine erfolgreiche Gestaltung von Lernanwendungen bieten.

6.2. Herausforderungen von AR/VR

Für einen effektiven Einsatz immersiver Lerntechnologien müssen - entsprechend den Grundprinzipien beim Einsatz aller neuen Technologien – Voraussetzungen der Systemvariablen ‚Mensch‘ (neue Anforderungen an Lehrende und Lernende), ‚Technik‘ (Rahmenbedingungen und Ausstattung wie z. B. HMD, Smartphone oder belastbare Netzstandards) und ‚Organisation‘ (Einführung von Mitarbeitenden und Einbettung der Nutzung neuer Technologien in alle relevanten Organisationseinheiten) berücksichtigt und aufeinander abgestimmt werden. Zukünftig wird vor allem die mediendidaktische Gestaltung von AR/VR-Lernumgebungen eine zentrale Rolle für einen erfolgreichen Einsatz einnehmen.

Zukünftige Herausforderungen von VR-Anwendungen für den Einsatz in der Weiterbildung, insbesondere in Bezug auf die Systemvariablen ‚Mensch‘ und ‚Technik‘, fassen Liu et al. (2017, S. 123) in nachfolgender Tabelle zusammen:

Kategorie	Herausforderung	Erläuterung
Technologie	Kontrolle der Gerätekosten und -verbesserung	Entwicklung portabler und preiswerter VR-Geräte, die sich mit modernen Kommunikationsendgeräten verbinden lassen.
	Verbesserung der Umweltsimulationen	Verbesserung der Genauigkeit des Produktes, z. B. Reaktionsgeschwindigkeit und die Darstellung verschiedener Feedback-Informationen, einschließlich des Tast-, Kraft- und Geruchssinns, die den Grad der Immersion stärken können.
	Verbesserung der Interaktionserfahrungen	Verbesserung der Erfahrungen zwischen Menschen, Geräten und Umgebungen, sowie die Entwicklung entsprechender Werkzeuge, die Kommunikation und Zusammenarbeit in Echtzeit zwischen den Nutzenden erleichtern und fördern.
Anwendung in der Lehre	Systeminhalt und Lehrstrategie zertifizieren	Zertifizierung der Lehrobjekte, die zur VR-Technologie passen, Entwicklung adäquater Systeminhalte und Erforschung effektiver Lehrstrategien und -prinzipien in der VR-Lernumgebung.
	Vermeidung kognitiver Überlastung	Die kognitive Überlastung sollte beim Aufbau einer virtuellen Lernumgebung berücksichtigt werden. Sowohl bei der Gestaltung der Szene als auch bei der Organisation des Lernmaterials sollte eine kognitive Überlastung vermieden werden.
	Überwachung und Evaluation von Lerneffekten	Die Betonung liegt auf der Erfassung, Supervision und Evaluation des Lernverhaltens in der VR-Lernumgebung. Darüber hinaus sollten strengere empirische Forschungen durchgeführt werden, die sich auf die Lerneffekte dieser Technologie konzentrieren.
Perspektive des Lernenden	Reduktion technologischer Anwendungsschwierigkeiten	Bereitstellung relevanter Schulungen über die Nutzung und den Betrieb von Technologien für Lehrende und Lernende. Außerdem soll die Erweiterbarkeit der Produkte verbessert werden und die Nutzer sollen die Inhalte selbst bearbeiten und regulieren können.
	Anpassung an Identitätstransfer und Identitätsförderung	Unterstützung der Lernenden, sich besser an den Identitätstransfer in die VR-Umgebung anzupassen und einzustellen. Außerdem kann die Identität der virtuellen Avatare verbessert werden, um die Motivation der Lernenden an der Teilnahme der Lernaktivitäten zu steigern.
	Schutz der Privatsphäre und Nutzungsdaten	Auf den öffentlichen VR-Plattformen sind Datenschutz und -sicherheit der persönlichen Informationen sehr wichtig. Die Industriestandards zur Produktentwicklung und Freigabe sollten festgelegt werden.
Verständnis	Integration von Technologie und passender intelligenter Lernumgebung	Um die Kompatibilität von VR und anderen Bildungstechnologien, VR-Lernumgebungen und den realen Lernumgebungen zu stärken. Außerdem sollen verschiedene Technologien im Lehrprozess flexibel eingesetzt werden, um eine optimierte intelligente Lernumgebung auf der Grundlage der Lehrziele zu schaffen.

Tabelle 1: Zehn Herausforderungen für die VR-Technologie

Quelle: Eigene Darstellung nach (Liu et al., 2017)

Ergänzend zu den in der Tabelle aufgeführten Herausforderungen werden im Folgenden Risiken bzw. mögliche negative Auswirkungen einer intensiven Nutzung virtueller Umgebungen aufgeführt.

Madary und Metzinger, 2016 identifizieren vier zentrale Risiken:

1. **Langfristige Immersion:** „Es gibt mehrere mögliche Risiken, die mit einer langfristigen Immersion verbunden sein können: Sucht, Manipulation der Handlungsfähigkeit, unbemerkte psychische Veränderungen und psychische Erkrankungen“
2. **Vernachlässigung physischer Interaktionen** und unzureichende Darstellungen: Bisher scheitert die Darstellung von Avataren oft an unrealistischen Körperbewegungen oder fehlender Wiedergabe von Blickrichtung und Gesichtsausdruck, was die Kommunikation zusätzlich erschweren kann.

3. **Riskante Inhalte:** Neben „gängigen“ Gewaltdarstellungen, wie man sie aus Filmen kennt, gilt hier zu beachten, dass durch die Interaktion mit der Virtuellen Realität Verhaltensmuster ausgebildet werden können, die gesundheitsschadend (für die eigene Person und andere) wirken können.
4. **Privatsphäre/Nutzungsdaten/Sicherheit:** Es besteht die Gefahr, dass durch die enorme Ansammlung von Daten aus VR und AR Szenarien, diese zu kommerziellen Zwecken weitergegeben oder der Lernerfolg der Nutzenden überwacht und die Ergebnisse missbraucht werden

Zu weiteren Risiken bei der Nutzung von AR/VR gehören:

- **Cybersickness:** Diese entsteht, wenn Anwender virtuelle Größen- und Raumverhältnisse nicht in ihrer Wahrnehmung einordnen können. Außerdem kann es für die Lernenden problematisch sein in der virtuellen Welt Distanzen richtig wahrzunehmen. So wird z. B. eine Länge von 15 Metern als wesentlich kürzer wahrgenommen wird, während der Mensch in der physischen Realität in der Regel keine Probleme hat, solche Distanzen korrekt einzuschätzen (Dörner et al., 2013).
- **Überreizung:** Entsprechend der Media Richness Theory müssen Lernumgebungen mit AR/VR ihren medialen Gehalt an die individuellen Ressourcen des Lernenden anpassen. Hat die Lernsimulation zu viele mediale Angebote, kann es zu einer Verringerung der Lernerfolge oder sogar zu einem Abbruch des Lernprozesses führen (Zender et al., 2018; vgl. Kapitel 5.2).
- **Fehlende Medienkompetenz und fehlendes Verständnis technisch notwendiger Infrastruktur:** Sowohl die Lernenden als auch die Lehrenden müssen zunächst den Umgang mit dem Medium sowie die dazugehörige Infrastruktur beherrschen. Dies ist verbunden mit einem umfangreichen Entwicklungs- und Implementierungsaufwand von AR/VR-Anwendungen (Zender et al., 2018).

6.3. Fazit

In aktuellen Forschungsprojekten (vgl. Kapitel 7), in Anwendungsbeispielen per Kurzvideos (vgl. Kapitel 8) und im Zuge der Literaturrecherche (vgl. Kapitel 9) zeigt sich ein hohes Potenzial in VR und AR-Anwendungen, das für die Gestaltung neuer Lernanwendungen und -szenarien weiterhin auszuloten ist. Zu beachten ist dabei insbesondere, dass der Erfolg eines Lernprozesses immer unmittelbar mit der didaktischen Gestaltung, dem Zuschnitt der Lerninhalte und -methoden auf die Zielgruppe sowie einer bestmöglichen Einbettung in gegebene organisatorische und technische Rahmenbedingungen in Zusammenhang steht.

Um ein breites Spektrum von VR und AR-Anwendungen für Lehrende und Lernende nutzbar zu machen, sollten bewährte mediendidaktische Erkenntnisse als Basis für eine erfolgreiche Gestaltung des Lernsettings herangezogen und für die Anwendung in AR/VR-Lernumgebungen angepasst werden. Weiterhin gilt es, praktische Nutzungskonzepte, vor allem in Bezug auf die Datenerhebung und -verarbeitung, zu erarbeiten. Neben der Entwicklung von praxisrelevanten Lehr- und Lernmethoden liegt eine wesentliche Herausforderung darin, Lehrende wie Lernende mit der Gestaltung und Nutzung dieser neuen Technologien vertraut zu machen. Idealerweise lernen Lehrende mittelfristig, AR/VR Lernanwendungen selbständig an ihre Zwecke bzw. Zielgruppen anzupassen und Lernende in die Lernumgebungen einzuführen. Weiterhin sind Vertrauen in Datensicherheit sowie ein überschaubarer und kalkulierbarer Aufwand für eine Implementierung wichtige Erfolgsfaktoren für die Nutzung von AR/VR-Lernanwendungen.

Insgesamt gilt es, die Dimensionen Mensch, Technik und Organisation mit in den Entwicklungs- und Gestaltungsprozess einzubeziehen. Nur wenn sowohl die Bedürfnisse der Lehrenden und Lernenden in der Umsetzung berücksichtigt werden, die technische Reife kontinuierlich weiterentwickelt als auch die Einbettung in organisatorische Prozesse gewährleistet wird, kann eine tatsächlich erfolgreiche AR/VR-Lernanwendung gestaltet werden.

7 . Aktuelle Forschungs- und Pilotprojekte

Aus der Vielzahl unterschiedlicher Einsatzszenarien für VR und AR-Technologien werden im Folgenden exemplarisch Projekte und Einsatzmöglichkeiten vorgestellt.

VRCademy des Fraunhofer IAOs wurde in enger Zusammenarbeit mit industriellen Anwendungspartnern entwickelt und bildet eine praxiserprobte VR-Gesamtlösung für das effiziente und effektive VR-basierte Training in Produktion und Service. Die VRCademy ermöglicht standortunabhängige Schulungen, beispielsweise mit der Zuschaltung von Fachexperten.

Link: [VRCademy](#)

Der **Arbeitskreis AR/VR-Learning** der Gesellschaft für Informatik (GI) beschäftigt sich forschend und anwendend mit einer Vielzahl an Akteuren aus Informatik, Psychologie und Pädagogik mit aktuellen Entwicklungen, Herausforderungen und Trends zu Lehr- und Lernszenarien mit Technologien der Virtual und Augmented Reality.

Link: [AR/VR-Learning](#)

Link: [Projektübersicht](#)

Projekte zum Thema AR/VR aus dem BMBF-Förderprogramm "Digitale Medien in der beruflichen Bildung"

FeDiNAR

„Das Ziel des Verbundvorhabens "FeDiNAR – Fehler didaktisch nutzbar machen mit AR – Lernwirksame Einbindung von Fehlern in beruflichen AR- gestützten Lernprozessen" ist die Entwicklung und Evaluation eines AR-gestützten Lernsystems mit zugehörigen Lernszenarien, um von einem Lernenden gemachte" Fehler möglichst effizient für den individuellen Kompetenzerwerb zu nutzen.“

Link: [Webseite - FeDiNAR](#)

HandleVR

„Im Verbundprojekt HandLeVR wird in der Fahrzeuglackierer/in-Ausbildung Virtual Reality (VR) zum handlungsorientierten Erlernen von Techniken bei Kfz-Lackierarbeiten eingesetzt.“

Link: [Webseite - HandleVR](#)

LeARn4Assembly

„Ziel des Vorhabens LeARn4Assembly ist es, die Arbeitsqualität von Mitarbeitenden in der (De-)Montage verschiedener Industrien zu erhöhen und das Prozessverständnis zu fördern. Dazu wird ein arbeitsplatzintegriertes Lern- und Assistenzsystem entwickelt, das die Technologien der virtuellen und erweiterten Realität (AR/VR) nutzt.“

Link: [Webseite - LeARn4Assembly](#)

MARLA

„Das Verbundvorhaben verfolgt das Gesamtziel, für die Ausbildung in der Windenergietechnik in den Berufsfeldern Metall- und Elektrotechnik mit Hilfe von Mixed-Reality (MR)-Technologien, digitaler Sprachassistenten und Serious Games eine moderne und gefahrlose Lernanwendung zu entwickeln.“

Link: [Webseite - MARLA](#)

8 . Kurzvideos – weiterführende Informationen und Anwendungsbeispiele

Im Rahmen einer Expertise von Herrn Torsten Fell wurden Kurzvideos erstellt, die im Folgenden aufgelistet sind und über die angegebenen Links einzusehen sind.

Nr.	Thema	Link
1	Was sind immersive Technologien? - Das Abbild der realen und die Schaffung einer virtuellen Welt	https://www.youtube.com/watch?v=0-J9G6S9GLc&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=2&t=0s
2	Wieso überhaupt immersive Medien? - Steigerung des Lernerfolgs	https://www.youtube.com/watch?v=UZ8_GoL6q3Q&list=PLF5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=2
3	Was ist 180 Grad, 360 Grad - Räumlichen Abbildung der Realität	https://www.youtube.com/watch?v=S9sSbwmJO0I&list=PLF5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=3
4	Was ist VR? – Lernen in einer digitalen Welt	https://www.youtube.com/watch?v=tC25JUS_xAE&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=4
5	FOV, 3/6DoF, Inside-/Outside-Tracking, Room-Scale, Teleporting - Begriffe die man kennen sollte.	https://www.youtube.com/watch?v=L4eWMSOLKPM&list=PLF5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=5
6	Was bedeutet Immersion? - die Sinne als Tor zu einer neuen Welt	https://www.youtube.com/watch?v=RfUSDuq5bK0&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=6
7	Was ist Motion Sickness? - Kein Grund zur Panik!	https://www.youtube.com/watch?v=SCZi51JcND8&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=7
8	Was ist Augmented Reality (AR)?	https://www.youtube.com/watch?v=vBRaYGC3uIU&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=8
9	Was sind Herausforderungen von AR?	https://www.youtube.com/watch?v=reF7twqRuko&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=9
10	Was sind Hologramme und Gestensteuerung?	https://www.youtube.com/watch?v=SB6jY2vzdbo&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=10
11	AR-Beispiel: - Marker - Der persönliche Avatar auf der Visitenkarte	https://www.youtube.com/watch?v=OP5z5FZ1sKs&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=11
12	AR-Beispiel - Markerlos - Der menschliche Körper im Raum	https://www.youtube.com/watch?v=5s60ZYoeYFo&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=12
13	AR-Beispiel: Marker - Industrielle Objekte in der PRINT-Broschüre	https://www.youtube.com/watch?v=w_b0ByOitPE&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=13
14	AR-Beispiel: Marker - Das Herz in der Hand, dank eines Merge Cubes	https://www.youtube.com/watch?v=GmC1qCOUgig&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=14
15	Wo gibt es bereits Einsatzszenarien für AR/VR im HR Bereich?	https://www.youtube.com/watch?v=M4_3LDKhGmU&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=15
16	Wie sehen Einsatzszenarien für VR und AR im Bereich der technischen Skills aus?	https://www.youtube.com/watch?v=aXRt2ruPj2I&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=16
17	Wo ist VR und 360 Grad im Bereich der Soft Skills schon im Einsatz?	https://www.youtube.com/watch?v=3c8btNKRbLA&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=17
18	Wie können kollaborative AR/VR Lösungen im Arbeiten und Lernen aussehen?	https://www.youtube.com/watch?v=NwXEaqYnFLM&list=PL-F5u8E5h5sRr5foJb4zJs6rDb1NMsAih&index=18

Tabelle 2: Kurzvideos zum Thema. Weiterführende Informationen und Anwendungsbeispiele

Quelle: Thorsten Fell, Immersive Learning Institute

9 . Literatur

- AHIR, K., 2019. The richness of Communication in Mixed Reality [online]. Verfügbar unter: <https://medium.com/@kumar.ahir/the-richness-of-communication-in-mixed-reality-56b06d54eec4>
- AZUMA, R.T., 1997. A Survey of Augmented Reality [online]. Presence: Teleoperators Virtual Environments, (6), 355-385. Presence: Teleoperators Virtual Environments [Zugriff am: 3. September 2020]. Verfügbar unter: <https://www.ronaldazuma.com/papers/ARpresence.pdf>
- BASTIAN, M., 5. September 2019. Hype-Zyklus 2019: Gartner schmeißt Augmented und Mixed Reality raus [online] [Zugriff am: 17.09.20]. Verfügbar unter: <https://mixed.de/hype-zyklus-2019-gartner-schmeisst-augmented-und-mixed-reality-raus/>
- CHANG, C.-C., C. LIANG, P.-N. CHOU und G.-Y. LIN, 2017. Is game-based learning better in flow experience and various types of cognitive load than non-game-based learning? Perspective from multimedia and media richness. Computers in Human Behavior, 71, 218-227. ISSN 07475632.
- CSIKSZENTMIHALYI, M., 2007. Flow and Education, 16. Juni 2007. [Zugriff am: 3. September 2020]. Verfügbar unter: <http://www.academia.edu/download/36129404/csikszentmihalyipowerpoint.pdf>
- DÖRNER, R., W. BROLL, P.F. GRIMM und B. JUNG, Hg., 2013. Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. Berlin: Springer Vieweg. eXamen.press. ISBN 978-3-642-28902-6.
- ECKARDT, L., A. GROTTJAHN, A. JANKOWIAK, A. KRAIN, H. WANG, J. WEI und S. ROBRA-BISSANTZ, 2017. Systematische Literaturanalyse zum Lernen in virtuellen Realitäten [online]. Chemnitz. Proceedings of DeLFI and GMW Workshops 2017 [Zugriff am: 3. September 2020]. Verfügbar unter: <http://ceur-ws.org/Vol-2092/paper16.pdf>
- EDWARDS, B., B. ARIS und N. SHUKOR, 2015. Cognitive Load Implications of Social Media in Teaching and Learning [online]. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 2(11), 3026-3030. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST). Verfügbar unter: <https://pdfs.semanticscholar.org/1bbf/8fa31c1eb553ffba0a9330185847997dcf1e.pdf>
- H. MURRAY, J., 2017. Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace. updated edition: MIT Press.
- ICEVENTURE, 2019. Gartner entfernt die Technologien AR/VR aus dem Hype Cycle [online]. Verfügbar unter: <https://www.iceventure.de/blog/news/gartner-entfernt-die-technologien-ar-vr-aus-dem-hype-cycle.html>
- INDUSTRIE.DE, 2019. Maschinenbauer nutzen Virtual Reality am stärksten [online] [Zugriff am: 17.09.20]. Verfügbar unter: <https://industrie.de/technik/maschinenbauer-nutzen-virtual-reality-am-staerksten/>
- JAHN, K., H. KAMPLING, H.C. KLEIN, Y. KURU und B. NIEHAVES, 2018. Towards an Explanatory Design Theory for Context-Dependent Learning in Immersive Virtual Reality. PACIS 2018 Proceedings. 235.
- KIMMERLE, J., 2016. Media Richness Theory [online]. Stichwort. Dorsch Lexikon der Psychologie. Verfügbar unter: <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/media-richness-theory/>
- KLÖB, S., K. BÖHM und R. ESSER, 2019. Zukunft der Consumer Technology – 2019. Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle. Bitkom e.V.; Deloitte. Berlin.
- KLÖB, S., 2020. Die Zukunft der Consumer Technology 2020. Marktentwicklung, Trends, Mediennutzung, Technologien, Geschäftsmodelle.
- LIU, D., C. DEDE, R. HUANG und J. RICHARDS, Hg., 2017. Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education. Singapore: Springer. Smart Computing and Intelligence Series. ISBN 9811054894.
- LIU, S.-H., H.-L. LIAO und J.A. PRATT, 2009. Impact of media richness and flow on e-learning technology acceptance. Computers & Education, 52(3), 599-607. Computers & Education.

- MADARY, M. und T. METZINGER, 2016. Real Virtuality: A Code of Ethical Conduct. Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology [online] [Zugriff am: 10. September 2020]. Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00003/full>
- MARESCH, G., 2006. Die Cognitive Load Theory. Kriterien für multimediale Lernmaterialien. In: BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT UND KULTUR, Hg. eLearning-Didaktik an Österreichs Schulen. Wien: Eigenverlag bm:bwk, S. 78-85.
- MILGRAM, P., H. TAKEMURA, A. UTSUMI und F. KISHINO, 1994. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum [online]. SPIE - International Society for Optical Engineering, (Vol. 2351), 282-292. SPIE - International Society for Optical Engineering. Verfügbar unter: doi:10.1117/12.197321
- OPPERMANN, L., 2016. Vom Spielen zum Lernen in Virtual und Augmented Reality [online]. Fraunhofer Academy [Zugriff am: 10. September 2020]. Verfügbar unter: https://www.academy.fraunhofer.de/de/newsroom/blog/2016/11/vom_spielen_zum_lern.html
- PORTNOY, L., 2017. Virtual Reality May Fundamentally Transform Education [online]. Verfügbar unter: <https://medium.com/@lportnoy/4-ways-virtual-reality-will-change-learning-1d2b291f7e7b>
- REICHWALD, R. und S. BONNEMEIER, 2014. Kommunikation in der Wertschöpfung von Unternehmen [online]. In: M. BRUHN, F.-R. ESCH und T. LANGNER, Hg. Handbuch Strategische Kommunikation. Grundlagen – Innovative Ansätze – Praktische Umsetzungen. Wiesbaden: Gabler, S. 1-13. Verfügbar unter: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-658-04776-4_21-1
- RENSING, C. und S. TITTEL, 2013. Situiertes Mobiles Lernen – Potenziale, Herausforderungen und Beispiele. In: C. WITT und A. SIEBER, Hg. Mobile Learning. Potenziale, Einsatzszenarien und Perspektiven des Lernens mit mobilen Endgeräten. Dordrecht: Springer, S. 121-142. ISBN 9783531194837.
- SCHNEIDER, B., 2017. Preparing Students for Future Learning with Mixed Reality Interfaces. In: D. LIU, C. DEDE, R. HUANG und J. RICHARDS, Hg. Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education. Singapore: Springer, S. 219-236. ISBN 9811054894.
- SCHWAN, S. und J. BUDER, 2006. Virtuelle Realität und E-Learning. Verfügbar unter: <https://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/vr/vr.pdf>
- STANGL, W., 2019. Cognitive Load Theory [online] [Zugriff am: 9. September 2020]. Verfügbar unter: <https://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/LERNEN/CognitiveLoad.shtml>
- SUH, K.S., 1999. Impact of communication medium on task performance and satisfaction: an examination of media-richness theory [online]. Information & Management, 35(5), 295-312. Information & Management. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378720698000974>
- SUN, P.-C. und H.K. CHENG, 2007. The design of instructional multimedia in e-Learning: A Media Richness Theory-based approach [online]. Computers & Education, 49(3), 662-676. Computers & Education. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131505001703?via%3Dihub>
- SUTHERLAND, I.E., Hg., 1968. A head-mounted three dimensional display [online]. New York: Association for Computing Machinery. AFIPS '68 (Fall, part I): Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I. I [Zugriff am: 3. September 2020]. Verfügbar unter: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1476589.1476686>
- VILLAGRASA, S., D. FONSECA und J. DURÁN, Hg., 2014. Teaching Case: Applying Gamification Techniques and Virtual Reality for Learning Building Engineering 3D Arts. New York: Association for Computing Machinery.