

Kumulative Dissertation

**Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und
Arbeitsumgebungen**

Von der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart zur
Erlangung der Würde einer Doktorin der Philosophie (Dr. phil.) genehmigte Abhandlung

vorgelegt von

Carolin Pletz

aus Friedrichshafen

Hauptberichter: Prof. Dr. Bernd Zinn (Universität Stuttgart)

Mitberichterin: Prof. Dr. Kristina Kögler (Universität Stuttgart)

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Februar 2022

Institut für Erziehungswissenschaft
Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)
der Universität Stuttgart

2021

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand im Zeitraum von September 2017 bis Juni 2021 in der Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik am Institut für Erziehungswissenschaft der Universität Stuttgart. In dieser Zeit wurde ich von zahlreichen Menschen unterstützt, ermutigt und gefördert, welchen ich hiermit ein großes Dankeschön aussprechen möchte.

Mein erster herzlicher Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. Bernd Zinn für die unkomplizierte und konstruktiv kritische Betreuung während der Entstehungsphase dieser Doktorarbeit, die gewinnbringenden Anmerkungen sowie die stetige Erreichbarkeit bei allen Fragen und Problemen. Ebenfalls danke ich Frau Prof. Dr. Kristina Kögler für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Ein besonderer Dank gilt meiner Bürokollegin Sunita Ariali für ihre wertvollen (statistischen) Tipps und vor allem ihr allzeit offenes Ohr bei allen Herausforderungen. Ich hätte mir keine fröhlichere und motivierendere Person am Schreibtisch gegenüber vorstellen können.

Weiterhin danke ich allen anderen Kolleginnen und Kollegen des BPT, insbesondere Matthias Wyrwal, Qi Guo, Marcus Brändle, Matthias Hedrich, Evelyn Hoffarth und Katharina Kunz für zahlreiche motivierende Gespräche und konstruktive Anmerkungen, aber insbesondere auch für lustige Mittagspausen, fröhliche Feste und die freundschaftliche Atmosphäre in der Abteilung. Danke auch den Hilfskräften Bianca Roth, Christina Hihn und Aylin Demir für die Unterstützung bei der Datenerhebung, -eingabe und -auswertung sowie Laura Wansitler für das Lektorat.

Meinem Mentoring-Team Marlies Springmann, Carolin Rieg und Irina Basler möchte ich für den interdisziplinären Austausch im Verlauf des Prozesses danken. Ebenso danke ich meiner Mentorin Dr. Nicole Behringer für wertvolle Denkanstöße.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden für den Rückhalt während der Promotionsphase. Meinen Eltern möchte ich von Herzen dafür danken, dass sie mir durch ihre liebevolle Unterstützung den Weg geebnet haben und seit jeher hinter all meinen Entscheidungen stehen. Last but not least, bedanke ich mich von Herzen bei meinem Partner Tobias Walter für die Geduld und Umsicht im Umgang mit einer manchmal gestressten Doktorandin.

Kurzfassung

Mit dem Einsatz innovativer Technologien in Lern- und Arbeitsprozessen werden vor dem Hintergrund der Digitalisierung und Industrie 4.0 multiple Potenziale verbunden. Insbesondere immersive virtuelle Lern- und Arbeitsumgebungen (Virtual Reality, kurz IVR) bieten vielversprechende Möglichkeiten, um das Lernen und Arbeiten gewinnbringend zu unterstützen. Unter IVR werden computergenerierte Darstellungen verstanden, welche dreidimensional und interaktiv sind. Die Nutzenden können über natürliche Benutzerschnittstellen regelrecht in die virtuelle Umgebung „eintauchen“. Der in der Arbeit bilanzierte Forschungsstand zeigt, dass zu Beginn der Forschungsbemühungen allerdings nur wenig über die Technologieakzeptanz von IVR und den entsprechenden fördernden und hemmenden Faktoren bekannt ist. Unter der Technologieakzeptanz wird die „positive Annahmeentscheidung einer Innovation durch die [Anwenderinnen und] Anwender“ (Simon, 2001, S. 89) verstanden. In Anbetracht dieser Forschungslücke besteht das zentrale Forschungsvorhaben der vorliegenden Arbeit deshalb in der Generierung eines Beschreibungs- und Erklärungswissens zur Technologieakzeptanz von IVR bei (potenziellen) Nutzerinnen und Nutzern.

Ein theoretischer Rahmen zur Digitalisierung der Arbeitswelt, zu Virtual Reality Technologien und zur Technologieakzeptanz sowie eine Übersicht über den entsprechenden empirischen Forschungsstand führen in die Thematik ein. Die Arbeit umfasst vier empirische Studien zur Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR. In der ersten Studie werden die theoretischen Annahmen des Technology Acceptance Models (TAM) in Bezug auf die Technologieakzeptanz von IVR empirisch geprüft. Das TAM geht davon aus, dass die Nutzungsintention von Informationstechnologien hauptsächlich von der wahrgenommenen Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit beeinflusst wird. Studie 1 untersucht in diesem Zusammenhang die Technologieakzeptanz und die nutzerbezogenen Faktoren Alter und Vorerfahrung mit der Technologie im Rahmen einer quantitativen Fragebogenerhebung mit (potenziellen) Nutzerinnen und Nutzern von IVR. Die zweite Studie fokussiert die Technologieakzeptanz eines virtuellen Verkaufsraums und bezieht neben den Kernfaktoren des TAM die soziale Norm, wahrgenommene Verhaltenskontrolle sowie die organisationsbezogenen Faktoren Unterstützung durch die Führung, Anwendertraining und

Anwendersupport in die Betrachtung ein. Die Datenerhebung erfolgt ebenfalls mittels eines quantitativen Fragebogens. In der dritten Studie wird eine virtuelle Lernanwendung für Bedienschulungen formativ im Hinblick auf die Technologieakzeptanz, User Experience und den Lerntransfer von virtuell gelerntem Handlungswissen auf reale Tätigkeiten mittels einer qualitativen Videoanalyse evaluiert. Die vierte Studie zielt auf die Identifikation von weiteren nutzerbezogenen, organisationsbezogenen und insbesondere technologiespezifischen fördernden und hemmenden Faktoren im Rahmen einer qualitativen Interviewstudie mit Experten ab.

Die Ergebnisse zeigen, dass das TAM auch als geeignete Grundlage zur Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR herangezogen werden kann und die wahrgenommene Nützlichkeit sowie Benutzerfreundlichkeit einen Einfluss auf die Nutzungsintention haben (Studie 1). Ebenso beeinflusst die wahrgenommene Verhaltenskontrolle die Nutzungsintention und die organisationalen Faktoren hängen positiv mit den TAM-Faktoren zusammen (Studie 2). Es wird verdeutlicht, dass mit der Untersuchung innovativer Technologien auch neuartige methodische Zugänge in Forschungsbemühungen einhergehen müssen (Studie 3). Weitere nutzerbezogene, organisationsbezogene und technologiespezifische Einflussfaktoren auf die Technologieakzeptanz werden für den Einsatz von IVR in Lehr-Lernkontexten identifiziert (Studie 4).

Zusammenfassend lassen sich auf der Basis der eigenen Forschungsergebnisse und unter Berücksichtigung der Limitationen praxisrelevante Ansatzpunkte zur Steigerung der Technologieakzeptanz von IVR ableiten.

Auflistung der referierten Publikationen

- Pletz, C. & Zinn, B. (2018). Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), 86–105.
- Pletz, C., Lemke, M. & Deininger, L. (2020). Technologieakzeptanz des virtuellen Verkaufsraums VR2GO in der Firma ANDREAS STIHL AG & CO. KG. In B. Zinn (Hrsg.): *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung* (257-283). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

- Pletz, C. & Zinn, B. (2020). Evaluation of an immersive virtual learning environment for mechanical and plant engineering using video analysis. *British Journal of Educational Technologies*, 51(6), 2159-2179.
- Pletz, C. (2021). Which factors promote and inhibit the technology acceptance of immersive virtual reality technology in teaching-learning contexts? – Results of an expert survey. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(13), accepted manuscript.

Abstract

In the context of digitalisation and Industry 4.0, the use of innovative technologies in learning and working processes is associated with multiple potentials. In particular, immersive virtual environments (Virtual Reality, IVR) offer promising possibilities to support learning and working. IVR refers to computer-generated representations that are three-dimensional and interactive. Users can literally "immerse" themselves in a virtual environment via natural user interfaces. However, the state of current research as outlined in the thesis shows that only a little is known about the technology acceptance of IVR and the corresponding promoting and inhibiting factors. Technology acceptance is understood as users' positive adoption decision of an innovation (Simon, 2001). Therefore, the central research aim of the present work is to generate descriptive and explanatory knowledge on the technology acceptance of IVR among (potential) users.

A theoretical framework on digitalisation processes, virtual reality technologies and technology acceptance, as well as an overview of the corresponding empirical state of research introduce the topic. The thesis includes four empirical studies to investigate the technology acceptance of IVR. In the first study, the theoretical assumptions of the Technology Acceptance Model (TAM) are empirically tested with regard to the technology acceptance of IVR. The TAM assumes that the intention to use information technologies is mainly influenced by perceived usefulness and ease of use. In this context, study 1 investigates technology acceptance and the user-related factors of age and previous experience with the technology in the context of a quantitative questionnaire survey with (potential) users of IVR. The second study focuses on the technology acceptance of a virtual sales room and, in addition to the core factors of the TAM, includes the social norm and perceived behavioural control, as well as the organisational factors of support by management, user training and user support. Data collection is also carried out by means of a quantitative questionnaire. In the third study, a virtual learning application for operator training is formatively evaluated with regard to technology acceptance, user experience and the learning transfer of virtually learned action knowledge to real activities by means of a qualitative video analysis. The fourth study aims to identify further user-related, organizational and, in particular, technology-specific facilitating and inhibiting factors within qualitative interviews with experts.

The results show that the TAM can also be used as a suitable basis for investigating the technology acceptance of IVR and that perceived usefulness and ease of use have an influence on the intention to use (Study 1). Similarly, perceived behavioural control influences usage intention and organisational factors are positively related to TAM factors (Study 2). It is made clear that the study of innovative technologies must be accompanied by novel methodological approaches in research efforts (Study 3). Further user-related, organisational and technology-specific factors influencing technology acceptance are identified for the use of IVR in teaching-learning contexts (Study 4).

In summary, practice-relevant aspects for increasing the technology acceptance of IVR can be derived on the basis of the research results and taking into account the limitations.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Kurzfassung	iii
Auflistung der referierten Publikationen	iv
Abstract	vii
Inhaltsverzeichnis	xi
Abbildungsverzeichnis	xiv
Tabellenverzeichnis	xvi
Abkürzungsverzeichnis	xvii
1. Einleitung	1
1.1. Forschungsfragen.....	3
1.2. Aufbau der Arbeit	4
1.3. Theoretischer Rahmen und Forschungsstand	9
1.3.1. Digitalisierung der Arbeitswelt	9
1.3.2. Virtual Reality Technologien	14
1.3.3. Technologieakzeptanz	24
1.4. Zwischenfazit.....	41
2. Publierte Originalarbeiten	43
2.1. Publikation 1	43
Zusammenfassung.....	43
Abstract	44
1. Einleitung.....	44
2. Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand	45
3. Forschungsfragen und Hypothesen	51

4. Methoden	53
5. Ergebnisse.....	57
6. Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion.....	61
Literatur.....	63
Contribution Statement	69
2.2. Publikation 2.....	71
Zusammenfassung.....	71
Abstract	72
1. Einleitung.....	72
2. Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand.....	73
3. Hypothesen	79
4. Methoden	83
5. Ergebnisse.....	87
6. Zusammenfassung und Diskussion	92
Literatur.....	96
Contribution Statement	100
2.3. Publikation 3.....	103
Abstract	103
Introduction.....	103
1. Theoretical background and state of research	104
2. Description of the virtual learning environment.....	107
3. Research questions	109
4. Methods	109
5. Results	117
6. Summary and discussion	120
References.....	123
Contribution Statement	128
2.4. Publikation 4.....	131

Abstract	131
1. Introduction	131
2. Theoretical background and state of research	132
3. Research questions	135
4. Methods	135
5. Results	139
6. Discussion.....	151
7. Acknowledgements	154
References.....	154
8. Appendix: Semi-structured interview guide.....	157
3. Diskussion	159
3.1. Zusammenfassung	159
3.1.1. Befunde zu Studie 1 (Pletz & Zinn, 2018).....	160
3.1.2. Befunde zu Studie 2 (Pletz et al., 2020).....	161
3.1.3. Befunde zu Studie 3 (Pletz & Zinn, 2020b).....	162
3.1.4. Befunde zu Studie 4 (Pletz, 2021).....	163
3.2. Übergreifende Beantwortung der Forschungsfragen.....	164
3.3. Limitationen.....	180
3.4. Implikationen für zukünftige Forschung und Ausblick.....	183
Literaturverzeichnis.....	187
Anhang	205

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram & Colquhoun, 1999).	16
Abbildung 2:	Gartner Hype Cycle für das Jahr 2017 (Gartner, 2017).....	19
Abbildung 3:	Teil-immersive VR-Brillen - Google Cardboard und Samsung Gear.	21
Abbildung 4:	Voll-immersives VR-System - HTC Vive.....	22
Abbildung 5:	Theory of Planned Behavior (TPB; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Ajzen (1991)).	28
Abbildung 6:	Technology Acceptance Model (TAM; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Davis et al. (1989)).	29
Abbildung 7:	Technology Acceptance Model 2 (TAM 2; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung an Venkatesh & Davis 2000).	32
Abbildung 8:	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Venkatesh et al. (2003)).....	34
Abbildung 9:	Technology Acceptance Model 3 (TAM 3; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Venkatesh und Bala (2008)).....	36
Abbildung 10:	Technology Acceptance Model (eigene Darstellung in Anlehnung an Davis, Bagozzi und Warshaw 1989).....	50
Abbildung 11:	Strukturmodell zur Technologieakzeptanz von VR mit der wahrgenommenen Nützlichkeit (WN), der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit (WB) und der Nutzungsintention (NI) (eigene Darstellung und Berechnung).	58
Abbildung 12:	Erweitertes Modell der Technologieakzeptanz (eigene Darstellung in Anlehnung an Kohnke & Bungard 2009).	79
Figure 13:	Virtual learning sequence “removal of the construction cylinder”.....	108
Figure 14:	“Eye button” in the menu of the virtual learning sequence.	109
Figure 15:	Schematic procedure of immersive virtual training and data collection....	112

Figure 16:	Schematic procedure of coupled video analysis to the immersive virtual training and testing phase (Vid-VR).	115
Figure 17:	Results from the User Experience Questionnaire-Short Version (UEQ). Points represent the medians of the item.	117
Figure 18:	Overview of the errors and difficulties encountered in the individual steps.....	119
Figure 19:	Correlation between the errors and difficulties occurring in the testing phase and the use of the "eye" button in IVR training.....	120
Figure 20:	Process of the data analysis.....	139
Abbildung 21:	Überblick über die in den Studien 1 bis 4 quantitativ untersuchten (hellgrau), bzw. qualitativ identifizierten (weiß) Einflussfaktoren auf die Technologieakzeptanz von IVR. Die Umrandungen geben gemäß der Legende an, für welche Nutzergruppen die einzelnen Faktoren relevant sind.....	169

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Überblick der im Rahmen der Arbeit durchgeführten Studien.	7
Tabelle 2:	Testgütekriterien der verwendeten Skalen.	57
Tabelle 3:	Unterschiede zwischen jüngeren (≤ 36.00 Jahre; $n = 130$) und älteren Probanden (> 36.00 Jahre; $n = 123$).	60
Tabelle 4:	Unterschiede zwischen Probanden mit ($n = 172$) und ohne Erfahrung ($n = 99$) mit der VR Technologie.	61
Tabelle 5:	Berufserfahrung der Befragten als Trainerin bzw. Trainer.	83
Tabelle 6:	Testgütekriterien der verwendeten Skalen.	86
Tabelle 7:	Angaben zur Nutzung von VR2GO pro Monat auf Cardboard oder auf Bildschirm/Leinwand.	87
Tabelle 8:	Lineares Modell zur Vorhersage der Nutzungsintention durch die Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, soziale Norm und Verhaltenskontrolle.	88
Tabelle 9:	Interskalenkorrelationen der Variablen der Technologieakzeptanz und der intraorganisationalen Faktoren.	91
Table 10:	Category system from the video analysis.	116
Table 11:	Information about the participants and the organizations.	137
Table 12:	Acceptance of IVR in the organizations.	141
Table 13:	Acceptance of trainers.	143
Table 14:	Acceptance of training participants.	147

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
AS	Anwendersupport
AT	Anwendertraining
AV	Augmented Virtuality
B	Beta-Koeffizient
BIM	Building Information Modeling
BMBF	Bundeministerium für Bildung und Forschung
CAVE	Cave automatic virtual environment
CFI	Comparative Fit-Index
d	Effektstärkemaß nach Cohen
df	Freiheitsgrade
DTPB	Combined Technology Acceptance Model and Theory of Planned Behavior
F	F-Wert
GV	Gefühlsbezogene Valenz
H	Hypothese
IDT	Innovation Diffusion Theory
IQR	Interquartile range
IVR	Immersive Virtual Reality
HMD	Head-Mounted Display
M	Mittelwert
MM	Motivational Model
MPCU	Model of PC Utilization
MR	Mixed Reality
N	Probandenanzahl (gesamt)
n	Probandenanzahl (Teilstichprobe)
NI	Nutzungsintention
p	Signifikanz
PB	Proband*in

PC	Personal Computer
PTKA	Projekträger Karlsruhe
Q_{dif}	Quartilsabstand
r	Korrelationskoeffizient
R^2	Erklärter Varianzanteil
RE	Reale Umgebung (engl: real environments)
RMSEA	Root Mean Square
RQ	Research question
SCT	Social Cognitive Theory
SD	Standardabweichung
SE B	Standardfehler
SN	Soziale Norm
SRMR	Standardized Root Mean Square Residual
t	t-Wert
T	Trennschärfe
TAM	Technology Acceptance Model
TLI	Tucker-Lewis Index
TRA	Theory of Reasoned Action
TPB	Theory of Planned Behavior
U	Mann-Whitney-U-Test-Statistik
UEQ	User experience questionnaire
UF	Unterstützung durch die Führungskräfte
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
VASE	Virtual und Analytics Service im Maschinen- und Anlagenbau
Vid-VR	Structured qualitative video analysis
VE	Virtuelle Umgebung (engl.: virtual environments)
VIEW	Virtual Environment Interface Workstations
VIF	Variance-Inflation-Factor
VK	wahrgenommene Verhaltenskontrolle
VPL	Visual Programming Language
VR	Virtual Reality
WB	Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit
WN	Wahrgenommene Nützlichkeit
WV	Wertbezogene Valenz

XR	Cross Reality
α	Reliabilitätskoeffizient nach Cronbachs alpha
α_{drop}	Reliabilitätskoeffizient nach Cronbachs alpha nach Ausschluss des Items
β	Standardisierter Beta-Koeffizient
χ^2	Chi-Quadrat-Wert
3DOF	Drei-Stufen-Bewegungstracking (engl: degrees of freedom)
6DOF	Sechs-Stufen-Bewegungstracking (engl: degrees of freedom)

1. Einleitung

Innovative Technologien halten vor dem Hintergrund des digitalen Wandels heute mehr denn je Einzug in unseren Alltag sowie in unser Arbeitsleben. Auch im Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung ergeben sich mit dem Einsatz neuer Technologien neue und veränderte Möglichkeiten und gleichzeitig neue Herausforderungen und Risiken. Für Lehr-Lernkontexte werden hierbei insbesondere den immersiven Virtual Reality (IVR-) Technologien multiple Potenziale unterstellt.

Virtuelle Umgebungen als technologiebasierte Erfahrungswelten können eine neue Form der Lernerfahrung ermöglichen (Zinn & Ariali, 2020). Die Lernenden „tauchen“ mit der entsprechenden Hardware regelrecht in eine virtuelle Welt ein, können mit virtuellen Objekten interagieren und Handlungsabläufe simulieren (Brill, 2009; Dede, Jacobson & Richards, 2017). Dieses dadurch ermöglichte „Learning by Doing“, wird als eines der primären Vorteile für den Einsatz von IVR in der beruflichen Aus- und Weiterbildung benannt (Zobel et al., 2018b) und aus lerntheoretische Sicht gestützt. So geht beispielsweise der Ansatz des situierten Lernens (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998) davon aus, dass kognitive Lernprozesse immer in einem Anwendungskontext ablaufen. Lernen ist dann effektiv, wenn ein situativer Bezug zum Anwendungsfeld hergestellt wird. Geht man also davon aus, dass virtuelle Umgebungen Situationen eröffnen, welche ein vergleichbares Denken und Verhalten bei den Lernenden auslösen wie reale Situationen, kann ein situiertes Lernen unterstützt werden (Zinn & Ariali, 2020). Ebenso geht der Ansatz der Embodied Cognition davon aus, dass physische Interaktionen mit der Umwelt kognitive Prozesse beeinflussen (Glenberg, 2010; Núñez, Edwards & Matos, 1999). Indem Nutzerinnen und Nutzer ihren Körper während einer Handlung, zum Beispiel in der virtuellen Umgebung bewegen, werden mentale Schemata der manipulierten Objekte erstellt, was den Lernprozess positiv beeinflussen kann. Weitere Potenziale der IVR-Technologie für einen Einsatz in Lehr-Lernkontexten lassen sich aufzählen (siehe Kapitel 1.3.2.3 Ansatzpunkte von IVR in der beruflichen Aus- und Weiterbildung).

Waren IVR-Systeme in der Vergangenheit teuer und damit nur für große Unternehmen zugänglich, sind sie mittlerweile in unterschiedlichster Ausführung auch auf dem Massenmarkt erhältlich (Vergara, Rubio & Lorenzo, 2017). Für einen sinnvollen Technologieeinsatz in Lernszenarien ergeben sich allerdings multiple Herausforderungen für die Organisationen, die

einen entsprechenden Einsatz anstreben. So bedarf es einer an die Technologien angepassten methodisch-didaktischen Konzeption der Lernszenarien und damit entsprechende Kompetenzen auf Seiten der zuständigen Personen in den Aus- und Weiterbildungsabteilungen sowie der Lehrenden. Ebenso ist es notwendig, dass infrastrukturelle Anpassungen innerhalb der Organisation, zum Beispiel durch Aufrüstung der technischen Ausstattung, Ausbau der IT-Infrastruktur oder Regelungen zur Instandhaltung, geschaffen und gleichzeitig datenschutzrechtliche Fragen berücksichtigt werden. Herausfordernd stellt sich darüber hinaus eine potenziell unterschiedliche Nutzungsbereitschaft von technologiegestützten Angeboten unter den potenziellen Nutzerinnen und Nutzern dar (Herber et al., 2011). Da die Einführung neuer Technologien nicht automatisch auch zu deren tatsächlichen Nutzung durch die beteiligten Personen führt, gilt es herauszufinden, warum Technologien von den potenziellen Nutzerinnen und Nutzern genutzt oder nicht genutzt werden, sowie, welche Einflussfaktoren eine Rolle für die Akzeptanz spielen (Bürg & Mandl, 2005; Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989). Diese Aspekte fallen unter den Forschungsrahmen der Technologieakzeptanz (Niklas, 2014; Simon, 2001).

Die Untersuchung der Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen ist der zentrale Gegenstandsbereich der vorliegenden Arbeit. Mit Beginn der Untersuchungen gestaltete sich der Forschungsstand hierzu dünn. So lagen noch keine empirischen Untersuchungen zur Ausprägung der Technologieakzeptanz von immersiven virtuellen Umgebungen bei potenziellen Nutzerinnen und Nutzern vor (siehe Kapitel 1.3.3.4 Empirischer Forschungsstand zur Technologieakzeptanz von IVR). Ebenso war wenig über nutzerbezogene, organisationsbezogene und technologiespezifische Einflussfaktoren auf die Akzeptanz der Technologien bekannt (siehe hierzu auch Pletz und Zinn, 2020c). Gleichzeitig stieg aufgrund der rasanten technologischen Entwicklungen der IVR-Technologien zu dieser Zeit aber das Interesse auf der Seite der Organisationen, virtuelle Technologien in die Aus- und Weiterbildung zu implementieren und damit wuchs auch der Bedarf an Erkenntnissen, wie eine positive Technologieakzeptanz bei den Beteiligten hervorgerufen werden kann. Die Fragen, wie der Implementationsprozess der Technologien gestaltet werden müsste, um eine positive Akzeptanz hervorzurufen, wie Schulungsmaßnahmen mit IVR konzipiert werden können, um die Rezeptionswahrscheinlichkeit bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu steigern, oder, wie spezifische Zielgruppen für eine effektive Technologienutzung gewonnen werden können, skizzieren praxisrelevante Forschungsdesiderate, welche bis dahin aber nur rudimentäre Beachtung im wissenschaftlichen Kontext erfahren haben. Laut Kollmann (1997) sollten Akzeptanzuntersuchungen von technologischen Innovationen idealerweise bereits vor dem

Zeitpunkt der Implementation durchgeführt werden, um diese bedarfsgerecht im Sinne einer akzeptanzorientierten Innovationsgestaltung auszurichten.

Diese Forschungsdesiderate zur Technologieakzeptanz von IVR werden in der vorliegenden Forschungsarbeit adressiert. Das übergeordnete Ziel ist es, ein systematisches Beschreibungs- und Erklärungswissen zur Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen zu erlangen. Die durchgeführten empirischen Untersuchungen waren hierbei eingebettet in das Forschungsverbundprojekt „Virtual and Analytics Service im Maschinen- und Anlagenbau“ (VASE)¹, welches im Zeitraum von September 2017 bis August 2020 unter der koordinativen Projektleitung der Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT) des Instituts für Erziehungswissenschaft an der Universität Stuttgart mit Forschungs- und Industriepartnern durchgeführt wurde. Im Rahmen des Projekts war die Perspektive der Akzeptanz und der Rezeptionsbedingungen für eine gelingende Integration von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen bedeutsam.

1.1. Forschungsfragen

Die übergreifende Zielsetzung dieser Arbeit besteht darin, auf Basis eines empirischen Ansatzes ein systematisches Beschreibungs- und Erklärungswissen zur Technologieakzeptanz der immersiven Virtual Reality Technologie zu generieren. Es werden die folgenden Forschungsfragen adressiert:

1. Inwiefern eignen sich etablierte Modelle zur Technologieakzeptanz, um die Technologieakzeptanz von immersiven Virtual Reality Technologien zu analysieren und vorherzusagen?
2. Welche Aspekte fördern oder hemmen die Technologieakzeptanz von immersiven Virtual Reality Technologien?

Im Rahmen von vier empirischen Studien, welche in wissenschaftlichen Fachzeitschriften bzw. einem Sammelband publiziert wurden, werden diese Forschungsfragen untersucht.

¹ VASE wurde durch das BMBF im Rahmen der Bekanntmachung „Technikbasierte Dienstleistungssysteme“ des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ unter dem FKZ: 02K16C110 gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

1.2. Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in drei Hauptteile. Die durchgeführten und veröffentlichten empirischen Studien, welche das zentrale Element darstellen, werden von einer theoretischen Einführung und einer zusammenfassenden Diskussion eingerahmt.

Zunächst erfolgt eine allgemeine theoretische Hinführung zu den thematischen Schwerpunkten der Arbeit sowie dem aktuellen Forschungsstand. Im folgenden Kapitel werden hierfür als erstes relevante Aspekte im Kontext der Digitalisierung der Arbeitswelt, darunter Industrie 4.0 und die damit einhergehenden veränderten Bedingungen und Anforderungen an die berufliche Aus- und Weiterbildung thematisiert. Daraufhin wird der Begriff ‚Virtual Reality‘ als zentraler Kern der Arbeit definiert und geschichtlich eingeordnet, technologische Spezifika einzelner virtueller Technologien erläutert sowie Ansatzpunkte des Einsatzes der Technologien in der beruflichen Aus- und Weiterbildung abgeleitet. Im darauf folgenden Kapitel schließt sich eine theoretische Betrachtung des Konstrukts der Technologieakzeptanz und die Vorstellung des Forschungsstands zur Technologieakzeptanz allgemein sowie zur Technologieakzeptanz von Virtual Reality Technologien an. Auf Basis des berichteten theoretischen und empirischen Hintergrunds wird ein Zwischenfazit gezogen und die theoretische Grundlage der empirischen Untersuchungen begründet.

Der zweite Teil der Arbeit umfasst die vier empirischen Publikationen, welche im Kontext der Forschungsfragen durchgeführt und veröffentlicht wurden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die zentralen Aspekte der Studien. Die erste empirische Studie befasst sich einsteigend in die Thematik mit der Frage, wie die Technologieakzeptanz von IVR grundsätzlich erhoben und vorhergesagt werden kann. Es wird speziell untersucht, inwiefern sich eine weit verbreitete Theorie zur Erklärung und Vorhersage der Technologieakzeptanz – das Technology Acceptance Model (Davis et al., 1989) – zur Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR eignet und inwiefern die im Modell postulierten potenziellen Einflussfaktoren wahrgenommene Nützlichkeit und wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit eine Rolle für die Nutzungsintention von IVR spielen. Es werden zudem Unterschiede in der Akzeptanz zwischen verschiedenen Subgruppen auf Basis der nutzerbezogenen Faktoren Alter und Vorerfahrung mit der Technologie betrachtet. Die Fragebogen-Erhebung schließt N = 276 Personen ein. Mittels einer Strukturgleichungsmodellierung werden die Zusammenhänge zwischen den erhobenen Kernkomponenten des TAM untersucht und bestätigt. Die Studie liefert einen ersten empirischen Zugang zur Thematik der Technologieakzeptanz von IVR und bildet damit die Grundlage für die daran anschließenden drei Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit.

Die zweite Studie baut theoriegestützt auf der ersten Studie auf und betrachtet neben den originären Einflussfaktoren auf die Technologieakzeptanz sowie den nutzerbezogenen Aspekten weitere organisationsbezogene Einflussfaktoren, welche das Erklärungsmodell zur Technologieakzeptanz erweitern. Dazu zählen die soziale Norm, die wahrgenommene Verhaltenskontrolle und die organisationsspezifischen Faktoren Anwendertraining, Anwendersupport und Unterstützung durch die Führungskräfte. Leitend ist die Tatsache, dass mithilfe des originären TAM die Ausprägung der Akzeptanz zwar gemessen und vorhergesagt werden kann, sich der erklärte Varianzanteil in der ersten Studie aber als ausbaufähig zeigt und keinerlei praxis- oder handlungsrelevanten Empfehlungen getroffen werden können, wie die Akzeptanz gesteigert werden kann. In der zweiten Studie wird diese Limitation adressiert und ein virtueller Verkaufsraum, welcher in der Publikation detailliert vorgestellt wird, untersucht. Das methodische Vorgehen umfasst eine Fragebogen-Erhebung im Rahmen eines Train-the-Trainer Events mit N = 96 Trainern und Trainerinnen der Firma ANDREAS STIHL AG und Co. KG. Mittels einer Regressionsanalyse und Korrelationen wird ein Einfluss der Nützlichkeit und der Verhaltenskontrolle nachgewiesen sowie positive Zusammenhänge mit den genannten organisationsbezogenen Faktoren ermittelt. Die zweite Studie betrachtet aufbauend auf der ersten Studie ebenfalls den nutzerbezogenen Einflussfaktor des Alters.

Die dritte Studie öffnet den bisherigen Forschungsrahmen hin zu einer stärkeren Fokussierung auf die Weiterentwicklung der IVR-Forschungsmethodik und zielt auf die formative Evaluation einer immersiven virtuellen Lernumgebung im Hinblick auf die Technologieakzeptanz, die User Experience und den Lerntransfer. Mit dem Einsatz innovativer Technologien und dem Anspruch, diese im Hinblick auf relevante Aspekte wie die Technologieakzeptanz empirisch zu untersuchen, bedarf es mitunter ebenso neuartiger methodischer Zugänge. Die Studie stellt deshalb die methodische Vorgehensweise Vid-VR im Rahmen einer aufwändig durchgeführten qualitativen Studie unter Einsatz von Videoaufzeichnungen vor. Ziel der Studie ist es herauszufinden, inwiefern virtuell gelerntes Handlungswissen auf eine reale Maschine übertragen werden kann, welche Optimierungspotenziale die virtuelle Umgebung birgt und wie sie bewertet wird. N = 13 Probanden nahmen an einer Bedienerschulung unter Einsatz der virtuellen Umgebung teil und beantworteten im Anschluss quantitative Fragebögen, unter anderem zur Technologieakzeptanz in Anlehnung an die erste und zweite Studie unter Berücksichtigung des TAM. Zusätzlich wurden sie aufgefordert, das erlernte handlungsbezogene Wissen an der realen Maschine anzuwenden. Videos aus der IVR-Schulung sowie die Handlungen an der realen Maschine wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse analysiert und daraus konstruktions-, instruktions-

sowie interaktionsbedingte Optimierungspotenziale abgeleitet. Fehler, Schwierigkeiten und sonstige Auffälligkeiten an der realen Maschine geben – ergänzt durch die quantitativen Ergebnisse der Fragebögen – weitere Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten. Die dritte Studie bettet die Technologieakzeptanz als einen zentralen Bewertungsaspekt von virtuellen Umgebungen in die Evaluation einer IVR-Lernumgebung ein und fokussiert relevante Aspekte im Kontext der Transferforschung.

Die vierte Studie adressiert den aktuellen Status-Quo des Einsatzes von IVR sowie der Technologieakzeptanz in Organisationen in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Sie schließt den Rahmen zur Identifikation relevanter Einflussfaktoren auf die Technologieakzeptanz, welcher durch die erste und zweite Studie aufgespannt wurde und berücksichtigt notwendige methodische Besonderheiten, vergleichbar mit der dritten Studie. Es werden neben den bereits fokussierten nutzerbezogenen und organisationsbezogenen Faktoren insbesondere technologiespezifische Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von IVR adressiert. Die qualitative Studie umfasst $N = 20$ Experteninterviews mit Vertretern aus Organisationen, die bereits Erfahrung mit der IVR-Technologie gesammelt haben. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass – im Gegensatz zu den anderen drei Erhebungen – nur Personen befragt werden, welche sich gut mit IVR auskennen und eine erfahrungsbasierte Einschätzung der Herausforderungen und Potenziale der Technologie vornehmen können. Die Studie baut in ihrer methodischen Vorgehensweise auf den Erkenntnissen der ersten drei Publikationen auf. Sie greift die gewonnenen empirischen Ergebnisse zum TAM im verwendeten Interviewleitfaden spezifisch auf und erweitert diese gemäß der erzielten Ergebnisse sinnvoll. In der Studie werden die Ebenen Organisation, Trainerinnen und Trainer sowie Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer bezüglich der Akzeptanz unterschieden.

Im dritten Teil der Arbeit werden die vier durchgeführten Studien übergreifend diskutiert. Hierfür werden die zentralen studienspezifischen und -übergreifenden Ergebnisse zunächst zusammengefasst und Übereinstimmungen sowie Unterschiede zwischen den Untersuchungen herausgestellt. Die Studien werden anschließend in den Kontext der bestehenden Literatur gestellt. Der gewonnene wissenschaftliche Fortschritt wird herausgearbeitet und bestehende Limitationen werden kritisch reflektiert. Die Arbeit wird mit einem Ausblick für zukünftige Forschungsansätze abgeschlossen.

Tabelle 1: Überblick der im Rahmen der Arbeit durchgeführten Studien.

Studie	Forschungsfragen	Forschungsmethoden	Stichprobe	Zeitraum der Erhebung	Zentrale Ergebnisse
1: Pletz & Zinn (2018)	<p>Inwiefern eignet sich das TAM¹ zur Untersuchung und Vorhersage der Technologieakzeptanz von IVR²?</p> <p>Welche Faktoren fördern oder hemmen die Technologie-akzeptanz von IVR?</p>	Quantitative Fragebogenerhebung	276 (potenzielle) Nutzerinnen und Nutzer von IVR	01/2018 – 07/2018	<ul style="list-style-type: none"> • Die wahrgenommene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit haben einen Einfluss auf die Nutzungsintention von IVR. • Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit beeinflusst die Nützlichkeit. • Ältere Personen schätzen die Benutzerfreundlichkeit von IVR niedriger ein als jüngere Personen. • Personen mit Erfahrung mit IVR schätzen die Nützlichkeit, die Benutzerfreundlichkeit, die Nutzungsintention und das Interesse höher ein, als Personen ohne Erfahrung.
2: Pletz, Lemke & Deininger (2020)	<p>Wie hoch ist die Technologieakzeptanz der Anwendung STIHL VR2GO bei Trainerinnen und Trainern ausgeprägt?</p> <p>Welche Faktoren fördern oder hemmen die Technologieakzeptanz von IVR?</p> <p>Bestehen Zusammenhänge zwischen organisationsbezogenen Faktoren und der Technologieakzeptanz von IVR?</p>	Quantitative Fragebogenerhebung	96 Trainerinnen und Trainer	04/2018 – 05/2018	<ul style="list-style-type: none"> • Die wahrgenommene Nützlichkeit und Verhaltenskontrolle haben einen Einfluss auf die Nutzungsintention von IVR. • Ein Einfluss der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und sozialen Norm auf die Nutzungsintention zeigt sich nicht. • Die intraorganisationalen Faktoren Unterstützung durch die Führungskräfte, Anwendersupport und Anwendertraining korrelieren mit den Variablen der Technologieakzeptanz. • Ältere Personen schätzen die Nützlichkeit, soziale Norm, die Unterstützung durch die Führung und die Anwendertrainings niedriger ein, als jüngere Personen.

Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen

3: Pletz & Zinn (2020)	<p>Wie wird eine virtuelle Bedienschulung im Hinblick auf die Technologieakzeptanz, die User Experience und den Lerntransfers bewertet?</p> <p>Inwiefern kann virtuell gelerntes Handlungswissen auf reale Tätigkeiten übertragen werden?</p>	<p>Qualitative Videoanalyse und quantitative Fragebogenerhebung</p>	<p>13 Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer</p>	<p>04/2019 – 05/2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es zeigen sich konstruktions-, instruktions- und interaktionsbedingte Optimierungspotenziale. • Die Technologieakzeptanz, der subjektive Lernerfolg und die User Experience werden positiv eingeschätzt. • Es zeigen sich keinerlei Schwierigkeiten beim Transfer von räumlichen Aspekten von der virtuellen auf die reale Maschine. • Ein positiver Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Nutzung der Hilfefunktion und der Anzahl der Fehler und Schwierigkeiten deutet sich an.
4: Pletz (2021)	<p>Welche nutzerbezogenen, organisationsbezogenen und technologiespezifischen Faktoren fördern oder hemmen die Technologieakzeptanz von IVR bei Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmern sowie Trainerinnen und Trainern?</p>	<p>Qualitative Experteninterviews</p>	<p>15 Expertinnen und Experten</p>	<p>01/2020 – 02/2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Das Erkennen eines Mehrwerts für das eigene Arbeiten und Lernen durch den Einsatz von IVR ist sowohl für die Technologieakzeptanz der Schulungsteilnehmenden als auch Trainerinnen und Trainer zentral. • Für die Trainerinnen und Trainer ist insbesondere der Aufwand der Implementation von IVR in bestehende Trainings (konzeptionell und technologisch) und die Verlässlichkeit für eine positive Akzeptanz wichtig. • Technologiespezifische Faktoren umfassen den Tragekomfort, die Kabelgebundenheit, Möglichkeiten für haptisches Feedback und die Hygiene. • In den meisten befragten Organisationen wurde IVR primär eingeführt, um im Zuge der Digitalisierung aktiv zu werden, neue Technologien auszuprobieren und für eine positive Außenwirkung. Tatsächlich sinnvolle Use Cases wurden meistens erst nach der Anschaffung identifiziert.

Anmerkungen: ¹ Technology Acceptance Model. ² Immersive Virtual Reality Technologien.

1.3. Theoretischer Rahmen und Forschungsstand

1.3.1. Digitalisierung der Arbeitswelt

Digitalisierung und Industrie 4.0 sind laut Andelfinger (2017; S. 1) die „Megathemen unserer Zeit“. Weitreichende Transformationsprozesse beeinflussen in diesem Kontext unser aktuelles Leben und Arbeiten. In den folgenden beiden Abschnitten werden diese digitalisierungsbezogenen Entwicklungen und deren Auswirkungen für die Aus- und Weiterbildung vorgestellt.

1.3.1.1. Digitalisierungsbezogene Entwicklungen

Die Digitalisierung von Produkten, Prozessen, Dienstleistungen sowie die Vernetzung der physikalischen Welt mit der virtuellen Welt des Internets („Internet der Dinge“) werden innovationspolitisch unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ thematisiert, welche ein zentrales Element der Hightech-/Innovationsstrategie der Bundesregierung in Deutschland darstellt (Botthof & Hartmann, 2015; Botthoff, 2015). Im Rahmen des Technologieprogramms „Autonomik für Industrie 4.0“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie ausgeprägt und gefördert, sollen Unternehmen zukünftig in die Lage versetzt werden, „Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel so zu vernetzen, dass diese eigenständig Informationen austauschen, Aktionen auslösen und sich wechselseitig selbstständig steuern können“ (Botthof & Hartmann, 2015, S. V). Prozesse und Produkte sollen weitestgehend digitalisiert und automatisiert werden (Gebhardt, Grimm & Neugebauer, 2015). Das Ziel ist eine Effektivitätssteigerung durch die dadurch ermöglichte Echtzeit-Kommunikation zwischen sowohl Subjekten als auch Objekten (Gebhardt et al., 2015; Kagermann, 2017). „Auf der Prozessebene führen die globale Vernetzung von Produktionsprozessen, die Selbststeuerung der Produktionsobjekte und die Möglichkeit zur hochgradigen Individualisierung der Produkte und Dienste zur erhöhten Prozesskomplexität“ (Ullrich et al., 2015, S. 773). Dieses Zukunftsbild der „Smart Factory“ stellt das Kernelement von Industrie 4.0 dar (Becker, 2015). Die Begrifflichkeit Industrie 4.0 weist hierbei auf die vierte Stufe der produzierenden Wirtschaft durch das Internet als Infrastruktur hin und wird deshalb auch mitunter als vierte Stufe der industriellen Revolution – nach der mechanischen, elektrischen und elektronischen bzw. informationstechnischen Produktionstechnik – bezeichnet (Botthof & Hartmann, 2015). Andere Experten sprechen mit Blick auf den Zeithorizont dagegen eher von einer Evolution (Barthelmäß et al., 2017; Kagermann, 2017). Barthelmäß et al. (2017) identifizierten zentrale

Schlagwörter der Thematik und ordneten diese zu drei Clustern, welche Industrie 4.0 zusammenfassend charakterisieren sollen: (1) Vernetzung, (2) Automatisierung und (3) Flexibilität.

Aber nicht nur im Produktionsumfeld, sondern auch im Bauwesen spielt die Digitalisierung unter dem Schlagwort „Bauen 4.0“ eine zentrale Rolle (Syben, 2018). Insbesondere für die Bauplanung und -logistik werden digitalisierungsbezogene Methoden aus dem industriellen Umfeld übernommen und erweitert, was eine Vernetzung der verschiedenen Bauprozesse ermöglicht (Ebner, 2017). Die übergeordnete Zielsetzung liegt hierbei konsistent mit den obigen Ausführungen im industriellen Bereich darin, zeitliche Abläufe in den Bauprozessen zu verkürzen, Kosten zu senken und die Qualität des Bauprojekts zu erhöhen (Bracht, Geckler & Wenzel, 2018). Vor allem das Building Information Modeling (BIM) steht in diesem Zusammenhang im Fokus. Alle am Bau beteiligten Personengruppen, beispielsweise Architektinnen und Architekten, Baukonstrukteurinnen und -konstrukteure sowie Bauausführende, werden durch BIM digital miteinander vernetzt und können über eine virtuelle Plattform kollaborieren. Solche digitalen, interaktiven Kollaborationssysteme sind insbesondere für größere Bauvorhaben mit mehreren beteiligten Abteilungen vorteilhaft, um Abstimmungsprozesse zu vereinfachen und zu beschleunigen, Fehler in der Planung und Konstruktion vorzubeugen und den gesamten Bauprozess – vor allem auch bezüglich der Kosten und zeitlichen Fristen – zu überwachen. Ein virtuelles Modell des Bauvorhabens steht im Zentrum dieser Methode und stellt geometrische Daten bereit, enthält Informationen zum Bauverfahren sowie zur Beschaffung von Baumaterialien und zum Lebenszyklus des Bauobjekts (Azhar, 2011; Ebner, 2017; Syben, 2018). Die Digitalisierung im Baubereich kann damit die einzelnen Phasen der Planung, der Herstellung, des Betriebs und des Rückbaus des Lebenszyklus eines Bauobjekts auf einer Informationsgrundlage zusammenführen (Syben, 2018).

Voraussetzung für eine digitalisierungsbezogene Strategie in Unternehmen sind die Neukonstellation und Integration neuer digitaler Technologien (Gebhardt et al., 2015). Zentrales Element sind hierbei die so genannten cyber-physischen Systeme, d. h. über das Internet kommunizierende, digitalisierte physische Komponenten (Burger, Lang & Müller, 2017). Mittels cyber-physischen Systemen und den dazugehörigen Sensoren sowie Aktuatoren kann eine tiefgehende Überwachung und Steuerung der Systeme erreicht werden (Ullrich et al., 2015). Weitere Technologien, die im Rahmen von Digitalisierungsprozessen eine zentrale Rolle spielen, sind die so genannten Assistenzsysteme. Trotz der zunehmenden Vernetzung und Automatisierung der Maschinen und Prozesse wird der Mensch weiterhin von zentraler

Bedeutung sein, weshalb intelligente Mensch-Maschine-Schnittstellen notwendig sind, um die Beschäftigten effizient zu integrieren. Assistenzsysteme charakterisieren sich dadurch, dass sie einzelne Teilaufgaben einer Tätigkeit übernehmen und die Beschäftigten dadurch in ihren Aufgabenbereichen unterstützen, zum Beispiel bei physisch anstrengenden, monotonen oder komplexen Tätigkeiten. Hierdurch können Fehler verringert und die Kontrolle erhöht werden sowie eine höhere Prozessqualität und -geschwindigkeit erreicht werden (Willeke & Kassermann, 2016). Ebenso kann die Produktivität älterer Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer erhalten werden, was dem drohenden Fachkräftemangel aufgrund des demografischen Wandels entgegenwirkt (Becker, 2015). Assistenzsysteme können beispielsweise in Form von Datenbrillen, Exoskeletten, Datenhandschuhen oder Head-Mounted-Displays (siehe Kapitel 1.3.2 Virtual Reality Technologien) realisiert werden und sind in optische, akustische und haptische Systeme klassifiziert (Willeke & Kassermann, 2016). Neben der Produktion (z. B. Montageanleitungen), stellen vor allem auch die Logistik (z. B. Kommissionierungsanweisungen) und der technische Service (z. B. digitalisierte Handbücher) potenzielle Anwendungsgebiete dar (Senderek & Geisler, 2015; Willeke & Kassermann, 2016). Allerdings bestehen in der zukünftigen Rollenverteilung und damit der Ausgestaltung der Schnittstellen zwischen Mensch und Technik noch deutliche Forschungsbedarfe (Deuse et al., 2015).

Zusammengefasst können laut Zinn (2015) drei zentrale Perspektiven abgeleitet werden, welche die mit digitalisierungsbezogenen Entwicklungen einhergehenden Zielsetzungen widerspiegeln: Die (1) technologische Perspektive, welche vor allem die zunehmende Flexibilitätsanforderungen der Arbeitsmärkte, eine wachsende Individualisierung der Produkte („Losgröße 1“), kürzere Produktlebenszyklen und komplexere Prozessabläufe durch den Einsatz neuer Technologien für intelligente Maschinen, Machine-to-Machine-Kommunikation, Big Data, Smart Data und Internet der Dinge fokussiert. Die (2) ökonomische Perspektive, welche insbesondere neue Geschäftsmodelle und eine Verbesserung der Wertschöpfung auf Basis der technologischen Optionen, wie zum Beispiel die Individualisierung von Kundenwünschen, Flexibilisierung, Verbesserung der Ressourcenproduktivität und -effizienz und neue Dienstleistungen in den Fokus stellt. Und die (3) arbeits- und berufssoziologische Perspektive, die als Kernelement das Verhältnis von Technik und Arbeit umfasst, zum Beispiel im Zusammenhang mit Auswirkungen auf den Beschäftigungsumfang, veränderten Handlungsspielräumen sowie Anforderungs- und Qualifikationsbedarfen. Diese veränderten Anforderungs- und Qualifikationsbedarfe haben

wiederum Auswirkungen auf die berufliche Aus- und Weiterbildung der Mitarbeitenden und implizieren entsprechende Veränderungsbedarfe.

1.3.1.2. Implikationen für die berufliche Aus- und Weiterbildung

Die Mitarbeitenden mit ihrem Wissen und ihren Kompetenzen können als kritischer Erfolgsfaktor der oben erläuterten digitalisierungsbezogenen Veränderungen bezeichnet werden. Aufgrund der beschriebenen umfassenden prozessualen und technologischen Änderungen sind weitreichende Aus- und Weiterbildungsbedarfe der im Produktionsfeld oder im Baubereich tätigen Personen zu konstatieren, da teilweise völlig neue Anforderungen an das Können, die Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen der Beschäftigten gestellt werden (Becker, 2015; Syben, 2018; Thomas, Metzger & Niegemann, 2018a; Ullrich et al., 2015). Da sich die Tätigkeitsstrukturen der Beschäftigten durch das Zusammenwirken von Automaten bzw. Maschinen und Menschen ändern, ergeben sich auch neue Qualifikationserfordernisse und neue Formen der Arbeitsorganisation (Botthoff, 2015). So werden zum Beispiel einfache und repetitive Tätigkeiten in Zukunft zurückgehen und verstärkt kreative, wertschöpfende Tätigkeiten, bzw. überwachende und regulierende Tätigkeiten an der Schnittstelle Mensch-Maschine an die Mitarbeitenden übertragen (Becker, 2015; Senderek & Geisler, 2015). Es besteht die Gefahr, dass die Menschen umso weniger in der Lage sind die nicht sichtbaren Prozessabläufe zu verstehen und adäquate Entscheidungen hinsichtlich Ihrer Handlungen treffen zu können, je stärker die Automatisierung ausgeprägt ist. Dieses Dilemma wird als „Ironies of Automation“ bezeichnet (Bainbridge, 1983). Assistenzsysteme können die physische und kognitive Leistung hierbei als so genannte „Fähigkeitsverstärker“ unterstützen (Botthoff, 2015, S. 4).

Es ist zu erwarten, dass qualifikatorisch „mehr“ und „komplexere“ Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten notwendig sein werden, was zur Folge haben könnte, dass Personen mit einer höheren beruflichen Bildung stärker nachgefragt werden, als Personen mit geringeren Qualifizierungen (Gebhardt et al., 2015). Laut Becker (2015) werden sich insbesondere die Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlöseanforderungen sowie Anforderungen nach selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten der Selbstorganisation verändern. Je nach Tätigkeit können Synergien zwischen verschiedenen Tätigkeitsbereichen entstehen, weshalb eine flexible und interdisziplinäre Handlungsfähigkeit der Mitarbeitenden gefordert ist (Gebhardt et al., 2015). Hierdurch ergeben sich selbstverständlich auch neue fachliche Anforderungen durch die Verbindung von mechanischen, elektronischen und Software basierten Systemen, was mitunter in einer höheren

Aufgabenvielfalt sowie einem höheren Bedarf an IT-Kompetenzen mündet und entsprechend in der Aus- oder Weiterbildung inhaltlich thematisiert werden muss (Bochum, 2015; Gebhardt et al., 2015). Tenberg und Pittich (2017) fassen diese Veränderungen allgemein mit einer zunehmenden Anreicherung der Facharbeit mit Wissensarbeit zusammen.

„Die Dynamik der Anforderungen an den beruflichen Arbeitsplätzen der Zukunft verlangt weniger ein feststehendes Qualifikationsprofil als vielmehr ein auf Kompetenzentwicklung angelegtes Berufsleben – von der Berufsausbildung bis in den Ruhestand“ (Gebhardt et al., 2015, S. 52). Arbeitsplatznahe und selbstorganisierte Qualifizierungsformen werden deshalb neben den traditionellen Maßnahmen verstärkt gefragt sein. Ebenso wird ein lebenslanges Lernen stärker in den Fokus rücken (Becker, 2015), insbesondere vor dem Hintergrund der sich ständig und rasant erneuernden digitalen Informations- und Kommunikationstechnologien (Gebhardt et al., 2015). Neben der Weiterbildungsbereitschaft der Fachkraft bedarf es hierfür systematischer Weiterbildungsstrukturen und innovative Lernmöglichkeiten (Zinn, 2015).

Die Digitalisierung hat vor diesem Hintergrund aber nicht nur Auswirkungen auf den Aus- und Weiterbildungsbedarf der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, sondern birgt gleichzeitig auch neue Potenziale für die Ausgestaltung der Aus- und Weiterbildung selbst, insbesondere durch „eine bis dato nicht erreichte Form des Zugangs zu Lerninhalten, unabhängig von räumlichen, zeitlichen und individuellen Gegebenheiten“ (Thomas et al., 2018a, S. V). Neue digitale Lerntechnologien können der Forderung nach mehr Selbststeuerung, Anwendungsorientierung und Flexibilität bei der Gestaltung von Lehr- und Lern-Arrangements nachkommen. Als Ausgangsbasis und relevante Informationsquelle bietet insbesondere das Internet immer mehr und bessere Zugänge zu Wissensressourcen unterschiedlicher Inhalte und Qualität (Herber et al., 2011). Gemäß Zinn (2015) kann davon ausgegangen werden, dass physische und virtuelle Orte in modernen Lernumgebungen verstärkt miteinander verknüpft werden. Der Einbezug innovativer Lernräume kann dazu führen, dass zum Beispiel der Praxisbezug in der Aus- und Weiterbildung steigt sowie ein flexibles Learning-on-Demand ermöglicht wird. Digitale Lernwelten ermöglichen außerdem Räume für ein sozial vernetztes, informelles digitales Lernen (Meister & Kamin, 2010). Möglicherweise lässt sich auch die Lernleistung und Lernmotivation verbessern (Howe & Knutzen, 2013).

Die Spannweite digitaler Lerntechnologien reicht von dem Einsatz elektronischer Tools, wie Whiteboards im Präsenzunterricht, über klassische computer- oder webbasierte Lernumgebungen (häufig unter dem Begriff „E-Learning“ zusammengefasst), adaptive

Lernangebote, bis hin zu technologiebasierten Erfahrungswelten im Bereich Cross Reality (XR) (Herber et al., 2011; Meister & Kamin, 2010; Zinn, 2020). Virtual Reality wird in diesem Zusammenhang als eine relevante technologische Komponente der digitalisierungsbezogenen Entwicklungen aufgeführt (Ebner, 2017; Hänisch, 2017) und ist zentraler Gegenstandsbereich der vorliegenden Arbeit. Im Folgenden werden deshalb die technologischen Besonderheiten und Potenziale der Virtual Reality Technologien ausführlich vorgestellt.

1.3.2. Virtual Reality Technologien

Der Begriff ‚Virtual Reality‘ wird in der Literatur nicht einheitlich, sondern für unterschiedliche Technologien mit verschiedenen Benutzerschnittstellen und technologischen Optionen verwendet (Brill, 2009; Pletz & Zinn, 2020b). In den folgenden Kapiteln wird deshalb zunächst eine detaillierte begriffliche Einordnung vorgenommen.

1.3.2.1. Begriffsbestimmung und geschichtliche Entwicklung

Unter Virtuellen Realitäten (engl.: *Virtual Reality*, VR) werden im Allgemeinen umfassende computergenerierte, dreidimensionale Repräsentationen der realen oder fiktionalen Welt und der ihr enthaltenen Objekte in Echtzeit verstanden (Schwan & Buder, 2006). Charakteristisch für VR sind „maßstäbliche und räumlich definierte Visualisierungen der Objekte und der Umgebung sowie die Möglichkeit für [die Nutzerin und] den Nutzer, direkt räumlich mit den Objekten in der virtuellen Welt zu interagieren“ (Bues, Schultze & Wingert, 2018, S. 113). Die Nutzerin, bzw. der Nutzer kann demgemäß in einer simulierten Realität handeln, die Anwendung steuern und sich idealerweise so wie in der Realität verhalten (Brill, 2009). Der Begriff ‚Simulation‘ bezieht sich hierbei im Allgemeinen auf die Abstraktion der Wirklichkeit anhand von Modellen, welche je nach Grad der Abstraktion und der Detailtiefe realitätsnah sind oder nicht (Höntzsch et al., 2013). Für die Umsetzung und Darstellung der virtuellen Realitäten ist spezifische Soft- und Hardware notwendig. Die nachfolgenden Definitionen von Dörner et al. (2013) geben vor diesem Hintergrund einen Überblick über die VR-bezogenen Begrifflichkeiten:

„Ein VR-System nennen wir ein Computersystem, das aus geeigneter Hardware und Software besteht, um die Vorstellung einer Virtuellen Realität zu realisieren. Den mit dem VR-System dargestellten Inhalt bezeichnen wir als Virtuelle Welt. Die Virtuelle Welt umfasst z. B. Modelle von Objekten, deren Verhaltensbeschreibung für das Simulationsmodell und deren Anordnung im Raum. Wird eine Virtuelle Welt mit einem VR-System dargestellt, sprechen wir von einer Virtuellen Umgebung für einen oder mehrere Nutzer.“ (Dörner et al., 2013, S. 7)

Da die Wahrnehmung einer Umgebung über die menschlichen Sinne erfolgt, werden die Sinneneindrücke der Nutzenden in virtuellen Welten über künstliche oder natürliche Benutzerschnittstellen des VR-Systems bereitgestellt. Der im Zentrum stehende visuelle Eindruck kann durch auditives Feedback und weitere sensorische Eindrücke, wie taktile Reize oder seltener auch olfaktorische Reize, ergänzt werden, um idealerweise den Eindruck zu erwecken, sich tatsächlich in einer digitalen Welt zu befinden, welche vollständig isoliert von der realen Außenwelt existiert und in welcher so gehandelt werden kann, wie man es gewohnt ist (Dörner et al., 2013). Die authentische Erfahrung wird hierbei durch die Interaktions- und Navigationsmöglichkeiten unterstützt. So erhalten die Personen durch Echtzeit-Visualisierungen und -Reaktionen des Systems ein direktes Feedback zu ihren Handlungen (Zinn & Ariali, 2020).

Im Zusammenhang mit VR wird von den „drei I“ gesprochen: Imagination, Interaktion und Immersion. Die Imagination bezieht sich auf die Vorstellungskraft und das Einbildungsvermögen der Lernenden, sich in die virtuelle Umgebung hineinzusetzen, während die Interaktion die Echtzeit-Reaktionen des Systems auf Handlungen der Nutzenden umfasst (Höntzsch et al., 2013). Das „Eintauchen“ in die virtuelle Welt wird als Immersion bezeichnet. Immersion wird als psychologischer Zustand definiert, welcher durch die Wahrnehmung charakterisiert ist in eine Umgebung eingebunden zu sein, komplett in diese einbezogen zu werden und mit ihr interagieren zu können (Dede et al., 2017; Witmer & Singer, 1998). Immersion wird laut Slater und Wilbur (1997) durch vier technische Aspekte der Eingabegeräte erreicht: (1) die Nutzenden sollen von der realen Umgebung isoliert sein, d. h. Sinneseindrücke sollen primär von dem VR-System erzeugt werden (*inclusive*), (2) möglichst viele Sinne sollen angesprochen werden (*extensive*), (3) die Ausgabegeräte sollen die Nutzenden vollständig umgeben, und kein enges Sichtfeld bieten (*surrounding*) und (4) die Ausgabegeräte sollen eine „lebendige“ Darstellung ermöglichen, zum Beispiel durch eine hohe Auflösung und farbliche Qualität (*vivid*).

Gekoppelt an die Immersion spielt auch das räumliche Präsenzerleben für VR eine zentrale Rolle. Präsenz wird definiert als „the subjective experience of being in one place or environment, even one is physically situated in another“ (Witmer & Singer, 1998, S. 225). In Bezug auf virtuelle Umgebungen bedeutet dies, dass Personen während der Nutzung eines VR-Systems tatsächlich das Gefühl haben, sich dort zu befinden und weniger in ihrer tatsächlichen realen Umgebung. Gemäß Witmer und Singer (1998) sind eine aktive Beteiligung und Aufmerksamkeit (engl.: *involvement*) der Person sowie eine erlebte Immersion notwendige Voraussetzungen für ein räumliches Präsenzerleben. Wenn sich auch andere Personen in der

virtuellen Umgebung befinden und entsprechend auf den Nutzenden reagieren, kann von einer sozialen Präsenz gesprochen werden (Heeter, 1992).

Der Begriff ‚Virtual Reality‘ ist laut Brill (2009) ein Widerspruch in sich. *Real* und *virtuell* werden entsprechend dieser Aussage häufig als Antonyme verwendet. So wird mit *real* in der Regel die tatsächlich vorhandene, physische, gegenständliche Welt verbunden, in der wir uns tagtäglich bewegen. Unter *virtuell* wird dagegen etwas nicht in der Wirklichkeit vorhandenes, aber real erscheinendes verstanden (Schuster, 2015). Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram et al., 1995) liefert in diesem Zusammenhang eine differenzierte Abgrenzung der Begriffe (Schuster, 2015). Auf der kontinuierlichen Skala (siehe Abbildung 1) stellen reale Umgebungen (RE) und virtuelle Umgebungen (VE) zwei entgegengesetzte Pole dar. Gemäß Milgram und Colquhoun (1999) sind reale und virtuelle Umgebungen demnach aber nicht als konträre Einheiten zu betrachten. Sondern einem jeden Fall auf dem Kontinuum ist ein gewisser Grad an Realität und ein gewisser Grad an Virtualität zuzuschreiben, der Übergang ist fließend. Was sich im Kontinuum zwischen den beiden Polen befindet, wird als ‚Mixed Reality‘ (MR; dt: gemischte Realität) bezeichnet (für eine genauere Abgrenzung der Mixed Reality Technologien siehe auch Mann et al., 2018). Farshid et al. (2018) betonen, dass sich in Ergänzung zum ursprünglichen Kontinuum vielmehr jeweils die Aspekte *real* und *(un)möglich* sowie *wirklich* und *virtuell* gegenüberstehen und in ihrer Kombination entscheidend für eine Einordnung sind.

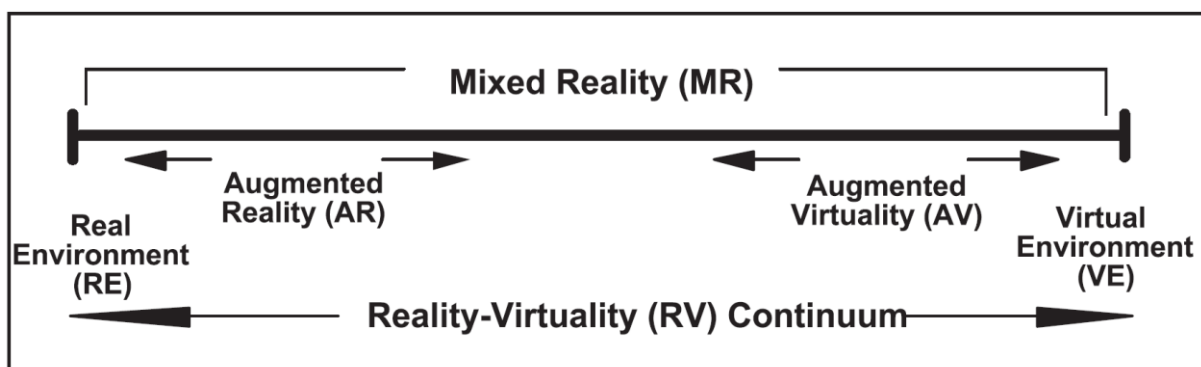


Abbildung 1: Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram & Colquhoun, 1999).

Im Rahmen der MR des Kontinuums werden neben den Polen zwei Technologien konkret benannt. Die Augmented Reality Technologie (AR) umfasst eine Erweiterung der realen Umgebung um computergenerierte, virtuelle Elemente. Potenzielle Ausgabegeräte sind das Smartphone, Tablets oder spezielle AR-Brillen (z. B. Microsoft HoloLens oder Google Glass), über welche virtuelle Informationen oder Objekte eingeblendet werden können. Die Nutzenden

können parallel die reale Welt als auch die virtuellen Elemente wahrnehmen, diese koexistieren nebeneinander (Zobel et al., 2018a). Dagegen beschreibt umgekehrt die Augmented Virtuality (AV) die Anreicherung virtueller Umgebungen um physisch reale Elemente (Gralak, 2020).

Die technologischen Grundlagen für die einzelnen Technologien wurden aus der historischen Perspektive heraus bereits früh gelegt, obwohl die Technologien insbesondere erst in der letzten Dekade in den Fokus diverser Anwendungsfälle gerückt sind (Zinn & Ariali, 2020). Das ‚Sensorama‘, ein Simulator, der räumliche Sicht mit Ton, Wind und Gerüchen kombinierte und den Nutzerinnen und Nutzern dadurch ein multi-sensorisches Erlebnis bieten sollte, wurde bereits im Jahr 1955 von Morton Heilig vorgestellt. Ivan Sutherland beschreibt in seiner Arbeit aus dem Jahr 1965 daraufhin erstmalig ein System, in welchem eine Benutzerin oder ein Benutzer eine virtuelle Welt erleben und sich darin bewegen kann. Der so genannte ‚Ultimate Display‘ (Sutherland, 1965) kann als Vorreiter der heutigen Head-Mounted-Displays (HMD) bezeichnet werden. Die Hardware hing über dem Kopf der Nutzerin oder des Nutzers und erlaubte es eine simulierte 3D-Umgebung zu betrachten:

„The ultimate display would, of course be a room within 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. 507)

Nach der Erfindung des Personal Computers (PC) im Jahr 1970 erlebte die virtuelle Technologie in den achtziger Jahren einen Aufschwung. Neben dem VIEW Projekt (Virtual Environment Interface Workstations), welches zum Ziel hatte Weltraumstationen mittels einer multi-sensorischer Arbeitsstation zu simulieren und als Meilenstein in der VR-Entwicklung gilt, wurde in diesem Zeitraum auch erstmalig über den ‚DataGlove‘ berichtet. Thomas Zimmermann und Jaron Lanier gründeten in diesem Zusammenhang die Firma VPL (Visual Programming Language). Der Begriff ‚Virtual Reality‘ geht ebenfalls auf Lanier zurück. Technologische Weiterentwicklungen des Ultimate Displays und einer besseren Graphikleistung begleiteten diese Zeit. In den neunziger Jahren wurde richtungsweisende Forschung zu VR betrieben, welche erstmalig projektionsbasierte Darstellungen ermöglichte (siehe CAVE in Kapitel 1.3.2.2 Abgrenzung verschiedener VR-Technologien). Diese wurden flankiert von der Entwicklung der Tracking-Systeme von elektromagnetischen Tracking-Systemen, über Ultraschall-basierte Systeme hin zu Infrarot-basierten Tracking-Systemen im Jahr 2000 (Brill, 2009; Dörner et al., 2013).

Mittlerweile ist die Technologie aufgrund der rasanten technologischen Entwicklung im neuen Jahrtausend bezüglich Kosten- und Dimensionsfaktoren für einen großflächigen Einsatz

geeignet. Im Jahr 2017 kamen schließlich die ersten großflächig kommerziell einsetzbaren HMDs auf den Markt (Vergara et al., 2017). Ein Indikator für das aktuell wachsende Interesse und den zunehmende Einsatz der VR-Technologien ist die Zahl der Publikationen in diesem Themenspektrum. Vergara et al. (2017) zeigen einen entsprechenden zunehmenden Trend, insbesondere in den Bereichen ‚computer science‘, ‚engineering‘ und ‚medicine‘. Ebenfalls eindeutig sind die weltweit gestiegenen Absatzzahlen für Wearable Devices (Thomas et al., 2018b; Wong, Kong & Hui, 2017).

Eine hilfreiche Orientierung zur Einschätzung, „welche Phasen branchenübergreifend relevante Technologien hinsichtlich der in sie gesetzten Erwartungen in ihrem technologischen Lebenszyklus bereits erreicht haben“ (Kreutzer, 2015, S. 3), bietet der jährlich veröffentlichte Hype Cycle für neue Technologien von Gartner (siehe Abbildung 2). Es werden fünf verschiedene Phasen definiert, die den Stand der Marktaufnahme neuer Technologien widerspiegeln (Fenn & Blosch, 2018; Kreutzer, 2015):

1. *Technology Trigger* (dt: Technologischer Auslöser): Erste Erfolgsmeldungen zu neuen Technologien werden bekannt und das Fachpublikum sowie die Medien zeigen ihr Interesse. Es ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht absehbar, inwiefern die neuen Technologien tatsächlich nachhaltig eingesetzt werden.
2. *Peak of Inflated Expectations* (dt.: Gipfel der überzeugten Erwartungen): Die Erwartungen an die neue Technologie befinden sich auf einem Maximum, da eine Vielzahl an Erfolgen sichtbar sind. Gleichzeitig stoßen die Erwartungen aber auch aufgrund von sichtbaren ersten Misserfolgen an ihre Grenzen. Weiterhin wird die Technologie nur von wenigen Unternehmen genutzt.
3. *Trough of Disillusionment* (dt.: Tal der Enttäuschung): Die ersten Misserfolge führen schließlich in der Erkenntnis, dass die Technologie die enthusiastischen Erwartungen nicht erfüllen kann. Ernüchterung setzt ein und die Berichterstattung geht zurück.
4. *Slope of enlightenment* (dt.: Pfad der Erleuchtung): Die technologische Entwicklung befindet sich in der zweiten oder dritten Generation und realistische Erwartungen an einen nutzbringenden Einsatz und an die Grenzen entwickeln sich.
5. *Plateau of Productivity* (dt.: Plateau der Produktivität): Die Vorteile der Technologie sind allgemein anerkannt und eine steigende Zahl an Unternehmen setzt sie für unterschiedliche Anwendungsbereiche ein. Wie hoch das Plateau ausfällt, hängt von der Größe des Marktes ab.

Zu den unterschiedlichen Phasen erfolgt eine jährliche Prognose, welche Technologien sich in welchem Stadium befinden und wann das Plateau der Produktivität erreicht sein wird. Der Hype Cycle kann ebenso eine Orientierung für Forscherinnen und Forscher bieten, welche Forschungsfragen für die Untersuchung einer Technologie gestellt werden können, welche Methoden sich anbieten und welche Daten verfügbar sind, da sich diese je Stand der Technologie nach deutlich unterscheiden können (O'Leary, 2008).

Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017

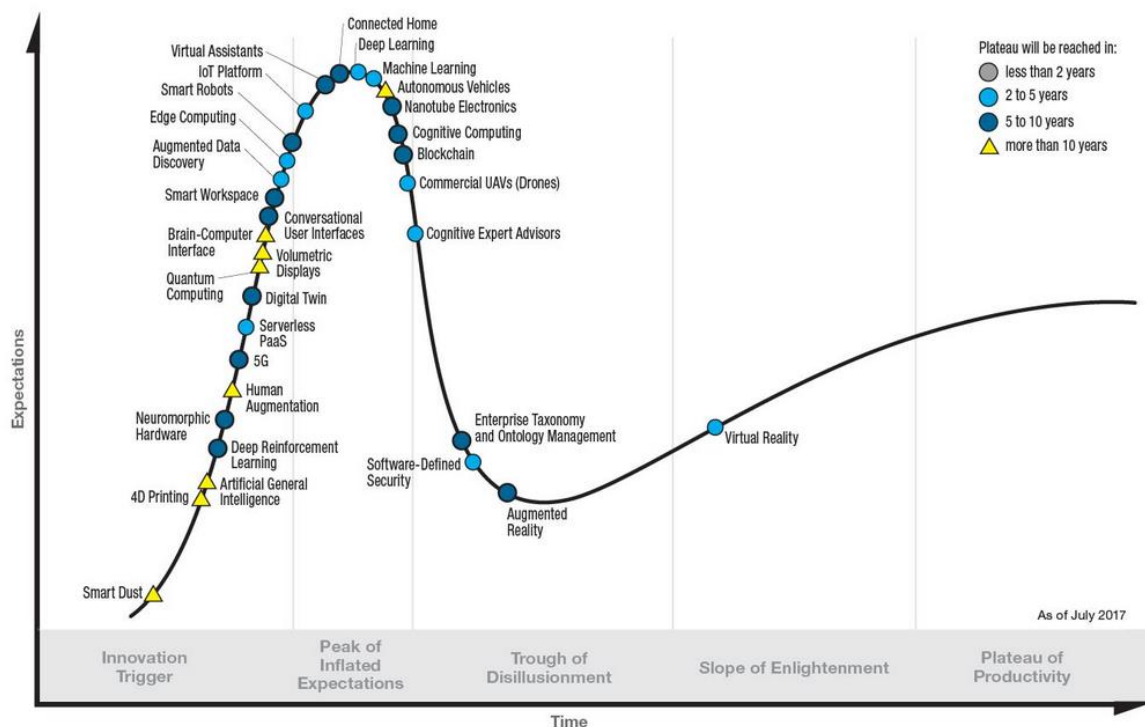


Abbildung 2: Gartner Hype Cycle für das Jahr 2017 (Gartner, 2017).

Virtual Reality befindet sich im Jahr 2017 (siehe Abbildung 2) gerade auf dem Pfad der Erleuchtung hin zum Plateau der Produktivität und wird dieses laut der Prognose in zwei bis fünf Jahren erreichen. AR erreicht dagegen gerade das Tal der Enttäuschung. Im Jahr 2018 finden sich AR und MR im Tal der Enttäuschung bzw. auf dem Weg dorthin (Gartner, 2018), VR wird hingegen nicht mehr aufgeführt. 2019 und 2020 ist VR ebenfalls nicht mehr aufgeführt (Gartner, 2019, 2020). Gemäß der Einschätzung des Zyklus sollte sich die Technologie also mittlerweile bereits am Markt etabliert haben.

1.3.2.2. Abgrenzung verschiedener VR-Technologien

VR-Technologien können auf Basis ihrer Benutzerschnittstellen, vor allem den vorhandenen Visualisierungs- und Interaktionsoptionen, in verschiedene Kategorien klassifiziert werden. Die Grundlage für diese Klassifikation bildet der Grad der Immersion (Murcia López, 2018), welcher von den technologischen Eigenschaften der eingesetzten Hardware bestimmt wird:

1. Desktopbasierte VR-Umgebungen können an handelsüblichen PCs mit einem Monitor, der Tastatur, einer Maus und ggf. einem Headset mit Kopfhörern und Mikrofon bedient werden. Aufgrund der damit vorherrschenden künstlichen Benutzerschnittstellen wird diese Variante als nicht-immersive VR-Umgebungen bezeichnet (Vergara et al., 2017; Zinn et al., 2020). Die Nutzenden können die Umgebungen aus einer egozentrischen, d. h. in Relation zum eigenen Standpunkt aus „den eigenen Augen“ heraus, oder einer allozentrischen Perspektive, d. h. „von außen“ in Relation zur Umwelt, wahrnehmen (Klatzky, 1998). Da die Sicht der Nutzenden auf die virtuelle Umgebung durch den Bildschirm aber zweidimensional und damit „flach“ ist, bezeichnen Vergara et al. (2017; S. 2) diesen als so genanntes „window in the world“. Der Vorteil nicht-immersiver virtueller Umgebungen kann im vergleichsweise geringen technologischen Aufwand gesehen werden, da die notwendige Hardware normalerweise standardmäßig am Arbeitsplatz verfügbar ist (Zinn et al., 2020).
2. Immersive VR-Umgebungen (IVR) zeichnen sich durch die dreidimensionale Wahrnehmung mittels eines HMDs (VR-Brille) aus. „Das HMD ist ein auf dem Kopf getragenes visuelles Ausgabegerät, das am Computer erzeugte Bilder auf einem augennahen Bildschirm darstellt“ (Schuster, 2015, S. 42). Hauptmerkmale sind das geschlossene Gehäuse sowie Linsen, die vor einem OLED-Bildschirm befestigt sind. Hierdurch können die Nutzenden komplett in eine virtuelle Umgebung eintauchen, ohne dass Lichteffekte aus der realen Umgebung den Eindruck stören (Zobel et al., 2018a). Das HMD folgt hierbei den Kopfbewegungen der Nutzenden, welche die virtuelle Umgebung aus der egozentrischen Perspektive wahrnehmen. VR-Brillen können in die verschiedenen Bereiche *Full-Feature* bzw. *kabelgebunden* sowie *Mobile und Low-Budget* bzw. *kabellos und mobil* eingeteilt werden (Zinn et al., 2020; Zobel et al., 2018a).

Mobile und Low-Budget HMDs können entweder mit einem Smartphone oder als Stand-Alone-Brille kabellos genutzt werden (siehe Abbildung 3). Die Nutzenden erfahren hierbei ein Drei-Stufen-Bewegungs-Tracking (3DOF), d. h. sie können sich mittels eines Controllers per Teleport oder per Blicksteuerung fortbewegen, allerdings wird die eigene Fortbewegung nach vorne/hinten, links/rechts, oben/unten nicht getrackt (Zinn et al.,

2020). Deshalb können Umgebungen unter Einsatz dieser VR-Brillen als teil-immersiv bezeichnet werden. Vorteilhaft hierbei sind die vergleichsweise geringe Anzahl an benötigter Hardware, da beispielsweise kein PC benötigt wird, und die kostengünstige Anschaffung. Beispiele für Mobile HMDs mit Smartphone sind das *Google Cardboard* sowie die *Samsung Gear* und für Stand-Alone-Brillen die *Oculus Go*.



Abbildung 3: Teil-immersive VR-Brillen - Google Cardboard und Samsung Gear.

Full Feature VR-Brillen erlauben dagegen ein Sechs-Stufen-Bewegungstracking (6DOF), welches komplexe Bewegungsabläufe ermöglicht (Zinn et al., 2020). Hierfür notwendig sind spezielle Sensoren, bzw. Kameras, welche die Position des HMDs sowie der Controller in einem vorab definierten räumlichen Bereich mithilfe von Infrarot-LEDs tracken (siehe Abbildung 4). Hierdurch kann ein Tracking-Bereich von 5 x 5 Metern abgedeckt werden. Die VR-Brille wird per Kabel entweder direkt an den PC oder einen WLAN-Adapter am Gürtel der Nutzenden für eine größere Bewegungsfreiheit angeschlossen. Häufig sind ins HMD auch Kopfhörer integriert, um eine akustische Ausgabe zu ermöglichen. Beispiele für etablierte Geräte dieser Art sind die *Oculus Rift* oder die *HTC Vive Pro*. Aufgrund der vorherrschenden natürlichen Benutzerschnittstellen, wie die Controller und das Bewegungstracking, und die Option diese um beispielsweise Datenhandschuhe zu erweitern, kann unter Einsatz von Full-Feature VR-Brillen von voll-immersiven Umgebungen gesprochen werden.



Abbildung 4: Voll-immersives VR-System - HTC Vive.

3. Ebenfalls zu den immersiven VR-Umgebungen zählt die so genannte CAVE (cave automatic virtual environment). Eine CAVE ist ein Raum, in welchem die Nutzenden stehen und die virtuelle Umgebung auf alle Flächen, d.h. Wände, Decke und Boden, projiziert wird. Für einen dreidimensionalen Eindruck tragen die Nutzenden stereoskopische Brillen (Vergara et al., 2017). Vorteilhaft hierbei ist, dass sich die Nutzenden wie gewohnt im Raum bewegen können (Grimm et al., 2018). Nachteilig sind die hohen Kosten, die mit einer entsprechenden Installation einhergehen (Vergara et al., 2017) sowie die fehlende räumliche Flexibilität durch den komplexen Aufbau.

Die vorliegende Arbeit fokussiert in ihren Untersuchungen VR-Technologien unter Einsatz von HMDs, d. h. IVR-Technologien. Desktopbasierte Umgebungen sowie CAVE werden hier nicht berücksichtigt. Die für die fokussierten IVR-Technologien typischen Ein- und Ausgabegeräte lassen sich zusammenfassend wie folgt klassifizieren (Schuster, 2015):

- Eingabegerät für Kopfbewegung und Ausgabegerät für visuelles und auditives Feedback: HMD
- Eingabegeräte für Handbewegung und Ausgabegeräte für haptisches Feedback: Controller (potenziell auch Datenhandschuhe)
- Eingabegeräte für (physisch reale) Fortbewegung: Controller für Teleport (potenziell auch Bein-Tracker oder omnidirektionale Böden)

1.3.2.3. Ansatzpunkte von IVR in der beruflichen Aus- und Weiterbildung

Neben der Produktentwicklung, -testung, dem Konstruktionsbereich, Marketing und Servicebereich, stellt vor allem der Bereich Schulung und Ausbildung, und damit die berufliche Aus- und Weiterbildung, ein zentrales Einsatzgebiet von IVR dar (Pletz & Zinn, 2020a). Wong

et al. (2017) listen multiple Branchen auf, in welchen die Technologie einen Einsatz in Lehr-Lernszenarien findet, unter anderem im medizinischen, ingenieurtechnischen und kulturellen Bereich sowie in der Logistik. IVR kann im Zusammenhang mit Industrie 4.0 auch als Assistenzsystem bezeichnet werden (Diezemann, Homrighausen & Bender, 2018).

Die Potenziale von IVR in Lehr-Lernkontexten können zusammengefasst wie folgt beschrieben werden (Pletz & Zinn, 2020a; Schuster, 2015; Schwan & Buder, 2006; Thomas et al., 2018b; Zinn, 2015; Zinn, Guo & Sari, 2016) – für eine ausführliche Beschreibung der Vorteile siehe außerdem die vier Publikationen (Pletz & Zinn, 2018, 2020b; Pletz, Lemke & Deininger, 2020; Pletz, 2021):

- Authentische Simulation: Es können mittels IVR Bedingungen geschaffen werden, die physisch real zu teuer, gefährlich oder unerreichbar sind. Hierdurch ist es nicht notwendig, dass reale Schulungsobjekte, wie zum Beispiel Maschinen, Anlagen oder Patienten, in materieller Form vorhanden sind. Sinnesdaten, die normalerweise in der Realität nicht erlebbar sind, werden erfahrbar. Außerdem erhöht sich durch die Simulation realer beruflicher Handlungssituationen der Praxisbezug, was insbesondere für Auszubildende von Vorteil ist.
- Räumliche und zeitliche Flexibilität: Schulungen können unabhängig von Ort und Zeit abgehalten werden, was beispielsweise für ausländische Standorte eines Unternehmens eine durchgängige Verfügbarkeit der Schulungen gewährleistet.
- Kosteneinsparungen: Wirtschaftliche Vorteile können sich für Unternehmen unter anderem durch den Wegfall von Reisen zu Schulungen, Stillstandzeiten von Maschinen und einer Reduktion von Schäden, welche durch einen fehlerhaften Umgang in der Schulung entstehen können, sowie der Verzichtbarkeit realer Schulungsobjekte ergeben.
- Sicherheit: Fehler im virtuellen Training haben keine Auswirkungen, d. h. weder die Trainingsteilnehmer können sich selbst oder andere Personen gefährden, noch können kostspielige Schäden an teuren Objekten entstehen. Fehler sind im Gegenteil sogar ausdrücklich erwünscht, um diese konkret im Rahmen der Schulung thematisieren zu können.
- Visualisierung: Komplexe und abstrakte Sachverhalte, beispielsweise physikalische Zusammenhänge oder technische Informationen, können veranschaulicht werden. Hierdurch könnte ein höheres Verständnis bei den Beteiligten erreicht werden. IVR scheint insbesondere für die Veranschaulichung räumlicher Zusammenhänge vorteilhaft zu sein.

Mit den skizzierten Potenzialen verbindet sich die Frage, wie virtuelle Arrangements konzipiert sein müssen, damit sich diese in gewinnbringenden Use Cases tatsächlich entfalten (Zinn et al., 2020). Neben methodisch-didaktischen Fragestellungen zur Ausgestaltung von Lernumgebungen (für ein Rahmenmodell zur methodisch-didaktischen Konzipierung von VR-Szenarien siehe Zinn et al. (2020)) ist vor allem zentral, dass die Technologien von den (potenziellen) Nutzerinnen und Nutzer grundsätzlich überhaupt genutzt werden. Die Akzeptanz von Technologien bei den Beschäftigten wird insgesamt als kritische Größe für den Erfolg von Industrie 4.0 gesehen (Kagermann, 2017).

1.3.3. Technologieakzeptanz

Die Akzeptanzforschung hat zum Ziel, die Wechselbeziehung zwischen der Einführung von Innovationen und ihren Auswirkungen zu analysieren sowie die Ausgestaltung von Innovationen im Hinblick auf die Nutzung durch ihre Anwenderinnen und Anwender zu beeinflussen. Zentrale Elemente diesbezüglich sind: (1) der Akzeptanzbegriff selbst (was bedeutet Akzeptanz?), (2) die Anwenderinnen und Anwender (wer soll eine Innovation akzeptieren?) und (3) die Innovation (Was soll akzeptiert werden?) (Simon, 2001). Im Folgenden werden vor diesem Hintergrund eine allgemeine Begriffsbestimmung zum Konstrukt der Technologieakzeptanz vorgenommen, zentrale theoretische Modelle vorgestellt sowie der empirische Forschungsstand bilanziert.

1.3.3.1. Allgemeine Begriffsbestimmung²

Im Allgemeinen bedeutet der Begriff Akzeptanz (von lat. *acceptare*) so viel wie Annahme, Billigung, Anerkennung oder Hinnahme (Arndt, 2010). Die Akzeptanz unterscheidet sich von der reinen Toleranz insofern, als dass sie eine aktive Komponente, beispielsweise als aktive Handlungsbereitschaft einschließt (Disztinger, Schlögl & Groth, 2017). Disziplinübergreifend gibt es eine sehr heterogene Anzahl an Akzeptanzansätzen, weshalb ein integrativer Überblick über die verschiedenen Definitionen und Begrifflichkeiten nur schwer möglich ist (Lucke, 1995). Die Frage,

„warum bestimmte Dinge und Meinungen sich durchsetzen und von den Mitgliedern einer Gesellschaft oder einzelner Bevölkerungsgruppen ‚angenommen‘ werden, während andere – manchmal sogar die alltagspraktisch zweckmäßigeren, objektiv vernünftigeren, sozial gerechteren, wissenschaftlich

² Die Kapitel 1.3.3.1 Allgemeine Begriffsbestimmung, 1.3.3.2 Modelle der Technologieakzeptanz, 1.3.3.3 Empirischer Forschungsstand zu den Akzeptanzmodellen sowie 1.3.3.4 Empirischer Forschungsstand zur Technologieakzeptanz von IVR sind zu großen Teilen in wörtlicher oder leicht modifizierter Form dem bereits veröffentlichten Beitrag Pletz und Zinn (2020c) entnommen.

fruchtbareren oder technisch fortschrittlicheren – abgelehnt oder ignoriert werden“ (Lucke, 1995, S. 255),

kann als der zentrale Punkt der Akzeptanzbetrachtung benannt werden. Im unternehmerischen oder technologischen Kontext wird vor allem bei der Einführung neuer Produkte und Innovationen, wie neuer Informationstechnologien, von Akzeptanz gesprochen (Bürg & Mandl, 2005). Technologieakzeptanz wird in diesem Zusammenhang als „die positive Annahmeentscheidung einer Innovation durch die [Anwenderinnen und] Anwender“ bezeichnet (Simon, 2001, S. 89). Kollmann (1997) unterscheidet hierfür verschiedene Anwenderebenen: (1) die Individualebene fokussiert die Wechselbeziehung zwischen der Technologieanwendung und den damit einhergehenden Veränderungen der Arbeitsbedingungen für die Nutzerinnen und Nutzer selbst, (2) die Organisationsebene betrachtet positive und negative Aspekte im Hinblick auf organisatorische Rahmenbedingungen, Effektivität und Ökonomie und (3) die Gesellschaftsebene thematisiert die Realisierung sozialpolitischer Programme auf Basis der Technologieanwendung. Der Schwerpunkt der Akzeptanzforschung bezieht sich auf die individuelle Akzeptanz auf Nutzerinnen und Nutzerebene (Niklas, 2014; Simon, 2001). Niklas (2014) definiert die Technologieakzeptanz vor diesem Hintergrund wie folgt:

„Akzeptanz beschreibt eine subjektive, positive Einstellung eines Individuums gegenüber einer Innovation sowie deren (potenzieller) Nutzung und spiegelt die mentalen Prozesse in Bezug auf die Innovationsübernahme und -nutzung wider, welche sowohl kognitive Überzeugungen als auch emotionale Gefühlseindrücke umfassen und in einer handlungsorientierten Motivation enden“ (Niklas, 2014, S. 21).

In der Literatur herrscht hingegen insgesamt keine Einigkeit darüber, wie sich die Technologieakzeptanz bei Personen äußert. Einige Forscher gehen davon aus, dass sich die Akzeptanz in konkretem Verhalten zeigt, das heißt beispielsweise in der tatsächlichen Nutzung eines neuen Produkts, während andere Forscher bereits von Akzeptanz sprechen, wenn eine Person eine positive Einstellung gegenüber dem Produkt hat (Arndt, 2010; Müller-Böling & Müller, 1986). Laut Bürg und Mandl (2005) hat sich in der Akzeptanzforschung deshalb die auf Müller-Böling und Müller (1986) zurückgehende Unterscheidung zwischen Einstellungsakzeptanz und Verhaltensakzeptanz bewährt. Einstellungsakzeptanz ist demnach nicht direkt beobachtbar und wird definiert als „relativ dauerhafte kognitive und affektive Wahrnehmungsorientierung, gekoppelt mit einer Reaktionsbereitschaft“ gegenüber der Technologie (Müller-Böling & Müller, 1986, S. 26). Verhaltensakzeptanz spiegelt sich dagegen in einem konkreten beobachtbaren Verhalten, zum Beispiel in der beobachtbaren Nutzung der Technologie, wider. Gemäß der Theorie kann angenommen werden, dass sich bei positiver

Einstellungsakzeptanz und günstigen Rahmenbedingungen auch eine positive Verhaltensakzeptanz zeigt. Niklas (2014) unterscheidet die Akzeptanz hierbei klar von der Adoption, welche sich in einer „längerfristigen Nutzung und Übernahme in die gewöhnlichen Verhaltensmuster eines Individuums [bezieht] und [...] so das handlungsbezogene Gesamtergebnis der Übernahmeprozesses wider[spiegelt]“ (Niklas, 2014, S. 21). Akzeptanz kann in diesem Verständnis als Vorstufe der Adoption betrachtet werden (Ginner, 2018).

1.3.3.2. Modelle der Technologieakzeptanz

In den aktuellen Modellen zu Determinanten der Technologieakzeptanz stellt der Zusammenhang zwischen Einstellung, Verhaltensabsicht und beobachtbarem Verhalten eine zentrale Grundannahme dar (Kollmann, 1997). Das menschliche Verhalten wird dabei als eine Folge der Einstellungsbildung betrachtet. Es wird davon ausgegangen, dass Personen die Intention haben, jenes Verhalten auszuüben, zu welchem sie eine positive Einstellung haben. Übertragen auf die Technologieakzeptanz sollten also diejenigen Technologien genutzt werden, die mit einer positiven Einstellung verknüpft sind. Ausgangspunkt dieses Basiskonzepts bildet die Theory of Reasoned Action (TRA; vgl. Ajzen & Fishbein, 1980; Fishbein & Ajzen, 1975) und deren Weiterentwicklung zur Theory of Planned Behavior (TPB; vgl. Ajzen, 1985; Ajzen, 1991).

Theory of Reasoned Action (TRA)

Gemäß der TRA ist das zentrale Element eines jeden Verhaltens die Verhaltensintention. Je stärker die Verhaltensintention einer Person ausgebildet ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Verhalten auch tatsächlich gezeigt wird. Dabei definiert die TRA zwei Einflussfaktoren auf die Verhaltensintention: zum einen die individuelle Einstellung der Person gegenüber dem Verhalten (*attitude toward behavior*), welche wiederum an bestimmte Erwartungen in Bezug auf das Verhalten und die Verhaltenskonsequenzen geknüpft ist (*behavioral beliefs*), und zum anderen die subjektive Norm (*subjective norm*). Die subjektive Norm als sozialer Faktor bezieht sich auf den wahrgenommenen sozialen Druck das Verhalten auszuführen oder nicht auszuführen. Dabei spielen vorgelagerte normative Erwartungen eine Rolle (*normative beliefs*), welche die wahrgenommenen Erwartungen von Bezugspersonen oder -gruppen sowie die eigene Motivation, diesen Erwartungen zu entsprechen, beinhalten. Die subjektive Norm wirkt sich gemeinsam mit der individuellen Einstellung und den damit einhergehenden Erwartungen auf die Verhaltensintention (*behavioral intention*) und darüber auf das tatsächlich beobachtbare Verhalten (*actual behavior*) aus (Ajzen & Madden, 1986).

Die TRA vernachlässigt den Aspekt, dass ein spezifisches Verhalten nur gezeigt werden kann, wenn die Person auch tatsächlich Entscheidungsfreiheit über das Ausführen oder Nichtausführen des Verhaltens hat. In vielen Fällen hängt das Verhalten nämlich neben internen Faktoren wie Fähigkeiten, Können und Wissen von externen Faktoren wie Zeit, Möglichkeiten oder der Kooperationsbereitschaft anderer Personen ab (Ajzen, 1985; Ajzen & Madden, 1986). Damit ist die Verhaltensintention als alleiniger Prädiktor in Situationen unzureichend, in denen die persönliche Kontrolle über das Verhalten eingeschränkt ist. Aufgrund dieser Kritik wurde die TRA in der Theory of Planned Behavior (vgl. Ajzen, 1985, 1991) um den Faktor der Verhaltenskontrolle (*perceived behavioral control*) ergänzt. Abbildung 5 veranschaulicht die Zusammenhänge gemäß der TPB.

Theory of Planned Behavior (TPB)

Die TPB geht von denselben Zusammenhängen in Bezug auf die Einstellung, subjektive Norm, Verhaltensintention und das beobachtbare Verhalten aus wie die TRA. Zusätzlich zieht sie die wahrgenommene Verhaltenskontrolle als Einflussfaktor heran. Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle wird determiniert durch Kontrollüberzeugungen der Person (*control beliefs*) über die Präsenz von Faktoren, welche die Ausübung des Verhaltens unterstützen oder behindern, sowie durch die Stärke dieser Faktoren. Damit kann die Theorie auch solches Verhalten erklären, welches vom Vorhandensein interner und externer Ressourcen abhängt und nicht nur von der Entscheidungsfreiheit der Person. Zusammen führen die Einstellung zum Verhalten und die subjektive Norm sowie die wahrgenommene Verhaltenskontrolle zur Herausbildung einer Verhaltensintention, welche wiederum mit der Ausführung des tatsächlichen beobachtbaren Verhaltens in Verbindung steht. In der TPB wird die wahrgenommene Verhaltenskontrolle außerdem als direkter Prädiktor für das tatsächliche beobachtbare Verhalten betrachtet, um auch ein Verhalten abzudecken, über das die Person keine oder eingeschränkte Kontrolle hat.

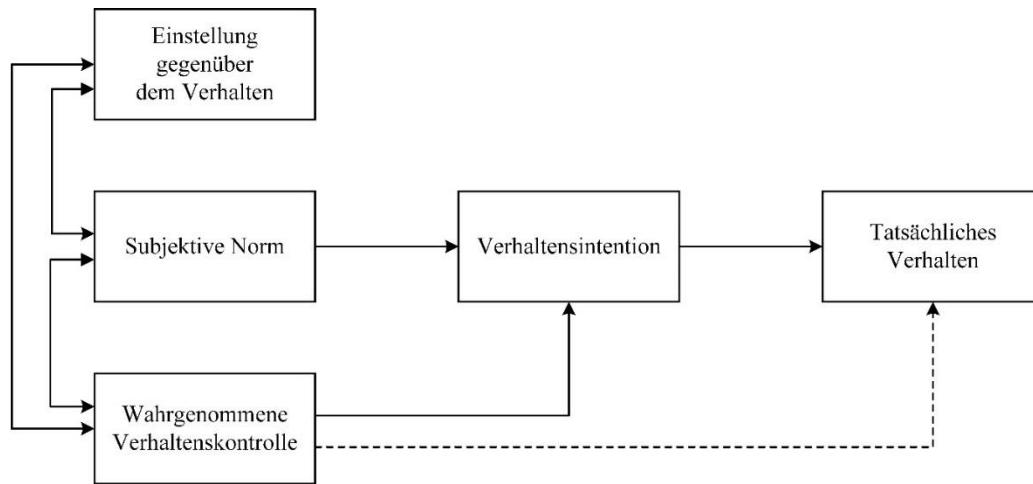


Abbildung 5: Theory of Planned Behavior (TPB; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Ajzen (1991)).

Die beiden Einstellungstheorien TRA und TPB stellen eine nützliche Grundlage für die Erklärung und Vorhersage des Verhaltens von Individuen dar. Da sie aber keinen expliziten Bezug zur Nutzung von Technologien aufweisen, zeigten sich in Untersuchungen zur Akzeptanz von Informationstechnologien Probleme in der Anwendbarkeit (Marangunić & Granić, 2015). Davis (1989) adaptierte die TRA und TPB aus diesem Grund zum Technology Acceptance Model (TAM) mit dem Ziel, eine explizite Vorhersage der Nutzungsintention und der tatsächlichen Nutzung von Technologien treffen zu können. Mittlerweile kann das TAM als das wahrscheinlich bekannteste und am umfangreichsten erforschte Modell in der Akzeptanzliteratur bezeichnet werden. Im Kern beinhalten das TAM und seine Modifikationen die Grundannahmen der TRA und TPB und bilden in der vorliegenden Arbeit die Grundlage für die Betrachtung der Technologieakzeptanz der IVR-Technologie.

Technology Acceptance Model (TAM)

Das Technology Acceptance Model (TAM) von Davis (1989) bildet einen zentralen Ansatzpunkt in der Akzeptanzforschung und einen Grundstein für viele darauf aufbauende Modelle (Venkatesh & Davis, 2000). Es beinhaltet eine Theorie zur Erklärung des individuellen Nutzungsverhaltens bezüglich Informationstechnologien und dazugehöriger Einflussfaktoren und wurde mit dem Ziel entwickelt, die Nutzung verschiedener Technologien durch unterschiedliche Nutzergruppen vorhersagen zu können (Davis et al., 1989). Der erklärte Varianzanteil des TAM an der Nutzungsintention und tatsächlichen Nutzung von Technologien wird allgemein mit etwa 40 % beziffert (Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh & Bala, 2008). Abbildung 6 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen den einzelnen Komponenten. Das TAM geht von zwei zentralen Einflussfaktoren aus, die für die

Technologieakzeptanz der Nutzerinnen und Nutzer entscheidend sind: der wahrgenommenen Nützlichkeit (*perceived usefulness*) und der wahrgenommenen einfachen Bedienbarkeit bzw. Benutzerfreundlichkeit (*perceived ease of use*) der Technologie (Davis, 1989). Die wahrgenommene Nützlichkeit wird definiert als „the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance“ (Davis, 1989, S. 320). Eine Technologie mit einer hohen wahrgenommenen Nützlichkeit beeinflusst demnach die Arbeitsleistung laut Nutzerin bzw. Nutzer positiv. Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit wird definiert als "the degree to which a person believes that using a particular system would be free of effort“ (Davis, 1989, S. 320). Demnach bewertet eine Person ein Produkt bei hoher wahrgenommener Benutzerfreundlichkeit als einfach zu bedienen. Die wahrgenommene Nützlichkeit und wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit werden laut TAM durch externe Variablen (*external variables*) beeinflusst, zum Beispiel durch Eigenschaften der Nutzerin bzw. des Nutzers wie demografische Merkmale oder Persönlichkeitsmerkmale, welche im TAM aber nicht weiter spezifiziert werden, und haben einen direkten Einfluss auf die Einstellung gegenüber der Technologienutzung (*attitude toward using*). Diese beeinflusst wiederum die Nutzungsintention (*behavioral intention to use*), welche sich konsistent mit der TRA und TPB schließlich auf die tatsächliche Nutzung auswirkt (*actual system use*). Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat nicht nur einen direkten Einfluss auf die Nutzungsintention, sondern auch auf die wahrgenommene Nützlichkeit. Dies wird mit der Annahme begründet, dass sich eine Technologie bei ansonsten gleich bleibenden Bedingungen als umso nützlicher erweist, je müheloser die Nutzerin bzw. der Nutzer die Technologie bedienen kann.

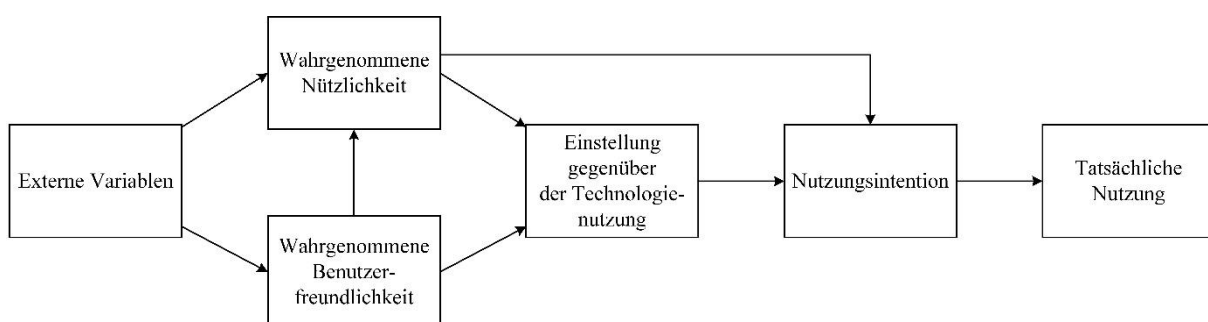


Abbildung 6: Technology Acceptance Model (TAM; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Davis et al. (1989)).

Technology Acceptance Model 2 (TAM 2)

Um die theoretische Genauigkeit des Modells zu erhöhen, erweiterten Venkatesh und Davis (2000) das TAM zum TAM 2. Im Fokus stand dabei vor allem die Erreichung eines besseren

Verständnisses des Faktors der wahrgenommenen Nützlichkeit. Hierzu wurden entsprechende soziale und kognitive Determinanten, welche laut Theorie die wahrgenommene Nützlichkeit beeinflussen, in das Modell aufgenommen und getestet. Venkatesh und Davis (2000) beschäftigten sich im Rahmen ihrer Untersuchung außerdem mit der Frage, wie sich die Einflüsse dieser Determinanten mit zunehmender Erfahrung mit der neuen Technologie über die Zeit verändern. Das TAM 2 wurde in vier Studien validiert und erklärt etwa 60 % der Varianz der wahrgenommenen Nützlichkeit (Venkatesh & Davis, 2000).

Die Zusammenhänge gemäß TAM 2 sind in Abbildung 7 dargestellt. Das Grundmodell des TAM bleibt mit den Einflussfaktoren der wahrgenommenen Nützlichkeit und der Benutzerfreundlichkeit auf die Nutzungsintention sowie auf die tatsächliche Nutzung erhalten. Da der Einfluss der Einstellung gegenüber der Technologienutzung in Folgeuntersuchungen zum TAM inkonsistent und der zusätzliche Erklärungsanteil durch diesen Faktor im Modell nur gering war, wurde er weder im TAM 2 noch in weiteren Folgemodellen berücksichtigt (Davis et al., 1989). Venkatesh et al. (2003) nehmen in diesem Kontext an, dass die Einstellung ein Ergebnis der Beurteilung der wahrgenommenen Nützlichkeit im Sinne einer Leistungssteigerung und der Benutzerfreundlichkeit im Sinne des benötigten Aufwands ist und bei Nichtbeachtung dieser Größen als Ersatz fungiert. Durch explizite Berücksichtigung der beiden Faktoren entfällt dagegen die Relevanz des Einstellungskonstrukts für die Erklärung der Nutzungsintention.

Die wahrgenommene Nützlichkeit wird gemäß TAM 2 von den Faktoren subjektive Norm (*subjective norm*), Image (*image*), Relevanz für die eigenen Arbeitsaufgaben (*job relevance*), Qualität des Ertrags (*output quality*) sowie Nachweisbarkeit des Nutzens (*result demonstrability*) beeinflusst. Die subjektive Norm beschreibt konsistent mit der TRA und TPB die Erwartung einer Person, dass ihr wichtige Personen die Nutzung der Technologie befürworten oder ablehnen. Sie hat einen direkten Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit und auf die Nutzungsintention, jedoch moderiert durch die Freiwilligkeit der Nutzung. Gemäß TAM 2 hat die subjektive Norm nur einen Einfluss auf die Absicht der Technologienutzung, wenn diese nicht freiwillig, sondern vorgeschrieben ist. Der Einfluss der subjektiven Norm auf die wahrgenommene Nützlichkeit wird von Venkatesh und Davis (2000) mit dem Mechanismus der Internalisierung erklärt. Nimmt eine Person beispielsweise wahr, dass die bzw. der Vorgesetzte oder Kollegin bzw. Kollege eine Technologie für nützlich hält, kann sie zu dem Schluss kommen, dass diese Technologie auch tatsächlich nützlich ist, was wiederum die wahrgenommene Nützlichkeit positiv beeinflusst. Darüber hinaus geht das TAM 2 davon aus, dass die Einflüsse der subjektiven Norm mit größer werdender Erfahrung

im Umgang mit der Technologie schwächer werden, da die Nutzerin bzw. der Nutzer auf tatsächliche Erfahrungen mit den Stärken und Schwächen der Technologie zurückgreifen kann.

Die subjektive Norm hat laut TAM 2 außerdem einen Einfluss auf das Image der Nutzerin bzw. des Nutzers. Moore und Benbasat (1991) definieren das Image einer Person als den eigenen Status innerhalb der Organisation oder des sozialen Systems, welcher sich durch die Nutzung einer neuen Technologie verbessert. Wenn wichtige Personen der Organisation die Nutzung einer Technologie befürworten, sollte sich der Status der Nutzerin bzw. des Nutzers bei tatsächlicher Nutzung verbessern. Gleichzeitig hat das Image laut TAM 2 einen Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit, da ein verbesserter sozialer Status mehr Macht mit sich bringt und damit einhergeht, dass man sich selbst und andere einem eine gesteigerte Leistung zuschreiben, unabhängig davon, ob diese Leistungssteigerung tatsächlich mit der neuen Technologie zusammenhängt oder nicht. Zu den kognitiven Einflussfaktoren auf die wahrgenommene Nützlichkeit zählen die Relevanz für die eigenen Arbeitsaufgaben, welche definiert wird als das wahrgenommene Ausmaß, wie gut die neue Technologie im Rahmen der eigenen Aufgaben anwendbar ist, und die Qualität des Ertrags. Sie beschreibt die Bewertung der Nutzerinnen bzw. Nutzer, wie gut einen die Technologie dabei unterstützt, die eigenen Arbeitsaufgaben zu erfüllen. Als dritte kognitive Variable wird die Nachweisbarkeit des Nutzens aufgeführt. Die Nützlichkeit einer Technologie sollte dann positiver bewertet werden, wenn der Nutzen sehr deutlich wahrzunehmen ist. Das TAM 2 geht davon aus, dass die Freiwilligkeit der Nutzung oder Erfahrung mit der Technologie einen moderierenden Einfluss lediglich auf die subjektive Norm haben.

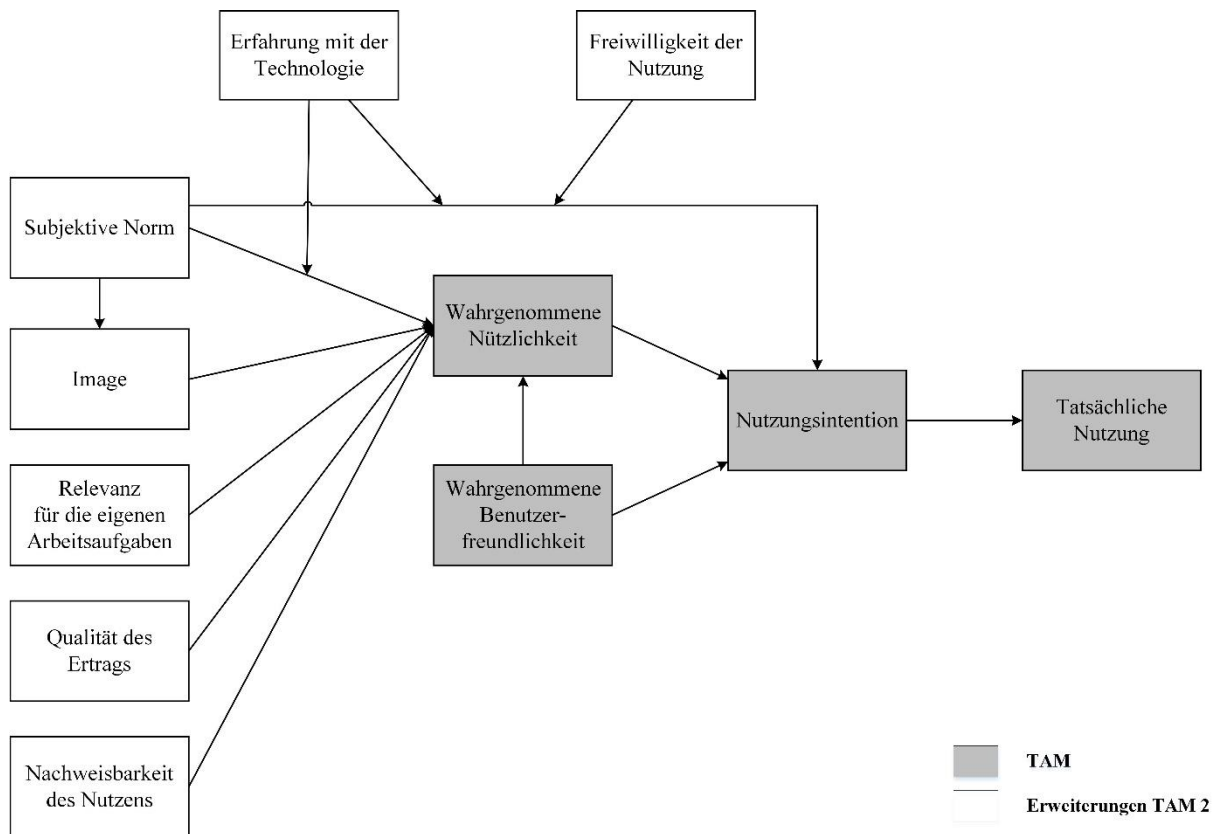


Abbildung 7: Technology Acceptance Model 2 (TAM 2; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung an Venkatesh & Davis 2000).

Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)

Die Entwicklung des TAM löste eine Vielzahl an Studien aus, welche das Modell in unterschiedlichen Kontexten testeten und weitere Modifikationen entwickelten. Um dieser Fülle an Folgeuntersuchungen zu begegnen und damit einhergehende unübersichtliche Modellerweiterungen einzudämmen, wurde von Venkatesh, Morris, Davis und Davis (2003) der Versuch einer Zusammenführung unternommen. Die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) stellt die daraus resultierende Vereinigung verschiedener Ansätze zur Betrachtung der Technologieakzeptanz dar und hat sich gemäß Lin, Lu und Liu (2013) in der Literatur als das den anderen Modellen überlegene Modell zur Vorhersage der Akzeptanz von Technologien etabliert. Die UTAUT stellt ein fundiertes einheitliches Modell dar, welches die zentralen Elemente der folgenden acht zugrunde liegenden Modelle integriert: TRA, TAM, Motivational Model (MM; vgl. Davis, Bagozzi & Warshaw, 1992), TPB, Combined TAM and TPB (DTPB; vgl. Taylor & Todd, 1995), Model of PC Utilization (MPCU; vgl. Thompson, Higgins & Howell, 1991), Innovation Diffusion Theory (IDT; vgl. Moore & Benbasat, 1991) und Social Cognitive Theory (SCT; vgl. Compeau & Higgins, 1995; Compeau, Higgins & Huff, 1999). Der Anteil der erklärten Varianz der UTAUT an der Nutzungsintention

zur Technologienutzung wird von Venkatesh und Davis (2003) mit etwa 70 % beziffert, was den erklärten Varianzanteil der acht einzelnen Modelle übersteigt.

Abbildung 8 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen den Komponenten gemäß der UTAUT. Das Modell geht von drei Einflussfaktoren auf die Nutzungsabsicht von Technologien aus: Leistungserwartung (*performance expectancy*, gemäß wahrgenommener Nützlichkeit im TAM), Aufwandserwartung (*effort expectancy*, gemäß wahrgenommener Benutzerfreundlichkeit im TAM) und sozialer Einfluss (*social influence*, gemäß subjektiver Norm im TAM 2). Der Einfluss dieser Faktoren wird von den Variablen Alter (*age*), Geschlecht (*gender*), Erfahrung mit der Technologie (*experience*) und Freiwilligkeit der Nutzung (*voluntariness of use*) moderiert. Die Faktoren Bedenken sowie Selbstwirksamkeit wurden als weitere Einflussvariablen im Rahmen der Validierungsstudien getestet, haben laut UTAUT aber keinen direkten Einfluss auf die Nutzungsintention, da sie vollständig über den Faktor der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit mediiert werden. Entsprechend der Grundannahme, dass zwischen der Verhaltensintention und dem tatsächlichen beobachtbaren Verhalten aus TRA, TPB und TAM ein Zusammenhang besteht, geht die UTAUT davon aus, dass die Nutzungsintention der Technologie positiv mit der tatsächlichen Nutzung zusammenhängt. Die tatsächliche Technologienutzung wird darüber hinaus von erleichternden Bedingungen (*facilitating conditions*) beeinflusst, welche von Venkatesh und Kollegen als das Ausmaß definiert werden, „to which an individual believes that an organizational and technical infrastructure exists to support use of the system“ (Venkatesh et al., 2003, S. 453). Damit vereint dieses Konstrukt Aspekte der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle, der organisationalen Umgebung sowie der Kompatibilität zwischen der Technologienutzung und der Arbeitsweise der Nutzerin bzw. des Nutzers.

Die UTAUT wurde in einer Erweiterung zur UTAUT 2 von Venkatesh, Thong und Xu (2012) um die Faktoren hedonistische Motivation (*hedonic motivation*), Wert (*price value*) und Gewohnheit (*habit*) ergänzt, um die Akzeptanz der Nutzung von mobilem Internet im Konsum-Kontext zu untersuchen. Da sich die vorliegende Arbeit aber primär mit dem Einsatz von Technologien im beruflichen Kontext beschäftigt, wird die UTAUT 2 an dieser Stelle nicht weiter expliziert.

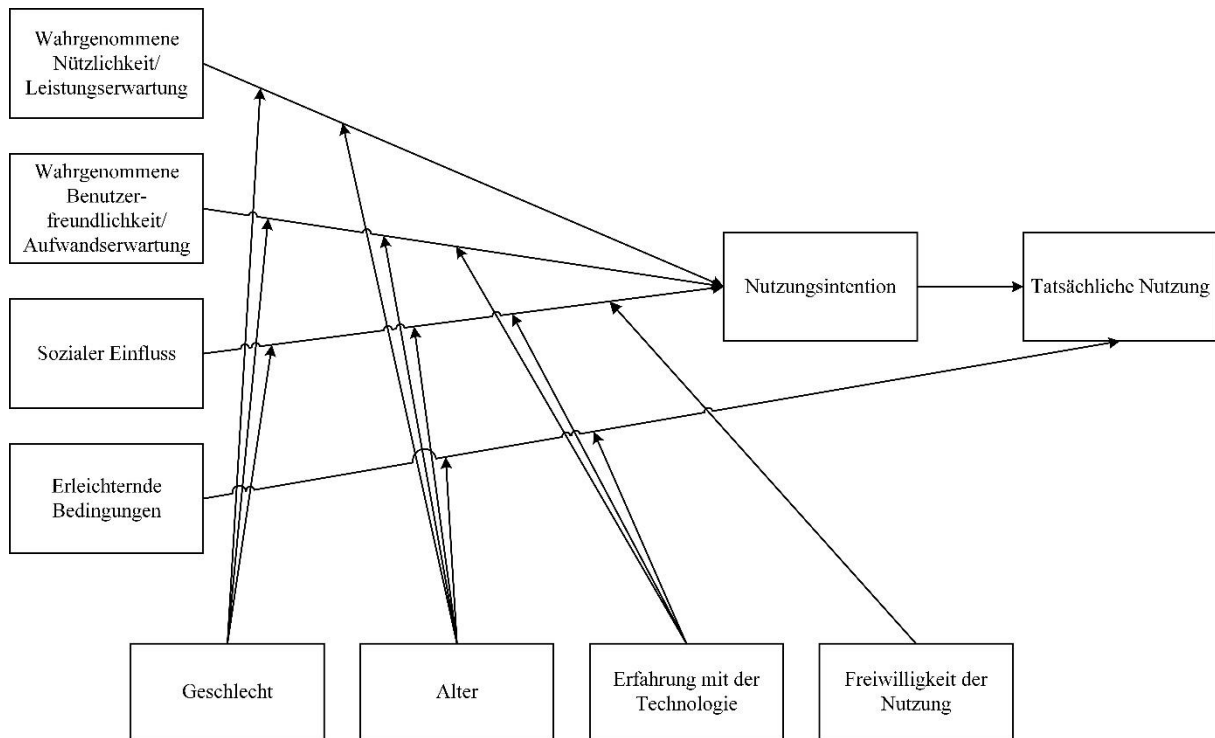


Abbildung 8: Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Venkatesh et al. (2003)).

Technology Acceptance Model 3 (TAM 3)

Im Rahmen einer weiteren Modifikation des TAM im TAM 3 setzten sich Venkatesh und Bala (2008) das Ziel, konkrete Handlungsempfehlungen für die Förderung der Nutzerakzeptanz von IT-Systemen abzuleiten. Diesem Vorhaben vorausgehend, identifizierte Venkatesh (2000), konsistent mit der Vorgehensweise im TAM 2 und der Spezifikation der Einflussfaktoren auf die wahrgenommene Nützlichkeit, Einflussfaktoren auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit. Zusammengefasst benennt er in diesem Rahmen die Faktoren Selbstwirksamkeit (*computer self-efficacy*), erleichternde Bedingungen (*perceived external control*), Bedenken (*computer anxiety*) und intrinsische Motivation (*computer playfulness*) als Determinanten. Sie werden als Ankervariablen (*anchors*) bezeichnet, d. h. als relevante Faktoren, die sich insbesondere in frühen Phasen der Technologienutzung auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit auswirken. Mit zunehmender Nutzung der Technologie und damit einhergehender wachsender Erfahrung der Nutzerin bzw. des Nutzers adjustiert (*adjustment*) sich ein Teil dieser Ankervariablen. Der Einfluss der Ankervariablen Selbstwirksamkeit und intrinsische Motivation nimmt dabei mit wachsender Erfahrung ab, und gleichzeitig nimmt der Einfluss der beiden adjustierten Variablen technologiespezifisches Vergnügen (*perceived enjoyment*) und objektive Benutzerfreundlichkeit (*objective usability*) zu.

Die Faktoren Selbstwirksamkeit und erleichternde Bedingungen werden, konsistent mit der TPB, als Konstrukte der wahrgenommenen internen und externen Kontrolle der Nutzerin bzw. des Nutzers über die Technologienutzung erfasst. Es wird davon ausgegangen, dass die wahrgenommene Kontrolle insbesondere in frühen Phasen der Technologienutzung einen Einfluss auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat. Die intrinsische Motivation hat darüber hinaus ebenfalls einen positiven Einfluss, da die Nutzung einer Technologie umso müheloser erfahren wird, je spielerischer sie ausfällt. Dagegen wird erwartet, dass der Faktor Bedenken, definiert als Sorgen oder Ängste einer Person gegenüber der Technologienutzung, einen negativen Einfluss auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat. Im Rahmen der angenommenen Adjustierungen einzelner Faktoren aufgrund der wachsenden Erfahrung mit der Technologie, sollte eine Nutzerin bzw. ein Nutzer ihren bzw. seinen Eindruck der Benutzerfreundlichkeit regulieren. Die eher allgemeine intrinsische Motivation sollte demgemäß mit der Zeit zurückgehen und daraus ein technologiespezifisches Vergnügen erwachsen, welches umfasst, inwiefern die Nutzung einer konkreten Technologie als ‚angenehm‘ oder ‚unterhaltsam‘ erlebt wird, ohne dass darüber hinaus weitere leistungsbezogene Effekte mit der Nutzung verbunden sind. Des Weiteren adaptiert sich aus der computerspezifischen Selbstwirksamkeit und den Bedenken eine objektivere wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit. Zuletzt wird die Wahrnehmung der erleichternden Bedingungen technologiespezifischer.

Im TAM 3 kombinieren Venkatesh und Bala (2008) die Erkenntnisse aus dem TAM 2 zur wahrgenommenen Nützlichkeit mit den Erkenntnissen von Venkatesh (2000) zur wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit. In Abbildung 9 ist das daraus resultierende Modell dargestellt. Im TAM 3 wird über die Annahmen der beiden zugrundeliegenden Modelle hinaus postuliert, dass Erfahrung mit der Technologie einen moderierenden Einfluss auf die Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und der Nützlichkeit, den Bedenken bzw. der objektiven Benutzerfreundlichkeit, der intrinsischen Motivation bzw. dem technologiespezifischen Vergnügen sowie der Nutzungsintention ausübt.

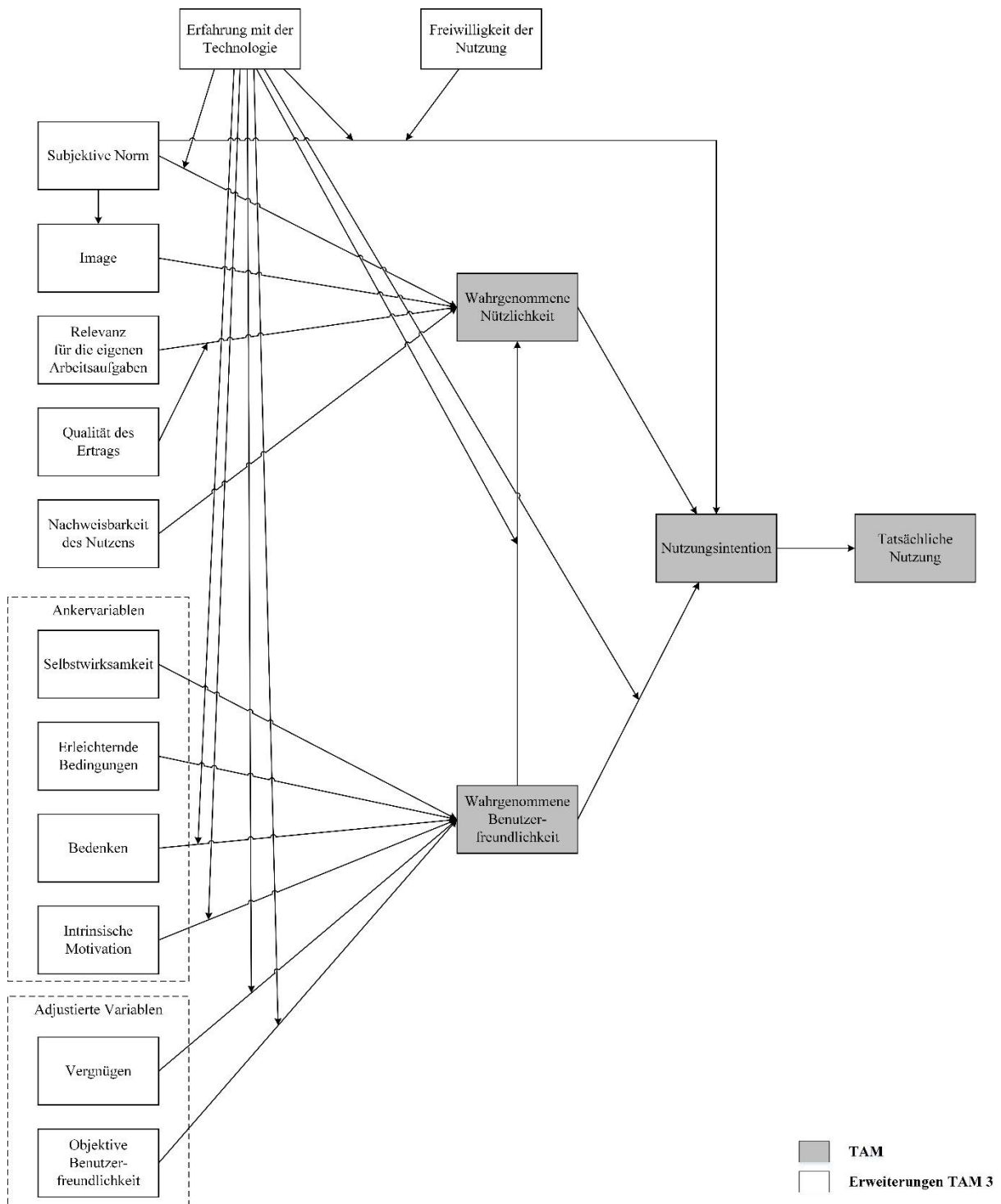


Abbildung 9: Technology Acceptance Model 3 (TAM 3; eigene Übersetzung und grafische Aufbereitung in Anlehnung an Venkatesh und Bala (2008)).

1.3.3.3. Empirischer Forschungsstand zu den Akzeptanzmodellen

Insgesamt kommen King und He (2006) in ihrer Meta-Analyse zu dem Schluss, dass das TAM als valides und robustes Modell bezeichnet werden kann, welches das Potenzial hat, in breiteren Anwendungsfeldern eingesetzt zu werden. Der Zusammenhang zwischen den

Kernkomponenten der TAM-Modelle³, namentlich der wahrgenommenen Nützlichkeit, der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit, der Nutzungsintention und der tatsächlichen Nutzung, wird in einer beachtlichen Anzahl von Studien aufgezeigt (Lee, Kozar & Larsen, 2003). Dabei scheint der Einfluss der wahrgenommenen Nützlichkeit auf die Nutzungsintention einer Technologie am stärksten und robustesten zu sein (King & He, 2006). Allerdings kommen Legris und Kollegen (2003) zu dem Schluss, dass das TAM und das TAM 2 mit einem erklärten Varianzanteil von etwa 40 % in der Technologienutzung um weitere signifikante Einflussfaktoren ergänzt werden sollten. Der postulierte Varianzanteil der UTAUT von etwa 70 % lässt daher auf die Überlegenheit dieses Modells schließen (Venkatesh et al., 2003).

Die TAM-Modelle weisen in ihren Kernkomponenten eine schlanke Struktur auf und können durch die genaue Definition der kausalen Zusammenhänge und der Operationalisierung der Variablen leicht überprüft werden. Die Operationalisierung in Form eines Fragebogens ist leicht zu handhaben und vielseitig einsetzbar (Niklas, 2014). Die Reliabilität der Kernkomponenten in den 88 betrachteten Studien von King und He (2006) kann mit durchschnittlichen Werten von Cronbachs $\alpha > 0.8$ als hoch bezeichnet werden.

Aufgrund der in der Robustheit und Validität begründeten Popularität der TAM-Modelle, existiert eine respektable Anzahl an Studien, die diese Modelle als Grundlage heranziehen, um die Technologieakzeptanz zu untersuchen. Der Anwendungsbereich erstreckt sich von Kommunikationssystemen auf Büro- und Mehrzwecktechnologien (Lee et al., 2003), ist aber längst nicht mehr nur auf Untersuchungen zur Technologieakzeptanz von Informationstechnologien beschränkt. Auch im Bereich innovativer Lerntechnologien werden die TAM-Modelle als Erklärungsgrundlage für die Technologieakzeptanz herangezogen. Eder (2015) kommt dabei zu dem Schluss, dass sie eine theoretisch und empirisch gute Ausgangsbasis zur Untersuchung der Akzeptanz von Bildungstechnologien in der beruflichen Bildung bieten. So existieren beispielsweise für diesen Bereich Studien zur Akzeptanz von computer- oder webbasierten Lernumgebungen (Chen, 2011; Park, Lee & Cheong, 2007; Šumak, Heričko & Pušnik, 2011; Tan, 2013) sowie von Blended-Learning Umgebungen (Padilla-Meléndez, Del Aguila-Obra & Garrido-Moreno, 2013). Auch Granić und Marangunić (2019) zeigen in ihrem Literaturreview auf, dass sich das TAM mittlerweile als eine der führenden Theorien zur Untersuchung und Erklärung der Technologieakzeptanz von Lerntechnologien etabliert hat.

³ Zur besseren Lesbarkeit wird im Folgenden der Begriff „TAM-Modelle“ verwendet, wenn die Kernannahmen zum Zusammenhang zwischen der wahrgenommenen Nützlichkeit, der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit, der Nutzungsintention und der tatsächlichen Nutzung der Modelle TAM, TAM 2, UTAUT und TAM 3 fokussiert werden, da diese modellübergreifend identisch sind.

Ein zentraler Kritikpunkt ist die Tatsache, dass die TAM-Modelle nur wenige bis keine praktischen und handlungsrelevanten Empfehlungen geben können, wie die Technologieakzeptanz der Nutzerinnen bzw. Nutzer positiv beeinflusst werden kann. Sie kann zwar gemessen und vorhergesagt werden, allerdings können keine proaktiven Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden, wie Hemmnisse beseitigt und die Technologieakzeptanz gesichert und gesteigert werden kann. Dementsprechend weisen die TAM-Modelle zwar einen hohen erklärten Varianzanteil der Nutzungsintention und der tatsächlichen Technologienutzung auf, können darüber hinaus aber keine Aussagen über Faktoren der Organisation oder über Eigenschaften der Technologie machen, welche die wahrgenommene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit determinieren und proaktiv zu Gunsten der Technologieakzeptanz verändert werden könnten (Ginner, 2018; Niklas, 2014).

Venkatesh und Bala (2008) berücksichtigten diese Kritik zumindest theoretisch im Rahmen der Entwicklung des TAM 3 und führen verschiedene Interventionsmöglichkeiten auf, die vor oder während der Implementierung einer Technologie zur Steigerung der Technologieakzeptanz beitragen können. Dazu zählen sie den Einbezug der Nutzerinnen bzw. Nutzer in den Implementationsprozess, die Schaffung von Anreizen zur Nutzung sowie Unterstützungstätigkeiten der Organisation durch die Führungskräfte, Kolleginnen bzw. Kollegen und Trainings. Die Ergebnisse der Meta-Analyse von Schepers und Wetzels (2007) deuten außerdem darauf hin, dass individuelle Faktoren der Nutzerin bzw. des Nutzers und der betrachteten Technologie einen Einfluss auf die Zusammenhänge zwischen den Kernkomponenten des TAM haben. Um durch Spezifikationen genauere Vorhersagen zur Technologieakzeptanz machen zu können, existiert, hieran anknüpfend, eine Vielzahl an Studien, die in Erweiterung der TAM-Modelle entsprechende Faktoren der Nutzerinnen bzw. Nutzer (z. B. Alter oder Technologiebereitschaft; Chung et al., 2010; Lam, Chiang & Parasuraman, 2008; Lin et al., 2013), der Organisation (z. B. Anwendertrainings oder -support; Amoako-Gyampah & Salam, 2004; Kohnke & Bungard, 2009) und der Technologie selbst (z. B. Informationsqualität oder Medienvielfalt; Kohnke & Bungard, 2009; Liu, Liao & Pratt, 2009) untersuchen.

1.3.3.4. Empirischer Forschungsstand zur Technologieakzeptanz von IVR

Bertrand und Bouchard (2008) untersuchten die Technologieakzeptanz nicht-immersiver desktopbasierter virtueller Umgebungen im medizinischen Bereich zum Einsatz für die Behandlung psychischer Gesundheitsprobleme. Dazu befragten sie Therapeuten auf Basis einer erweiterten Version des TAM. Neben den Kernkomponenten wahrgenommene Nützlichkeit,

wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit sowie Nutzungsintention erfassten die Autoren die vier Ankervariablen Selbstwirksamkeit, erleichternde Bedingungen, Bedenken und intrinsische Motivation aus der Erweiterung von Venkatesh (2000). Als zusätzlicher Faktor wurden die wahrgenommenen Kosten der VR-Technologie berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzungsintention einzig direkt durch die wahrgenommene Nützlichkeit der Technologie determiniert wurde. Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit wirkte sich nur indirekt über die wahrgenommene Nützlichkeit auf die Nutzungsintention aus. Des Weiteren bestätigte sich, dass die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit durch erleichternde Bedingungen, Bedenken und intrinsische Motivation beeinflusst wurde, was mit den Annahmen der Erweiterung von Venkatesh (2000) in Einklang steht.

Die Studie von Fetscherin und Lattemann (2008) untersuchte die Technologieakzeptanz der nicht-immersiven virtuellen Umgebung Second Life auf der Basis einer Erweiterung des TAM. Die Faktoren wahrgenommene Nützlichkeit, wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, soziale Norm, Bedenken, Einstellung gegenüber der Technologie, Leistungserwartung sowie Faktoren, die das soziale Miteinander im Rahmen der virtuellen Umgebung, wie beispielsweise das Vorhandensein von Kommunikations- und Kollaborationsmöglichkeiten, widerspiegeln, wurden in einer Online-Studie mit Second-Life-Nutzerinnen bzw. -Nutzern erhoben. Es zeigten sich, konsistent mit der Kernannahme der TAM-Modelle, signifikante Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Nützlichkeit, der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und der Nutzungsintention. Darüber hinaus wurde die wahrgenommene Nützlichkeit von den Faktoren des sozialen Miteinanders determiniert, womit die Studie – neben den Kernkomponenten der TAM-Modelle – Faktoren des sozialen Miteinanders als relevante Einflussfaktoren auf die Technologieakzeptanz der VR-Technologie vorschlägt.

Die Studie von Rasimah und Kollegen (2011) beschäftigte sich mit der Technologieakzeptanz einer Mixed-Reality-Anwendung im Rahmen einer biomedizinischen Lehrveranstaltung. Als ergänzende Faktoren zum TAM wurden die Innovationsfähigkeit als Einflussfaktor der Nutzerinnen bzw. Nutzer sowie das wahrgenommene Vergnügen im Umgang mit der Technologie erhoben. Es stellte sich heraus, dass die Nutzungsintention hauptsächlich von der wahrgenommenen Nützlichkeit der Technologie determiniert wurde, wobei der Einfluss der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit auf die Nutzungsintention nur moderat ausfiel. Die Innovativität der Nutzerinnen bzw. Nutzer hatte einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, welche sich wiederum positiv auf das wahrgenommene Vergnügen auswirkte. Auch Berkemeier et al. (2018) untersuchten die Akzeptanz einer Mixed-Reality-Anwendung in der Landmaschinenteknik auf der Basis des

TAM und bestätigten einen positiven Einfluss der wahrgenommenen Nützlichkeit. Weitere Autoren schlagen den Einsatz des TAM für die Untersuchung der Akzeptanz virtueller Umgebungen zum Lernen von Schweißarbeiten (Göbel & Sonntag, 2017) oder virtuellen Gebäudebesichtigungen (Juan, Chen & Chi, 2018) vor.

Disztinger et al. (2017) untersuchten mittels eines einfachen Google Cardboards mit Smartphone zur Erkundung eines potenziellen Reiseziels in der Tourismusbranche die Technologieakzeptanz auf Basis des TAM. Es zeigte sich in der linearen Regression, dass zusätzlich zur wahrgenommenen Nützlichkeit die Faktoren wahrgenommene Immersion, Vergnügen und Interesse einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention hatten. Ein Einfluss der Benutzerfreundlichkeit wurde dagegen nicht nachgewiesen. Als Limitation der Studie ist die Tatsache zu nennen, dass die Probandinnen und Probanden selbst über die entsprechende Hardware verfügen mussten, da die Befragung remote stattfand, und deshalb mit großer Wahrscheinlichkeit vor allem Personen teilgenommen haben, welche grundsätzlich bereits eine positive Einstellung gegenüber der Technologie hatten.

Der Forschungsstand liefert damit Hinweise darauf, dass die TAM-Modelle grundsätzlich auch im Bereich der VR-Technologie eine sinnvolle Anwendung finden. Da die Anzahl der Studien hierzu aber zum Zeitpunkt des Beginns der Forschungsbemühungen nicht nur gering war, sondern die Ergebnisse bezüglich des Zusammenhangs zwischen den Kernkomponenten – insbesondere bezüglich der Benutzerfreundlichkeit – auch nicht einheitlich waren, bestand in dieser Hinsicht noch deutlicher Forschungsbedarf. Außerdem wurde bis dahin noch keine Studie zur expliziten Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR durchgeführt.

Neben der weiterführenden Untersuchung der Kernkomponenten der TAM-Modelle betonen Marangunić und Granić (2015), was mit der Empfehlung von Legris und Kollegen (2003) konform geht, wie wichtig es ist, in Untersuchungen zur Technologieakzeptanz von komplexeren Technologien, wozu die IVR-Technologie gezählt werden kann, weitere Einflussfaktoren, wie Faktoren der Nutzerinnen bzw. Nutzer, der Technologie oder der Organisation, zu berücksichtigen. Dies könnte zu einem tieferen Verständnis der Zusammenhänge zwischen den Kernkomponenten beitragen sowie konkrete und praxisnahe Handlungsempfehlungen zur proaktiven Steigerung der Technologieakzeptanz für Unternehmen zulassen. Dem eigenen Kenntnisstand nach existierten zu Beginn der Forschungsbemühungen noch keine Veröffentlichungen, die entsprechende Einflussfaktoren in Untersuchungen zur Technologieakzeptanz der IVR-Technologie betrachteten.

Individuelle Einflussfaktoren der Nutzerinnen bzw. Nutzer stellen gemäß Marangunić und Granić (2015) in diesem Rahmen ein wichtiges Forschungsdesiderat zur erweiterten Untersuchung der Technologieakzeptanz dar. Hierzu zählen neben den demografischen Faktoren und Persönlichkeitsfaktoren auch die kognitiven Fähigkeiten, wie die Gedächtnisleistung oder die Verarbeitungskapazität, emotionale Faktoren, wie Ängste zu versagen oder weitere Bedenken bei der Technologienutzung sowie kulturelle Aspekte. Das Alter wird hierbei von Marangunić und Granić (2015) besonders als zu betrachtender Faktor hervorgehoben. Laut deren Literaturanalyse wurden bislang insbesondere ältere Personen in Studien zur Technologieakzeptanz vernachlässigt.

Ein weiteres Forschungsdesiderat besteht in der Untersuchung organisationsbezogener und technologiebezogener Einflussfaktoren auf die Technologieakzeptanz der IVR-Technologie. Es gilt zu prüfen, welche organisationalen Tätigkeiten und welche Eigenschaften der IVR-Technologie sich förderlich oder hemmend auf die Technologieakzeptanz auswirken. Die potenziellen Einflussfaktoren Unterstützung durch die Führung, Anwendertrainings und Anwendersupport zur Implementierung von Softwaresystemen (Kohnke & Bungard, 2009; Kohnke & Müller, 2009; Kohnke, Wolf & Müller, 2011) könnten hierbei einen Ansatzpunkt bilden. Außerdem gilt es die relevanten spezifischen Technologieeigenschaften der IVR-Technologie noch von Grund auf zu identifizieren. Mütterlein und Hess (2017) schlagen hierfür die spezifischen Faktoren Immersion, Präsenz und Interaktivität vor.

1.4. Zwischenfazit

Vor dem Hintergrund des theoretischen Rahmens mit den berichteten Akzeptanzmodellen sowie den empirischen Ergebnissen zum Forschungsstand der Technologieakzeptanz von IVR, soll an dieser Stelle ein kurzes Zwischenfazit gezogen werden, um die Wahl der theoretischen Grundlage in den folgenden Publikationen zu untermauern. Zunächst ist festzustellen, dass der empirische Forschungsstand zur Technologieakzeptanz von IVR zum Zeitpunkt des Beginns der Forschungsbemühungen als dünn bezeichnet werden kann und insbesondere Erkenntnisse fehlen, wie die Technologieakzeptanz bei potenziellen Nutzerinnen und Nutzern gesteigert werden kann sowie welche Besonderheiten speziell für diese Technologie berücksichtigt werden müssten, um eine positive Akzeptanz hervorzurufen. In der vorliegenden Arbeit wurde zur empirischen Adressierung dieser Forschungsdesiderate das TAM sowie seine Erweiterungen als theoretische Grundlage zur Untersuchungen der Technologieakzeptanz von IVR herangezogen. Diese Entscheidung wird zusammengefasst mit den folgenden Aspekten begründet:

- Der Fragebogen des TAM ist umfassend validiert, leicht adaptierbar und kurz, was zu einer hohen Forschungsökonomie beiträgt (z. B. King & He, 2006; Lee et al., 2003; Niklas, 2014).
- Es handelt sich beim TAM um ein empirisch geprüftes Modell, kein normatives Modell, welches bereits auf multiple Technologien angewendet wurde (z. B. Eder, 2015; King & He, 2006; Lee et al., 2003).
- Studien zur Untersuchung nicht-immersiver VR und MR auf Basis des TAM existieren und deuten eine Passung der theoretischen Annahmen zur Technologieakzeptanz von VR an. Ebenso wird dem TAM grundsätzlich eine Eignung zur Untersuchung von Bildungstechnologien zugesprochen (z. B. Bertrand & Bouchard, 2008; Eder, 2015; Fetscherin & Lattemann, 2008).
- Das TAM erlaubt eine Betrachtung der Technologieakzeptanz im Arbeitskontext, nicht nur im Konsumbereich (Venkatesh et al., 2012).

Weiterhin zeichnen sich aber auch die folgenden Herausforderungen für eine Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR auf Basis des TAM ab, welche für die vorliegenden Studien berücksichtigt werden müssen:

- Auf Basis des TAM in seiner ursprünglichen Form können kaum proaktive Handlungsempfehlungen für eine Steigerung der Technologieakzeptanz ausgesprochen werden (Ginner, 2018; Niklas, 2014).
- Die Befundlage zum Einfluss der Benutzerfreundlichkeit ist uneinheitlich (z. B. Bertrand & Bouchard, 2008; Fetscherin & Lattemann, 2008).
- Es existieren noch keine Hinweise auf potenzielle nutzerbezogene, organisationsbezogene und technologiespezifische Einflussfaktoren der IVR-Technologie, welche das TAM sinnvoll erweitern können (Pletz & Zinn, 2020c).

2. Publierte Originalarbeiten

2.1. Publikation 1

TECHNOLOGIEAKZEPTANZ VON VIRTUELLEN LERN- UND ARBEITSUMGEBUNGEN

TECHNOLOGY ACCEPTANCE OF VIRTUAL LEARNING AND WORKING ENVIRONMENTS IN TECHNICAL DOMAINS

Autorinnen und Autoren des Originalbeitrags: PLETZ, C. und ZINN, B.

Veröffentlicht in: Journal of Technical Education (JOTED), 2018, 6(4), 86-105.

Zusammenfassung

Im beruflichen Aus- und Weiterbildungsbereich werden mit der Nutzung virtueller Umgebungen (Virtual Reality, kurz VR) vielfältige Potentiale verbunden, um Lern- und Arbeitsprozesse zu optimieren. Bisher ist aber noch wenig über die tatsächliche Akzeptanz der VR Technologie in technischen Domänen bekannt. Die vorliegende hypothesenprüfende Studie geht hierzu der Frage nach, inwiefern die theoretischen Annahmen des „Technology Acceptance Model“ (TAM) die Nutzungsintention zur VR Technologie von Beschäftigten in technischen Domänen erklärt. Die Befunde des aufgestellten Strukturgleichungsmodells zur Aufklärung der Varianz der Nutzungsintention ($R^2 = 0.354$) belegen erwartungskonform positive Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Nützlichkeit und der Nutzungsintention sowie der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und der Nutzungsintention. Weiterhin zeigen die Studienergebnisse, dass Personen, die Erfahrung mit der VR Technologie haben, die wahrgenommene Nützlichkeit und die Nutzungsintention signifikant höher bewerten als Personen ohne Erfahrung mit der VR Technologie.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Technologieakzeptanz, wahrgenommene Nützlichkeit, wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, Nutzungsintention

Abstract

In the field of vocational education and training, the use of virtual environments (virtual reality, VR for short) offers many potentials to optimize learning and work processes. So far, however, little is known about the actual acceptance of VR technology in technical domains. The present hypothesis testing study examines the extent to which the theoretical assumptions of the „Technology Acceptance Model” (TAM) explain the intention to use VR technology by technical domain employees. The findings of the established structural equation model for clarifying the variance of the intended use ($R^2 = 0.354$) confirm positive correlations between the perceived usefulness and the intended use as well as the perceived ease of use and the intended use. Furthermore, the study results show that persons with experience in VR technology value the perceived usefulness and usage intention significantly higher than persons without experience with VR technology.

Keywords: Virtual reality, technology acceptance, perceived usefulness, perceived ease of use, intention to use

1. Einleitung

Die Arbeit der Zukunft, wie sie gegenwärtig unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ diskutiert wird, stellt an die Mehrheit der Beschäftigten des industriellen Dienstleistungsbereichs veränderte Anforderungen, insbesondere an deren fachliche und soziale Kompetenzen (Becker, 2015; Tenberg & Pittich, 2017). Der flächendeckende Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien und die Vernetzung der physischen mit der digitalen Welt wirken sich in diesem Rahmen auf die Interaktion zwischen Mensch und Technik aus, vor allem rücken Mensch und Technik enger zusammen (Becker, 2015; Kärcher, 2015; Windelband & Dworschak, 2015). Eine zentrale Herausforderung für die Unternehmen besteht darin, die Potentiale der neuen Technologien produktiv einzusetzen und die Beschäftigten durch lernförderliche Arbeits- und Produktionssysteme in ihrer Kompetenzentwicklung zu unterstützen (Senderek & Geisler, 2015; Zinn, 2017). Neue Technologien haben allgemein das Potential, sich förderlich auf die gesamte Wertschöpfungskette und den Lern- und Arbeitsalltag von Mensch und Maschine auszuwirken (Bauer & Horváth, 2015). Auch virtuelle Lern- und

Arbeitsumgebungen (Virtual Reality, kurz VR⁴) bieten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten Beschäftigte in ihrem Arbeitsalltag zu entlasten und multipel zu unterstützen (vgl. Thomas et al., 2018b; Zinn et al., 2016). Damit das Potential von Technologien wie der VR Technologie aber tatsächlich ausgeschöpft werden kann, müssen sie von den potentiellen Nutzern akzeptiert und genutzt werden (Venkatesh et al., 2003). Da die Nutzung einer Technologie nicht automatisch mit deren Verfügbarkeit einhergeht, scheint es zur besseren Vorhersage und Beeinflussung der Technologienutzung notwendig herauszufinden, warum die Zielgruppen Technologien annehmen und nutzen oder sie ablehnen und nicht nutzen (Bürg & Mandl, 2005; Davis et al., 1989).

Die vorliegende Studie fokussiert im Zusammenhang mit dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt VASE⁵ die Wahrnehmung und Bewertung der VR Technologie durch (potentielle) Nutzer in verschiedenen Beschäftigungsbereichen technischer Domänen. Im Rahmen der empirischen Untersuchung soll überprüft werden, wie hoch das Interesse von Seiten der (potentiellen) Nutzer an der Thematik VR ist und wie die Technologieakzeptanz von VR erklärt werden kann. Der Beitrag skizziert nach der vorgenommenen Einleitung im nächsten Abschnitt den theoretischen Hintergrund und den gegenwärtigen Forschungsstand. Im dritten Abschnitt werden auf dieser Grundlage die Forschungsfragen und Hypothesen der Studie abgeleitet. Im vierten Abschnitt wird auf das methodische Vorgehen der Studie eingegangen und im fünften Abschnitt werden die Ergebnisse dargelegt. Die Befunde werden abschließend im sechsten Abschnitt diskutiert, wo auch Anknüpfungspunkte für die weiterführende Erforschung der Ausgangsthematik aufgezeigt werden.

2. Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

Behandelt werden in diesem Abschnitt theoretische Ansatzpunkte und empirische Befunde zu den Themenbereichen Digitalisierung der beruflichen Aus- und Weiterbildung, Potentiale der VR Technologie und Technologieakzeptanz.

4 Ergänzende Anmerkung (nicht in Originalpublikation enthalten): Die Abkürzung „IVR“ hat sich erst im Verlauf der Arbeit als gängige Bezeichnung für immersive Virtual Reality Technologien in der Literatur etabliert, um diese begrifflich eindeutig von desktopbasierten virtuellen Umgebungen abzugrenzen. In den Publikationen 1 und 2 wurde dagegen noch die zu diesem Zeitpunkt gängige Abkürzung „VR“ verwendet, welche hier aber explizit auf immersive virtuelle Umgebungen verweist.

5 VASE [Virtual and Analytics Service im Maschinen- und Anlagenbau] wird durch das BMBF im Rahmen der Bekanntmachung „Technikbasierte Dienstleistungssysteme“ des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ unter dem FKZ: 02K16C110 gefördert.

2.1. *Potentiale der VR Technologie im Kontext der beruflichen Aus- und Weiterbildung*

Von den zu erwartenden Effekten der zunehmenden Digitalisierung und dem weitergehenden Einsatz neuer Technologien sind allgemein vielfältige soziale und wirtschaftliche Lebensbereiche des Menschen betroffen. Ob es im privaten Umfeld der Einsatz von Assistenzsystemen zur Steuerung eines Endgerätes oder im beruflichen Bereich der Einsatz eines Exoskeletts zur physischen Entlastung einer Arbeitskraft ist – diese Technologien verändern unseren Alltag in vielfältiger Art und Weise. Mit dem digitalen Wandel sind neue Arbeits- und Beschäftigungsmodelle, Wertschöpfungsprozesse, Geschäftsmuster und weitere Effekte auf Kommunikation, Mobilität und Innovation verbunden. Mit den neuen Technologien und ihrer Einführung wird sich auch die berufliche Aus- und Weiterbildung verändern (vgl. Eder, 2015; Gebhardt et al., 2015).

Aus dem Wandel ergeben sich direkte oder indirekte Implikationen für die Gestaltung der zukünftigen beruflichen Aus- und Weiterbildung in Bezug auf Qualifikation, Arbeitstätigkeit, Lern- und Arbeitsmittel, Arbeitsorganisation, Arbeitsräume und Beschäftigungsformen (vgl. Zinn, 2017). Es scheint offensichtlich, dass sich durch disruptive Technologien und die damit verbundenen veränderten ökonomischen, arbeits- und berufssoziologischen Konstellationen neue Kompetenzbedarfe für Arbeitskräfte ergeben werden. Insbesondere ist damit zu rechnen, dass informationstechnische Kenntnisse und Fähigkeiten, Steuerungs- und Problemlösekompetenzen sowie interkulturelle und interdisziplinäre Kompetenzen für die zukünftige Aus- und Weiterbildung zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. In Anbetracht der Dynamisierung der technologischen Entwicklung ist anzunehmen, dass die Relevanz von „Lifelong Learning“ und „Learning on Demand“ steigen wird. Die Digitalisierung hat somit vielfältige Implikationen für die methodisch-didaktische Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Insbesondere die neuen Technologien wie zum Beispiel die Mixed Reality Simulation verfügen grundsätzlich über das Potential, das räumliche und zeitliche Lernen und Arbeiten zu flexibilisieren und ein Embodiment Learning zu befördern (Zinn, 2017).

Im vorliegenden Beitrag beschäftigen wir uns mit der Akzeptanz der VR Technologie in technischen Domänen. Der Begriff „Virtual Reality“ bezieht sich dabei auf computergenerierte Echtzeit-Darstellungen von realen oder fiktionalen Umgebungen, die dreidimensional und interaktiv sind (Schwan & Buder, 2006). Dabei werden nicht-immersive desktopbasierte und immersive virtuelle Umgebungen unterschieden (Dörner et al., 2013). Immersive virtuelle Umgebungen werden mithilfe verschiedener Eingabegeräte am Kopf, der so genannten Head-Mounted Displays (HMD), präsentiert. Der Nutzer kann selbst steuernd

seinen Stand- und Sichtpunkt ändern sowie mit virtuellen Objekten und Personen interagieren (Zobel et al., 2018a). VR ermöglicht es dem Nutzer durch die Kombination aus visuellen, auditiven und haptischen Reizen sowie durch die unterschiedlichen Interaktionsmöglichkeiten, in eine simulierte Realität förmlich „einzutauchen“. Benutzer sollen das Gefühl bekommen, sich tatsächlich in der virtuellen Umgebung zu befinden und dort Handlungen auszuführen (Brill, 2009). Das simultane Aufsuchen eines virtuellen Raums durch mehrere Nutzer, visualisiert durch so genannte Avatare oder Stellvertreterpersönlichkeiten, ermöglicht den Austausch zwischen Personen und ein kollaboratives Arbeiten (Müller & Leidl, 2007; Potkonjak et al., 2016).

Virtuelle Lern- und Arbeitswelten können sowohl in der betrieblichen Praxis als auch im schulischen Bereich authentische Simulationsumgebungen bieten, die situativ anpassbar sind. So ist es beispielsweise möglich, virtuelle Bedingungen zu schaffen, die unter physisch-realen Bedingungen zu gefährlich oder zu teuer wären oder Orte zu erschließen, die in der Realität nicht erreichbar wären (Schuster, 2015). Einzelne Maschinen, ganze Produktionsanlagen oder Arbeitsumgebungen können virtuell abgebildet und Schulungen für Auszubildende, Mitarbeiter und Kunden unabhängig von Ort, Zeit und der Frage, ob Anlagen oder Materialien in materieller Form vorhanden sind, abgehalten werden. Im Maschinen- und Anlagenbau ist die Ausbildung der Mitarbeiter an den realen Maschinen teilweise nur eingeschränkt möglich, da deren Bedienung aufgrund ihrer Komplexität und Größe sehr aufwändig zu erlernen und zudem die Beseitigung von durch Fehlbedienung entstandenen Schäden teuer sind. Zudem stehen reale Maschinen für Schulungen von Mitarbeitern nicht immer vor Ort zur Verfügung. Virtuelle Lern- und Arbeitswelten begegnen diesem Problem, indem sie einer breiten Anzahl von Mitarbeitern Maschinen in virtueller Form durchgängig zur Verfügung stellen (Thomas et al., 2018b). Auf diese Weise können Lernprozesse räumlich und zeitlich flexibel gestaltet werden (Zinn et al., 2016). Auch ausländische Standorte und Dienstleistungspartner könnten so mit einem hohen Schulungs- und Qualitätsstandard bedient werden (Thomas et al., 2018b). Die durch die VR erzielte Flexibilität bietet nicht nur einen wirtschaftlichen Vorteil durch die Einsparung von Reisekosten, sondern würde auch den Arbeitsalltag der Mitarbeiter entlasten.

Sinnesdaten, die für den Menschen normalerweise nicht erfahrbar sind, sind in virtuellen Umgebungen erlebbar (Schwan & Buder, 2006). VR erlaubt die vereinfachte Darstellung und Veranschaulichung komplexer und abstrakter Sachverhalte. Im technischen Bereich können beispielsweise Steuerungs-, Produktions- oder Arbeitsabläufe simuliert sowie abbildungsgetreu veranschaulicht werden. Die Möglichkeit der Visualisierung könnte es gemäß Thomas et al.

(2018b) insbesondere älteren Mitarbeitern erleichtern, die Bedienung neuer Anlagen zu erlernen.

In virtuellen Lernumgebungen können Fehler gemacht werden, die, anders als im Falle realer Maschinen, keinen Schaden und somit keine finanziellen Folgen für das Unternehmen verursachen. Während an der realen Maschine Bauteile durch fehlerhafte Handlungen beschädigt werden können oder sogar ein ganzer Produktionsprozess durch fehlerhafte Bedienung oder das Stilllegen der Anlagen für Schulungszwecke beeinträchtigt werden kann, bieten virtuelle Maschinen die Gelegenheit, den Umgang mit Fehlern sogar explizit zu thematisieren und zu fördern. Lernende sind außerdem in der Lage, die Lernmaterialien so oft wie nötig zu wiederholen, um ein optimales Lernergebnis zu erzielen (Thomas et al., 2018b).

Innovative Lehr-Lern-Konzepte unter Nutzung der VR Technologie können des Weiteren dazu beitragen, den Praxisbezug in der berufsschulischen Ausbildung zu stärken, und Lehr-Lern-Prozesse zu unterstützen, indem reale berufliche Handlungssituationen virtuell aufbereitet und mit dem berufsschulischen Unterricht vernetzt werden (Zinn, 2015). In Ergänzung zu herkömmlichen Simulationsumgebungen ermöglicht die VR Technologie die physisch reale Fortbewegung, so dass eine authentischere Lernerfahrung geboten wird (Zinn, 2017).

2.2. *Technologieakzeptanz*

Die Akzeptanz technologischer Innovationen wird im Rahmen von Industrie 4.0 als kritische Größe betrachtet (Kagermann, 2017; Ullrich et al., 2015). Studien zeigen, dass neue Technologien von Personen nicht sofort genutzt werden, sobald sie am Arbeitsplatz zur Verfügung stehen (Bürg & Mandl, 2005; Hu et al., 1999; Ma, Andersson & Streith, 2005; Pikkarainen et al., 2004). Die Untersuchung der Technologieakzeptanz, definiert als „die positive Annahmeseheiner Innovation durch die Anwender“ (Simon, 2001, S. 89), ist deshalb für Unternehmen von besonderer Bedeutung (Bürg & Mandl, 2005; Davis et al., 1989; Venkatesh et al., 2003). Insbesondere die Untersuchung hemmender und fördernder Aspekte ist dabei zentral (Venkatesh et al., 2003).

Einen Grundstein in der Akzeptanzforschung bildet das „Technology Acceptance Model“ (TAM; vgl. Davis, 1989; Venkatesh & Davis, 2000). Das TAM wurde mit dem Ziel entwickelt, die Nutzung von Informationstechnologien durch verschiedene Nutzergruppen vorhersagen zu können (Davis et al., 1989). Ausgehend von der „Theory of Reasoned Action“ (TRA; vgl. Ajzen & Fishbein, 1980; Fishbein & Ajzen, 1975) sowie der „Theory of Planned Behavior“ (TPB; vgl. Ajzen, 1985, 1991), stellt die Annahme, es gebe einen Zusammenhang

zwischen der Einstellung gegenüber einem bestimmten Verhalten, der Verhaltensabsicht und dem tatsächlichen Verhalten, einen zentralen Grundaspekt des TAM dar. Menschliches Verhalten erfolgt demgemäß als Konsequenz der Einstellungsbildung. Die Einstellung gegenüber der Technologienutzung kann im TAM gemäß TRA und TPB als eine Funktion aus der Erwartung, dass die Technologienutzung zu bestimmten Konsequenzen führen wird, und der Bewertung dieser Konsequenzen definiert werden. Demnach wird eine Person, die von der Technologienutzung positive Konsequenzen erwartet, eine positive Einstellung gegenüber der Nutzung entwickeln. Die Einstellung wird gemäß TAM von zwei zentralen Einflussfaktoren beeinflusst, welche für die Technologieakzeptanz der Nutzer entscheidend sind: die wahrgenommene Nützlichkeit⁶ und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit⁷ der Technologie. Die Nützlichkeit spiegelt die Einschätzung des Nutzers wider, ob die Technologie einen bestimmten Mehrwert, zum Beispiel eine Arbeitserleichterung, mit sich bringen wird. Die Benutzerfreundlichkeit wiederum wird definiert als der eingeschätzte erforderliche Aufwand, mit dem die Technologie zu bedienen ist. Technologien, deren Anwendung als nützlich wahrgenommen wird und die ohne hohen Aufwand leicht zu bedienen sind, werden demzufolge eher akzeptiert als Technologien, auf die dies nicht zutrifft. Externe Faktoren, wie beispielsweise die demografischen Eigenschaften des Nutzers, wirken wiederum auf die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit.

In Folgeuntersuchungen zum TAM zeigt sich ein insgesamt inkonsistenter Einfluss der Einstellung auf die Nutzungsintention und außer der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit nur ein geringer zusätzlicher Erklärungsanteil im Modell, weshalb sie in Folgeuntersuchungen nicht mehr als eigenständiger Faktor berücksichtigt wurde (Davis et al., 1989; Venkatesh et al., 2003). Davis, Bagozzi und Warshaw (1989) erklären die inkonsistente Befundlage damit, dass im beruflichen Kontext die Leistungserbringung durch eine nützliche und einfach bedienbare Technologie eine größere Rolle spielen könnte als die individuelle positive oder negative Einstellung gegenüber der Technologie. Venkatesh et al. (2003) nehmen in diesem Kontext an, dass die Einstellung bei Nichtbeachtung der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit als Ersatzgröße fungiert, deren Relevanz für die Erklärung der Nutzungsintention aber durch die explizite Berücksichtigung der beiden Faktoren entfällt. In der finalen Version des TAM fanden deshalb allein die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit als direkte Determinanten der

6 Zur besseren Lesbarkeit wird die „wahrgenommene Nützlichkeit“ im Folgenden abgekürzt mit „Nützlichkeit“.

7 Zur besseren Lesbarkeit wird die „wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit“ im Folgenden abgekürzt mit „Benutzerfreundlichkeit“.

Nutzungsintention Berücksichtigung. Abbildung 10 veranschaulicht die Zusammenhänge des TAM.

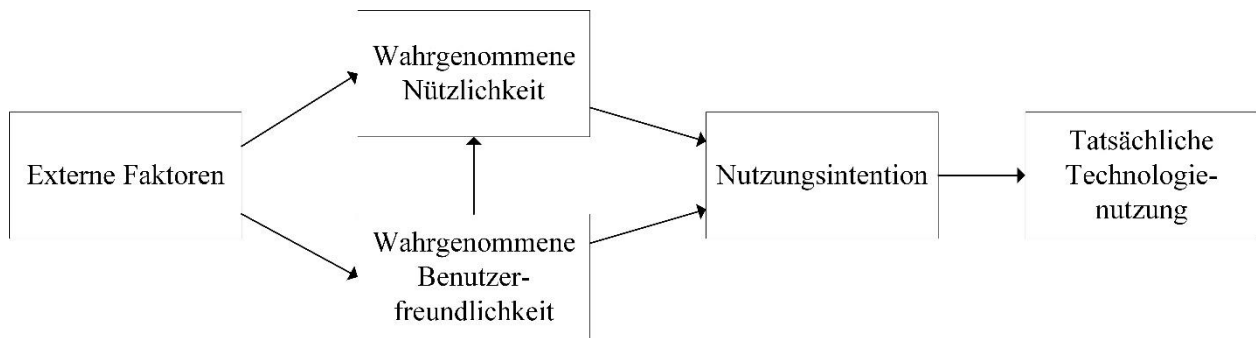


Abbildung 10: Technology Acceptance Model (eigene Darstellung in Anlehnung an Davis, Bagozzi und Warshaw 1989).

Aufbauend auf dem TAM entwickelten sich Folgemodelle mit dem Ziel, die theoretische Genauigkeit und Erklärungskraft durch die Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren zu erhöhen. Zu nennen sind in diesem Rahmen insbesondere das TAM 2 (vgl. Venkatesh & Davis, 2000), die „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (UTAUT; vgl. Venkatesh et al., 2003) und das TAM 3 (Venkatesh & Bala, 2008). Übergreifend lassen sich die zusätzlichen Einflussfaktoren einteilen in (1) Faktoren des Nutzers, zum Beispiel das Alter, das Geschlecht, Persönlichkeitseigenschaften oder die Erfahrung mit der jeweiligen Technologie (z. B. Chung et al., 2010; Coldham & Cook, 2017; Gefen & Straub, 1997; Lam et al., 2008; Morris & Venkatesh, 2000; Venkatesh et al., 2003), (2) Faktoren der Technologie, wie beispielsweise die Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen (z. B. Kohnke & Bungard, 2009; Kohnke & Müller, 2009; Kohnke et al., 2011) und (3) Faktoren der Organisation, wie zum Beispiel das Vorhandensein eines Anwendersupports oder Anwendertrainings (z. B. Amoako-Gyampah & Salam, 2004; Igarria et al., 1997; Kohnke & Bungard, 2009).

Das TAM kann insgesamt als valides und robustes Modell bezeichnet werden, welches auf einem breiten Feld Anwendung findet (King & He, 2006; Lee et al., 2003). So finden sich unter Einsatz des TAM und seiner Nachfolgemodelle beispielsweise Untersuchungen zur Technologieakzeptanz von medizinischen Technologien (Chau & Hu, 2002; Hu et al., 1999), internetbasierten Applikationen (Liaw & Huang, 2003; Lu et al., 2003; Yi & Hwang, 2003), digitalen Bibliotheken (Hong, Thong & Wai-Man Wong, 2002) und innovativen Lerntechnologien wie computer- oder webbasierten Lernumgebungen (Chen, 2011; Padilla-Meléndez et al., 2013; Park et al., 2007; Šumak et al., 2011; Tan, 2013). Im Bereich der VR

Technologie existieren dagegen kaum Studien, die sich mit der Akzeptanz auseinandergesetzt haben. Abgesehen von der Untersuchung nicht-immersiver desktopbasierter virtueller Umgebungen (Bertrand & Bouchard, 2008; Fetscherin & Lattemann, 2008) sowie Mixed Reality Anwendungen (Rasimah et al., 2011) ist der Forschungsstand zur Akzeptanz der immersiven VR Technologie dünn. Studienergebnisse deuten darauf hin, dass das TAM grundsätzlich als geeignete Struktur zur Analyse der Akzeptanz der VR Technologie herangezogen werden kann (Berkemeier et al., 2018; Göbel & Sonntag, 2017; Juan et al., 2018). Nach unserem Kenntnisstand liegen allerdings keine belastbaren Studien in technischen Domänen vor, in denen die Annahmen des TAM innerhalb eines Strukturgleichungsmodells im Bezugfeld der VR Technologie überprüft worden wären.

3. Forschungsfragen und Hypothesen

Die vorliegende Untersuchung zielt vor dem oben dargelegten theoretischen Hintergrund darauf ab, die Technologieakzeptanz von VR bei Beschäftigten in technischen Domänen zu analysieren. Da davon auszugehen ist, dass die Akzeptanz der fokussierten Technologie auch vom allgemeinen beruflichen Aufgaben- und Tätigkeitsbereich der Befragten moderiert ist und um spezifische Aussagen zur Technologieakzeptanz der Zielgruppe zu machen, betrachten wir in der Untersuchung ausschließlich Beschäftigte im Kontext technischer Domänen (siehe Abschnitt 4.2).

Der aktuelle Forschungsstand zur Technologieakzeptanz (siehe Abschnitt 2.2) liefert Ansatzpunkte dafür, dass das TAM grundsätzlich geeignet zu sein scheint, um die Akzeptanz der VR Technologie zu erfassen und vorherzusagen (Bertrand & Bouchard, 2008; Fetscherin & Lattemann, 2008; Rasimah et al., 2011; Roberts et al., 2018). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die nachstehend postulierten Zusammenhänge im TAM auf der Basis einer Untersuchung zur Technologieakzeptanz der VR Technologie repliziert werden können und wie hoch die Akzeptanz der Technologie durch die Beschäftigten in technischen Domänen ausgeprägt ist. Auf Basis der Grundannahmen des TAM und seiner Nachfolgemodelle (Davis et al., 1989; Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh & Bala, 2008) werden in diesem Rahmen folgende Hypothesen abgeleitet:

- H1:** Die wahrgenommene Nützlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention der VR Technologie.
- H2:** Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention der VR Technologie.

H3: Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.

Individuelle Merkmale der Nutzer werden als einflussreiche Faktoren für die Annahme neuer Technologien betrachtet (Lin et al., 2013). Was den demografischen Wandel und die Herausforderungen der Industrie 4.0 anbelangt, spielt hier insbesondere das Lebensalter eine Rolle (Bochum, 2015). Prensky (2001) unterscheidet die „Digital Natives“ (jüngere Personen, welche mit modernen Informationstechnologien aufgewachsen sind) von den „Digital Immigrants“ (älteren Personen, welche moderne Technologien erst im Laufe des Erwachsenenalters kennengelernt haben). Jüngere Personen binden Technologien demnach stärker in ihren Alltag ein und nutzen sie zu anderen Zwecken als ältere Personen (Vodanovich, Sundaram & Myers, 2010). So zeigt sich beispielsweise in Studien, dass ältere Beschäftigte neue Informationstechnologien weniger häufig nutzen und ihre Nützlichkeit niedriger einschätzen als jüngere Mitarbeiter (Chung et al., 2010; Morris & Venkatesh, 2000). Schwierigkeiten und Vorbehalte bezüglich der Nutzung neuer Technologien durch ältere Personen führen Rama, de Ridder und Bouma (2001) auf die Komplexität der Nutzeroberflächen, den altersbedingten Rückgang kognitiver Fähigkeiten und auf generationsbedingte mangelnde Erfahrungen mit komplexen Technologien zurück. Eine Studie, welche die Wahrnehmung der VR Technologie durch ältere Personen untersucht, zeigt, dass ältere Personen insgesamt wenige sinnvolle Einsatzmöglichkeiten für die Technologie sehen und sie eher als „Spielerei“ wahrnehmen (Coldham & Cook, 2017). Roberts et al. (2018) betonen in diesem Rahmen, dass sich insbesondere bei älteren Personen eine Demonstration der Einsatzmöglichkeiten sowie eine altersfreundliche und komfortable Bedienung positiv auf die Technologieakzeptanz auswirken könnten. Aus diesen Ergebnissen werden folgende Hypothesen abgeleitet:

H4.1: Ältere Personen bewerten die Nützlichkeit der VR Technologie niedriger als jüngere Personen.

H4.2: Ältere Personen bewerten die Benutzerfreundlichkeit der VR Technologie niedriger als jüngere Personen.

H4.3: Ältere Personen geben eine niedrigere Nutzungsintention der VR Technologie an als jüngere Personen.

Die Folgemodelle des TAM (siehe Abschnitt 2.2) erfassen neben demografischen Faktoren der Nutzer auch die Erfahrung mit der Technologie als moderierende Einflussvariable auf die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren der Technologieakzeptanz (Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh & Bala, 2008). Studien zeigen, dass die

Erfahrung mit einer Technologie auch einen direkten Einfluss auf die Determinanten der Technologieakzeptanz nehmen kann (Hackbarth, Grover & Mun, 2003; Liao & Lu, 2008). So zeigen die Ergebnisse von Liao und Lu (2008) zur Nutzung eines E-Learning-Systems, dass die Erfahrung mit E-Learning-Anwendungen ein signifikanter Einflussfaktor dafür ist, ob das untersuchte System zukünftig weiter von der Zielgruppe genutzt wird oder nicht. Hill, Smith und Mann (1987) weisen einen Einfluss der Erfahrung mit Computern über die eingeschätzte Selbstwirksamkeit auf die Technologienutzung nach. Personen mit Computererfahrung sind demgemäß überzeugter die Bedienung eines Computers zu beherrschen, was sich positiv auf die Nutzungsintention auswirkt.

Die Ergebnisse von Coldham und Cook (2017) zur Wahrnehmung der VR Technologie von älteren Personen deuten an, dass die Erfahrung mit der VR Technologie dazu beitragen kann, deren Einsatzmöglichkeiten besser zu verstehen und einen größeren Nutzen dieser Technologie wahrzunehmen. In ihrer Studie absolvierten die Probanden zunächst eine Demonstrationseinheit in einer virtuellen Umgebung, um die Hardware kennenzulernen und im Anschluss eine virtuelle Navigationsaufgabe. Obwohl im Vorhinein die Mehrheit der Probanden die Technologie als wenig nützlich wahrnahm, berichtete knapp die Hälfte der Probanden nach der VR Session von einem „Wow-Effekt“ und einem besseren Verständnis davon, wie die Technologie angewendet wird. Daraus leiten sich folgende Hypothesen ab:

H5.1: Personen ohne Erfahrung mit der VR Technologie bewerten die Nützlichkeit der VR Technologie niedriger als Personen, die Erfahrung mit der Technologie haben.

H5.2: Personen ohne Erfahrung mit der VR Technologie zeigen eine niedrigere Nutzungsintention als Personen, die Erfahrung mit der Technologie haben.

4. Methoden

Nachfolgend wird das methodische Vorgehen in der Studie im Hinblick auf das Untersuchungsdesign, die Stichprobe, den Ablauf der Datenerhebung und die verwendeten Instrumente beschrieben⁸.

⁸ Der vorliegende Beitrag kann als Teilstudie im Rahmen der Feldanalyse des Projekts VASE verstanden werden. Im Rahmen der Gesamtstudie wurden noch weitere Fragenkategorien erhoben, welche für die hier untersuchten Forschungsfragen nicht relevant sind und deshalb in einem anderen Beitrag Pletz und Zinn (2020a) berichtet werden.

4.1. Untersuchungsdesign

Beim Untersuchungsdesign handelt es sich um eine quantitative hypothesenprüfende Fragebogenstudie. Die Datenerfassung erfolgte über eine Onlinebefragung sowie im Rahmen einer zweitägigen Fachveranstaltung zu VR⁹ mittels Paper-Pencil-Befragung. Die Besucher der VR Veranstaltung hatten dort die Möglichkeit sich über die aktuelle VR Hard- und Software zu informieren sowie partiell auch VR Anwendungen selbst zu testen.

4.2. Stichprobe

Es nahmen insgesamt $N = 276$ Personen an der Studie teil. Davon bearbeiteten $n = 117$ Personen (42 %) den Fragebogen online und $n = 159$ (58 %) im Rahmen der VR Veranstaltung. Es wurden $n = 5$ Personen aus den Analysen ausgeschlossen, da ihr Antwortverhalten auf Sprach- oder Verständnisschwierigkeiten hindeutete. Damit bestand die Stichprobe zu 83 % aus männlichen ($n = 228$) und zu 14 % aus weiblichen Probanden ($n = 39$). Es machten $n = 4$ Personen keine Angaben zu ihrem Geschlecht. Das Durchschnittsalter betrug bei $n = 18$ fehlenden Angaben 38.17 Jahre ($SD = 11.26$) mit einer Spanne von 19 bis 64 Jahren. Das Bildungsniveau der Stichprobe setzt sich wie folgt zusammen: 9 % ($n = 24$) verfügen über einen Werk-/Realschulabschluss, 12 % ($n = 32$) über das Abitur, 19 % ($n = 52$) über einen Bachelor-Hochschulabschluss, 46 % ($n = 124$) über einen Master-Hochschulabschluss oder höher sowie 13 % ($n = 36$) über einen sonstigen Bildungsabschluss. Es machten $n = 3$ Personen keine Angaben zu ihrem Bildungsabschluss.

Die Angaben zur beruflichen Tätigkeit der Befragten lassen sich bei $n = 31$ fehlenden Werten wie folgt zusammenfassen: 14 % ($n = 38$) arbeiten als Servicetechniker, 10 % ($n = 28$) als Ingenieur/Konstrukteur/Produktentwickler, 9 % ($n = 25$) im Bereich IT/Software, 8 % ($n = 23$) im Bereich Training/Aus- und Weiterbildung, 6 % ($n = 17$) im Bereich Personalentwicklung, 6 % ($n = 17$) im Vertrieb/Marketing, 6 % ($n = 15$) der Befragten sind Studenten, 3 % ($n = 9$) arbeiten im Bereich Projekt-/Innovationsmanagement, 3 % ($n = 8$) arbeiten in der Forschung und 16 % ($n = 43$) der Studienteilnehmer gaben sonstige berufliche Tätigkeiten an. Des Weiteren gaben 6 % ($n = 17$) der Befragten an als Entwickler für VR/AR (Augmented Reality) Umgebungen tätig zu sein. Der Großteil der Befragten entstammt dabei aus Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern (63 %, $n = 172$). Die meisten Unternehmen sind aus dem Bereich Maschinen- und Anlagenbau (48 %, $n = 131$) und daneben aus den Bereichen Informatik/Software (13 %, $n = 35$), Automobil/Automotive (7 %, $n = 18$),

⁹ Bei der Veranstaltung zu VR handelt es sich um die VR Expo 2018, die an der Universität Stuttgart durchgeführt wurde.

Elektrik/Elektronik (5 %, $n = 13$), Bildung/Wissenschaft (4 %, $n = 10$), Kommunikation/Marketing/Vertrieb (2 %, $n = 5$), Design (2 %, $n = 5$) sowie anderen Bereichen (17 %, $n = 47$). Es machten $n = 7$ Personen keine Angaben zum Bereich, dem ihr Unternehmen angehört.

4.3. *Ablauf der Datenerfassung*

Für die Online-Umfrage wurde der Link zur Befragung per E-Mail an die beteiligten Unternehmen des Projekts VASE gesendet. Die Befragung auf der VR Veranstaltung erfolgte an einem Informationsstand zum Projekt VASE und die Teilnahme war jeweils freiwillig.

Zunächst wurden die Probanden über den Ablauf und das Ziel der Befragung informiert sowie zu ihren demografischen Daten befragt. Im Anschluss folgte ein Informationstext zur VR Technologie mit Informationen zur Begriffsbestimmung, der systemtypischen Hardware und zu Anwendungsmöglichkeiten. Zur Veranschaulichung wurden zwei Abbildungen mit einer virtuellen Beispielumgebung und Nutzern der Hardware (HMD und Sensoren) eingefügt. Die Probanden der Online-Umfrage hatten darüber hinaus die Möglichkeit, eine ca. einminütige tonlose Filmsequenz anzuschauen, welche drei verschiedene virtuelle Beispielumgebungen zur Veranschaulichung der Möglichkeiten der Technologie enthielt: eine virtuelle Produktionshalle, ein Baggerführerhaus sowie einen Seminarraum mit einer Präsentation und Animationen eines technischen Bauteils. Auf den Informationstext und gegebenenfalls die Filmsequenz folgte der Fragebogen. Die Reihenfolge der Fragenkategorien und Items war für alle Probanden festgelegt und identisch. Insgesamt dauerte die Befragung ca. 7 Minuten.

4.4. *Verwendete Instrumente*

Einen Überblick über die einzelnen verwendeten Skalen sowie die Kennwerte zur Testgüte des Fragebogens liefert Tabelle 1. Die Reliabilitätswerte der Skalen mit Cronbachs $\alpha > 0.70$ sind alle zufriedenstellend und lassen auf eine reliable Messung schließen (Peterson, 1994).

4.4.1. Angaben zur VR Nutzung

Um die Erfahrung der Befragten mit der VR Technologie beurteilen zu können, wurden sie aufgefordert anzugeben, ob sie die Technologie bereits privat (z. B. für Spiele, Videos) oder beruflich (z. B. in Schulungen, Kundenkontakt) nutzten, ob sie die Technologie bereits kurz ausprobiert haben (z. B. im Rahmen einer Informationsveranstaltung) oder noch gar nicht ausprobiert oder genutzt haben. Es gaben 39 % ($n = 107$) der Befragten an, die VR Technologie bereits privat genutzt zu haben, 46 % ($n = 125$) nutzten sie beruflich, 39 % ($n = 105$) haben sie bislang kurz ausprobiert und 14 % ($n = 39$) haben die Technologie noch nicht ausprobiert oder genutzt. Die Befragten sollten außerdem bestimmen, ob sie die Technologie aktuell im Rahmen

ihrer beruflichen Tätigkeit nutzen (ja: 42 %, $n = 114$; nein: 58 %, $n = 156$; keine Angabe: < 1 %, $n = 1$) und ob sie eine VR Brille besitzen (ja: 38 %, $n = 102$; nein: 62 %, $n = 169$). Zusätzlich sollten die Probanden Angaben zu ihrer Spielerfahrung mit 3D-Spielen auf dem PC oder auf Konsolen (ja: 54 %, $n = 145$; nein: 46 %, $n = 125$; keine Angabe: < 1 %, $n = 1$) machen.

4.4.2. Technologieakzeptanz

Erhoben wurden auf Basis des TAM die Nützlichkeit (4 Items; Beispielitem: „*Die Nutzung der VR Technologie würde meine Arbeit erleichtern*“), die Benutzerfreundlichkeit (4 Items; Beispielitem: „*Die Bedienung der VR Technologie wäre leicht für mich*“) sowie die Nutzungsintention (3 Items; Beispielitem: „*Wenn die VR Technologie in meinem Unternehmen eingesetzt wird, würde ich sie nutzen*“) gemäß Venkatesh et al. (2003), wobei die Formulierung der einzelnen Items an die VR Technologie angepasst wurde. Aus Gründen der Passung mit der VR Technologie wurde ein Originalitem zur Nützlichkeit von Venkatesh et al. (2003) („*Wenn ich die Technologie nutze, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer Gehaltserhöhung*“) durch ein Item von Davis, Bagozzi und Warshaw (1989) ersetzt („*Die VR Technologie würde meine Arbeit erleichtern*“). Die Beantwortung der Items erfolgte auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“; 4 = „teils, teils“; 7 = „stimmt voll und ganz“).

Zwei selbst generierte Einzelitems erfassten außerdem die Einschätzung der Probanden hinsichtlich des Einflusses der VR Technologie auf die räumliche Flexibilität (Item: „*Der Einsatz der Virtual Reality Technologie würde sich positiv auf meine räumliche Flexibilität auswirken, z. B. indem ich flexibel bestimmen könnte, wo ich arbeite*“) und die zeitliche Flexibilität (Item: „*Der Einsatz der Virtual Reality Technologie würde sich positiv auf meine zeitliche Flexibilität auswirken, z. B. indem ich flexibel bestimmen könnte, wann ich arbeite*“). Die Beantwortung der Items erfolgte ebenfalls auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“; 4 = „teils, teils“; 7 = „stimmt voll und ganz“).

4.4.3. Thematisches Interesse an VR

Zur grundsätzlichen Beurteilung des Interesses der Befragten an der Thematik VR wurde das thematische Interesse gemäß Schiefele (1990) mithilfe von sieben Items zur gefühlsbezogenen Valenz (Beispielitem: „*Das Thema VR Technologie empfinde ich als interessant*“) sowie vier Items zur wertbezogenen Valenz (Beispielitem: „*Das Thema VR Technologie ist für mich persönlich bedeutsam*“) erfasst. Die gefühlsbezogene Valenz umfasst gemäß Schiefele (1990) positive und negative Gefühle, welche an die Thematik gekoppelt sind. Die wertbezogene Valenz wird definiert als die gefühlsneutrale persönliche Bedeutsamkeit der Thematik. Die Probanden beantworteten alle Items auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“;

4 = „teils, teils“; 7 = „stimmt voll und ganz“). Ein Item zur gefühlsbezogenen Valenz (Item 1: „Das Thema Virtual Reality Technologie empfinde ich als langweilig“) wies mit $T < 0.30$ eine geringe Trennschärfe auf ($T_1 = 0.13$, $M_1 = 3.7$, $SD_1 = 1.7$, $\alpha_{drop}^{10} = 0.87$) und wurde deshalb aus den Berechnungen ausgeschlossen. Der Ausschluss eines weiteren Items (Item 6: „Ich fühle mich am Thema Virtual Reality Technologie beteiligt“) verbesserte die Reliabilität der Skala ($T_6 = 0.42$, $M_6 = 4.7$, $SD_6 = 1.9$, $\alpha_{drop} = 0.87$). Die Werte in Tabelle 2 beziehen sich auf die Skala unter Ausschluss dieser beiden Items.

Tabelle 2: Testgütekriterien der verwendeten Skalen.

Skala ^a	Anzahl Items	M	SD	Trennschärfe	Reliabilität ^b
WN	4	4.13	1.56	0.76 - 0.87	0.92
WB	4	5.72	1.11	0.81 - 0.86	0.92
NI	3	5.88	1.29	0.78 - 0.87	0.91
GV	5	5.97	1.20	0.61 - 0.82	0.85
WV	4	5.74	1.23	0.57 - 0.68	0.81

Anmerkungen: ^a WN = Wahrgenommene Nützlichkeit; WB = Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; NI = Nutzungsintention; GV = Gefühlsbezogene Valenz; WV = Wertbezogene Valenz. ^b Reliabilitätskoeffizient nach Cronbachs-Alpha.

5. Ergebnisse

Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm R (Version 3.4.4) ausgewertet, wobei ein Alpha-Niveau von .05 für alle statistischen Tests verwendet wurde.

5.1. Deskriptive Ergebnisse

Insgesamt deuten die Mittelwerte der Skalen gefühlsbezogene Valenz ($M = 5.97$, $SD = 1.20$) und wertbezogene Valenz ($M = 5.74$, $SD = 1.23$) auf ein hohes Interesse der Befragten an der VR Technologie hin. Die Befragten gaben eine mittlere Nützlichkeit ($M = 4.13$, $SD = 1.56$) der VR Technologie sowie eine hohe Benutzerfreundlichkeit ($M = 5.72$, $SD = 1.11$) an. Die Nutzungsintention der VR Technologie war bei den Befragten insgesamt ebenfalls hoch ($M = 5.88$, $SD = 1.29$). Die Probanden schätzten einen positiven Einfluss der VR Technologie auf ihre räumliche Flexibilität ($M = 3.61$, $SD = 1.96$) und auf ihre zeitliche Flexibilität ($M = 3.04$, $SD = 1.82$) als mittel ein.

10 Der Wert bezeichnet den Reliabilitätskoeffizienten der Skala nach Cronbachs-Alpha unter Ausschluss des Items.

5.2. Einflussfaktoren der Technologieakzeptanz

Um die postulierten Zusammenhänge des TAM zu untersuchen, wurde ein Strukturgleichungsmodell auf Basis des in Abschnitt 2.3 berichteten Forschungsstands geschätzt (siehe Abbildung 11). Dabei wurden diejenigen Personen ausgeschlossen, welche die VR Technologie noch nicht genutzt oder ausprobiert haben ($n = 39$), da davon ausgegangen werden kann, dass insbesondere die Benutzerfreundlichkeit der Technologie ohne entsprechende Einblicke nicht sinnvoll eingeschätzt werden kann.

Die Fitstatistiken des Modells ($N = 232$, $\chi^2 = 51.97$, $df = 41$, $p(\chi^2) = .117$, $CFI = 0.99$, $TLI = 0.99$, $RMSEA = 0.03$ [90 % Konfidenzintervall = 0.00 bis 0.058], $SRMR = 0.03$) zeigen eine gute Passung mit den Daten (Steinmetz, 2015). Unter Einbezug der Nützlichkeit (WN) und der Benutzerfreundlichkeit (WB) ergibt sich in dem in Abbildung 11 dargestellten Modell für die Nutzungsintention (NI) eine Varianzaufklärung von 35.40 % ($R^2 = 0.354$).

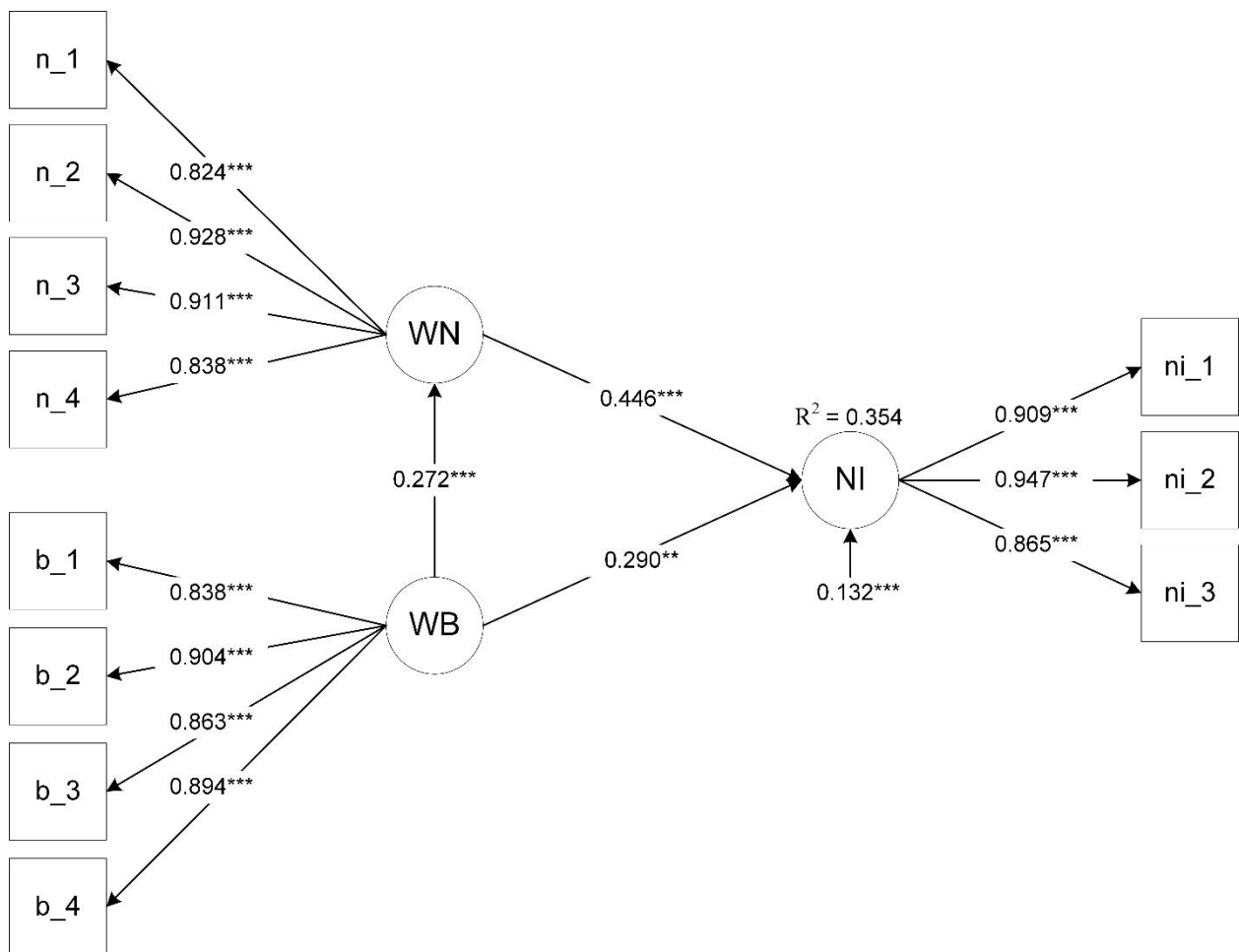


Abbildung 11: Strukturmodell zur Technologieakzeptanz von VR mit der wahrgenommenen Nützlichkeit (WN), der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit (WB) und der Nutzungsintention (NI) (eigene Darstellung und Berechnung).

Erwartungsgemäß und konform mit dem TAM zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen der Nützlichkeit und der Nutzungsintention sowie der Benutzerfreundlichkeit und der Nutzungsintention. Das Modell in Abbildung 2 belegt einen standardisierten direkten Effekt der Nützlichkeit ($\beta = 0.446, p < .001$) und der Benutzerfreundlichkeit ($\beta = 0.290, p < .01$) auf die Nutzungsintention. Des Weiteren nimmt die Benutzerfreundlichkeit einen signifikanten Einfluss auf die Nützlichkeit ($\beta = 0.272, p < .001$).

5.3. *Unterschiede zwischen Subgruppen*

Für die Betrachtung von Unterschieden in der Technologieakzeptanz zwischen verschiedenen Subgruppen wurden Vergleiche von Gruppenmittelwerten angestrebt. Hierfür wurde jeweils zunächst die Annahme der Normalverteilung der einzelnen Skalen mittels des Shapiro-Wilk-Tests überprüft. Da die Voraussetzungen für parametrisches Testen nicht erfüllt waren, wurden zur Untersuchung von Unterschieden zwischen zwei Gruppen nicht parametrische Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben berechnet (Schäfer, 2011).

5.3.1. Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probanden

Um die Einflüsse des Alters zu untersuchen, wurde die Stichprobe anhand eines Mediansplits (*Median* = 36.00 Jahre) in zwei Subgruppen (jüngere Probanden: $n = 130$; ältere Probanden: $n = 123$) aufgeteilt. Tabelle 3 veranschaulicht die Ergebnisse des anschließenden Gruppenvergleichs. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Benutzerfreundlichkeit. Ältere Probanden bewerteten die Benutzerfreundlichkeit der VR Technologie niedriger als jüngere Probanden. Weitere signifikante Unterschiede zeigen sich nicht.

Tabelle 3: Unterschiede zwischen jüngeren (≤ 36.00 Jahre; $n = 130$) und älteren Probanden (> 36.00 Jahre; $n = 123$).

Skala ^a	Jüngere Probanden		Ältere Probanden		U ^c	d ^d
	Median	Q _{dif} ^b	Median	Q _{dif} ^b		
WN	4.25	2.19	4.50	2.00	7284	-
WB	6.00	1.25	5.75	1.13	9659**	0.37
NI	6.00	2.00	6.00	1.92	7261	-
GV	6.20	1.20	6.20	1.20	7586	-
WV	6.00	1.50	6.00	1.88	7461	-

Anmerkungen. ^a WN = Wahrgenommene Nützlichkeit; WB = Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; NI = Nutzungsintention; GV = Gefühlsbezogene Valenz, WV = Wertbezogene Valenz. ^b Q_{dif} = Quartilsabstand. ^c U = Mann-Whitney-U-Test-Statistik. ^d d = Wert für die Effektstärke nach Cohen (1988). * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

5.3.2. Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Erfahrung mit der VR Technologie

Um die Einflüsse der Erfahrung mit der VR Technologie zu untersuchen, wurden die Befragten in zwei Subgruppen eingeteilt: Personen, welche die Technologie bereits privat oder beruflich genutzt haben (63 %, $n = 172$) wurden in eine Subgruppe der Personen mit Erfahrung mit der Technologie eingeordnet und Personen, welche die Technologie bislang nur kurz ausprobiert haben oder sie noch nicht genutzt haben (37 %, $n = 99$), wurden in eine Subgruppe der Personen ohne Erfahrung mit der Technologie eingeordnet. Tabelle 4 enthält die Ergebnisse des anschließenden Gruppenvergleichs. Es zeigen sich signifikante Unterschiede in der Bewertung der Nützlichkeit, der Benutzerfreundlichkeit, der Nutzungsintention sowie des Interesses mit wert- und gefühlsbezogener Valenz. Die Personen mit Erfahrung mit der VR Technologie bewerteten die Nützlichkeit und die Benutzerfreundlichkeit höher als die Personen ohne Erfahrung mit dieser Technologie. Außerdem zeigten sie eine höhere Nutzungsintention und ein höheres Interesse an VR.

Tabelle 4: Unterschiede zwischen Probanden mit ($n = 172$) und ohne Erfahrung ($n = 99$) mit der VR Technologie.

Skala ^a	Probanden mit Erfahrung		Probanden ohne Erfahrung		U ^c	d ^d
	Median	Q _{dif} ^b	Median	Q _{dif} ^b		
WN	4.50	1.75	4.00	2.00	11166***	0.56
WB	6.00	2.00	5.75	1.00	10965***	0.50
NI	6.67	1.00	6.00	1.67	11260***	0.62
GV	6.50	1.00	6.00	1.00	11363***	0.58
WV	6.25	1.50	5.50	1.63	11768***	0.67

Anmerkungen. ^a WN = Wahrgenommene Nützlichkeit; WB = Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; NI = Nutzungsintention; GV = Gefühlsbezogene Valenz, WV = Wertbezogene Valenz. ^b Q_{dif} = Quartilsabstand. ^c U = Mann-Whitney-U-Test-Statistik. ^d d = Wert für die Effektstärke nach Cohen (1988). * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung zielte auf die Analyse der Akzeptanz der VR Technologie unter den Annahmen des „Technology Acceptance Model“ (TAM) bei Beschäftigten in technischen Domänen. Die empirischen Befunde bestätigen die grundlegenden theoretischen Annahmen des TAM. Auf der Basis eines latenten Strukturgleichungsmodells wurde eine Varianzaufklärung der Nutzungsintention von 35.40 % erzielt. Der erklärte Varianzanteil an der Nutzung einer Informationstechnologie auf Basis des TAM wird im Allgemeinen mit etwa 40 % beziffert, weshalb dieses Ergebnis als durchaus zufriedenstellend bezeichnet werden kann (Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh & Bala, 2008). Erwartungskonform zeigen sich in der Analyse signifikante Zusammenhänge zwischen der Nützlichkeit und der Nutzungsintention sowie der Benutzerfreundlichkeit und der Nutzungsintention. Zudem besteht ein signifikanter Einfluss der Benutzerfreundlichkeit auf die Nützlichkeit. Insgesamt werden damit die Annahmen des TAM auch für die VR Technologie bekräftigt und die in Abschnitt 3 aufgestellten Hypothesen H1 bis H3 bestätigt.

Die deskriptiven Studienbefunde zur Beschreibung der Stichprobe belegen ein hohes Interesse der Studienteilnehmer an der VR Technologie. Die Nutzungsintention der VR Technologie wurde insgesamt von der Gesamtstichprobe deutlich über dem Skalenmittelwert und damit positiv eingeschätzt. Während auch eine hohe Benutzerfreundlichkeit festgestellt wurde, stellte die Gesamtstichprobe nur eine mittlere Nützlichkeit der VR Technologie fest. Ebenfalls wurden die positiven Einflüsse der VR Technologie auf die räumliche und zeitliche Flexibilität von den Probanden im mittleren Bereich konstatiert, so dass sich die eingeschätzte mittlere Nützlichkeit insgesamt als ausbaufähig bewerten lässt. Möglicherweise ist hier davon

auszugehen, dass es bei einem Teil der Gesamtstichprobe noch an Ideen und konkreten Szenarien, wie VR sinnvoll am Arbeitsplatz beziehungsweise im Rahmen des zu verantwortenden Aufgaben- und Tätigkeitsfeldes der Befragten im kommerziellen Rahmen eingesetzt werden kann, fehlt. Unterstützt wird diese Annahme auch durch den Befund zum Gruppenvergleich zwischen Personen mit und ohne Erfahrung mit der VR Technologie. Die Personengruppe mit Erfahrung in diesem Bereich bewertete die Nützlichkeit und die Benutzerfreundlichkeit signifikant höher als die Personengruppe ohne Erfahrung mit dieser Technologie. Außerdem äußerte die Personengruppe mit Erfahrung eine höhere Nutzungsintention und ein höheres Interesse an VR, so dass die Hypothesen H5.1 und H5.2 bestätigt werden.

Die Ergebnisse zum Gruppenvergleich zwischen älteren und jüngeren Personen belegen entgegen den Annahmen, dass es zwischen diesen beiden Gruppen – mit Ausnahme der Benutzerfreundlichkeit, die von jüngeren höher bewertet wurde – keine signifikanten Unterschiede bezogen auf die Nützlichkeit und Nutzungsintention der VR Technologie gibt. Demnach wird die Hypothese H4.2 bestätigt, wohingegen die Hypothesen H4.1 und H4.3 abzulehnen sind. Gemäß Prensky (2001) wurden die ersten „Digital Natives“ im Zeitraum zwischen 1980 und 1994 geboren, was die Aufteilung der Stichprobe in jüngere und ältere Probanden anhand des Medians von 36 Jahren rechtfertigt und etwaigen Effekten aufgrund der vorgenommenen Altersaufteilung widerspricht. Die Ergebnisse zur Nützlichkeit und Nutzungsintention stützen damit Studien, die zeigen, dass ältere Personen durchaus bereit sind, Technologien zu nutzen wenn diese vorteilhaft oder entlastend eingesetzt werden können, und der verbreiteten Meinung ältere Menschen seien Technik gegenüber generell negativ oder kritisch eingestellt widersprechen (Mitzner et al., 2010; Rogers & Fisk, 2010).

Die Testgüten der eingesetzten Erhebungsinstrumente sind übergreifend alle zufriedenstellend und lassen insgesamt auf eine reliable Messung der einzelnen Variablen schließen. Vor dem Hintergrund des nicht einheitlichen Erhebungsvorgehens (Online-Erhebung bzw. Paper-Pencil-Erhebung) sind die Studienergebnisse zu bewerten. Hierzu wurden zwischen den zwei Teilstichproben keine testbezogenen Auffälligkeiten (z. B. Teilnahmemotivation, -fairness) festgestellt.

Limitationen ergeben sich im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf andere Zielgruppen. Die Ergebnisse der Studie sind begrenzt auf Beschäftigte in technischen Domänen und sollten nicht ohne weiteres auf andere Zielgruppen, insbesondere in nicht-technischen Domänen, übertragen werden. Die hohen Werte auf den Interessensskalen deuten außerdem darauf hin, dass die Datenerhebung, die vor allem im Rahmen einer expliziten Veranstaltung zu VR

stattfind, primär Personen angesprochen hat, die im Durchschnitt von sich aus hoch an der Thematik VR interessiert sind, und damit eine Positivauswahl darstellt.

Weiterführende Studien sollten daran anknüpfend auch explizit die Akzeptanz von Personen untersuchen, die der Thematik kritisch gegenüberstehen. Des Weiteren könnten weiterführende Studien eine genauere Analyse dessen vornehmen, welchen Einfluss die Erfahrung mit der Technologie auf die Technologieakzeptanz hat. Die vorliegende Untersuchung unterschied in der Bewertung der Erfahrung nicht zwischen privater und beruflicher Nutzung der Technologie. Konkrete berufsbezogene Anwendungsfälle, wie sie beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau vorstellbar sind, unterscheiden sich aber deutlich von einer privaten Nutzung im Freizeit- oder Gaming-Bereich.

Zusammenfassend und abschließend betrachtet, belegen die Ergebnisse der vorliegenden empirischen Untersuchung, dass das TAM zur Erklärung der Nutzungsintention der VR Technologie herangezogen werden kann und die Befunde im Wesentlichen im Einklang mit dem in Abschnitt 2.2 berichteten Forschungsstand stehen. Demnach sind die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit zentrale Determinanten, um die Nutzungsintention der VR Technologie zu beeinflussen. Obwohl die Befragten übergreifend ein großes Interesse an der VR Technologie bekundet haben und sie auch die Nutzungsintention positiv bewerteten, stellt sich die wahrgenommene Nützlichkeit in der Subgruppe, die wenig Erfahrung mit VR hat, noch ausbaufähig dar. Die zukünftige Forschung sollte daher einen zentralen Fokus auf den Einsatz von VR im Rahmen von konkreten Use-Cases legen und dabei weitergehende förderliche und hemmende Faktoren in der betrieblichen und schulischen Aus- und Weiterbildung betrachten. „Die Ausbreitung neuer Technologien ist weitestgehend davon abhängig, dass in der Gesellschaft technische Neuerungen als Bereicherung des sozialen Lebens begriffen werden“ (Renn, 1986, S. 44). Der Akzeptanzforschung ist vor diesem Hintergrund allgemein sowohl im Bezugsfeld der Technologieakzeptanz am Arbeitsplatz als auch im Alltagsbereich eine hohe Relevanz zuzuschreiben und wird angesichts der hohen Leistungserwartungen, die an digitale Medien und innovative Technologien gestellt werden, zukünftig vor allem auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung eine Rolle spielen.

Literatur

- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions. A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Hrsg.), *Action control. From Cognition to Behavior* (S. 11–39). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.

- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood-Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Amoako-Gyampah, K. & Salam, A. F. (2004). An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 41(6), 731–745.
- Bauer, W. & Horváth, P. (2015). Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. *Controlling*, 27(8-9), 515–517.
- Becker, K.-D. (2015). Arbeit in der Industrie 4.0–Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 23–29). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Berkemeier, L., Niemöller, C., Metzger, D. & Thomas, O. (2018). Akzeptanz von Smart Glasses für die Aus- und Weiterbildung. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 143–156). Berlin: Springer Gabler.
- Bertrand, M. & Bouchard, S. (2008). Applying the technology acceptance model to VR with people who are favorable to its use. *Journal of Cyber Therapy & Rehabilitation*, 1(2), 200–210.
- Bochum, U. (2015). Gewerkschaftliche Position in Bezug auf „Industrie 4.0“. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 31–44). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Brill, M. (2009). *Virtuelle Realität*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bürg, O. & Mandl, H. (2005). Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. *Zeitschrift für Personalpsychologie*, 4(2), 75–85.
- Chau, P. Y. K. & Hu, P. J. (2002). Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology. An empirical test of competing theories. *Information & Management*, 39(4), 297–311.
- Chen, J.-L. (2011). The effects of education compatibility and technological expectancy on e-learning acceptance. *Computers & Education*, 57(2), 1501–1511.
- Chung, J. E., Park, N., Wang, H., Fulk, J. & McLaughlin, M. (2010). Age differences in perceptions of online community participation among non-users. An extension of the Technology Acceptance Model. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1674–1684.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coldham, G. & Cook, D. M. (2017). VR Usability from Elderly Cohorts: Preparatory Challenges in Overcoming Technology Rejection. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 35th National Information Technology Conference* (S. 131–135).
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology. A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003.
- Dörner, R., Jung, B., Grimm, P., Broll, W. & Göbel, M. (2013). Einleitung. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und augmented reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (S. 1–32). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Eder, A. (2015). Akzeptanz von Bildungstechnologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 19–44.
- Fetscherin, M. & Lattemann, C. (2008). User acceptance of virtual worlds. *Journal of Electronic Commerce Research*, 9(3), 231.

- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior. An introduction to theory and research.* Reading, MA: Addison-Wesley.
- Gebhardt, J., Grimm, A. & Neugebauer, L. M. (2015). Entwicklungen 4.0–Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2).
- Gefen, D. & Straub, D. W. (1997). Gender differences in the perception and use of e-mail. An extension to the technology acceptance model. *MIS Quarterly*, 21(4), 389–400.
- Göbel, G. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In J. Kowal, A. Kuzio, J. Mäkiö, G. Paliwoda-Pekosz, P. Soja & R. Sonntag (Hrsg.), *ICT Management for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies (ICTM)* (S. 47–58).
- Hackbarth, G., Grover, V. & Mun, Y. Y. (2003). Computer playfulness and anxiety: positive and negative mediators of the system experience effect on perceived ease of use. *Information & Management*, 40(3), 221–232.
- Hill, T., Smith, N. D. & Mann, M. F. (1987). Role of efficacy expectations in predicting the decision to use advanced technologies: The case of computers. *Journal of applied psychology*, 72(2), 307.
- Hong, W., Thong, J. Y. L. & Wai-Man Wong, K.-Y. T. (2002). Determinants of user acceptance of digital libraries. An empirical examination of individual differences and system characteristics. *Journal of Management Information Systems*, 18(3), 97–124.
- Hu, P. J., Chau, P. Y. K., Sheng, O. R. L. & Tam, K. Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112.
- Igbaria, M., Zinatelli, N., Cragg, P. & Cavaye, A. L. M. (1997). Personal computing acceptance factors in small firms. A structural equation model. *MIS Quarterly*, 21(3), 279–305.
- Juan, Y.-K., Chen, H.-H. & Chi, H.-Y. (2018). Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales. *Applied Sciences*, 8(6), 1–12.
- Kagermann, H. (2017). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernshansl & M. ten Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0* (S. 235–246). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Kärcher, B. (2015). Alternative Wege in die Industrie 4.0. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 47–58). Berlin, Heidelberg: Springer.
- King, W. R. & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management*, 43(6), 740–755.
- Kohnke, O. & Bungard, W. (2009). Change Management und unternehmensweite Standardsoftwaresysteme. Maßnahmen zur Erhöhung der Anwenderakzeptanz. *Führung und Organisation*, 78(6), 304–310.
- Kohnke, O. & Müller, K. (2009). Modellbasierte Evaluation der Anwenderakzeptanz von Standardsoftware. In H. Wandke & S. Kain (Hrsg.), *Mensch & Computer 2009: Grenzenlos frei!?* (S. 153–162). München: Oldenbourg.
- Kohnke, O., Wolf, T. R. & Müller, K. (2011). Managing user acceptance. An empirical investigation in the context of business intelligence standard software. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 5(4), 269–290.
- Lam, S. Y., Chiang, J. & Parasuraman, A. (2008). The effects of the dimensions of technology readiness on technology acceptance. An empirical analysis. *Journal of Interactive Marketing*, 22(4), 19–39.

- Lee, Y., Kozar, K. A. & Larsen, K. R. T. (2003). The technology acceptance model. Past, present, and future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(1), 50.
- Liao, H.-L. & Lu, H.-P. (2008). The role of experience and innovation characteristics in the adoption and continued use of e-learning websites. *Computers & Education*, 51(4), 1405–1416.
- Liaw, S.-S. & Huang, H.-M. (2003). An investigation of user attitudes toward search engines as an information retrieval tool. *Computers in Human Behavior*, 19(6), 751–765.
- Lin, P.-C., Lu, H. K. & Liu, C. (2013). Towards an education behavioral intention model for e-learning systems. An extension of UTAUT. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 47(3), 1120–1127.
- Lu, J., Yu, C.-S., Liu, C. & Yao, J. E. (2003). Technology acceptance model for wireless Internet. *Internet Research*, 13(3), 206–222.
- Ma, W. W.-k., Andersson, R. & Streith, K.-O. (2005). Examining user acceptance of computer technology. An empirical study of student teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(6), 387–395.
- Mitzner, T. L., Boron, J. B., Fausset, C. B., Adams, A. E., Charness, N., Czaja, S. J., Dijkstra, K., Fisk, A. D., Rogers, W. A. & Sharit, J. (2010). Older adults talk technology: Technology usage and attitudes. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1710–1721.
- Morris, M. G. & Venkatesh, V. (2000). Age differences in technology adoption decisions. Implications for a changing work force. *Personnel Psychology*, 53(2), 375–403.
- Müller, A. & Leidl, M. (2007). eLearning in der dritten Dimension. Ein Seminar zwischen Web 2.0 und virtuellen Welten. In M. Merkt, K. Mayrberger, R. Schulmeister, A. Sommer & I. van den Berk (Hrsg.), *Studieren neu erfinden - Hochschule neu denken (Medien in der Wissenschaft, Bd. 44, S. 136–145)*. Münster u. a.: Waxmann.
- Padilla-Meléndez, A., Del Aguila-Obra, A. R. & Garrido-Moreno, A. (2013). Perceived playfulness, gender differences and technology acceptance model in a blended learning scenario. *Computers & Education*, 63, 306–317.
- Park, N., Lee, K. M. & Cheong, P. H. (2007). University instructors' acceptance of electronic courseware. An application of the technology acceptance model. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 163–186.
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. *Journal of consumer research*, 21(2), 381–391.
- Pikkarainen, T., Pikkarainen, K., Karjaluoto, H. & Pahnla, S. (2004). Consumer acceptance of online banking. An extension of the technology acceptance model. *Internet Research*, 14(3), 224–235.
- Pletz, C. & Zinn, B. (2020a). Eine explorative Studie zu potenziellen Anwendungsfeldern von VR in technischen Domänen. In B. Zinn (Hrsg.): *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung (115-140)*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M. & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants: Part 1. *On the horizon*, 9(5), 1–6.
- Rama, M. D., de Ridder, H. & Bouma, H. (2001). Technology generation and age in using layered user interfaces. *Gerontechnology*, 1(1), 25–40.

- Rasimah, C. M. Y., Ahmad, A. & Zaman, H. B. (2011). Evaluation of user acceptance of mixed reality technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(8), 1369–1387.
- Renn, O. (1986). Akzeptanzforschung: Technik in der gesellschaftlichen Auseinandersetzung. *Chemie in unserer Zeit*, 20(2), 44–52.
- Roberts, A. R., De Schutter, B., Franks, K. & Radina, M. E. (2018). Older adults' experiences with audiovisual virtual reality: perceived usefulness and other factors influencing technology acceptance. *Clinical Gerontologist*, 1–7.
- Rogers, W. A. & Fisk, A. D. (2010). Toward a psychological science of advanced technology design for older adults. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, 65B(6), 645–653.
- Schäfer, T. (2011). *Statistik II*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schiefele, U. (1990). Thematisches Interesse, Variablen des Lernprozesses und Textverstehen. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 37(2), 304–332.
- Schuster, K. (2015). Einfluss natürlicher Benutzerschnittstellen zur Steuerung des Sichtfeldes und der Fortbewegung auf Rezeptionsprozesse in virtuellen Lernumgebungen. Marburg: Tectum Wissenschaftsverlag.
- Schwan, S. & Buder, J. (2006). Virtuelle Realität und E-Learning. Zugriff am 11.12.2017. Verfügbar unter www.e-teaching.org
- Senderek, R. & Geisler, K. (2015). Assistenzsysteme zur Lernunterstützung in der Industrie 4.0. In S. Rathmayer & H. Pongratz (Hrsg.), *Proceedings der Pre-Conference Workshops der 13. E-Learning Fachtagung Informatik* (S. 36–46).
- Simon, B. (2001). *E-Learning an Hochschulen. Gestaltungsräume und Erfolgsfaktoren von Wissensmedien*. Köln: Josef Eul Verlag.
- Steinmetz, H. (2015). *Lineare Strukturgleichungsmodelle: Eine Einführung mit R (Sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden, Bd. 9, 2. verbesserte Auflage)*. München und Mering: Rainer Hampp Verlag.
- Sumak, B., Hericko, M. & Pusnik, M. (2011). A meta-analysis of e-learning technology acceptance. The role of user types and e-learning technology types. *Computers in Human Behavior*, 27(6), 2067–2077.
- Tan, P. J. B. (2013). Applying the UTAUT to understand factors affecting the use of English e-learning websites in Taiwan. *Sage Open*, 3(4), 1-12.
- Tenberg, R. & Pittich, D. (2017). Ausbildung 4.0 oder 1.2? Analyse eines technisch-betrieblichen Wandels und dessen Implikationen für die technische Berufsausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 5(1), 27–46.
- Thomas, O., Metzger, D., Niegemann, H., Welk, M. & Becker, T. (2018). GLASSROOM - Kompetenzaufbau und -entwicklung in virtuellen Lebenswelten. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 2–19). Berlin: Springer Gabler.
- Ullrich, A., Vladova, G., Thim, C. & Gronau, N. (2015). Akzeptanz und Wandlungsfähigkeit im Zeichen der Industrie 4.0. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 52(5), 769–789.
- Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315.
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model. Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204.

- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology. Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Vodanovich, S., Sundaram, D. & Myers, M. (2010). Research commentary—digital natives and ubiquitous information systems. *Information Systems Research*, 21(4), 711–723.
- Windelband, L. & Dworschak, B. (2015). Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In H. Hirsch-Kreunsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit* (S. 71–86). Berlin: Nomos Verlag.
- Yi, M. Y. & Hwang, Y. (2003). Predicting the use of web-based information systems. Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(4), 431–449.
- Zinn, B. (2015). Conditional variables of ‘Ausbildung 4.0’—Vocational education for the future. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 10–18.
- Zinn, B. (2017). Digitalisierung der Arbeit - Kompetenzerwartungen des Beschäftigungssystems und didaktische Implikationen. In B. Bonz, H. Schanz & J. Seifried (Hrsg.), *Berufsbildung vor neuen Herausforderungen - Wandel von Arbeit und Wirtschaft, Berufsbildung konkret* (Bd. 13, S. 163–176). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengeheren GmbH.
- Zinn, B., Guo, Q. & Sari, D. (2016). Entwicklung und Evaluation der virtuellen Lern- und Arbeitsumgebung VILA. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1), 89–117.
- Zobel, B., Werning, S., Berkemeier, L. & Thomas, O. (2018). Augmented- und Virtual-Reality-Technologien zur Digitalisierung der Aus- und Weiterbildung - Überblick, Klassifikation und Vergleich. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 20–34). Berlin: Springer Gabler.

Contribution Statement



Universität Stuttgart



Institut für Erziehungswissenschaft (IFE)
Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)

Univ.-Prof. Dr. phil. habil. Bernd Zinn
Geschäftsführender Direktor des Instituts
für Erziehungswissenschaft
Studiendekan für Berufs- und Technikpädagogik
Studiendekan für Naturwissenschaft und Technik

Azenbergstraße 12
70174 Stuttgart

Contribution Statement (Beitragsnachweis)

Titel der Veröffentlichung:	Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen
Jahr:	2018
Veröffentlicht in:	Journal of Technical Education (JOTED)
Art der Veröffentlichung:	Beitrag in Tagungsband
Erstautorin:	Carolin Pletz
Mitautorinnen und Mitautoren:	Bernd Zinn
Review-Verfahren:	Herausgeber-Review

Aufschlüsselung der Beiträge der Autorinnen und Autoren:

Forschungsidee / Konzept der Studie:	Carolin Pletz Bernd Zinn
Auswahl der Methodik:	Carolin Pletz
Datenerhebung:	Carolin Pletz
Datenanalyse:	Carolin Pletz
Text – Aufschlag:	Carolin Pletz
Text – Ergänzung / Überarbeitung:	Bernd Zinn
Literaturrecherche:	Carolin Pletz Bernd Zinn



Universität Stuttgart



Hiermit bestätigen die Autorinnen und Autoren die Korrektheit der Angaben.

<u>Carolin Pletz</u>	<u>Stuttgart, 21.04.21</u>	<u>C.Pletz</u>
<u>BERND ZINN</u>	<u>Stuttgart, 05.05.21</u>	<u>BZ</u>
Name	Ort, Datum	Unterschrift

2.2. Publikation 2

TECHNOLOGIEAKZEPTANZ DES VIRTUELLEN VERKAUFSRAUMS VR2GO IN DER FIRMA ANDREAS STIHL AG & Co. KG

TECHNOLOGY ACCEPTANCE OF THE VIRTUAL SALESROOM VR2GO WITHIN THE COMPANY ANDREAS STIHL AG & Co. KG

Autorinnen und Autoren des Originalbeitrags: PLETZ, C., LEMKE, M. und DEININGER, L.

Veröffentlicht in: B. Zinn (Hrsg.), 2020: Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung (257-283). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Zusammenfassung

Der virtuelle Verkaufsraum „STIHL Training VR2GO“ wurde mit Produkten und produktspezifischen Informationen der ANDREAS STIHL AG & Co. KG zum Einsatz in Trainingsszenarien entwickelt. Bislang wurde empirisch noch nicht untersucht, ob und, wenn ja, inwiefern die Trainerinnen bzw. Trainer die Anwendung akzeptieren. Um diese Frage zu beantworten, ging die vorliegende hypothesenprüfende Studie der Frage nach, welchen Einfluss die Faktoren wahrgenommene Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, soziale Norm und Verhaltenskontrolle auf die Nutzungsintention von VR2GO haben. Die Befunde des aufgestellten Regressionsmodells ($R^2 = .542$) belegen erwartungskonform positive Einflüsse der wahrgenommenen Nützlichkeit und der Verhaltenskontrolle auf die Nutzungsintention. Entgegen den Erwartungen zeigte sich kein Einfluss der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und der sozialen Norm auf die Nutzungsintention, was vor allem die Relevanz des Faktors der von den Anwenderinnen bzw. Anwendern wahrgenommenen Nützlichkeit weiter unterstreicht. Weiterhin leitet die Studie relevante intraorganisationale Faktoren zur Steigerung der Technologieakzeptanz ab.

Abstract

The virtual sales room „STIHL Training VR2GO” was developed with products and product-specific information from ANDREAS STIHL AG & Co. KG for use in training scenarios. So far, the acceptance by trainers to incorporate the application has not yet been studied empirically. The present hypothesis testing study examined the perceived usefulness, ease of use, social norm and behavioural control on the usage intention of VR2GO. The findings of the regression model ($R^2 = .542$) demonstrated the positive influences of usefulness and behavioural control on the intention to use, which is in line with the expectations. Contrary, there was no influence of ease of use and social norm on the intention of use, which further underlines the relevance factor of perceived usefulness by users. Furthermore, the study derived relevant intra-organizational factors promoting the acceptance of this technology.

1. Einleitung

Die stetig fortschreitende Digitalisierung der Arbeitswelt, die Fülle an verfügbaren Informationen und die Notwendigkeit, Lernformen effizient miteinander zu vernetzen und weltweit nutzbar zu machen, stellt Unternehmen vor die Herausforderung, innovative Trainingskonzepte zu entwickeln. Mit dem Ziel, Informationen in einem realistischen und anwendungsorientierten Format auf verschiedenen Endgeräten für unterschiedliche Trainingsformen bereitzustellen und zudem das Interesse der Nutzerinnen bzw. Nutzer zu wecken, hat die Abteilung „STIHL Training“ der Firma ANDREAS STIHL AG & Co. KG¹¹ die dreidimensionale virtuelle Lernwelt „VR2GO“ entwickelt (Lemke, Deininger & Henzler, 2016). In der Anwendung VR2GO können Trainingsteilnehmerinnen bzw. -teilnehmer in einem virtuellen Ausstellungsraum, Wald und Schulungsraum neue Produkte erkunden und Trainerinnen bzw. Trainer in Schulungszusammenhängen Produktdetails sichtbar machen. Die Beratungs-, Service- und Anwenderkompetenz der Trainingsteilnehmerinnen bzw. -teilnehmer soll durch den Einsatz der virtuellen Umgebung ausgebaut werden, um Kundinnen bzw. Kunden besser beraten zu können, die Qualität des servicegebenden Fachhandels zu verbessern und den Absatz zu unterstützen. VR2GO stellt ein universelles Format dar, welches weltweit ohne Modifikation verwendet und sowohl in Face-to-Face als auch in E-Learnings eingesetzt werden kann.

Bislang wurde empirisch noch nicht untersucht, ob und, wenn ja, inwiefern die (potentiellen) Nutzerinnen bzw. Nutzer die VR2GO-Anwendung akzeptieren. Vor diesem

11 Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird die Firma ANDREAS STIHL AG & Co. KG im Folgenden mit STIHL abgekürzt.

Hintergrund war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung¹², durch eine Nutzerbefragung aufzudecken, wie die Trainerinnen bzw. Trainer bei STIHL die Anwendung VR2GO wahrnehmen, um sowohl Optimierungspotentiale hinsichtlich der Technologie als auch Handlungsoptionen für das Unternehmen abzuleiten. Der vorliegende Beitrag gibt nach einer kurzen Einleitung im zweiten Abschnitt einen Überblick über den theoretischen Hintergrund und den Forschungsstand. Im dritten Abschnitt werden die Hypothesen der vorliegenden Studie abgeleitet, woraufhin im vierten Teil das methodische Vorgehen vorgestellt wird. Sodann werden die Ergebnisse der Untersuchung präsentiert, welche abschließend im letzten Abschnitt diskutiert werden, wo auch hieraus sich ergebende Implikationen für die Weiterentwicklung von VR2GO sowie die zukünftige Forschung aufgezeigt werden.

2. Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

Im nächsten Abschnitt werden die Forschung zum Einsatz digitaler Medien in der Aus- und Weiterbildung skizziert sowie die Anwendung VR2GO vorgestellt. Es wird daran anknüpfend auf die theoretischen Annahmen und empirischen Befunde zur Technologieakzeptanz eingegangen.

2.1. Digitale Medien in der Aus- und Weiterbildung

Seit den 1980er Jahren hat das mediale Lernen aufgrund der zunehmenden Verbreitung von Computern, transportablen Speichermedien und vor allem des Internets einen deutlichen Aufschwung erlebt. Seitdem haben sich digitale Medien als eigene Arbeits-, Informations-, Kommunikations- und auch Lernmitteln etabliert. Unter dem Schlagwort „E-Learning“, welches spätestens seit der Jahrtausendwende vielfältige Verwendung findet, werden Lehr-Lern-Arrangements verstanden, die durch elektronische Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützt werden, wobei noch keine Unterscheidung zwischen verschiedenen didaktischen Szenarien, Lehr-Lern-Methoden, Kommunikationsformen oder technischen Werkzeugen getroffen wird (Howe & Knutzen, 2013; Meister & Kamin, 2010). Digitale Medien ermöglichen eine höhere Flexibilität bei der Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements und unterstützen individuelle Lernprozesse, weshalb das selbstgesteuerte Lernen in engem Zusammenhang mit der zunehmend technologiegestützten Aus- und Weiterbildung steht (Herber et al., 2011). Selbststeuerung kann sich in diesem Rahmen sowohl auf die

¹² Die Studie fand im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts „Virtual and Analytics Service im Maschinen- und Anlagenbau (VASE)“ statt, welches vom BMBF im Rahmen der Bekanntmachung „Technikbasierte Dienstleistungssysteme“ des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ unter dem FKZ: 02K16C110 gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut wird.

eigenständige Auswahl der Lerninhalte und -ziele, der Lernmethoden, der Lernorganisation und der Bearbeitungsweise des Lernmaterials als auch auf die Lernevaluation beziehen (Kerres, 2013).

In Unternehmen sind digitale Medienangebote heute zumeist fester Bestandteil der betrieblichen und überbetrieblichen Aus- und Weiterbildung, wobei die Erwartungen, welche mit dem Einsatz verbunden sind, vielfältig sind. „Neben lerntheoretischen Gesichtspunkten spielen auch technologische, organisatorische und monetäre Gründe eine Rolle“ (Meister & Kamin, 2010, S. 106). Während einerseits die Vorteile von digitalen Lernformaten, darunter eine höhere Flexibilität, Möglichkeiten der schnelleren und einheitlichen Aktualisierung von Inhalten sowie geringere Aus- und Weiterbildungskosten, beschworen werden, zeigt sich allerdings auf der anderen Seite, dass der Einsatz von E-Learning-Angeboten nicht uneingeschränkt zweckmäßig ist. Die betreffenden Lerninhalte sind nicht immer didaktisch sinnvoll und motivierend gestaltet, zudem fühlen sich die Lernenden teilweise nicht ausreichend im Lernprozess unterstützt (Meier & Seufert, 2003). Kerres (2013) betont die Wichtigkeit mediendidaktischer Gestaltoptionen, um innovative Lernangebote nachhaltig zu verankern und Lernerfolge zu sichern. Das Instructional Design, d. h. die systematische Konzeption von Lernangeboten auf der Grundlage empirischer Forschungsergebnisse zum Lernen und Lehren, vor allem auch mit digitalen Medien, ist dabei von besonderer Bedeutung.

Die Angebote an digitalen Weiterbildungsmöglichkeiten stellen sich in Unternehmen äußerst vielfältig dar. Die Bandbreite erstreckt sich von der reinen Veröffentlichung von Weiterbildungsangeboten im Intranet über Lern-Management-Systeme mit Web-Based- oder Computer-Based-Trainings auf Seminare in virtuellen Umgebungen (Meister & Kamin, 2010). Ebenso heterogen sind die technischen Geräte, die zum Einsatz kommen können, darunter Desktop-Computer, Smartphones, Beamer, Aufnahme- oder Wiedergabegeräte sowie digitale Tafeln (Kerres, 2013). Die Virtual-Reality (VR)-Technologie zählt derzeit zu den innovativen Medien und verspricht vielfältige Potentiale für die Aus- und Weiterbildung (vgl. Thomas et al., 2018a; Zinn et al., 2016). Im folgenden Abschnitt wird die im Beitrag fokussierte virtuelle Umgebung VR2GO der Firma STIHL näher beschrieben.

2.2. *Beschreibung der Anwendung VR2GO*

Bei der VR2GO-Anwendung¹³ handelt es sich um einen virtuellen Verkaufsraum mit Produkten der Firma STIHL, welcher als vielschichtige Informationsquelle zu Produkten innerhalb von Trainings für Verkäuferinnen bzw. Verkäufer dienen soll. Das Ziel von VR2GO ist es,

¹³ Erreichbar unter: www.stihl-training.com/vr

Trainerinnen bzw. Trainer in Face-to-Face-Trainings und im E-Learning zu unterstützen sowie die Lernenden durch ein neuartiges Trainingsformat im Lernprozess zu animieren, sich mit den Lerninhalten vertieft auseinanderzusetzen, sowie das Interesse und die Aufmerksamkeit zu fördern. Informationen sollen in einem realistischen und anwendungsorientierten Format auf verschiedenen Endgeräten für unterschiedliche Trainingsformen bereitgestellt werden. Als Zielgruppe werden die weltweiten Vertriebsmitarbeiterinnen bzw. -mitarbeiter der gesamten STIHL Gruppe, Importeure und mehr als 40.000 lizenzierte STIHL Händler in über 160 Ländern adressiert.

VR2GO kann über die E-Learning Plattform „STIHL Training“ erreicht werden. Die Umgebung ist teil-immersiv mittels QR Code und eines Cardboards, in welches das Smartphone der Nutzerin bzw. des Nutzers eingelegt wird, oder nicht-immersiv per Link am Bildschirm, auf Tablet oder Leinwand nutzbar. Indem die Nutzerin bzw. der Nutzer in der teil-immersiven Version den eigenen Körper dreht und mit den Augen interaktive Elemente fokussiert bzw. in der nicht-immersiven Version diese anklickt, kann er bzw. sie sich im virtuellen Raum bewegen, Produkte auswählen und das Menü steuern. Um der internationalen Zielgruppe gerecht zu werden, wurde die Anwendung komplett sprachneutral gehalten. So kann mit minimalem Pflegeaufwand eine einheitliche Version weltweit verwendet werden, wodurch wiederum die zum Teil erheblichen Übersetzungskosten des Unternehmens eingespart werden können.

Im Verkaufsraum werden „HowTo-Videos“ zu verschiedenen Produkten bereitgestellt, welche über die Inbetriebnahme, die Performance sowie die Pflege und Lagerung derselben informieren. Um ein tieferes technisches Verständnis zu fördern, sind bei den Produkten zusätzliche Informationen hinterlegt. Nach der Auswahl eines Produkts im Verkaufsraum findet sich die Nutzerin bzw. der Nutzer hierzu auf einer Waldlichtung oder in einem futuristischen Schulungsraum wieder. Es stehen ihm dort drei verschiedene Darstellungsmöglichkeiten zur Verfügung:

6. *Produktinformationen:* Die Nutzerin bzw. der Nutzer bekommt einen 3-D Rundumblick des Produkts geboten. Es können Videos zur Anwendung angeschaut werden. Das Produkt kann dadurch beispielsweise auch bereits vor der Markteinführung von Vertriebs- oder Fachhandelsmitarbeiterinnen und -mitarbeitern virtuell getestet werden, damit sich diese vorab Verkaufsargumente erarbeiten können.
7. *Dreidimensionaler Querschnitt:* Durch Schnittmodelle werden der Aufbau und das Innenleben des Produkts detailliert dargestellt. Die Trainerin bzw. der Trainer kann so den Produktaufbau, und sonstige technische Zusammenhänge für den späteren Einsatz in

Verkaufsgesprächen und bei Servicetätigkeiten anschaulicher an den dreidimensionalen Modellen erklären.

8. *Explosionsansicht*: Bauteile können einzeln angewählt und in 3D von allen Seiten angesehen werden. Zusätzliche Videos und Animationen fördern das Verständnis der technischen Funktionsweise der STIHL-Geräte.
9. Die virtuelle Umgebung kann laufend und flexibel um neue Produkte, Räume und Informationen erweitert werden. VR2GO ist Teil eines Blended-Learning-Konzepts, das eine einheitliche E-Learning-Plattform für Trainingsmaterialien für selbstgesteuertes Lernen sowie Face-to-Face-Trainings bereitstellt.

2.3. Technologieakzeptanz

Mit der Einführung neuer Technologien sind in Unternehmen in der Regel hohe Investitionskosten verbunden (Kohnke, 2015). Studien zeigen, dass die Implementation einer neuen Technologie nicht zwangsläufig in einer Bereitschaft der Beschäftigten resultiert, die Technologie zu nutzen. So führen Kohnke und Bungard (2009) Studien an, die belegen, dass von einem jährlichen Investitionsbudget für neue IT-Systeme rund 20 % wieder verloren gehen, weil die Anwender die Software nicht annehmen. Weitere Studien berichten ebenfalls von einer mangelnden oder fehlenden Nutzung neuer Technologien (Bürg & Mandl, 2005; Hu et al., 1999; Ma et al., 2005; Pikkarainen et al., 2004). Es stellt sich in diesem Bezugsrahmen also die Frage, wie bei Einführung einer neuen Technologie vorab eine Erfolgsmessung und -prognose hinsichtlich deren Akzeptanz durch zukünftige Nutzerinnen bzw. Nutzer erstellt werden kann, um den Implementationsprozess effektiv zu gestalten. Als kritischer Erfolgsfaktor wird vor allem eine positive Technologieakzeptanz¹⁴ der Beschäftigten angeführt (Kollmann, 1997). Das Verständnis der Nutzerakzeptanz spielt demnach eine entscheidende Rolle, um „die Kosten einer Versuch-und-Irrtumstrategie in der Produktentwicklung zu reduzieren“ (Beier, Spiekermann & Rothensee, 2006, S. 146).

Das „Technology Acceptance Model“ (TAM; vgl. Davis, 1989; Davis et al., 1989), das ein prominentes und empirisch gut bestätigtes Modell zur Vorhersage der Nutzerakzeptanz darstellt, besagt, dass die Intention eine Technologie zu nutzen, welche die tatsächliche Nutzung determiniert, von der wahrgenommenen Nützlichkeit¹⁵ und der wahrgenommenen

14 Für eine ausführliche Definition der Technologieakzeptanz sowie eine umfassende Beschreibung der angeführten Technologieakzeptanzmodelle wird auf den Beitrag von Pletz und Zinn (2020c) in diesem Band verwiesen.

15 Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird die „wahrgenommene Nützlichkeit“ im Folgenden mit „Nützlichkeit“ abgekürzt.

Benutzerfreundlichkeit¹⁶ beeinflusst wird. Das Modell gilt insgesamt als valide und robust und wird in verschiedenen Anwendungsbereichen eingesetzt, um eine vorhandene oder mangelnde Technologieakzeptanz zu erklären (King & He, 2006; Lee et al., 2003), darunter beispielsweise auch in Untersuchungen zu internetbasierten Applikationen (Liaw & Huang, 2003; Lu et al., 2003; Yi & Hwang, 2003) oder innovativen computer- oder webbasierten Lernumgebungen (Chen, 2011; Padilla-Meléndez et al., 2013; Park et al., 2007). Dem Ziel einer höheren theoretischen Genauigkeit und Erklärungskraft folgend, wurde im Laufe der Zeit eine Vielzahl an Studien durchgeführt, die das TAM um unterschiedliche Faktoren erweiterten (Venkatesh et al., 2003). In dem Bestreben, diese verschiedenen Ansätze miteinander zu vereinen, entwickelten Venkatesh et al. (2003) die „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (UTAUT), welche gemäß Lin, Lu und Liu (2013) als das in der Literatur überlegene Modell zur Untersuchung der Technologieakzeptanz bezeichnet werden kann. Die UTAUT benennt als Faktoren, welche die Nutzungsintention und die tatsächliche Nutzung einer Technologie beeinflussen, neben der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit die soziale Norm sowie erleichternde Bedingungen als Determinanten. Die soziale Norm bezieht sich hierbei auf die Überzeugung der Nutzerinnen bzw. Nutzer, dass ihnen wichtige Personen, zum Beispiel Vorgesetzte oder Kolleginnen bzw. Kollegen, der Meinung sind, dass sie die Technologie nutzen sollten. Erleichternde Bedingungen werden definiert als die Annahme der Nutzerinnen bzw. Nutzer, dass eine organisationale und technische Infrastruktur existiert, welche die Technologienutzung unterstützt.

Mithilfe der vorgestellten Ansätze ist die Technologieakzeptanz für Unternehmen leicht mess- und überprüfbar. Allerdings bieten sie über die reine Feststellung der Ausprägung der Technologieakzeptanz hinaus keine Möglichkeiten praktische und handlungsrelevante Empfehlungen abzuleiten, um die Akzeptanz zu steigern, beispielsweise indem die Technologie entsprechend angepasst wird oder förderliche Aktivitäten von Seiten der Organisation eingeleitet werden (Niklas, 2014). „Insofern können die Modelle zwar aufzeigen, dass eine bestimmte Nutzergruppe ein System als schwer bedienbar oder aufwändig in der Nutzung empfindet, jedoch nicht, was dieses wahrgenommene Manko konkret ausmacht“ (Niklas, 2014, S. 38). Gezielte Verbesserungsmaßnahmen können nur schwer konkretisiert werden. Kohnke und Bungard (2009) definieren messbare externe Variablen, welche die Anwenderakzeptanz von Informationssystemen beeinflussen und von Unternehmen nach einer Analyse in konkrete

16 Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird die „wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit“ im Folgenden mit „Benutzerfreundlichkeit“ abgekürzt.

Maßnahmen umgesetzt werden können. Hierzu zählen sie die drei Kategorien Unterstützung durch die Führung, Unterstützung durch die Organisation und Merkmale des Systems.

Während Merkmale des Systems, wie beispielsweise die Qualität der Systeminformationen oder der Systemfunktionen, offensichtlich systemspezifisch und abhängig von der betrachteten Technologie selbst sind, handelt es sich bei den beiden anderen Kategorien um intraorganisationale Faktoren, die sich technologieübergreifend förderlich oder hemmend auf die Akzeptanz auswirken könnten. So gehen Kohnke und Bungard (2009) davon aus, dass Führungskräfte die Technologieakzeptanz positiv beeinflussen können, indem sie sich deutlich hinter die Technologie stellen und dafür sorgen, dass die notwendigen Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz erfüllt sind. Des Weiteren können Maßnahmen der Organisation, wie regelmäßige Informationen über Veränderungen der Technologie, Hinweise zur Nutzung oder die Bereitstellung von Anwendertrainings und Supportmöglichkeiten bei Nutzungsproblemen förderlich wirken. Venkatesh und Bala (2008) zählen eine Unterstützung durch die Führungskräfte, Training und Supportmöglichkeiten ebenfalls zu denjenigen intraorganisationalen Faktoren, die die Technologieakzeptanz positiv beeinflussen.

Auf der Basis des TAM und der vorgeschlagenen Erweiterungen um externe Variablen erstellten Kohnke und Bungard (2009) ein theoretisches Modell zur Erklärung der Technologieakzeptanz, welches in Abbildung 12 dargestellt ist. Die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit sind gemäß diesem Ansatz weiterhin die zentralen Determinanten der Nutzungsintention. Konsistent mit der UTAUT gilt darüber hinaus die subjektive Norm als beeinflussender Faktor (Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh et al., 2003). Unter der Annahme, dass auch weitere Faktoren die Systemnutzung beeinflussen, die teilweise außerhalb der Kontrolle der Nutzerin bzw. des Nutzers liegen, wie beispielsweise der Zugang zum System oder ausreichende Nutzerberechtigungen sowie notwendige zeitliche Ressourcen, findet ein vierter Faktor im Modell Berücksichtigung, die wahrgenommene Verhaltenskontrolle¹⁷. Die Verhaltenskontrolle wird definiert als der Eindruck der Nutzerin bzw. des Nutzers, inwieweit sie bzw. er über die notwendigen Fähigkeiten und Ressourcen verfügt, um die Technologie sinnvoll zu nutzen, d. h., als wie stark die eigene Kontrolle über die Anwendung einer Technologie wahrgenommen wird. Das theoretische Konstrukt überschneidet sich mit den erleichternden Bedingungen gemäß der UTAUT (Venkatesh et al., 2003). Andere externe Variablen, darunter die Unterstützung durch die Führungskräfte, Anwendertrainings,

¹⁷ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird die „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ im Folgenden mit „Verhaltenskontrolle“ abgekürzt.

Anwendersupport oder spezifische Technologieeigenschaften, wirken sich ebenfalls auf die Determinanten der Technologieakzeptanz aus.

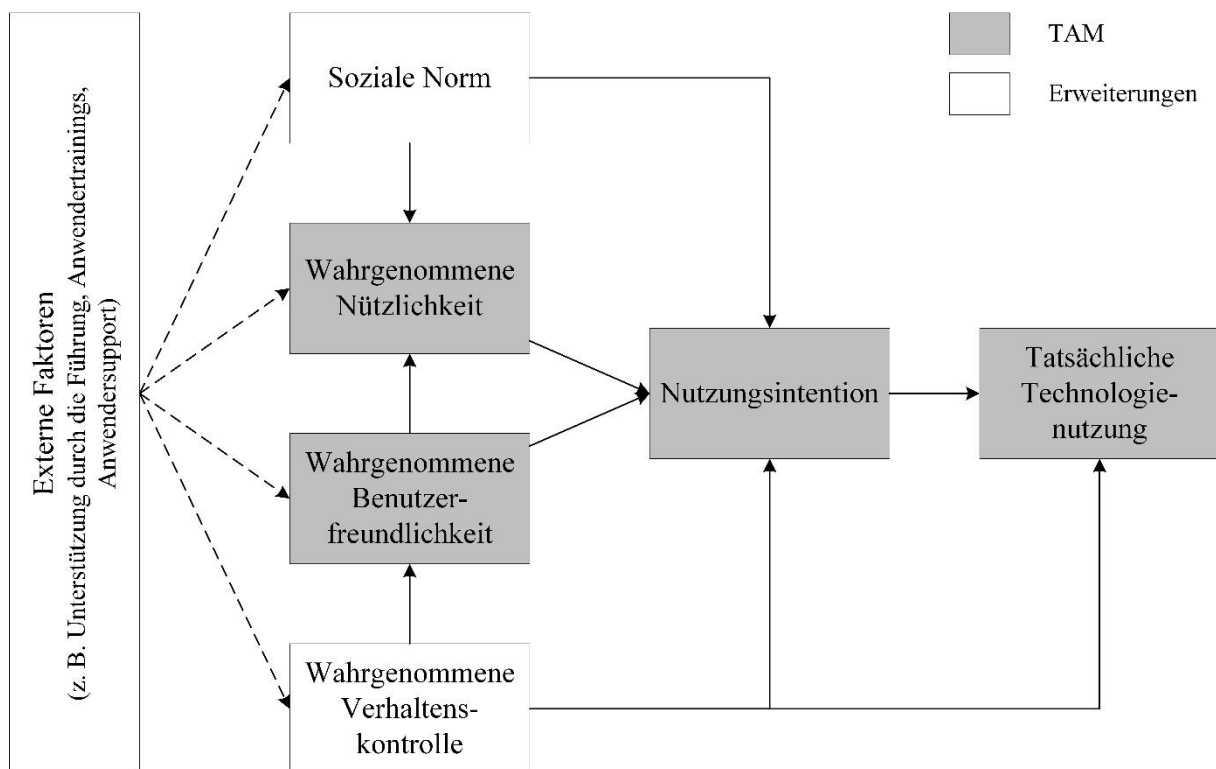


Abbildung 12: Erweitertes Modell der Technologieakzeptanz (eigene Darstellung in Anlehnung an Kohnke & Bungard 2009).

3. Hypothesen

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, auf der Basis der berichteten theoretischen Ansätze die Akzeptanz der STIHL-Anwendung VR2GO (Abschnitt 2.2.) seitens der beschäftigten Trainerinnen bzw. Trainern zu analysieren. Auch wenn der Forschungsstand zur Akzeptanz der VR-Technologie noch ausbaufähig zu sein scheint, deuten einzelne Studien darauf hin, dass das TAM und seine Nachfolgemodelle grundsätzlich eine geeignete Struktur zur Analyse der Technologieakzeptanz von VR darstellen (Berkemeier et al., 2018; Göbel & Sonntag, 2017; Juan et al., 2018; Pletz & Zinn, 2018). Gemäß den postulierten Grundannahmen der Modelle, insbesondere der UTAUT und der Erweiterung des TAM nach Kohnke und Kollegen, werden die folgenden Hypothesen zum Zusammenhang zwischen den Kernfaktoren Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, soziale Norm sowie Verhaltenskontrolle und der Nutzungsintention aufgestellt (Davis et al., 1989; Kohnke & Bungard, 2009; Kohnke & Müller, 2009; Kohnke et al., 2011; Venkatesh et al., 2003):

- H1:** Die wahrgenommene Nützlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention von VR2GO.
- H2:** Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention von VR2GO.
- H3:** Die soziale Norm hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention von VR2GO.
- H4:** Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention von VR2GO.

In der Regel entscheiden die Führungskräfte eines Unternehmens über die unternehmensweite Einführung einer neuen Technologie und sind gegebenenfalls auch in den Einführungsprozess eingebunden (Kohnke, 2015). Gemäß Lewis, Agarwal und Sambamurthy (2003) können sie deshalb einen Einfluss darauf nehmen, wie eine neue Technologie von den Beschäftigten wahrgenommen wird. Eine sichtbare Unterstützung der Führungskräfte im Implementationsprozess und bei der Nutzung einer neuen Technologie kann in diesem Rahmen dazu führen, dass die Beschäftigten und zukünftigen Nutzerinnen bzw. Nutzer von einer hohen Nützlichkeit des neuen Systems ausgehen (Kohnke, 2015; Lewis et al., 2003). Im Bereich von Softwaresystemen zeigen die Ergebnisse von Dong, Sun und Fang (2007) beispielsweise, dass ein entsprechendes Verhalten der projektverantwortlichen Führungskräfte sich positiv auf die eingeschätzte Nützlichkeit des implementierten Systems auswirken kann. Auch weitere Studien bestätigen einen Zusammenhang zwischen der Unterstützung des Top-Managements und der Nützlichkeit (Igbaria, Guimaraes & Davis, 1995; Igbaria et al., 1997; Kohnke et al., 2011; Rouibah, Hamdy & Al-Enezi, 2008).

Das Verhalten und die Entscheidungen der Führungskräfte beeinflussen außerdem die Normen und Werte innerhalb der Organisation. Die Beschäftigten orientieren sich in ihren Überzeugungen und Handlungen an den unternehmerischen Richtlinien, welche von der Führungsriege gesetzt werden, und entwickeln in diesem Rahmen konsistente Wertvorstellungen bezüglich des organisationalen Kontext (Lewis et al., 2003). Es kann deshalb gemäß Kohnke et al. (2011) davon ausgegangen werden, dass sich das Verhalten der Führungskräfte bei der Auswahl und Implementation einer neuen Technologie auch auf die soziale Norm der Beschäftigten auswirkt. Dieser Zusammenhang bestätigt sich sowohl in der

genannten Studie von Kohnke et al. (2011) als auch in der Studie von Igarria et al. (1995). Aus den berichteten Ergebnissen lassen sich die folgenden Hypothesen ableiten:

H5.1: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Unterstützung durch die Führungskräfte und der wahrgenommenen Nützlichkeit.

H5.2: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Unterstützung durch die Führungskräfte und der sozialen Norm.

Mit der Einführung einer neuen Technologie gehen neue Anforderungen an die Kompetenzen der Nutzerinnen und Nutzer einher (Kohnke et al., 2011). Anwendertrainings können den (zukünftigen) Nutzerinnen und Nutzern nicht nur die Funktionalitäten der Technologie näherbringen, damit sie optimal bedienen können, und es ihnen ermöglichen, sie im geschützten Raum, evtl. auch bereits in frühen Phasen der Entwicklung, auszuprobieren, sondern sind auch dazu geeignet, dass die Entwicklung einer positiven Einstellung gegenüber der Technologie unterstützt wird (Amoako-Gyampah & Salam, 2004; Igarria et al., 1997). Damit der Implementationsprozess positiv verläuft, sollten Anwendertrainings gemäß Schillewaert et al. (2005) vor allem die Nützlichkeit einer Technologie herausstellen sowie deren Bedienung erläutern. Gleichzeitig können Erfahrungen mit einer neuen Technologie gemäß Igarria und Iivari (1995) dazu führen, dass Trainingsteilnehmerinnen bzw. -teilnehmer eine höhere Selbstwirksamkeit im Umgang mit der Technologie entwickeln und dadurch eine höhere Verhaltenskontrolle erleben. Diverse Studien belegen einen positiven Effekt von Anwendertrainings auf die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit sowie auf die Verhaltenskontrolle im Umgang mit einer neuen Technologie im Unternehmen (Amoako-Gyampah & Salam, 2004; Igarria et al., 1997; Kohnke & Müller, 2009; Kohnke et al., 2011; Rouibah et al., 2008; Schillewaert et al., 2005).

Coldham und Cook (2017) untersuchten in ihrer Studie, inwiefern sich die Demonstration von VR und die Möglichkeit, sie auszuprobieren, positiv darauf auswirken, wie ältere Personen die Technologie wahrnehmen. Es stellte sich heraus, dass die Mehrheit der Probanden nach der Kennenlern-Einheit von einem besseren Verständnis der Einsatzmöglichkeiten der Technologie berichtete, obwohl sie im Vorhinein Skepsis vor allem in Bezug auf die Nützlichkeit gezeigt hatte. Die Demonstration der Einsatzmöglichkeiten der Technologie sowie deren Bedienung wirken sich auch gemäß Roberts et al. (2018) positiv auf die Technologieakzeptanz von VR aus. Daraus ergeben sich die folgenden Annahmen:

H6.1: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Bewertung der Anwendertrainings und der wahrgenommenen Nützlichkeit.

H6.2: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Bewertung der Anwendertrainings und der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit.

H6.3: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Bewertung der Anwendertrainings und der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle.

Ein Anwendersupport besteht gemäß Igbaria et al. (1995) aus personeller Unterstützung und spezifischen Instruktionen, zum Beispiel in Form von Nutzerhandbüchern oder Anleitungen zum Umgang mit einer Technologie. Indikatoren für die Qualität des Anwendersupports sind zum Beispiel „die Ansprechbarkeit, Schnelligkeit, Zuverlässigkeit, technische Kompetenz und Einstellung des Supportpersonals“ (Kohnke, 2015, S. 228). Bei Fragen oder Problemen sollten sich Nutzerinnen bzw. Nutzer demnach insbesondere an geschulte Personen oder Gruppen wenden können, die sich mit dem System auskennen und Hilfe leisten können. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies vor allem im Rahmen der Bedienung einer Technologie relevant ist. Die Ergebnisse von Igbaria et al. (1995) sowie Kohnke und Müller (2009) bestätigen diese Annahme und zeigen, dass sich ein positiv wahrgenommener Anwendersupport förderlich auf die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit einer Technologie auswirkt. Gemäß Kohnke (2015) kann ebenfalls davon ausgegangen werden, dass sich ein Anwendersupport, analog zu den Anwendertrainings, positiv auf die wahrgenommene Verhaltenskontrolle auswirkt, da er beispielsweise bei fehlendem Zugriff auf das System oder mangelndem Wissen über Systemfunktionalitäten Hilfestellung geben kann. Die Ergebnisse von Kohnke und Müller (2009) untermauern dies. Ausgehend von diesen Erkenntnissen leiten sich die folgenden Hypothesen ab:

H7.1: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Bewertung des Anwendersupports und der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit.

H7.2: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Bewertung des Anwendersupports und der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle.

4. Methoden

Beim Untersuchungsdesign handelt es sich um eine quantitative hypothesenprüfende Fragebogenstudie. Nachfolgend wird das methodische Vorgehen im Hinblick auf die Stichprobe, den Ablauf der Datenerhebung, die eingesetzten Instrumente sowie die Auswertung beschrieben.

4.1. Stichprobe

Es nahmen insgesamt $N = 96$ Trainer/-innen und Mitarbeiter/-innen des Trainingsbereichs bei STIHL an der Befragung teil. Eine Person ($n = 1$) wurde aus den Berechnungen ausgeschlossen, da ihr Antwortverhalten auf Verständnisschwierigkeiten hindeutete. Damit setzte sich die Stichprobe aus 88 (93 %) männlichen und 7 (7 %) weiblichen Personen zusammen. Das Durchschnittsalter betrug 41.72 Jahre ($SD = 11.08$) mit einer Spanne von 20 bis 65 Jahren. Die Probanden stammten bei $n = 5$ fehlenden Werten zu 69 % ($n = 66$) aus Europa, davon zu 19 % ($n = 18$) aus Deutschland. 8 % ($n = 8$) stammten aus Asien, 5 % ($n = 5$) aus Russland, 4 % ($n = 4$) aus Nord- und 3 % ($n = 3$) aus Südamerika sowie 3 % ($n = 3$) aus Australien und Ozeanien. Ein Befragter (1 %) stammte aus Südafrika.

Von den Befragten besaßen 4 % ($n = 4$) einen Hauptschulabschluss, 14 % ($n = 13$) einen Werk-/Realschulabschluss, 5 % ($n = 5$) hatten Abitur, 21 % ($n = 20$) hatten einen Bachelor- und 47 % ($n = 45$) einen Master-Abschluss oder ein Diplom. Weitere 7 % ($n = 7$) gaben einen sonstigen Bildungsabschluss an. Die Angaben zur Berufserfahrung der Befragten als Trainerin bzw. Trainer können Tabelle 5 entnommen werden. Es gaben 22 % ($n = 21$) der Befragten an, weniger als ein Training pro Monat durchzuführen, 47 % ($n = 45$) ein bis drei Trainings, 7 % ($n = 7$) vier bis sechs Trainings, 11 % ($n = 10$) sieben bis zehn Trainings und 13 % ($n = 12$) mehr als zehn Trainings.

Tabelle 5: Berufserfahrung der Befragten als Trainerin bzw. Trainer.

Berufserfahrung als Trainer/in (in Jahren)	< 1	1–3	4–6	7–10	> 10
	8 % (9)	18 % (17)	12 % (11)	18 % (17)	43 % (41)
Berufserfahrung bei STIHL (in Jahren)	< 1	1–3	4–6	7–10	> 10
	14 % (13)	19 % (18)	13 % (12)	15 % (14)	39 % (37)

Anmerkungen. Die Werte in Klammern geben die absolute Häufigkeit der Nennungen an.

4.2. *Ablauf*

Die Erhebung fand im Rahmen eines Train-the-Trainer-Events bei STIHL an drei Eventtagen statt. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer besuchten in insgesamt zwölf Kleingruppen von jeweils fünf bis acht Personen eine Informationsveranstaltung zu VR2GO und nahmen im Anschluss an der Befragung teil. Die Veranstaltung inklusive Erhebung dauerte jeweils ca. 30 Minuten. Aufgrund der internationalen Herkunft der Befragten wurde die Befragung auf Deutsch ($n = 27, 28\%$) und Englisch ($n = 69, 72\%$) durchgeführt.

Die Informationsveranstaltung zielte darauf ab, den Mitarbeiterinnen bzw. Mitarbeitern die Funktionalitäten und Einsatzmöglichkeiten von VR2GO zu erklären und zu demonstrieren. Der virtuelle Verkaufsraum wurde den Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmern hierfür auf einer Leinwand präsentiert. Sie wurden zunächst darüber informiert, wie sie mittels des QR Code einen Zugang zu VR2GO erhalten. Des Weiteren wurde ihnen die Steuerung demonstriert und erklärt, wie man sich im virtuellen Raum fortbewegen kann oder das Menü bedient, um einzelne Videos zu öffnen oder einzelne Produkte zu betrachten. Zuletzt wurden ihnen verschiedene Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt sowie in einer offenen Diskussion gemeinsam weitere Potenziale erarbeitet. Im Anschluss hatten die Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmer die Möglichkeit, die Umgebung desktopbasiert oder auf Cardboards selbst auszuprobieren. Nach Abschluss der Informationsveranstaltung erhielten sie den Fragebogen.

4.3. *Verwendete Instrumente*

Der Fragebogen setzte sich aus Items mit geschlossenem Antwortformat und ergänzenden offenen Fragen zusammen. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die verwendeten Skalen und die Testgütekriterien. Reliabilitätswerte ab $\alpha = 0.70$ gelten in der Literatur als angemessen (Peterson, 1994). Die Werte der verwendeten Skalen waren demgemäß alle zufriedenstellend.

4.3.1. Angaben zur Nutzung von VR

Zwei Items erfassten, wie häufig die Befragten VR2GO bislang auf Cardboards oder am Bildschirm/auf Leinwand in ihren Trainings eingesetzt hatten. Des Weiteren gaben die Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmer an, ob sie privat eine VR Brille (z. B. HTC Vive, Oculus Rift) besitzen und ob sie Spielerfahrung mit 3D-Spielen (PC, Konsole) haben. Darüber hinaus gaben die Probanden an, ob sie neben den aktuellen Informationsveranstaltungen bereits an weiteren Anwendertrainings oder Einführungsveranstaltungen zum Umgang mit VR2GO teilgenommen haben.

4.3.2. Skalen zur Technologieakzeptanz

Die wahrgenommene Nützlichkeit wurde mit sechs Items (Beispielitem: *„Die Nutzung von VR2GO verbessert die Qualität meiner Trainings“/„Using VR2GO improves the quality of my trainings“*) und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit mit vier Items (Beispielitem: *„Die Bedienung von VR2GO ist leicht für mich“/„I find VR2GO easy to use“*) in Anlehnung an Davis et al. (1989) erfasst. Vier Items, adaptiert nach Venkatesh et al. (2003), erfassten die soziale Norm (Beispielitem: *„Personen bei STIHL, die mir wichtig sind, finden, dass ich VR2GO in Trainings nutzen sollte“/„People at STIHL who are important to me think that I should use VR2GO in trainings“*) und drei Items die Nutzungsintention (Beispielitem: *„Ich plane, VR2GO regelmäßig in Trainings zu nutzen“/„I plan to use VR2GO intensively in trainings“*). Weitere vier Items zur wahrgenommenen Verhaltenskontrolle wurden gemäß Taylor und Todd (1995) adaptiert (Beispielitem: *„Ich habe die notwendigen Fähigkeiten, um VR2GO sinnvoll in Trainings zu nutzen“/„I have the abilities necessary to make best use of VR2GO in trainings“*). Die Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmer beantworteten die Items auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“/„strongly disagree“; 4 = „teils, teils“/„partly agree“; 7 = „stimmt voll und ganz“/„strongly agree“).

4.3.3. Skalen zu den intraorganisationalen Faktoren

Die Unterstützung durch die Führungskräfte wurde mit vier Items (Beispielitem: *„Die Führungskräfte von STIHL haben den Einsatz von VR2GO unterstützt“/„The leading management of STIHL supported the use of VR2GO“*) und die Bewertung des Anwendersupports mit drei Items (Beispielitem: *„Ich weiß, an welche bestimmte Person oder Gruppe ich mich bei Problemen mit VR2GO wenden kann“/„A specific person or group is available for assistance with difficulties with VR2GO“*), adaptiert nach Igbaria et al. (1997), erfasst. In Anlehnung an Amoako-Gyampah und Salam (2004) wurde die Bewertung der Anwendertrainings mit vier Items (Beispielitem: *„Durch die Veranstaltung/-en fühle ich mich kompetenter im Umgang mit VR2GO“/„The event/s gave me confidence in the use of VR2GO“*) gemessen. Die Items wurden ebenfalls auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“/„strongly disagree“; 4 = „teils, teils“/„partly agree“; 7 = „stimmt voll und ganz“/„strongly agree“) erfasst.

Tabelle 6: Testgütekriterien der verwendeten Skalen.

Skala ^a	Anzahl Items	M	SD	Trennschärfe	Reliabilität ^b
WN	6	4.02	1.40	.71–.84	.93
WB	4	5.55	1.40	.71–.81	.90
SN	4	4.04	1.61	.62–.83	.89
VK	4	4.74	1.57	.74–.83	.90
NI	3	4.44	1.53	.78–.84	.91
UF	4	4.63	1.62	.80–.93	.94
AT	4	5.23	1.48	.77–.83	.92
AS	3	4.88	1.70	.62–.83	.85

Anmerkungen. a WN = wahrgenommene Nützlichkeit; WB = wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; SN = soziale Norm; VK = wahrgenommene Verhaltenskontrolle; NI = Nutzungsintention; UF = Unterstützung durch die Führung, AT = Anwendertraining; AS = Anwendersupport. b Reliabilitätskoeffizient nach Cronbachs-Alpha.

4.3.4. Offene Fragen

Ergänzt wurden die Items mit geschlossenem Antwortformat um zwei Fragen mit offenem Antwortformat. Die Probanden konnten angeben, was sie an VR2GO nützlich, bzw. nicht nützlich für ihre Arbeit als Trainerin bzw. Trainer und als einfach zu bedienen, bzw. nicht einfach zu bedienen finden.

4.4. *Auswertung*

Die Daten der Skalen mit geschlossenem Antwortformat wurden mittels des Statistikprogramms R (Version 3.4.4) ausgewertet. Ein alpha-Niveau von .05 wurde für alle statistischen Tests verwendet. Annahmen zur Normalverteilung wurden mittels Shapiro-Wilk-Test und Annahmen zur Varianzhomogenität mittels F-Test überprüft. Eine multiple lineare Regression wurde zum hypothesengeleiteten Testen der Einflüsse der Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, sozialen Norm und Verhaltenskontrolle auf die Nutzungsintention berechnet. Das Vorhandensein von Multikollinearität wurde im Regressionsmodell mithilfe des Variance-Inflation-Factor (VIF) überprüft (Urban & Mayerl, 2011). Breusch-Pagan-Tests wurden zur Überprüfung der Homoskedastizität eingesetzt.

Um die Unterschiede zwischen zwei Gruppen zu untersuchen, wurden *t*-Tests für unabhängige Stichproben berechnet, wenn die Voraussetzungen für parametrisches Testen erfüllt waren. Waren die Voraussetzungen nicht erfüllt, wurden nicht parametrische Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben eingesetzt (Schäfer, 2011).

Die Auswertung der ergänzenden Fragen mit offenem Antwortformat wurde mit MAXQDA (Version 12), einer Software für die qualitative Datenanalyse, durchgeführt und erfolgte gemäß der Methode der zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015). Die inhaltlichen Hauptkategorien der Auswertung wurden deduktiv aus dem Fragebogen abgeleitet und umfassten gemäß den Fragestellungen (1.) Eigenschaften der Nützlichkeit und (2.) Eigenschaften der Benutzerfreundlichkeit. Die Bildung von zusammenfassenden Unterkategorien erfolgte im Rahmen der Auswertung induktiv. Insgesamt wurden im Rahmen der Analyse 136 Codes vergeben.

5. Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt wird über die Ergebnisse der Analyse berichtet.

5.1. Nutzung von VR2GO

Es gaben insgesamt 15 % ($n = 14$) der Befragten an, VR2GO in Trainings auf Cardboards zu nutzen und 9 % ($n = 9$) am Bildschirm/auf Leinwand. Tabelle 7 können die spezifischen Angaben zur Nutzung pro Monat entnommen werden. Neben einem fehlenden Wert ($n = 1$) gaben 21 % ($n = 20$) der Probanden an, privat eine VR-Brille zu besitzen, und 42 % ($n = 40$), Erfahrung mit 3D-Spielen zu haben. Neben $n = 6$ fehlenden Werten gaben 52 % ($n = 49$) an, bereits an anderen Veranstaltungen zu VR2GO teilgenommen zu haben.

Tabelle 7: Angaben zur Nutzung von VR2GO pro Monat auf Cardboard oder auf Bildschirm/Leinwand.

Nutzung pro Monat	1–3 Mal	4–6 Mal	7–10 Mal	> 10 Mal	in jedem Training
Cardboard	12 % (11)	1 % (1)	-	-	2 % (2)
Bildschirm/Leinwand	5 % (5)	-	-	1 % (1)	3 % (3)

Anmerkungen. Die Werte in Klammern geben die absolute Häufigkeit der Nennungen an.

5.2. Einflussfaktoren der Technologieakzeptanz

Insgesamt deuten die Mittelwerte der Skalen eine mittlere wahrgenommene Nützlichkeit ($M = 4.02$, $SD = 1.40$) und eine hohe Benutzerfreundlichkeit ($M = 5.55$, $SD = 1.40$) an. Die soziale Norm ($M = 4.04$, $SD = 1.61$) lässt sich in einen mittleren Bereich einordnen, ebenso die wahrgenommene Verhaltenskontrolle ($M = 4.74$, $SD = 1.57$). Die Angaben der Befragten zur Nutzungsintention liegen in einem mittleren Bereich ($M = 4.44$, $SD = 1.53$).

Um den Einfluss der Faktoren Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, soziale Norm und Verhaltenskontrolle auf die Nutzungsintention zu untersuchen, wurde eine multiple lineare

Regression nach der Einschussmethode gerechnet. Tabelle 8 veranschaulicht die Ergebnisse. Das Modell ist signifikant, $F(4, 88) = 25.99, p < .001, R^2 = .542$, und zeigt einen signifikant positiven Einfluss der Nützlichkeit und der Verhaltenskontrolle auf die Nutzungsintention. Der Einfluss der Benutzerfreundlichkeit und der sozialen Norm ist nicht signifikant.

Tabelle 8: Lineares Modell zur Vorhersage der Nutzungsintention durch die Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit, soziale Norm und Verhaltenskontrolle.

Variable	B	SE B ^a	β^b	t ^c	p
Konstante	0.37	0.49	.00	0.75	.454
Nützlichkeit	0.40	0.09	.37	4.43	< .001
Benutzerfreundlichkeit	-0.02	0.10	-.02	-0.24	.811
Soziale Norm	0.15	0.08	.16	1.78	.078
Verhaltenskontrolle	0.42	0.09	.43	4.42	< .001

Anmerkungen. ^aSE B = Standardfehler; ^b β = standardisierter Beta-Koeffizient; ^ct = t-Wert. Erklärter Varianzanteil an der Nutzungsintention: $R^2 = .542$.

Von den $n = 95$ befragten Personen beantworteten $n = 64$ (67 %) die ergänzende offene Frage, was an VR2GO nützlich bzw. nicht nützlich für ihre Arbeit als Trainerin bzw. Trainer ist. Darunter waren $n = 10$ Angaben (16 %) dahingehend, dass eine Einschätzung dessen, zum Beispiel aufgrund mangelnder Erfahrung mit der Technologie, nicht möglich ist, weshalb sie aus der Analyse ausgeschlossen wurden. Die Antworten von $n = 2$ weiteren Personen (3 %) wurden aufgrund mangelnder Passung mit der Frage nicht berücksichtigt.

Die Antworten von $n = 12$ Personen (19 %) enthalten allgemeine Aussagen dazu, dass VR2GO *nützlich* ist, ohne dass konkrete Gründe benannt werden. Die Möglichkeit der *Visualisierung von Produkten* wurde von $n = 12$ Befragten (19 %) als nützlich erachtet. Spezifikationen, Details und der Aufbau von Produkten, insbesondere von neuen Produkten, können demnach mit VR2GO leicht veranschaulicht und demonstriert werden, ebenso die Innengestaltung eines Verkaufsraums. Die folgenden beiden Zitate verdeutlichen dies:

„Good to show new products early“ (PB¹⁸ 30)

„We can see all parts and details of the product (for example vision inside) [...]“ (PB 62)

VR2GO „weckt Interesse [und] Aufmerksamkeit“ (PB 86) gemäß $n = 7$ Personen (11 %). Es sahen $n = 3$ Personen (5 %) in VR2GO eine gute Möglichkeit, „Lernstoff zu vermitteln“ und „Erlertes [zu] festigen“ (PB 81). Nützlich für *das Marketing und den Vertrieb* wurde VR2GO

18 PB = Proband/in

von $n = 2$ Personen (3 %) gehalten. Weitere $n = 2$ Personen (3 %) benannten den Vorteil, durch VR2GO auf alle Produkte zugreifen zu können, ohne diese tatsächlich im Training vor Ort haben zu müssen:

„*Less need to carry large amounts of training products*“ (PB 43)

Einzelnennungen ($n = 4$, 6 %) wurden in der Unterkategorie *Sonstige* zusammengefasst, darunter beispielsweise die Möglichkeit, Produkte ohne eine klassische PowerPoint-Präsentation zu demonstrieren oder mit der innovativen Technologie jüngere Arbeitnehmer zu motivieren.

Allgemeine Aussagen, dass VR2GO *nicht nützlich* für die Trainings ist, ohne dafür konkrete Gründe zu benennen, machten $n = 2$ Personen (3 %). Die Antworten von $n = 11$ Personen (17 %) lassen sich der Unterkategorie *fehlende Produkte und Informationen* zuordnen. Die Nennungen beziehen sich dabei ausschließlich auf Vorschläge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, den Verkaufsraum mit mehr Produkten anzureichern, um seine Nützlichkeit zu erhöhen. Damit einhergehend, wünschten sich die Befragten mehr Schnittmodelle, Instruktionvideos sowie technische Informationen zu den Produkten‘ und Informationen zu Reparaturschritten:

„*In the current version, the products listed are NOT those which we need in the region that we are working (SEA). IF the RIGHT Products are available, we will DEFINITELY use it!*“ (PB 39)

„*I would use it more if it had more "technical" information and "how to" videos and instructions.*“ (PB 46)

„*Zu wenig technische Inhalte; Reparaturschritte, Einsatz von Sonderwerkzeug, Anwendung SDS*“ (PB 72)

Für $n = 4$ Personen (6 %) ist die *reale Erfahrung mit einem Produkt*, vor allem in technischen Trainings, unersetzbar, weshalb VR2GO als nicht nützlich bewertet wurde:

„*At this stage, it is difficult to value a VR experience more than putting a real product in front of technician that they can touch, feel, and physically take apart*“ (PB 48)

Gemäß $n = 2$ Personen (3 %) ist VR2GO nur nützlich „an Orten, wo Menschen bereits eine *Affinität zu digitale[n] Medien* haben (EU, US). In Entwicklungsländern fruchtet das Konzept häufig weniger“ (PB 76). Weitere $n = 3$ Nennungen (5 %) wurden in der Unterkategorie *Sonstige* zusammengefasst.

Die ergänzende offene Frage, was an VR2GO einfach zu bedienen bzw. nicht einfach zu bedienen ist, beantworteten insgesamt $n = 53$ Personen (83 %). Die Antworten von $n = 4$ Personen (8 %) wurden nicht gewertet, da sie selbst sagten, sie könnten dies aufgrund mangelnder Erfahrung nicht einschätzen.

Allgemeine Aussagen ohne spezifische Gründe, dass das System *einfach zu bedienen* ist, wurden von $n = 27$ Personen (33 %) gemacht. Eine einfache Bedienung aufgrund der *einfachen und intuitiven Oberfläche* konstatierten $n = 8$ Personen (15 %). Darunter fällt beispielsweise die „übersichtliche Anordnung der Bedienelemente“ (PB 71), die „Menüführung, [das Sich-] Zurecht finden in virtueller Realität“ (PB 80) und die „einfache Navigation [...]“ (PB 86). Dass das System smartphone- bzw. applikationsbasiert ist, wurde von $n = 6$ Personen (11 %) hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit als positiv bewertet. Die Installation auf Smartphones verschiedener Hersteller mittels des QR Code ist für Trainingsteilnehmerinnen bzw. -teilnehmer demzufolge leicht zu realisieren:

„Lösung über App gut umsetzbar, auch für alle Teilnehmer“ (PB 79)

Allgemeine Aussagen, dass die Benutzerfreundlichkeit von VR2GO *eingeschränkt* ist, machten $n = 2$ Personen (4 %). Weitere $n = 3$ Personen (6 %) bezeichneten technologische Voraussetzungen als problematisch, zum Beispiel hätten „einige [Teilnehmer/-innen] keinen QR Code Scanner“ (PB 5) oder die Internetverbindung sei am Trainingsort schlecht. Probleme bei der Installation und der Bedienung für Personen, die sie noch nie benutzt haben oder *nicht technikaffin* sind, wurden von $n = 2$ Personen (4 %) gesehen:

„It is easy for me but not for technicians or people that is not too familiar with technology (smartphones, tablets, etc.)“ (PB 28)

Sonstige Einzelnennungen ($n = 7$, 51 %) bezogen sich beispielsweise darauf, dass die Bedienbarkeit durch das Einblenden der Filmdauer und eine Erklärung der Menü-Symbole gesteigert werden könnte. Außerdem wurden Kreislaufprobleme durch die Nutzung als problematisch bezeichnet.

5.3. Einfluss der intraorganisationalen Faktoren

Die Unterstützung durch die Führungskräfte ($M = 4.63$, $SD = 1.62$) wurde von den Befragten als mittel eingestuft, ebenso der Anwendersupport ($M = 4.88$, $SD = 1.70$). Die Bewertung der Anwendertrainings waren hoch ($M = 5.23$, $SD = 1.48$). Zur Überprüfung der Zusammenhänge zwischen den Variablen der Technologieakzeptanz und den intraorganisationalen Faktoren wurden Korrelationen nach Pearson¹⁹ berechnet. Tabelle 9 können die korrelativen Zusammenhänge entnommen werden. Im nächsten Abschnitt wird lediglich auf die für die Hypothesenprüfung relevanten Zusammenhänge eingegangen.

19 Die Interpretation der korrelativen Zusammenhänge erfolgte gemäß Cohen (1988): $|r| \sim .10$: schwacher Zusammenhang; $|r| \sim .30$: mittlerer Zusammenhang; $|r| \geq .50$: starker Zusammenhang.

Es zeigt sich eine positive mittlere Korrelation zwischen der Unterstützung durch die Führung und der Nützlichkeit sowie eine positive hohe Korrelation zwischen der Unterstützung durch die Führung und der sozialen Norm. Damit wurden die Nützlichkeit und die soziale Norm dann positiv bewertet, wenn die Unterstützung durch die Führung als hoch bewertet wurde. Des Weiteren zeigen sich signifikant positive mittlere Korrelationen zwischen der Bewertung der Anwendertrainings und der Benutzerfreundlichkeit und der Anwendertrainings und der Verhaltenskontrolle. Fiel die Bewertung der Anwendertrainings positiv aus, wurden auch die Benutzerfreundlichkeit und die Verhaltenskontrolle positiv beurteilt. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Anwendertrainings und der Nützlichkeit wird nicht festgestellt. Signifikant hohe Korrelationen lassen sich außerdem zwischen der Bewertung des Anwendersupport und der Benutzerfreundlichkeit sowie der Verhaltenskontrolle feststellen. Bei einer positiven Bewertung des Anwendersupports wurden auch die Benutzerfreundlichkeit und die Verhaltenskontrolle positiv bewertet.

Tabelle 9: Interskalenkorrelationen der Variablen der Technologieakzeptanz und der intraorganisationalen Faktoren.

Skala ^a	1	2	3	4	5	6	7	8
1. WN	–							
2. WB	.29**	–						
3. SN	.50***	.31**	–					
4. VK	.28**	.62***	.45***	–				
5. NI	.57***	.41***	.54***	.61***	–			
6. UF	.35***	.42***	.61***	.50***	.42***	–		
7. AT	.13	.47***	.38***	.41***	.38***	.42***	–	
8. AS	.41***	.62***	.30**	.54***	.41***	.34**	.33**	–

Anmerkungen. ^a WN = wahrgenommene Nützlichkeit; WB = wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; SN = soziale Norm; VK = wahrgenommene Verhaltenskontrolle; NI = Nutzungsintention; UF = Unterstützung durch die Führung, AT = Anwendertraining; AS = Anwendersupport. *p < .05; ** p < .01; *** p < .001.

5.4. Explorative Analyse: Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Befragten

Um Einflüsse des Lebensalters zu untersuchen, wurde die Stichprobe anhand eines Mediansplits (*Median* = 40.00 Jahre) in zwei Subgruppen (jüngere Personen: $n = 49$; ältere Personen: $n = 45$) aufgeteilt. Es zeigen sich signifikante Unterschiede in der Bewertung der Nützlichkeit, $t(91) = 2.68, p < .01, d^{20} = 0.55$. Jüngere Personen ($M = 4.40, SD = 1.31$) nahmen

20 d = Wert für die Effektstärke nach Cohen (1988)

VR2GO als nützlicher wahr als ältere Personen ($M = 3.64$, $SD = 1.40$). Die soziale Norm wurde von jüngeren Personen ($M = 4.51$, $SD = 1.50$) ebenfalls signifikant höher bewertet als von älteren Personen ($M = 3.57$, $SD = 1.57$), $t(91) = 2.96$, $p < .01$, $d = 0.61$. Weitere signifikante Unterschiede zeigen sich in der Bewertung der Unterstützung durch die Führung, $U = 621.00$, $p < .01$, $d = 0.81$, und der Anwendertrainings, $U = 724.00$, $p < .05$, $d = 0.62$. Jüngere Personen ($Median = 5.50$, $Q_{dif}^{21} = 2.00$) sahen eine stärkere Unterstützung durch die Führung als ältere Personen ($Median = 4.25$, $Q_{dif} = 1.81$). Außerdem bewerteten jüngere Personen ($Median = 5.88$, $Q_{dif} = 1.75$) die Anwendertrainings positiver als ältere Personen ($Median = 5.50$, $Q_{dif} = 1.50$). Weitere signifikante Unterschiede zeigen sich nicht.

6. Zusammenfassung und Diskussion

Die Untersuchung zielte darauf, mithilfe einer erweiterten Version des „Technology Acceptance Model“ (TAM) zu analysieren, wie hoch die Technologieakzeptanz der Anwendung VR2GO unter Trainerinnen bzw. Trainern bei der Firma STIHL ist. Die Testgüten der eingesetzten Erhebungsinstrumente sind übergreifend zufriedenstellend und lassen auf eine reliable Messung der einzelnen Variablen schließen.

Auf der Basis eines linearen Regressionsmodells wurde eine Varianzaufklärung der Nutzungsintention von 54.20 % erzielt. Die empirischen Befunde können die theoretischen Annahmen nur teilweise bestätigen. Erwartungskonform zeigt sich, dass zwischen wahrgenommener Nützlichkeit und Nutzungsintention sowie zwischen wahrgenommener Verhaltenskontrolle und Nutzungsintention ein signifikanter Zusammenhang besteht. Die Einschätzung der Trainerinnen bzw. Trainer, inwiefern VR2GO als für die eigene Arbeit erleichternd wahrgenommen wird und ob eine Effizienzsteigerung durch die Nutzung zu erwarten ist, hat demnach einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention, was die Hypothese H1 bestätigt. Ebenso beeinflusst gemäß der Hypothese H4 die Einschätzung der eigenen Kontrolle über die Nutzung von VR2GO die Nutzungsintention. Insgesamt lassen die deskriptiven Befunde auf eine mittlere Nutzungsintention der Trainerinnen bzw. Trainer zu VR2GO schließen.

Entgegen den Annahmen zeigen die Ergebnisse keinen signifikanten Effekt der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit auf die Nutzungsintention. Hypothese H2 ist deshalb abzulehnen. Die Forschungslage zum Einfluss der Benutzerfreundlichkeit kann übergreifend als sehr heterogen bezeichnet werden. Während beispielsweise die Metaanalyse von King und He (2006) in den 88 untersuchten Studien zum TAM einen insgesamt positiven

21 Q_{dif} = Quartilsabstand

Einfluss der Benutzerfreundlichkeit auf die Nutzungsintention bezüglich der jeweiligen untersuchten Technologie aufzeigt, finden die Metaanalysen von Lee et al. (2003) und Ma und Liu (2004) mit 101 bzw. 26 berücksichtigten Studien insgesamt nur einen schwachen bzw. keinen direkten Effekt, sondern nur indirekte Einflüsse über den Faktor der Nützlichkeit. Davis (1993) argumentiert hierzu, dass eine Technologie, die zwar komplex in der Bedienung ist, die Nutzerin bzw. den Nutzer aber funktional in seiner Arbeitstätigkeit unterstützt, einen größeren Nutzungsanreiz bietet, als eine einfach bedienbare Technologie ohne sichtbaren Nutzen. Die Nützlichkeit wird daher als die zentrale Determinante der Technologieakzeptanz bezeichnet (Davis et al., 1989). Während die Benutzerfreundlichkeit von VR2GO in der vorliegenden Befragung insgesamt deutlich über dem Skalenmittelwert und damit als hoch beurteilt wurde, lässt sich die Beurteilung der Nützlichkeit, genauso wie die Verhaltenskontrolle, lediglich in einen mittleren Bereich einordnen, was den verwendeten Erklärungsansatz stützt.

Der nicht signifikante Zusammenhang zwischen der sozialen Norm und der Nutzungsintention, welcher zur Ablehnung der Hypothese H3 führt, könnte darin begründet liegen „dass diese Variable insbesondere im Kontext verpflichtender Systemnutzung wirksam wird“ (Kohnke, 2015, S. 140), die Nutzung von VR2GO im Rahmen der Trainings aber freiwillig erfolgen kann. Venkatesh und Davis (2000) schlagen vor, dass soziale Einflussvariablen in freiwilligen Kontexten eher einen indirekten Einfluss auf die Nutzungsintention nehmen, wohingegen in vorgeschriebenen Kontexten ein direkter Einfluss erfolgt. Venkatesh et al. (2003) beurteilen den Stand zum Einfluss der sozialen Norm in der Literatur insgesamt als kontrovers, obwohl sich in ihrer Untersuchung im Rahmen der UTAUT ein positiver Zusammenhang zwischen sozialer Norm und Nutzungsintention vor allem in frühen Phasen der Technologieeinführung zeigt. Die Einschätzungen der Befragten in der vorliegenden Untersuchung zur sozialen Norm im Hinblick auf die Nutzung von VR2GO sind einem mittleren Bereich zu verorten.

Die deskriptiven Studienbefunde zu den intraorganisationalen Faktoren belegen, dass die befragten Trainerinnen bzw. Trainer die Unterstützung durch die Führungskräfte als mittel beurteilten. Während die Bewertung der Anwendertrainings hoch und damit positiv ausfiel, wurde der Anwendersupport ebenfalls als mittel eingestuft. Damit stellen sich die Anwendertrainings für die Vorstellung der Anwendung und die Erklärung der Bedienung als angemessen heraus, wohingegen der Anwendersupport noch ausbaufähig ist und eine stärker wahrnehmbare Unterstützung durch die Führungskräfte angestrebt werden könnte. Die Ergebnisse zeigen signifikant positive Zusammenhänge zwischen der Unterstützung durch die Führungskräfte und der Nützlichkeit sowie der sozialen Norm, was die Hypothesen H5.1 und

H5.2 bestätigt. Gemäß den Hypothesen H6.2 und H6.3 wurden positive Zusammenhänge zwischen den Anwendertrainings und der Benutzerfreundlichkeit sowie der Verhaltenskontrolle ermittelt. Ebenso legen die Befunde in Übereinstimmung mit den Hypothesen H7.1 und H7.2 positive Zusammenhänge zwischen dem Anwendersupport und der Benutzerfreundlichkeit sowie der Verhaltenskontrolle nahe. Entgegen den Annahmen zeigt sich dagegen kein Zusammenhang zwischen den Anwendertrainings und der Nützlichkeit, weshalb die Hypothese H6.1 abzulehnen ist. Möglicherweise ist hier davon auszugehen, dass die vorgestellte Version von VR2GO noch nicht ausgereift genug ist, um die Bedürfnisse der Trainerinnen bzw. Trainer danach zu erfüllen, im Training durch die Technologie unterstützt zu werden, obwohl die Anwendertrainings zu VR2GO an sich positiv beurteilt wurden. Unterstützt wird diese Annahme durch die Antworten der Probandinnen bzw. Probanden auf die offene Frage nach (nicht) nützlichen Eigenschaften von VR2GO. Die meisten Nennungen beziehen sich auf Weiterentwicklungen der Anwendung durch ergänzende Informationen und Produkte, welche die Nützlichkeit steigern könnten.

Die Befunde der explorativen Analyse zum Einfluss des Alters auf die Technologieakzeptanz zeigen, dass das Alter bei der Bewertung neuer Technologien, insbesondere was die wahrgenommene Nützlichkeit anbelangt, eine Rolle spielen kann, und unterstützen somit entsprechende Studien, die zu demselben Ergebnis kamen (Chung et al., 2010; Morris & Venkatesh, 2000). Rama et al. (2001) führen Schwierigkeiten und Vorbehalte bezüglich der Nutzung neuer Technologien durch ältere Personen insgesamt auf den altersbedingten Rückgang kognitiver Fähigkeiten, generationsbedingte mangelnde Erfahrungen mit komplexen Technologien und gegebenenfalls die Komplexität der Nutzeroberflächen zurück. Die positivere Bewertung der Anwendertrainings durch die jüngeren Befragten könnte ein Hinweis darauf sein, dass älteren Personen eine ausführlichere Einführung in die neue Technologie dabei helfen könnte, die Gründe für den Einsatz von VR2GO besser nachzuvollziehen. Die älteren Trainerinnen bzw. Trainer bewerteten außerdem die soziale Norm niedriger als die jüngeren Personen und nahmen weniger stark wahr, dass die Führungskräfte von STIHL den Einsatz von VR2GO befürworten. Aufgrund der Annahme, dass normative Einflüsse hinsichtlich der Entscheidung, ob man eine neu eingeführte Technologie nutzt oder nicht, auf ältere Personen stärker wirken als auf jüngere, da ältere Personen insgesamt ein stärkeres Bedürfnis haben einer Mehrheitsposition anzugehören (Morris & Venkatesh, 2000), sollten die Ergebnisse unserer Untersuchung berücksichtigt werden. Die Aufteilung der Stichprobe in jüngere und ältere Personen anhand des Medians von 40 Jahren wird durch die Einteilung nach Prensky (2001) gerechtfertigt, wonach die ersten

„Digital Natives“ (jüngere Personen, welche mit modernen Informationstechnologien aufgewachsen sind) im Gegensatz zu den „Digital Immigrants“ (älteren Personen, welche moderne Technologien erst im Laufe des Erwachsenenalters kennengelernt haben) im Zeitraum zwischen ca. 1980 und 1994 geboren wurden. Demnach binden jüngere Personen Technologien insgesamt stärker in ihren Alltag ein und nutzen sie zu anderen Zwecken als ältere Personen (Vodanovich et al., 2010).

Limitationen der Studie ergeben sich im Hinblick auf die Übertragbarkeit der Befunde auf andere VR-Anwendungen und Zielgruppen. Die Ergebnisse sind begrenzt auf die Anwendung VR2GO sowie auf Trainerinnen bzw. Trainer im Bereich der Verkaufstrainings. Des Weiteren spielen gemäß Schepers und Wetzels (2007) auch kulturelle Aspekte bei der Bewertung von Technologien eine Rolle und können die Determinanten des TAM beeinflussen. Deshalb sind unsere Studienergebnisse vor dem Hintergrund zu bewerten, dass sich die Stichprobe aus Trainerinnen bzw. Trainern aus unterschiedlichen Ländern (siehe Abschnitt 4.1) zusammensetzt. Eine weitere Limitation ergibt sich aus der Stichprobengröße von insgesamt 96 Teilnehmerinnen und Teilnehmern, welche die statistischen Analysen auf die Betrachtung von linearen korrelativen Zusammenhängen beschränkte.

Weiterführende Studien sollten, daran anknüpfend, die Untersuchung einer größeren Stichprobe anstreben, um die postulierten Zusammenhänge, vor allem in Bezug auf die intraorganisationalen Faktoren, im Rahmen eines Strukturgleichungsmodells übergreifend zu betrachten. Ein weiterer Anknüpfungspunkt in diesem Zusammenhang läge in der Betrachtung des Einflusses der Erfahrung mit VR2GO auf die Technologieakzeptanz. Studien zeigen nämlich, dass die Erfahrung mit einer Technologie einen positiven Einfluss auf die Technologieakzeptanz haben kann (Hackbarth et al., 2003; Liao & Lu, 2008; Pletz & Zinn, 2018; Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh et al., 2003). Aufgrund der geringen Anzahl an Personen, die VR2GO in ihren Trainings bereits einsetzen, konnte dieser Frage in der vorliegenden Studie nicht nachgegangen werden. Ein weiteres Forschungsdesiderat stellt weiterhin der Einfluss der Benutzerfreundlichkeit auf die Nutzungsintention dar. Wie oben dargelegt, ist die entsprechende Forschungslage diesbezüglich sehr heterogen, so dass es sinnvoll wäre, diesen Zusammenhang näher zu betrachten.

Zusammenfassend und abschließend betrachtet stehen die empirischen Befunde weitestgehend im Einklang mit dem in Abschnitt 2.3. berichteten Forschungsstand zum TAM und den Erweiterungen um intraorganisationale Faktoren. Um die Akzeptanz von VR2GO unter den Trainerinnen bzw. Trainern zu erhöhen, könnte die Abteilung STIHL Training vor allem eine Steigerung der wahrgenommenen Nützlichkeit fokussieren, indem sie in der

Anwendung mehr Informationen zu den vorhanden virtuellen Produkten bereitstellt und insgesamt mehr virtuelle Produkte etabliert. Des Weiteren könnten sich eine stärkere Positionierung der Führungskräfte zugunsten der VR-Technologie und der verstärkte Ausbau eines Anwendersupports förderlich auf die Technologieakzeptanz auswirken.

Literatur

- Amoako-Gyampah, K. & Salam, A. F. (2004). An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 41(6), 731–745.
- Beier, G., Spiekermann, S. & Rothensee, M. (2006). Die Akzeptanz zukünftiger Ubiquitous Computing Anwendungen. In A. M. Heinecke & H. Paul (Hrsg.), *Mensch & Computer 2006: Mensch und Computer im Strukturwandel* (145–154). München: Oldenbourg.
- Berkemeier, L., Niemöller, C., Metzger, D. & Thomas, O. (2018). Akzeptanz von Smart Glasses für die Aus- und Weiterbildung. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (143–156). Berlin: Springer Gabler.
- Bürg, O. & Mandl, H. (2005). Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. *Zeitschrift für Personalpsychologie*, 4(2), 75–85.
- Chen, J.-L. (2011). The effects of education compatibility and technological expectancy on e-learning acceptance. *Computers & Education*, 57(2), 1501–1511.
- Chung, J. E., Park, N., Wang, H., Fulk, J. & McLaughlin, M. (2010). Age differences in perceptions of online community participation among non-users. An extension of the Technology Acceptance Model. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1674–1684.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coldham, G. & Cook, D. M. (2017). VR Usability from Elderly Cohorts: Preparatory Challenges in Overcoming Technology Rejection. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 35th National Information Technology Conference* (131–135).
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International journal of man-machine studies*, 38(3), 475–487.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology. A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003.
- Dong, L., Sun, H. & Fang, Y. (2007). Do perceived leadership behaviors affect user technology beliefs? An examination of the impact of project champions and direct managers. *Communications of the Association for Information Systems*, 19(31), 2–42.
- Göbel, G. & Sonntag, R. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In J. Kowal, A. Kuzio, J. Mäkiö, G. Paliwoda-Pekosz, P. Soja & R. Sonntag (Hrsg.), *ICT Management for Global Competiveness and Economic Growth in Emerging Economies (ICTM)* (47–58).
- Hackbarth, G., Grover, V. & Mun, Y. Y. (2003). Computer playfulness and anxiety: positive and negative mediators of the system experience effect on perceived ease of use. *Information & Management*, 40(3), 221–232.

- Herber, E., Schmidt-Hertha, B., Zauchner, S. & Kierlinger-Seiberl, S. (2011). Erwachsenen- und Weiterbildungstechnologeeinsatz beim Lernen und Lehren mit Erwachsenen. In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien (2–6)*. Berlin: epubli.
- Howe, F. & Knutzen, S. (2013). *Digitale Medien in der gewerblich-technischen Berufsausbildung. Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien in Lern- und Arbeitsaufgaben*. Bonn: foraus.de.
- Hu, P. J., Chau, P. Y. K., Sheng, O. R. L. & Tam, K. Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112.
- Igbaria, M., Guimaraes, T. & Davis, G. B. (1995). Testing the determinants of microcomputer usage via a structural equation model. *Journal of Management Information Systems*, 11(4), 87–114.
- Igbaria, M. & Iivari, J. (1995). The effects of self-efficacy on computer usage. *Omega - International Journal of Management Science*, 23(6), 587–605.
- Igbaria, M., Zinatelli, N., Cragg, P. & Cavaye, A. L. M. (1997). Personal computing acceptance factors in small firms. A structural equation model. *MIS Quarterly*, 21(3), 279–305.
- Juan, Y.-K., Chen, H.-H. & Chi, H.-Y. (2018). Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales. *Applied Sciences*, 8(6), 1–12.
- Kerres, M. (2013). *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote (4., überarbeitete und aktualisierte Auflage)*. München: Oldenbourg.
- King, W. R. & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management*, 43(6), 740–755.
- Kohnke, O. (2015). *Anwenderakzeptanz unternehmensweiter Standardsoftware: Theorie, Einflussfaktoren und Handlungsempfehlungen*. Wiesbaden: Springer.
- Kohnke, O. & Bungard, W. (2009). Change Management und unternehmensweite Standardsoftwaresysteme. Maßnahmen zur Erhöhung der Anwenderakzeptanz. *Führung und Organisation*, 78(6), 304–310.
- Kohnke, O. & Müller, K. (2009). Modellbasierte Evaluation der Anwenderakzeptanz von Standardsoftware. In H. Wandke & S. Kain (Hrsg.), *Mensch & Computer 2009: Grenzenlos frei!?* (153–162). München: Oldenbourg.
- Kohnke, O., Wolf, T. R. & Müller, K. (2011). Managing user acceptance. An empirical investigation in the context of business intelligence standard software. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 5(4), 269–290.
- Kollmann, T. (1997). *Akzeptanz innovativer Nutzungsgüter und -systeme. Konsequenzen für die Einführung von Telekommunikations- und Multimediasystemen*. Wiesbaden: Springer.
- Lee, Y., Kozar, K. A. & Larsen, K. R. T. (2003). The technology acceptance model. Past, present, and future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(50), 752–780.
- Lemke, M., Deininger, L. & Henzler, P. (2016). Die virtuelle Welt von STIHL. In ANDREAS STIHL AG & Co. KG (Hrsg.), *Blick ins Werk* (35).
- Lewis, W., Agarwal, R. & Sambamurthy, V. (2003). Sources of influence on beliefs about information technology use: An empirical study of knowledge workers. *MIS Quarterly*, 27(4), 657–678.
- Liao, H.-L. & Lu, H.-P. (2008). The role of experience and innovation characteristics in the adoption and continued use of e-learning websites. *Computers & Education*, 51(4), 1405–1416.
- Liaw, S.-S. & Huang, H.-M. (2003). An investigation of user attitudes toward search engines as an information retrieval tool. *Computers in Human Behavior*, 19(6), 751–765.

- Lin, P.-C., Lu, H. K. & Liu, C. (2013). Towards an education behavioral intention model for e-learning systems. An extension of UTAUT. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 47(3), 1120–1127.
- Lu, J., Yu, C.-S., Liu, C. & Yao, J. E. (2003). Technology acceptance model for wireless Internet. *Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy*, 13(3), 206–222.
- Ma, Q. & Liu, L. (2004). The technology acceptance model: A meta-analysis of empirical findings. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, 16(1), 59–72.
- Ma, W. W.-k., Andersson, R. & Streith, K.-O. (2005). Examining user acceptance of computer technology. An empirical study of student teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(6), 387–395.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (12., überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz.
- Meier, C. & Seufert, S. (2003). Game-based learning: Erfahrungen mit und Perspektiven für digitale Lernspiele in der beruflichen Bildung. In A. Hohenstein & K. Wilbers (Hrsg.), *Handbuch E-Learning. Expertenwissen aus Wissenschaft und Praxis* (1–17). Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst.
- Meister, D. M. & Kamin, A.-M. (2010). Digitale Lernwelten in der Erwachsenen- und Weiterbildung. In K.-U. Hugger & M. Walber (Hrsg.), *Digitale Lernwelten: Konzepte, Beispiele und Perspektiven* (103–114). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Morris, M. G. & Venkatesh, V. (2000). Age differences in technology adoption decisions. Implications for a changing work force. *Personnel Psychology*, 53(2), 375–403.
- Niklas, S. (2014). *Akzeptanz und Nutzung mobiler Applikationen*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Padilla-Meléndez, A., Del Aguila-Obra, A. R. & Garrido-Moreno, A. (2013). Perceived playfulness, gender differences and technology acceptance model in a blended learning scenario. *Computers & Education*, 63, 306–317.
- Park, N., Lee, K. M. & Cheong, P. H. (2007). University instructors' acceptance of electronic courseware. An application of the technology acceptance model. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 163–186.
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. *Journal of consumer research*, 21(2), 381–391.
- Pikkarainen, T., Pikkarainen, K., Karjaluoto, H. & Pahlila, S. (2004). Consumer acceptance of online banking. An extension of the technology acceptance model. *Internet Research*, 14(3), 224–235.
- Pletz, C. & Zinn, B. (2018). Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), 86-105.
- Pletz, C. & Zinn, B. (2020c). Wie lässt sich die Technologieakzeptanz virtueller Lern- und Arbeitsumgebungen erklären? Ein Überblick zu theoretischen Ansatzpunkten und dem Forschungsstand. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung* (57-85). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants: Part 1. *On the horizon*, 9(5), 1–6.
- Rama, M. D., de Ridder, H. & Bouma, H. (2001). Technology generation and age in using layered user interfaces. *Gerontechnology*, 1(1), 25–40.
- Roberts, A. R., De Schutter, B., Franks, K. & Radina, M. E. (2018). Older adults' experiences with audiovisual virtual reality: perceived usefulness and other factors influencing technology acceptance. *Clinical Gerontologist*, 1–7.

- Rouibah, K., Hamdy, H. I. & Al-Enezi, A. Z. (2008). Effect of management support, training, and user involvement on system usage and satisfaction in Kuwait. *Industrial Management & Data Systems*, 109(3), 338–356.
- Schäfer, T. (2011). *Statistik II*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schepers, J. & Wetzels, M. (2007). A meta-analysis of the technology acceptance model. Investigating subjective norm and moderation effects. *Information & Management*, 44(1), 90–103.
- Schillewaert, N., Ahearne, M. J., Frambach, R. T. & Moenaert, R. K. (2005). The adoption of information technology in the sales force. *Industrial Marketing Management*, 34(4), 323–336.
- Taylor, S. & Todd, P. A. (1995). Understanding information technology usage. A test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144–176.
- Thomas, O., Metzger, D. & Niegemann, H. (Hrsg.). (2018). *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Berlin: Springer Gabler.
- Urban, D. & Mayerl, J. (2011). *Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung* (4., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315.
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model. Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology. Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Vodanovich, S., Sundaram, D. & Myers, M. (2010). Research commentary—digital natives and ubiquitous information systems. *Information Systems Research*, 21(4), 711–723.
- Yi, M. Y. & Hwang, Y. (2003). Predicting the use of web-based information systems. Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(4), 431–449.
- Zinn, B., Guo, Q. & Sari, D. (2016). Entwicklung und Evaluation der virtuellen Lern- und Arbeitsumgebung VILA. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1), 89–117.

Contribution Statement



Universität Stuttgart



Institut für Erziehungswissenschaft (IFE)
Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)

Univ.-Prof. Dr. phil. habil. Bernd Zinn
Geschäftsführender Direktor des Instituts
für Erziehungswissenschaft
Studiendekan für Berufs- und Technikpädagogik
Studiendekan für Naturwissenschaft und Technik

Azenbergstraße 12
70174 Stuttgart

Contribution Statement (Beitragsnachweis)

Titel der Veröffentlichung:	Technologieakzeptanz des virtuellen Verkaufsraums VR2GO in der Firma ANDREAS STIHL AG & CO. KG
Jahr:	2020
Veröffentlicht in:	Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung
Art der Veröffentlichung	Beitrag in Sammelband
Erstautor/in:	Carolin Pletz
Mitautorinnen und Mitautoren:	Marbod Lemke Leandra Deininger
Review-Verfahren	Herausgeber-Review

Aufschlüsselung der Beiträge der Autorinnen und Autoren:

Forschungsidee / Konzept der Studie:	Carolin Pletz
Auswahl der Methodik:	Carolin Pletz
Datenerhebung:	Carolin Pletz Leandra Deininger
Datenanalyse:	Carolin Pletz
Text – Aufschlag:	Carolin Pletz
Text – Ergänzung / Überarbeitung:	Marbod Lemke Leandra Deininger
Literaturrecherche:	Carolin Pletz



Universität Stuttgart



Hiermit bestätigen die Autorinnen und Autoren die Korrektheit der Angaben.

Leandra Deininger	21.04.2021	
Marbod Lemke	26.04.21 Oberlin	
Carolin Plitz	26.04.21, Stuttgart	
Name	Ort, Datum	Unterschrift

2.3. Publikation 3

EVALUATION OF AN IMMERSIVE VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENT FOR OPERATOR TRAINING IN MECHANICAL AND PLANT ENGINEERING USING VIDEO ANALYSIS

Autorinnen und Autoren des Originalbeitrags: PLETZ, C. und ZINN, B

Veröffentlicht in: British Journal of Educational Technology (BJET), 2020, 51(6), 2159-2179.

Abstract

A structural evaluation is imperative for developing an effective virtual learning environment. Understanding the extent to which content that has been learned virtually can be applied practically holds particular importance. A group of persons from the technical field of mechanical and plant engineering ($N = 13$) participated in a virtual operator training for a case application of additive manufacturing. To evaluate the virtual learning environment the participants answered quantitative questionnaires and were asked to apply what they had learned virtually to the real machine. Both the virtual training and the testing phase on the real machine were recorded by video (800 min. in total). The category system resulting from a structured qualitative video analysis with a total of 568 codes contains design-, instruction- and interaction-related optimisation potentials for further development of the virtual learning sequence. Mistakes, difficulties and other anomalies during the application on the real machine provide further revision options. The study uses video data for the first time to derive optimisation potentials and to investigate the learning transfer of virtually-learned action knowledge to real-world activity.

Keywords: immersive virtual reality technology, virtual learning, mechanical and plant engineering, learning transfer, videographic data

Introduction

Immersive virtual reality technologies (IVR) have undergone a change in cost and dimensional factors and are now suitable for large-scale use since the first commercially-viable virtual reality glasses were published in 2015 (Vergara et al., 2017). Virtual reality (VR) refers to

computer-generated real-time representations of real or fictional environments that are three-dimensional and interactive. Head-mounted-displays (HMDs) allow users to "immerse" themselves into these virtual environments (Freina & Ott, 2015).

The use of VR in vocational education and training – especially in technical domains – is associated with diverse potentials. VR can be used to simulate situations that would be excessively dangerous or expensive under physically real conditions, or to reach places that are unreachable in reality; for example, because they are too far away or in the future or past. VR makes training possible without the need for real machines or equipment to be physically present. This flexibility offers an economic advantage by saving travel costs and preventing machine downtimes. Learning and working in virtual environments is safe, as there is no risk of damage to expensive equipment. Complex principles of a machine can be made easier to understand; for example, by making invisible processes visible (Jensen & Konradsen, 2018; Pantelidis, 1997; Pletz & Zinn, 2020a; Potkonjak et al., 2016; Vergara et al., 2017).

The research project VASE²² focuses on the use of IVR in the industrial service sector of mechanical and plant engineering and aims to design IVR training for operation training and examine it scientifically regarding the actual transfer process. This paper presents the formative evaluation of an immersive virtual learning scenario developed within the project using video analysis.

1. Theoretical background and state of research

In evaluations of virtual learning environments, besides the analysis of usability (Muller et al., 2017; Satter & Butler, 2015), technology acceptance (Herz & Rauschnabel, 2019; Pletz & Zinn, 2018) and motivation (Guo, 2015), performance in real-world situations after the virtual training holds particular interest to evaluate their effectiveness. This aspect is referred to as learning or training transfer (Bossard et al., 2008; Rose et al., 2000).

1.1. Transfer and learning theories

“Transfer of training is defined as the extent of retention and application of knowledge, skills and attitudes from the training environment to the workplace environment” (Bossard et al., 2008, p. 1). The scientific interest in transfer goes back a long way in the research literature and includes different concepts of transfer and its recording (Cox, 1997; Day & Goldstone, 2012). Atherton (2007) summarises three generations of theories of transfer: (1) Behavioral

²² VASE (Virtual and Analytics Service in mechanical and plant engineering) is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under the funding reference number: 02K16C110 and supervised by the Research Center Karlsruhe (PTKA).

approaches are based on the assumption that learning transfer can only take place if identical elements are present in the learning and application situation (e. g. Woodworth & Thorndike, 1901). This means that the extent of learning transfer depends on how much agreement there is between the learning and application situation. (2) Cognitivist approaches, on the other hand, focus less on shared surface features of physical or task environments, but rather on information processing. Mental symbolic representations and cognitive schemata are seen as the basis for transfer (e. g. Gentner, Loewenstein & Thompson, 2003; Gick & Holyoak, 1983; Singley & Anderson, 1989). However, since the results of studies on transfer in the context of these approaches were inconsistent, surprising, or sobering (Barnett & Ceci, 2002; Day & Goldstone, 2012; Detterman, 1993), the (3) third generation of approaches to transfer developed, which views transfer from a different perspective and not just as a direct application of knowledge in a new situation and its measurements in laboratory situations. To mention are, for example, the approach of Bransford und Schwartz (1999) on people's preparation for future learning, which shifts the focus of the consideration of transfer to the effects of new learning, or the actor-oriented transfer perspective of Lobato (2003, 2012) which focused on whether learners recognise similarities across situations. The third generation can be placed in the general context of situational perspectives (Greeno, Collins & Resnick, 1996).

Zinn und Ariali (2020) pointed out that the approach of situated learning (Lave & Wenger, 1991; Wenger, 1998) is particularly important for the conception of didactic designs in immersive virtual learning environments. The approach of situated learning is based on the assumption that cognitive learning processes always take place in a considered application context. Learning is effective when a situational reference to the professional and working world is established. In terms of transfer, this means that knowledge and skills are always tied to the context in which they were acquired. Situational learning can be supported, assuming that realistic IVR environments offer situations that trigger the same behaviour and the same thinking in learners as real situations (Loke, 2015). However, it has not yet been sufficiently clarified to what extent virtual experiences are actually comparable to real experiences and to what extent the natural user interfaces sufficiently support the visual and sensomotoric experiences (Zinn & Ariali, 2020).

Another important approach for IVR research is embodied cognition (Johnson-Glenberg, 2018; Zinn & Ariali, 2020). It assumes that physical states have an influence on cognition and human action (Glenberg, 2010; Núñez et al., 1999). Costa, Kim und Biocca (2013) cited different research findings that showed that cognitive representations of objects are intrinsically linked to how a person moves in order to manipulate the object. The use of the

body can promote processing of abstract facts and understanding (Black et al., 2012; Lindgren et al., 2016). IVR requires users to move their bodies to interact with a virtual environment, to perform actions, and to adopt different perspectives. In terms of embodied cognition, IVR offers the opportunity to create mental schemata of objects by manipulating them in virtual space through body movements and sensory input. With regard to the transfer from virtually learned to real activities, one can assume that this connection could facilitate actions on real objects. There are approaches that show that the body also plays an important role in situated learning processes and that the two theories complement each other (Rambusch & Ziemke, 2005).

1.2. IVR in the field of engineering

There are studies on the investigation of IVR environments in the field of engineering, but only a few with regard to their effectiveness in terms of a successful learning transfer. Brough et al. (2007) presented an IVR application for the training of assembly operations over a decade ago. In the study, the participants were asked to assemble the model of a real rocket or aircraft engine after virtual training. The results indicated promising potentials of the technology, as the majority of the participants successfully completed the task. A pilot study by Sportillo et al. (2015) tested the extent to which the assembly of a real LEGO building set can succeed after an immersive virtual training. The results were positive, although they did not seem to be very reliable due to the small sample size ($N = 8$). Muller et al. (2017) developed an IVR learning environment for operator training of a CNC machine and analysed the user experience of the application using questionnaires. An investigation of the actual learning performance was not carried out. Im et al. (2017) also tested an IVR environment for engine assembling and disassembling training. The aspects interest, immersion, satisfaction and perceived learning effectiveness were assessed by means of a questionnaire.

1.3. Methodological approaches of evaluation studies

Regarding the methodological approach, evaluation studies have shown that a combination of quantitative and qualitative approaches has proven favourable to obtain constructive feedback and increase the quality of the virtual learning environment (Bucher et al., 2019; Han, 2019). On the one hand, aspects of usability, motivation or acceptance can be recorded in a standardised way through questionnaires. On the other hand, the systematic review by Radianti et al. (2020) on the use of IVR in higher education showed that most of the reviewed studies do not specify a method for measuring learning outcome in their evaluation. Studies which have evaluated the learning effectiveness have used both subjective criteria, such as self-assessments using questionnaires, and objective criteria, such as the time required to complete a task in

reality after the virtual training, the number of errors, knowledge tests, or judgements by experts (Bucher et al., 2019; Bun et al., 2018; Kamińska et al., 2017; Zhang et al., 2017). Measuring the effectiveness of VR through learning transfer can be challenging, since, as the above-mentioned discourse in transfer research shows, there are not only different views on the occurrence of a transfer, but also on its measurement (Barnett & Ceci, 2002; Bossard et al., 2008; Reed, 2012; Singley & Anderson, 1989). Particularly in the field of mechanical and plant engineering, complex activities have to be carried out to operate a machine, which contain both declarative and procedural knowledge elements. Diverse, heterogeneous actions – for example, with different tools or on several components of a machine – must be learned. An objective measurement of the learning transfer by purely quantifying the errors or measuring the time required is not necessarily sufficient to obtain both a meaningful result and, if necessary, specific feedback to assess the learning environment. In addition, specific valid and reliable test instruments would have to be newly developed for the respective unique machine, to measure acquired knowledge of action by means of a test, which would involve an enormous research-economic effort. Another option would be to use only significantly simplified tasks to represent the activity; however they cannot grasp the full complexity of action. To our knowledge, no study to date in the field of mechanical and plant engineering has examined the learning transfer of learned action knowledge in a virtual learning environment with objective procedures on a real machine. The method of video analysis was used for the first time in this study to meet this research desideratum.

To date, the method of video analysis has been applied especially in studies on teaching and learning processes in school (Blikstad-Balas & Sorvik, 2014; Jacobs, Kawanaka & Stigler, 1999; Stigler, Gallimore & Hiebert, 2000). The main advantage of video analysis is the possibility to make work processes accessible in terms of their complexity – for example, to capture parallel events and make courses of action visible. Furthermore, situations can be repeatedly viewed from different perspectives and at different times (Derry et al., 2010; Jacobs et al., 1999). However, the data material also increases the effort required for evaluation. A theory-based, structured approach to analysis is therefore essential.

2. Description of the virtual learning environment

The immersive virtual learning environment created in VASE comprises a fully functional, 3D real-time, interactive model of a machine for the additive production of complex, metallic components in a virtual training building. The IVR application was created in Unity. Besides the basic functionality of Unity, the "SteamVR" framework was used. The application is optimised for use with the HTC Vive VR glasses, although it also works on the Oculus Rift.

The 3D environment was created with the 3D software 3ds Max. For the machine display, the existing CAD data of the machine was prepared, made real-time capable and divided into learning modules. The other tools in the application were also created with 3ds Max using reference media (images, videos).

The goal of VASE is to conduct operation training with machine operators and service technicians on virtual machines. In the first step, a learning sequence in self-learning mode for operator training for the "removal of the construction cylinder" at the machine was developed (see Figure 13a - d). The removal of the construction cylinder must be carried out by the machine operators after each printing of a component and involves a complex sequence of actions. For example, the construction cylinder must be moved into the correct position via the control panel, screws must be loosened and it must be removed with a lift truck. The virtual learning sequence comprises of a total of 36 instructed action steps, which are carried out by the learner on the virtual machine. It takes about 30 minutes to run through the sequence.

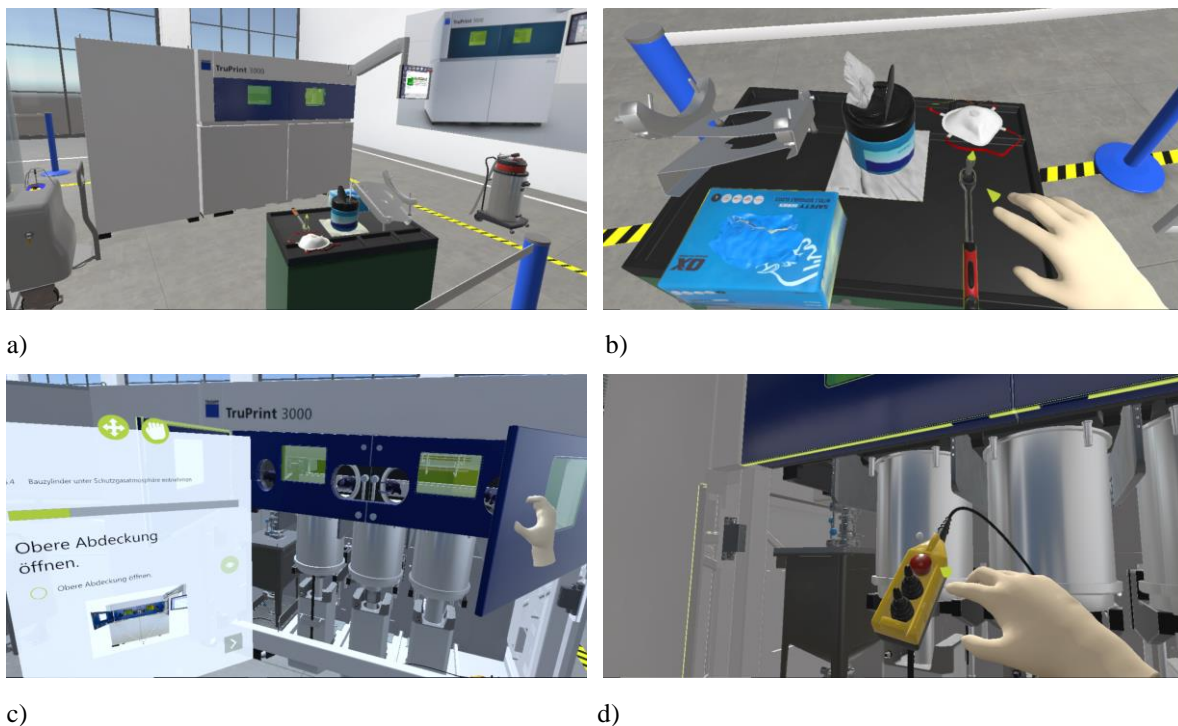


Figure 13: Virtual learning sequence "removal of the construction cylinder".

The learner receives all information about the process and all instructions – including visual material – via a menu (see Figure 13c), which is placed on the virtual left hand, and audibly via the headphones of the VR glasses. If necessary, the menu can be minimised or freely placed in the room using interactive buttons with the help of the controllers; for example, if both hands

are needed to perform an action step or if the menu would cover the field of vision. The menu contains a "checklist" and automatically checks off the individual steps as soon as the learner has performed them correctly. In the menu, there is also an "eye button" next to each action step (see Figure 14). With this button, the user can see which component the action step refers to and where it can be found. Via teleport, the learner can move around in the virtual environment. Interactions with virtual elements such as operating panel or tools are also carried out by the controllers. To introduce the training participant to the basic operation of VR hardware, a tutorial can be used in advance.



Figure 14: "Eye button" in the menu of the virtual learning sequence.

3. Research questions

The following exploratory research questions were addressed to improve the virtual learning sequence:

- Research question 1 (RQ 1): How is the immersive virtual learning sequence assessed in terms of technology acceptance, motivation, effort and user experience by potential machine operators?
- Research question 2 (RQ 2): To what extent can the action-related knowledge acquired in the immersive virtual learning sequence be transferred to real activity?

4. Methods

4.1. Research design

A formative evaluation was carried out in the present study to improve the developed virtual learning sequence and to identify potential for optimisation. The evaluation was conducted via a structured qualitative video analysis with video material from the virtual training and the

subsequent testing phase. In addition, quantitative questionnaires were used to evaluate aspects of technology acceptance, motivation, physical and cognitive effort, user experience, and an assessment of subjective learning success.

The approach of a formative evaluation was chosen to continuously optimise the learning environment in the development process and was based on user feedback. According to Brown und Gerhardt (2002), this increases the prospect of a successful implementation of the defined goals, in this case the implementation of a beneficial immersive virtual learning environment. It differs from a summative evaluation in the sense that no finished product is examined. According to Tessmer (1993), formative evaluations can provide information about how effective, efficient, interesting/motivating, usable, or acceptable an instruction is to improve instructional quality. The evaluation of effectiveness, i.e. the question whether the learners will learn what we want them to learn, includes the successful or unsuccessful transfer of the virtually learned to reality for virtual learning environments (Bossard et al., 2008; Rose et al., 2000). Regarding the definition of a formative evaluation as an iterative process, the present study represents the first iterative step for the structured revision of the examined virtual learning sequence. According to the classification of transfer, we can speak of a near transfer in this study (Barnett & Ceci, 2002; Blume et al., 2010; Bossard et al., 2008). Near transfer means applying the learned skills and knowledge in an almost identical situation. The learning outcome after a virtual training on a real machine is considered here, i.e. the persons are supposed to apply the learned action-related knowledge in a situation that is identical in reality. In our understanding, a transfer is successful if the person correctly executes the learned steps on the real machine.

4.2. *Participants*

$N = 13$ persons participated in the evaluation study ($n = 9$ male and $n = 4$ female). The average age was 32.31 years ($SD = 8.52$ years) with a range from 21 to 53 years. According to Bucher et al. (2019), a heterogeneous sample is particularly suitable for formative evaluations to uncover optimisation potential that is as heterogeneous as possible and thus design the learning environment to suit the largest possible number of people. Therefore, in the present study $n = 6$ participants have learned technical professions such as tool mechanic, while the other respondents have learned non-technical professions such as vocational pedagogue. 46 % ($n = 6$) of the test persons had never used IVR technology prior to the study, 38 % ($n = 5$) had tried it once and one test person (8 %, $n = 1$) used it often or regularly. None of the test persons had

any prior knowledge of the trained machine and none of the test persons had seen the machine live prior to the training.

4.3. Procedure of virtual training and data collection

The immersive virtual learning environment was evaluated in a learning and testing phase (see Figure 15). The participants were first informed about the process and instructed to memorise the training content well, since the learning success would be tested later. In the learning phase, the participants attended operator training using the IVR sequence in small groups of 3-5 persons. They first received a verbal introduction to the machine with explanations of the function and the basic components as well as safety instructions from a trainer. Subsequently, the trainer demonstrated the removal of the construction cylinder on the virtual machine once, whereby the test persons could follow the procedure on a screen. Afterwards, the participants were individually instructed in the use of the VR hardware. They used the IVR tutorial to learn the basic operating options such as teleporting, gripping and the menu operation. Finally, the test persons individually went through the virtual learning sequence for removing the construction cylinder. This was recorded on video and observation protocols were written.

After completing the virtual training, the participants answered the questionnaires. In the subsequent testing phase, they should transfer what they had learned virtually to the real machine and remove the construction cylinder. The participants had the opportunity to use the machine manual if they were unable to make any further progress with the removal by themselves. Since the machine manual can also be used in reality as first aid by the machine operators in the event of problems on the machine, this possibility was granted to the participants for a scenario that is as realistic as possible. In addition, a machine expert was present during the removal to intervene if the participant or the machine were endangered. The testing phase on the real machine was also recorded on video and observation protocols were written by the machine expert. Overall, the operator training as well as the completion of the questionnaires and the testing phase lasted about 3 hours for each participant. The time between the virtual training and testing phase was balanced for all participants, at about 4 hours.

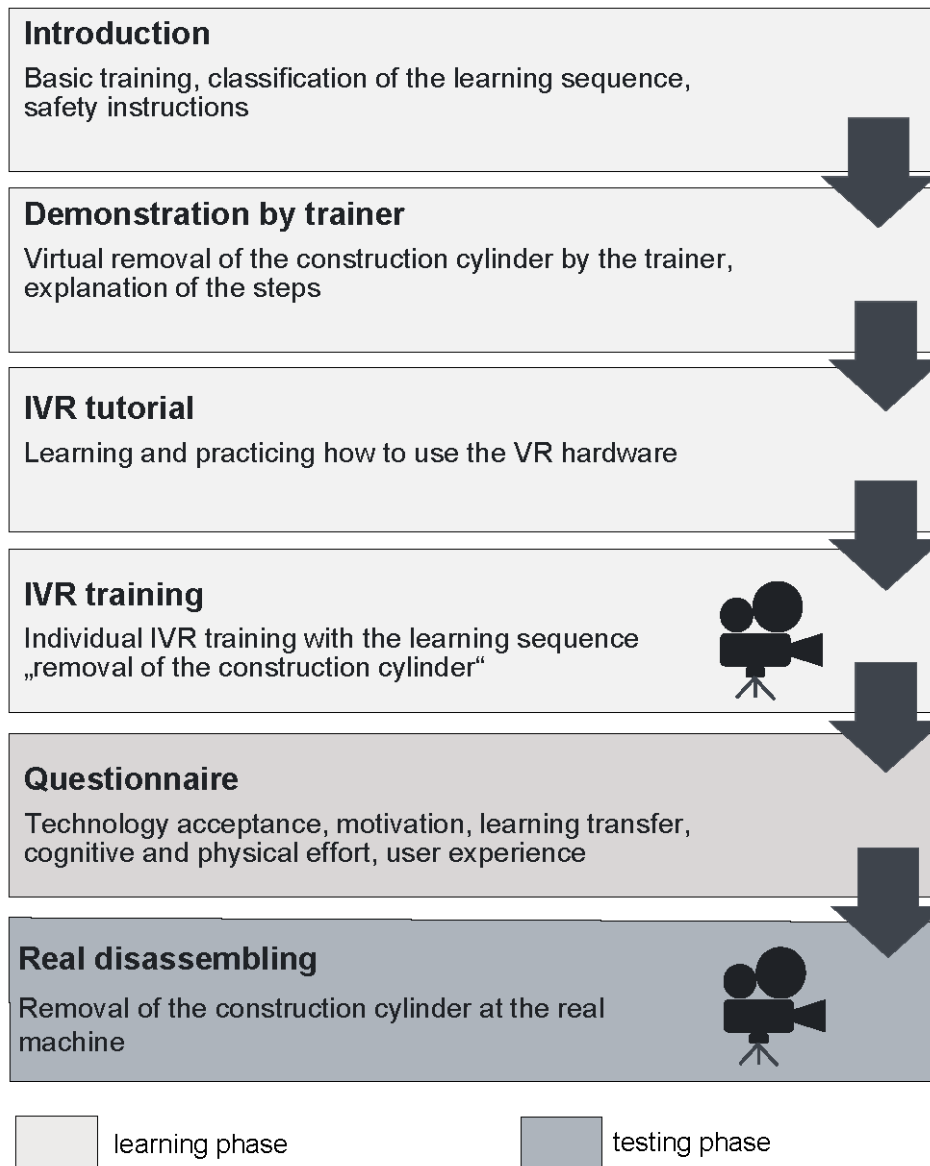


Figure 15: Schematic procedure of immersive virtual training and data collection.

4.4. Questionnaires

The technology acceptance of virtual training was surveyed according to the technology acceptance model (TAM; Davis, 1989; Pletz & Zinn, 2018) and included two items on the perceived usefulness (example item: "VR technology is useful for training"), and three items each on the perceived ease of use ($\alpha = .76$; example item: "Using VR technology was easy for me") and intention of use ($\alpha = .85$; example item: "I would like to use VR technology regularly for training in the future"). Following Kopp, Dvorak und Mandl (2003), the motivation in the learning process ($\alpha = .78$; example item: "During the learning sequence in VR I experienced myself as interested") as well as the subjective assessment of the learning success ($\alpha = .79$; example item: "Through the virtual learning sequence I acquired enough knowledge to remove

the construction cylinder from the real machine") was recorded by three items. The items were answered on a seven-point Likert scale (1 = "strongly disagree"; 4 = "partly agree"; 7 = "completely agree"). In addition, the level of physical and cognitive effort during the virtual training was recorded with one item each (example item: "How high was your physical effort during the learning unit in VR?"; 1 = "very low"; 7 = "very high"). The User Experience Questionnaire Short Version (UEQ) was used to record the user experience (Laugwitz, Schrepp & Held, 2006). The participants ranked their impression on eight semantic differentials from the six categories of attractiveness, efficiency, comprehensibility, reliability, stimulation and novelty (example items: -3 = "complicated"; +3 = "easy")

4.5. *Data analysis*

The structured qualitative video analysis is oriented in its basic approach to Derry et al. (2010) and the structured qualitative content analysis according to Mayring (2014). It comprised the steps described below (see Figure 16):

1. *Viewing of the data material:* First, the videos from the learning and testing phase were completely viewed twice by an observer (a total of about 800 minutes of video material).
2. *Definition of the analysis unit:* According to the event sampling method (Boudah, 2011), the videos were divided into sense units and the occurrence of events within these units was observed. In contrast to this is the time sampling method, which divides the videos into time units. In the present videos, a unit was defined as an action step according to the correct procedure for removing the construction cylinder. According to our definition, a successful learning transfer of virtual learners on the real activity manifests itself in a "trouble-free" removal of the construction cylinder on the real machine. For this reason, every incident that deviates from this was initially regarded as an event. In the videos from the virtual training, these included errors in the execution of the IVR learning sequence (for example, the participant does not execute the instructed step correctly), comprehension difficulties (for example, the participant asks the trainer questions or verbally states that he does not know what to do), interaction difficulties (for example, the interaction with a virtual object does not work), and errors in the IVR application (for example, the application hangs up). The following events were recorded in the videos from the testing phase on the real machine: errors in execution (for example, a step is forgotten), difficulties in understanding or execution (for example, the participant asks the machine expert questions) and other anomalies.

3. *Transcription*: In addition to the events described under point 2, all verbal expressions of the participants, the trainer and the machine expert were transcribed. A second independent observer checked the transcripts for completeness in a further viewing process, and the observation protocols were used for cross-checking and in case of ambiguities.
4. *Coding*: The next step was the coding and categorisation of the transcribed video units using the software MAXQDA (version 12). The category system developed for this purpose (see Table 10) comprises six deductively-formed categories. Three of the categories refer to the video data from the IVR training: (1) design-related optimisation potentials, (2) instruction-related optimisation potentials and (3) interaction-related optimisation potentials. The other three categories represent the video data from the testing phase: (4) errors, (5) difficulties in understanding or execution and (6) other anomalies. Based on the category system and including the coding rules defined, the coding process was performed by a second independent person and the intercoder agreement (Cohen's kappa, k) was determined. In the literature, Cohen's kappa values greater than 0.6 are considered acceptable (Burla et al., 2008; McPhail et al., 2016). The interrater reliabilities of the present categories are thus all within a satisfactory range. A total of 568 codes were assigned in the analysis.
5. *Summary and quantification*: In a final step, the coded sequences within the categories were summarised and quantified to make statements about which events occurred across people and not only affected individuals. Due to the large diversity of events occurring between participants, a cut-off value of $n = 4$ persons was determined for all elements in the categories, with the exception of the design-related optimisation potentials. In the results of the video analysis, therefore only results that occurred with at least four persons are reported. For the design-related optimisation potentials, a cross-person occurrence of the events is not relevant – for example – technical errors in the application do not necessarily occur with several people, but must be corrected in any case.

The quantitative data collected was evaluated descriptively with the statistics program R (version 3.4.4).

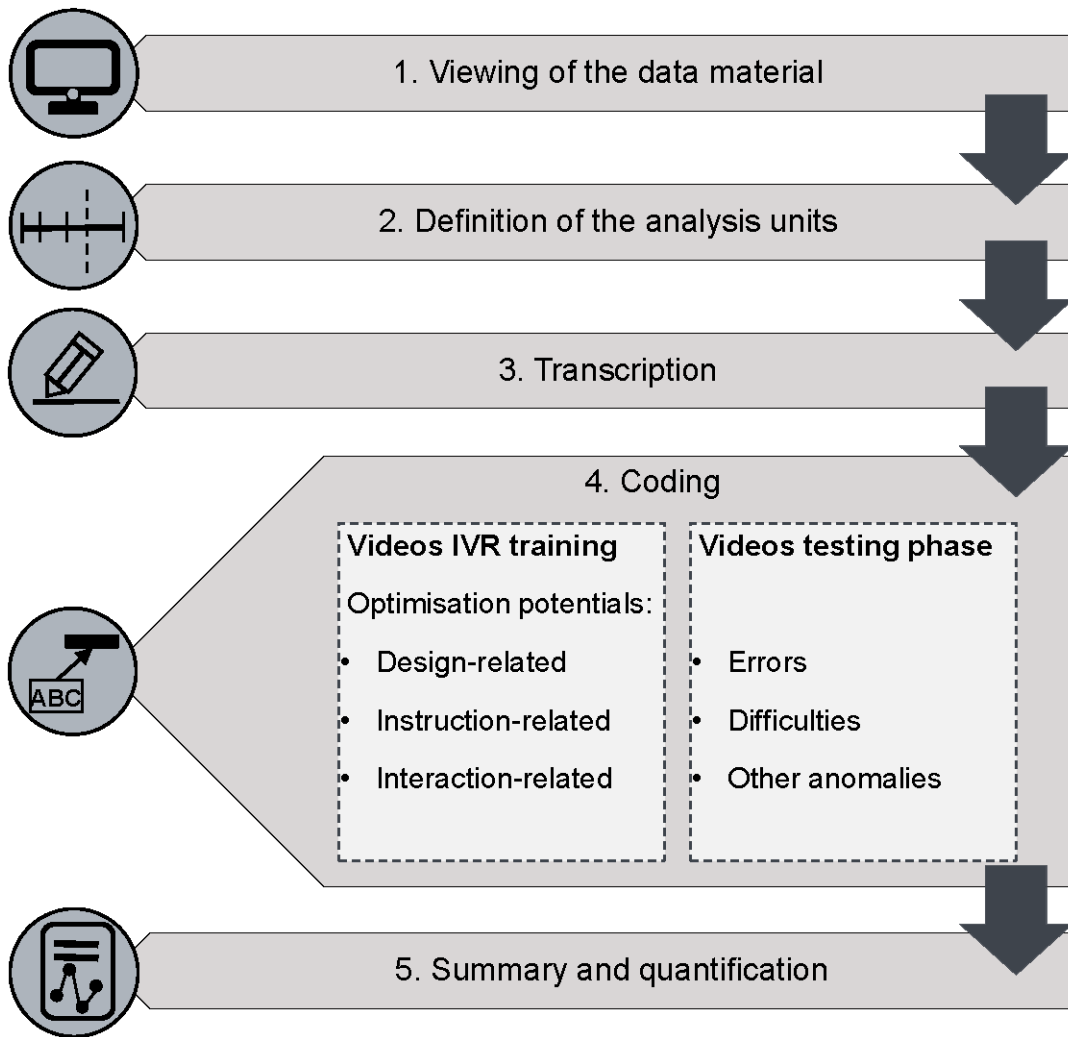


Figure 16: Schematic procedure of coupled video analysis to the immersive virtual training and testing phase (Vid-VR).

Table 10: Category system from the video analysis.

Video	Category	Definition	Codes	Cohen's kappa	Example (Video position*)
IVR training	Design-related optimisation potential	Errors in the virtual environment OR there are difficulties in running the learning sequence due to the technical design , e.g. the given physical properties of objects.	42	.75	Step "Retract lift truck" is already checked in the menu, although it has not yet been fully executed (CJ1193_V1#21:47-22:10)
IVR training	Instruction-related optimisation potential	Difficulties or errors occur during the learning sequence due to the instructions given or the absence of instructions , e.g. the person asks the trainer what to do.	151	.66	Participant only removes the powder around the construction cylinder; trainer indicates that all powder in the process chamber must be removed (MJ0877_V1#04:00-04:10)
IVR training	Interaction-related optimisation potential	Difficulties occur in the learning sequence due to interactions with virtual elements , e.g. when grasping objects or navigating. An action is only defined as an interaction problem if the person tries to perform the interaction more than twice.	107	.78	Participant accidentally teleports behind the machine instead of picking up the manual control unit (AH0366_V2#04:08 – 04:12)
Testing phase	Errors	Action steps are not carried out, incorrectly or in the wrong order or the wrong tool is used.	109	.83	Participant does not fully open the fastening nuts (SB1188_V3#01:30 – 02:00)
Testing phase	Difficulties	Difficulties in understanding or implementation arise, e.g. the person asks the expert questions, verbal statements that he does not know what to do or how to do something, or the expert has to provide independent assistance .	99	.68	Ask the expert how the media plug can be solved (EG0190_V3#06:30-06:45)
Testing phase	Other anomalies	Other remarks or actions of the persons, which do not fit into the above categories, but deviate from the trained sequence or a "trouble-free" sequence, e.g. permissible sequence changes of the steps or other execution of the steps, which are not wrong.	60	.84	Instead of the button with the curved arrow, the participant uses the button with the straight arrow to lower the construction cylinder on the control panel (MJ0877_V1#02:45-02:58)

Note. * The video position comprises the six-digit alpha-numeric participant code, the video and the minutes in the video.

5. Results

5.1. Quantitative analysis: Descriptive results

The usefulness of IVR in training (*median* = 5.55, *IQR*²³ = 1.50) and the ease of use of IVR (*median* = 6.00, *IQR* = 1.00) were rated as high. The intention to use IVR for training in the future was rated as medium to high (*median* = 5.00, *IQR* = 1.33). The results also show that the participants in IVR training experienced strong motivation in the learning process (*median* = 6.67, *IQR* = 0.67). The subjective assessment of the learning success is also high (*median* = 6.00, *IQR* = 1.67).

The physical effort in IVR training was rated by the participants as low to medium (*median* = 3.00, *IQR* = 2.00). The evaluation of mental effort can be placed in a medium range (*median* = 4.00, *IQR* = 3.00). The results from the UEQ can be seen in Figure 17 and indicate a consistently positive assessment of the user experience in the virtual learning sequence.

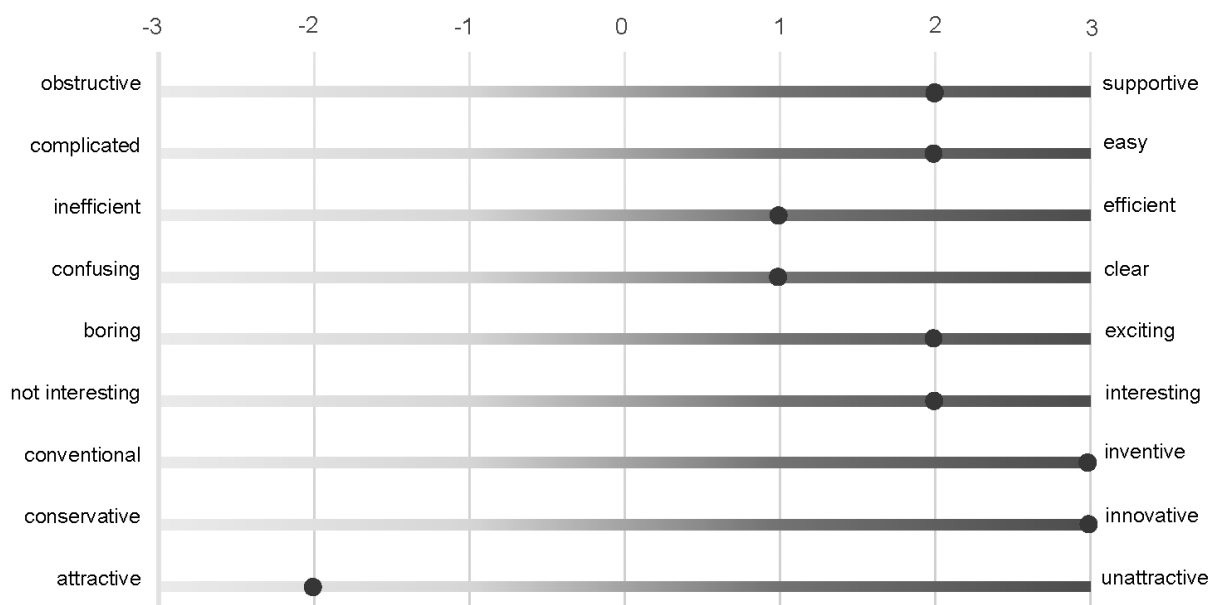


Figure 17: Results from the User Experience Questionnaire-Short Version (UEQ). Points represent the medians of the item.

5.2. Qualitative analysis: Results from the video data

In the video analysis, design-related optimisation potentials ($N = 7$) were identified, which will be considered in the further development of the learning sequence to provide a technically perfect learning sequence.

²³ IQR = Interquartile range

The identified instruction-related optimisation potentials ($N = 10$) are needed in the further development process to sharpen the instructions for action and explanations in the learning sequence; for example, by providing additional information or visual aids for carrying out an action step. Furthermore, based on these points, further illustrations or short video sequences of the real machine are incorporated as a basis for explanation to gain a better understanding of the processes.

With the interaction-related optimisation potentials identified ($N = 8$), there are approaches for adapting the tutorial; for example, by including certain interactions or practising them in depth. On the other hand, individual interactions in the learning sequence itself can be simplified; for example, by using predefined fixed axes of movement of virtual objects, visual aids to the interaction points or automated interactions by simply selecting the objects by pressing the controller buttons.

Regarding the question to what extent the action-related knowledge acquired in the immersive virtual learning sequence can be transferred to real activity, it was first considered how many steps were correctly performed on the real machine. Figure 18 shows that 23 of the 36 steps could be performed on the real machine without errors or difficulties for most participants. This shows, first of all, that most of the virtually learned action steps could be transferred to real activity. A closer look at the steps that led to problems allows further conclusions to be drawn about the possibilities for optimisation in the learning sequence and about general potentials and challenges for a learning transfer with IVR.

Various aspects can be derived from the errors that occurred in the removal of the construction cylinder on the real machine. Among the errors that occurred ($N = 9$), six errors are steps that were forgotten. A closer analysis of these steps reveals that these are either activities that involve a pure visual inspection of values – for example, the temperature at which the participants do not have to perform any "action" – and therefore they can be quickly processed in the IVR application by simply fixing components visually or activities that can be carried out at the touch of a button on the control. To support the memory performance, these steps should be emphasised more clearly in IVR; for example, by defined longer fixation times until the step is marked as completed or additional explanations why it is relevant. The other errors were steps that were performed incorrectly. Two of these errors were probably due to an inaccurate representation in the IVR application. For example, a marking on the lift truck for adjusting the forks was not exactly in the same place as at the real machine. These points can be systematically remedied in the design-related revision. Finally, an error probably occurred

due to missing haptic feedback in the IVR application. The participants lacked the information concerning the extent to which the screws must be loosened.

The difficulties in understanding or execution identified in the videos of the testing phase at the real machine ($N = 5$) also primarily show problems with steps that require haptic feedback; for example, when removing the metal powder with a brush. They also provide further approaches for optimising the learning sequence through additional explanations or visual clarification.

It should be noted that no errors or difficulties were found regarding the spatial arrangement of the machine or the identification and location of components. However, during or after the testing phase some participants ($N = 4$) verbally expressed that they felt partially insecure on the real machine; for example, by asking the machine expert questions such as: "You'd step in before I broke something?" (CK0293_V1#17:05-17:15). The manual was also frequently used in the process of removal (*median* = 18.00, *IQR* = 9.00).

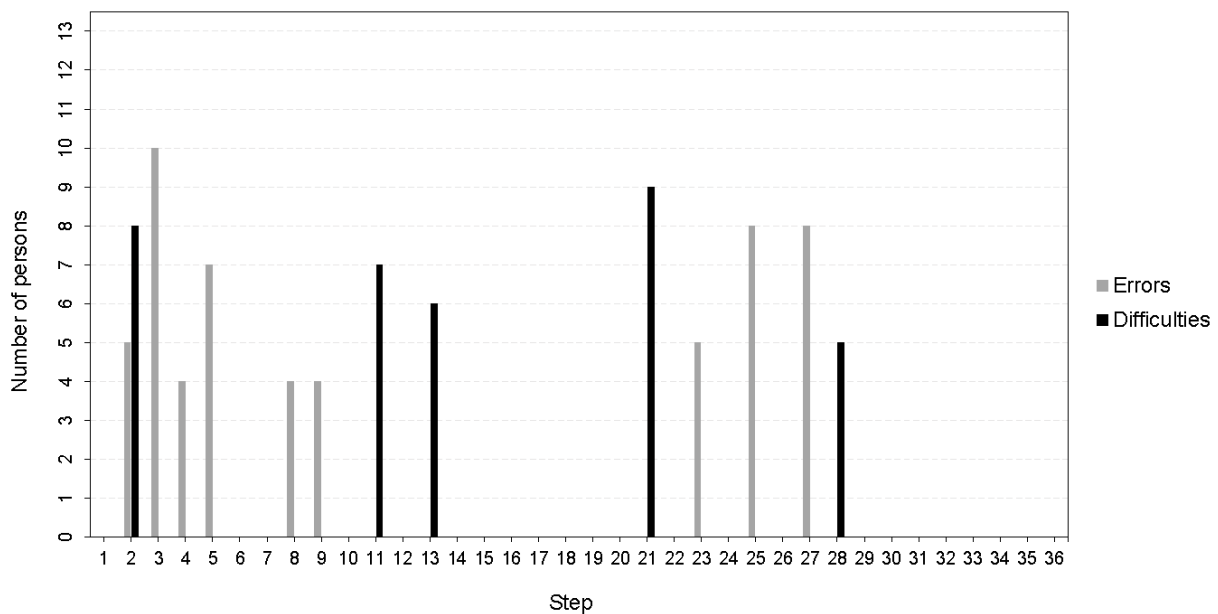


Figure 18: Overview of the errors and difficulties encountered in the individual steps.

5.3. Further exploratory results from the video analysis

In the systematic analysis, it was noticed in the IVR learning phase that some participants very commonly used the "eye button" as a visual prompt to help them locate where the next step should be performed, although they had already been able to follow the entire sequence in advance with the trainer. This gave the impression that these participants were rather passively "shuffling" from step to step. There could be a risk that this would support a passive learning process (Bransford, Brown & Cocking, 2000).

The correlation between the use of the eye button in virtual training and the number of errors and difficulties on the real machine was therefore analysed in further detail in the present study. Figure 19 shows a scatter diagram and indicates a positive correlation. It demonstrates, that overly frequent use of the "eye button" could make learners too passive in the learning process and thus the learning content is internalised less well, which is reflected in a higher error and difficulty rate at the real machine and thus a worse learning transfer. A closer look at the nature of the errors and difficulties encountered in video analysis on the real machine indicates that people with more frequent use of the eye button often forgot steps and regularly performed steps incorrectly in reality, or did not understand how to perform the step correctly and therefore needed the assistance of the expert. This finding can support the explanatory approach. However, this result should be evaluated carefully, taking into account the small sample size.

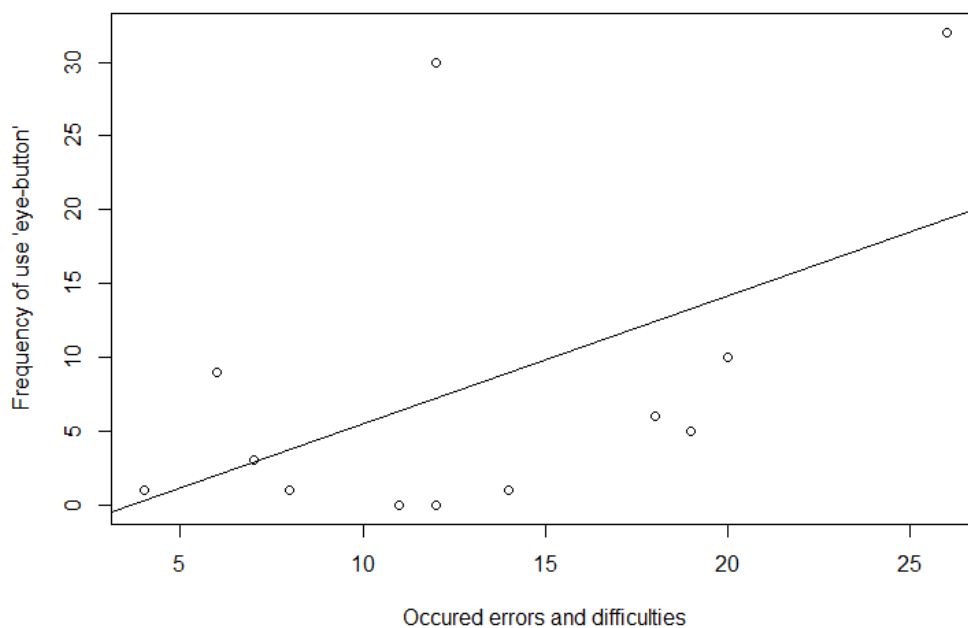


Figure 19: Correlation between the errors and difficulties occurring in the testing phase and the use of the "eye" button in IVR training.

6. Summary and discussion

The present study aimed to formatively evaluate an immersive virtual learning environment for use in operator training for a machine from the additive manufacturing sector of mechanical and plant engineering. The focus was placed on how the immersive virtual learning sequence is assessed by potential users in terms of technology acceptance, motivation, effort and user experience (RQ 1), as well as the extent to which the action-related knowledge acquired in the

immersive virtual learning sequence can be transferred to real activity (RQ 2). In our study, a structured qualitative video analysis (Vid-VR) was implemented for the first time and supplemented with quantitative questionnaires.

The quantitative descriptive results show a positive technology acceptance in terms of usefulness, ease of use and intention of use by the users, as well as positive assessments of the motivation in the learning process and the learning success. The scales for user experience were all within a highly satisfactory range. The assessment of cognitive effort in VR training was positive and in a medium range. According to the assumptions of the cognitive load theory (Sweller, 1988), learning tasks that neither overstrain nor sub-challenge learners and thus produce a medium cognitive effort are ideal for challenging the cognitive resources of learners (Schnotz & Kürschner, 2007).

Various design-, instruction-, and interaction-related optimisation potentials specific to VR applications could be systematically identified with the help of the category system developed in Vid-VR. The errors, difficulties, and other anomalies on the real machine complement these further development possibilities and provide initial impulses for general statements on the use of IVR in technical operator training. Overall, the analysis shows that most of the steps learned to remove the construction cylinder in the immersive virtual environment were successfully transferred to the real machine. It should be particularly emphasised that the study confirmed a good understanding of spatial relationships as the primary advantage of VR, in line with other study results (Dalgarno & Lee, 2010; Fogarty, McCormick & El-Tawil, 2017; Schnabel & Kvan, 2003). After the virtual training, the participants had no difficulties in correctly locating components or tools and orienting themselves spatially on the machine, which shows that especially the spatial aspects of virtual training could be successfully transferred to reality. However, it also became apparent that a flawless and realistic representation of the machine or the associated objects is essential for them to be recognised and for action steps to be correctly transferred to reality. In this context, it should be noted that the VR developer is usually not a machine expert and therefore close-meshed, iterative coordination processes are necessary until a technically correct result is achieved.

A further limitation of IVR for use in technical training courses is the limited haptic feedback. This, according to the available results, can make a transfer of the virtually learned into reality more difficult, since relevant information, such as how far a screw must be loosened, cannot be sufficiently provided. This limitation can be considered especially in the context of the training concept of IVR training (Zinn et al., 2020). In particular, the experience of the target

group with the corresponding required activities (e.g. handling tools, previous knowledge of the machine) should be taken into account. On the one hand, a pure IVR training could be sufficient to impart action-related knowledge to experienced persons, since the basics for successfully transferring the actions to reality (e.g. How do I handle a ratchet?) are already available. On the other hand, it may make more sense to offer a IVR training course for inexperienced persons following and in addition to a classroom training on the real machine to adequately convey the corresponding basics, which are necessary to enable a successful transfer for the learner despite limited haptics in IVR.

The final point to discuss is the exploratory result on the use of the "eye button". It suggests a possible correlation between (overly) frequent use of virtual help in the learning process and a lower learning transfer, which is reflected in a higher number of errors and difficulties in operating the real machine. This finding is supported by the results of Farrell et al. (2003), who showed in a study on route learning in desktop-based VR that the active participation of learners in navigation is essential to enable the transfer of a learned route in VR to a real environment. Subjects who were given a visual guide to help them navigate through a virtual building did not navigate through the real building better than a control group without training. Bransford et al. (2000, p. 53) stated that "transfer is best viewed as an active, dynamic process rather than a passive end-product of a particular set of learning experiences". Therefore, our findings might be explainable in terms of learning theory. For the conception of VR training, it should be ensured that the participants are actively involved in the learning process, which can be achieved – for example – through adaptive training to increase the probability of a successful transfer.

Limitations of the study result from the small sample size, which only allows a descriptive examination of the quantitatively surveyed scales and makes no claim regarding representativeness. Furthermore, the training was not real training of actual prospective machine operators, but rather a simulated training situation. However, there were no indications in our results of a lack of learning motivation in the sample, which is why this point can be neglected for the primary goal of optimising the IVR learning sequence. For research-economic reasons, especially due to the limited test time, only self-assessments were obtained for individual constructs, without resorting to complete and standardised instruments.

The present contribution aimed at developing and testing the video analysis-based evaluation method Vid-VR. No control group was used in the formative evaluation that would have allowed a comparison of the learning transfer with a conventional (classroom) training. Further studies should therefore aim at a summative evaluation of the revised virtual learning

environment and examine the acceptance, motivation and learning performance in an experimental control group design in comparison with conventional classroom training. Ideally, the virtual learning environment should be used in a real training situation to gain feedback from the actual target group. The potential lack of confidence at the real machine after a purely virtual training should be surveyed as an explicit investigation variable. Furthermore, the exploratory result on the use of the "eye button" offers potential approaches for a more precise analysis of the extent to which such virtual aids support or inhibit an active learning process among participants.

In summary, this article addresses the research desideratum after evaluation studies on virtual learning environments in the technical field. The methodical approach using video analysis can offer a useful basis for other research groups as it seems to be easily transferable and specifically extendable to further IVR applications to evaluate virtual learning environments and meet the challenges involved, such as an objective measurement of learning transfer.

References

- Atherton, M. (2007). A proposed theory of the neurological limitations of cognitive transfer. *Presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL.*
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin, 128*(4), 612–637.
- Black, J. B., Segal, A., Vitale, J., & Fadjo, C. (2012). Embodied cognition and learning environment design. In D. Jonassen & S. Lamb (Eds.), *Theoretical foundations of student-centered learning environments* (pp. 198–223). New York: Routledge.
- Blikstad-Balas, M., & Sorvik, G. O. (2014). Researching literacy in context: using video analysis to explore school literacy. *Literacy, 49*(3), 140–148.
- Blume, B. D., Ford, J. K., Baldwin, T. T., & Huang, J. L. (2010). Transfer of training: A meta-analytic review. *Journal of Management, 36*(4), 1065–1105.
- Bossard, C., Kermarrec, G., Buche, C., & Tisseau, J. (2008). Transfer of learning in virtual environments: a new challenge? *Virtual Reality, 12*(3), 151–161.
- Boudah, D. J. (2011). *Conducting Educational Research: Guide to Completing a Major Project*. Thousand Oaks, California: SAGE Publications.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academic Press.
- Bransford, J. D., & Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of Research in Education, 24*, 61–100.
- Brough, J. E., Schwartz, M., Gupta, S. K., Anand, D. K., Kavetsky, R., & Pettersen, R. (2007). Towards the development of a virtual environment-based training system for mechanical assembly operations. *Virtual Reality, 11*, 189–206.

- Brown, K. G., & Gerhardt, M. W. (2002). Formative evaluation: An integrative practice model and case study. *Personnel Psychology, 55*(4), 951–983.
- Bucher, K., Blome, T., Rudolph, S., & von Mammen, S. (2019). VRanimate II: training first aid and reanimation in virtual reality. *Journal of Computers in Education, 6*(1), 53–78.
- Bun, P., Trojanowska, J., Ivanov, V., & Pavlenko, I. (2018). The use of virtual reality training application to increase the effectiveness of workshops in the field of lean manufacturing. In *The 4th International Conference of the Virtual and Augmented Reality in Education* (pp. 65–71), Budapest, Hungary.
- Burla, L., Knierim, B., Barth, J., Liewald, K., Duetz, M., & Abel, T. (2008). From text to codings: Intercoder reliability assessment in qualitative content analysis. *Nursing Research, 57*(2), 113–117.
- Costa, M. R., Kim, S. Y., & Biocca, F. (2013). Embodiment and embodied cognition. In R. Shumaker (Ed.), *Virtual Augmented and Mixed Reality. Designing and Developing Augmented and Virtual Environments* (pp. 333–342). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Cox, B. D. (1997). The rediscovery of the active learner in adaptive contexts: A developmental-historical analysis of transfer of training. *Educational Psychologist, 32*(1), 41–55.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology, 41*(1), 10–32.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly, 13*(3), 319–340.
- Day, S. B., & Goldstone, R. L. (2012). The import of knowledge export: Connecting findings and theories of transfer of learning. *Educational Psychologist, 47*(3), 153–176.
- Derry, S. J., Pea, R. D., Barron, B., Engle, R. A., Erickson, F., Goldman, R., Hall, R., Koschmann, T., Lemke, J. L., Gamoran Sherin, M., & Sherin, B. L. (2010). Conducting video research in the learning sciences: Guidance on selection, analysis, technology, and ethics. *Journal of the Learning Sciences, 19*(1), 3–53.
- Detterman, D. K. (1993). The case of the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 1–24). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Farrell, M. J., Arnold, P., Pettifer, S., Adams, J., Graham, T., & MacManamon, M. (2003). Transfer of route learning from virtual to real environments. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 9*(4), 219–227.
- Fogarty, J., McCormick, J., & El-Tawil, S. (2017). Improving student understanding of complex spatial arrangements with virtual reality. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 144*(2), 1–10.
- Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *eLearning and Software for Education (eLSE) Conference Proceedings* (pp. 1–8), Bucharest, Romania.
- Gentner, D., Loewenstein, J., & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology, 95*(2), 303–408.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychologist, 15*, 1–38.
- Glenberg, A. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 4*(1), 586–596.

- Greeno, J. G., Collins, A. M., & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 15–46). New York: Macmillan.
- Guo, Q. (2015). Learning in a mixed reality system in the context of ‘Industrie 4.0’. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 92–115.
- Han, I. (2019). Immersive virtual field trips in education: A mixed-methods study on elementary students’ presence and perceived learning. *British Journal of Educational Technology*, 15(2), 420–435.
- Herz, M., & Rauschnabel, P. A. (2019). Understanding the diffusion of virtual reality glasses: The role of media, fashion and technology. *Technological Forecasting & Social Change*, 138, 228–242.
- Im, T., An, D., Kwon, O.-Y., & Kim, S.-Y. (2017). A virtual reality based engine training system: A prototype development & evaluation. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017)* (pp. 262–267).
- Jacobs, J. K., Kawanaka, T., & Stigler, J. W. (1999). Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. *International Journal of Educational Research*, 31(8), 717–724.
- Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 1515–1529.
- Johnson-Glenberg, M. C. (2018). Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and hand controls. *Frontiers in Robotics and AI*, 5(81), 1–19.
- Kamińska, D., Sapiński, T., Aitken, N., Della Rocca, A., Barańska, M., & Wietsma, R. (2017). Virtual reality as a new trend in mechanical and electrical engineering education. *Open Physics*, 15(1), 936–941.
- Kopp, B., Dvorak, S., & Mandl, H. (2003). Evaluation des Einsatzes von Neuen Medien im Projekt „Geoinformation - Neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittsfachs“ (Forschungsbericht Nr. 161) [Evaluation of the use of new media in the project "Geoinformation - New media for the introduction of a new cross-sectional subject" (Research report 161)]. München: Ludwig-Maximilians-Universität.
- Laugwitz, B., Schrepp, M., & Held, T. (2006). Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten [Construction of a questionnaire to measure the user experience of a software product]. In A. M. Heinecke & H. Paul (Eds.), *Mensch & Computer 2006: Mensch und Computer im Strukturwandel [Man and Computer 2006: Man and computer in structural change]* (pp. 125–134). München: Oldenbourg.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174–187.
- Lobato, J. (2003). How design experiments can inform a rethinking of transfer and vice versa. *Educational Researcher*, 32(1), 17–20.
- Lobato, J. (2012). The actor-oriented transfer perspective and its contributions to educational research and practice. *Educational Psychologist*, 47(3), 232–247.
- 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.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt.

- McPhail, C., Khoza, N., Abler, L., & Ranganathan, M. (2016). Process guidelines for establishing intercoder reliability in qualitative studies. *Qualitative Research, 16*(2), 198–212.
- Muller, N., Panzoli, D., Galaup, M., Lagarrigue, P., & Jessel, J.-P. (2017). Learning mechanical engineering in a virtual workshop: A preliminary study on utilisability, utility and acceptability. In IEEE (Chair), *9th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications* (pp. 55–62), Athens, Greece.
- Núñez, R., Edwards, L. D., & Matos, F. J. (1999). Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics, 39*, 45–65.
- Pantelidis, V. S. (1997). Virtual reality and engineering education. *Computer Applications in Engineering Education, 5*(1), 3–12.
- Pletz, C., & Zinn, B. (2018). Technology acceptance of virtual learning and working environments in technical domains. *Journal of Technical Education (JOTED), 6*(4), 86–105.
- Pletz, C., & Zinn, B. (2020a). An explorative study on potential applications of VR in technical domains. In B. Zinn (Ed.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung [Virtual, Augmented and Cross Reality in practice and research: Technology-based experience worlds in vocational education and training – theory and application]* (pp. 115–140). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education, 95*, 309–327.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778.
- Rambusch, J., & Ziemke, T. (2005). The role of embodiment in situated learning. In *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1803–1808). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Reed, S. K. (2012). Learning by mapping across situations. *The Journal of the Learning Sciences, 21*(3), 353–398.
- Rose, F. D., Attree, E. A., Brooks, B. M., Parslow, D. M., & Penn, P. R. (2000). Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. *Ergonomics, 43*(4), 494–511.
- Satter, K., & Butler, A. (2015). Competitive usability analysis of immersive virtual environments in engineering design review. *Journal of Computing and Information Science in Engineering, 15*, 1–12.
- Schnabel, M. A., & Kvan, T. (2003). Spatial understanding in immersive virtual environments. *International Journal of Architectural Computing, 4*(1), 435–448.
- Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review, 19*(4), 469–508.
- Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skills*. Cambridge: Harvard University Press.
- Sportillo, D., Avveduto, G., Tecchia, F., & Carrozzino, M. (2015). Training in VR: A preliminary study on learning assembly/disassembly sequences. In L. T. De Paolis & A. Mongelli (Eds.), *International Conference on Augmented and Virtual Reality AVR 2015* (pp. 332–343). Switzerland: Springer International Publishing.
- Stigler, J. W., Gallimore, R., & Hiebert, J. (2000). Using video surveys to compare classrooms and teaching across cultures: Examples and lessons from the TIMMS video survey. *Educational Psychologist, 35*(2), 87–100.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12*(2), 257–285.

- Tessmer, M. (1993). *Planning and conducting formative evaluations: Improving the quality of education and training*. London: Psychology Press.
- Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. *Psychological Review*, 8, 247–261.
- Vergara, D., Rubio, M. P., & Lorenzo, M. (2017). On the design of virtual reality learning environments in engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(11), 1–12.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zhang, K., Suo, J., Chen, J., Liu, X., & Gao, L. (2017). Design and implementation of fire safety education system on campus based on virtual reality technology. In IEEE (Chair), *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)* (pp. 1297–1300).
- Zinn, B., & Ariali, S. (2020). Technology-based experience worlds - Teaching and learning between virtuality and reality. In B. Zinn (Ed.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung [Virtual, Augmented and Cross Reality in practice and research: Technology-based experience worlds in vocational education and training – theory and application]* (pp. 13–30). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Zinn, B., Pletz, C., Guo, Q., & Ariali, S. (2020). Conceptual design of virtual teaching and learning arrangements in the context of the industrial service industry of machine and plant engineer. In B. Zinn (Ed.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung [Virtual, Augmented and Cross Reality in practice and research: Technology-based experience worlds in vocational education and training – theory and application]* (pp. 169–184). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Contribution Statement



Universität Stuttgart



Institut für Erziehungswissenschaft (IFE)
Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)

Univ.-Prof. Dr. phil. habil. Bernd Zinn
Geschäftsführender Direktor des Instituts
für Erziehungswissenschaft
Studiendekan für Berufs- und Technikpädagogik
Studiendekan für Naturwissenschaft und Technik

Azenbergstraße 12
70174 Stuttgart

Contribution Statement (Beitragsnachweis)

Titel der Veröffentlichung:	Evaluation of an immersive virtual learning environment for operator training in mechanical and plant engineering using video analysis
Jahr:	2020
Veröffentlicht in:	British Journal of Educational Technology
Art der Veröffentlichung:	Journal-Beitrag
Erstautorin:	Carolin Pletz
Mitautorinnen und Mitautoren:	Bernd Zinn
Review-Verfahren:	Double-blind Peer Review

Aufschlüsselung der Beiträge der Autorinnen und Autoren:

Forschungsidee / Konzept der Studie:	Carolin Pletz Bernd Zinn
Auswahl der Methodik:	Carolin Pletz Bernd Zinn
Datenerhebung:	Carolin Pletz
Datenanalyse:	Carolin Pletz
Text – Aufschlag:	Carolin Pletz
Text – Ergänzung / Überarbeitung:	Bernd Zinn
Literaturrecherche:	Carolin Pletz



Universität Stuttgart



Hiermit bestätigen die Autorinnen und Autoren die Korrektheit der Angaben.

<u>Carolin Plite</u>	<u>Stuttgart, 21.04.21</u>	<u>C. Plite</u>
<u>BERND ZINN</u>	<u>Stuttgart, 05.05.21</u>	<u>B. Z.</u>
Name	Ort, Datum	Unterschrift

2.4. Publikation 4

WHICH FACTORS PROMOTE AND INHIBIT THE TECHNOLOGY ACCEPTANCE OF IMMERSIVE VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN TEACHING-LEARNING CONTEXTS? – RESULTS OF AN EXPERT SURVEY

Autorin des Originalbeitrags: PLETZ, C.

Veröffentlicht in: International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET), 2021, accepted manuscript.

Abstract

Although immersive virtual reality (IVR) is now accessible for large-scale use due to rapid technological developments, there appear to be few organizations in Germany that are already actively using this technology on a large scale in education and training. Therefore, little is known about the technology acceptance. Questions arise as to how the technology acceptance can be explained and which technology-specific influencing factors can be identified in the field of training. 15 persons from 13 organizations, who are experienced in using IVR in teaching-learning contexts such as training, were interviewed in an expert survey to identify promoting and inhibiting aspects of the technology acceptance of IVR in teaching-learning contexts. The results provide information about personal, organizational and, technology-related promoting and inhibiting aspects for trainers and training participants. Furthermore, general aspects which are decisive for future use in the companies are derived.

Keywords: *Immersive virtual reality, immersive learning, technology acceptance, vocational education and training, qualitative interviews*

1. Introduction

Due to a change in cost and dimensional factors as well as the release of commercially available hardware in 2015, immersive virtual reality technologies (IVR) are now accessible for large-scale use (Vergara et al., 2017). “Virtual Reality (VR) refers to computer-generated real-time

representations of real or fictional environments that are three-dimensional and interactive” (Pletz & Zinn, 2020b, p.1). Unlike desktop-based virtual environments, head-mounted displays (HMD) allow users to truly feel like they are part of these immersive virtual environments (Freina & Ott, 2015).

The use of IVR is associated with diverse possibilities, especially in teaching-learning contexts in vocational education and training. For example, technical training can be carried out without the presence of real machines and equipment, or without risking expensive damage due to errors (Jensen & Konradsen, 2018; Potkonjak et al., 2016). However, for these possibilities to be fully exploited, IVR must be accepted and implemented by the potential users in the organizations (Venkatesh et al., 2003). Since the use of a technology does not automatically correlate with its availability, it may be necessary to investigate why certain target groups accept technology or reject it to better predict and influence technology use (Davis et al., 1989).

This study focuses on the perception and assessment of IVR by organizations and their employees in teaching-learning contexts. Expert interviews will be used to examine the reasons why IVR is implemented in companies and which promoting and inhibiting factors for the technology acceptance of IVR can be inferred.

2. Theoretical background and state of research

2.1. Technology acceptance

Acceptance is defined “as a positive reception of an idea, not only as reactive tolerance but more in the sense of active willingness, [...] which leads to adoption (or rejection) of an innovation” (Disztinger et al., 2017, p. 259). Perhaps the best-known and most extensively studied model to investigate and explain individual technology acceptance of users is the Technology Acceptance Model (TAM; Davis, 1989; Venkatesh & Davis, 2000). Based on the Theory of Reasoned Action (Ajzen & Fishbein, 1980; Fishbein & Ajzen, 1975) and the Theory of Planned Behavior (Ajzen, 1985, 1991), the TAM was developed with the intention of explaining and predicting the use of information technologies (Davis et al., 1989). Perceived usefulness and perceived ease of use of a technology are assumed to be the main predictors for the intention of (potential) users to apply the technology. Usefulness includes the user’s assessment of whether the technology will bring a certain added value, e.g., a reduction in workload. Ease of use is defined as the estimated effort required to use the technology. Since the intention of use does not automatically lead to actual use, it refers to “attitude-related acceptance”, whereas actual use represents “behavioral acceptance” (Pletz & Zinn, 2020c)

Accordingly, technology acceptance essentially includes both: the intention to use a technology and the actual use itself.

In various developmental stages of the model, additional influential factors have been added to increase the theoretical accuracy and explanatory power of the model. Therefore, in TAM 2 (Venkatesh & Davis, 2000), social and cognitive factors that determine perceived usefulness were added, which in turn were combined with factors that influence ease of use, such as the perceived enjoyment in TAM 3 (Venkatesh, 2000; Venkatesh & Bala, 2008). Essentially, the extension factors of the TAM can be divided into three groups: personal factors, such as age or experience with the technology; organizational factors, such as user training or support; and technology-related factors, such as the completeness of the information provided (Pletz & Zinn, 2018, 2020c). Based on the TAM, there are studies that investigate the acceptance of learning apps (Putra et al., 2020), learning management systems (Goh, Hong & Gunawan, 2014), medical technologies (Chau & Hu, 2002; Yarbrough & Smith, 2007), social media (Rauniar et al., 2014), computer- and web-based learning environments (Abbad et al., 2009; Šumak et al., 2011), augmented reality technology (Ibili, Resnyansky & Billingham, 2019), as well as desktop-based virtual environments (Bertrand & Bouchard, 2008; Fetscherin & Lattemann, 2008).

2.2. *Acceptance of IVR*

Pletz and Zinn (2018) investigated the technology acceptance of IVR in technical domains on the basis of the TAM using structural equation modeling. According to their results, perceived usefulness and ease of use influence the intention of use of IVR. Older people rated ease of use lower than younger ones. Persons with experience with the technology rated the usefulness, ease of use, and intention to use significantly higher than persons without experience. In addition to these results, Shen, Ho, Ly and Kuo (2019) found that the social norm was the strongest predictor for the use of IVR for student learning.

Enjoyment has generally been found to be a strong factor in fun-oriented technologies (van der Heijden, 2004). The results of Manis and Choi (2019) in the consumer context confirm an influence of perceived enjoyment on the decision to acquire IVR hardware. Age, previous experience, and curiosity influenced the perceived ease of use. However, due to the focus on the consumer, the results of the study primarily refer to the use of IVR in private contexts, i.e., the gaming sector, and less in professional contexts. Hedonistic advantages of the technology likely play a more important role in private contexts than, e.g., its usefulness. However, the hedonistic motivation was rated highest by prospective preservice teachers compared to all

other aspects in the study of Bower, DeWitt and Lai (2020). Herz and Rauschnabel (2019) focused their research in the consumer context on the technology-specific aspects of wearability, immersion, and user concerns. While hedonistic and utility aspects, as well as wearing comfort had an influence on acceptance, virtual embodiment, and virtual presence had no influence. Concerns about privacy and health are relevant influencing factors, too. However, it should be critically noted that the majority of the participants had never used IVR at the time of the survey. An influence of virtual presence was not demonstrated in the study by Sagnier, Loup-Escande, Lourdeaux, Thouvenin and Valléry (2020) either. Motion sickness turned out to have a negative impact on acceptance among students who were given a virtual assembly task. Furthermore, the results showed that the personal innovativeness of the users had a positive effect on the perceived usefulness.

tom Diek, tom Diek, Jung and Moorhouse (2018) used qualitative interviews to investigate the acceptance of an IVR application among tourists in a national park. In addition to the TAM factors, the authors identified hedonistic factors, e.g., perceived enjoyment, and emotional factors, e.g., place attachment, as influential aspects of acceptance. The open identification of potential influencing factors through the qualitative approach is mentioned as an advantage of the study. However, it should be noted that most of the test persons used IVR for the first time during the study. In a qualitative interview study, Mütterlein and Hess (2017) found that the factors ‘content quality’, ‘initial excitement’, ‘isolation’, and ‘distraction’ were neglected as influencing factors in other studies.

Overall, the state of research regarding the acceptance of IVR technology can be described as expandable, especially in the case of IVR in professional contexts such as training. There are only a few definite results on the technology-specific factors influencing the acceptance of IVR, such as motion sickness or wearing comfort. Most of the studies listed above employ a quantitative approach of investigating technology acceptance. The disadvantage is that only individually selected potential influencing factors can be surveyed without obtaining a holistic picture of other aspects that were not expected in advance. Studies therefore often consider the transfer of a general model such as TAM (Mütterlein & Hess, 2017), instead of identifying (technology-specific) factors anew. However, the identification of new technology-specific factors and factors that are relevant for teaching-learning contexts could expand the state of knowledge. Mütterlein and Hess (2017) suggest further qualitative studies to examine the causality of individual factors and subsequent quantitative studies to investigate the extent of these influences.

In most studies, the subjects are shown a single specific IVR application once, often for the first time, before they are asked to answer a questionnaire. In these cases, however, the results are either highly dependent on the respective technical implementation and design of the concrete IVR environment, or the respondents are not experienced enough with the technology to be able to make a meaningful assessment, e.g., about usability. In addition, the end users of IVR technology, e.g., the participants in IVR training, are more likely to be asked about their acceptance of the technology than other stakeholders, such as trainers or management.

3. Research questions

The present study aims to generate a comprehensive explanation and description of the acceptance of IVR technology in education and training in organizations. The following question is addressed:

What factors promote or inhibit the acceptance of IVR technology by trainers and training participants?

4. Methods

4.1. Research design

To answer this research question, a qualitative approach was chosen for the study. In addition to the aforementioned criticism of quantitative analyses, it can be assumed that, due to the novelty of the technology, only few IVR applications have been actively used in teaching-learning contexts to date. Merely few persons in organizations already have extensive experience with IVR technology and use it regularly, which greatly limited the sample. Guideline-based semi-structured expert interviews were conducted. The approach of semi-structured interviews is particularly suitable “to validate previous findings but also leave room to identify gaps” (Mütterlein & Hess, 2017, p. 5). The interview guide was created on the basis of the existing literature about acceptance of IVR (see Appendix: Semi-structured interview guide).

4.2. Participants

A comprehensive search was conducted for organizations in German-speaking countries that use IVR technology in teaching-learning contexts to identify suitable interview partners. Organizations were contacted based on corresponding press releases, IVR news on their website, participation in IVR research projects, or at trade fairs. The following criteria were defined for the selection of interview partners to ensure their expertise:

- Use of IVR technology with appropriate VR hardware, i.e., Head-Mounted Display (HMD); not desktop-based.
- Use of IVR technology in teaching-learning contexts (e.g., training).
- Active use for at least six months, i.e., the IVR applications have been operational for at least six months and have been in use since then.
- The interviewee has experience with IVR, either in the conception or testing of the technology or he/she is a trainer who uses IVR in his/her own training.

N = 15 interviews with persons from 13 organizations in Germany and Switzerland were conducted. The interviewees were all male and aged between 24 and 59 years (M = 40.47 years; SD = 11.19 years). Table 11 shows their professional background and details about the organizations.

Most of the interviewees either initiated the implementation of the technology in training themselves or accompanied it from the beginning. Before the actual implementation in training, various test runs were carried out in all organizations. The IVR training applications included primarily learned process sequences (e.g., when packaging components or assembling a machine), treatment methods (e.g., by simulating an operation or a patient), and hazard training (e.g., in road traffic or in the event of a fire). The training participants in the organizations were heterogeneous and included craftsmen, students, trainees, doctors, warehouse logisticians, or service personnel of different educational backgrounds, ages, and genders. The trainers were mostly experienced employees with additional training in the respective field, instructors, or vocational school teachers, as well as heterogeneous in terms of age.

In terms of hardware, most respondents used HTC Vive (Pro). Three organizations (additionally) used Oculus Go or Oculus Quest (I6, 14, 15). At the time of the study, the applications had mainly been created externally by VR service providers while the data preparation, creation of the scripts, or the methodical-didactical conception were partly done internally. Two organizations (I4, 15) created the applications completely internally within a VR working group to be able to make adjustments to changes in the training content faster and more cost-effectively.

Table 11: Information about the participants and the organizations.

	Sector of organization (number of employees)	Profession	Personal experience with IVR	Frequency of IVR trainings in organization*
I1	Medical Technology (65.000)	IVR Project Team Member	- Conception of IVR training - Presentation of IVR applications to interested persons	3 trainings per year
I2	Medical Technology (65.000)	Head of Digital Communication	- (User-) testing of IVR	6 trainings per year
I3	Print and Media Technology (< 50)	IVR Project Manager	- Conception of IVR training - Testing of IVR - Presentation of IVR applications to interested persons	60 trainings per year
I4	Transportation/Logistics (18.000)	Head of Training Center	- Conception of IVR training - Presentation of IVR applications to interested persons	12 trainings per year
I5	Medical Technology (65.000)	Trainer	- Use of IVR in training	4 trainings per year
I6	Safety Technology (< 50)	Managing Director	- Conception of IVR training	2 trainings per year
I7	Print and Media Technology (600)	Trainer	- Conception of IVR training - Use of IVR in training	Min. 1 training per year
I8	Automotive (175.000)	Head of Corporate Security	- Leading the IVR working group	12 trainings per year
I9	Transportation/Logistics (17.000)	Head of Industrial Engineering	- Conception of IVR training - Presentation of IVR applications to interested persons	Daily
I10	Medicine (35.000)	Trainer	- Conception of IVR training - (User) testing of IVR - Use of IVR in training	Min. 1 training per year
I11	Automotive (62.000)	IVR Project Team Member	- Conception of IVR training - (User) testing of IVR	No specification
I12	Mechanical Engineering (1.100)	Trainer	- Use of IVR in training	3 trainings per year
I13	Medicine (4000)	IVR Scientific Assistant	- (User) testing of IVR	90 trainings per year
I14	Transportation/Logistics (33.000)	Head of Educational Media	- Leading the IVR working group	48 trainings per year
I15	Automotive (16.000)	Head of 3D, VR & AR	- Leading the IVR working group	12–14 trainings per year

Note: * Specified training group sizes between one and twelve persons.

4.3. Study procedure

First, all participants were informed about the aim and the procedure of the study and gave their written consent to the recording and scientific use of the interviews. The interviews were conducted over the phone and lasted approximately 45 minutes. In a next step, they were transcribed, removing dialect, pauses, stutterers, and delay sounds.

At the beginning of each interview, the subjects were asked about demographic, technological, and training aspects of IVR in their organizations (example: “Please describe an IVR training application.”). This was followed by general questions regarding technology acceptance (example: “What factors do you think influence user acceptance of IVR?”). In-depth questions on potential personal, organizational, and technology-related factors were used when

participants did not address these issues themselves (example: “To what extent have you noticed influences of age on acceptance?”). Furthermore, concerns and general conditions were questioned. For example, the interviewees were asked to estimate the maximum time that training participants can work or learn with an HMD, e.g., before it becomes uncomfortable or exhausting. Finally, the respondents were given the opportunity to share additional experiences.

4.4. *Data analysis*

The data analysis procedure was based on the qualitative content analysis according to Mayring (2014) using the software MAXQDA (version 12). The individual categories for the category system were formed in an iterative process, both deductively on the basis of the existing literature and inductively on the basis of the statements made in the interviews (see Figure 20).

Within this process, similar data were grouped into categories:

1. First, two interviews were coded by two independent coders based on a first deductive draft of the category system. Based on the reported studies on the technology acceptance of IVR, e.g. the categories usefulness, ease of use, personal influences such as age and previous experience, social influences, as well as the technology-specific aspects motion sickness and wearing comfort were deductively formed as potential influencing factors on user acceptance. The results of the first coding of the two coders were compared and discussed, and further categories were inductively formed. It was recognized that a separate consideration of the factors between trainers and training participants was necessary to reflect individual needs in a meaningful way. Furthermore, general statements on the use of IVR in the organizations and acceptance without reference to an actual user group were classified into a separate category. Therefore the category system was adapted accordingly, and sub-categories were re-sorted.
2. Five interviews were coded independently by the two coders using the revised version of the category system. Once again, an intensive exchange about the coding and the formation of further inductive categories occurred. Subcategories for all three levels of the general organization, trainers, and training participants were added.
3. On this basis, all 15 interviews were coded by the two independent coders. In a final discussion and revision process the categories and codings were discussed, and the interrater agreement was calculated. A total of 1.132 codings were assigned to 9 categories and 53 sub-categories. With the help of this iterative process, problems regarding the differentiation or definition of the categories could be identified and reduced at an early stage. Differences in the approach of the coders could be detected.

Therefore, the interrater analysis served as a means to verify, secure, and improve the quality of the coding process. With this procedure, interrater agreement values between 73.81% and 96.19% were achieved for the categories, i.e., acceptable to very good values (Campbell et al., 2013; Lombard, Snyder-Duch & Bracken, 2002).

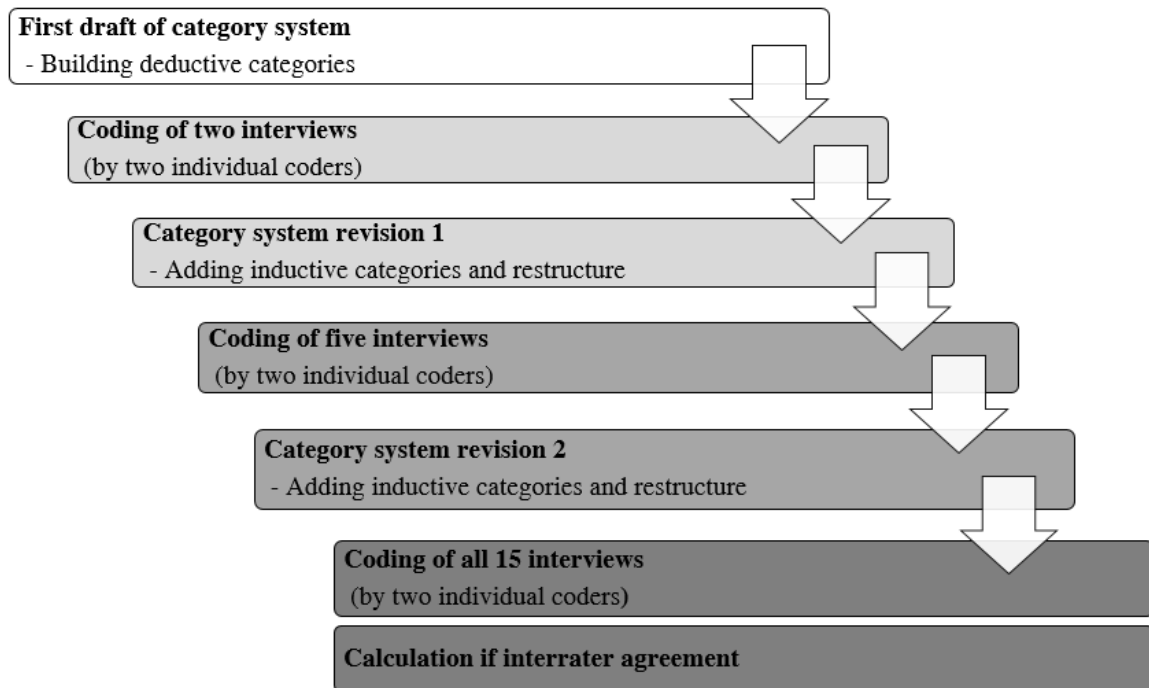


Figure 20: Process of the data analysis.

5. Results

The following results are structured and summarized according to the developed category system. Tables illustrate the category system with information on the number of codes and are intended to give an indication of how many interviewees commented on an aspect. Selected quotes represent the categorization.

5.1. Current status of IVR in the surveyed organizations

Different variants for the use of IVR in training can be summarized regarding the *setting* or the *methodical-didactical concept*. The fact that, depending on the number of HMDs available, only a limited number of people can use the technology simultaneously was a challenge. The two most frequently mentioned variants for solving this problem by the respondents were, on the one hand, that one participant ran through the application alone, while the rest of the training group performed another task, e.g., a group task (I7, 8, 9, 10). On the other hand, it is possible to mirror the IVR image on a monitor so that the rest of the group could watch (I2, 8, 9, 10, 12,

15). To reduce waiting times, small groups were preferred. To keep the attention of the audience, two organizations chose partner work as a social form (I7, 15). While one person wore the HMD and had to fulfil a task, the second person acted as a supporter and provided training information. At the time of the study, only one organization offered the possibility of collaborative work in an immersive scenario (I10). The importance of a debriefing of the experience was emphasized because individual questions could be reflected and discussed. In two interviewed organizations, the trainers played an active role during the IVR simulation by giving necessary hints or even actively controlling the scenario (I10, 8). In two other organizations, two trainers were present simultaneously during the training—one person for the technical expertise and one person who took care of the IVR (I5, 12).

It was emphasized across all organizations that IVR should not and cannot be a substitute for conventional training but rather a *supplement*. In this context, three organizations had “backup solutions” available, in case people did not want to or could not use IVR, e.g., showing the scenario desktop-based via tablet or laptop (I1, 3, 4). The respondents were asked to give an assessment of the maximum duration of use, i.e., how long one could learn and work with an HMD in a teaching-learning context. The recommendations varied from a few minutes (I2, 11) to unlimited learning time (I5). However, the majority of respondents indicated 20–30 minutes as a reasonable learning time with IVR. It is possible that, with more frequent use, a habituation effect may occur that allows a gradually longer period of use.

5.2. *Implementation of IVR in the surveyed organizations*

The interviewed persons made various statements about the acceptance of IVR technology in the company without reference to a specific user group but with a general reference to the organization itself (see Table 12).

When asked why IVR was implemented for training within their own organization, the interviewees gave many different reasons as to why they found IVR *useful* and that it *added value*. This aspect was described as a necessary condition for a long-term useful application and seems to be elementary due to the frequency with which it was mentioned. In this context, four people stated that, before ever using the technology, they were concerned about whether IVR is actually beneficial and as realistic as it promises to be (I5, 7, 8, 14). Three respondents stated that they had no prior concerns whatsoever about implementing the technology (I2, 12, 13).

Table 12: Acceptance of IVR in the organizations.

Category: Usefulness / added value of IVR		N Codes	N Persons
1 Added value of in general		20	11
2 Promote digitalization		20	10
3 Promote prestige		9	8
4 Cost savings / return on investment	4.1 General statements	8	5
	4.2 Profitable	11	8
	4.3 Not profitable	4	3
	4.4 Profitable in the future	2	1
5 Useful aspects for training		58	15
Category: Further promoting or inhibiting aspects for acceptance		N Codes	N Codes
1 Advancing or inhibiting persons / institutions		17	10
3 Aspects of hardware		9	8
2 Effort for creation of IVR applications		8	6
3 Proof of qualification		1	1
Category: Concerns before implementation of IVR		N Codes	N Codes
1 Financial concerns		7	5
2 Motion sickness		6	5
3 Concerns regarding usefulness		4	4
4 Concerns regarding usability		4	4
5 Lack of acceptance		3	2
6 No concerns		3	3

The most frequently mentioned aspect regarding the usefulness of IVR was the intention to *promote digitization* in the organization. Most organizations appeared to have purchased IVR as a modern, “hyped-up” technology to demonstrate their digitization strategy. In some cases, they identified use cases in which the technology was useful later on (I2, 5). The organizations were particularly interested in gathering experience with the technology and its functionality, with the knowledge that not everything can be perfectly implemented right from the beginning:

“We simply said, we just had to start with an MVP [note: Minimum Viable Product], get some experience [...]. We just started, we said ‘we need an innovative application’ and then hoped that everything would work.” (I2, Head of Digital Communication, Medical Technology)

Closely related is the aspect that most organizations wanted to increase their *prestige* by using this technology to present themselves as innovative and future-oriented companies in a marketing-effective way:

“Of course, certain marketing aspects also play a role that we as enterprises present us positively: We are up to date, we are participating in digitization in an area in which there has not yet been any real digitization to this extent.” (I6, Managing Director, Safety Technology Sector)

The estimated **cost savings** through IVR or a return on investment played an important role as an aspect of usefulness for the organizations. This factor was most often expressed by respondents as a pre-acquisition concern (I3, 4, 6, 9, 15). However, eight respondents indicated that appropriate calculations had been made in advance, showing that IVR would be profitable at the current time of the survey or in the future (I1, 2, 5, 8, 9, 11, 14, 15). Cost savings can be achieved through IVR, e.g., by saving travel expenses for visits or training, costs for expensive machines and equipment that do not have to be purchased separately or would stand still during training, and the possibility of being able to train faster and more flexibly. In contrast, three respondents said that the investment in IVR was not worthwhile for their company at that time (I6, 10, 12). This was justified by the high cost of data preparation in particular. The interviewees named further aspects why IVR is useful for education and training, including the ability to **visualize** something that is not visible in reality, more **effective learning**, and that **mistakes** have no real effect.

Further promoting and inhibiting factors for the acquisition of IVR were identified in addition to usefulness. The most frequently named aspect relates to **advancing or inhibiting persons/institutions** within the organization. For example, most respondents reported that they or individual colleagues had taken the initiative to acquire the technology, or that these people were necessary:

“I think a decisive factor is that you have someone in the company who is convinced of this and is correspondingly prepared to approach it with a certain level of commitment.” (I3, Project Manager Research Projects, Print and Media Technology Sector)

The decisive factor here was to convince the **management** of the technology to receive the necessary support and, especially, the necessary budget. The majority of respondents reported that management supported and promoted the use of IVR. However, the support was less in terms of content, i.e., in the form of naming concrete use cases, but rather in terms of money or media impact (I11). The **works council**, on the other hand, was named by one respondent as a critical authority that had to be particularly convinced of IVR with regard to health concerns or data protection (I15).

The **cost of hardware** was not perceived equally. For larger companies, it seemed to be negligible at the current price (I1) whereas, e.g., a vocational school needed to calculate exactly whether a new pair of VR-glasses can be acquired (I3, 7). It might be beneficial for smaller

institutions to be able to borrow and test the technology before purchasing it. However, two respondents were critical of the *IT security*, which has to be proven in the organization at great expense before a new technology can be connected (I11, 12). This led to reservations regarding an initial purchase. Another critical factor was the *effort* (cost and time) involved in creating the applications. The VR market in general and the internal digitization processes regarding digital data in particular were considered not yet mature enough:

“At the moment we are mainly concerned with improving the software, how we create trainings. This is a lot of effort every time, these are very high costs and this is very, very individual [...].” (I11, VR Project Team Member, Automotive Sector)

One person brought up the question of the extent to which a VR training can be recognized as *official proof of qualification*, e.g., by insurance companies or professional associations (I6). This is a significant factor for the further implementation of corresponding training. For most organizations, however, this aspect did not seem to play a role yet because it was only mentioned once.

5.3. Acceptance factors of trainers

In the interviews, various statements were made as to which aspects could be relevant for the acceptance of trainers for the use of IVR in training (see Table 13).

Table 13: Acceptance of trainers.

Category: Acceptance factors of trainers		N Codes	N Persons
1 Usefulness		5	3
2 Personal factors		8	5
3 Organizational factors	3.1 User training / support	7	5
	3.2 Support in conception	5	5
	3.3 Involvement in implementation	4	3
4 Technology specific factors	4.1 Effort for setup	23	11
	4.2 Reliability / availability	9	5
	4.3 Adaptability of content	3	2
	4.4 Limitations	2	2
Category: General assessments of IVR		N Codes	N Persons
1 Trainers		6	6

The statements regarding the intensity of the trainers’ acceptance reveal a mixed picture. Although most of the employed trainers would most likely view the use of IVR as generally

beneficial, however, a certain reluctance becomes apparent in some cases. Three respondents stated that the trainers were sometimes rather sceptical about the technology, e.g., because they questioned its usefulness or were initially afraid of using it (I8, I3, I5). In the following, the identified factors influencing acceptance are described in more detail in the corresponding sub-categories.

Usefulness was named as highly important. According to the interviewees, it was inevitable that the trainers recognized the *added value* of IVR for their work to promote the use of the technology. This means that it should not be used just for the sake of the technology. The added value for the trainers themselves was, e.g., that they could work faster and with better results when using IVR (I5), that the technology could be used specifically in the event of difficulties in teaching knowledge (I3) or that they could present themselves to the outside world as an innovative person (I7):

“So it must be clear to the student as well as to the teachers: Hey, that’s not a gimmick that they just bought because they have a little money as a company for some reason or another, and nothing else has come up that is better than buying a VR-system. Because when you get to that point, you can better invest your money in training for your trainers for all kinds of other things instead of buying technology. But it must be very clear that we have something that has a benefit in this and that aspect and that we are convinced by this [...]. There must be skills and possibilities to convince participants as well as trainers of these benefits, and finally, the financial backers and managers must be convinced that there is a benefit. So without relevance, just to have it, it makes no sense.” (I10, Project Manager Research Projects, Medical Sector)

Personal factors were identified. According to the interviewees, a certain *openness towards new technologies and new approaches* played an important role for the acceptance of the trainers. Younger trainers were generally better and faster when operating IVR, while the intention of use was not as affected by age:

“By the way, age is not important.” (I3, Project Manager Research Projects, Print and Media Technology Sector)

Organizational factors were addressed. The aspect most frequently cited by respondents was the provision of *user training and support* opportunities for trainers to promote acceptance and to reduce initial fears. The trainers should be introduced to the use and application of IVR in advance to ensure that they have a perfect command of the technology (I1, I3, I5). In addition, quick user support in case of problems was considered elementary in order to receive instant help during a training course (I1, I9).

Several respondents mentioned that trainers had to deal with how IVR can be meaningfully integrated into their teaching. They might have *to invest time and effort in the*

design of new courses, and they might have to take on a new role within the concept (I11, 13, 15). Depending on the amount of work involved, there might be scepticism on the trainer's side because of this. Another important aspect was to include all participants in the course even though only one of them could use the HMD (see also Section 5.1.):

“Yes, there is currently also a certain amount of work for the trainers to integrate it into their learning concept. This is less about VR-hardware. So, I would say that the trainers don't need more time, if they have a new training, until they can handle it. They go through the content once. But then it's more the job of the trainers to say, 'I'll integrate it into this and that learning module'.” (I11, Project Team Member VR, Automotive Sector)

One option for promoting acceptance was to involve the trainers in the implementation process of the technology early on and to take their feedback into consideration. This way, they could serve as multipliers (I9).

Technology-related factors were mentioned. The most frequently named aspect in relation to the IVR technology itself referred to the *effort involved in setting up or installing the IVR system*, or to problems that can arise in this context and negatively influence the overall acceptance. This factor seems to be elementary for the acceptance of the trainers because it was mentioned most often compared to all other categories. IVR currently includes various trackers, the HMD, and a PC or laptop. The connection of the individual components does not always work perfectly and can present challenges to inexperienced users as well as be time-consuming to use, depending on the number of systems (I1, 2, 8, 10, 11, 12). The participants asked for improved plug-and-play solutions that are less error-prone and easier to set up. Simple hardware also seemed beneficial for acceptance:

“Yes, as already mentioned in the other points: Quick and easy availability and learnability. These are very important aspects. I don't want to spend a lot of time building such a system. I don't want to spend a lot of time learning the software. So, the software and the whole technology must work as free of errors as possible. Because if I'm busy troubleshooting all day long, then I just don't enjoy it. So, it has to be a fast, easy availability. That is a very decisive factor in my eyes.” (I10, Project Manager Research Projects, Medical Sector)

The *reliability* and *availability* of the IVR system was also closely related to this. If the trainers could not be sure that the application runs smoothly and does not crash immediately in the event of minor faults, they would not use it. The same applies if the trainers needed to have a high level of competence to be able to correct errors. In addition, the hardware should be optimized, e.g., in terms of battery life (I4, 6, 8, 10, 12).

Two respondents stated that it was advantageous for the trainers to be able to *adapt* the IVR *content* themselves (I3, 7). This increases flexibility and thus acceptance. Individual

training success could possibly be better controlled by flexible adaptations to individual persons. However, it was also said that this would involve a lot of effort due to the in-depth familiarization with the VR system.

5.4. *Acceptance factors of training participants*

The interviews contained various statements about possible promoting and inhibiting factors on the acceptance of the training participants, according to the assessment of the experts interviewed, as well as the intensity of acceptance (see Table 14). Two respondents indicated that they had concerns about the acceptance of IVR by users before its introduction (I4, 15). However, the interviewees' statements regarding the evaluation of IVR consistently showed that the majority of training participants in the organizations gave positive feedback regarding the use of IVR according to the interviewees. In fact, this assessment was more positive than that of the trainers.

Usefulness played a central role for the overall acceptance on the level of the training participants as well, as the coding shows. IVR must offer a recognizable added value for the users themselves, e.g., through better opportunities to practice procedures (I7, 11), a reduction in physical effort (I10), or safer training (I4, 8). There must also be recognizable relevance to their own profession. The technological possibilities and advantages must be emphasized and made clear to the participants, e.g., by superiors, project managers, or trainers.

Although IVR should not be perceived as a mere gimmick, the respondents assumed mutually that the new technology can *increase the motivation* of the training participants. Through playful approaches, e.g., the inclusion of small challenges (I1, 6, 11) the training day would be loosened up (I4, 12), the learning material might become more memorable (I4, 11), and the participants would have more desire to learn something new (I3).

Table 14: Acceptance of training participants.

Category: Acceptance factors of training participants		N Codes	N Persons
1 Usefulness	1.1 Added value in general	27	13
	1.2 Increase motivation	19	14
2 Personal factors	2.1 Age	18	12
	2.2 Openness / affinity for technology	16	11
	2.3 Experience with IVR	21	11
	2.4 Health related issues / motion sickness	33	15
3 Organizational factors	3.1 User training / support	12	9
	3.2 Adaptation of training concepts	5	5
	3.3 Over or under challenge in content	3	3
	3.4 Involvement in implementation	1	1
	3.5 Influence of trainers	10	7
4 Technology specific factors	4.1 Usability / ease of use	23	11
	4.2 Wearing comfort	20	12
	4.3 Immersion	18	8
	4.4 Cables	10	7
	4.5 Hygiene	8	5
	4.6 Security	9	8
	4.7 Resolution	7	5
	4.8 Haptics	7	5
5 Social factors	5.1 Social isolation	21	15
	5.2 Data protection	5	3
	5.3 Looks strange	1	1
Category: General assessments of IVR		N Codes	N Persons
1 Training participants		21	12

Personal factors were addressed on this level, too. Most of the interviewees did not consider the *age* of the training participants a significant factor for acceptance, according to the assessment regarding the trainers. However, older people were often more cautious and needed longer to learn how to use the technology:

“One has naturally an expectation that all young people go ‘Woohoo’ and want to use it, and all older ones rather say, ‘I’d rather not’. From experience, I cannot confirm that. So, I think this is not an age issue. The general use, which I think is a little bit related to age, is: ‘How fast I get along in this world, how fast I get to know the interactions’. But even there are definitely exceptions.” (I1, Project Team Member in the area of new technologies, Medical Technology Sector)

This is closely linked to *openness to technology and change* or an *affinity for technology*, which in turn is attributed to younger people as ‘digital natives’ (I8) and experience with gaming (I7, 10, 11). Acceptance was higher among those people.

According to the interviewees, the *previous experience* with IVR had a beneficial or inhibiting influence on the acceptance of the participants, depending on the application. The quality of the already experienced IVR was particularly decisive here (I2). If the quality was good and the experience was positive, the acceptance of the technology in the training was also higher, and the participants became familiar with it faster. However, the applications would be compared more critically, and people would make more clear what additional possibilities they liked to have (I3). The quality, e.g., in the gaming sector, can sometimes be significantly higher than in more purpose-related training applications (I6, 11). If previous experiences were negative, e.g., because the person had experienced *motion sickness*, a greater reluctance to using the technology was observed (I2). The occurrence of motion sickness was the second most frequently named concern by respondents prior to purchase (I3, 6, 9, 11, 14). However, the majority of respondents reported that either none or only a small proportion of users (between 1–10%) were actually affected by dizziness or nausea during use. People who experienced motion sickness rejected using this technology, and companies had to offer alternatives (see “backup solutions” in Section 5.1).

Organizational factors included that the users received *user training* or were sufficiently introduced to the operation of the system to positively influence acceptance and to reduce any initial fear of contact (see also *usability* in Section 5.4). The interviewees described that *training concepts* had to be *adapted* to the use of the technology to be able to use it meaningfully and thus ensure user acceptance as well. This includes the meaningful selection of IVR content and setting (I1, 15), the creation of collaborative learning platforms (I14), or even a mandatory use of the technology to demonstrate its potential (I5). The involvement of users in the implementation process was considered helpful:

“Of course, we also achieved a certain degree of motivation by being one of the first to try this out in the area of vocational training at vocational schools. That we could always tell them: ‘Whatever feedback you give us now and whatever you tell us about improvement possibilities, about changes in the user interface or the use of the controller, or whatever else you tell us, it flows directly into the development of the system.’ This means that we were able to motivate all test participants, be they trainers or trainees, to deal with it in detail and have always had very intensive feedback rounds.” (I3, Project Manager Research Projects, Print and Media Technology Sector)

In the current stage of development, the training participants did not use IVR technology independently in any organization but always under the supervision of the trainers. This means

that the trainers were responsible for *user support*, which was considered crucial for the users in case of problems with the technology. According to the interviewees, the *trainers themselves* could influence the way users perceived and evaluated the technology with their introduction to IVR. It seemed especially relevant to arouse the users' curiosity (I11, 12). The trainers acted as multipliers—therefore, a necessary condition was that they themselves were convinced of and familiar with the technology (I9, 11).

In addition, a *balance between over and under challenge* should be considered. Participants have to learn the operation of a new technology at the same time as learning new content. Neither an operation that is too challenging nor an application that is too trivial would be effective in this case (I6, 7, 11).

Technology-related factors included *usability* or *ease of use* as a significant factor that influence acceptance. It is especially important how intuitively the controllers can be operated. Most of the interviewees stated that the training participants needed about 5–10 minutes to learn how to use the controllers. However, it was also reported that, at the time of the study, the interactions were kept as simple as possible, e.g., as few buttons as possible were used (I4, 11, 15). Looking into the future, it was considered desirable to control the system only with one's own hands instead of controllers (I1, 11, 14).

The *wearing comfort* of HMDs is related to the user-friendliness and one of the most important aspects within this subcategory according to the coding. The size and weight (I1, 2, 10, 12) the adaptability of the straps on the head (I4, 13) and the possibilities to put on the VR glasses comfortably even if you have to wear glasses (I7, 9, 10, 12) were central aspects of this category. With regard to optimization options for increasing acceptance, the current *cable-bound* nature of HMDs was mentioned several times by the respondents. The increased use of wireless glasses was desirable for this purpose:

“In general, more in terms of mobile applications. The performance in mobile VR- glasses would have to improve significantly. If you sum it up like this, this means that the cables have to be removed from the glasses.” (I15, Head of Department 3D-Multimedia, VR & AR, Automotive Sector)

The *resolution* of HMDs could be optimized (I11, 12, 15) although other interviewees did not assume that it has a relevant influence on acceptance at the current acceptable quality level (I1, 7). As a further important point, the degree of immersion—or the *realism* of the applications—was named:

“And the more immersive such an experience is, the better, the higher the acceptance, the higher is the learning effect.” (I1, Project Team Member in the area of new technologies, Medical Technology Sector)

Basically, a high degree of immersion was considered beneficial, also because the relation to one's own work was better perceived (I1, 3, 8, 10), and people could identify better with their virtual avatar (I14). However, exceptions were mentioned, e.g., in the medical field, it may be not always reasonable and ethically justifiable to expose users to a scenario that is as close to reality as possible, e.g., when a virtually treated patient dies (I3, 8, 10).

The realism was also influenced by the *haptics*. Appropriate technology, e.g., data gloves, exoskeletons, or the use of real tools that are tracked, could support this. The haptics and sensitivity, which were considered to still be fairly poor, limit the use cases of IVR and therefore the perceived benefit of the technology on the part of the users:

"I think it's very important that we have a haptic component. [...] The haptics also provide feedback for the surgeon, who works very finely with his tactile skills. And of course, he misses exactly this level. That's why we are currently only going in the direction of: 'I can only train procedures, or to visualize something that helps me to understand it better'. You can actively operate, but a very important part is missing."
(I5, Trainer, Medicine Technology Sector)

Hygiene played an important role for use in group training, e.g., through regular disinfection of VR glasses or protective masks. One interviewee expressed that there were even reservations in advance as to whether appropriate technical hygiene standards could be maintained in the company (I8). For users to feel **safe** during use and to be able to fully engage with the virtual events, it should be ensured that people do not accidentally bump into objects or walls and cannot trip over the cables (I1, 7, 9, 14).

Social factors were addressed. The respondents were asked to assess the extent to which they feared that the use of IVR could lead to the risk of *social isolation* in the future. This was negligible for the majority of the respondents when considering the current state of technology, especially for work-related use. On the contrary, the advantages, e.g., bridging spatial distances, were emphasized (I1, 10). It was highlighted several times that IVR is only seen as a supplement and not as a substitute, and that personal contact should continue to be maintained in the future (see also Section 5.1):

"I definitely see social isolation, especially in the gaming industry, when you get lost in these worlds. I am less concerned for the professional use of VR because I see social exchange and VR more as an advantage in scenarios where people would have to travel far to realize a reality meeting. People who are in the same building, or if you are not far away from each other, will probably still choose the personal option. Therefore, in my opinion it is more a medium that bridges long distances and minimizes isolation rather than promoting it. At least in this area. As far as the private area, entertainment, is concerned, I rather worry about it." (I13, Scientific Assistant, Medical Sector)

Another aspect relates to *data protection*. IVR offers the possibility to track certain parameters in training, e.g., running distances, errors or time needed. The main goal is to avoid that the participants feel embarrassed in front of the other participants by summaries, comparisons of results, or errors that are stored. This would negatively influence the acceptance (I3, 9, 15). In ten of the participating organizations, no corresponding data was tracked and stored at the time of the survey. One respondent stated that plans were being made for the future but that these must be in line with the works council and the internal learning management system (I11). Two respondents said that only class-based evaluations were possible at that time but no individual feedback (I1, 9). In addition, as a further influencing factor, one respondent named the fact that people with an HMD could feel uncomfortable because they perform movements in an unfamiliar way in empty space, which could **look strange** to the other participants and would thus “make a fool of themselves” in front of the others.

5.5. *Novelty effect*

Some interviewees reported a “wow effect” of IVR (I1, 2, 3, 13, 14). Especially when using it for the first time, users such as trainers and training participants were surprised and excited about the possibilities. Only one person expected the enthusiasm for IVR to increase if it was used more often (I8). In contrast, the majority of the subjects assumed that this initial enthusiasm for IVR would wear off with more frequent use. Using the technology would no longer be novel but normal. Two respondents (I5, 14) expected that, as long as the actual benefit for the users remained visible, the enthusiasm would remain:

“Well, I think that the motivating character etc. will remain. Because it is a really interesting and meaningful medium of education. I think that will remain. But with additional experience and perhaps even if there are several scenarios, and perhaps several types of them, they will be compared. ‘Well, this is not as colourful as the last one was’ and ‘I have already seen better things’, and so on. The satisfaction decreases a little bit, because the demands increase with the habit. One can differentiate better, if something is really well done or not.” (I14, Head of Educational Media, Transport/Logistics Sector)

6. **Discussion**

The present study addressed the question of which factors promote and inhibit the technology acceptance of immersive virtual environments (IVR) in teaching-learning contexts in organizations. Expert interviews were conducted with 15 persons from 13 organizations that used IVR in teaching-learning contexts, such as training. Prerequisites were that the organizations had been using IVR with HMDs in teaching-learning contexts for at least six

months and that the person interviewed had experience with IVR. The interviews were evaluated using a structured qualitative content analysis.

Regarding the organization, the trainers, and the training participants, usefulness was confirmed as a decisive factor for individual acceptance and adoption on an organizational level. This result is consistent with the reported study results on IVR (Manis & Choi, 2019; Pletz & Zinn, 2018; tom Dieck et al., 2018) as well as the original assumptions of TAM. There must be a recognizable added value, e. g. in a return on investment for management, through simplified explanations for the trainers or through better learning outcomes for the participants to ensure that the use of the technology in training is profitable in the long term and to encourage participants to use it with pleasure. For the organizations interviewed, this added value currently consists primarily of promoting digitization processes and being able to present themselves effectively in marketing terms. However, this “hype” of using innovative technology is expected to decline as the novelty of the technology wears off (Dedehayir & Steinert, 2016; O’Leary, 2008). If other benefits are not confirmed by then, it is expected that the use of IVR will not become widely implemented in organizations. Above all, a return on investment still needs to be demonstrated in some organizations.

For the acceptance of the trainers, it seems to be relevant how well IVR can be integrated into (existing) training schemes, what effort is involved, and how reliably it can be used during training. Closely related to this is the usability of the system, especially when it comes to the setup, e.g., when connecting the trackers. Extensive user training and user support are recommended to support the trainers in handling the systems and to reduce initial fears of contact. Usability is also considered relevant for the users, thus supporting the basic assumptions of the TAM. In this context, various technology-related influencing factors were inferred, including aspects of wearing comfort, cable-attachment, haptics, hygiene, and safety. These points provide indications of how IVR must develop technologically in the future to achieve greater acceptance. Regarding personal factors, a fundamental openness to technologies and previous experience with IVR seems to be more important than the age of the users.

The interviewees estimated the acceptance on the part of the trainers and the participants as generally positive, whereby the evaluation of the training participants turned out explicitly positive. Trainers may be more critical of IVR because they recognize a higher effort required to use it, e.g., because their training concept has to be adapted. However, the initial enthusiasm of users for IVR, especially the “wow effect” after first-time use, should not be overestimated (Kulzer & Burmester, 2020). The majority of respondents assumed a novelty effect of the

technology, i.e., that the initial enthusiasm will decrease with use (Tsay et al., 2020; Wells et al., 2010). Therefore, the technology must have real added value to maintain a positive assessment and not just be perceived as a gimmick. Since hardly anyone has used IVR as a participant in multiple training sessions, this development must be considered in the longer term. Overall, the use of IVR in the interviewed organizations still seemed to be in a kind of “trial phase”. The focus for them was on trial-and-error and gradual “learning by doing”. According to their own statements, the organizations had not yet reached an optimal state for the use of IVR and continued to assess the possibilities and limits of the technology in an exploratory process.

Limitations of the study arise with regard to the limited sample of 13 organizations in the German-speaking area. The study does not claim to be representative. In particular, the number of trainers involved was still small. Furthermore only men participated in the study, which limits the diversity of the sample. The participants took part in the study voluntarily, i.e., possibly especially persons with positive experiences with IVR were willing to give an interview. The interviewees were informed that the results would be reported anonymously and that both positive and negative aspects of the use of IVR would be of interest. However, there is a risk that representatives from organizations in the sense of publicity (see also Section 5.2 Prestige) would prefer to report positive experiences with the technology to put the company in a good light. Finally, due to the qualitative approach and the possibly subjective assessments of the interviewed persons, only limited statements can be made about the strength of the individual influencing factors identified and the degree of acceptance by the trainers and training participants. The frequency with which individual factors were mentioned provides only an initial indication. Further quantitative studies will have to follow.

For future studies, it would be interesting to observe which technological developments IVR will undergo in the next few years and whether some of the currently inhibiting aspects mentioned above can be improved or eliminated. The assumed technology-specific factors should be verified in further quantitative studies with larger and more diverse samples. Since the acceptance of IVR among trainers has only received rudimentary attention so far, this user group should receive more attention in future studies. In conclusion, the empirical findings are in line with the state of research on factors influencing the acceptance of IVR and extend them meaningfully. Organizations that wish to use IVR in teaching-learning contexts can infer concrete recommendations for action from the results, which can increase the probability of a positive acceptance by users. Further quantitative studies should follow on this basis.

7. Acknowledgements

The author thanks Samuel Geisler for his assistance in conducting the research and preparing the manuscript.

References

- [1] Vergara, D., Rubio, M.P. & Lorenzo, M. (2017). On the design of virtual reality learning environments in engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(11):1-12.
- [2] Pletz, C. & Zinn, B. (2020c). Evaluation of an immersive virtual learning environment for operator training in mechanical and plant engineering using video analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6):2159-2179.
- [3] Freina, L. & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In: *eLearning and Software for Education (eLSE) Conference Proceedings*. pp 1-8.
- [4] Jensen, L. & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23:1515-1529.
- [5] Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V.M. & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95:309-327.
- [6] Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B. & Davis, F.D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3):425-478.
- [7] Davis, F.D., Bagozzi, R.P. & Warshaw, P.R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8):982-1003.
- [8] Disztinger, P., Schlögl, S. & Groth, A. (2017). Technology acceptance of virtual reality for travel planning. In: Schegg, R. & Stangl, B. (editors). *Information and communication technologies in tourism 2017*. Berlin: Springer. pp 255-268.
- [9] Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3):319-340.
- [10] Venkatesh, V. & Davis, F.D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2):186-204.
- [11] Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood-Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [12] Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- [13] Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In: Kuhl, J. & Beckmann, J. (editors). *Action control: From Cognition to Behavior*. Berlin, Heidelberg: Springer. pp 11-39.
- [14] Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2):179-211.
- [15] Pletz, C. & Zinn, B. (2020). How can technology acceptance of virtual learning and working environments be explained? An overview of theoretical approaches and the state of research. In: Zinn, B. (editor). *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung [Virtual, augmented and cross reality in*

- practice and research: Technology-based experience worlds in vocational education and training – theory and application]. Stuttgart: Franz Steiner Verlag. pp 57-85.
- [16] Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4):342-365.
- [17] Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2):273-315.
- [18] Pletz, C., Zinn, B. (2018). Technology acceptance of virtual learning and working environments in technical domains. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4):86-105.
- [19] Putra, I.D.G.R.D., Saukah, A., Basthomi, Y. & Irawati E. (2020). The acceptance of the english language learning mobile application Hello English across gender and experience differences. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(15):219-228.
- [20] Goh, W.W., Hong, J.L. & Gunawan, W. (2014). Exploring Lecturers' Perceptions of Learning Management System: An empirical study based on TAM. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 4(3):48-54.
- [21] Chau, P.Y.K. & Hu, P.J.H. (2002). Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology: An empirical test of competing theories. *Information & Management*, 39(4):297-311.
- [22] Yarbrough, A.K. & Smith, T.B. (2007). Technology acceptance among physicians: a new take on TAM. *Medical Care Research and Review*, 64(6):650-672.
- [23] Rauniar, R., Rawski, G., Yang, J. & Johnson, B. (2014). Technology acceptance model (TAM) and social media usage: an empirical study on Facebook. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(1):6-30.
- [24] Abbad, M.M., Morris, D., Al-Ayyoub, A. & Abbad, J.M. (2009). Students' decisions to use an eLearning System: A structural equation modelling analysis. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4(4):1-13.
- [25] Šumak, B., Heričko, M. & Pušnik, M. (2011). A meta-analysis of e-learning technology acceptance: The role of user types and e-learning technology types. *Computers in Human Behavior*, 27(6):2067-2077.
- [26] Ibili, E., Resnyansky, D. & Billinghamurst, M. (2019). Applying the technology acceptance model to understand maths teachers' perceptions towards an augmented reality tutoring system. *Education and Information Technologies*, 24(5):2653-2675.
- [27] Bertrand, M. & Bouchard, S. (2008). Applying the technology acceptance model to VR with people who are favorable to its use. *Journal of Cyber Therapy & Rehabilitation*, 1(2):200-210.
- [28] Fetscherin, M. & Lattemann, C. (2008). User acceptance of virtual worlds. *Journal of Electronic Commerce Research*, 9(3):231-242.
- [29] Shen, C.-w., Ho, J.-t., Ly, P.T.M. & Kuo, T.-c. (2019). Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. *Virtual Reality*, 23(3):313-324.
- [30] van der Heijden, H. (2004). User acceptance of hedonic information systems. *MIS Quarterly*, 28(4):695-704.
- [31] Manis, K.T. & Choi, D. (2019). The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. *Journal of Business Research*, 100:503-13.
- [32] Bower, M., DeWitt, D. & Lai, J.W.M. (2020). Reasons associated with preservice teachers' intention to use immersive virtual reality in education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6):2214-2232.

- [33] Herz, M. & Rauschnabel, P.A. (2019). Understanding the diffusion of virtual reality glasses: The role of media, fashion and technology. *Technological Forecasting & Social Change*, 138:228-242.
- [34] Sagnier, C., Loup-Escande, E., Lourdeaux, D., Thouvenin, I. & Valléry, G. (2020). User acceptance of virtual reality: an extended technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(11):993-1007.
- [35] tom Dieck, D., tom Dieck, M.C., Jung, T. & Moorhouse, N. (2018). Tourists' virtual reality adoption: an exploratory study from Lake District National Park. *Leisure Studies*, 37(4):371-383.
- [36] Mütterlein, J. & Hess, T. (2017). Immersion, presence, interactivity: Towards a joint understanding of factors influencing virtual reality acceptance and use. In: *Twenty-third American Conference on Information Systems*. Boston. pp 1-10.
- [37] Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt.
- [38] Campbell, J.L., Quincy, C., Osserman, J. & Pedersen, O.K. (2013). Coding in-depth semistructured interviews: Problems of unitization and intercoder reliability and agreement. *Sociological Methods & Research*, 42(3):294-320.
- [39] Lombard, M., Snyder-Duch, J. & Bracken, C.C. (2002). Content analysis in mass communication: Assessment and reporting of intercoder reliability. *Human communication research*, 28(4):587-604.
- [40] DedeHayir, O. & Steinert, M. (2016). The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 108:28-41.
- [41] O'Leary, D.E. (2008). Gartner's hype cycle and information system research issues. *International Journal of Accounting Information Systems*, 9(4):240-252.
- [42] Kulzer, M. & Burmester, M. (2020). Towards Explainable and Sustainable Wow Experiences with Technology. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(3):49-67.
- [43] Tsay, C.H.-H., Kofinas, A.K., Trivedi, S.K. & Yang, Y. (2020). Overcoming the novelty effect in online gamified learning systems: An empirical evaluation of student engagement and performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(2):128-146.
- [44] Wells, J.D., Campbell, D.E., Valacich, J.S. & Featherman, M. (2010). The effect of perceived novelty on the adoption of information technology innovations: a risk/reward perspective. *Decision Sciences*, 41(4):813-843.

8. Appendix: Semi-structured interview guide

1. Demographic questions

- a. How old are you?
- b. What is your current profession?

2. Use of IVR

- a. Which IVR hardware and software is used in your company?
- b. Please describe an IVR training application.
- c. How are the IVR applications created (internally /externally)?
- d. How often is IVR currently used in your company in training?
- e. What experience do you have personally with IVR?
- f. Who are the users of IVR in training?
- g. Please describe the setting, i.e., how IVR is used for training.
- h. What period of use would you recommend for a HMD?

3. Acceptance of IVR

- a. Why do you use IVR in your company?
 - i. How is IVR useful for your company?
 - ii. What factors would you use to make the decision about, whether IVR is further used in your company or not?
 - iii. Is the use of VR worthwhile from an economic point of view?
- b. What concerns arose before the implementation of IVR?
- c. How do the users (training participants vs. trainers) evaluate IVR?
 - i. How do they evaluate the usefulness / ease of use?
 - ii. To what extent is IVR motivating?
 - iii. To what extent does the frequency of use influence the evaluation of IVR?
- d. What factors influence whether users (training participants vs. trainers) want to use the technology or not?
 - i. What user-related factors do you identify?
 1. To what extent have you found influences related to age / experience with IVR?
 - ii. What organizational factors do you identify?
 1. To what extent is there user training / user support / support from the management?
 - iii. What technology-related factors do you identify?
 1. To what extent do health complaints / motion sickness occur?
 2. To what extent do you have experience with regard to wearing comfort?
 3. To what extent do you fear social isolation?
- e. How does IVR need to develop in the future so that users will use it?
- f. What factors should be taken into account during implementation of IVR to positively influence user acceptance?

Notes: The original guide was in German. In-depth questions are marked in grey and they were asked when participants did not address these issues themselves.

3. Diskussion

Mit dem abschließenden Kapitel werden die empirischen Befunde der Studien zusammengefasst und die Forschungsfragen studienübergreifend beantwortet. Es folgen die Limitationen der vorliegenden Arbeit sowie ein Ausblick hinsichtlich zukünftiger Forschungsvorhaben.

3.1. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab, ein systematisches Beschreibungs- und Erklärungswissen zur Technologieakzeptanz von immersiven virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen (IVR) von (potenziellen) Nutzerinnen und Nutzern zu generieren. Mit dem Einsatz von IVR werden in technischen Domänen und der beruflichen Aus- und Weiterbildung umfassende Potenziale verbunden. Die Forschungsfragen, (1) inwiefern sich etablierte Modelle zur Technologieakzeptanz eignen, um die Technologieakzeptanz von immersiven Virtual Reality Technologien zu analysieren und vorherzusagen, sowie, (2) welche Aspekte die Akzeptanz fördern und hemmen, standen hierfür im Fokus. Zur Zielerreichung wurden vier empirische Studien durchgeführt und in wissenschaftlichen Zeitschriften und einem Sammelband publiziert. Den Kern von Studie 1 bildet das Technology Acceptance Model (TAM). Die Zusammenhänge des grundständigen Modells mit der wahrgenommenen Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit und Nutzungsintention wurden im Rahmen der Fragebogenerhebung mit (potenziellen) Nutzerinnen und Nutzern geprüft sowie die nutzerbezogenen Einflussfaktoren Alter und Erfahrung mit der Technologie näher betrachtet. In Studie 2 wurden aufbauend auf der ersten Studie neben den originären TAM-Faktoren die soziale Norm und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle für die Untersuchung der Akzeptanz von Trainerinnen und Trainern in der Firma ANDREAS STIHL AG & Co. KG hinzugezogen. Außerdem wurden neben dem Alter die organisationsbezogenen Einflussfaktoren Unterstützung durch die Führungskräfte, Anwendertrainings und Anwendersupport untersucht. In Studie 3 wurde die Akzeptanz einer virtuellen Lernanwendung für Bedienschulungen im Maschinen- und Anlagenbau mittels des Fragebogens aus Studie 1 erhoben. Ferner stand in dieser Studie insbesondere die Untersuchung im Fokus, inwiefern das erlernte handlungsbezogene Wissen in der virtuellen Umgebung auf die reale

Anwendersituation übertragen werden kann. Hierfür wurde neben der Befragung mittels Fragebogen eine umfangreiche Videoanalyse durchgeführt. Studie 4 thematisiert abschließend im Rahmen von qualitativen Interviews mit Experten, welche bereits Erfahrung mit dem Einsatz von IVR in der Aus- und Weiterbildung in ihrem Unternehmen gesammelt haben, vor allem technologiespezifische Einflussfaktoren, welche die Akzeptanz von Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmern sowie Trainerinnen und Trainern beeinflussen. Weiterhin wurden nutzerbezogene und organisationsbezogene Faktoren berücksichtigt.

3.1.1. Befunde zu Studie 1 (Pletz & Zinn, 2018)

Die Studie belegt zunächst ein hohes Interesse (wertbezogene und gefühlsbezogene Valenz) an der Technologie von Seiten der $N = 276$ befragten Personen aus unterschiedlichen technischen Domänen. Die Kernannahmen des TAM zur Erklärung der Technologieakzeptanz von IVR werden in der Untersuchung bestätigt. Im Rahmen der latenten Strukturgleichungsmodellierung zeigt sich, dass sowohl die wahrgenommene Nützlichkeit ($\beta = 0.446$) als auch die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit ($\beta = 0.290$) von IVR einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention der Technologie haben. Weiterhin hat die Benutzerfreundlichkeit einen Einfluss ($\beta = 0.272$) auf die Nützlichkeit. Der aufgeklärte Varianzanteil der Nutzungsintention von 35 % im Modell scheint zunächst ausbaufähig, wenngleich der aufgeklärte Varianzanteil von Informationstechnologien unter Einbezug des TAM im Allgemeinen mit knapp 40 % beziffert wird (Venkatesh & Davis, 2000; Venkatesh & Bala, 2008). Vor diesem Hintergrund ist das Ergebnis vergleichbar mit dem Forschungsstand und kann als zufriedenstellend bewertet werden. Die Testgüten der verwendeten Skalen können mit Cronbachs-Alpha Werten von jeweils größer .80 ebenfalls als durchgängig zufriedenstellend beurteilt werden.

Während die Benutzerfreundlichkeit und Nutzungsintention von der Stichprobe im Mittel als hoch bewertet werden, ist die wahrgenommene Nützlichkeit bei den Probanden nur mittel ausgeprägt. Dies könnte zum einen mit der heterogenen Stichprobe und den damit zusammenhängenden unterschiedlichen Bedarfen zum Einsatz der Technologie im jeweiligen Fach- und Arbeitsbereich erklärt werden. Zum anderen könnte es bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern noch an konkreten Ideen zu sinnvollen Use Cases mangeln, wie IVR gewinnbringend beim eigenen Arbeiten oder Lernen eingesetzt werden kann. Es zeigt sich hierzu, dass bei einem Subgruppenvergleich zwischen Personen ohne Erfahrung mit der Technologie ($n = 99$; Personen, die IVR vor der Studie nur kurz ausprobiert haben oder noch nie privat oder beruflich genutzt haben) und Personen mit Erfahrung mit der Technologie ($n = 172$; Personen, welche IVR bereits privat oder beruflich genutzt haben) signifikante Unterschiede in den Determinanten der Technologieakzeptanz auftreten. Personen mit

Erfahrung schätzen die Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit und Nutzungsintention höher ein und zeigen ein größeres Interesse an IVR.

In Bezug auf das Alter zeigen die Ergebnisse, dass ältere Personen ($n = 123$; > 36 Jahre gemäß Mediansplit) und jüngere Personen ($n = 130$; ≤ 36 Jahre) die Benutzerfreundlichkeit unterschiedlich bewerten. Die jüngeren Probanden schätzen diese positiver ein. Weitere Unterschiede bezüglich der Nützlichkeit, der Benutzerfreundlichkeit oder dem Interesse zeigen sich entgegen der Erwartungen nicht.

3.1.2. Befunde zu Studie 2 (Pletz et al., 2020)

Die zweite Studie baut auf den Erkenntnissen aus Studie 1 auf. Befragt wurden $N = 95$ Trainerinnen und Trainer aus STIHL-Niederlassungen weltweit. Die Testgüten der eingesetzten Skalen können mit Cronbachs-Alpha Werten von größer .85 durchgängig als sehr gut bewertet werden. Die Angaben zur Nutzung der fokussierten Anwendung VR2GO machen deutlich, dass nur ein kleiner Teil der Stichprobe die Anwendung bereits in Trainings nutzt (15 % auf Cardboards; 9 % auf Bildschirm/Leinwand). Die Ergebnisse zeigen in einer multiplen linearen Regressionsanalyse, dass die wahrgenommene Nützlichkeit ($\beta = 0.37$) und wahrgenommene Verhaltenskontrolle ($\beta = 0.43$) erwartungskonform einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention der STIHL-Anwendung VR2GO haben. Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle beschreibt, inwieweit die Nutzerinnen und Nutzer über die notwendigen Fähigkeiten und Ressourcen verfügen, um die Technologie sinnvoll einzusetzen. Entgegen der Hypothesen und entgegen des Teilergebnisses zur Benutzerfreundlichkeit in Studie 1, zeigt sich kein Einfluss der Benutzerfreundlichkeit ($\beta = -0.02$) und der sozialen Norm ($\beta = 0.16$), d. h. der Überzeugung der Trainerinnen und Trainer, dass ihnen wichtige Personen, wie Kollegen oder Vorgesetzte, möchten, dass sie die Technologie nutzen. Die Benutzerfreundlichkeit wird im Mittel am höchsten bewertet, wohingegen die Nützlichkeit, soziale Norm, Verhaltenskontrolle und die Nutzungsintention in einem mittleren Bereich liegen. Die ergänzenden offenen Fragen geben hierbei Hinweise darauf, dass sich die Nutzerinnen und Nutzer mehr Produkte und mehr technische Informationen zu den Produkten in der Anwendung wünschen, was zu einer Steigerung der eingeschätzten Nützlichkeit beitragen könnte. Mit einem erklärten Varianzanteil von 54 % erklärt das Regressionsmodell einen höheren Anteil der Varianz der Nutzungsintention als das originäre TAM in Studie 1. Gleichzeitig liegt dieses Ergebnis unter dem postulierten Varianzanteil von 70 % der UTAUT, deren Modellannahmen der Studie zugrunde lagen.

Die betrachteten organisationsbezogenen Faktoren zeigen mittlere Einschätzungen der Unterstützung durch die Führungskräfte und der Bewertung des Anwendersupports. Das

Anwendertraining wurde dagegen hoch positiv bewertet. Erwartungskonform lassen sich positive Zusammenhänge zwischen der Unterstützung durch die Führungskräfte und der Nützlichkeit ($r = .35$) sowie der sozialen Norm ($r = .50$) feststellen. Ebenfalls sind positive Zusammenhänge zwischen dem Anwendersupport und der Benutzerfreundlichkeit ($r = .62$) sowie der Verhaltenskontrolle zu konstatieren ($r = .54$). Bestätigt wurden darüber hinaus positive Zusammenhänge zwischen der Bewertung der Anwendertrainings und der Benutzerfreundlichkeit ($r = .47$) sowie Verhaltenskontrolle ($r = .41$). Entgegen der Erwartung gibt es dagegen keine signifikante Korrelation zwischen Anwendertraining und Nützlichkeit ($r = .13$).

Entsprechend zu Studie 1 wurde die Stichprobe zur Betrachtung von Unterschieden aufgrund des Lebensalters in Subgruppen unterteilt. Im Gegensatz zu Studie 1 zeigen sich altersspezifische Unterschiede in der Bewertung der Nützlichkeit, dagegen nicht in der Benutzerfreundlichkeit. Jüngere Personen ($n = 49$; ≤ 40 Jahre, gemäß Mediansplit) bewerten die Nützlichkeit höher als ältere Personen ($n = 45$; > 40 Jahre). Da die Benutzerfreundlichkeit der Anwendung im Mittel als sehr hoch beurteilt wird, ist hierzu davon auszugehen, dass das System insgesamt unabhängig vom Alter einfach zu bedienen ist. Die soziale Norm, die Unterstützung durch die Führung und die Bewertung der Anwendertrainings fielen bei der jüngeren Subgruppe ebenfalls positiver aus.

3.1.3. Befunde zu Studie 3 (Pletz & Zinn, 2020b)

Die virtuelle Lernumgebung zum Einsatz in Bedienschulungen des Maschinen- und Anlagenbaus wurde in von den $N = 13$ Teilnehmerinnen und Teilnehmern quantitativ in Bezug auf die Technologieakzeptanz, Motivation, den subjektiven Lernerfolg, die körperliche und kognitive Anstrengung und die User Experience bewertet. Die Ergebnisse können durchgängig als positiv beurteilt werden. Während die Einschätzungen der Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit und Nutzungsintention sowie der Motivation, des subjektiven Lernerfolgs und der User Experience in einem mittleren bis hohen Bereich liegen, werden die körperliche und mentale Anstrengung als niedrig bis mittel beurteilt.

Die qualitativen Ergebnisse aus einer Videoanalyse mit insgesamt ca. 800 Minuten Videomaterial und 568 Codes umfassen konstruktions- ($N = 7$), instruktions- ($N = 10$) und interaktionsbezogene ($N = 8$) Optimierungspotenziale aus den Videos der IVR-Schulung sowie Fehler ($N = 9$), Schwierigkeiten ($N = 5$) und sonstige Auffälligkeiten aus den Videos der Testphase an der realen Maschine, welche weitere Hinweise auf Überarbeitungspotenziale der Lernsequenz bieten. Die Interrater-Reliabilität der Kodierungen im entwickelten

Kategoriensystem mit Cohen`s kappa-Werten zwischen 0.66 und 0.84 können insgesamt als zufriedenstellen bezeichnet werden.

Insgesamt können die meisten der gelernten Handlungsschritte von der virtuellen Umgebung auf die reale Maschine übertragen werden. Auffällig ist, dass bei den Testpersonen insbesondere keinerlei Fehler in Bezug auf die räumliche Anordnung der Maschine oder Lokation einzelner Bauteile auftreten. Dies deutet darauf hin, dass IVR vor allem den Transfer von räumlichen Aspekten unterstützt. Fehlendes haptisches Feedback in der virtuellen Erfahrung kann dagegen zu Fehlern oder Schwierigkeiten im Transfer führen, da relevante Informationen, zum Beispiel zum Umgang mit einem Werkzeug oder einem Bauteil, fehlen. Hierzu sollte vor allem das Vorwissen der Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer in der Konzeption berücksichtigt werden. Ebenso deuten die Ergebnisse darauf hin, dass eine zu starke Handlungsanleitung im virtuellen Raum, zum Beispiel durch optische Hinweisreize wie dem „Auge-Button“, dazu führen kann, dass ein passiver Lernprozess unterstützt wird und sich die Lernenden passiv von Schritt-zu-Schritt hangeln.

3.1.4. Befunde zu Studie 4 (Pletz, 2021)

Die Experteninterviews mit $N=15$ erfahrenen Personen im Einsatz von IVR in Lehr-Lernkontexten in Organisationen umfassen nutzerbezogene, organisationsbezogene und technologiespezifische Faktoren auf die Technologieakzeptanz von IVR sowohl für Trainerinnen und Trainer also auch Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer. Die prozentuale Interrater-Übereinstimmung im Kategoriensystem kann mit Werten zwischen 73.81 % bis 96.19 % als zufriedenstellend bewertet werden.

Grundsätzlich wird die Nützlichkeit, d. h. dass ein tatsächlicher Mehrwert durch den Einsatz der Technologie erkennbar ist, auf allen Ebenen als elementarer Faktor genannt. Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer müssen beispielsweise wahrnehmen, dass sie mittels der Technologie bessere Trainingsmöglichkeiten haben, da Aspekte verständlicher dargestellt werden oder einfacher zu üben sind, und Trainerinnen und Trainer sollten erkennen, dass die Technologie das Training vorteilhaft (z. B. durch bessere Visualisierungen, fehlende Notwendigkeit nach materiellen Objekten oder Reduktion von Schäden) unterstützen kann. Ebenso ist es für eine langfristige Implementierung der Technologie auf Unternehmensebene notwendig, für das Management einen kostentechnischen Nutzen nachzuweisen. In Bezug auf organisationsbezogene Faktoren spielen in diesem Zusammenhang Anwendertrainings und -support eine zentrale Rolle, um Berührungängste bei den Nutzerinnen und Nutzern abzubauen, die Potenziale aufzuzeigen und die Bedienung zu erlernen. Schulungskonzepte müssen zudem auf den Einsatz der Technologie angepasst werden, was unter Umständen mit

Zeit und Aufwand verbunden ist und deshalb insbesondere bei den Trainerinnen und Trainern zu Zurückhaltung führen kann.

Technologiespezifische Faktoren umfassen für die Trainerinnen und Trainer vor allem die Zuverlässigkeit und den Aufwand für den Aufbau des Settings. Hiermit geht auch die Frage einher, welche (neue) Rolle die Trainerinnen und Trainer in IVR Schulungen einnehmen und inwiefern die Lerninhalte selbstständig anpassbar sind. Für die Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer sind gemäß der Befragten der Tragekomfort, die Kabelgebundenheit, die Hygiene und Sicherheitsaspekte für die Technologieakzeptanz zu berücksichtigen. Das Alter spielt als nutzerbezogener Faktor gemäß der Befragten weder bei Trainerinnen und Trainern noch bei Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmern eine zentrale Rolle für die Akzeptanz. Ältere Personen würden lediglich mehr Zeit benötigen, um sich mit der Bedienung vertraut zu machen. Eine Offenheit gegenüber Technologien, respektive Technologieaffinität, wird hingegen als wichtig erachtet.

Die befragten Organisationen scheinen sich insgesamt noch in einem Stadium zu befinden, in welchem der Einsatz von IVR ein Art „Ausprobiercharakter“ hat. Die Technologie wurde in den meisten Fällen beschafft, um die Digitalisierung voranzutreiben und die Organisation diesbezüglich prestigeträchtig als innovativ präsentieren zu können, ohne vorab konkrete sinnvolle Use Cases definiert zu haben. Analysen, inwiefern sich der Einsatz beispielsweise kosten- oder lerntechnisch rentiert, liegen (noch) nicht in allen Organisationen vor. Betont wird außerdem mehrfach, dass IVR niemals ein Ersatz, sondern immer nur eine Ergänzung zu herkömmlichem Training sein kann.

3.2. Übergreifende Beantwortung der Forschungsfragen

Die einzelnen Befunde der Studien werden im Folgenden zur studienübergreifenden Beantwortung der beiden Forschungsfragen integriert und mit dem aktuellen Forschungsstand verknüpft.

Inwiefern eignen sich etablierte Modelle zur Technologieakzeptanz, um die Technologieakzeptanz von immersiven Virtual Reality Technologien zu analysieren und vorherzusagen?

Für die Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR wurde auf Basis des Forschungsstands zur Technologieakzeptanz im Allgemeinen sowie zur Akzeptanz virtueller Technologien das TAM als theoretische Grundlage ausgewählt und empirisch geprüft. Studie1

zeigt hierbei in einem Strukturgleichungsmodell, dass die originären Zusammenhänge des TAM zur Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR repliziert werden können. Die Testgüten der verwendeten Skalen, welche auf Basis des Originalfragebogens übersetzt und adaptiert wurden (Davis et al., 1989; Venkatesh et al., 2003), zeigen äußerst zufriedenstellende Werte mit Cronbachs-Alpha-Werten zwischen 0.81 – 0.92. Auch die erweiterten Skalen in Studie 2 bewegen sich mit Cronbachs-Alpha-Werten zwischen 0.85 – 0.94 in einem vergleichbar annehmbaren Bereich. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse mit einer erweiterten Version des TAM bestätigen die erwarteten Zusammenhänge teilweise. Studie 2 zieht zudem Skalen für organisationsbezogene Faktoren heran. Die Ergebnisse aus Studie 4 können ebenfalls trotz des qualitativen Ansatzes als Bestätigung der zentralen Annahmen des TAM gewertet werden, insbesondere in Bezug auf die Relevanz der wahrgenommenen Nützlichkeit für eine positive Technologieakzeptanz. Das entwickelte Kategoriensystem beinhaltet sowohl Faktoren, die laut TAM einen Einfluss auf die Akzeptanz haben, sowie weiterführende nutzerbezogene, organisationsbezogene und technologiespezifische Aspekte.

Dass das TAM als geeignete Grundlage zur Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR herangezogen werden kann, findet Unterstützung in der aktuellen Forschungsliteratur. Aufgrund der Neuartigkeit der Technologie ist das Forschungsfeld im Bereich IVR äußerst dynamisch und brachte im Verlauf der vorliegenden Arbeit laufend entsprechende Veröffentlichungen hervor, während zu Beginn der Forschungsbemühungen noch keine Studie bekannt war, welche die Akzeptanz von IVR quantitativ im Rahmen einer Strukturgleichungsmodellierung betrachtete. In der Publikation zu Studie 4 findet ein Teil dieser Studien in der Beschreibung des Forschungsstands bereits Erwähnung, diese sollen hier aber nochmals in direktem Bezug zur übergeordneten Forschungsfrage aufgeführt werden. So zogen Manis und Choi (2019) das TAM zur Untersuchung der Akzeptanz von IVR im Konsumbereich heran. Auch in Lehr-Lernkontexten finden sich mittlerweile Studien zur Akzeptanz von IVR bei angehenden Lehrpersonen (Bower et al., 2020), Studierenden (Sagnier et al., 2020; Shen et al., 2019) oder Fachkräften, wie Medizinerinnen (Beke Hen, 2019) unter Berücksichtigung der Annahmen des TAM, bzw. der UTAUT. Bunz, Seibert und Hendrickse (2021) entwickelten zwischenzeitlich die „Attituded Toward Virtual Reality Technology Scale (AVRTS)“ auf der Grundlage des TAM mit den Faktoren wahrgenommene Nützlichkeit, Benutzerfreundlichkeit und technologiespezifisches Vergnügen. Herz und Rauschnabel (2019) entwickelten dagegen ein eigenes theoretisches Rahmenmodell zur Untersuchung der Technologieakzeptanz im Konsumbereich mit der Begründung, dass in den TAM-Modellen die Risiken der betrachteten Technologie sowie tragebezogene und medientechnologische

Spezifikationen, welche für IVR relevant sind, außer Acht gelassen werden. Sprenger und Schwaninger (2021) verglichen die Technologieakzeptanz von teil-immersiver VR mit drei anderen eingesetzten Technologien (classroom response system, Chat und online Vorlesungen) im Rahmen einer Vorlesung bei Studierenden auf Basis des TAM. Jang et al. (2021) erweiterten das TAM zur Erklärung der Technologieakzeptanz von VR und AR von Lehrpersonen um das TPACK-Modell.

Für quantitative Untersuchungen zur Technologieakzeptanz von IVR eignen sich schlussfolgernd Fragebögen auf Basis des TAM, um die Nutzungsintention zu messen sowie die Ausprägung einzelner Faktoren der Akzeptanz zu erheben. Es lassen sich hierbei jedoch auch Einschränkungen benennen. In seiner Grundform hat das TAM nur eine eingeschränkte Aussagekraft. Mit einem erklärten Varianzanteil von knapp 35 % gestaltet sich der erklärte Varianzanteil an der Nutzungsintention von IVR in Studie 1 als ausbaufähig und verdeutlicht, dass neben der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit weitere Faktoren für die Betrachtung herangezogen werden sollten (was unter Berücksichtigung der existierenden erweiterten TAM-Modelle aber keineswegs überrascht und als erwartungskonform gelten kann). Das Literaturreview von Granić und Marangunić (2019) zeigt beispielsweise, dass knapp die Hälfte der betrachteten Veröffentlichungen zum Einsatz des TAM bei Lerntechnologien das originäre Modell um weitere Faktoren erweiterten, um die Vorhersagkraft zu erhöhen. Studie 2 verdeutlicht dies mit einem erklärten Varianzanteil der Nutzungsintention von knapp 54 %. Zudem lassen sich mit den eher allgemein formulierten Items zwar die Ausprägungen der Faktoren messen, was Aussagen zum Status-quo der Akzeptanz erlaubt und ggf. grobe Ansatzpunkte für eine Optimierung bietet, jedoch können keine praxisrelevanten Aussagen getroffen werden, wie die Akzeptanz konkret im jeweiligen Fall gesteigert werden kann (Ginner, 2018; Niklas, 2014). Gerade in Organisationen sind diese Informationen aber entscheidend, um IVR-Anwendungen zielorientiert zu evaluieren und weiterentwickeln zu können, bzw. den Implementationsprozess der Technologie akzeptanzförderlich zu gestalten. In Studie 2 wurde dieser Problematik mit dem Einsatz ergänzender offener Items begegnet, welche den Testpersonen über den TAM-Fragebogen mit geschlossenen Items hinaus die Möglichkeit bot, ihre Skaleneinschätzungen zu erläutern und konkrete Bedarfe in Bezug auf die IVR-Anwendung zu äußern (z. B. „Wie müsste sich die IVR-Anwendung weiterentwickeln, damit diese nützlicher für Sie wäre?“). Aus forschungsmethodischer Sicht bedarf es hierfür ergänzender qualitativer Auswertungsverfahren, wie beispielsweise die strukturierte qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015), um diese auswerten zu können. Bower et al. (2020) haben beispielsweise ebenfalls einen Mixed-Methods-Ansatz zur Untersuchung der

Technologieakzeptanz von IVR bei angehenden Lehrpersonen auf Basis der UTAUT 2 gewählt.

Hieran anknüpfend sollte auch die allgemeine Kritik nicht außer Acht gelassen werden, dass in der Akzeptanzforschung oftmals ausschließlich quantitative Forschungsmethoden zum Einsatz kämen (Ginner, 2018). Durch den Einsatz einer bereits vorhandenen Theorie zur Untersuchung der Technologieakzeptanz besteht die Gefahr, nur ein Modell, welches für Informationstechnologien im allgemeinen oder einzelne spezifische Technologien entwickelt wurde, einfach auf eine neue Innovation zu übertragen, ohne weitere nicht vorab erwartete, insbesondere technologiespezifische Aspekte in Betracht zu ziehen (Mütterlein & Hess, 2017) und dadurch den Erkenntnisgewinn einzuschränken. In Studie 4 wurde deshalb zur weiteren offeneren Identifikation von Akzeptanzfaktoren, vor allem potenziellen IVR-technologiespezifischen Faktoren, ein qualitativer Ansatz mit teil-strukturierten Interviews gewählt. Für eine hieran anschließende konkretere Untersuchung der statistischen Relevanz und der Ausprägung dieser Faktoren, zum Beispiel innerhalb von Organisationen, sowie für die Bildung von Skalen für quantitative Folgeuntersuchungen müssten hierauf basierend Items entwickelt und validiert werden.

Für die Untersuchung der Technologieakzeptanz in organisationalen Kontexten mit dem Ziel Handlungsoptionen, zum Beispiel zur Steigerung der Akzeptanz, abzuleiten, scheinen resümierend Mixed-Methods-Ansätze mit quantitativen Anteilen auf Basis des TAM sowie ergänzenden bedarfsorientierten offenen Items zielführend.

Welche Aspekte fördern oder hemmen die Technologieakzeptanz von immersiven Virtual Reality Technologien?

Für die Beantwortung dieser Frage sollte zunächst beachtet werden, dass die vorliegende Arbeit unterschiedliche Zielgruppen der IVR-Technologie berücksichtigt. Gemäß Kollmann (1997) lässt sich die Anwenderebene einer Technologie unterteilen in die Individualebene (Schnittstelle Mensch – Maschine, direkte Nutzerebene), die Organisationsebene (Anwenderorganisation) und die Gesellschaftsebene (gesellschaftliche Gruppe). Die Arbeit fokussiert in allen vier Studien primär die Individualebene (z. B. Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer, Trainerinnen und Trainer) und bezieht einzig in Studie 4 auch die Organisationsebene auf Basis der Aussagen der Experten mit ein. Die hemmenden und fördernden Aspekte werden im Folgenden jeweils mit Bezug zur entsprechenden Nutzergruppe erläutert. Abbildung 21 gibt außerdem einen Überblick aller Faktoren, welche in den Studien 1

bis 4 auf der Individualebene quantitativ untersucht, bzw. qualitativ identifiziert wurden, mit Bezug zur jeweiligen Nutzergruppe²⁴.

24 Über die Studien hinweg wurde kein zusammenhängendes Modell geprüft, das alle in Abbildung 21 betrachteten Faktoren umfasst und deren Wirkungszusammenhänge statistisch betrachtet. Aufgrund der zudem partiell unterschiedlichen Befunde zu den Zusammenhängen der Faktoren in den quantitativen Studien, handelt es sich lediglich um eine Überblicksdarstellung der für die Technologieakzeptanz von IVR zu berücksichtigenden Aspekte (gemäß der vorliegenden Arbeit), ohne konkrete statistische Effekte zwischen den Faktoren abzubilden. Diese sind im anschließenden Fließtext ausformuliert.

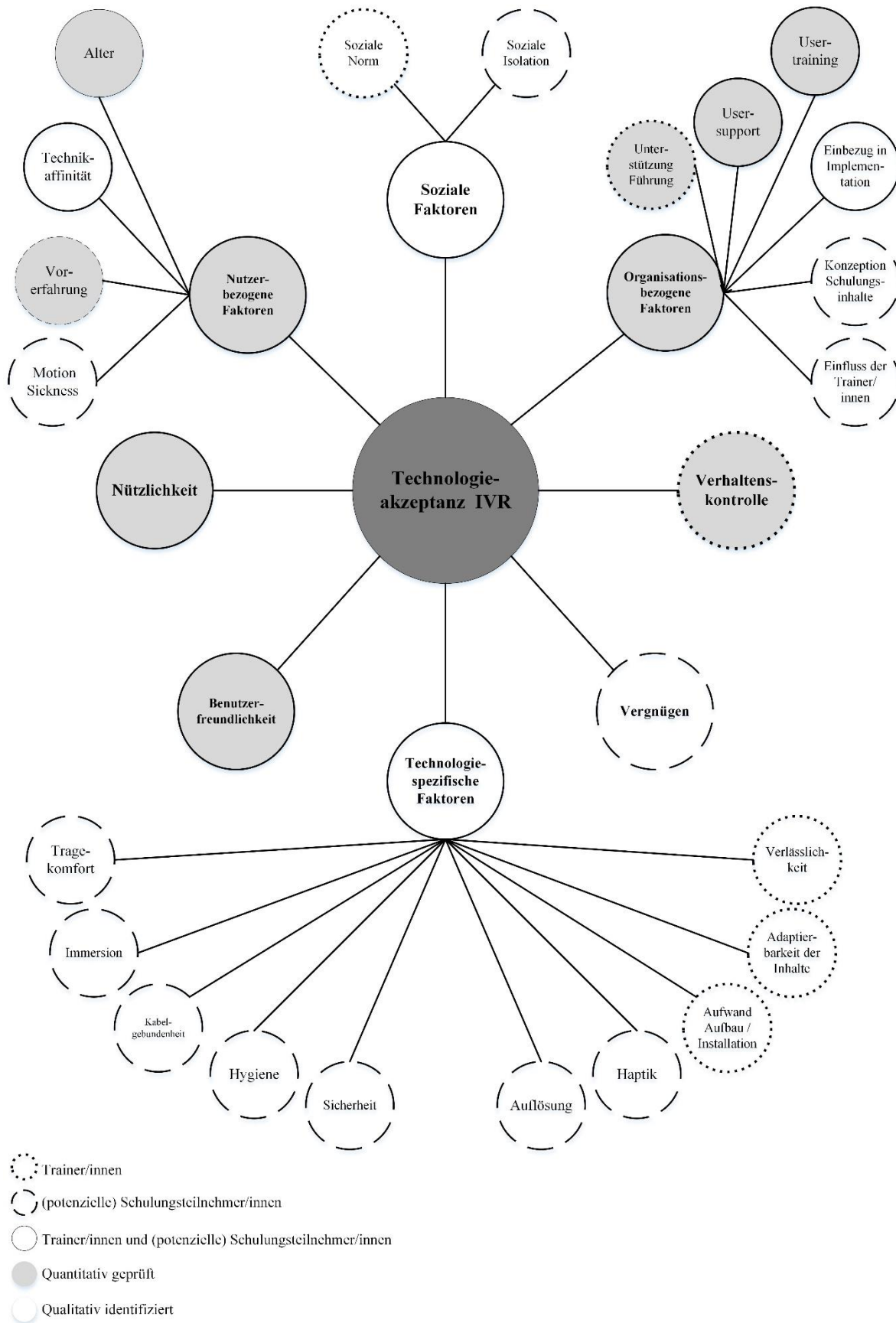


Abbildung 21: Überblick über die in den Studien 1 bis 4 quantitativ untersuchten (hellgrau), bzw. qualitativ identifizierten (weiß) Einflussfaktoren auf die Technologieakzeptanz von IVR. Die Umrandungen geben gemäß der Legende an, für welche Nutzergruppen die einzelnen Faktoren relevant sind.

Nützlichkeit

Die wahrgenommene Nützlichkeit wird im allgemeinen Forschungskontext zu Lerntechnologien als der wichtigste Prädiktor für eine positive Nutzungsintention der Nutzergruppe auf Individualebene gesehen (Granić & Marangunić, 2019; Scherer, Siddiq & Tondeur, 2019). Nutzerinnen und Nutzer müssen einen persönlichen Mehrwert durch den Einsatz der Technologie für ihr Lernen bzw. Arbeiten erkennen, um die Technologie nutzen zu wollen. „Ein Produkt ist dann nützlich, wenn es die Bedürfnisse der [Benutzerinnen und] Benutzer befriedigen kann“ (Gröner, Raess & Sury, 2008, S. 431). Als Maß für die Nützlichkeit kann demnach der Grad der Übereinstimmung zwischen den Bedürfnissen der Nutzenden und der Güte der Bedürfnisbefriedigung durch die Technologie herangezogen werden. Die durchgeführten Studien in der vorliegenden Arbeit bestätigen einheitlich, dass die wahrgenommene Nützlichkeit einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsintention von IVR hat, was ebenso von der aktuellen Forschungsliteratur bestätigt wird (Beke Hen, 2019; Bower et al., 2020; Sagnier et al., 2020; Shen et al., 2019). Weitere Studien zeigen darüber hinaus einen indirekten Einfluss der Nützlichkeit über die Einstellung auf die Nutzungsintention (Herz & Rauschnabel, 2019; Jang et al., 2021) oder berücksichtigen diese in der Skalenentwicklung zur Messung der Technologieakzeptanz (Bunz et al., 2021). Für Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer kann ein Nutzen durch IVR im Training beispielsweise darin bestehen, dass sie Lerninhalte aufgrund von Visualisierungen besser verstehen, Handlungsabläufe simulieren oder ohne Gefahren üben können. Trainerinnen und Trainer können durch den Einsatz von IVR den Vorteil haben, dass sie Inhalte einfacher vermitteln und dadurch die Qualität ihres Trainings steigern können. Göbel und Sonntag (2017) betonen hierbei, dass in den seltensten Fällen eine reine Visualisierung von Abläufen oder von Objekten einen signifikanten Mehrwert durch IVR hat, sondern insbesondere zu trainierende Tätigkeiten, die eine raumgreifende oder präzise manuelle Interaktion, räumliche Verortungen oder Bewertung realer Größen beinhalten, als nützlich erkannt werden. In der Studien von Sprenger und Schwaninger (2021) zeigt sich, dass die eingeschätzte Nützlichkeit und Nutzungsintention zur Nutzung von mobiler IVR im Rahmen einer Lehrveranstaltung bei Studierenden nach dreimonatiger Nutzung stark abnahm. Die Autoren erklären diesen Effekt damit, dass IVR – im Vergleich zu anderen eingesetzten Technologien – von den Studierenden als weniger relevant für die Klausurvorbereitung wahrgenommen wurde und der Aufwand zur Nutzung im Verhältnis zum persönlichen Ertrag zu gering war.

Die Ergebnisse aus Studie 4 geben zudem einen Hinweis darauf, dass die Nützlichkeit auch auf Organisationsebene entscheidend ist. In diesem Fall zeigt sich diese aber ggf. vor allem

in Wirtschaftlichkeitsanalysen und einer Bewertung des Return-on-Investment. Maydl (1987) fasst zusammen, dass die Unternehmensleitung und das Management den Erfolg einer Technologieeinführung durch die objektiven betriebswirtschaftlichen Kriterien Produktivität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit messen. Im Falle von IVR ließ sich aber auch in Studie 4 ableiten, dass die befragten Unternehmen durch den Einsatz der innovativen Technologie IVR vor allem demonstrieren möchten, dass sie im Bereich der Digitalisierung aktiv sind, um sich als zukunftsorientiertes Unternehmen darzustellen. Für eine langfristige Implementation werden aber die erstgenannten Aspekte entscheidend sein.

Damit Nutzerinnen und Nutzern einen Mehrwert im Einsatz von IVR erkennen können ist es notwendig, dass sie die Technologie selbst erleben und die technologischen Besonderheiten kennenlernen. Möglichkeiten vor einem finalen Einsatz in Trainingsszenarien hierfür bieten Anwendertrainings oder Demonstrationen auf organisationsinternen Veranstaltungen (siehe hierzu den Abschnitt Anwendertraining und -support unten). Durch den konkreten Einbezug der Zielgruppen in den Implementationsprozess, beispielsweise durch Befragungen, können zudem die konkreten persönlichen Bedarfe ermittelt werden, was die Passung zwischen den Bedürfnissen der Nutzergruppen und den Eigenschaften der Technologie erhöhen kann und dadurch tatsächliche Mehrwerte schafft. Die Grundlage für einen tatsächlichen Nutzen liegt hieraus schließend in sorgfältig ausgewählten Use-Cases. Ein Einsatz der Technologie nur um der Technologie Willen wird mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer mangelnden Technologieakzeptanz führen.

In Ergänzung zur Nützlichkeit, welche im Rahmen eines eher leistungsbezogenen Mehrwerts für das eigene Lernen und Arbeiten die extrinsische Motivation zur Technologienutzung abbildet (Venkatesh, 2000), steht in der Literatur die intrinsische Motivation, in Modellerweiterungen des TAM auch bezeichnet als das technologiespezifische Vergnügen (*enjoyment*). In Studie 1 wird mit der gefühlsbezogenen Valenz ein entsprechender motivationaler Aspekt erhoben (Schiefele, 1990), wobei die Ergebnisse eine insgesamt hohe Ausprägung der gefühlsbezogenen Valenz bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zeigen. In Studie 4 wird ein „Spaßfaktor“ bei der Nutzung von IVR im Zusammenhang mit einer potenziellen, aus dem Technologieeinsatz resultierenden Motivationssteigerung der Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer von den Experten angesprochen. Manis und Choi (2019) zeigen, dass es im Konsumbereich einen starken positiven Einfluss auf die Einstellung zur Anschaffung oder Nutzung von IVR-Hardware hat, wenn die Nutzerinnen und Nutzer die IVR-Nutzung als angenehm und unterhaltsam erleben. Auch in der Studie von Herz und Rauschnabel (2019) haben die hedonistischen Vorteile einen etwa gleich großen Einfluss auf

die Einstellung zur Nutzung von IVR im Konsumbereich. In der Studie von Bower et al. (2020) wurde die hedonistische Motivation im Vergleich zu den anderen Faktoren der UTAUT 2 von angehenden Lehrpersonen am positivsten bewertet. Bunz et al. (2021) berücksichtigen das technologiespezifische Vergnügen in der Akzeptanzskala für IVR. Im Arbeitskontext kann man aber dennoch vermuten, dass arbeits- oder lernerleichternde Mehrwerte für Nutzerinnen und Nutzer entscheidender für die Technologieakzeptanz sind.

Benutzerfreundlichkeit

Der Einfluss der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit von IVR auf die Technologieakzeptanz zeigt sich in den vorliegenden Studien uneinheitlich. Während die Strukturgleichungsmodellierung in Studie 1 einen Einfluss der Benutzerfreundlichkeit auf die Nutzungsintention und die Nützlichkeit bestätigt, und auch die Aussagen der Interviewpartner in Studie 4 darauf hindeuten, zeigt sich kein Effekt in Studie 2. Dieses uneinheitliche Bild deckt sich mit dem aktuellen Forschungsstand durch Studien, welche entweder einen direkten Effekt aufzeigen (Beke Hen, 2019; Bower et al., 2020; Shen et al., 2019), bzw. die Erfassung der Benutzerfreundlichkeit zur Vorhersage der Akzeptanz als notwendig erachten (Bunz et al., 2021), versus Studien, die nur einen indirekten Effekt über die Einstellung als Mediator nachweisen (Jang et al., 2021) oder keinen Effekt finden (Sagnier et al., 2020). Auch in allgemeinen Meta-Analysen zum TAM unterscheiden sich die Aussagen (King & He, 2006; Lee et al., 2003). Die heterogene Ergebnislage lässt sich für IVR vermutlich mit der unterschiedlichen getesteten IVR-Hardware und den unterschiedlichen IVR-Anwendungen erklären. Je nach eingesetzter Hardware und Anwendung sind die notwendigen Handlungsschritte zum Aufbau des IVR-Systems, zum Beispiel wie die Tracker mit PC und HMD verbunden werden oder die Anwendung gestartet wird, und die Navigations- und Interaktionsoptionen, zum Beispiel wie die Fortbewegung durch Teleportieren funktioniert oder wie viele und welche Interaktionen mit Objekten gefordert sind, unterschiedlich komplex. Die in Studie 2 untersuchte Anwendung VR2GO scheint in der Bedienung gemäß der Evaluation sehr einfach zu sein. Sowohl die Fortbewegung als auch die Interaktion ist mit virtuellen Objekten kann durch die Blicksteuerung und festgelegte Fixations- und Interaktionspunkte erfolgen. In Studie 3 gestaltete sich die Bedienung der Trainingssequenz mit verschiedenen Knöpfen auf den Controllern dagegen beispielsweise deutlich komplexer, was sich in den Ergebnissen zu den interaktionsbezogenen Optimierungsoptionen widerspiegelt. Subramanian (1994) argumentiert, dass die Benutzerfreundlichkeit für sehr einfach bedienbare Technologien keine Rolle für die Akzeptanz spielt. Im Vergleich hierzu wird der Nützlichkeit

eine größere Rolle zugesprochen. Davis (1993) betont, dass eine einfach bedienbare Technologie ohne sichtbaren Nutzen weniger Anreiz zur Nutzung bietet, als eine komplexere Technologie mit deutlichem Mehrwert.

Um die Benutzerfreundlichkeit von IVR für die Nutzerinnen und Nutzer zu erhöhen, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Wie in Studie 4 genannt wird, sollten gerade bei IVR-Neulingen zunächst nur wenige Knöpfe auf den Controllern zur Fortbewegung und Interaktion verwendet werden. Eine Übungsphase für Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer am Anfang eines Trainings, zum Beispiel mittels eines Tutorials und mittels Demonstrationen von Seiten der Trainerinnen bzw. Trainer, kann dazu führen, dass sich die Personen in der tatsächlichen Trainingsanwendung sicherer fühlen, sich auf den tatsächlichen Lerninhalt konzentrieren können und nicht durch Schwierigkeiten mit der Steuerung abgelenkt werden. In der Anwendung können interaktive Objekte zudem hervorgehoben (engl.: *highlighting*) werden, damit sie schnell identifiziert werden können, und Trainingsanweisungen durch so genannte „Head-up Displays“ ins direkte Sichtfeld der Nutzerinnen und Nutzer eingeblendet werden (Guo, 2020). Für die Trainerinnen und Trainer ist es zusätzlich notwendig, die Installation und den Aufbau des IVR-Systems vorab zu vermitteln. Ausführliche Anwendertrainings bieten sich hierfür an.

Soziale Faktoren

Ein Einfluss der sozialen Norm, d. h. der Einschätzung, inwiefern wichtige Personen des eigenen Umfelds (z. B. Kolleginnen und Kollegen oder Vorgesetzte) wollen, dass IVR genutzt wird, auf die Nutzungsintention der Trainerinnen und Trainer zeigt sich in Studie 2 nicht. Dies deckt sich nicht mit aktuellen Studien, die einen entsprechenden Effekt nachweisen (Beke Hen, 2019; Bower et al., 2020; Shen et al., 2019). Jang et al. (2021) finden einen Effekt der sozialen Norm auf die Nützlichkeit sowie der motivationalen Unterstützung auf die Benutzerfreundlichkeit, was als indirekte Effekte bezüglich der Akzeptanz bezeichnet werden können. Die befragten angehenden Lehrpersonen in der Studie von Bower et al. (2020) berichteten in der qualitativen Befragung, dass sie positiv oder negativ von ihren Betreuerinnen bzw. Betreuern und Kolleginnen bzw. Kollegen beeinflusst wurden. Entsprechende Empfehlungen zur Nutzung oder die Nutzung durch die vertrauten Personen selbst würden dazu führen, dass ein Einsatz der Technologie als relevant erachtet wird und sich die Lehrpersonen an diesen „Rollenmodellen“ orientieren. In Studie 4 kommt ebenfalls zum Ausdruck, dass überzeugte Trainerinnen und Trainer als Multiplikatoren fungieren und dadurch sowohl Kolleginnen und Kollegen als auch die Trainingsteilnehmerinnen und -teilnehmer zur

Technologienutzung animieren können, indem Neugier geweckt wird und Bedenken entkräftet werden. Der fehlende Effekt in Studie 2 könnte damit erklärt werden, dass es sich bei der betrachteten Anwendung VR2GO um eine rein freiwillig zu nutzende Technologie handelt, die soziale Norm gemäß Studienergebnissen aber vor allem bei verpflichtenden Technologien direkt auf die Nutzungsintention wirkt (Kohnke, 2015; Venkatesh & Davis, 2000). Der Einfluss der sozialen Norm wird insgesamt als kontrovers bezeichnet (Venkatesh et al., 2003). Inwiefern in diesem Zusammenhang indirekte Effekte der sozialen Norm über die Nützlichkeit nachgewiesen werden können, müsste in einem Strukturgleichungsmodell geprüft werden. In Studie 2 deutet sich ein entsprechender Effekt in den Korrelationen zwischen der Einschätzung der Unterstützung durch die Führungskräfte und der wahrgenommenen Nützlichkeit sowie der sozialen Norm an.

In Studie 4 wird zudem eine potenziell gefürchtete soziale Isolation durch den Einsatz von IVR thematisiert. Übereinstimmend schätzen die Experten dies aber im Arbeitskontext nicht als Gefahr ein. Dagegen sollte beachtet werden, dass das Tracking von Daten während des Trainings, zum Beispiel zur Ermittlung von Fehlerquoten oder Zeiten, und entsprechende Rückmeldungen innerhalb einer Trainingsgruppe nicht dazu führt, dass sich einzelne Personen bloßgestellt fühlen oder eine schlechte Beurteilung zum Fortschritt einer Weiterbildung fürchten.

Verhaltenskontrolle (erleichternde Bedingungen)

Die wahrgenommene Verhaltenskontrolle umfasst den Eindruck der nutzenden Personen, inwiefern sie über die notwendigen Ressourcen und Fähigkeiten sowie das notwendige Wissen verfügen, um eine Technologie einsetzen zu können, was definitorische Überschneidungen zu den erleichternden Bedingungen der UTAUT aufweist (Venkatesh et al., 2003). Studie 2 zeigt einen signifikanten Effekt dieses Faktors auf die Nutzungsintention von IVR. Die Verhaltenskontrolle steht in engem Zusammenhang mit den Anwendertrainings und -supportmöglichkeiten (siehe unten), was sich ebenfalls in Studie 2 in den mittleren bis hohen Korrelationswerten zwischen diesen Faktoren äußert, da diese Angebote den Nutzerinnen und Nutzern in der Regel die grundlegenden Kompetenzen zum Umgang mit einer Technologie bereitstellen und die Zugänglichkeiten klären. Grundlegend für einen Einsatz von IVR sind in diesem Kontext selbstverständlich und ganz grundsätzlich auch, dass die technischen Voraussetzungen vorhanden sind, d. h. dass genügend Hardware verfügbar ist und die IT-Infrastruktur funktioniert (Bower et al., 2020).

*Nutzerbezogene Faktoren*Alter

Es zeigen sich in den Studien 1 und 2 übereinstimmend keine Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Personen in der angegebenen Nutzungsintention von IVR. Dieser Befund wird auch von den Ergebnissen in Studie 4 gestützt, in welchen die befragten Experten dem Alter grundsätzlich keine Rolle für die Akzeptanz bei Trainingsteilnehmerinnen und -teilnehmern sowie Trainerinnen und Trainern bezüglich des Alters zuschreiben. Sie beschreiben nur, dass ältere Personen mehr Zeit benötigen würden, um die Bedienung der Technologie zu erlernen. Studie 1 bestätigt diese Beobachtung dahingehend, dass ältere Personen die Benutzerfreundlichkeit signifikant niedriger bewerteten als jüngere Personen. Auch andere Studien fanden einen entsprechenden Effekt auf die Benutzerfreundlichkeit (Manis & Choi, 2019; Plechatá et al., 2019). In Studie 2 wird dieser Effekt dagegen nicht repliziert, was damit erklärt werden könnte, dass die Anwendung, wie bereits beschrieben, insgesamt von den Trainerinnen und Trainern als sehr einfach zu bedienen bewertet wird. Hingegen wurde in Studie 2 die Nützlichkeit von älteren Probandinnen bzw. Probanden niedriger eingeschätzt, was verdeutlicht, dass diese Subgruppe im Einsatz der Technologie offenbar einen geringeren Mehrwert erkannte.

Abgeleitet von diesen Ergebnissen sollte beispielsweise im Rahmen von Anwendertrainings darauf geachtet werden, dass insbesondere älteren Personen die Bedienung von IVR ausführlich gezeigt wird, diese ohne Zeitdruck geübt werden kann und die Potenziale der Technologie verdeutlicht werden. Huygelier et al. (2019) zeigen in diesem Zusammenhang, dass sich die Einstellung älterer Personen (57 – 94 Jahre) von einer neutralen Position signifikant positiv verbesserte, nachdem diese ein HMD ausprobiert haben. Die Ergebnisse von Liu et al. (2020) zum Vergleich der Einstellung gegenüber IVR bei älteren Personen (60 – 91 Jahre) und Studierenden (18 – 25 Jahre) zeigen, dass die älteren Personen zwar ein höheres Präsenzerleben in der virtuellen Umgebung erlebten und sogar eine positivere Einstellung zur Technologie zeigten als die jüngeren Probandinnen bzw. Probanden, gleichzeitig aber die Bedienung teilweise als zu komplex einstufen und weniger Ideen hatten, wie IVR außerhalb des Entertainment-Bereichs sinnvoll eingesetzt werden könnte. Im Gegensatz hierzu zeigen Syed-Abdul et al. (2019), dass die Akzeptanz von IVR, darunter auch die wahrgenommene Nützlichkeit, auch bei älteren Personen (> 60 Jahre) insgesamt hoch ist. Berücksichtigt werden sollte aber, dass die Personen in den „älteren“ Subgruppen in den vorliegenden Studien

aufgrund der Einteilung nach Mediansplit noch etwas jünger waren (Studie 1: 37 – 64 Jahre; Studie 2: 41 – 65 Jahre).

Technikaffinität

Nicht das Alter, sondern eher die Offenheit gegenüber Technologien, respektive Technikaffinität, hat laut der befragten Experten in Studie 4 einen Einfluss auf die Technologieakzeptanz der Nutzerinnen und Nutzer. Sie kann definiert werden als die Bereitschaft, sich mit innovativen Technologien im Allgemeinen auseinanderzusetzen (Franke, Attig & Wessel, 2019). Personen mit einer hohen Technikaffinität würden IVR demnach eher akzeptieren. Da dieser Faktor in den drei anderen quantitativen Studien nicht erfasst wurde, sollen an dieser Stelle zumindest ergänzend entsprechende aktuelle Studienergebnisse aufgeführt werden. Sagnier et al. (2020) erfassten die ‚personal innovativeness‘, welche als die Bereitschaft einer Person neue Informationstechnologien auszuprobieren definiert wird und damit definitorische Überschneidungen mit der Technikaffinität aufweist, und fanden einen signifikanten positiven Effekt auf die wahrgenommene Nützlichkeit, nicht aber auf die Benutzerfreundlichkeit und Nutzungsintention. In der Studie von Wong et al. (2017) zeigte sich ebenfalls, dass die Offenheit gegenüber Informationstechnologien einen positiven Effekt auf die Nützlichkeit hat. Darüber hinaus beeinflusste sie auch die Einstellung gegenüber IVR. Erwähnt werden muss an dieser Stelle allerdings, dass es sich bei der untersuchten Technologie um eine CAVE und keine IVR mit HMD gehandelt hat. Jang et al. (2021) berücksichtigten in ihrer Studie zur Untersuchung der Technologieakzeptanz von IVR und AR bei Lehrpersonen ergänzend zum TAM das TPACK-Modell. TPACK umfasst das technologisch-pädagogische Inhaltswissen und damit das Wissen von Lehrpersonen, wie Technologien in Unterrichtskontexten gewinnbringend eingesetzt werden können. Laut der Ergebnisse hat TPACK einen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit der Technologien. Manis und Choi (2019) zeigen, dass sich die allgemeine Neugier (allerdings ohne konkreten Bezug zu Technologien) auf die Benutzerfreundlichkeit auswirkt und dieser Effekt stärker ist als der Einfluss des Alters oder der Vorerfahrung mit IVR.

Vorerfahrung mit IVR

Die Ergebnisse aus Studie 1 zeigen, dass Personen mit Erfahrung mit IVR eine höhere Nutzungsintention aufweisen, als Personen ohne Erfahrung, und auch die Nützlichkeit sowie Benutzerfreundlichkeit positiver einschätzen. Aktuelle Studienergebnisse bestätigen diesen Befund. So zeigen Manis und Choi (2019) einen signifikanten positiven Einfluss der

Vorerfahrung auf die Benutzerfreundlichkeit und Nutzungsintention. In der Studie von Sagnier, Loup-Escande und Valléry (2019) unterscheiden sich Personen mit und ohne Vorerfahrung mit IVR in der Bewertung der User experience. Auch die Experten in Studie 4 bestätigen, dass die Vorerfahrung die Akzeptanz der Trainingsteilnehmerinnen und -teilnehmer beeinflussen kann. Allerdings wirkt sich die Vorerfahrung laut ihrer Aussagen dabei nicht zwangsläufig positiv aus, sondern kann je nachdem auch Vorbehalte bei den Nutzerinnen und Nutzern schüren, zum Beispiel wenn die Personen Motion Sickness erlebt haben oder die Anwendungen in schlechter Auflösung betrachtet wurden. Zudem steigt mit wachsender Erfahrung ggf. auch der Anspruch an die Anwendungen, da mehr Vergleichsmöglichkeiten vorhanden sind. Bower et al. (2020) bestätigen diese Annahme mit ähnlichen Ergebnissen aus der Befragung mit Lehrpersonen. Negative Wahrnehmungen der Technologie würden die Nutzungsintention in Unterrichtskontexten hemmen.

Aus diesen Befunden kann geschlossen werden, dass der erstmalige Kontakt mit IVR entscheidend für die Technologieakzeptanz sein kann. Die erste Erfahrung mit IVR der (potenziellen) Nutzerinnen und Nutzer sollte deshalb möglichst positiv verlaufen, d. h. es sollte auf eine qualitativ hochwertige IVR-Hardware geachtet werden, und in der Anwendung sollte ein Bezug zum eigenen Unternehmen bzw. eine Relevanz für das Arbeiten und Lernen erkennbar sein, um zu verhindern, dass die Technologie als reines „Gimmick“ abgetan wird. Das erstmalige Ausprobieren muss dabei nicht zwangsläufig bereits direkt in einem konkreten Schulungskontext erfolgen, sondern könnte auch informell zum Beispiel auf einer Informationsveranstaltung, Messe oder Mitarbeiterversammlung stattfinden, um möglichst viele Personen mit der Technologie vertraut zu machen. Der in Studie 4 angesprochene „Wow-Effekt“, welcher laut der Experten häufig bei IVR auftritt, könnte die Technologieakzeptanz unterstützen.

Organisationsbezogene Faktoren

Anwendertraining und -support

Anwendertrainings können dazu beitragen, dass Nutzerinnen und Nutzer IVR kennenlernen, in einem geschützten Raum ausprobieren können und umfänglich in die Bedienung eingeführt werden. Laut der Ergebnisse in Studie 4 sind Anwendertrainings vor allem für die Akzeptanz der Trainerinnen und Trainer relevant, da diese das mitunter komplexe IVR-Setting aufbauen müssen, wohingegen den Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmern gemäß der Einschätzungen einfach jeweils kurz vor der Trainingssituation die Bedienung zum Umgang mit einer Anwendung erklärt werden kann. Ein schneller Support ist ebenfalls vor allem für die

Trainerinnen und Trainer zentral, falls (technische) Probleme während einer Schulung auftreten. Diese nehmen in der Schulung wiederum selbst die Rolle des Supports für die Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer ein. Die Ergebnisse in Studie 2 zeigen, dass die Bewertung der Anwendertrainings und des Anwendersupport positiv mit der Benutzerfreundlichkeit und der Verhaltenskontrolle der befragten Trainerinnen und Trainer zusammenhängen. Der unerwartete nicht signifikante Zusammenhang zwischen der Bewertung der Anwendertrainings und der Nützlichkeit lässt sich damit erklären, dass die IVR-Anwendung laut der qualitativen Ergebnisse zum Zeitpunkt der Befragung noch nicht ausgereift genug war, um die Bedürfnisse der Trainerinnen und Trainer zu erfüllen, obwohl das Anwendertraining äußerst positiv bewertet wurde. Scherer et al. (2019) betonen Anwendertrainings als eine der wichtigsten Maßnahmen nach der Implementation einer Trainingstechnologie, um die Technologieakzeptanz im Sinne der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit, aber auch der erlebten Selbstwirksamkeit der Nutzerinnen und Nutzer im Umgang mit der Technologie, zu steigern.

Zudem ist es für einen sinnvollen Einsatz von IVR möglicherweise notwendig, bestehende Schulungskonzepte anzupassen. Um den zeitlichen und kognitiven Aufwand für die Trainerinnen und Trainer hierbei gering zu halten, was sich laut der Befragten in Studie 4 negativ auf die Akzeptanz auswirken kann, könnten konzeptionelle und methodisch-didaktische Supportmöglichkeiten ebenfalls unterstützend wirken. Bestätigend zeigen die Ergebnisse von Bower et al. (2020), dass es den befragten Lehrpersonen teilweise an Ideen mangelt, wie IVR sinnvoll in den Unterricht integriert werden kann, was sich nachteilig auf die Akzeptanz auswirkt. Ebenso berichten Alfalah et al. (2019) dass Hochschullehrpersonen vor allem Befürchtungen bezüglich der Fragen, wie IVR in einzelne Disziplinen integriert werden kann, wie der technologische Support aussieht und wie hoch die zeitlichen Aufwände zur Vorbereitung der Kurse sind, äußern. Entsprechende Denkanstöße und Hilfestellungen können in Anwendertrainings und Supportstrukturen gegeben werden.

Technologiespezifische Faktoren

Aspekte der Hardware

Gemäß Studie 4 tragen die ggf. Kabelgebundenheit, der Tragekomfort und die grafische Auflösung der HMDs zur Technologieakzeptanz der Nutzerinnen und Nutzer bei. Herz und Rauschnabel (2019) zeigen in diesem Zusammenhang bestätigend, dass der Tragekomfort einen Einfluss auf die Einstellung gegenüber IVR hat. Außerdem sollte gemäß der Autoren das Design von HMDs nicht außer Acht gelassen werden, da es sich um tragbare Technologien

handelt, die (insbesondere im Konsumbereich) einen modischen Aspekt bedienen sollten. Je nach Aufgabengebiet spielt laut Studie 4 zudem die (ggf. fehlende oder unzureichende) Haptik eine Rolle. Für Trainerinnen und Trainer sollten darüber hinaus der Aufbau des IVR-Systems und die Verbindung der einzelnen Komponenten so einfach und fehlerrobust wie möglich sein, damit diese eine hohe Verlässlichkeit in der Technologie erkennen können. Da die technologische Weiterentwicklung im Bereich IVR allerdings rasant und umfangreich ist, können die hardwarebezogenen Aspekte nur als Momentaufnahme des technologischen Status quo zum Zeitpunkt der Studie gewertet werden. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Aspekte im weiteren technologischen Verlauf verändern werden.

Weitere technologiespezifische Aspekte sind die Hygiene und Sicherheitsaspekte, welche in Studie 4 genannt wurden. Es sollte darauf geachtet werden, dass die HMDs und Controller nach der Benutzung desinfiziert werden, oder Schutzmasken von den Nutzerinnen und Nutzern getragen werden, um eine hygienische Benutzung zu ermöglichen. Ebenso muss darauf geachtet werden, dass sich die Nutzerinnen und Nutzer während der Zeit in der virtuellen Umgebung im realen Raum nirgends stoßen oder stolpern können, da sie durch das HMD ihre reale Umgebung nicht sehen.

Immersion und Präsenzerleben

Die Experten in Studie 4 gehen davon aus, dass ein hoher Immersionsgrad, bzw. ein hohes Präsenzerleben vorteilhaft sein kann, da der Zusammenhang zwischen der IVR-Anwendung und dem eigenen Arbeitskontext für die Trainingsteilnehmerinnen und -teilnehmer dadurch besser erkennbar ist. In der Studie von Disztinger et al. (2017) wird ein entsprechender signifikanter Einfluss des Immersionsgefühls auf die Nutzungsintention von IVR im Tourismusbereich nachgewiesen. Aktuelle Studien finden dagegen keinen Zusammenhang zwischen dem räumlichen Präsenzerleben und der Nutzungsintention (Sagnier et al., 2020), bzw. der Einstellung gegenüber IVR (Herz & Rauschnabel, 2019).

Motion Sickness

In den vorliegenden Studien 2 und 3, in denen eine IVR-Anwendung zum Einsatz kam, trat keine Motion Sickness, d. h. Gefühle von Schwindel, Übelkeit oder Unwohlsein während oder nach der Nutzung von IVR, bei den Probandinnen und Probanden auf. Motion Sickness spielt auch laut der Experten in Studie 4 keine große Rolle, da nur wenige Personen davon betroffen sind. Diejenigen, die betroffen sind, zeigten allerdings eine mangelnde Technologieakzeptanz aufgrund der negativen Erfahrungen. Dieser Effekt wird in der Studie von Sagnier et al. (2020) bestätigt. Je stärker das erlebte Unwohlsein während der Nutzung von IVR bei den Probanden

ausgeprägt war, desto geringer war die zukünftige Nutzungsintention. Auch die Ergebnisse von Herz und Rauschnabel (2019) im Konsumbereich belegen, dass sich gesundheitliche Risiken (neben Motion Sickness auch z. B. eine Belastung der Augen) negativ auf die Einstellung gegenüber IVR auswirken, physische oder psychische Risiken hingegen nicht.

Motion Sickness kann auftreten, wenn eine Diskrepanz zwischen verschiedenen Sinnesreizen, konkret dem visuellen Sinn und dem Gleichgewichtssinn, besteht, beispielsweise wenn Bewegungen nur im virtuellen Raum stattfinden, der Körper in der Realität aber still steht. In der IVR-Anwendung sollte demnach die Diskrepanz zwischen der simulierten und der tatsächlichen Bewegung möglichst gering gehalten werden sowie schnelle Bewegungen vermieden werden. Auch eine möglichst geringe Latenz, d. h. die Verzögerung zwischen realer Kopfbewegung und Veränderung des Blickwinkels in der virtuellen Umgebung, ist anzustreben, damit weiterhin möglichst weniger Personen davon betroffen sind.

3.3. Limitationen

Die vorliegende Untersuchung unterliegt einigen forschungsmethodischen, -ökonomischen und sonstigen Limitationen, die bereits in den einzelnen Veröffentlichungen aufgeführt sind und an dieser Stelle nochmals zentral zusammengeführt werden.

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer haben freiwillig an den Studien teilgenommen. Möglicherweise haben sich insbesondere Personen beteiligt, welche von sich aus ein hohes Interesse an der IVR-Technologie haben. Vor allem in Studie 1 könnte es dadurch – und zusätzlich durch die Teilerhebung auf einer expliziten Veranstaltung zu VR-Technologien – zu einer Positivauswahl gekommen sein. Die im Mittel hohen Werte auf den Interessenskalen zu IVR könnten darauf hindeuten. Ebenso könnte die im Mittel hohe Nutzungsintention bei den Probandinnen und Probanden zur Nutzung der IVR-Technologie hiervon positiv beeinflusst sein. Auch in Studie 4 besteht die Möglichkeit, dass die interviewten Experten, die sich bereit erklärt haben an der Studie teilzunehmen, primär positive Erfahrungen mit IVR gemacht haben. Trotz der expliziten Aufforderung von Seiten der Interviewerin zu Beginn der Interviews, dass ggf. sowohl positive als auch negative Aspekte aufgeführt werden sollten, besteht die Gefahr einer positiv gefärbten Darstellung durch die Befragten, um als Repräsentant die Organisation im Sinne der Außenwirkung in ein positives Licht zu rücken.

Aus forschungswirtschaftlichen Gründen war die Anzahl der zu untersuchenden (potenziellen) Einflussfaktoren in den quantitativen Erhebungen in Studie 1, 2, und 3 begrenzt. Um die Befragungszeit in der Online-Befragung und auf einer Messe in Studie 1, im Rahmen eines Train-the-Trainer-Events in Studie 2 sowie nach einer Schulungsmaßnahme in Studie 3

überschaubar zu halten und potenzielle Teilnehmerinnen und Teilnehmer nicht durch eine zu hohe Testzeit „abzuschrecken“, bzw. die Gesamtzeit der Untersuchungen nicht zu überspannen, sollte die Befragung einen Zeitraum von maximal fünf bis zehn Minuten nicht überschreiten. Unter der Berücksichtigung, dass für eine reliable Messung ausreichend Items pro Skala einbezogen werden müssen, schränkte dies den (potenziell explorativen) Einbezug weiterer Skalen ein. Die gesamte Arbeit erhebt damit keinen Anspruch auf Vollständigkeit der untersuchten Einflussfaktoren, sondern konzentriert sich auf die zentral angenommenen Zusammenhänge gemäß dem TAM und dem empirischen Forschungsstand zu Beginn und während der Forschungsbemühungen. Sonstige Prädiktoren der Technologieakzeptanz blieben somit unberücksichtigt. Beispielsweise zeigen Jimenez et al. (2021), dass neben den externen TAM-Faktoren soziale Norm, Offenheit gegenüber Technologien, Vorerfahrung und erleichternde Bedingungen, welche auch in den vorliegenden Studien adressiert wurden, auch die Selbstwirksamkeit, Bedenken/Ängste sowie die Inhalts- und Systemqualität zu den am häufigsten untersuchten Faktoren im Zusammenhang mit der Technologieakzeptanz zählen.

Die Stichprobengrößen in einzelnen Studien sind als Limitation zu nennen. In Studie 2 konnte aufgrund der Stichprobengröße von $N = 96$ keine Strukturmodellierung der Zusammenhänge vorgenommen werden. Die Berechnung einer linearen Regression, begleitet von ergänzenden Korrelationen, war deshalb der bevorzugte Lösungsweg. Es sollte aber an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass sämtliche Trainerinnen und Trainer, welche an dem internationalen Firmenevent teilgenommen haben, befragt wurden und somit im Rahmen der Studie keine Möglichkeit weiterer Befragungen bestand. Ebenso kann hier davon ausgegangen werden, dass es sich deshalb in Studie 2 nicht um eine selektive Stichprobe im Sinne einer Positivauswahl gehandelt haben kann, wie oben für Studie 1 und 4 erwähnt. Die quantitativen und rein deskriptiven Ergebnisse aus Studie 3 sind ebenfalls vor dem Hintergrund der vergleichsweise kleinen Stichprobe von $N = 13$ Personen zu bewerten. In Studie 4 wurden $N = 15$ Personen aus 13 Organisationen interviewt, was dagegen vor dem Hintergrund des qualitativen Auswertungsprozesses als angemessen beurteilt werden kann. Im Auswertungsprozess zeigte sich zudem eine Sättigung in den angesprochenen Themenbereichen.

Die Ergebnisse sind vor dem Hintergrund zu bewerten, dass in den einzelnen Untersuchungen unterschiedliche Stichproben betrachtet wurden. Studie 1 begrenzt sich auf Beschäftigte in technischen Domänen im Allgemeinen. Die Stichprobe setzt sich aus Personen mit unterschiedlichsten Berufen zusammen, unter anderem Servicetechnikerinnen und -techniker sowie Produkt- oder Personalentwicklerinnen und -entwickler. In Studie 2 wurden

ausschließlich Trainerinnen und Trainer für technische Trainings und Vertriebsstrainings bei der ANDREAS STIHL AG & Co. KG befragt. An der Studie 3 beteiligten sich potenzielle Maschinenbedienerinnen und -bediener der Firma TRUMPF GmbH & Co. KG als Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmer, wobei sowohl Personen mit einem technischen Hintergrund (z. B. Mechaniker) als auch Personen ohne einen technischen Hintergrund (z. B. Pädagogen) berücksichtigt wurden, um eine möglichst heterogene Stichprobe zu generieren. In Studie 4 wurden Vertreterinnen und Vertreter aus Organisationen in unterschiedlichen Branchen interviewt (z. B. Medizin, Automotive oder Logistik), welche unterschiedliche Positionen innehaben. Dazu zählen zum Beispiel Personen mit Führungsverantwortung, technische Trainer und IVR-Content-Designer. Keine der Studien erhebt einen Anspruch an Repräsentativität im jeweiligen Bereich. Zudem sollte die Übertragung der Ergebnisse auf andere Zielgruppen jeweils kritisch geprüft werden. Diese Einschränkung spiegelt sich gemäß dem Literaturreview von Granić und Marangunić (2019) in fast allen Studien zur Untersuchung der Technologieakzeptanz von Lerntechnologien wider.

In Studie 1 wird hieran anknüpfend der Einsatz von IVR im technischen Bereich im Allgemeinen betrachtet. Die Studien 2, 3 und 4 fokussieren dagegen den konkreteren Einsatz von IVR in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, wie Trainings. Diese Ergebnisse können aufgrund fachspezifischer Anforderungen und Erwartungen an IVR im Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung (z. B. Voraussetzungen für ein erfolgreiches Training von Seiten der Trainerinnen und Trainer) nicht automatisch auch auf andere Einsatzgebiete von IVR, wie beispielsweise Marketing oder Konstruktion generalisiert werden.

In der Arbeit wurden die nutzerbezogenen Faktoren, wie beispielsweise das Alter und die Vorerfahrung, sowie die organisationsbezogenen Faktoren, wie beispielsweise die Unterstützung durch die Führungskräfte, in quantitativen Untersuchungen betrachtet und damit ein statistisch vorhandener Einfluss auf die Nutzungsintention oder die Kernfaktoren des TAM nachgewiesen oder widerlegt. Die technologiespezifischen Faktoren wurden im Rahmen der Studie 4 dagegen bislang nur qualitativ erhoben. Es können deshalb noch keine Aussagen über einen tatsächlich statistisch nachweisbaren Einfluss auf die Akzeptanz, die Stärke und Ausprägung dieser Faktoren getroffen werden. Die Häufigkeit der Nennung einzelner Faktoren, bzw. die Häufigkeit der Übereinstimmung zwischen den Befragten geben lediglich einen ersten explorativen Hinweis darauf. Weitere Forschungsbemühungen unter Einbezug größerer Stichproben sind zur Realisierung notwendig.

Zuletzt sollte erwähnt werden, dass es sich bei den Items zur Technologieakzeptanz, insbesondere bei der angegebenen Nutzungsintention, in den Studien 1, 2 und 3 um subjektive

Einschätzungen der Befragten handelt. Eine Erhebung der tatsächlichen Nutzung der Technologie war aufgrund der Neuartigkeit der Technologie und dem damit zusammenhängenden bislang fehlenden regulären Einsatz im Arbeits-, bzw. Schulungsalltag nicht möglich. Turner et al. (2010) stellten in diesem Zusammenhang zum Beispiel in einer Meta-Analyse zum TAM fest, dass die Zusammenhänge der Kernkomponenten abhängig von der subjektiven oder objektiven Einschätzung der tatsächlichen Technologienutzung waren.

3.4. Implikationen für zukünftige Forschung und Ausblick

Anknüpfend an die berichteten Limitationen der Arbeit sollen im Folgenden die daraus resultierenden potenziellen zukünftigen Forschungsansätze abgeleitet werden. Auf Basis der (teils qualitativ) identifizierten nutzerbezogenen, organisationsbezogenen und technologiespezifischen Einflussfaktoren sollten weiterführende quantitative Untersuchungen folgen, um die Zusammenhänge mit den Kernfaktoren des TAM weitergehend zu untersuchen. Insbesondere die Zusammenhänge der organisationalen und technologiespezifischen Faktoren sollten – idealerweise mittels Strukturgleichungsmodellierungen – kritisch geprüft werden. Hierfür sind größere Stichproben notwendig. Eine zukünftig zu erwartende höhere Verbreitung der Technologie in den Arbeits- und Lernalltag in Organisationen und möglicherweise auch im privaten Umfeld, welche aufgrund der sehr dynamischen technologischen Entwicklungen zu erhoffen ist, sollte die Durchführung entsprechender Studien erleichtern. Die (Weiter-) Entwicklung entsprechender Fragebogeninstrumente zur Erhebung der Akzeptanz von IVR, wie beispielsweise die IVR-spezifischen Skalen von Bunz et al. (2021), welche das technologiespezifische Vergnügen als Einflussfaktor berücksichtigen, sind hierfür erforderlich und ein weiteres Forschungsdesiderat. Hiermit soll sichergestellt werden, dass aufbauend auf den bisherigen Studien ein tatsächlicher weiterer Erkenntnisgewinn stattfindet und nicht nur die reine Übertragung eines allgemeinen Modells betrachtet wird, bzw. entsprechende Erkenntnisse ausschließlich repliziert werden (Mütterlein & Hess, 2017).

Die Arbeit erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit der bislang identifizierten Akzeptanzfaktoren von IVR. Weiterführende Studien sollten prüfen, inwiefern neben den adressierten nutzerbezogenen, organisationsbezogenen und technologiespezifischen Aspekten weitere Faktoren von Relevanz sind. Eine Kombination aus qualitativen und quantitativen Ansätzen wird hierfür empfohlen, um sowohl Raum für die Ableitung neuer Erkenntnisse zu geben als auch vorangegangene Forschung statistisch verifizieren zu können (Ginner, 2018; Mütterlein & Hess, 2017).

Zukünftige Forschungsbemühungen können sich mit der spezifischeren Betrachtung einzelnen Zielgruppen befassen. Die Zielgruppe der Trainerinnen und Trainer als (potenzielle) Nutzende von IVR in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, erfährt im Vergleich zu anderen Endnutzerinnen und -nutzern, wie beispielsweise Schulungsteilnehmerinnen und -teilnehmern, im allgemeinen Forschungskontext noch deutlich weniger Beachtung. Dieses Desiderat wird auch im Literaturreview von Granić und Marangunić (2019) aufgeführt. Insbesondere die abgeleiteten technologiespezifischen Determinanten der Technologieakzeptanz in der vorliegenden Arbeit sollten für diese Nutzergruppe weiterführend geprüft werden. Zudem gilt es aufgrund der möglicherweise vorliegenden Positivauswahl von Probandinnen und Probanden in den vorliegenden Studien auch Personen zu befragen, welche IVR explizit kritisch gegenüberstehen. Auch für dieses Forschungsdesiderat kann eine zunehmende Verbreitung der Technologie förderlich sein, um größere und heterogenere Nutzergruppen ansprechen zu können.

Aufgrund der bereits erwähnten sehr dynamischen technologischen Weiterentwicklungen der IVR Technologien bleibt zu beobachten, ob bzw. wie schnell sich die in Studie 4 identifizierten potenziell hemmenden technologiespezifischen Faktoren, wie beispielsweise der Tragekomfort, die Kabelgebundenheit oder die Auflösung, verbessern und möglicherweise dadurch keine Relevanz mehr für die Technologieakzeptanz haben werden. Zukünftige Studien müssen vor diesem Hintergrund insgesamt berücksichtigen, dass Untersuchungen von innovativen Technologien wie IVR aufgrund der rasanten technologischen Entwicklung ggf. immer nur eine Momentaufnahme darstellen können.

Von großem Forschungsinteresse ist auch der sich uneinheitlich darstellende Einfluss der Benutzerfreundlichkeit auf die Akzeptanz (siehe hierzu auch Kapitel 3.2). Zukünftige Forschungsbemühungen sollten klären, in welchen Fällen dieser Faktor letztlich eine Rolle spielt oder nicht, bzw. wie die Benutzerfreundlichkeit der IVR-Technologie mit ihren spezifischen technologischen Eigenschaften im ersteren Fall gesteigert werden kann. Ebenso berücksichtigen einige aktuelle Studien die Einstellung als eigenständiger Faktor im Akzeptanzmodell (z. B. Jang et al., 2021; Manis & Choi, 2019), obwohl das überarbeitete TAM diese nicht mehr beinhaltet, was von den Ergebnissen in Studie 1 bestätigt wird.

Mit einer systematischen Erweiterung der bislang erhobenen subjektiven Selbsteinschätzungen zur Nutzungsintention um objektive Nutzerdaten zur tatsächlichen Nutzung von IVR, beispielsweise durch die Analyse von Benutzerdaten im Kontext von Learning Analytics, könnte die Technologieakzeptanz nicht nur auf der Ebene der Einstellungs-, sondern auch der Verhaltensakzeptanz (Bürg & Mandl, 2005; Müller-Böling &

Müller, 1986) gemessen werden. Dies würde die Modellzusammenhänge des TAM und dessen Erweiterungen für IVR spezifizieren und ausweiten. Allerdings kann eine umfassende objektive Datenerhebung erst realisiert werden, wenn sich die Nutzung von IVR routinemäßig im Lern- und Arbeitsalltag etabliert hat und den Nutzerinnen und Nutzern dort frei zur Verfügung steht. Vor allem die Ergebnisse aus Studie 4 zum Einsatz von IVR in Trainingskontexten lassen aber darauf schließen, dass sich die Organisationen im deutschsprachigen Raum aktuell eher noch in einer Art „Ausprobierphase“ befinden und explorativ die sinnvollen Einsatzmöglichkeiten und Begrenzungen der Technologie erkunden. Dieser Eindruck deckt sich nicht mit der Einschätzung auf dem Gartner Hype Cycle, nach welcher sich IVR mittlerweile bereits am Markt etabliert und das Plateau der Produktivität erreicht haben sollte (Gartner, 2017, 2018). Auch vor dem Hintergrund der in der Regel strengen datenschutzrechtlichen Bestimmungen in Organisationen kann das Vorhaben zum Einbezug objektiver Daten als nur äußerst schwer zu realisieren bezeichnet werden.

Zuletzt zeigt Studie 3, dass mit der Einführung neuer Technologien und den damit einhergehenden Forschungsansätzen auch der Bedarf an innovativen forschungsmethodischen Zugängen (z. B. die in diesem Fall aufwändig durchgeführte Videoanalyse) einhergehen kann, um schwer operationalisierbare Aspekte empirisch messen zu können und Zusammenhänge aufzuzeigen.

Literaturverzeichnis

- Abbad, M. M., Morris, D., Al-Ayyoub, A. & Abbad, J. M. (2009). Students' decisions to use an eLearning System: A structural equation modelling analysis. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4(4), 1–13. <https://doi.org/10.3991/ijet.v4i4.928>
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions. A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Hrsg.), *Action control. From Cognition to Behavior* (S. 11–39). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-69746-3_2
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood-Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Ajzen, I. & Madden, T. J. (1986). Prediction of goal-directed behavior from attitudinal and normative variables. *Journal of Experimental Social Psychology*, 22, 453–474. [https://doi.org/10.1016/0022-1031\(86\)90045-4](https://doi.org/10.1016/0022-1031(86)90045-4)
- Alfalah, S. F., Falah, J. F., Muhaidat, N., Elfalah, M. & Falah, O. (2019). Investigating Learners' Attitudes Toward Virtual Reality Learning Environments in Embryology Education. *Modern Applied Science*, 13(1), 57–68. <https://doi.org/10.5539/mas.v13n1p57>
- Amoako-Gyampah, K. & Salam, A. F. (2004). An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 41(6), 731–745. <https://doi.org/10.1016/j.im.2003.08.010>
- Arndt, S. (2010). *Evaluierung der Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen. Modell zum Kaufverhalten von Endkunden*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93197-5>
- Atherton, M. (2007). A proposed theory of the neurological limitations of cognitive transfer. *Presented at the annual meeting of the American Educational Research association, Chicago, IL*.
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19(6), 775–779. [https://doi.org/10.1016/0005-1098\(83\)90046-8](https://doi.org/10.1016/0005-1098(83)90046-8)
- Barnett, S. M. & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612–637. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.128.4.612>
- Barthelmäß, N., Flad, D., Haußmann, T., Kupke, T., Schneider, S. & Selbach, K. (2017). Industrie 4.0 - eine industrielle Revolution. In V. P. Andelfinger & T. Hänisch (Hrsg.), *Industrie 4.0. Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern* (S. 33–56). Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15557-5>
- Bauer, W. & Horváth, P. (2015). Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. *Controlling*, 27(8-9), 515–517. <https://doi.org/10.15358/0935-0381-2015-8-9-515>

- Becker, K.-D. (2015). Arbeit in der Industrie 4.0–Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 23–29). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7>
- Beier, G., Spiekermann, S. & Rothensee, M. (2006). Die Akzeptanz zukünftiger Ubiquitous Computing Anwendungen. In A. M. Heinecke & H. Paul (Hrsg.), *Mensch & Computer 2006: Mensch und Computer im Strukturwandel* (145–154). München: Oldenbourg.
- Beke Hen, L. (2019). Exploring Surgeon’s Acceptance of Virtual Reality Headset for Training. In M. C. tom Dieck & T. Jung (Hrsg.), *Augmented reality and virtual reality. The power of AR and VR for business* (Progress in IS, S. 291–304). Cham, Switzerland: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06246-0>
- Berkemeier, L., Niemöller, C., Metzger, D. & Thomas, O. (2018). Akzeptanz von Smart Glasses für die Aus- und Weiterbildung. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 143–156). Berlin: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3>
- Bertrand, M. & Bouchard, S. (2008). Applying the technology acceptance model to VR with people who are favorable to its use. *Journal of Cyber Therapy & Rehabilitation*, 1(2), 200–210.
- Black, J. B., Segal, A., Vitale, J. & Fadjo, C. (2012). Embodied cognition and learning environment design. In D. Jonassen & S. Lamb (Hrsg.), *Theoretical foundations of student-centered learning environments* (198–223). New York: Routledge.
- Blikstad-Balas, M. & Sorvik, G. O. (2014). Researching literacy in context: using video analysis to explore school literacy. *Literacy*, 49(3), 140–148. <https://doi.org/10.1111/lit.12037>
- Blume, B. D., Ford, J. K., Baldwin, T. T. & Huang, J. L. (2010). Transfer of training: A meta-analytic review. *Journal of Management*, 36(4), 1065–1105. <https://doi.org/10.1177/0149206309352880>
- Bochum, U. (2015). Gewerkschaftliche Position in Bezug auf „Industrie 4.0“. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 31–44). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7_4
- Bossard, C., Kermarrec, G., Buche, C. & Tisseau, J. (2008). Transfer of learning in virtual environments: a new challenge? *Virtual Reality*, 12(3), 151–161. <https://doi.org/10.1007/s10055-008-0093-y>
- Botthof, A. & Hartmann, A. (Hrsg.). (2015). *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7>
- Botthoff, A. (2015). Zukunft der Arbeit im Kontext von Autonomik und Industrie 4.0. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 3–8). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7>
- Boudah, D. J. (2011). *Conducting Educational Research: Guide to Completing a Major Project*. Thousand Oaks, California: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4781.2012.01381.x>
- Bower, M., DeWitt, D. & Lai, J. W. M. (2020). Reasons associated with preservice teachers’ intention to use immersive virtual reality in education. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2214–2232. <https://doi.org/10.1111/bjet.13009>
- Bracht, U., Geckler, D. & Wenzel, S. (2018). *Digitale Fabrik. Methoden und Praxisbeispiele* (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55783-9>
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academic Press.

- Bransford, J. D. & Schwartz, D. L. (1999). Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. *Review of Research in Education*, 24, 61–100.
- Brill, M. (2009). *Virtuelle Realität*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85118-9>
- Brough, J. E., Schwartz, M., Gupta, S. K., Anand, D. K., Kavetsky, R. & Pettersen, R. (2007). Towards the development of a virtual environment-based training system for mechanical assembly operations. *Virtual Reality*, 11, 189–206.
- Brown, K. G. & Gerhardt, M. W. (2002). Formative evaluation: An integrative practice model and case study. *Personnel Psychology*, 55(4), 951–983. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2002.tb00137.x>
- Bucher, K., Blome, T., Rudolph, S. & von Mammen, S. (2019). VRanimate II: training first aid and reanimation in virtual reality. *Journal of Computers in Education*, 6(1), 53–78.
- Bues, M., Schultze, T. & Wingert, B. (2018). Konzeption und Implementierung einer VR-Lernumgebung für technische Dienstleistungen. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 113–123). Berlin: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3_8
- Bun, P., Trojanowska, J., Ivanov, V. & Pavlenko, I. (2018). The use of virtual reality training application to increase the effectiveness of workshops in the field of lean manufacturing. In *Proceedings of the International Conference of the Virtual and Augmented Reality in Education* (65–71).
- Bunz, U., Seibert, J. & Hendrickse, J. (2021). From TAM to AVRTS: development and validation of the attitudes toward Virtual Reality Technology Scale. *Virtual Reality*, 25, 31–41.
- Bürg, O. & Mandl, H. (2005). Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. *Zeitschrift für Personalpsychologie*, 4(2), 75–85. <https://doi.org/10.1026/1617-6391.4.2.75>
- Burger, A., Lang, A. & Müller, Y. (2017). Mögliche Veränderungen von System-Architekturen im Bereich der Produktion. In V. P. Andelfinger & T. Hänisch (Hrsg.), *Industrie 4.0. Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern* (S. 57–68). Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15557-5>
- Burla, L., Knierim, B., Barth, J., Liewald, K., Duetz, M. & Abel, T. (2008). From text to codings: Intercoder reliability assessment in qualitative content analysis. *Nursing research*, 57(2), 113–117.
- Campbell, J. L., Quincy, C., Osserman, J. & Pedersen, O. K. (2013). Coding in-depth semistructured interviews: Problems of unitization and intercoder reliability and agreement. *Sociological Methods & Research*, 42(3), 294–320. <https://doi.org/10.1177/0049124113500475>
- Chau, P. Y. K. & Hu, P. J. H. (2002). Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology. An empirical test of competing theories. *Information & Management*, 39(4), 297–311. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00098-2](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00098-2)
- Chen, J.-L. (2011). The effects of education compatibility and technological expectancy on e-learning acceptance. *Computers & Education*, 57(2), 1501–1511. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.02.009>
- Chung, J. E., Park, N., Wang, H., Fulk, J. & McLaughlin, M. (2010). Age differences in perceptions of online community participation among non-users. An extension of the Technology Acceptance Model. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1674–1684. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.06.016>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coldham, G. & Cook, D. M. (2017). VR Usability from Elderly Cohorts: Preparatory Challenges in Overcoming Technology Rejection. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 35th National Information Technology Conference* (131–135).

- Compeau, D. R. & Higgins, C. A. (1995). Computer self-efficacy. Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 19(2), 189–211. <https://doi.org/10.2307/249688>
- Compeau, D. R., Higgins, C. A. & Huff, S. (1999). Social cognitive theory and individual reactions to computing technology. A longitudinal study. *MIS Quarterly*, 23(2), 145–158. <https://doi.org/10.2307/249749>
- Costa, M. R., Kim, S. Y. & Biocca, F. (2013). Embodiment and embodied cognition. In R. Shumaker (Hrsg.), *Virtual Augmented and Mixed Reality. Designing and Developing Augmented and Virtual Environments* (333–342). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Cox, B. D. (1997). The rediscovery of the active learner in adaptive contexts: A developmental-historical analysis of transfer of training. *Educational Psychologist*, 32(1), 41–55. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3201_4
- Dalgarno, B. & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International journal of man-machine studies*, 38(3), 475–487. <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology. A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(14), 1111–1132. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1992.tb00945.x>
- Day, S. B. & Goldstone, R. L. (2012). The import of knowledge export: Connecting findings and theories of transfer of learning. *Educational Psychologist*, 47(3), 153–176. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.696438>
- Dede, C. J., Jacobson, J. & Richards, J. (2017). Introduction: Virtual, augmented and mixed realities in education. In D. Liu, C. J. Dede, R. Huang & J. Richards (Hrsg.), *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education* (S. 1–16). Singapore: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7>
- Dedehayir, O. & Steinert, M. (2016). The hype cycle model: A review and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 108, 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.04.005>
- Derry, S. J., Pea, R. D., Barron, B., Engle, R. A., Erickson, F., Goldman, R., Hall, R., Koschmann, T., Lemke, J. L., Gamoran Sherin, M. & Sherin, B. L. (2010). Conducting video research in the learning sciences: Guidance on selection, analysis, technology, and ethics. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 3–53. <https://doi.org/10.1080/10508400903452884>
- Detterman, D. K. (1993). The case of the prosecution: Transfer as an epiphenomenon. In D. K. Detterman & R. J. Sternberg (Hrsg.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (1–24). Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- Deuse, J., Weisner, K., Hengstebeck, A. & Busch, F. (2015). Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 99–109). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7_11
- Diezemann, E., Homrighausen, T. & Bender, S. (2018). Ausbildung mittels VR-Technologie am konkreten Fall des KFZ-Handwerks. *Berufsbildung*, 72(171), 28–31.

- Disztinger, P., Schlögl, S. & Groth, A. (2017). Technology acceptance of virtual reality for travel planning. In R. Schegg & B. Stangl (Hrsg.), *Information and communication technologies in tourism 2017* (S. 255–268). Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51168-9>
- Dong, L., Sun, H. & Fang, Y. (2007). Do perceived leadership behaviors affect user technology beliefs? An examination of the impact of project champions and direct managers. *Communications of the Association for Information Systems*, 19(31), 2–42. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.01931>
- Dörner, R., Jung, B., Grimm, P., Broll, W. & Göbel, M. (2013). Einleitung. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und augmented reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (1–32). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ebner, A. (2017). *Konzeption eines Virtual Reality unterstützten, teambasierten Planungssystems für die Baustelleneinrichtungsplanung*. Dissertation. Technische Universität München, München.
- Eder, A. (2015). Akzeptanz von Bildungstechnologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 19–44. <https://doi.org/10.48513/joted.v3i2.57>
- Farrell, M. J., Arnold, P., Pettifer, S., Adams, J., Graham, T. & MacManamon, M. (2003). Transfer of route learning from virtual to real environments. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(4), 219–227. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.9.4.219>
- Farshid, M., Paschen, J., Eriksson, T. & Kietzmann, J. (2018). Go boldly!: Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business. *Business Horizons*, 61(5), 657–663. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.05.009>
- Fenn, J. & Blosch, M. (2018). *Understanding Gartner's Hype Cycles*. Zugriff am 23.10.2020. Verfügbar unter <https://www.gartner.com/en/documents/3887767>
- Fetscherin, M. & Lattemann, C. (2008). User acceptance of virtual worlds. *Journal of Electronic Commerce Research*, 9(3), 231–242.
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior. An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Fogarty, J., McCormick, J. & El-Tawil, S. (2017). Improving student understanding of complex spatial arrangements with virtual reality. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 144(2), 1–10. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EL.1943-5541.0000349](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EL.1943-5541.0000349)
- Franke, T., Attig, C. & Wessel, D. (2019). A personal resource for technology interaction: development and validation of the affinity for technology interaction (ATI) scale. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 35(6), 456–467. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1456150>
- Freina, L. & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *eLearning and Software for Education (eLSE) Conference Proceedings* (1–8).
- Gartner. (2017). *Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017*. Zugriff am 23.10.2020. Verfügbar unter <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>
- Gartner. (2018). *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018*. Zugriff am 23.10.2020. Verfügbar unter <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>

- Gartner. (2019). *Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2019*. Zugriff am 23.10.2020. Verfügbar unter <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-appear-on-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2019/>
- Gartner. (2020). *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2020*. Zugriff am 23.10.2020. Verfügbar unter <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-drive-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2020/>
- Gebhardt, J., Grimm, A. & Neugebauer, L. M. (2015). Entwicklungen 4.0–Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 45–61. <https://doi.org/10.48513/joted.v3i2.58>
- Gefen, D. & Straub, D. W. (1997). Gender differences in the perception and use of e-mail. An extension to the technology acceptance model. *MIS Quarterly*, 21(4), 389–400. <https://doi.org/10.2307/249720>
- Gentner, D., Loewenstein, J. & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 303–408. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.2.393>
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychologist*, 15, 1–38. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(83\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0010-0285(83)90002-6)
- Ginner, M. (2018). *Akzeptanz von digitalen Zahlungsdienstleistungen*. Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19706-3>
- Glenberg, A. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 4(1), 586–596. <https://doi.org/10.1002/wcs.55>
- Göbel, G. & Sonntag, R. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In J. Kowal, A. Kuzio, J. Mäkiö, G. Paliwoda-Pekosz, P. Soja & R. Sonntag (Hrsg.), *ICT Management for Global Competiveness and Economic Growth in Emerging Economies (ICTM)* (47–58).
- Goh, W. W., Hong, J. L. & Gunawan, W. (2014). Exploring Lecturers' Perceptions of Learning Management System: An empirical study based on TAM. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 4(3), 48–54. <https://doi.org/10.3991/ijep.v4i3.3497>
- Gralak, R. (2020). A method of navigational information display using augmented virtuality. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(4), 237–254.
- Granić, A. & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2572–2593. <https://doi.org/10.1111/bjet.12864>
- Greeno, J. G., Collins, A. M. & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. Berliner & R. Calfee (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (15–46). New York: Macmillan.
- Grimm, P., Herold, R., Reiners, D. & Cruz-Neira, C. (2018). VR-Ausgabegeräte. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 127–156). Berlin: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-29009-2_8
- Groner, R., Raess, S. & Sury, P. (2008). Usability: Systematische Gestaltung und Optimierung von Benutzerschnittstellen. In B. Batinic & M. Appel (Hrsg.), *Medienpsychologie* (S. 425–448). Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-46899-8_18
- Guo, Q. (2015). Learning in a mixed reality system in the context of 'Industrie 4.0'. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 92–115. <https://doi.org/10.48513/joted.v3i2.60>
- Guo, Q. (2020). User Experience Design und Evaluation in immersiven Virtual-Reality-Umgebungen. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte*

- Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung* (31–55). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Hackbarth, G., Grover, V. & Mun, Y. Y. (2003). Computer playfulness and anxiety: positive and negative mediators of the system experience effect on perceived ease of use. *Information & Management*, 40(3), 221–232. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(02\)00006-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(02)00006-X)
- Han, I. (2019). Immersive virtual field trips in education: A mixed-methods study on elementary students' presence and perceived learning. *British Journal of Educational Technology*, 15(2), 420–435. <https://doi.org/10.1111/bjet.12842>
- Hänisch, T. (2017). Grundlagen Industrie 4.0. In V. P. Andelfinger & T. Hänisch (Hrsg.), *Industrie 4.0. Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern* (S. 9–32). Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15557-5>
- Heeter, C. (1992). Being there: The subjective experience of presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1, 262–271. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.2.262>
- Herber, E., Schmidt-Hertha, B., Zauchner, S. & Kierlinger-Seiberl, S. (2011). Erwachsenen- und Weiterbildung - Technologieeinsatz beim Lernen und Lehren mit Erwachsenen. In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2–6). Berlin: epubli.
- Herz, M. & Rauschnabel, P. A. (2019). Understanding the diffusion of virtual reality glasses: The role of media, fashion and technology. *Technological Forecasting & Social Change*, 138, 228–242. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.09.008>
- Hill, T., Smith, N. D. & Mann, M. F. (1987). Role of efficacy expectations in predicting the decision to use advanced technologies: The case of computers. *Journal of applied psychology*, 72(2), 307–313. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.72.2.307>
- Hong, W., Thong, J. Y. L. & Wai-Man Wong, K.-Y. T. (2002). Determinants of user acceptance of digital libraries. An empirical examination of individual differences and system characteristics. *Journal of Management Information Systems*, 18(3), 97–124. <https://doi.org/10.1080/07421222.2002.11045692>
- Höntzsch, S., Katzky, U., Bredl, K., Kappe, F. & Krause, D. (2013). Simulationen und simulierte Welten. Lernen in immersiven Lernumgebungen. In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *L3T - Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Auflage). Berlin: epubli.
- Howe, F. & Knutzen, S. (2013). *Digitale Medien in der gewerblich-technischen Berufsausbildung. Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien in Lern- und Arbeitsaufgaben*. Bonn: foraus.de.
- Hu, P. J., Chau, P. Y. K., Sheng, O. R. L. & Tam, K. Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112.
- Huygelier, H., Schraepen, B., van Ee, R., Vanden Abeele, V. & Gillebert, C. R. (2019). Acceptance of immersive head-mounted virtual reality in older adults. *Scientific reports*, 9(4519), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41200-6>
- Ibili, E., Resnyansky, D. & Billinghamurst, M. (2019). Applying the technology acceptance model to understand maths teachers' perceptions towards an augmented reality tutoring system. *Education and Information Technologies*, 24(5), 2653–2675. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09925-z>
- Igbaria, M., Guimaraes, T. & Davis, G. B. (1995). Testing the determinants of microcomputer usage via a structural equation model. *Journal of Management Information Systems*, 11(4), 87–114.

- Igbaria, M. & Iivari, J. (1995). The effects of self-efficacy on computer usage. *Omega - International Journal of Management Science*, 23(6), 587–605. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(95\)00035-6](https://doi.org/10.1016/0305-0483(95)00035-6)
- Igbaria, M., Zinatelli, N., Cragg, P. & Cavaye, A. L. M. (1997). Personal computing acceptance factors in small firms. A structural equation model. *MIS Quarterly*, 21(3), 279–305. <https://doi.org/10.2307/249498>
- Im, T., An, D., Kwon, O.-Y. & Kim, S.-Y. (2017). A virtual reality based engine training system. A prototype development & evaluation. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017)* (262–267).
- Jacobs, J. K., Kawanaka, T. & Stigler, J. W. (1999). Integrating qualitative and quantitative approaches to the analysis of video data on classroom teaching. *International Journal of Educational Research*, 31(8), 717–724. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00036-1)
- Jang, J., Ko, Y., Shin, W. S. & Han, I. (2021). Augmented Reality and Virtual Reality for Learning: An Examination Using an Extended Technology Acceptance Model. *IEEE Access*, 9, 6798–6809.
- Jensen, L. & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 1515–1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Jimenez, I. A. C., García, L. C. C., Violante, M. G., Marcolin, F. & Vezzetti, E. (2021). Commonly Used External TAM Variables in e-Learning, Agriculture and Virtual Reality Applications. *Future Internet*, 13(7), 1–21. <https://doi.org/10.3390/fi13010007>
- Johnson-Glenberg, M. C. (2018). Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and hand controls. *Frontiers in Robotics and AI*, 5(81), 1–19. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00081>
- Juan, Y.-K., Chen, H.-H. & Chi, H.-Y. (2018). Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales. *Applied Sciences*, 8(6), 1–12. <https://doi.org/10.3390/app8060952>
- Kagermann, H. (2017). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernshansl & M. ten Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0* (S. 235–246). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53254-6>
- Kamińska, D., Sapiński, T., Aitken, N., Della Rocca, A., Barańska, M. & Wietsma, R. (2017). Virtual reality as a new trend in mechanical and electrical engineering education. *Open Physics*, 15(1), 936–941. <https://doi.org/10.1515/phys-2017-0114>
- Kärcher, B. (2015). Alternative Wege in die Industrie 4.0. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 47–58). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45915-7>
- Kerres, M. (2013). *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote* (4., überarbeitete und aktualisierte Auflage). München: Oldenbourg. <https://doi.org/10.1524/9783486736038>
- King, W. R. & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management*, 43(6), 740–755. <https://doi.org/10.1016/j.im.2006.05.003>
- Klatzky, R. L. (1998). Allocentric and egocentric spatial representations: Definitions, distinctions, and interconnections. In C. Freksa, C. Habel & K. Wendeler (Hrsg.), *Spacial cognition. An interdisciplinary approach to representing and processing spatial knowledge* (1–17). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kohnke, O. (2015). *Anwenderakzeptanz unternehmensweiter Standardsoftware: Theorie, Einflussfaktoren und Handlungsempfehlungen*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-08206-2>
- Kohnke, O. & Bungard, W. (2009). Change Management und unternehmensweite Standardsoftwaresysteme. Maßnahmen zur Erhöhung der Anwenderakzeptanz. *Führung und Organisation*, 78(6), 304–310.

- Kohnke, O. & Müller, K. (2009). Modellbasierte Evaluation der Anwenderakzeptanz von Standardsoftware. In H. Wandke & S. Kain (Hrsg.), *Mensch & Computer 2009: Grenzenlos frei!?* (153–162). München: Oldenbourg.
- Kohnke, O., Wolf, T. R. & Müller, K. (2011). Managing user acceptance. An empirical investigation in the context of business intelligence standard software. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 5(4), 269–290.
- Kollmann, T. (1997). *Akzeptanz innovativer Nutzungsgüter und -systeme. Konsequenzen für die Einführung von Telekommunikations- und Multimediasystemen*. Wiesbaden: Springer.
- Kopp, B., Dvorak, S. & Mandl, H. (2003). *Evaluation des Einsatzes von Neuen Medien im Projekt „Geoinformation - Neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittfachs“ (Forschungsbericht Nr. 161)*. München: Ludwig-Maximilians-Universität.
- Kreutzer, R. T. (2015). *Digitale Revolution. Auswirkungen auf das Marketing*. Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-09394-5>
- Kulzer, M. & Burmester, M. (2020). Towards explainable and sustainable wow experiences with technology. *Multimodal Technologies and Interaction*, 4(3), 49–67. <https://doi.org/10.3390/mti4030049>
- Lam, S. Y., Chiang, J. & Parasuraman, A. (2008). The effects of the dimensions of technology readiness on technology acceptance. An empirical analysis. *Journal of Interactive Marketing*, 22(4), 19–39. <https://doi.org/10.1002/dir.20119>
- Laugwitz, B., Schrepp, M. & Held, T. (2006). Konstruktion eines Fragebogens zur Messung der User Experience von Softwareprodukten. In A. M. Heinecke & H. Paul (Hrsg.), *Mensch & Computer 2006: Mensch und Computer im Strukturwandel* (S. 125–134). München: Oldenbourg. <https://doi.org/10.1524/9783486841749.125>
- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Lee, Y., Kozar, K. A. & Larsen, K. R. T. (2003). The technology acceptance model. Past, present, and future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(50), 752–780. <https://doi.org/10.17705/ICAIS.01250>
- Legris, P., Ingham, J. & Colletette, P. (2003). Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model. *Information & Management*, 40(3), 191–204. [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
- Lemke, M., Deininger, L. & Henzler, P. (2016). Die virtuelle Welt von STIHL. In ANDREAS STIHL AG & Co. KG (Hrsg.), *Blick ins Werk* (35).
- Lewis, W., Agarwal, R. & Sambamurthy, V. (2003). Sources of influence on beliefs about information technology use: An empirical study of knowledge workers. *MIS Quarterly*, 27(4), 657–678. <https://doi.org/10.2307/30036552>
- Liao, H.-L. & Lu, H.-P. (2008). The role of experience and innovation characteristics in the adoption and continued use of e-learning websites. *Computers & Education*, 51(4), 1405–1416. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.11.006>
- Liaw, S.-S. & Huang, H.-M. (2003). An investigation of user attitudes toward search engines as an information retrieval tool. *Computers in Human Behavior*, 19(6), 751–765. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(03\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(03)00009-8)

- Lin, P.-C., Lu, H. K. & Liu, C. (2013). Towards an education behavioral intention model for e-learning systems. An extension of UTAUT. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 47(3), 1120–1127.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S. & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001>
- Liu, Q., Wang, Y., Tang, Q. & Liu, Z. (2020). Do you feel the same as I do? Differences in virtual reality technology experience and acceptance between elderly adults and college students. *Frontiers in Psychology*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.573673>
- Liu, S.-H., Liao, H.-L. & Pratt, J. A. (2009). Impact of media richness and flow on e-learning technology acceptance. *Computers & Education*, 52(3), 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.11.002>
- Lobato, J. (2003). How design experiments can inform a rethinking of transfer and vice versa. *Educational Researcher*, 32(1), 17–20. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001017>
- Lobato, J. (2012). The actor-oriented transfer perspective and its contributions to educational research and practice. *Educational Psychologist*, 47(3), 232–247. <https://doi.org/10.1080/00461520.2012.693353>
- 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. <https://doi.org/10.14742/ajet.2532>
- Lombard, M., Snyder-Duch, J. & Bracken, C. C. (2002). Content analysis in mass communication: Assessment and reporting of intercoder reliability. *Human communication research*, 28(4), 587–604. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2002.tb00826.x>
- Lu, J., Yu, C.-S., Liu, C. & Yao, J. E. (2003). Technology acceptance model for wireless Internet. *Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy*, 13(3), 206–222.
- Lucke, D. (1995). *Akzeptanz. Legitimität in der Abstimmungsgesellschaft*. Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-09234-6>
- Ma, Q. & Liu, L. (2004). The technology acceptance model: A meta-analysis of empirical findings. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, 16(1), 59–72. <https://doi.org/10.4018/joeuc.2004010104>
- Ma, W. W.-k., Andersson, R. & Streith, K.-O. (2005). Examining user acceptance of computer technology. An empirical study of student teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(6), 387–395. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00145.x>
- Manis, K. T. & Choi, D. (2019). The virtual reality hardware acceptance model (VR-HAM): Extending and individuating the technology acceptance model (TAM) for virtual reality hardware. *Journal of Business Research*, 100, 503–513. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.10.021>
- Mann, S., Furness, T., Yuan, Y., Iorio, J. & Wang, Z. (2018). *All reality: Virtual, augmented, mixed (X), mediated (X,Y), and multimediated reality*. Zugriff am 07.06.2021. Verfügbar unter <https://arxiv.org/abs/1804.08386>
- Marangunić, N. & Granić, A. (2015). Technology acceptance model. A literature review from 1986 to 2013. *Universal Access in the Information Society*, 14(1), 81–95. <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0348-1>
- Maydl, E. (1987). *Technologie-Akzeptanz im Unternehmen. Mitarbeiter gewinnen für neue Informationstechnologien*. Wiesbaden: Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-86321-8>
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (12., überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz.

- McPhail, C., Khoza, N., Abler, L. & Ranganathan, M. (2016). Process guidelines for establishing intercoder reliability in qualitative studies. *Qualitative Research*, 16(2), 198–212. <https://doi.org/10.1177/1468794115577012>
- Meier, C. & Seufert, S. (2003). Game-based learning: Erfahrungen mit und Perspektiven für digitale Lernspiele in der beruflichen Bildung. In A. Hohenstein & K. Wilbers (Hrsg.), *Handbuch E-Learning. Expertenwissen aus Wissenschaft und Praxis* (1–17). Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst.
- Meister, D. M. & Kamin, A.-M. (2010). Digitale Lernwelten in der Erwachsenen- und Weiterbildung. In K.-U. Hugger & M. Walber (Hrsg.), *Digitale Lernwelten: Konzepte, Beispiele und Perspektiven* (S. 103–114). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92365-9>
- Milgram, P. & Colquhoun, H. (1999). A taxonomy of real and virtual world display integration. *Mixed reality: Merging real and virtual worlds*, 1–26.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsami, A. & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 2351* (282–292). International Society for Optics and Photonics.
- Mitzner, T. L., Boron, J. B., Fausset, C. B., Adams, A. E., Charness, N., Czaja, S. J., Dijkstra, K., Fisk, A. D., Rogers, W. A. & Sharit, J. (2010). Older adults talk technology: Technology usage and attitudes. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1710–1721. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.06.020>
- Moore, G. C. & Benbasat, I. (1991). Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. *Information Systems Research*, 2(3), 192–222. <https://doi.org/10.1287/isre.2.3.192>
- Morris, M. G. & Venkatesh, V. (2000). Age differences in technology adoption decisions. Implications for a changing work force. *Personnel Psychology*, 53(2), 375–403. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2000.tb00206.x>
- Muller, N., Panzoli, D., Galaup, M., Lagarrigue, P. & Jessel, J.-P. (2017). Learning mechanical engineering in a virtual workshop. A preliminary study on utilisability, utility and acceptability. In IEEE (Hrsg.), *9th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications* (55–62).
- Müller, A. & Leidl, M. (2007). eLearning in der dritten Dimension. Ein Seminar zwischen Web 2.0 und virtuellen Welten. In M. Merkt, K. Mayrberger, R. Schulmeister, A. Sommer & I. van den Berk (Hrsg.), *Studieren neu erfinden - Hochschule neu denken* (Medien in der Wissenschaft, Bd. 44, 136–145). Münster u. a.: Waxmann.
- Müller-Böling, D. & Müller, M. (1986). *Akzeptanzfaktoren in der Bürokommunikation*. München: Oldenbourg.
- Murcia López, M. (2018). *The effectiveness of training in virtual environments*. Dissertation. UCL (University College London).
- Mütterlein, J. & Hess, T. (2017). Immersion, presence, interactivity: Towards a joint understanding of factors influencing virtual reality acceptance and use. In *Twenty-third American Conference on Information Systems* (1–10). Boston.
- Niklas, S. (2014). *Akzeptanz und Nutzung mobiler Applikationen*. Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-08263-5>
- Núñez, R., Edwards, L. D. & Matos, F. J. (1999). Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 39, 45–65.
- O’Leary, D. E. (2008). Gartner’s hype cycle and information system research issues. *International Journal of Accounting Information Systems*, 9(4), 240–252. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2008.09.001>

- Padilla-Meléndez, A., Del Aguila-Obra, A. R. & Garrido-Moreno, A. (2013). Perceived playfulness, gender differences and technology acceptance model in a blended learning scenario. *Computers & Education*, 63, 306–317. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.014>
- Pantelidis, V. S. (1997). Virtual reality and engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 5(1), 3–12. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0542\(1997\)5:1<3::AID-CAE1>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0542(1997)5:1<3::AID-CAE1>3.0.CO;2-H)
- Park, N., Lee, K. M. & Cheong, P. H. (2007). University instructors' acceptance of electronic courseware. An application of the technology acceptance model. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 163–186. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2007.00391.x>
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. *Journal of consumer research*, 21(2), 381–391. <https://doi.org/10.1086/209405>
- Pikkarainen, T., Pikkarainen, K., Karjaluoto, H. & Pahnla, S. (2004). Consumer acceptance of online banking. An extension of the technology acceptance model. *Internet Research*, 14(3), 224–235. <https://doi.org/10.1108/10662240410542652>
- Plechatá, A., Sahula, V., Fayette, D. & Fajnerová, I. (2019). Age-related differences with immersive and non-immersive virtual reality in memory assessment. *Frontiers in Psychology*, 10(130), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01330>
- Pletz, C., Lemke, M. & Deininger, L. (2020). Technologieakzeptanz des virtuellen Verkaufsraums VR2GO in der Firma ANDREAS STIHL AG & CO. KG. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung* (257-283). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Pletz, C. (2021). Which factors promote and inhibit the technology acceptance of immersive virtual reality technology in teaching-learning contexts? Results of an expert survey. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(13).
- Pletz, C. & Zinn, B. (2018). Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), 86-105. <https://doi.org/10.48513/joted.v6i4.143>
- Pletz, C. & Zinn, B. (2020a). Eine explorative Studie zu potentiellen Anwendungsfeldern von VR in technischen Domänen. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung* (115-140). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Pletz, C. & Zinn, B. (2020b). Evaluation of an immersive virtual learning environment for operator training in mechanical and plant engineering using video analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2159–2179. <https://doi.org/10.1111/bjet.13024>
- Pletz, C. & Zinn, B. (2020c). Wie lässt sich die Technologieakzeptanz virtueller Lern- und Arbeitsumgebungen erklären? Ein Überblick zu theoretischen Ansatzpunkten und dem Forschungsstand. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung* (57-85). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M. & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants: Part 1. *On the horizon*, 9(5), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>

- Putra, I. D. G. R. D., Saukah, A., Basthomi, Y. & Irawati, E. (2020). The acceptance of the english language learning mobile application Hello English across gender and experience differences. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(15), 219–228.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rama, M. D., de Ridder, H. & Bouma, H. (2001). Technology generation and age in using layered user interfaces. *Gerontechnology*, 1(1), 25–40. <https://doi.org/10.4017/gt.2001.01.01.003.00>
- Rambusch, J. & Ziemke, T. (2005). The role of embodiment in situated learning. In *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (1803–1808). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rasimah, C. M. Y., Ahmad, A. & Zaman, H. B. (2011). Evaluation of user acceptance of mixed reality technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(8), 1369–1387. <https://doi.org/10.14742/ajet.899>
- Rauniar, R., Rawski, G., Yang, J. & Johnson, B. (2014). Technology acceptance model (TAM) and social media usage: an empirical study on Facebook. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(1), 6–30. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2012-0011>
- Reed, S. K. (2012). Learning by mapping across situations. *The Journal of The Learning Sciences*, 21(3), 353–398. <https://doi.org/10.1080/10508406.2011.607007>
- Renn, O. (1986). Akzeptanzforschung: Technik in der gesellschaftlichen Auseinandersetzung. *Chemie in unserer Zeit*, 20(2), 44–52. <https://doi.org/10.1002/ciuz.19860200203>
- Roberts, A. R., De Schutter, B., Franks, K. & Radina, M. E. (2018). Older adults' experiences with audiovisual virtual reality: perceived usefulness and other factors influencing technology acceptance. *Clinical Gerontologist*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/07317115.2018.1442380>
- Rogers, W. A. & Fisk, A. D. (2010). Toward a psychological science of advanced technology design for older adults. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, 65B(6), 645–653. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbq065>
- Rose, F. D., Attree, E. A., Brooks, B. M., Parslow, D. M. & Penn, P. R. (2000). Training in virtual environments: transfer to real world tasks and equivalence to real task training. *Ergonomics*, 43(4), 494–511. <https://doi.org/10.1080/001401300184378>
- Rouibah, K., Hamdy, H. I. & Al-Enezi, A. Z. (2008). Effect of management support, training, and user involvement on system usage and satisfaction in Kuwait. *Industrial Management & Data Systems*, 109(3), 338–356.
- Sagnier, C., Loup-Escande, E., Lourdeaux, D., Thouvenin, I. & Valléry, G. (2020). User acceptance of virtual reality: an extended technology acceptance model. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(11), 993–1007. <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1708612>
- Sagnier, C., Loup-Escande, E. & Valléry, G. (2019). Effects of gender and prior experience in immersive user experience with virtual reality. In T. Ahram & C. Falcão (Hrsg.), *Advances in usability and user experience. Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Usability & User Experience, and Human Factors and Assistive Technology, July 24-28, 2019, Washington D.C., USA* (305–314). Springer.
- Satter, K. & Butler, A. (2015). Competitive usability analysis of immersive virtual environments in engineering design review. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 15, 1–12. <https://doi.org/10.1115/1.4029750>

- Schäfer, T. (2011). *Statistik II*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-92089-4>
- Schepers, J. & Wetzels, M. (2007). A meta-analysis of the technology acceptance model. Investigating subjective norm and moderation effects. *Information & Management*, 44(1), 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.im.2006.10.007>
- Scherer, R., Siddiq, F. & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. *Computers & Education*, 128, 13–35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.009>
- Schiefele, U. (1990). Thematisches Interesse, Variablen des Lernprozesses und Textverstehen. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 37(2), 304–332.
- Schillewaert, N., Ahearne, M. J., Frambach, R. T. & Moenaert, R. K. (2005). The adoption of information technology in the sales force. *Industrial Marketing Management*, 34(4), 323–336. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2004.09.013>
- Schnabel, M. A. & Kvan, T. (2003). Spatial understanding in immersive virtual environments. *International Journal of Architectural Computing*, 4(1), 435–448. <https://doi.org/10.1260/147807703773633455>
- Schnotz, W. & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19(4), 469–508. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4>
- Schuster, K. (2015). *Einfluss natürlicher Benutzerschnittstellen zur Steuerung des Sichtfeldes und der Fortbewegung auf Rezeptionsprozesse in virtuellen Lernumgebungen*. Marburg: Tectum Wissenschaftsverlag.
- Schwan, S. & Buder, J. (2006). *Virtuelle Realität und E-Learning*. Zugriff am 15.10.2018. Verfügbar unter www.e-teaching.org
- Senderek, R. & Geisler, K. (2015). Assistenzsysteme zur Lernunterstützung in der Industrie 4.0. In S. Rathmayer & H. Pongratz (Hrsg.), *Proceedings der Pre-Conference Workshops der 13. E-Learning Fachtagung Informatik* (36–46).
- Shen, C.-w., Ho, J.-t., Ly, P. T. M. & Kuo, T.-c. (2019). Behavioural intentions of using virtual reality in learning: perspectives of acceptance of information technology and learning style. *Virtual Reality*, 23(3), 313–324. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0348-1>
- Simon, B. (2001). *E-Learning an Hochschulen. Gestaltungsräume und Erfolgsfaktoren von Wissensmedien*. Köln: Josef Eul Verlag.
- Singley, M. K. & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skills*. Cambridge: Harvard University Press.
- Slater, M. & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603–616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Sportillo, D., Avveduto, G., Tecchia, F. & Carrozzino, M. (2015). Training in VR: A preliminary study on learning assembly/disassembly sequences. In L. T. de Paolis & A. Mongelli (Hrsg.), *International Conference on Augmented and Virtual Reality AVR 2015* (332–343). Switzerland: Springer International Publishing.
- Sprenger, D. A. & Schwaninger, A. (2021). Technology acceptance of four digital learning technologies (classroom response system, classroom chat, e-lectures, and mobile virtual reality) after three months' usage. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00243-4>

- Steinmetz, H. (2015). *Lineare Strukturgleichungsmodelle: Eine Einführung mit R* (Sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden, Bd. 9, 2. verbesserte Auflage). München und Mering: Rainer Hampp Verlag.
- Stigler, J. W., Gallimore, R. & Hiebert, J. (2000). Using video surveys to compare classrooms and teaching across cultures: Examples and lessons from the TIMMS video survey. *Educational Psychologist*, 35(2), 87–100. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3502_3
- Subramanian, G. H. (1994). A replication of perceived usefulness and perceived ease of use measurement. *Decision Sciences*, 25(5-6), 863–874. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1994.tb01873.x>
- Šumak, B., Heričko, M. & Pušnik, M. (2011). A meta-analysis of e-learning technology acceptance. The role of user types and e-learning technology types. *Computers in Human Behavior*, 27(6), 2067–2077. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.08.005>
- Sutherland, I. (1965). The Ultimate Display. In *Proceedings of IFIP Congress* (506–508).
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Syben, G. (2018). Bauen 4.0 und die Folgen für die Arbeit in Bauunternehmen. *WSI-Mitteilungen*, 71(3), 196–203. <https://doi.org/10.5771/0342-300X>
- Syed-Abdul, S., Malwade, S., Nursetyo, A. A., Sood, M., Bhatia, M., Barsasella, D., Liu, M. F., Chang, C.-C., Srinivasan, K. & Raja, M. (2019). Virtual reality among the elderly: a usefulness and acceptance study from Taiwan. *BMC geriatrics*, 19(223), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1218-8>
- Tan, P. J. B. (2013). Applying the UTAUT to understand factors affecting the use of English e-learning websites in Taiwan. *Sage Open*, 3(4), 1-12. <https://doi.org/10.1177/2158244013503837>
- Taylor, S. & Todd, P. A. (1995). Understanding information technology usage. A test of competing models. *Information Systems Research*, 6(2), 144–176. <https://doi.org/10.1287/isre.6.2.144>
- Tenberg, R. & Pittich, D. (2017). Ausbildung 4.0 oder 1.2? Analyse eines technisch-betrieblichen Wandels und dessen Implikationen für die technische Berufsausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 5(1), 27–46. <https://doi.org/10.48513/joted.v5i1.94>
- Tessmer, M. (1993). *Planning and conducting formative evaluations. Improving the quality of education and training*. London: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203061978>
- Thomas, O., Metzger, D. & Niegemann, H. (Hrsg.). (2018a). *Digitalisierung in der Aus-und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Berlin: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3>
- Thomas, O., Metzger, D., Niegemann, H., Welk, M. & Becker, T. (2018b). GLASSROOM - Kompetenzaufbau und -entwicklung in virtuellen Lebenswelten. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus-und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 2–19). Berlin: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3>
- Thompson, R. L., Higgins, C. A. & Howell, J. M. (1991). Personal computing. Toward a conceptual model of utilization. *MIS Quarterly*, 15(1), 125–143. <https://doi.org/10.2307/249443>
- Tom Dieck, D., tom Dieck, M. C., Jung, T. & Moorhouse, N. (2018). Tourists' virtual reality adoption: an exploratory study from Lake District National Park. *Leisure Studies*, 37(4), 371–383. <https://doi.org/10.1080/02614367.2018.1466905>
- Tsay, C. H.-H., Kofinas, A. K., Trivedi, S. K. & Yang, Y. (2020). Overcoming the novelty effect in online gamified learning systems: An empirical evaluation of student engagement and performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(2), 128–146. <https://doi.org/10.1111/jcal.12385>

- Turner, M., Kitchenham, B., Brereton, P., Charters, S. & Budgen, D. (2010). Does the technology acceptance model predict actual use? A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 52(5), 463–479. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2009.11.005>
- Ullrich, A., Vladova, G., Thim, C. & Gronau, N. (2015). Akzeptanz und Wandlungsfähigkeit im Zeichen der Industrie 4.0. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 52(5), 769–789. <https://doi.org/10.1365/s40702-015-0167-8>
- Urban, D. & Mayerl, J. (2011). *Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung* (4., überarbeitete und erweiterte Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-90141-1>
- Van der Heijden, H. (2004). User acceptance of hedonic information systems. *MIS Quarterly*, 28(4), 695–704. <https://doi.org/10.2307/25148660>
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use. Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4), 342–365. <https://doi.org/10.1287/isre.11.4.342.11872>
- Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Venkatesh, V. & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model. Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology. Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L. & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157–178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Vergara, D., Rubio, M. P. & Lorenzo, M. (2017). On the design of virtual reality learning environments in engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/mti1020011>
- Vodanovich, S., Sundaram, D. & Myers, M. (2010). Research commentary - digital natives and ubiquitous information systems. *Information Systems Research*, 21(4), 711–723. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0324>
- Wells, J. D., Campbell, D. E., Valacich, J. S. & Featherman, M. (2010). The effect of perceived novelty on the adoption of information technology innovations: a risk/reward perspective. *Decision Sciences*, 41(4), 813–843. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2010.00292.x>
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511803932>
- Willeke, S. & Kasselmann, S. (2016). Einführung interaktiver Assistenzsysteme über Reifegradmodelle. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111(11), 691–695. <https://doi.org/10.3139/104.111625>
- Windelband, L. & Dworschak, B. (2015). Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In H. Hirsch-Kreunsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit* (S. 71–86). Berlin: Nomos Verlag. <https://doi.org/10.5771/9783845283340>
- Witmer, B. G. & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>

- Wong, E. Y.-c., Kong, K. H. & Hui, R. T.-y. (2017). The influence of learners' openness to IT experience on the attitude and perceived learning effectiveness with virtual reality technologies. In IEEE (Hrsg.), *International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (118–123).
- Woodworth, R. S. & Thorndike, E. L. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. *Psychological Review*, 8, 247–261. <https://doi.org/10.1037/h0074898>
- Yarbrough, A. K. & Smith, T. B. (2007). Technology acceptance among physicians: a new take on TAM. *Medical Care Research and Review*, 64(6), 650–672. <https://doi.org/10.1177/1077558707305942>
- Yi, M. Y. & Hwang, Y. (2003). Predicting the use of web-based information systems. Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(4), 431–449. [https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00114-9](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00114-9)
- Zhang, K., Suo, J., Chen, J., Liu, X. & Gao, L. (2017). Design and implementation of fire safety education system on campus based on virtual reality technology. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)* (1297–1300).
- Zinn, B. (2015). Conditional variables of 'Ausbildung 4.0'–Vocational education for the future. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 10–18. <https://doi.org/10.48513/joted.v3i2.55>
- Zinn, B. (2017). Digitalisierung der Arbeit - Kompetenzerwartungen des Beschäftigungssystems und didaktische Implikationen. In B. Bonz, H. Schanz & J. Seifried (Hrsg.), *Berufsbildung vor neuen Herausforderungen - Wandel von Arbeit und Wirtschaft, Berufsbildung konkret* (Bd. 13, 163–176). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Zinn, B. (Hrsg.). (2020). *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Zinn, B. & Ariali, S. (2020). Technologiebasierte Erfahrungswelten - Lehren und Lernen zwischen Virtualität und Realität. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung* (13-30). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Zinn, B., Guo, Q. & Sari, D. (2016). Entwicklung und Evaluation der virtuellen Lern- und Arbeitsumgebung VILA. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1), 89–117. <https://doi.org/10.48513/joted.v4i1.71>
- Zinn, B., Pletz, C., Guo, Q. & Ariali, S. (2020). Konzeptionierung virtueller Lehr- und Lernarrangements im Kontext des industriellen Dienstleistungsbereichs des Maschinen- und Anlagenbaus. In B. Zinn (Hrsg.), *Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung. Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung - Theorie und Anwendung* (169-184). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Zobel, B., Werning, S., Berkemeier, L. & Thomas, O. (2018a). Augmented- und Virtual-Reality-Technologien zur Digitalisierung der Aus- und Weiterbildung - Überblick, Klassifikation und Vergleich. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 20–34). Berlin: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3_2
- Zobel, B., Werning, S., Metzger, D. & Thomas, O. (2018b). Augmented und Virtual Reality: Stand der Technik, Nutzungspotenziale. In C. de Witt & C. Gloerfeld (Hrsg.), *Handbuch Mobile Learning* (S. 123–140). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56551-3_2

Anhang

1. Studie 1.....	206
1.1. Verwendeter Fragebogen.....	206
2. Studie 2.....	211
2.1. Verwendeter Fragebogen.....	211
3. Studie 3.....	216
3.1. Verwendete Fragebögen	216
3.2. Beobachtungsprotokoll des Experten	219
4. Studie 4.....	220
4.1. Interviewleitfaden	220
4.2. Kategoriensystem	223

1. Studie 1

1.1. Verwendeter Fragebogen

MUSTER

EvaSys	Virtual Reality Technologie im beruflichen Kontext	
		<input checked="" type="checkbox"/>

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Instruktion

Sehr geehrte/r Teilnehmer/in,

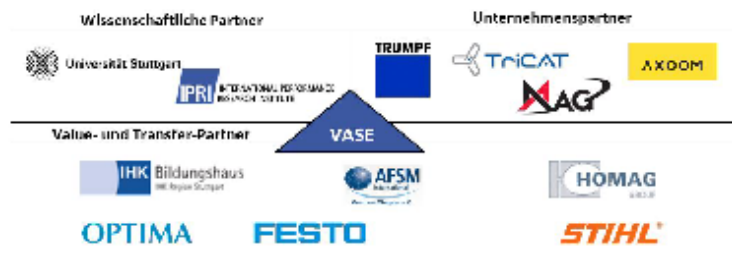
vielen Dank für Ihr Interesse an unserer wissenschaftlichen Befragung! Bitte lesen Sie sich die nachfolgenden Informationen aufmerksam durch.

Das Ziel der Befragung ist es, Informationen über das Interesse an der Virtual Reality Technologie im beruflichen Kontext sowie Einstellungen dazu zu erlangen. Sie dauert ca. 5 Minuten.

Ihre Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können Ihre Teilnahme jederzeit und ohne die Angabe von Gründen abbrechen, ohne dass Ihnen daraus Nachteile entstehen. Bitte beantworten Sie die Fragen der Reihe nach und so genau und ehrlich wie möglich. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, wir sind nur an Ihrer ehrlichen Meinung interessiert.

Die Speicherung der Daten erfolgt unter strengsten Bestimmungen der Geheimhaltung. Das heißt es ist niemandem möglich, Ihre Daten mit Ihrem Namen in Verbindung zu bringen.

Die Befragung findet im Rahmen des Projekts "Virtual and Analytics Service im Maschinen- und Anlagenbau (VASE)" statt.



MUSTER

EvaSys	Virtual Reality Technologie im beruflichen Kontext	
--------	--	---

2. Allgemeine Angaben

2.1 Bitte geben Sie Ihre berufliche Tätigkeit an:

2.2 Ihr Geschlecht: Männlich Weiblich Keine Angabe

2.3 Ihr Alter:

2.4 Ihr höchster Bildungsabschluss:

<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss	<input type="checkbox"/> Werkreal-/Realschulabschluss	<input type="checkbox"/> Abitur
<input type="checkbox"/> Bachelor	<input type="checkbox"/> Master/Diplom	<input type="checkbox"/> Sonstiger:

2.5 Wie viele Mitarbeiter sind derzeit bei Ihrem Arbeitgeber beschäftigt?

<input type="checkbox"/> 0-9 Mitarbeiter	<input type="checkbox"/> 10-49 Mitarbeiter	<input type="checkbox"/> 50-249 Mitarbeiter
<input type="checkbox"/> > 250 Mitarbeiter		

2.6 In welchem Bereich ist Ihr Unternehmen hauptsächlich tätig?

<input type="checkbox"/> Maschinen- & Anlagenbau	<input type="checkbox"/> Elektronik/ Elektrotechnik	<input type="checkbox"/> Informatik/ Software
<input type="checkbox"/> Medizintechnik	<input type="checkbox"/> Sonstiger:	

3. Informationen zur Virtual Reality Technologie

Bitte lesen Sie sich die nachfolgenden Informationen aufmerksam durch.

Unter 'Virtual Reality' oder 'Virtueller Realität' werden computergenerierte Darstellungen von realen oder fiktiven Objekten und Umgebungen verstanden (siehe Abbildung 1). In der vorliegenden Befragung bezieht sich der Begriff 'Virtual Reality Technologie' auf vollständig virtuelle Umgebungen, in die der Nutzer mithilfe eines speziellen Headsets eintaucht. Die Headsets erzeugen ein dreidimensionales Bild der Umgebung und geben dem Nutzer das Gefühl, sich tatsächlich in der virtuellen Welt zu befinden. Spezielle Sensoren berücksichtigen dabei Kopf- und Körperbewegungen und erlauben es dem Nutzer, sich in der virtuellen Welt umzuschauen oder zu bewegen (siehe Abbildung 2).

Durch sogenannte Avatare (siehe Abbildung 1) können sich Personen (zum Beispiel ein Mitarbeiter des technischen Servicebereichs und ein Kunde) in virtuellen Räumen treffen und austauschen. Virtuelle Räume können situativ angepasst werden (zum Beispiel in Form eines Büros, einer Maschine, einer ganzen Produktionshalle oder eines Seminarraums).



Abbildung 1: Beispiel einer virtuellen Umgebung.



Abbildung 2: Nutzer mit Headsets und Sensoren.

MUSTER

4. Nutzung der Virtual Reality Technologie

4.1 Haben Sie die Virtual Reality Technologie bereits privat oder beruflich genutzt oder ausprobiert?

- ja, ich habe die Technologie bereits privat genutzt (z.B. für Spiele, Videos)
 ja, ich habe die Technologie bereits beruflich genutzt (z.B. in Schulungen, Kundenberatung)
 ja, ich habe die Technologie bereits kurz ausprobiert (z.B. im Rahmen einer Informationsveranstaltung)
- nein, ich habe die Technologie noch nicht ausprobiert oder genutzt

4.2 Nutzen Sie die Virtual Reality Technologie **aktuell** im Rahmen Ihrer beruflichen Tätigkeit (z.B. in Schulungen, Kundenkontakt)? ja nein

4.3 Falls ja, für welche Tätigkeit/en nutzen Sie die Virtual Reality Technologie aktuell?

4.4 Besitzen Sie eine Virtual Reality Brille (z.B. Oculus Rift, HTC Vive)? ja nein

4.5 Haben Sie Spielerfahrung mit 3D-Spielen (PC, Konsole)? ja nein

5. Interesse an der Virtual Reality Technologie

Im Folgenden werden Ihnen Aussagen zur Virtual Reality Technologie präsentiert. Bitte geben Sie an, inwiefern die Aussagen auf Sie zutreffen.

	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>teils-teils</i>	<i>stimmt ganz genau</i>
5.1 Das Thema Virtual Reality Technologie empfinde ich als langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2 Das Thema Virtual Reality Technologie empfinde ich als gedankenanregend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3 Das Thema Virtual Reality Technologie empfinde ich als interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4 Das Thema Virtual Reality Technologie empfinde ich als spannend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.5 Das Thema Virtual Reality Technologie ist mir gleichgültig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.6 Ich fühle mich am Thema Virtual Reality Technologie beteiligt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.7 Ich bin vom Thema Virtual Reality Technologie begeistert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Das Thema Virtual Reality Technologie ist für mich persönlich...

5.8 ...bedeutsam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.9 ...unwichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.10 ...nützlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.11 ...wertlos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MUSTER

MUSTER

EvaSys

Virtual Reality Technologie im beruflichen Kontext



6. Nützlichkeit der Virtual Reality Technologie

	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>teils-teils</i>	<i>stimmt ganz genau</i>
6.1 Durch die Nutzung der Virtual Reality Technologie könnte ich meine Aufgaben schneller erledigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2 Die Nutzung der Virtual Reality Technologie würde meine Arbeit erleichtern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3 Die Nutzung der Virtual Reality Technologie würde meine Produktivität erhöhen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4 Die Virtual Reality Technologie wäre nützlich für meine Arbeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.5 Der Einsatz der Virtual Reality Technologie würde sich positiv auf meine räumliche Flexibilität bei der Arbeit auswirken, z.B. indem ich flexibel bestimmen könnte, wo ich arbeite.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6 Der Einsatz der Virtual Reality Technologie würde sich positiv auf meine zeitliche Flexibilität bei der Arbeit auswirken, z.B. indem ich flexibel bestimmen könnte, wann ich arbeite.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.7 Welche weiteren Potentiale/Vorteile sehen Sie für den Einsatz der Virtual Reality Technologie?	<div style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 100%;"></div>		

7. Einstellung zur Virtual Reality Technologie

7.1 Die Bedienung der Virtual Reality Technologie wäre leicht für mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2 Es wäre einfach für mich, die Bedienung der Virtual Reality Technologie zu erlernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3 Der Umgang mit der Virtual Reality Technologie wäre für mich klar und verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4 Es wäre einfach für mich, geschickt im Umgang mit der Virtual Reality Technologie zu werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.5 Der Einsatz der Virtual Reality Technologie ist eine gute Idee.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.6 Die Virtual Reality Technologie würde die Arbeit interessanter machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.7 Mit der Virtual Reality Technologie zu arbeiten würde Spaß machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.8 Ich würde es mögen, mit der Virtual Reality Technologie zu arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MUSTER

MUSTER

EvaSys

Virtual Reality Technologie im beruflichen Kontext



7. Einstellung zur Virtual Reality Technologie [Fortsetzung]

7.9 Welche Bedenken haben Sie in Bezug auf den Einsatz der Virtual Reality Technologie?

8. Nutzungsabsicht der Virtual Reality Technologie

stimmt gar nicht *teils-teils* *stimmt ganz genau*

Wenn die Virtual Reality Technologie in meinem Unternehmen eingesetzt wird,...

- | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 8.1 ... hätte ich vor, die Virtual Reality Technologie zu nutzen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.2 ... würde ich die Virtual Reality Technologie nutzen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.3 ... plane ich die Virtual Reality Technologie zu nutzen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

8.4 In welchem/en Aufgaben- und Tätigkeitsbereich/-en wäre Ihrer Meinung nach die Virtual Reality Technologie sinnvoll einzusetzen?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme an unserer wissenschaftlichen Befragung!

Für Rückfragen kontaktieren Sie bitte:

Carolin Pletz



Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik
Leitung: Prof. Dr. Bernd Zinn
Azenbergstraße 12
70174 Stuttgart

Tel: 0711 685-84375
Mail: pletz@ife.uni-stuttgart.de

MUSTER

2. Studie 2

2.1. Verwendeter Fragebogen

<h1>MUSTER</h1>		
EvaSys	Studie zu VR 2Go	
Universität Stuttgart Institut für Erziehungswissenschaft Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik		
Bitte so markieren: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.		
Korrektur: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.		

1. Instruktion

Sehr geehrte/r Teilnehmer/in,

vielen Dank für Ihr Interesse an unserer wissenschaftlichen Befragung! Bitte lesen Sie sich die nachfolgenden Informationen aufmerksam durch.

Das Ziel der Befragung ist es, Informationen über die Nutzung von VR 2Go zu erlangen. Sie dauert ca. 10 Minuten.

Bitte machen Sie zunächst ein paar Angaben zu Ihrer Person und lesen sich die darauf folgenden Informationen zu VR 2Go aufmerksam durch. Im Anschluss folgt der Fragebogen zum Einsatz von VR 2Go in Ihrem Berufsalltag als Trainer bei STIHL.

Ihre Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können Ihre Teilnahme jederzeit und ohne die Angabe von Gründen abbrechen, ohne dass Ihnen daraus Nachteile entstehen.

Die Speicherung der Daten erfolgt unter strengsten Bestimmungen der Geheimhaltung. Das heißt, es ist niemandem möglich, Ihre Daten mit Ihrem Namen in Verbindung zu bringen.

Bitte beantworten Sie die Fragen der Reihe nach und so genau und ehrlich wie möglich. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, wir sind nur an Ihrer ehrlichen Meinung interessiert.

Für Rückfragen kontaktieren sie bitte:
Carolin Pletz

Mail: pletz@ife.uni-stuttgart.de
Tel: 0711 685-84375

2. Allgemeine Angaben

2.1 Ihr Geschlecht:

Männlich Weiblich Keine Angabe

2.2 Ihr Alter:

2.3 Ihr höchster Bildungsabschluss:

Hauptschulabschluss Werkreal-/Realschulabschluss Abitur
 Bachelor Diplom/Master Sonstiger: _____

2.4 Wie viele Jahre Berufserfahrung besitzen Sie als Trainer?

< 1 Jahr 1-3 Jahre 4-6 Jahre
 7-10 Jahre > 10 Jahre

2.5 Wie lange arbeiten Sie bereits als Trainer bei STIHL?

< 1 Jahr 1-3 Jahre 4-6 Jahre
 7-10 Jahre > 10 Jahre

MUSTER

EvaSys

Studie zu VR 2Go



3. Informationen zu VR 2Go

Bitte lesen Sie sich die nachfolgenden Informationen aufmerksam durch.

Unter 'Virtual Reality' oder 'Virtueller Realität' (VR) werden computergenerierte Darstellungen von realen oder fiktiven Objekten und Umgebungen verstanden.

VR 2Go bietet in diesem Rahmen einen virtuellen Verkaufsraum mit STIHL Produkten an, welcher unter anderem in Verkaufstrainings genutzt werden kann (siehe Abbildung 1). Im virtuellen Verkaufsraum kann sich ein Nutzer bewegen, einzelne Produkte näher betrachten und Informationen über die Bauteile sowie die Funktionalität der Produkte erhalten.

VR 2Go kann am Bildschirm eines PCs oder Tablets verwendet werden sowie auf VR-Brillen für Smartphones, so genannten Cardboards (siehe Abbildung 2).



Abbildung 1: Virtueller Verkaufsraum (VR 2Go).



Abbildung 2: Cardboard.

4. Nutzung von VR 2Go

4.1 Wie viele Trainings führen Sie etwa pro Monat durch?

- < 1 1-3 4-6
 7-10 > 10

4.2 Wie oft nutzen Sie VR 2Go etwa pro Monat in Ihren Trainings auf Cardboards?

- in keinem Training 1-3 Mal 4-6 Mal
 7-10 Mal mehr als 10 Mal in jedem Training

4.3 Wie oft nutzen Sie VR 2Go etwa pro Monat in Ihren Trainings am Bildschirm/auf Leinwand?

- in keinem Training 1-3 Mal 4-6 Mal
 7-10 Mal mehr als 10 Mal in jedem Training

4.4 Besitzen Sie privat eine Virtual Reality Brille (z.B. HTC Vive, Oculus Rift)? ja nein

4.5 Haben Sie Spielerfahrung mit 3D-Spielen (PC, Konsole)? ja nein

MUSTER

MUSTER

EvaSys

Studie zu VR 2Go



4. Nutzung von VR 2Go [Fortsetzung]

Im Folgenden werden Ihnen Aussagen zu VR 2Go präsentiert und Fragen zur Nutzung gestellt.

Bitte geben Sie an, inwiefern die Aussagen auf Sie zutreffen, und beantworten Sie die Fragen so genau und ehrlich wie möglich. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, wir sind nur an Ihrer ehrlichen Meinung interessiert.

	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>teils-teils</i>	<i>stimmt ganz genau</i>
4.6 Die Nutzung von VR 2Go ermöglicht es mir, Trainings schneller durchzuführen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7 Die Nutzung von VR 2Go verbessert die Qualität meiner Trainings.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.8 Die Nutzung von VR 2Go erhöht meine Produktivität als Trainer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.9 Durch die Nutzung von VR 2Go bin ich in meiner Arbeit als Trainer effektiver.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.10 Die Nutzung von VR 2Go macht meine Arbeit als Trainer leichter.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.11 VR 2Go ist in meinem Job als Trainer nützlich für mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.12 Was finden Sie an VR 2Go nützlich, bzw. <u>nicht</u> nützlich für Ihre Arbeit als Trainer?			
4.13 Die Bedienung von VR 2Go ist leicht für mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.14 Es ist einfach für mich, die Bedienung von VR 2Go zu erlernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.15 Der Umgang mit VR 2Go ist klar und verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.16 Es ist einfach für mich, geschickt im Umgang mit VR 2Go zu werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.17 Was finden Sie an VR 2Go einfach zu bedienen, bzw. <u>nicht</u> einfach zu bedienen?			

MUSTER

MUSTER

4. Nutzung von VR 2Go [Fortsetzung]

	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>teils-teils</i>	<i>stimmt ganz genau</i>
4.18 Personen bei STIHL, die mein Verhalten beeinflussen, finden, dass ich VR 2Go in Trainings nutzen sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.19 Personen bei STIHL, die mir wichtig sind, finden, dass ich VR 2Go in Trainings nutzen sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.20 Mein direkter Vorgesetzter findet, dass ich VR 2Go in Trainings nutzen sollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.21 Insgesamt hat das Unternehmen den Einsatz von VR 2Go in Trainings unterstützt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.22 Ich habe die notwendigen Fähigkeiten, um VR 2Go sinnvoll in Trainings zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.23 Ich habe das notwendige Wissen, um VR 2Go sinnvoll in Trainings zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.24 Ich habe die notwendigen Mittel, um VR 2Go sinnvoll in Trainings zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.25 Ich bin in der Lage VR 2Go sinnvoll in Trainings zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.26 Ich habe vor, VR 2Go so oft wie möglich in Trainings zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.27 Ich kann vorhersagen, dass ich VR 2Go intensiv in Trainings nutzen werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.28 Ich plane VR 2Go regelmäßig in Trainings zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.29 Die Führungskräfte von STIHL haben den Einsatz von VR 2Go unterstützt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.30 Die Führungskräfte von STIHL sehen Vorteile in der Nutzung von VR 2Go in Trainings.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.31 Den Führungskräften von STIHL ist es wichtig, dass VR 2Go von den Trainern genutzt wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.32 Die Führungskräften von STIHL stellen die notwendigen Mittel zur Nutzung von VR 2Go bereit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MUSTER

MUSTER

EvaSys

Studie zu VR 2Go



4. Nutzung von VR 2Go [Fortsetzung]

- | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | <i>stimmt gar nicht</i> | <i>teils-teils</i> | <i>stimmt ganz genau</i> |
| 4.33 Ich weiß an welche bestimmte Person oder Gruppe ich mich bei Problemen mit VR 2Go wenden kann. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4.34 Ich habe Zugriff auf Anleitungen oder Schulungen für den Umgang mit VR 2Go. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4.35 Ich werde über Neuerungen/Änderungen an VR 2Go informiert. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ----- | | | |
| 4.36 Haben Sie neben der heutigen Veranstaltung an weiteren Anwendertrainings oder Einführungsveranstaltungen zum Umgang mit VR 2Go teilgenommen? | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein | |
| 4.37 Mein Verständnis zum Umgang mit VR 2Go hat sich nach der/n Veranstaltung/en deutlich verbessert. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4.38 Durch die Veranstaltung/en fühle ich mich kompetenter im Umgang mit VR 2Go. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4.39 Die Veranstaltung/en war/en in ihrem Umfang und Informationsgehalt angemessen. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4.40 Die Veranstaltung/en war/en vollständig. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. Abschließende Fragen

- 5.1 Welche weiteren Aspekte sehen Sie, die die Nutzung der Virtual Reality Technologie fördern, z.B. spezielle Technologieeigenschaften oder Tätigkeiten des Unternehmens?

- 5.2 Welche weiteren Aspekte sehen Sie, die die Nutzung der Virtual Reality Technologie hemmen, z.B. spezielle Technologieeigenschaften oder Tätigkeiten des Unternehmens?

3. Studie 3

3.1. Verwendete Fragebögen

MUSTER

EvaSys	Studie "TruPrint 3000 VR"	
Universität Stuttgart Institut für Erziehungswissenschaft Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik		

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Code

1.1 Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter an:

1.2 Bitte geben Sie den ersten Buchstaben des Vornamens Ihres Vaters an:

1.3 Bitte geben Sie Ihren Geburtsmonat an (z. B. 08):

1.4 Bitte geben Sie Ihr Geburtsjahr an (z. B. 92):

2. Allgemeine Angaben:

2.1 Ihr Geschlecht: männlich weiblich divers

2.2 Ihr Alter:

2.3 Ihr höchster Bildungsabschluss:

<input type="checkbox"/> Hauptschulabschluss	<input type="checkbox"/> Werkreal-/Realschulabschluss	<input type="checkbox"/> Abitur
<input type="checkbox"/> Bachelor	<input type="checkbox"/> Master/Diplom	<input type="checkbox"/> Sonstiger:



2.4 Bitte geben Sie Ihren erlernten Beruf an (z.B. Ausbildungsgang, Studium, Weiterbildung):

2.5 Bitte geben Sie Ihre aktuelle berufliche Tätigkeit an:

2.6 Wie häufig haben Sie die VR-Technologie (Virtual Reality) bisher genutzt?

	<i>mal ausprobiert</i>		<i>selten</i>		<i>regelmäßig</i>
	<i>nie</i>			<i>oft</i>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MUSTER

EvaSys	Studie "TruPrint 3000 VR"	
Universität Stuttgart		
Institut für Erziehungswissenschaft		
Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik		

Bitte so markieren: Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.
 Korrektur: Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Fragebogen VR-Schulung

Bitte beantworten Sie die Fragen der Reihe nach und so genau und ehrlich wie möglich. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, wir sind nur an Ihrer persönlichen Meinung interessiert.

- 1.1 Bitte geben Sie Ihren Code an (Erster Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter, erster Buchstabe des Vornamens Ihres Vaters, Ihr Geburtsmonat, Ihr Geburtsjahr):

--	--	--	--	--

	stimmt gar nicht	teils teils	stimmt voll und ganz
1.2 Die VR-Schulung hat mir gut gefallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3 Ich würde meinen Kolleginnen und Kollegen die VR-Schulung empfehlen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.4 Der Umgang mit der VR-Technologie war für mich klar und verständlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5 Ich möchte die VR-Technologie in Zukunft gerne regelmäßig für Schulungen nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6 Die VR-Technologie ist nützlich für den Einsatz in Schulungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


1.7 Die Bedienung der VR-Technologie war leicht für mich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8 Es ist sehr wahrscheinlich für mich, dass ich die VR-Technologie in Zukunft für Schulungen nutzen werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9 Während der VR-Schulung machte das Arbeiten Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.10 Durch die VR-Schulung habe ich mir genügend Wissen angeeignet, um den Bauzylinder an der realen Maschine entnehmen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.11 Die Vorteile des Einsatzes von VR in Schulungen überwiegen den Nachteilen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.12 Während der VR-Schulung erlebte ich mich als interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.13 Die VR-Schulung hat mir geholfen, Zusammenhänge zur Entnahme des Bauzylinders zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.14 Der Einsatz von VR in Schulungen erleichtert die Vermittlung der Lerninhalte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.15 Es war einfach für mich, die Bedienung der VR-Technologie zu erlernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MUSTER

MUSTER

EvaSys Studie "TruPrint 3000 VR" 

1. Fragebogen VR-Schulung [Fortsetzung]

	<i>stimmt gar nicht</i>	<i>teils teils</i>	<i>stimmt voll und ganz</i>				
1.16 Ich habe vor, die VR-Technologie so oft wie möglich in Zukunft für Schulungen zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.17 Während der VR-Schulung fand ich das Arbeiten richtig spannend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.18 Ich fühle mich durch die VR-Schulung gut vorbereitet, den Bauzylinder an der realen Maschine zu entnehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
1.19 Wie hoch war Ihre mentale Anstrengung während der VR-Schulung?	sehr niedrig <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr hoch
1.20 Wie hoch war Ihre körperliche Anstrengung während der VR-Schulung?	sehr niedrig <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr hoch

Bitte geben Sie Ihre Beurteilung zur VR-Schulung auf den nachfolgenden Gegensatzpaaren ab. Entscheiden Sie dabei möglichst spontan.

1.21	behindernd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unterstützend
1.22	kompliziert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	einfach
1.23	ineffizient	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	effizient
1.24	verwirrend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	übersichtlich
1.25	langweilig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	spannend
1.26	uninteressant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	interessant
1.27	konventionell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	originell
1.28	herkömmlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	neuartig
1.29	attraktiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unattraktiv

1.30 Haben Sie weitere Anmerkungen zur VR-Schulung (z.B. Verbesserungsvorschläge, aufgetretene Probleme)?

MUSTER

3.2. Beobachtungsprotokoll des Experten

Code:

Benötigte Zeit zur Durchführung (min):

1. Voraussetzungen überprüfen	Probleme; Manualbenutzung (M):	Fehler(selbstkorrigiert = s; expertenkorrigiert = e):	Sonstige Notizen:
1.1 Detailed Report 1.2 Blick auf Temperaturanzeige 1.3 Pulverauftrag kontrollieren			
2. Vorratszylinder verschließen 2.1 Beschichter nach rechts fahren 2.2 Kolben Vorratszylinder nach unten fahren 2.3 kleinen Deckel auf Vorratszylinder auflegen			
3. Bauzylinder verschließen 3.1 Kolben Bauzylinder nach unten fahren 3.2 Pulver entfernen 3.3 Verschlussdeckel anbringen 3.4 obere Türen schließen			
4. Bauzylinder in Position bringen 4.1 Zylinderraum Türen öffnen 4.2 Antrieb vom Kolben abkoppeln 4.3 PISTON DOWN			

SAMPLE

5. Schutzausrüstung anlegen	Probleme; Manualbenutzung (M):	Fehler(selbstkorrigiert = s; expertenkorrigiert = e):	Sonstige Notizen:
6. Bauzylinder lösen 6.1 Medienstecker entfernen 6.2 Mantelkühlung abstecken 6.3 Befestigungsmuttern lös. 6.4 LIFT DOWN 6.5 Grundplattenverschluss kontrollieren			
7. Hubwagen vorbereiten 7.1 Klemmung Gabeln lösen 7.2 Position A2			
8. Bauzylinder entnehmen 8.1 auf Anschlag einfahren 8.2 Erdungskabel 8.3 Gabeln justieren und klemmen 8.4 Position A1 8.5 aus Maschine fahren 8.6 Schutzkappe Spannsystem			
9. Bauzylinder reinigen 9.1 Pulverreste absaugen 9.2 Isopropanol Tücher 9.3 Dichtung reinigen			

SAMPLE

4. Studie 4

4.1. Interviewleitfaden



Universität Stuttgart



Leitfaden Experteninterviews

Einstieg:

Immersive Virtual Reality (VR-)Technologien haben sich in den letzten Jahren technologisch rasant weiterentwickelt und scheinen mittlerweile für einen großflächigen Einsatz in Unternehmen geeignet zu sein. Bei den so genannten immersiven Technologien erzeugen spezielle Headsets ein dreidimensionales Bild der Umgebung und geben dem Nutzer das Gefühl, sich in der virtuellen Welt zu befinden.

Im Projekt VASE werden Einsatzmöglichkeiten von VR betrachtet und untersucht, wie die Technologieakzeptanz von Seiten potenzieller und aktueller Nutzer ausgeprägt ist. Zum jetzigen Zeitpunkt existieren in vielen Unternehmen bislang aber nur vereinzelte, meist auf das Marketing ausgerichtete VR-Anwendungen oder sie befinden sich noch in der Entwicklung. Deshalb werden in der aktuellen Interviewstudie gezielt Personen befragt, welche bereits Erfahrungen mit dem Einsatz der Technologie in ihrem Unternehmen gemacht haben.

Wir möchten in dieser Studie sowohl positive Aspekte der Technologie als auch bestehende Herausforderungen und Probleme thematisieren. Sie müssen uns nicht von der Technologie überzeugen – Bitte seien Sie ganz offen in Ihrer Meinung, es gibt keine richtigen oder falschen Antworten!

Alter:

Aktuelle berufliche Tätigkeit:

1. Einsatz von VR:

- Seit wann setzen Sie VR in Ihrem Unternehmen ein?
- Welche konkrete Technologie wird eingesetzt?
 - Desktop-VR (nicht-immersiv)?
 - Günstiges System mit Smartphone/Einfache VR-Brille (teil-immersiv)?
 - Voll-immersiv?
 - CAVE?
 - Benennung des konkreten Systems!
- Wie viele VR-Anwendungen sind aktuell im Einsatz?
- Bitte beschreiben Sie eine VR-Anwendung.
- Wie häufig wird VR zum aktuellen Zeitpunkt in Ihrem Unternehmen eingesetzt?
- Bitte beschreiben Sie, wie die VR im Training zum Einsatz kommt (z.B. einer durchläuft das Szenario und die Gruppe schaut zu).
- Welche Erfahrungen haben Sie bereits persönlich mit VR?



Universität Stuttgart



2. Akzeptanz:

- Warum haben Sie VR beschafft?
 - Woher kam der Impuls (Stichwort Endnutzer*innen vs. Management)?
- Warum setzen Sie VR in Ihrem Unternehmen ein?
 - Wer sind die Nutzer*innen (Trainer*innen vs. Trainingsteilnehmer*innen)?
 - Inwiefern ist die VR-Technologie für Ihr Unternehmen nützlich?
 - Angenommen Sie dürften entscheiden, ob VR weiterhin in Ihrem Unternehmen eingesetzt wird oder nicht. Welche Faktoren würden Sie für diese Entscheidung heranziehen?
 - Lohnt sich der Einsatz von VR aus wirtschaftlicher Sicht?
 - Falls bereits entsprechende Berechnungen gemacht wurden, wie fallen Kosten-Nutzen-Analysen aus?

Bedenken:

- Gab es vor der Einführung der Technologie Bedenken von Ihrer Seite oder von Seiten anderer Beteiligter im Unternehmen? Wenn ja, welche?
- Inwiefern haben sich diese Bedenken bewahrheitet oder nicht bewahrheitet?

- Wie bewerten die Nutzer*innen¹ (Trainer*innen vs. Trainingsteilnehmer*innen) die Technologie?
 - Wie benutzerfreundlich finden Ihre Nutzer*innen die Technologie (Stichwort Usability)?
 - Wie nützlich finden Ihre Nutzer*innen die Technologie?
 - Es wird unterstellt, dass VR motivierend sein kann. Inwiefern stimmen die dem zu oder nicht zu?
 - Inwiefern beeinflusst die Nutzungshäufigkeit die Bewertung von VR?

- Welche Faktoren beeinflussen, ob Nutzer*innen die Technologie gerne nutzen möchten oder nicht (Stichwort: Akzeptanz)?
 - Welche Einflüsse durch Merkmale der Nutzer*innen stellen Sie fest?
 - Inwiefern haben Sie Einflüsse in Bezug auf das **Alter** festgestellt?
 - Inwiefern haben Sie Einflüsse in Bezug auf die **Erfahrung** festgestellt?
 - Welche Einflüsse durch Merkmale der Organisation können Sie benennen?
 - Inwiefern gibt es **Anwendertrainings**?
 - Inwiefern gibt es einen **Anwendersupport**?
 - Inwiefern **unterstützt die Führungsriege** den Einsatz der Technologie? Ist diese Förderung im Unternehmen sichtbar?
 - Welche Merkmale der Technologie könnten einen Einfluss auf die Akzeptanz haben?
 - Inwiefern haben Sie Erfahrung in Bezug auf **gesundheitliche Beschwerden**, zum Beispiel eine hohe Belastung der Augen oder sonstige negative Auswirkungen der Nutzung?
 - Inwiefern haben Sie Erfahrung in Bezug auf den **Tragekomfort**?
 - Inwiefern tritt **Motion Sickness** auf?

¹ Schulungsteilnehmer*innen/Trainer*innen/Mitarbeiter*innen/....



Universität Stuttgart



- Inwiefern fürchten Sie, dass durch VR eine soziale Isolation hervorgerufen werden kann, dadurch, dass z.B. Schulungen nur noch virtuell abgehalten werden?

- Auf einer Skala von 1 (= sehr wenig Einfluss) bis 7 (= sehr starker Einfluss): Wie hoch schätzen Sie den Einfluss der folgenden Faktoren auf die Akzeptanz der Nutzer*innen ein?
 - Alter, Erfahrung mit der Technologie, Anwendertraining, Anwendersupport, Unterstützung durch die Führung, gesundheitliche Bedenken, Tragekomfort, Motion Sickness, soziale Isolation, Sicherheitsaspekte, Hygiene
 - Weitere vom Interviewpartner selbst genannte Faktoren

- Wie müsste sich die VR-Technologie in Zukunft weiterentwickeln, so dass Nutzer sie gerne nutzen möchten?
 - Wie müsste sich die Technologie weiterentwickeln, damit sie nützlicher wäre?
 - Wie müsste sich die Technologie weiterentwickeln, damit sie benutzerfreundlicher wäre?

- 3. **Rahmenbedingungen**
 - Wie werden die VR-Anwendungen erstellt (extern über Dienstleister/intern selbst)?
 - Wie gehen Sie vor, um den Nutzern die Bedienung beizubringen?
 - Wie viel Zeit benötigen Nutzer, um die Bedienung der Technologie zu erlernen?
 - Wie lange können Nutzer aus Ihrer Erfahrung mit einem HMD arbeiten?
 - Welche Dauer der Nutzung würden Sie empfehlen?
 - Wie sind Sie bei der Implementation der Technologie vorgegangen?
 - Welche Punkte sind aus Ihrer Sicht hierbei wichtig zu beachten, um die Akzeptanz positiv zu beeinflussen?
 - Wie gehen Sie mit dem Thema Datenschutz um?
 - Wie gehen Sie mit dem Thema Versicherung/Haftung um?

- 4. **Abschluss**
 - Möchten Sie gerne noch weitere Anmerkungen zur VR-Technologie machen?
 - Haben Sie selbst noch Fragen?

Aufrechterhaltungs- und Steuerungsfragen

- Können Sie diesen Punkt präzisieren?
- Zählt hierzu auch XY?
- Wie kann man sich das vorstellen?
- Wie würde das konkret aussehen?
- Was würde sich dadurch ändern?

4.2. Kategoriensystem

	Kategorie	Unterkategorie	Ausprägung	Codeanzahl
K1	Angaben des Interviewpartners			
		K1.1 Alter		14
		K1.2 berufliche Tätigkeit		19
		K1.3 eigene Erfahrung mit VR		17

K2	Beschreibung VR			
		K2.1 Start Einsatz VR		21
		K2.2 Beschreibung VR-Anwendung		33
		K2.3 Häufigkeit der Nutzung		27
		K2.4 Anzahl der Anwendungen		16
		K2.5 Setting/methodisch-didaktisches Konzept		20
			K2.5.1 Backup-Lösung vorhanden	3
			K2.5.2 VR als Ergänzung	15
		K2.6 Hardware / Software		15
		K2.7 Erstellung der Anwendung		19
		K2.8 Beschreibung der Nutzer*innen		23

K3	Nützlichkeit Unternehmensebene			
		K3.1 sichtbarer Mehrwert für das Unternehmen		20
		K3.2 Anspruch Digitalisierung / Zukunftsrelevanz erwartet / Erfahrungsgewinn wegen Digitalisierung erhofft / Hype, was neues		20
		K3.3 Kosteneinsparung /Return on Investment		8
			K3.3.1 lohnt sich	11
			K3.3.2 lohnt sich (noch) nicht, aber in Zukunft	2
			K3.3.3 lohnt sich nicht	4

Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen

			K3.3.4 keine Einschätzung möglich	3
		K3.4	Visualisierungsmöglichkeiten	13
		K3.5	effektives Lernen / guter Trainingserfolg	12
		K3.6	unzugängliche Realteile (teure Maschinen, Patienten, Tunnel)	10
		K3.7	Prestige/Eigenwerbung	9
		K3.8	Einsparung von Reisen	9
		K3.9	Fehlermachen ist erlaubt / Gefahren simulierbar	4
		K3.10	Lernfortschritt gut/besser messbar, Dokumentierbarkeit	4
		K3.11	Flexibilität beim Schulungszeitpunkt	3
		K3.12	Andere Mehrwerte	3

K4	Akzeptanzfaktoren Unternehmensebene			
		K4.1	Management /Betriebsrat/Mitarbeiter allgemein	17
		K4.2	Aspekte der Hardware: Kosten / Verfügbarkeit / IT-Sicherheit	9
		K4.3	Aufwand für die Erstellung der Anwendung	8
		K4.4	Bedenken ggü. Gültigkeit des Schulungsnachweis	1

K5	Bedenken vor Anschaffung			
		K5.1	finanzielle Bedenken	7
		K5.2	Motion Sickness	6
		K5.3	Bedenken gegenüber Nützlichkeit	4
		K5.4	Bedenken gegenüber Benutzerfreundlichkeit	4
		K5.5	wenig Akzeptanz durch Nutzer	3
		K5.6	sonstige Bedenken	5
		K5.7	keine Bedenken	3

K6	Allgemeine Bewertungen von VR			
		K6.1 Trainer*innen allgemein		21
		K6.2 Trainingsteilnehmer*innen allgemein		6
		K6.3 Neueffekt		1
			K6.3.1 Begeisterung nimmt zu	1
			K6.3.2 Begeisterung nutzt sich nicht ab / bleibt gleich	2
			K6.3.3 Begeisterung geht zurück	9
			K6.3.4 Wow-Effekt	6

K7	Akzeptanzfaktoren Trainer*innenebene			
		K7.1 Nützlichkeit für Trainer*in		5
		K7.2 personenbezogene Merkmale		8
		K7.3 organisatorische Einflüsse		
			K7.3.1 Anwendertraining / Support für Trainer	7
			K7.3.2 Aufwand für Anpassung von Schulungskonzepten	5
			K7.3.3 Einbezug der Trainer*innen in den Implementationsprozess	4
		K7.4 Technologie		
			K7.4.1 so wenig Hardware wie möglich / Aufwand für Aufstellung und Installation / Tracking funktioniert nicht	23
			K7.4.2 Verlässlichkeit / Verfügbarkeit	9
			K7.4.3 Anpassbarkeit der Inhalte	3
			K7.4.4 Begrenztheit der Technologie	2

K8	Akzeptanzfaktoren Trainingsteilnehmer- *innen			
		K8.1 Nützlichkeit für Endnutzer		
			K8.1.1 VR bietet einen Mehrwert	27
			K8.1.2 Nützlichkeit für Endnutzer durch Motivationssteigerung	19
		K8.2 personenbezogene Merkmale		1
			K8.2.1 Alter	18
			K8.2.2 Offenheit für neue Technologien / Technikaffinität / PC-Kenntnisse / Offenheit gegenüber Veränderung allgemein	16
			K8.2.3 Vorerfahrung mit VR	21
			K8.2.4 gesundheitliche Beschwerden/Motion Sickness / Orientierungssinn	33
		K8.3 soziale Einflüsse		
			K8.3.1 soziale Isolation (gesellschaftlich / im Unternehmen)	21
			K8.3.2 Datenschutz / Bloßstellen durch Ergebnisdarstellung	5
			K8.3.3 sich mit VR-Brille schämen, dass es komisch aussehen könnte	1
		K8.4 organisatorische Einflüsse		
			K8.4.1 Einführung in die Technologie (Anwendertraining aus Teilnehmer*innensicht)	9
			K8.4.2 Anpassung von Schulungskonzepten	5
			K8.4.3 Unter - / oder Überforderung in den Inhalten der Anwendung	3
			K8.4.4 Support (aus Teilnehmer*innensicht)	3
			K8.4.5 Einbezug der Nutzer in den Implementationsprozess	1
		K8.5 Einfluss der Trainer*innen auf die Akzeptanz der Teilnehmer*innen		10
		K8.6 Technologie		
			K8.6.1 Bedienung der Controller / Steuerung durch Nutzer	23

			K8.6.2 Tragekomfort / Sehhilfe / Aufwand die Brille aufzusetzen	20
			K8.6.3 Immersionsgrad / Realitätsnähe	18
			K8.6.4 Kabelgebundenheit	10
			K8.6.5 Hygiene	8
			K8.6.6 Sicherheitsaspekte	9
			K8.6.7 Auflösung/Unschärfe/Grafikl eistung (bessere Rechenleistung gewünscht)	7
			K8.6.8Haptik/Feingefühl/Gew ichtswahrnehmung	7
			K8.6.9 Sonstige	4

K9	Rahmenbedingungen			
			K9.1 Managementunterstützung	9
			K9.2 Dauer der Nutzung	30
			K9.3 Support	11
			K9.4 Einführung Bedienung /Anwendertraining	32
			K9.5 Datenschutz	14
			K9.6 Versicherung/Haftung	16

K10	Skala			
			Alter der Nutzer*innen	15
			Vorerfahrung mit VR	15
			Anwendertraining	15
			Anwendersupport	15
			Unterstützung durch die Führungsriege	15
			Gesundheitliche Bedenken	15
			Tragekomfort	15
			Motion Sickness	15
			Befürchtung soziale Isolation	15
			Sichtbarkeit der Sicherheit	15
			Hygiene	15

Codeanzahl insgesamt

1132