

Anforderungen an die V/AR-Bildung

Bericht #15: Kompetenzaufbau V/AR.

Identifikation notwendiger V/AR-Kompetenzen aus der
Perspektive der Wirtschaft und Forschung

Stand: v13. 03.02.2021

Gefördert von



Baden-Württemberg
MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT,
ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung - Aufgabenstellung	5
2. Bestandsaufnahme: bestehende Bildungsangebote für V/AR-Professionals	7
a) Konventionelle Bildungsangebote	7
b) Digitale Bildungsangebote	7
c) Bestehende Bildungsinhalte: V/AR-Lehrbücher	8
d) Bestehende Bildungsinhalte: V/AR-Vorlesungen	17
3. Bildungsbedarfsanalyse Teil 1: Wissensdefizite als Hemmnis der V/AR-Diffusion? Eine Meta-Analyse	19
4. Bildungsbedarfsanalyse Teil 2: Der Arbeitsmarkt für V/AR-Professionals	23
a) Einsatzgebiete von V/AR	23
b) Berufsbilder von V/AR-Professionals	25
c) Notwendige Qualifikationen in den V/AR-Berufsbildern	26
5. Entwicklung eines V/AR-Curriculums	27
a) Inhalte eines V/AR-Curriculums	27
b) Neue Forderungen an die V/AR-Bildung	29
6. Danksagung	31
7. Abkürzungen	31
8. Literatur	32
9. Impressum	34
10. Förderhinweis	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bildungsangebot CAD, CAE, CAM, CGI und VR in Baden-Württemberg 2017 [23]	7
Abbildung 2:	Online-Bildungsangebote zu V/AR	7
Abbildung 3:	Burdea; Grigore; Coiffet, Phillippe: Virtual Reality Technology. 2. Edition. Wiley-IEEE Press: 25. Juli 2003 [03]	8
Abbildung 4:	Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Grimm, Paul (Herausgeber): Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität (eXamen.press). Springer Vieweg: 3.2.2014 [05]	9
Abbildung 5:	Frehlich, Craig: Immersive Learning: A Practical Guide to Virtual Reality's Superpowers in Education. Rowman & Littlefield Publishers: 10.9.2020 [07].....	9
Abbildung 6:	Greengard, Samuel: Virtual Reality (The MIT Press Essential Knowledge series). MIT Press: 16.8.2019 [08].....	9
Abbildung 7:	Jerald, Jason: The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality (ACM Books, Band 8). Morgan & Claypool Publishers-ACM: 30.9.2015 [11].....	10
Abbildung 8:	Jung, Timothy & Tom Dieck, M. Claudia & Rauschnabel, Philipp. (2020). Augmented Reality and Virtual Reality: Changing Realities in a Dynamic World; Springer-Verlag: März 2020 [13]	11
Abbildung 9:	LaViola, Joseph J.; Kruijff,Ernst; et al.: 3D User Interfaces: Theory and Practice (Usability and HCI). 2. Edition. Addison Wesley: 30.3.2017 [17].....	11
Abbildung 10:	Lion-Bailey, Christine; Lubinsky, Jesse, Shippee, Micah: Reality Bytes: Innovative Learning Using Augmented and Virtual Reality. Dave Burgess Consulting: 13.1.2020 [16].....	11
Abbildung 11:	Mealy, Paul: Virtual & Augmented Reality For Dummies. Wiley: 17.7.2018 [18]	12
Abbildung 12:	Mensch, Felix; Backhaus, Joy: Virtuelle Realität, die Zukunft des Lernens: Eine Lernergebnisstudie in der Ausbildung zum Operationstechnischen Assistenten (Pädagogische Praxisimpulse). Books on Demand; 1. Edition: 9.12.2020 [19]	12
Abbildung 13:	Parisi, Tony: Learning Virtual Reality: Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web, and Mobile. O'Reilly Vlg. GmbH & Co.: 30.11.2015 [20].....	13
Abbildung 14:	Schmalstieg, Dieter; Hollerer, Tobias: Augmented Reality: Principles and Practice (Usability). Addison Wesley: 3.6.2016 [25].....	13
Abbildung 15:	Sherman, William R.; Craig, Alan B.: Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design (The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics). Morgan Kaufmann: 10.9.2002 [26]	15
Abbildung 16:	Southgate, Erica: Virtual Reality in Curriculum and Pedagogy: Evidence from Secondary Classrooms (Digital Games, Simulations, and Learning). Routledge-Verlag: 20.5.2020 [28]	15
Abbildung 17:	Stanney, Kay M.; Hale, Kelly S. (Herausgeber): Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications, Second Edition	

(Human Factors and Ergonomics Series). 2. Edition. Taylor & Francis Inc.: 10.9.2014 [10].....	16
Abbildung 18: Zinn, Bernd: Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung. 1. Edition. Franz Steiner Verlag: 15.1.2020 [29].....	16
Abbildung 19: VR-Implementierungshemmnisse nach Decker [04]	19
Abbildung 20: VR-Implementierungshemmnisse nach Klocke [15].....	19
Abbildung 21: 3D-CAD--Implementierungshemmnisse nach Aberdeen [01]	20
Abbildung 22: IT-Implementierungshemmnisse nach Jansen [12].....	20
Abbildung 23: VR-Implementierungshemmnisse nach Runde [22].....	20
Abbildung 24: V/AR-Implementierungshemmnisse nach Hadwick [09].....	21
Abbildung 25: V/AR-Implementierungshemmnisse nach Soderquist [27]	21
Abbildung 26: V/AR-Diffusionshemmnisse im Zeitverlauf.....	22
Abbildung 27: Ergebnis der Meta-Analyse: Lehrinhalte zur Reduktion identifizierter V/AR- Diffusionsbarrieren	22
Abbildung 28: Segmentierung des V/AR-Arbeitsmarkts: Stufe 1	23
Abbildung 29: Segmentierung des V/AR-Arbeitsmarkts: Stufe 2 für "V/AR-Technologie"	23
Abbildung 30: Segmentierung des V/AR-Arbeitsmarkts: Stufe 2 für "V/AR-Anwendungen"	24
Abbildung 31: Relevanz von V/AR-Anwendungen in verschiedenen Branchen	24
Abbildung 32: Prognostizierte Entwicklung der V/AR-tangierten Berufsbilder.....	25
Abbildung 33: Sechs aggregierte Berufsbilder der XR	25
Abbildung 34: Relevante Qualifikationen der V/AR-tangierten Berufsbilder.....	26
Abbildung 35: V/AR-Curriculum: relevante Qualifikationen der V/AR-tangierten Berufsbilder	28

1. Einführung - Aufgabenstellung

Hintergrund

Viele Unternehmen haben sich in den letzten Jahren mit dem Arbeitsplatz der Zukunft auseinandergesetzt. Zu den interessantesten und vielversprechendsten Technologien gehören in diesem Zusammenhang Virtual Reality und Augmented Reality. Es ist nicht die Frage ob diese den Einzug in die Arbeitswelt halten, sondern vielmehr, wie stark die Veränderungen sein werden. Eine Vielzahl von Unternehmen z. B. der Automobilindustrie setzen bereits jetzt unterschiedliche Formen von Virtual Reality ein. Mit der Änderung des Arbeitsplatzes ändert sich ebenso die Ausbildung des Berufsbildes. Somit ist es bereits im Studium und in der Ausbildung notwendig, gewisse Grundkenntnisse der neuen Technologie zu lehren, um auf den Wandel der Berufsbilder einzugehen.

Virtuelle Realität (engl. Virtual Reality: VR) und Erweiterte Realität (engl. Augmented Reality: AR) sind keine neuen Methoden: die ersten Umsetzungen von VR begannen spätestens in den 1960er Jahren, die der AR spätestens in den 1970er Jahren. VR lässt sich definieren als eine Computergenerierte, echtzeitfähige 3D-Umgebung, in die eine oder mehrere Personen eintauchen, indem sie per Positionserfassung in das räumliche Koordinatensystem der 3D-Szene eindeutig verortet werden. Nur damit reagiert die Wahrnehmung der 3D-Inhalte (Perspektivwechsel, richtungsabhängiges Hören, Abtasten, etc.) so, wie wir es aus der natürlichen Realität gewohnt sind. Dadurch kann der Mensch die präsentierten 3D-Inhalte besser erfassen und in ihrer Räumlichkeit verstehen. AR wird beschrieben als die ortsrichtige Überlagerung von Computer-Graphik über die natürliche Perspektive. AR verschmilzt damit also eine Virtuelle Umgebung mit der Realität. Dieses kann sinnvoll sein für Assistenzsysteme oder Soll-Ist-Abgleiche (digitaler Plan versus physische Realität).

VR und AR (auch V/AR oder XR) sind Querschnittstechnologien und -methoden, die eine riesige Anzahl von Wissensdomänen umfassen können. Dazu zählen die Wahrnehmungs-/ Kognitionspsychologie, Arbeitswissenschaften, Computergraphik, Akustik, Haptik, User Interface Design, Hardware-Entwicklung, Software-Entwicklung, etc. Dazu kommt für die praktische Nutzung häufig noch geballtes Wissen aus dem Anwendungsfeld (etwa Design, Wartung, Ergonomie, Industrial Engineering, Marketingkommunikation, etc.) und aus der Branche.

Aktuell fehlt es noch an einem allgemein akzeptierten oder auch nur dokumentierten Kompetenzprofil für V/AR-Spezialisten. Klar ist, dass es völlig unrealistisch ist, die Gesamtheit an Kompetenzen an ein einzelnes Berufsbild vermitteln zu wollen. Es wäre auch ökonomisch nicht zielführend, da erstens nicht jeder alles wissen muss und zweitens nicht für alle V/AR-bezogenen Aktivitäten hochbezahlte Spezialisten benötigt werden.

Problemstellung

Grundlegende Veränderungen in der Arbeitslandschaft und der Erwerbsarbeit lassen auch das Verhältnis von Aus- und Weiterbildung nicht unberührt. Um V/AR erfolgreich und nachhaltig in Unternehmen zu implementieren, ist die Entwicklung technologischer und organisatorischer Kompetenzen erforderlich. Aus dem durch das Virtual Dimension Center erstellten „*Bildungsatlas Virtual Engineering*“ [23] ist bekannt, dass es zu den neuen Technologien jenseits der Hochschul-

ausbildung bislang keine hinreichenden, gleichzeitig praxisnahen und detaillierten Wissenstransferangebote für die Wirtschaft 4.0 gibt, die den kurzfristigen Einstieg in V/AR wirkungsvoll unterstützt. Dabei geht die Technologie-Anwendung zunehmend von Spezialisten externer Technologiedienstleistern auf den Fachanwender im Unternehmen über. Hier fehlt es an Ansätzen zur Vermittlung praktischer Anwendungskompetenz von V/AR-Technologien für die Anwenderbetriebe.

Zielsetzung

Das V/AR-Bildungsziel ist auf der abstrakten Ebene klar: V/AR soll erfolgreich genutzt werden können, um auf diese Weise besser, schneller, effizienter, richtiger, kreativer arbeiten zu können. Die Zielsetzungen der hier verfolgten Arbeiten sind es,

1. V/AR-orientierte Berufsbilder (Ergebnis: siehe Abbildung 33)

und die dafür

2. notwendigen V/AR-Kompetenzen (Ergebnis: siehe dazu Abbildung 35)

zu identifizieren. Durch das Zusammenbringen einer Bildungsbedarfsanalyse und einer Sichtung des aktuellen V/AR-Bildungsangebots sollen zudem bestehende

3. Lücken der V/AR-Bildung (Ergebnis: siehe dazu Kapitel 5b)

benannt werden.

Methode

Bildungsformate: Um das aktuelle Angebot an V/AR-Bildungsformaten zu ermitteln, wird der „*Bildungsatlas Virtual Engineering*“ [23] mit dieser Intention ausgewertet. Zusätzlich erfolgt eine kurze Sichtung von online-Angeboten.

Bildungsinhalte: Um das momentane Angebot an V/AR-Bildungsinhalten zu ermitteln, werden aktuelle V/AR-Lehrbücher und V/AR-Vorlesungen inhaltlich analysiert. Auch der o.a. Bildungsatlas gibt weitere Hinweise.

Bildungsbedarf (1): Es erfolgt eine Analyse bestehender Studien zu Hemmnissen der V/AR-Nutzung, die hier als Diffusionsbarrieren verstanden werden. Dieser Gedankengang besteht darin, darüber nachzudenken, ob eine geeignete Sensibilisierung und Bildung derartige Diffusionsbarrieren verringern oder gar eliminieren könnte. Kommt man zu diesem Schluss, wäre hier ein Bildungsbedarf indiziert.

Bildungsbedarf (2): Um den V/AR-Bildungsbedarf zu ermitteln, wird weiterhin der Arbeitsmarkt für V/AR-Spezialisten eruiert und nach Anwendungsfeldern und Branchen segmentiert. Damit erfolgt eine erste Definition typischer V/AR-Berufsbilder. Im nächsten Schritt wird eine Matrix aus den Berufsbildern und möglichen Bildungsinhalten [aus o.a. Punkt „*Bildungsinhalte*“, ergänzt durch notwendige Inhalte aus o.a. Punkt „*Bildungsbedarf (1)*“] gebildet. Für jedes Berufsbild wird definiert, welche Bildungsinhalte relevant sind und welche nicht. Dieses geschieht über moderierte Gruppenarbeit mit Fachleuten aus der Hochschulbildung, aus der beruflichen Bildung, aus der Industrie und aus der Forschung (siehe dazu Kapitel 6).

2. Bestandsaufnahme: bestehende Bildungsangebote für V/AR-Professionals

a) Konventionelle Bildungsangebote

Das Virtual Dimension Center (VDC) hat im Jahr 2017 das Bildungsangebot Virtual Engineering (aufgegliedert nach CAD, CAE, CAM, CGI und VR) in Baden-Württemberg erhoben und im "Bildungsatlas Virtual Engineering Baden-Württemberg 2017" [23] zusammengestellt. Untersucht man die dort zusammengetragenen Bildungsangebote hinsichtlich unserer Fragestellungen, so ergibt sich folgendes Bild:

- Das Bildungsangebot Virtual Engineering wurde von Hochschulen, öffentlichen und privaten Bildungseinrichtungen sowie Herstellern und Systemhäusern ausgeübt. Das Angebot wird aber ganz überwiegend von den Hochschulen und den Software-Herstellern getragen (s. Abbildung 1): beide stellen ca. 90% des V/AR-Bildungsangebots.

- Die Formate umfassten wissenschaftliche Vorlesungen und praktische Übungen (durch Hochschulen) sowie Seminare (durch Bildungseinrichtungen und Softwarehersteller).

	bieten CAD, CAE, CAM, CGI oder VR an	bieten VR an	
Hochschulen, Universitäten	39	20	67%
Öffentliche und private Bildungseinrichtungen	19	2	7%
Software-Hersteller	41	7	23%
Systemhäuser	12	1	3%
Summe	111	30	100%

- Zum Teil sind neuere Formate wie Hackathons in der Erprobung. Diese unterscheiden sich aber inhaltlich nicht wesentlich von den oben beschriebenen Erkenntnissen.

Abbildung 1: Bildungsangebot CAD, CAE, CAM, CGI und VR in Baden-Württemberg 2017 [23]

- Bildungsinhalte sind fast ausschließlich theoretisch-technologische Grundlagen der V/AR sowie Schulungen zu Softwareprodukten.
- Bildungsnachweise sind Hochschulabschlüsse und Kursteilnahmezertifikate (ohne objektiv vergleichende Qualitätsnachweise, Einstufung des Levels/Intensität/Schwierigkeitsgrad). Zwischen diesen beiden Polen findet sich nichts.
- Es gibt nahezu keine Bildungsangebote, die sich mit organisatorischen, betriebswirtschaftlichen, anwendungsbezogenen, qualifikatorischen oder Management-orientierten Fragestellungen im V/AR-Kontext befassen.

An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass sich das V/AR-Bildungsangebot in anderen Bundesländern strukturell nicht von dem in Baden-Württemberg unterscheidet.

b) Digitale Bildungsangebote

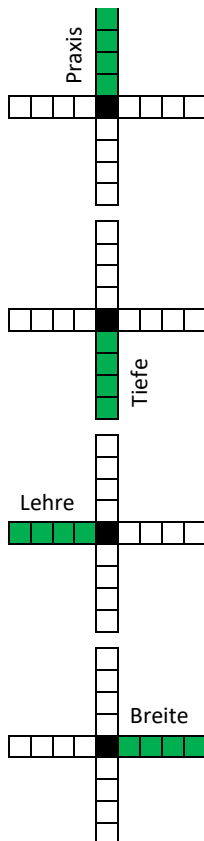
Gerade auch aufgrund der Pandemie-bedingten Kontaktbeschränkungen haben fast sämtliche unter a) genannte Bildungsanbieter digitale Vorlesungs- und Kursangebote erstellt. Die Angebote unterscheiden sich primär durch das Format (Online-Kurse), nicht aber inhaltlich von den oben beschriebenen. Erfreulich ist, dass auf diese Weise auch Hochschul-Inhalte auch außerhalb der klassischen Hochschulvorlesungen zugänglich sind.

	virtual reality	augmented reality
kursfinder.de	43	34
de.coursera.org	89	57
Summe	132	91

Abbildung 2: Online-Bildungsangebote zu V/AR

c) Bestehende Bildungsinhalte: V/AR-Lehrbücher

Für Autodidakten und für Berufstätige, die sich On-the-Job qualifizieren müssen, besteht die Möglichkeit, sich über die unter b) genannten Lehrangebote und Literatur weiter zu qualifizieren. Die Frage stellt sich, welche Inhalte aktuelle Curricula zu V/AR umfassen. Um das herauszufinden, wurden Lehr- und Fachbücher zu V/AR recherchiert und analysiert. Um die Eignung der Bücher für die Erarbeitung von V/AR-Curricula illustrieren zu können, wurde hier ein Bewertungsschema entwickelt, das vier Bewertungsdimensionen zur Einordnung der Fachbücher wiedergibt:



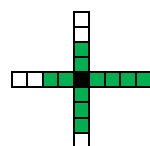
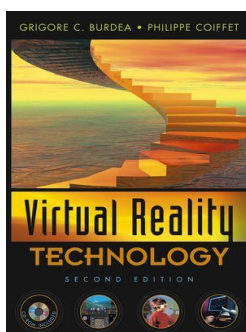
Die obere vertikale Achse soll für die Praxisnähe des Buchs für das Themengebiet "Lehre von V/AR" stehen. Dabei geht es um die praktische Nähe zu Bildungsaspekten (Curriculum erkennbar, Lehrmaterial vorhanden, Handreichungen wie Übungen) aber auch die Nähe zu praktischen Anwendungsmöglichkeiten der V/AR im (besonders beruflichen) Alltag.

Die untere vertikale Achse steht für die fachliche Tiefe des Buches. Hiermit soll die Ausführlichkeit, der Tiefgang des Buches dargestellt werden. Welcher Tiefgang notwendig ist, hängt aber vom Bildungsziel ab und ist nicht Gegenstand dieser Einschätzung hier.

Die linke horizontale Achse gibt die thematische Eignung des Buches für das Themengebiet "Lehre von V/AR" wieder. Die Inhalte sollen sich also nicht um anderes oder beispielsweise um das Lehren MITTELS VR drehen. Auch die Aktualität des Werkes wird an dieser Achse berücksichtigt.

Die rechte horizontale Achse drückt die fachliche Breite des Buches aus. Hier geht es also darum, ob sowohl VR als auch AR und MR behandelt werden, ob eine hinreichende Betrachtung verschiedener V/AR(-Hardware-/Software-)Systeme und V/AR-Anwendungen erfolgt oder das Buch sich eher auf wenige Aspekte konzentriert.

Es wurden folgende 16 V/AR-Buchtitel (in alphabetischer Reihenfolge der Autoren) betrachtet:



Inhalt:

1. Introduction
 - Fundamentals
 - History
 - Concepts
2. Input Devices
3. Output Devices
4. Computing Architectures for VR
5. 3D-Modeling
6. VR Programming
7. Human Factors in VR
8. Traditional VR Applications
9. Emerging Applications of VR

Abbildung 3: Burdea; Grigore; Coiffet, Philippe: Virtual Reality Technology. 2. Edition. Wiley-IEEE Press: 25. Juli 2003 [03]

Kurzportrait: Es handelt sich um in sehr breit angelegtes V/AR-Lehrbuch auf einer guten wissenschaftlichen Grundlage. Das Werk ist aber heute in signifikantem Maße veraltet, insbesondere bei der Diskussion von Technologien. Methodische Grundlagen der V/AR behalten jedoch ihre Richtigkeit.

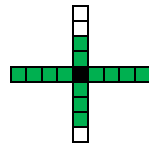
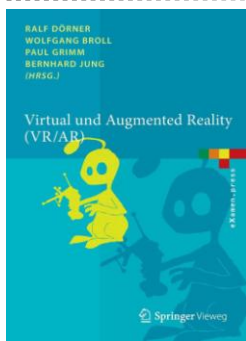


Abbildung 4: Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Grimm, Paul (Herausgeber): *Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (eXamen.press). Springer Vieweg: 3.2.2014 [05]

Kurzportrait: Gedacht als umfassendes Lehrbuch für V/AR-Studierende, erstellt von Hochschulprofessoren aus Deutschland. Exzellente Breite, mit guter Tiefe aber wenig Praxisbeispielen.

Inhalt:

1. Einleitung
 - Worum geht es bei V/AR
 - Was ist V/AR
 - Historie
 - V/AR-Systeme
 - Benutzung des Buchs
 - Literaturempfehlungen
2. Wahrnehmungsaspekte
3. Virtuelle Welten
4. 3D-Modelle
 - Animation
 - Beleuchtung
4. VR-Eingabegeräte
5. VR-Ausgabegeräte
6. Interaktionen in Virtuellen Welten
7. Echtzeitaspekte von VR-Systemen
 - Latenzen
 - Kollisionserkennungen
8. Augmented Reality
9. Fachbeispiele für V/AR
10. Mathematische Grundlagen von V/AR

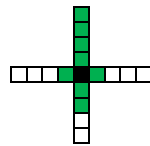
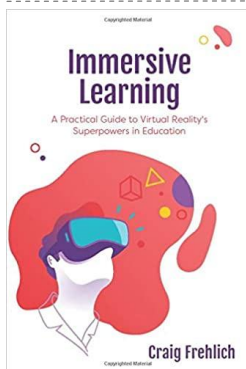


Abbildung 5: Frehlich, Craig: *Immersive Learning: A Practical Guide to Virtual Reality's Superpowers in Education*. Rowman & Littlefield Publishers: 10.9.2020 [07]

Kurzportrait: Sehr praktisches Buch mit vielerlei Hilfestellungen, das aber V/AR als Lehrmedium thematisiert und daher als Lehrbuch für V/AR nicht taugt. Tiefere wissenschaftliche Grundlagen werden nicht thematisiert.

Inhalt:

1. VR and Conceptual Understanding
2. The Importance of VR Lesson Guides
3. Cooperative Learning and VR
4. Social VR and Education
5. VR and Art Education
6. VR and Puzzle Game
7. VR and the STEM (science, technology, engineering, math) Curriculum
8. VR and Storytelling
9. VR for Health and Wellness
10. VR and Social Studies
11. Conclusion
12. Appendix
 - 3 x VR Lesson Guides for Cooperative Learning and Communication
 - 3 x VR Lesson Guides for Art Education
 - 3 x VR Lesson Guides for Problem Solving and Puzzles
 - 12 x VR Lesson Guides for STEM Education
 - 8 x VR Lesson Guides for Story Telling and Narrative Education
 - 8 x VR Lesson Guides for Health, Physical Education, and Wellness
 - 7 x VR Lesson Guides for Social Studies Education

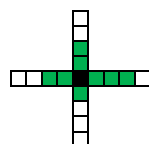
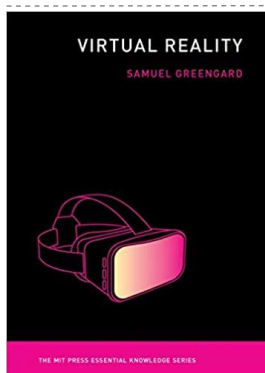


Abbildung 6: Greengard, Samuel: *Virtual Reality* (The MIT Press Essential Knowledge series). MIT Press: 16.8.2019 [08]

Inhalt:

1. Why Augmented and Virtual Reality Matter
2. The Many Shapes and Forms of AR and VR
3. The Technology behind Reality
4. Extended Reality Gets Real
5. Virtual Technologies Change Everything
6. Morality, Ethics, Law, and Social Consequences
7. Embracing an Augmented and Virtual Reality Future
8. Glossary, Notes, Further Reading, Index

Kurzportrait: Dieses ist ein Taschenbuch, das in kurzer Form die Konzepte und Philosophie hinter V/AR im schnellen Überflug beleuchtet.

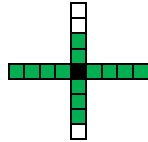
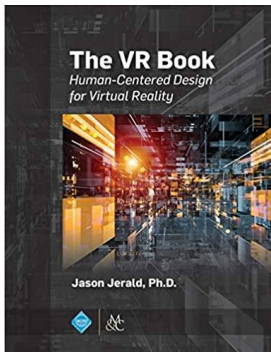


Abbildung 7: Jerald, Jason: The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality (ACM Books, Band 8). Morgan & Claypool Publishers-ACM: 30.9.2015 [11]

Kurzportrait: Ein hervorragendes Lehrbuch für V/AR, das als solches auch konzipiert ist. Es weist eine exzellente thematische Breite auf, kann dadurch bedingt aber nicht jedes Thema wirklich tief durchdringen. Praktische V/AR-Umsetzungen stehen nicht im Vordergrund.

Inhalt:

1. Part I: Introduction and Background
 - What is Virtual Reality?
 - A History of VR
 - An Overview of Various Realities
 - Immersion, Presence, and Reality Trade-Offs
 - The Basics: Design Guidelines
2. Part II: Perception
 - Objective and Subjective Reality
 - Perceptual Models and Processes
 - Perceptual Modalities
 - Perception of Space and Time
 - Perceptual Stability, Attention, and Action
 - Perception: Design Guidelines
3. Part III: Adverse Health Effects
 - Motion Sickness
 - Eye Strain, Seizures, and Aftereffects
 - Hardware Challenges
 - Latency
 - Measuring Sickness
 - Summary of Factors That Contribute to Adverse Effects
 - Examples of Reducing Adverse Effects
 - Adverse Health Effects: Design Guidelines
4. Part IV: Content Creation
 - High-Level Concepts of Content Creation
 - Environmental Design
 - Affecting Behaviour
 - Transitioning to VR Content Creation
 - Content Creation: Design Guidelines
5. Part V: Interaction
 - Human Centered Interaction
 - VR Interaction Concepts
 - Input Devices
 - Interaction Patterns and Techniques
 - Interaction: Design Guidelines
6. Part VI: Iterative Design
 - Philosophy of Iterative Design
 - The Define Stage
 - The Make Stage
 - The Learn Stage
 - Iterative Design: Design Guidelines
7. Part VII: The Future Starts Now
 - The Present and Future State of VR
 - Getting Started
8. Appendix
 - Example Questionnaire
 - Example Interview Guidelines
 - Glossary, References, Index

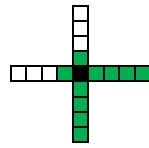
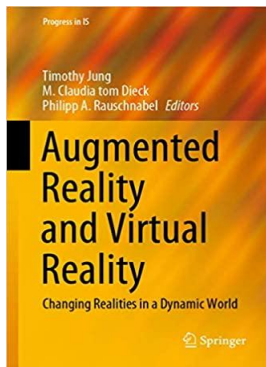


Abbildung 8: Jung, Timothy & Tom Dieck, M. Claudia & Rauschnabel, Philipp. (2020). *Augmented Reality and Virtual Reality: Changing Realities in a Dynamic World*; Springer-Verlag: März 2020 [13]

Kurzportrait: Trotz des Titels handelt es sich hierbei nur um den Konferenzband einer wissenschaftlichen Tagung im Themengebiet. Die Breite und Tiefe der Einzelbeiträge verschiedener Autoren ist hervorragend, das Ganze aber als Lehrbuch ungeeignet.

Inhalt:

Konferenzband der Tagung "5. International Augmented and Virtual Reality Conference", München 2019.

Wissenschaftliche Beiträge zu folgenden Themenblöcken:

1. AR and VR in Business, Retail and Marketing
2. AR and VR for City Planning, Smart Cities and Autonomous Vehicles
3. AR and VR for Health and Wellbeing
4. AR and VR for Production and Manufacturing
5. AR and VR for Education
6. AR and VR for Tourism, Museums and Events
7. AR and VR in Research
8. AR and VR App Design and Content Creation

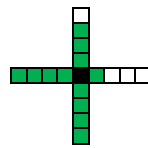
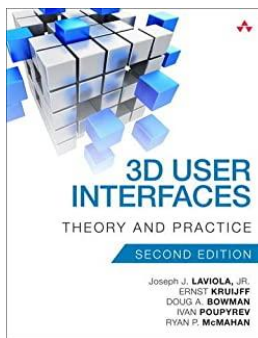


Abbildung 9: LaViola, Joseph J.; Kruijff, Ernst; et al.: *3D User Interfaces: Theory and Practice (Usability and HCI)*. 2. Edition. Addison Wesley: 30.3.2017 [17]

Kurzportrait: Dieses Buch ein eines der Standardwerke zum Thema 3D-Interaktion, aber eben auch auf dieses Thema beschränkt.

Inhalt:

1. Part I: Foundations of 3D User Interfaces
 - Introduction to 3D User Interfaces
 - 3D User Interfaces: History and Roadmap
2. Part II: Human Factors and Human-Computer Interaction Basics
 - Human Factors Fundamentals
 - General Principles of Human-Computer Interaction
3. Part III: Hardware Technologies for 3D User Interfaces
 - 3D User Interface Output Hardware
 - 3D User Interface Input Hardware
4. Part IV: Interaction Techniques
 - Selection and Manipulation
 - Travel
 - Control
5. Part V: Designing and Developing 3D User Interfaces
 - Strategies in Designing and Developing 3D User Interfaces
 - Evaluation of 3D User Interfaces
6. Part VI: The Future of 3D User Interfaces
 - The Future of 3D User Interfaces

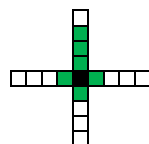
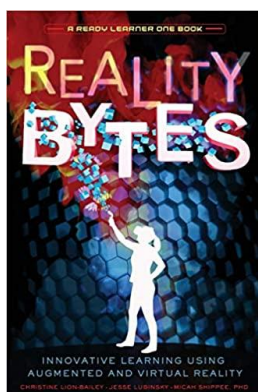


Abbildung 10: Lion-Bailey, Christine; Lubinsky, Jesse, Shippee, Micah: *Reality Bytes: Innovative Learning Using Augmented and Virtual Reality*. Dave Burgess Consulting: 13.1.2020 [16]

Inhalt:

1. The XR ABC Framework
2. AR Absorb
3. AR Blend
4. AR Create
5. VR Absorb
6. VR Blend
7. VR Create
8. Perspectives from the Developer Side
9. A Peek into the Future



Kurzportrait: Dieses Buch ist ein schneller Abriss mit ein paar praktischen Checklisten zum V/AR-Einsatz in der Lehre. Die Lehre von V/AR wird nicht behandelt.

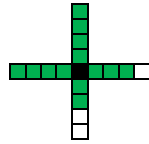
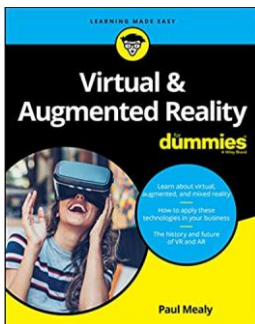


Abbildung 11: Mealy, Paul: Virtual & Augmented Reality For Dummies. Wiley: 17.7.2018 [18]

Kurzportrait: Dieses ist ein sehr schönes Einstiegsbuch in die V/AR ohne den Anspruch auf wissenschaftliche Tiefe aber mit dem Wunsch nach praktischen Umsetzungen. Diese beschränken sich aber auf Konsumentenlösungen, daher ist die Breite des Werks limitiert.

Inhalt:

1. Getting started with virtual and augmented reality
 - Defining virtual and augmented reality
 - Exploring the current state of virtual reality
 - Exploring the current state of augmented reality
2. Consuming Content in Virtual and Augmented Reality
 - Consuming content in virtual reality
 - Consuming content in augmented reality
3. Creating Content in Virtual and Augmented Reality
 - Evaluating your project
 - Planning your virtual reality project
 - Planning your augmented reality project
 - Creating content for virtual and augmented reality
4. Virtual and Augmented Reality in the Wild
 - Exploring virtual reality use cases
 - Exploring augmented reality use cases
5. The Future of Virtual and Augmented Reality
 - Assessing the future of virtual reality
 - Assessing the future of augmented reality
6. The Part of Tens
 - Ten questions about virtual and augmented reality
 - Ten industries that will be transformed by virtual and augmented reality
 - Ten (or so) mobile apps for experiencing augmented reality today

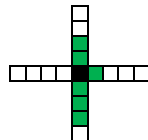


Abbildung 12: Mensch, Felix; Backhaus, Joy: Virtuelle Realität, die Zukunft des Lernens: Eine Lernergebnisstudie in der Ausbildung zum Operationstechnischen Assistenten (Pädagogische Praxisimpulse). Books on Demand; 1. Edition: 9.12.2020 [19]

Kurzportrait: Hierbei handelt es sich um einen wissenschaftlichen Studienbericht zum Test von V/AR für die Ausbildung von medizinischem Personal. Als V/AR-Lehrbuch ist dieses Buch daher völlig ungeeignet.

Inhalt:

1. Einleitung
 - Problemaufriss
 - Zielsetzung
 - Literaturrecherche
 - Aufbau des Bandes
 - Kriterien der Studie
2. Fachtheoretische Grundlagen
 - Lernen
 - Sozialformen im Unterricht (Frontal, VR)
3. Festlegen des Studienformates und Durchführen der Studie
 - Planung der Tests
 - Erstellung der Tests
 - Planung und Durchführung der Unterrichte
 - Immersionsgrad der Studienintervention und Kosten
 - Betrachtung der Probandengruppe
4. Auswertung der Studie
 - Deskriptivstatistische Auswertung
 - Interferenzstatistische Auswertung
 - Diskussion der Ergebnisse
5. Anhang
 - Pseudonymisierung
 - Informationen zur Studie für Probanden
 - Prä-Fragebogen
 - Fragebogen Post Test Frontalunterricht
 - Erwartungshorizont Frontalunterricht
 - Fragebogen Post Test Virtuelle Realität
 - Erwartungshorizont Virtuelle Realität

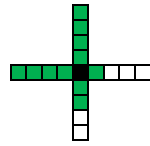
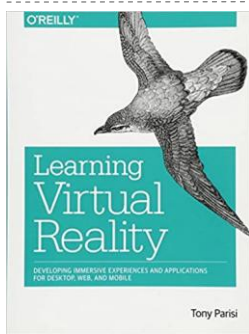


Abbildung 13: Parisi, Tony: Learning Virtual Reality: Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web, and Mobile. O'Reilly Vlg. GmbH & Co.: 30.11.2015 [20]

Kurzportrait: Eine eingängige, sehr praktisch angelegte Anleitung für VR für den engagierten privaten Enthusiasten oder auch beruflichen Einsteiger. Das Buch fokussiert stark auf Low-Cost-VR-Komponenten wie Cardboard-Systeme und zeigt anhand derer erste Entwicklungsschritte und Einstiegsprojekte auf.

Inhalt:

1. Introduction
 - What Is Virtual Reality?
 - Virtual Reality Applications
2. Virtual Reality Hardware
 - Oculus Rift
 - Other High-End Head-Mounted Displays
 - Samsung's Gear VR: Deluxe, Portable Virtual Reality
 - Google Cardboard: Low-Cost VR for Smartphones
 - VR Input Devices
3. Going Native: Developing for Oculus Rift on the Desktop
 - 3D Graphics Basics
 - Unity3D: The Game Engine for the Common Man
 - Setting Up the Oculus SDK
 - Building Your First VR Example
4. Going Mobile: Developing for Gear VR
 - The Gear VR User Interface and Oculus Home
 - Using the Oculus Mobile SDK
 - Developing for Gear VR Using Unity3D
 - Deploying Applications for Gear VR
5. WebVR: Browser-based Virtual Reality in HTML5
 - The Story of WebVR
 - The WebVR API
 - Creating a WebVR Application
 - Tools and Techniques for Creating Web VR
 - Web VR and the Future of Web Browsing
6. VR Everywhere: Google Cardboard for Low-Cost Mobile Virtual Reality
 - Cardboard Basics
 - Cardboard Stereo Rendering and Head Tracking
 - Developing with the Google VR SDK for Android
 - Developing with the Google VR SDK for Unity
 - Developing Cardboard Applications Using HTML5 and a mobile Browser
7. Your first VR Application
 - About 360°-Degree Panoramas
 - Setting up the Project
 - Adding Cardboard VR Support
 - Creating a Gaze-and-Tap User Interface
 - Where to Take the Project from Here
8. Resources
 - devices, software, content

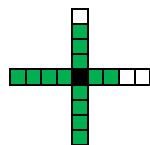
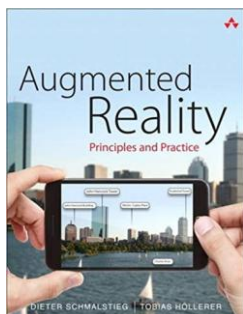


Abbildung 14: Schmalstieg, Dieter; Hollerer, Tobias: Augmented Reality: Principles and Practice (Usability). Addison Wesley: 3.6.2016 [25]

Kurzportrait: Hierbei handelt es sich um ein hervorragendes Lehrbuch für Augmented Reality mit wissenschaftlichen Anspruch, gleichzeitig aber auch viel praktischen Hilfestellungen, Werkzeughinweisen und Beispielen.

Inhalt:

1. Introduction to Augmented Reality
 - Definition and Scope
 - A Brief History of Augmented Reality
 - Examples
 - Related Fields
 - Summary
2. Displays
 - Multimodal Displays
 - Visual Perception
 - Requirements and Characteristics
 - Spatial Display Model
 - Visual Displays
3. Tracking
 - Tracking, Calibration, and Registration
 - Coordinate Systems
 - Characteristics of Tracking Technology
 - Stationary Tracking Systems
 - Mobile Sensors

- Optical Tracking
- Sensor Fusion
- 4. Computer Vision for Augmented Reality
 - Marker Tracking
 - Multiple-Camera Infrared Tracking
 - Natural Feature Tracking by Detection
 - Incremental Tracking
 - Simultaneous Localization and Mapping
 - Outdoor Tracking
- 5. Calibration and Registration
 - Camera Calibration
 - Display Calibration
 - Registration
- 6. Visual Coherence
 - Registration
 - Occlusion
 - Photometric Registration
 - Common Illumination
 - Diminished Reality
 - Camera Simulation
 - Stylized Augmented Reality
- 7. Situated Visualization
 - Challenges
 - Visualizationn Registration
 - Annotations and Labeling
 - X-Ray Visualization
 - Spatial Manipulation
 - Information Filtering
- 8 Interaction
 - Output Modalities
 - Input Modalities
 - Tangible Interfaces
 - Virtual User Interfaces on Real Surfaces
 - Augmented Paper
 - Multi-view Interfaces
 - Haptic Interaction
 - Multimodal Interaction
 - Conversational Agents
- 9 Modeling and Annotation
 - Specifying Geometry
 - Specifying Appearance
 - Semi-Automatic Reconstruction
 - Free-Form Modeling
 - Annoation
- 10 Authoring
 - Requirements of AR Authoring
 - Elements of Authoring
 - Stand-alone Authoring Solutions
 - Plug-In Approaches
 - Web Technology
- 11 Navigation
 - Foundations of Human Navigation
 - Exploration and Discovery
 - Route Visualization
 - Viewpoint Guidance
 - Multiple Perspectives
- 12 Collaboration
 - Properties of Collaboration Systems
 - Co-located Collaboration
 - Remote Collaboration
- 13 Software Achitectures
 - AR Application Requirements

- Software Engineering Requirements
 - Distributed Object Systems
 - Dataflow
 - Scene Graphs
 - Developer Support
- 14 The Future
- What May Drive Business Cases
 - An AR Developer's Wish List
 - Taking AR Outdoors
 - Interfacing with Smart Objects
 - Confluence of Virtual Reality and Augmented Reality
 - Augmented Humans
 - AR as a Dramatic Medium
 - AR as a Social Computing Platform

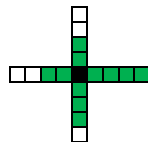
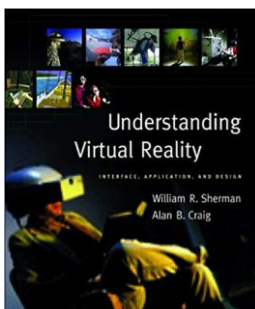


Abbildung 15: Sherman, William R.; Craig, Alan B.: **Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design (The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics).** Morgan Kaufmann: 10.9.2002 [26]

Kurzportrait: Dieses war einmal ein hervorragendes V/AR-Lehrbuch mit umfassender Breit, ist aber einfach in die Jahre gekommen. Methodische Grundlagen der V/AR behalten jedoch ihre Richtigkeit.

Inhalt:

1. What is Virtual Reality?
 - Introducing
 - History
 - VR: the medium
2. Virtual Reality Systems
 - Input
 - Output
 - Rendering
 - Interacting
 - VR Experience
 - Experience Design: applying VR to a problem
 - The future of virtual reality
3. Appendices
 - Examples

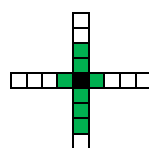
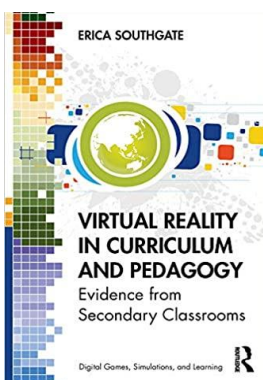


Abbildung 16: Southgate, Erica: **Virtual Reality in Curriculum and Pedagogy: Evidence from Secondary Classrooms (Digital Games, Simulations, and Learning).** Routledge-Verlag: 20.5.2020 [28]

Kurzportrait: Dieses Werk behandelt den Einsatz von VR in der Lehre, nicht jedoch die Lehre von V/AR. Es ist daher als V/AR-Lehrbuch nicht geeignet.

Inhalt:

1. Introduction: From the Germ of an Idea to the Gem of an Idea (or How This Book Came About)
2. A Brief History of Virtual Reality and a Review of Research On Its Use in Schools
3. The Pedagogy of Immersive Virtual Reality
4. The Methodology of the VR School Study
5. The 'Nuts and Bolts' of Embedding Immersive Virtual Reality in Classrooms
6. 'It Makes You Actually Interact With the Things You Are Learning About': Secondary School Science Through Immersive Virtual Reality
7. 'Bring What's Going On In Your Mind To Life!' Using Immersive Virtual Reality in the Drama Classroom
8. Schooling Virtual Futures: What We Need to Know and Do to Ensure Powerful Learning Through Immersive Virtual Reality

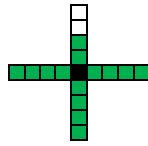
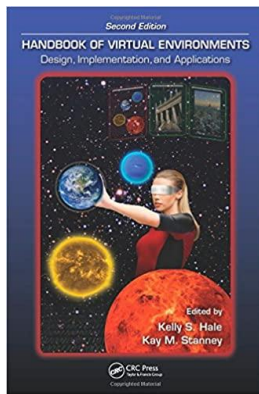


Abbildung 17: Stanney, Kay M.; Hale, Kelly S. (Herausgeber): Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications, Second Edition (Human Factors and Ergonomics Series). 2. Edition. Taylor & Francis Inc.: 10.9.2014 [10]

Kurzportrait: Hierbei handelt es sich um die zweite, überarbeitete Auflage des Standardwerk (1. Auflage 2002) für die wissenschaftliche V/AR-Ausbildung aus dem Jahr 2014, mit einer exzellenten Tiefe und Breite auf 1.400 Seiten. Eine Reihe von Anwendungsbeispielen wird illustriert.

Inhalt:

1. Introduction
2. Standard and Terminology
3. System Requirements
 - Vision
 - Displays
 - Haptics
 - Body Acceleration
 - Tracking, Gesture Recognition
 - Locomotion
4. Software Requirement
 - VE models
 - autonomous agents
5. Application Requirements
 - structured development of Ves
 - training simulators
6. Design Approaches and implementation strategies
 - cognitive aspects
 - interaction
 - content design
 - technology management
7. Health and Safety Issues
 - cyber sickness
8. Evaluation
 - UX, usability engineering
 - presence, ergonomics
9. Selected Applications of Virtual Environments
10. Conclusion

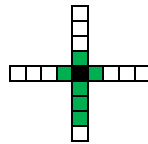


Abbildung 18: Zinn, Bernd: Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung. 1. Edition. Franz Steiner Verlag: 15.1.2020 [29]

Kurzportrait: Dieses Buch ist eine Sammlung von Einzelbeiträgen verschiedener Autoren zum Lehren und Lernen in V/AR. Es gibt einige Einblick sowohl in die Forschung als auch praktische Beispiele. Die Inhalte befassen sich aber ganz überwiegend mit V/AR als Lehrmedium, nicht als Lehrinhalt.

Inhalt:

1. Lehren und Lernen in technologiebasierten Erfahrungswelten
 - Technologiebasierte Erfahrungswelten
 - User Experience Design und Evaluation in immersiven Virtua-Reality-Umgebungen
 - Wie lässt sich die Technikakzeptanz virtueller Lern- und Arbeitsumgebungen erklären?
2. Anwendungen von virtuellen und erweiterten Umgebungen
 - Evaluierung potenzieller Augmented-Reality-Anwendungsfälle im industriellen Umfeld
 - Eine explorative Studie zu potenziellen Anwendungsfeldern von VR in technischen Domänen
 - On-the-Job-Training mittels AR-/VR-gestützter Fehlerdiagnose und -behebung in industriellen Anlagen
 - Konzeption virtueller Lehr- und Lernarrangements im Kontext des industriellen Dienstleistungsbereichs des Maschinen- und Anlagenbaus
3. Forschung zu virtuellen Umgebungen
 - Förderung der Auszubildenden mit einem besonderen Förder- und Unterstützungsbedarf mittels einer virtuellen Lernumgebung
 - Entwicklung und Potenzialeinschätzung einer Virtual Reality zum Erlernen der Mnemotechnik
 - Virtual Reality: eine Studie zur chronometrischen Analyse der mentalen Rotationsfähigkeit
 - Technologieakzeptanz des virtuellen Verkaufsraums VR2GO der Firma Andreas Stihl AG & Co. KG

d) Bestehende Bildungsinhalte: V/AR-Vorlesungen

Virtual Reality und Augmented Reality sind seit den 1990er Jahren Inhalt von Hochschulvorlesungen. Im Nachgang sind vier beispielhafte Inhaltsverzeichnisse von V/AR-Hochschulvorlesungen (hier: 3 Hochschulen, 1 Duale Hochschule, keine Universität; Abschluss Bachelor, Master) gezeigt, die einen ungefähre Vorstellung davon vermitteln, was Inhalt solcher Vorlesungen sein kann.

Vorlesung 1

1. Anwendungsbeispiele für grafische Simulation
2. Simulation und Industrie 4.0
3. Virtual Reality (VR)
 - Rechnertechnologie
 - Ausgabesysteme
 - Projektionstechnologie
 - Verschaltungstechnik
 - Tracking-Technik
 - Eingabesysteme
 - Interaktion in VR
 - Zusammenfassung VR
 - VR-Einsatzgebiete und Nutzen
 - Probleme und Nachteile von VR
3. Augmented Reality
 - Einleitung
 - Erstellung von AR-Anwendungen
 - AR-Systeme
 - AR-Anwendungen
 - Tracking für AR
 - Verfahren kamerabasiertes Tracking
 - Registrierung
 - Visuelle Ausgabe
 - Einschränkungen der visuellen Ausgabetechniken
4. Simulation allgemein

Vorlesung 2

1. Grundlagen von AR/VR
 - Präsenz, Immersion
 - Interaktivität
 - Visualisierungstechnologie
 - Tracking
 - Displays
 - Software
2. Anwendungsgebiete von AR/VR
 - Felder
 - Vor- & Nachteile
 - Herausforderungen für Unternehmen und Nutzer
3. Grundlegende Anwendungen für VR entwickeln
 - Unity
 - Windows Mixed Reality
 - SteamVR
 - OpenVR
 - Visual Studio
4. Grundlegende Anwendungen für AR entwickeln
 - Unity
 - HoloLens 2
 - Android
 - Vuforia
 - Visual Studio
5. Interaktion mit virtuellen Elementen in AR/VR
 - Collider
 - Physik

Vorlesung 3

Teil 1 (Grundlagen):

1. Geschichte der Computergrafik und Virtual Reality
 - Meilensteine der Computergrafik von 1950 – heute
 - Computerspiele, Entertainment und VR von 1960 – heute
2. Meilensteine der Computerentwicklung
 - Erfinder des Computers
 - Supercomputer
 - Neuronale Netze, Quantencomputer
3. Die menschliche Wahrnehmung
 - Wahrnehmungsarten
 - Tiefenwahrnehmung
 - Farbwahrnehmung
4. Technologien und Begriffe der virtuellen Realität
 - Virtual und Augmented Reality
 - Holographie
 - Immersion
 - Künstliche Intelligenz (KI)
5. Bestandteile und Aufbau von VR-Systemen
 - Systemmodelle und Kenngrößen
 - Clustertechnologie
 - Displays, Projektionssysteme und Bildtren-

Vorlesung 4

1. VR-Grundlagen
 - Motivation, Ziele
 - Aufbau von VR-Systemen
 - Begriffe, Nutzen VR
 - Geschichte, Begriffe
 - Präsenz, Immersion, Usability
 - Wahrnehmung, Tiefenkriterien
2. Hardware & Software
 - Displays
 - Projektionssysteme
 - Trackingsysteme
 - Kollisionserkennung
 - Haptik, Touchsysteme
 - Akustik
 - Olfaktorik
 - Mixed Reality
 - Augmented Reality
3. Grundlagen Computergraphik
 - Rastergrafik
 - Entfernen verdeckter Flächen
 - Transformationen, Perspektiven
 - Festkörpermodelle
 - Farben, Beleuchtung, Texturierung, Shader
 - Animation, Kinematiken

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ nungsverfahren ▪ Eingabesysteme ▪ Trackingsysteme <p><u>Teil 2 (Aufbau):</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Digitale Geometriemodelle und -formate <ul style="list-style-type: none"> ▪ Linien- und Flächenmodelle ▪ Virtuelle Modelle und 3D-Körper ▪ Diskretisierung von CAD-Daten 7. Rendering-Verfahren <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rendering Pipeline ▪ Schattierungsmodelle, Texturierung, Anti-Aliasing ▪ Beleuchtungsmodelle (Phong, Ray-Tracing, Global Illumination) ▪ Beschleunigungsverfahren (LOD, Culling, Multi-Resolution) 8. Applikationen und Anwendungsbereiche von VR-Systemen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anwendungsbereiche entlang des PEP ▪ Verankerung im Geschäftsprozess ▪ Anwendungsfälle und Applikationsbeispiele 9. Einsatzszenarien und Wirtschaftlichkeit <ul style="list-style-type: none"> ▪ VR-Systeme in Abhängigkeit der Nutzung ▪ Definition des Nutzens und Ermittlung von Potentialen ▪ Modelle der Wirtschaftlichkeitsbewertung 10. Hardware-Installation und Integration im Unternehmen <ul style="list-style-type: none"> ▪ XR im Unternehmensumfeld (Arbeitsplatz, Datenprozess, Vorschriften) ▪ Netzwerke, Übertragungstechnik und Versorgungstechnik ▪ XR Integrationsprojekte (Projektmanagement, Einführung, Nutzung) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ VRML <ol style="list-style-type: none"> 4. Anwendungen & Prozesse <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anwendungen ▪ Kooperative VR-Systeme ▪ Web3D ▪ Wissensmanagement ▪ Wirtschaftlichkeitsbewertung ▪ Einführung von VR, Unternehmensorganisation |
|---|--|

Die Vorlesungen heben insgesamt stark auf technologische Grundlagen ab (deklinieren dabei zumeist die Sinne des Menschen durch und entsprechende Ein-/Ausgabetechnik durch), basierend zumeist auf Wahrnehmungspsychologie und historische Herleitungen. Vorlesung 2 hat ungewöhnlich viel Praxisanteile, Vorlesungen 3 und 4 befassen sich - was auch nicht häufig vorkommt - mit betriebswirtschaftlichen Fragestellungen rund um den professionellen/industriellen V/AR-Einsatz.

3. Bildungsbedarfsanalyse Teil 1: Wissensdefizite als Hemmnis der V/AR-Diffusion? Eine Meta-Analyse

Fast seitdem V/AR-Komponenten in kommerziellen Anwendungen erprobt und eingesetzt werden, also seit dem Beginn der 1990er Jahre, werden Analysen zur Durchdringung industrieller Anwendermärkte mit V/AR erstellt. In etlichen dieser Arbeiten ist es ein Untersuchungspunkt, ob es Gründe gibt, die prospektive und aktive Nutzer der V/AR davon abhält, V/AR-Methoden und Technologien einzusetzen. An dieser Stelle spricht man von Implementierungsbarrieren. Zwei Fragen müssen wir uns nun stellen:

1. Gibt es unter den identifizierten V/AR-Implementierungsbarrieren direkten Bezug auf mangelndes V/AR-Knowhow und unzureichende V/AR-Bildungsangebote? Wird dieses bejaht, wäre das bereits ein relativ konkreter Hinweis auf einen nicht erfüllten oder nicht erkannten Bildungsbedarf.
2. Gibt es unter den identifizierten V/AR-Implementierungsbarrieren Hemmnisse, die sich durch eine Qualifizierung der Handelnden mindern oder gar beseitigen ließen? Sollte man zu diesem Schluss gelangen, so wären hier bereits geforderte Bildungsinhalte erkannt.

Folgende V/AR-Implementierungsbarrieren wurden in den nachfolgend genannten Untersuchungen identifiziert:

Decker ([04], 2002, n= 620, Abbildung 19) befragte Unternehmen verschiedener Branchen, was sie daran hindere, VR-Technologien zu nutzen. Im Vordergrund standen Kosten-Nutzen-Aspekte, an dritter Stelle bereits fehlendes Knowhow.

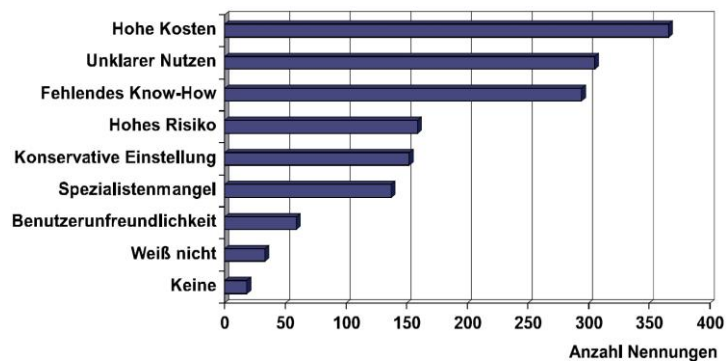
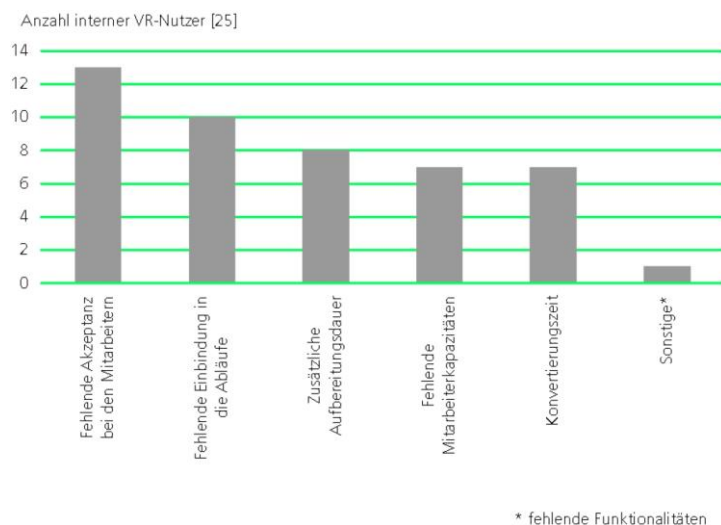


Abbildung 19: VR-Implementierungshemmnisse nach Decker [04]

Klocke ([15], 2003, n= 25, Abbildung 20) fragte VR-Endanwender nach unternehmensinternen Hindernissen, die einer vollständigen zeitlichen Auslastung der VR-Anlage im Wege stehen. Mangelnde Akzeptanz der Methode und fehlende Prozessintegration wurden am häufigsten genannt.



* fehlende Funktionalitäten

Abbildung 20: VR-Implementierungshemmnisse nach Klocke [15]



Die Aberdeen Group ([01], 2006, n=520, Abbildung 21) interessierte sich für die Probleme beim Wechsel von 2D-CAD auf 3D-CAD (wir mutmaßen hier ähnliche Herausforderungen bei der Erweiterung von 3D-CAD auf VR). Nutzen, Qualifizierung, technische Herausforderungen und 3D-Daten-Migration wurden als Probleme erkannt.

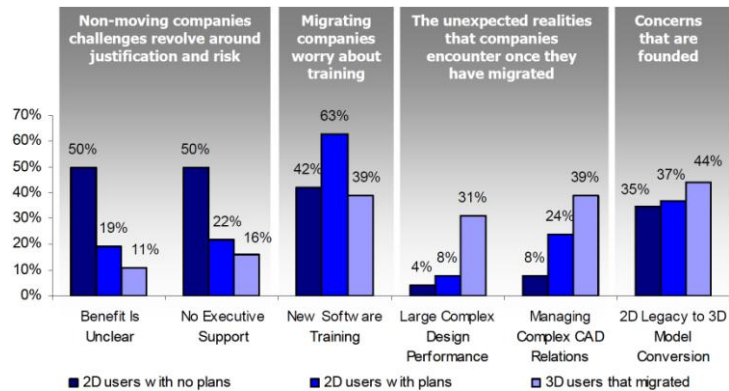


Abbildung 21: 3D-CAD--Implementierungshemmnisse nach Aberdeen [01]

Jansen ([12], 2008, n=23, Abbildung 22) beschäftigte sich mit Problemen von kleinen und mittelständischen Unternehmen (kmU) bei Software-Einführungsprojekten (also nicht spezifisch VR/XR!). Hier wurden vielfach Schulungsunterlagen kritisiert; Jansen fand zudem massive Stolpersteine im generellen IT-Projektmanagement (z.B. Budget, Einhaltung der Projektlaufzeit, Lastenhefterstellung).

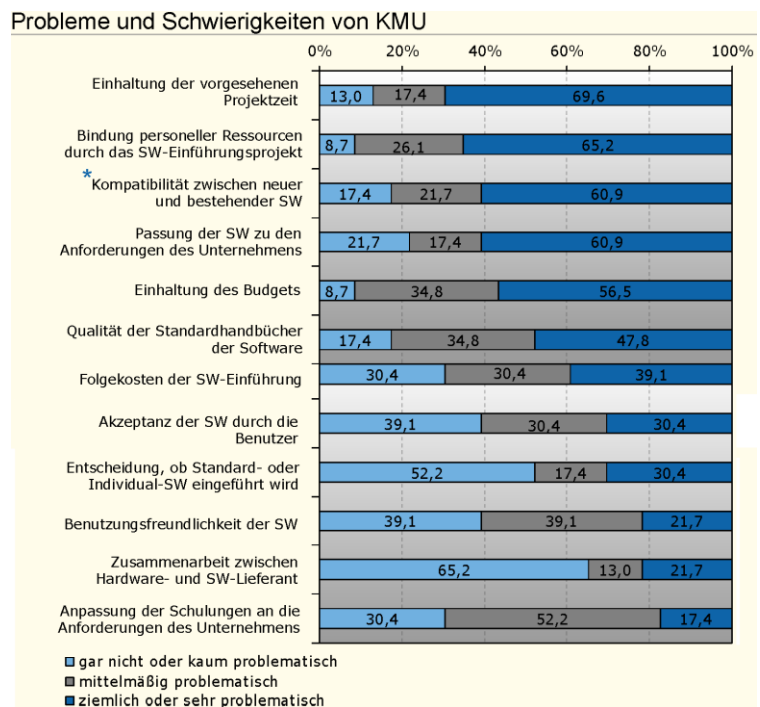


Abbildung 22: IT-Implementierungshemmnisse nach Jansen [12]

Runde sprach ([22], 2013, n=9, Abbildung 23) mit bestehenden V/AR-Nutzern. Sie nannten Schnittstellenproblematiken, Usability, Prozess(-Integration) und mangelndes Mitarbeiterinteresse am häufigsten.

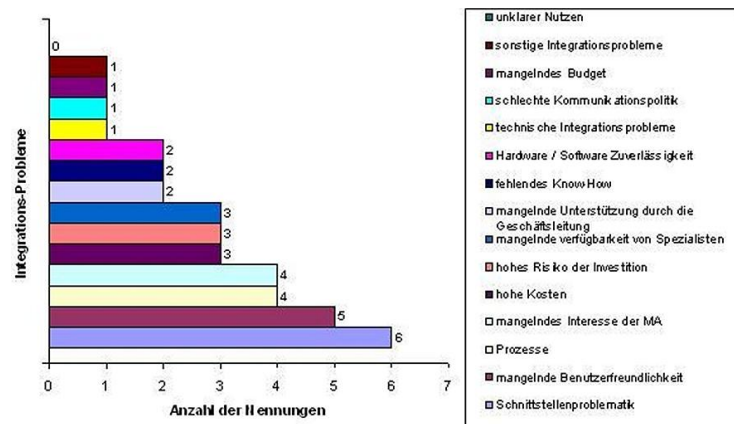
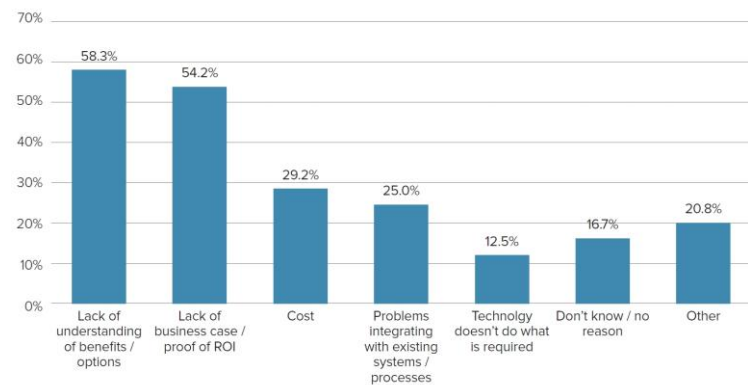


Abbildung 23: VR-Implementierungshemmnisse nach Runde [22]

Hadwick ([09], 2019, n= 750) fragte danach, welche Gründe von der Integration von V/AR in die eigene Geschäftstätigkeit abhalten. Als Antworten erhielt er mangelnden Nutzen/Rol, (hohe) Kosten und Integrationshürden.

Figure 12: What's Stopping You from Integrating VR or AR/MR into Your Business?



Source: XR Industry Survey 2019

Abbildung 24: V/AR-Implementierungshemmnisse nach Hadwick [09]

Soderquist ([27], 2020, n=191) interessierte sich für die Gründe, die einer Massenverbreitung von V/AR entgegenstehen. Genannt wurden an dieser Stelle Usability, (mangelnde) Inhalte, Akzeptanz und rechtliche Hürden.

> What is the biggest obstacle to mass adoption of AR and VR technologies? Select one for each technology:

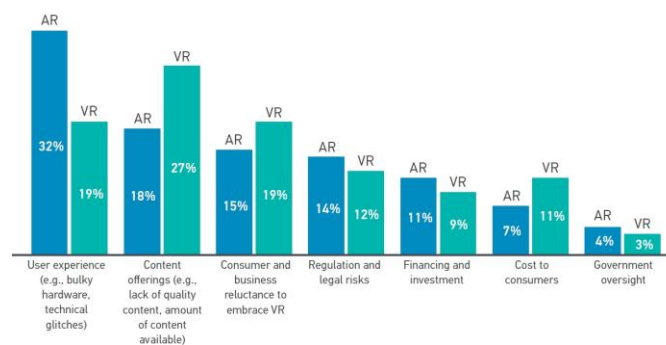


Abbildung 25: V/AR-Implementierungshemmnisse nach Soderquist [27]

Betrachtet man die gezeigten V/AR-Implementierungsbarrieren, so lässt sich Folgendes feststellen: Decker, Aberdeen, Jansen und Runde identifizieren fehlendes Knowhow und/oder mangelnde Verfügbarkeit von Spezialisten und geeigneten Schulungen/Schulungsmaterial als Hürden. Weiterhin lassen sich die Antwortbereiche der o.a. Studien in einige grobe Kategorien clustern: (1) Kosten, (2) Nutzen, (3) IT-Projektmanagement, (4) Lastenheft, Auswahl, (5) Recht, (6) Involvierung Mitarbeiter & Management, (7) Prozess-Integration, (8) Usability, (9) Technologie, (10) Data Preparation & IT-Integration, (11) fehlendes Knowhow und (12) Verfügbarkeit von Spezialisten & Schulungen. Mit diesen groben Kategorien lässt sich eine einfache Zeitreihenbetrachtung vornehmen, wobei klar sein muss, dass sowohl die Befragungspanels sehr verschieden sind und die Fragestellungen sich auch zum Teil erheblich unterschieden. Aber für eine erste, grobe Idee, welche Barrieren sich wie im Laufe der Zeit entwickelt haben, soll es uns genügen (siehe Abbildung 26). Will man aus dieser Abbildung einige (sehr) grobe Trends herauslesen, so lässt sich Folgendes feststellen:

1. Insgesamt sind die Barrieren mit Werten zwischen 9% und 70% nach wie vor immer noch sehr relevant.
2. Alle diese Barrieren könnten mit geeigneten Qualifizierungsmaßnahmen gemindert werden.
3. Die Zielgruppen der Qualifikationsmaßnahmen wären aber geteilt: fast alle Barrieren liegen auf der Seite der V/AR-Endanwender, sie wären also hier die Zielgruppe von Qualifizierungen. Die Barriere (8) *Usability* liegt allerdings als Entwicklungsaufgabe bei den V/AR-Herstellern. Die Barriere (9) *Technologie* ist sowohl bei den Endanwendern (Entwicklung eines adäquaten V/AR-

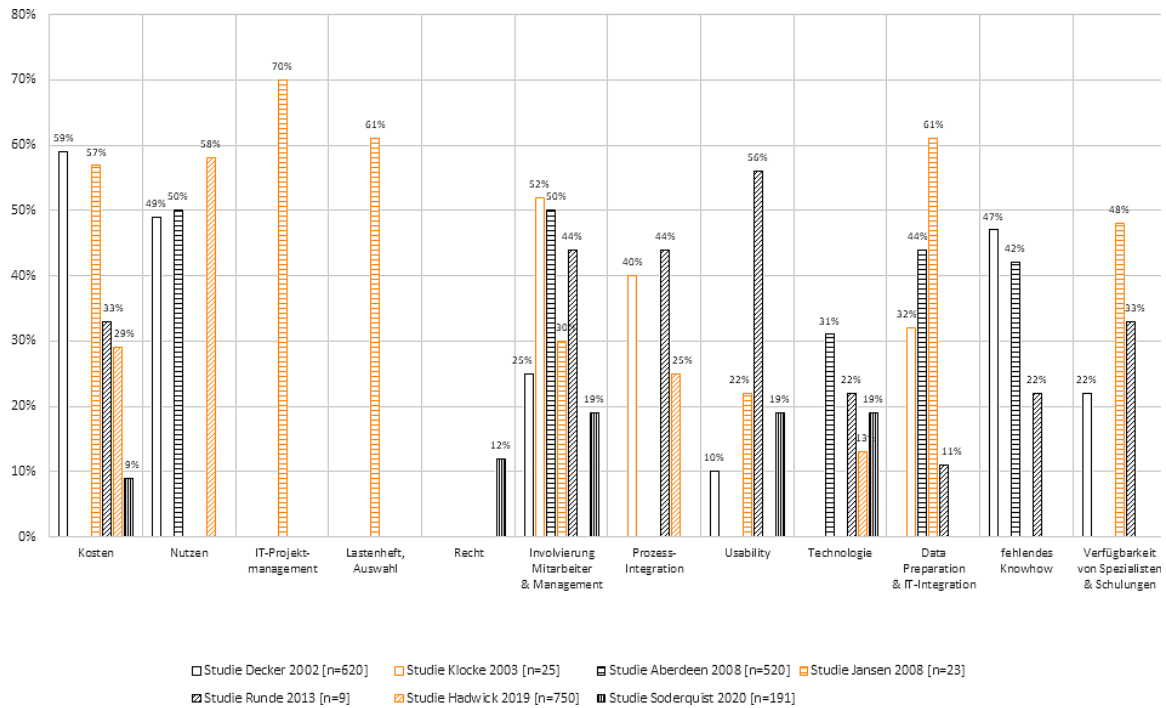


Abbildung 26: V/AR-Diffusionshemmnisse im Zeitverlauf

Technologiewissens) und auch bei den V/AR-Herstellern (Intensivierung und Aktualisierung des V/AR-Technologieentwicklungswissens) zu sehen.

- Die Barrieren (1) *Kosten*, (9) *Technologie* und (11) *Fehlendes Knowhow* scheinen zu schwinden
- Die Barrieren (2) *Nutzen*, (6) *Involvement Mitarbeiter & Management*, (7) *Prozessintegration*, (8) *Usability*, (10) *Data Preparation & IT-Integration* und (12) *Verfügbarkeit von Spezialisten* stellen sich uneinheitlich dar bzw. bestehen nach wie vor
- Die Barrieren (3) *IT-Projektmanagement*, (4) *Lastenheft & Auswahl* und (5) *Recht* wurden nur von jeweils einer Untersuchung genannt.

Die folgende Abbildung 27 zeigt zusammenfassend die über die Diffusionshemmnis-Analyse gefundenen sinnvollen Lehrinhalte, die Zielgruppen und die Lehrziele.

Lehrinhalt	Zielgruppe	Lehrziel
Kosten-Nutzen der V/AR	V/AR-Endanwender	Identifikation von V/AR-Einsatzmöglichkeiten und ROI-Berechnung
IT-Projektmanagement, Lastenheft-Entwicklung	V/AR-Endanwender	Auswahl passender V/AR-Lösungen; Termin- und ergebnisgetreue Einführung V/AR in Unternehmen
V/AR-Recht	V/AR-Endanwender	Vermeidung rechtlich unzulässiger oder kritischer V/AR-Aktivitäten (Arbeitsschutz, Datenschutz)
Interne Kommunikation & Marketing	V/AR-Endanwender	Involvement Management und Personal in V/AR-Aktivitäten; Unterstützung des Themas im Unternehmen
V/AR-Prozess-Integration	V/AR-Endanwender	Prozess-Re-Engineering, Umbau auf V/AR-gestützte Planungs- und Entwicklungsprozesse, geschlossene Prozessketten
V/AR Data Preparation & IT-Integration	V/AR-Endanwender	Schnelle, fehler- & verlustfreie, möglichst automatisierte 3D-Modellpropagation
V/AR-Technologie	V/AR-Endanwender	Entwicklung eines adäquaten V/AR- Technologiewissens
	V/AR-Hersteller	Intensivierung und Aktualisierung des V/AR-Technologieentwicklungswissens
V/AR-Usability	V/AR-Hersteller	Entwicklung von V/AR-Lösungen, deren Gebrauch einfach, intuitiv, ergonomisch und freudbringend ist

Abbildung 27: Ergebnis der Meta-Analyse: Lehrinhalte zur Reduktion identifizierter V/AR-Diffusionsbarrieren

4. Bildungsbedarfsanalyse Teil 2: Der Arbeitsmarkt für V/AR-Professionals

a) Einsatzgebiete von V/AR

Der Arbeitsmarkt für V/AR-Professionals ist entlang von zwei Achsen segmentierbar. Die erste Segmentierungsstufe grenzt Forschung vs. Wirtschaft (Achse 1) und V/AR-Technologie vs. V/AR-Verwendung (Achse 2) voneinander ab (Abbildung 28).

Abbildung 29 zeigt die 2. Segmentierungsstufe für die V/AR-Technologien.

Entsprechend der allgemeinen und damit sehr grundsätzlichen Funktionalitäten von VR und AR gibt es heute ganze Reihe verschiedener Anwendungen. Ihnen gemein ist nahezu immer das Vorliegen einer mehr oder weniger komplexen, räumlich geometrischen Aufgabenstellung. Sowohl VR als auch AR sind zu verstehen als Benutzungsschnittstellen zu räumlichen 3D-Daten; die Bearbeitung flächiger Elemente wie etwa geschriebene Dokumente in VR oder AR wäre wenig sinnvoll. Denn: für flächige Dokumente haben wir seit Jahrzehnten geeignete, bekannte, bewährte und sehr effiziente Benutzungsschnittstellen, nämlich Maus und Tastatur. Betrachtet man die sinnvollen professionellen Anwendungsfelder (also ohne weitere Betrachtung von Unterhaltung, Spielen), so lassen sich mindestens die in Abbildung 30 gezeigten Themen (dies entspricht dann der 2. Segmentierungsstufe für die V/AR-Anwendungsfelder) identifizieren. Es ist an dieser Stelle bereits leicht erkennbar, dass die erläuterten elf Anwendungsfelder für zahlreiche Branchen interessant sind, für etliche Bran-

1. Segmentierungsstufe Arbeitsmarkt V/AR

	Arbeitgeber: Wirtschaft	Arbeitgeber: Forschung
Berufsfeld: V/AR-Technologie	Softwareentwicklung, Hardwareentwicklung, (Entwicklungs-)Prozesse	Human Computer Interaction, Human Machine Interaction, Kollaboration, ...
Berufsfeld: Verwendung der V/AR	Anwendungsfelder, Branchen	
benachbarte Felder	CGI, Games, 3D-Erfassung, ...	-

Abbildung 28: Segmentierung des V/AR-Arbeitsmarkts: Stufe 1

V/AR-Technologie: 2. Segmentierungsstufe des Arbeitsmarkts V/AR

Hardware	Software
Augmented-Reality-Hardware	3D-Datenkonverter
Autostereoskopische Displays	3D-Konfiguratoren
Eingabesysteme	3D-Modelle & Texturen
Eye Tracking	Akustik & Auralisation
Grafikkarten	Animation
Haptik-Hardware	Augmented Reality
HDR-Displays	GIS
Head Mounted Displays	Kollisionserkennung
Motion-Capturing-Systeme	Kooperative VR-Systeme
Multitouch-Systeme	Immersive Virtual Reality
Projektionsscheiben	Web-3D-Software
(Stereo-) Projektionssysteme	...
Projektionstische	
(Stereo-)Projektoren	
Stereo-Brillen	
Stereo-Displays	
Kameras	
Tracking-Systeme	
Volumetrische Displays	
...	

Abbildung 29: Segmentierung des V/AR-Arbeitsmarkts: Stufe 2 für "V/AR-Technologie"

Verwendung der V/AR: 2. Segmentierungsstufe des Arbeitsmarkts V/AR

1. Dokumentation: Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um Positions-, Struktur-, Prozedur- und Verhaltenswissen zu speichern (Beispiel: Baubestandsaufnahme, Tatortaufnahmen in der polizeilichen Forensik) und abzurufen.
2. Ausbildung und Training: Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um Positions-, Struktur-, Prozedur- und Verhaltenswissen zu vermitteln (Beispiel: Schulung der Verwendung von Endoskop und Laparoskop).
3. Kooperation: Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um Positions-, Struktur-, Prozedur- und Verhaltenswissen zu teilen, sowohl örtlich konzentriert als auch disloziert (Beispiel: räumlich verteiltes Design Review).
4. Assistenz: Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um den Nutzer während einer tatsächlich in der Realität durchgeführten Tätigkeit zur Laufzeit zu unterstützen (Beispiel: Hilfestellungen bei der Wartung oder Montage)
5. Geometriedefinition: Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um 3D-Objekte zu definieren oder um die Richtigkeit deren Definition zu evaluieren (Beispiele: Sichtbarkeitsanalysen, Erreichbarkeitsanalysen, Baubarkeitsanalysen, Ergonomie)

chen auch sicherlich gleich mehrere Anwendungen. Es gibt aber auch zahlreiche Anwendungsfelder, die für spezifische Branchen kaum relevant sind. Die unten aufgeführte Abbildung 31 gibt eine subjektive Einschätzung des VDCs zur Bedeutung von V/AR-Anwendungen spezifisch für bestimmte Branchen an. So ist die 3D-Dokumentation etwa im Anlagenbau, der Architektur oder der Raumplanung sehr relevant, also überall dort, wo auch im Bestand gebaut wird. In der Luftfahrt oder in der Medizin sind wichtige V/AR-Trainingsanwendungen (Flugsimulatoren, medizinische Lehrumgebungen) zu finden. Die qualifikatorische Herausforderung für V/AR-Professionals bei V/AR-nutzenden Unternehmen liegt also sehr häufig im Spannungsbogen zwischen V/AR-Methodiken, Branchen- und Anwendungswissen.

6. **Gestaltung & Design:** Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um weitere gestalterische Aspekte neben der Geometrie festzulegen oder zu evaluieren (Beispiele: Farben, Licht, Materialien, Usability).
7. **Datenanalyse:** Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um beliebige Daten, die Ausprägungen in mehreren Dimensionen haben, zu verräumlichen und sie dadurch einer Beurteilung durch den Menschen zugänglich zu machen (Beispiel: Clusteranalysen, Visual Analytics).
8. **Logik:** Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um logische Zusammenhänge zwischen Zusammenhänge zu definieren oder zu evaluieren. Sinnvoll ist dieses eigentlich vornehmlich dort, wo sich die Logik geometrisch auswirkt, etwa bei der Steuerung kinematischer (3D-)Systeme (Beispiele: Robotik, Automatisierungstechnik).
9. **Marketing & Vertrieb:** Die Virtuelle Umgebung wird verwendet, um Informationen und/oder Botschaften zu einem Produkt an den Käufer zu senden, ihn gegebenenfalls auch in einen Dialog zum Produkt auf der Basis der digitalen Darstellung zu bringen (Beispiele: Vertriebs-Konfiguratoren, Virtual Showrooms).
10. **Verhaltensforschung:** Das Verhalten von Menschen in einer nahezu beliebig manipulierbaren Virtuellen Umgebung wird untersucht (Beispiele: Marktforschung, Psychologie, Fahrsimulation).
11. **Therapie:** Durch das Einbetten eines Menschen in eine Virtuelle Umgebung wird ihm eine Erfahrung oder ein Gefühl vermittelt (Beispiele: Konfrontationstherapie, Schmerztherapie).

Abbildung 30: Segmentierung des V/AR-Arbeitsmarkts: Stufe 2 für "V/AR-Anwendungen"

Branchen (alphabetisch)	Anwendungsfelder V/AR												Summen		
	Dokumentation	Ausbildung & Training	(generische) Kooperation	Assistenz	Geometrie definition	Gestaltung & Design	Datenanalyse	Logik-Evaluation	Marketing & Vertrieb	Verhaltensforschung	Therapie	○	●	beide	
	Anlagenbau, Verfahrenstechnik	●	●	○	●	○			○	○			4	3	7
Automobil	○	●	●		●	●			●	●		1	6	7	
Bahntechnik, Schienenfahrzeuge	○	●	●		●	●			●	●		1	6	7	
Bauwesen, Architektur	●	○	○	○	●	●			●			3	4	7	
Bergbau, Öl, Gas	○			●			●					1	2	3	
Bildung, Unterricht, Schulen, Universitäten	○	●	○									2	1	3	
Energietechnik, Umwelttechnik	○	○		●			○	○				4	1	5	
Finanzwirtschaft & Versicherungen	○						○					2	0	2	
Handel		○	○			○			●	○		4	1	5	
Handwerk	○	○		●	●	●			●			2	4	6	
Kunst & Kultur, Museen	●	○	○					○	○			3	1	4	
Logistik	○		○	●			○					3	1	4	
Luftfahrt, Raumfahrt	●	●	●	●	●	●		○	●	●		1	8	9	
Maschinenbau	○	●	○	●	○	○		○	●			5	3	8	
Medizin & Biotechnologie	○	●		○			●			○	●	3	3	6	
Nahrung und Gastronomie		○	○			○			○			4	0	4	
Nutzfahrzeugbau	○	●	●	○	●	●			●			2	5	7	
Raumplanung, Stadtplanung, Geographie	●				●	●	○			○		2	3	5	
Rettungsdienste, Katastrophenhilfe		●	●	●						○		1	3	4	
Schiffbau	●	●	○		●	●			●	●		1	6	7	
Telekommunikation		○	○	○								3	0	3	
Textil & Fashion			○		●	●			●			1	3	4	
Tourismus			●						●	○		1	2	3	
Unterhaltung			●			○						1	1	2	
Verteidigung, Militär		●	●	●						○		1	3	4	
Werbung & Marktforschung	○		○			●	○		●	●		3	3	6	
Summen	○	12	7	12	4	2	4	5	4	3	6	0			
	●	6	11	8	9	9	10	2	0	12	5	1			
beide		18	18	20	13	11	14	7	4	15	11	1			

Legende ○ ist eine mäßig relevante Anwendung in der Branche
● ist eine sehr relevante Anwendung in der Branche

Abbildung 31: Relevanz von V/AR-Anwendungen in verschiedenen Branchen

b) Berufsbilder von V/AR-Professionals

Im Rahmen von Arbeitsgruppensitzungen am VDC wurden die rechts gezeigten Berufsbilder von XR-Professionals identifiziert (Abbildung 32). Des Weiteren erfolgte eine Analyse der Berufsbilder im VR/AR-Umfeld und deren zukünftigen Einschätzung ihrer Entwicklung.

Berufsbilder mit einer sinkenden Bedeutung im VR/AR Umfeld sind demnach Kaufmann/Kauffrau für AR/VR Marketingmanagement, AV-Techniker, Game Developer, Künstler, Marktforscher, MMI Entwickler und Innovationsmanager.

Berufsbilder mit steigender Bedeutung sind demnach Prozessleiter / Prozessberater / Prozess Engineer, Software Entwickler, Vertical Apps/VR-Software Entwickler, Konstrukteur R&D Ingenieur, Visualisierungsexperte / Fachinformatiker XR, Architekt, Medizininformatiker, XR-Developer, 3D Realtime Artist, 3D-Artist, Medien- und Kommunikationsmanager, GUI-, MMI-Entwickler, Innovationsmanager, CDO / CDEO Chief Digital Officer, Simulations Engineer, Projektleiter XR, Big Data Scientist, Medien Gestalter, Arbeitswissenschaftler, VR- und CAD-Spezialist und Ergonom.

Berufsbilder mit einem Fachkräftemangel waren: Software Entwickler, Vertical Apps / VR-Software-Entwickler, CDO / CDEO Chief Digital Officer, 3D Realtime Artist, 3D-Artist, XR-Developer, Prozessleiter / Prozessberater / Process Engineer, Visualisierungsexperte / Fachinformatiker XR, Architekt, Simulations Engineer, Projektleiter XR, Big Data Scientist, Medien Gestalter, Medizininformatiker und XR System Integrator.

Die in Abbildung 32 aufgeführten Berufsbilder wurden in insgesamt sechs Gruppen konzentriert (Abbildung 33), mit denen im Folgenden weitergearbeitet wird.

Prognostizierte Entwickler der V/AR-tangierten Berufsbilder
[Anzahl der Nennungen; positiv: Bedeutung zunehmend; negativ: Bedeutung abnehmend]



Abbildung 32: Prognostizierte Entwicklung der V/AR-tangierten Berufsbilder

XR-Berufsbild	Kurzprofil
Software Entwickler / App Entwickler / VR-Software Entwickler / XR-Developer	programmiert Echtzeit-Anwendungen in Programmiersprache, Interaktion mit App
Visualisierungsexperte / Fachinformatiker	programmiert auf XR-Plattformen, Bediener XR-Plattformen
3D Realtime Artist, 3D-Artist	3D-Modellierung, Datenaufbereiter, Animation, interaktiver 3D-Content
Konstrukteur, R&D-Ingenieur	CAD-Bediener, Konstrukteur, Datenexport
Prozessleiter/ Prozessberater/ Prozessingenieur (Anwender Sicht)	Planer, Beauftragter der Nutzung XR, Anwender
CDO/CDEO Chief Digital Officer	Entscheider über Einsatz

Abbildung 33: Sechs aggregierte Berufsbilder der XR

c) Notwendige Qualifikationen in den V/AR-Berufsbildern

Die Berufsbilder, bei denen in Zukunft davon auszugehen ist, dass diese an Bedeutung gewinnen oder ein Fachkräftemangel herrscht, wurden erneut aufgegriffen und folgenden Ihnen Qualifikationsanforderungen zugeteilt.

- Mathematik Algebra Trigonometrie (VR-relevant)
- V/AR-System-Kenntnisse (Hardware und Software)
- V/AR-Anwendungskennntnisse (Pro/ Contra/ Nutzen)
- Datenverarbeitung / Content Creation
- Verständnis für 3D-Darstellungs Techniken
- Konzeption Didaktik Reflektions-Kompetenz
- Perception (Mensch)

Die Qualifikation XR-Anwendungskennntnisse (Pro/ Contra/ Nutzen) fand sich in den Meisten Berufsbildern wieder. Das Berufsbild des Software Entwickler / App Entwickler / VR-Software Entwickler / XR-Developer ist mit den meisten Qualifikations-Anforderung versehen. Gefolgt vom 3D Realtime Artist, 3D-Artist und an dritter Stelle dem Konstrukteure R&D Ing. und Visualisierungsexperte / Fachinformatiker.

Keines der hier gelisteten Berufsfelder belegt das Feld: "Konzeption, Didaktik, Reflektions-Kompetenz" mit sehr relevant.

Relevante Qualifikationen in den V/AR-tangierten Berufsbildern

Berufsbild	Software Entwickler, App Entwickler, VR-Software Entwickler, XR-Developer:	3D Realtime Artist, 3D-Artist:	Visualisierungsexperte, Fachinformatiker:	Konstrukteur, R&D Ingenieur:	Prozessleiter, Prozessberater, Prozessingenieur (Anwender-Sicht): Planer, Beauftragter der Nutzung XR, Anwender	CDO, CDEO Chief Digital Officer: Entscheider über Einsatz	Σ	
Aufgabenbeschreibung	Programmiert Interaktion mit App und Echtzeit-Anwendungen in	3D-Modellierung, Datenaufbereiter, Animation, interaktiver 3D-Content	Programmiert auf XR-Plattformen, Bediener XR-Plattformen	CAD-Bediener, Konstrukteur, Datenexport				
Qualifikationen	Mathematik, Algebra, Trigonometrie (mit VR-	2	0	0	0	1	0	3
	XR-System-Kenntnisse (Hardware und Software)	2	1	1	1	1	1	7
	XR-Anwendungskennntnisse (Pro/ Contra/ Nutzen)	1	1	2	1	1	2	8
	Datenverarbeitung, Content Creation	1	2	1	1	1	0	6
	Verständnis für 3D-Darstellungstechniken	1	2	1	1	1	0	6
	Konzeption XR, Didaktik, Reflektions-Kompetenz	1	1	1	1	0	1	5
	Perception (Mensch)	1	1	1	1	1	1	6
Σ	9	8	7	7	6	5		

Legende:
2 = sehr relevant
1 = relevant
0 = nicht relevant

Abbildung 34: Relevante Qualifikationen der V/AR-tangierten Berufsbilder

5. Entwicklung eines V/AR-Curriculums

a) Inhalte eines V/AR-Curriculums

Nach Sichtung der Inhalte der V/AR-Lehrbücher und Kenntnis der V/AR-Diffusionshemmnisse können Inhalte möglicher V/AR-Curricula aufgestellt werden. Es ergibt sich damit eine Gesamtheit möglicher, sinnvoller Inhalte einer V/AR-Qualifizierung. Die Reihenfolge ist letztlich nicht definitiv und nur grob skizziert.

Wichtig ist festzustellen, dass nicht jeder Aspekt für jedes Berufsbild gleichwertig oder überhaupt relevant ist (siehe dazu Abbildung 34). Hier muss also eine Differenzierung erfolgen. Ebenso kann es sinnvoll sein, Spezialisierungen in den Anwendungsfeldern der V/AR anzubieten (siehe Abbildung 30, Abbildung 31). Auch die Tiefe der Wissensvermittlung kann schwanken, je nach Zielpublikum und Bildungsformat (z. B. lange, zeitintensive Universitätsvorlesung versus Aufbauseminar).

Im Rahmen von Arbeitsgruppen(AG)-Sitzungen "*Vermittlung von V/AR-Kompetenzen*" am Virtual Dimension Center (VDC) wurden die zusammengetragenen V/AR-Qualifizierungsinhalte in Bezug auf die Qualifizierung der identifizierten sechs Berufsbilder (siehe Abbildung 33) bewertet: Ziel war es, eine Idee davon zu generieren, welches Wissen für welches Berufsbild relevant oder eben verzichtbar ist. Die Teilnehmer konnten dafür zwischen den Werten 0 (= kein Knowhow notwendig), 1 (= grundlegendes Knowhow notwendig) und 2 (= tiefergehendes Knowhow notwendig) auf der Basis ihrer eigenen subjektiven Einschätzung auswählen. Die Durchschnittswerte dieser Zahlenangaben sind in der Tabelle in Abbildung 35 wiedergegeben. Weiterhin wurde festgestellt, ob die Meinungen dabei stark beieinander oder auseinander lagen, also ob Konsens zu einem Wissensbaustein oder zu einem Berufsbild herrscht oder die Einschätzungen eher divergierten. Hierzu wurden schlicht die Anzahl der gleichen Meinungen (gewichtet mit 2) und der leichten Abweichungen (maximaler Gewichtsunterschied von 1; gewichtet mit 1) addiert und durch die Anzahl der Antworten geteilt. Ein hoher Konsenswert weist also auf einer weitgehenden Übereinstimmung der Einschätzungen hin, ein niedriger Wert dokumentiert Meinungsunterschiede. Das Ergebnis dieser Einschätzungen ist in Abbildung 35, Seite 28 wiedergegeben.

- Die Qualifikationsanforderungen an die benannten Berufsbilder fallen (erwartungsgemäß) sehr unterschiedlich aus.
- Die Vorstellungen der Berufsbilder Software-Entwickler und Visualisierungsexperte sind recht homogen
- Die Vorstellungen der Berufsbilder R&D-Ingenieur und Process Engineer fallen tendenziell eher auseinander.
- Es herrscht weitgehend Konsens darüber, dass praktische Ausbildungsanteile bei allen Berufsbildern eine hohe Bedeutung haben.
- An etlichen Stellen stellte sich heraus, dass unterschiedliche Auffassungen bei denjenigen Wissensbausteinen auftraten, unter denen viele verschiedene Begriffe gesammelt wurden, bei denen die Einschätzungen zur Bedeutung aber nicht gleich waren. Häufig konnte hier doch noch ein Konsens erreicht werden, wenn man die Begriffe einzeln abhandelte.

Kursthemen / Wissensbausteine	Berufsbilder						Konsenswert
	Software-Entwickler	Visualisierungs-Experte	3D-Artist	R&D-Ingenieur	Process Engineer Anwender	CDO, CDEO	
Motivation	1,00	1,00	1,00	1,00	1,13	2,00	1,67
Philosophie	1,00	1,00	1,00	1,00	1,13	1,13	1,67
Geschichte (nur mit Lessons Learned), Ursache-Wirkung	1,00	0,75	0,75	0,75	1,25	1,50	1,17
Begriffe, Definitionen	2,00	2,00	2,00	1,25	1,75	1,75	1,50
Immersion, Präsenz	1,75	2,00	1,50	0,75	1,25	1,25	1,17
Wahrnehmung, Kognitionspsychologie	1,66	1,50	1,00	0,50	1,00	0,75	0,67
Latenz/-ursachen, Cyber Sickness, Indoor vs. Outdoor	1,75	1,56	1,25	0,50	1,19	1,00	0,67
Mensch, Human Factors, Anpassung an den Anwender	2,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,67
Ergonomie	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,83
XR-Standards	2,00	2,00	1,25	1,00	1,00	0,75	0,83
XR-Plattformen / XR-Gesamtsystemzustellungen	2,00	2,00	1,25	0,75	1,00	0,75	1,17
Ein- & Ausgabetechniken und -technologien	2,00	1,75	1,50	1,25	0,75	0,75	1,17
Rechnertechnik, Clusterung	2,00	1,75	1,25	0,50	0,50	0,50	1,17
Graphikkarten, Renderpipeline, [HPU, XR1, GameworksVR, GeForceNow], Streaming	1,75	1,75	1,50	1,00	0,50	0,25	1,17
Graphische Ausgabe(-Systeme)	2	2	2	1	1	1	1,33
Akustische Ausgabe(-Systeme)	1,50	1,50	1,25	0,50	0,50	0,25	1,00
Haptische Ausgabe(-Systeme)	1,25	1,25	1,25	0,50	0,50	0,25	0,83
Daten-Prep: Formate, Konvertierung, Authoring, 3D-Festkörpermodelle	1,75	1,75	2,00	2,00	1,25	0,50	1,33
Mathematik: Koordinatensysteme, Transformationen, Bild- vs. Objektkoordinatensysteme	2,00	1,50	1,50	1,75	0,50	0,50	1,17
Einmessung und Referenzierung	2,00	1,50	1,25	0,75	0,75	0,25	0,83
Tracking	1,75	1,50	1,25	0,50	0,50	0,50	1,00
Graphisches Rendering: Beleuchtung, Texturierung, Modellierung, Animation, Szenengraph, Szenenoptimierung, Szenensteuerung	1,75	2,00	2,00	1,75	0,75	0,75	1,33
Akustisches Rendering	1,25	1,25	0,75	0,25	0,25	0,25	1,00
Physik, Kollision	1,66	1,33	1,00	0,67	0,33	0,33	0,83
Haptisches Rendering	1,25	1,00	1,00	0,25	0,25	0,25	1,00
Interaktion	2,00	1,88	1,31	0,50	0,63	0,50	1,00
User Experience (UX)	2,00	2,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
Experience Design	2,00	1,88	1,31	0,50	0,63	0,50	1,00
User Interface Design (UID)	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Anwendungsdesign /-methodologie, strukturierte Entwicklung Virtueller Umgebungen	2,00	2,00	1,75	0,75	0,75	0,50	1,00
Anwendungsbeispiele	1,50	1,50	1,75	1,25	1,75	1,75	0,83
Frameworks / SDKs and IDEs (Unity, Unreal, Vuforia, etc.)	1,75	1,75	1,75	0,75	0,75	0,50	1,00
Kollaboration, Multi-User, Remote-Lösungen	1,25	1,00	1,00	1,25	1,50	1,25	0,67
Web3D	1,50	1,50	1,75	0,25	0,25	0,25	1,00
B2B versus B2C	1,25	1,25	1,25	0,75	1,75	1,50	0,83
Wirtschaftlichkeitsbewertung	0,75	0,75	1,00	0,75	1,75	2,00	0,83
Nutzendiskussion	0,75	0,75	1,00	1,00	2,00	2,00	0,83
Einführung in Unternehmen, Technologiemanagement, Recht, Arbeitsschutz, Arbeitssicherheit, Datenschutz	0,75	0,75	1,00	1,00	2,00	2,00	0,83
Hands-on: praktisches Ausprobieren (pro Kapitel)	2,00	2,00	2,00	1,75	1,75	1,50	1,50
Zukunftsaussichten (pro Kapitel)	1,50	1,50	1,25	1,25	1,50	2,00	1,17
Konsenswerte	1,42	1,24	1,00	0,82	0,85	1,00	

Legende:	Konsenswert > 1	vorwiegend übereinstimmende Einschätzung	■ Tiefgehendes Knowhow notwendig
	Konsenswert < 1	viel widersprüchliche Einschätzungen	■ Grundlegendes Knowhow notwendig
			□ Kein Knowhow notwendig

Abbildung 35: V/AR-Curriculum: relevante Qualifikationen der V/AR-tangierten Berufsbilder

b) Neue Forderungen an die V/AR-Bildung

In den vorangegangenen Kapiteln haben wir erfahren, dass es heute bereits eine Vielzahl an V/AR-Bildungsangeboten - konventionell und digital - gibt, und dass exzellente Lehrbücher einen umfassenden Überblick über verschiedene Themenfelder der V/AR geben. Die Bildungsangebote bestehen hauptsächlich aus Hochschulvorlesungen und Produktschulungen. Gleichzeitig wurde klar, dass nach wie vor signifikante Hemmnisse der Diffusion von V/AR-Methoden hinein in Wirtschaftsunternehmen bestehen. Nur zum Teil lösen sich diese Hemmnisse (etwa Kostenhürde) auf, aber die meisten Aspekte sind leider fortdauernd. Ebenso konnte herausgearbeitet werden, dass die Berufsbilder derjenigen, die sich mit V/AR auseinandersetzen, sehr divergent sind. Damit müssen zwangsläufig viele unterschiedlich angepasste V/AR-Bildungsangebote gemacht werden. Folgende Forderungen an die V/AR-Bildung scheinen jetzt vordringlich:

I. UX und Standardisierung in der V/AR-Systementwicklung

Das in den V/AR-Lehrbüchern formulierte V/AR-Technologiewissen ist an und für sich gut und umfassend und sicher ein sehr guter Ausgangspunkt der Qualifizierung der Personen im Berufsbild V/AR-Software-Entwickler. Einige Aspekte finden aber womöglich aktuell noch zu wenig Beachtung. Während sich im Bereich der Desktop-Computersysteme und für Touch-gesteuerte Geräte (Smartphones, Tablet PCs) klare Interaktionsstandards herausgebildet haben, ist dieses für V/AR nur sehr eingeschränkt der Fall. Lediglich einige Paradigmen wie die Teleportation in Head-Mounted-Display(HMD)-basierter VR scheinen sich gerade durchzusetzen. Da unter den VR-Diffusionshemmnissen noch die Barriere "Usability" zu finden ist, wäre es gut, mehr Wissen um Usability, User Experience (UX) und V/AR-Standards - hier besonders Interaktionsstandards - zu transportieren. Neben UX und Standardisierung ist für das Berufsbild V/AR-Software-Entwickler noch ein dritter Punkt relevant: V/AR war und ist niemals ein Inselthema, sondern eine im beruflichen Alltag sehr stark einzubindende Querschnittstechnologie: V/AR müssen Prozess- und 3D-Daten anderer Gewerke und Disziplinen übernehmen; der Einsatz von V/AR muss zu realen Entscheidungen und substantziellen Unterstützungsleistungen führen. Eine sinnvolle Anwendungsentwicklung ist daher immer nur in enger Abstimmung mit den späteren Nutzern und Kunden möglich. Dieses Verständnis ist unverzichtbar.

II. V/AR-Management-Kompetenz entwickeln

In den allermeisten V/AR-Vorlesungen an deutschen Hochschulen und Universitäten wird V/AR als IT-Thema behandelt, sehr stark geprägt durch Hardwarethemen, welche als Ein-/Ausgabetechnik die menschliche Wahrnehmung widerspiegeln. Dazu kommen Gebiete der Wahrnehmungspsychologie und der V/AR-Software. Diese Inhalte helfen aber kaum dabei weiter, Entscheidungen für oder wider einen V/AR-Einsatz zu treffen. Dieses Wissen ist damit für die Entscheidungsebene (also V/AR-Berufsbild *Prozessleiter, CDO, CDEO*) kaum relevant. Was also benötigt wird, ist V/AR-relevante Entscheidungskompetenz für spätere oder bereits aktive Führungskräfte. Beispielsweise sind in den Studiengängen Betriebswirtschaftslehre, Ingenieurwesen, Jura, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftsingenieurwesen etc. Kenntnisse zur V/AR-Kosten-Nutzen-Rechnung, V/AR-Recht, Führung (und Mitarbeiter-Involvierung) und V/AR-Projektmanagement anzubieten.

III. Bildungsnachweise/-abschlüsse zwischen Hochschulstudium und Produktschulung

Die Aufbereitung von 3D-Daten zu auf V/AR-Endgeräten nutzbaren Content macht Fortschritte in Richtung Automatisierung, auch mittels steigender Standardisierung und KI-Ansätze. Absehbar ist aber immer noch mit viel manuellem Ausbereitungsaufwand zu rechnen, da es beispielsweise auch darum geht, Story Boards zu entwickeln (etwa im V/AR-basierten Training) oder Daten zu interpretieren (etwa Zuordnung von Funktionen 3D-gescannter Bauteile). Diesen Aufwand müssen noch Menschen leisten, allerdings ist nicht für alle Tätigkeiten im Bereich 3D-Content-Entwicklung ein Hochschulabschluss notwendig. Die Berufsbilder *3D-Realtime Artist* und teils auch *Software-Entwickler* benötigen hier Qualifikationsebenen, die zwischen Hochschulstudium und Produktschulung angesiedelt sind, etwa auf Berufsausbildungsebene.

IV. Berufsbegleitende V/AR-Kompetenzentwicklung ermöglichen

Es ist die Ausnahme, dass ein Unternehmen V/AR-Spezialisten frisch von der Hochschule einstellt und diese dann über Jahre hinweg im Themengebiet V/AR arbeiten und sich weiterentwickeln. Häufiger ist, dass Anwender mit starkem Branchen- und Anwendungswissen in die Situation kommen, dass V/AR eines ihrer neuen Arbeitswerkzeuge wird. Das gleiche gilt für die Entscheidungsträger im Unternehmen für solch ein Szenario. Was damit also dringend benötigt wird, sind berufsbegleitende V/AR-Qualifizierungsangebote. Diese Angebote sind ebenso relevant für Unternehmen, die V/AR-Lösungen und V/AR-Dienstleistungen neu in ihr Produktportfolio aufnehmen möchten.

V. Bildungsangebot breiter in Richtung V/AR-Anwendungen auffächern - Teil 1

Für die V/AR-Berufsbilder *Visualisierungsexperten*, R&D-Ingenieure und *Prozessleiter* in der Rolle der Nutzer und Bediener der V/AR-Plattformen muss es verstärkt Angebote geben zu V/AR als Arbeitswerkzeug. Diese späteren Nutzer müssen V/AR-relevante Kenntnisse zu ihrer Branche und den dort vorherrschenden V/AR-Anwendungsfeldern (vgl. dazu besonders Abbildung 31) erlangen. Zu diesen Kenntnissen zählen typische Abläufe, Arbeitsprozesse, Rollen, Methoden, eingesetzte IT-Werkzeuge und (3D-)Daten. Tragend ist bei allem, dass die späteren Nutzer und Bediener V/AR nicht als IT-Thema begreifen, sondern als Prozessthema: im Arbeitsprozess werden die Haupthindernisse der erfolgreichen Nutzung liegen, nicht in der Technik (Technik bekommt man immer mit mehr oder weniger Aufwand irgendwann in den Griff). Zu vermitteln sind die hier angesprochenen Kenntnisse in den Studiengängen der in Abbildung 31 genannten Branchen und Anwendungsfelder, also etwa im Maschinenbau, der Architektur, der Chemietechnik, Medizin, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Textil, Design, Marketingkommunikation, Betriebswirtschaftslehre, etc.

VI. Bildungsangebot breiter in Richtung V/AR-Anwendungen auffächern - Teil 2

Die unter V. geforderten V/AR-Anwendungskenntnisse wurden dort für Hochschulstudiengänge diskutiert. Die Nutzung von V/AR sollte sich aber keineswegs auf Anwendungen beschränken, die eine akademische Ausbildung voraussetzen. Bereits heute gibt es so durchaus erfolgreiche V/AR-Anwendungen im Handwerk oder im Handel. Auch hier müssen also V/AR-Bildungsangebote gemacht werden, entweder im Rahmen der Berufsausbildung oder aber als Aufbauschulung in der beruflichen Weiterbildung.

6. Danksagung

Die Inhalte dieses Dokuments sind in Arbeitsgruppensitzungen in den Jahren 2019-2020 unter tatkräftiger Unterstützung der unten genannten Personen und Organisationen erstellt worden. Ihnen gilt ein herzlicher Dank.

Daniel Balz, Kompetenzzentrum Virtual Engineering, Mannheim

Andreas Beck, vhs4Business, Esslingen

Prof. Dr. Nicolai Beisheim, Hochschule Albstadt

Prof. Dr. Fahim Bellalouna, Hochschule Karlsruhe

Alexandros Giannakidis, Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Natascha Hess-Mohr, Kompetenzzentrum Virtual Engineering, Mannheim

Judith Klein-Wiele, Duale Hochschule Baden-Württemberg, Stuttgart

Rüdiger Magg, ESI GmbH und Duale Hochschule Baden-Württemberg, Mosbach

Prof. Dr. Gerrit Meixner, Hochschule Heilbronn

Michael Opitz, Stuttgarter Produktionsakademie

Dr. Guido Reina, Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart (VISUS)

Phillip Schäfer, Hochschule Heilbronn

Prof. Dr. Johannes Tümler, Hochschule Anhalt

Daniel Weber, Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Günter Wenzel, Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Vera Wilmering, Stuttgarter Produktionsakademie

Dr. Uwe Wössner, Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

Martin Zimmermann, Imsimity GmbH

Dieses Dokument kann natürlich nicht die Meinung einer jeden der hier aufgelisteten Personen widerspiegeln.

7. Abkürzungen

AR	Augmented Reality
CAD	Computer-Aided Design
KI	Künstliche Intelligenz
LOD	Level of Detail
MR	Mixed Reality
n	Panelgröße / Anzahl der Befragten
PEP	Produktentwicklungsprozess
RoI	Return-in-Investment
UX	User Experience
VR	Virtual Reality
XR	eXtended Reality oder als xR Gesamtheit von VR, MR, VR

8. Literatur

- [01] Aberdeen Group/N.N.: The transition from 2D drafting to 3D modeling benchmark report, 2006. Hrsg: Aberdeen Group. URL: http://images.autodesk.com/emea_apac_main/files/aberdeen_3dmodeling_benchmark.pdf (21.8.2008)
- [02] Böss-Ostendorf, Andreas; Senft, Holger: Einführung in die Hochschul-Lehre: Der Didaktik-Coach. 3. Auflage. Verlag Barbara Budrich: 15.1.2018
- [03] Burdea; Grigore; Coiffet, Phillippe: Virtual Reality Technology. 2. Edition. Wiley-IEEE Press: 25. Juli 2003
- [04] Decker R.; Bödeker, M.; Franke, K.: Potentiale und Grenzen von Virtual Reality-Technologien auf industriellen Anwendermärkten. Possibilities of virtual reality technologies, University Bielefeld. IM Information Management & Consulting (2002) Band 17
- [05] Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Grimm, Paul (Herausgeber): Virtual und Augmented Reality (VR / AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität (eXamen.press). Springer Vieweg: 3.2.2014
- [06] Engel, C.; Menzer, M.; Nienstedt, D.: GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V. (Hrsg.) / PA Consulting Group (Hrsg.): Projektmanagementstudie 2006. Ergebnisse der Projektmanagement-studie "Konsequente Berücksichtigung weicher Faktoren", Frankfurt / München, 2006
- [07] Frehlich, Craig: Immersive Learning: A Practical Guide to Virtual Reality's Superpowers in Education. Rowman & Littlefield Publishers: 10.9.2020
- [08] Greengard, Samuel: Virtual Reality (The MIT Press Essential Knowledge series). MIT Press: 16.8.2019
- [09] Hadwick, Alex: (VRX) XR Industry Insight report 2019-2020. Reuters News & Media Ltd, London, 2019
- [10] Hale, Kelly S.; Stanney, Kay M. (Herausgeber): Handbook of Virtual Environments: Design, Implementation, and Applications, Second Edition (Human Factors and Ergonomics Series). 2. Edition. Taylor & Francis Inc.: 10.9.2014
- [11] Jerald, Jason: The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality (ACM Books, Band 8). Morgan & Claypool Publishers-ACM: 30.9.2015
- [12] Jansen, A.; Stein, B.; Müller, C.; Ehlbeck, I.: SIKEBA - Software-Einführung in kmU - eine Bestandsaufnahme. URL: http://www.bao.de/docdown/vortrag_workshop_sikeba.pdf (21.08.2008)
- [13] Jung, Timothy & Tom Dieck, M. Claudia & Rauschnabel, Philipp. (2020). Augmented Reality and Virtual Reality: Changing Realities in a Dynamic World; Springer-Verlag: März 2020; 10.1007/978-3-030-37869-1.
- [14] Kerres, M., Hölterhof, T., & Rehm, M. (2017). Lebenslanges Lernen im Kontext sozialer Medien: Chancen für formelles und informelles Lernen. In Lebenslanges Lernen im sozialstrukturellen Wandel (pp. 141-170). Springer VS, Wiesbaden
- [15] Klocke, F.: Vorsprung durch Virtual Reality; Eine Studie über den industriellen Einsatz von VR. Aachen: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, 2003

- [16] Lion-Bailey, Christine; Lubinsky, Jesse, Shippee, Micah: Reality Bytes: Innovative Learning Using Augmented and Virtual Reality. Dave Burgess Consulting: 13.1.2020
- [17] McMahan, R.; LaViola, Joseph J.; Kruijff, Ernst; et al.: 3D User Interfaces: Theory and Practice (Usability and HCI). 2. Edition. Addison Wesley: 30.3.2017
- [18] Mealy, Paul: Virtual & Augmented Reality For Dummies. Wiley: 17.7.2018
- [19] Mensch, Felix; Backhaus, Joy: Virtuelle Realität, die Zukunft des Lernens: Eine Lernergebnisstudie in der Ausbildung zum Operationstechnischen Assistenten (Pädagogische Praxisimpulse). Books on Demand; 1. Edition: 9.12.2020
- [20] Parisi, Tony: Learning Virtual Reality: Developing Immersive Experiences and Applications for Desktop, Web, and Mobile. O'Reilly Vlg. GmbH & Co.: 30.11.2015
- [21] Roznawski, Nina (2013): Interaktivität beim E-Learning. Eine experimentelle Felduntersuchung. Dissertation. Technische Universität Darmstadt.
- [22] Runde, C.; Edler, A.; Spitzhorn, D.; Brehm, O.: Whitepaper "Einführung von Virtual Reality", VDC, Fellbach, 2013
- [23] Runde, C.: Bildungsatlas Virtual Engineering Baden-Württemberg 2017, Virtual Dimension Center: Fellbach, 2017
- [24] Sauter, E.: Welches Berufsbildungssystem braucht die Dienstleistungsgesellschaft, In: BIBB "Wissenschaftliche Diskussionspapiere", Heft 49 (1999).
- [25] Schmalstieg, Dieter; Hollerer, Tobias: Augmented Reality: Principles and Practice (Usability). Addison Wesley: 3.6.2016
- [26] Sherman, William R.; Craig, Alan B.: Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design (The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics). Morgan Kaufmann: 10.9.2002
- [27] Soderquist, K.A.; Schneiderman, J.: 2020 Augmented and Virtual Reality Survey Report. Industry insight into the future of immersive technology. Perkins Coie LLP, Palo Alto, März 2020
- [28] Southgate, Erica: Virtual Reality in Curriculum and Pedagogy: Evidence from Secondary Classrooms (Digital Games, Simulations, and Learning). Routledge-Verlag: 20.5.2020
- [29] Zinn, Bernd: Virtual, Augmented und Cross Reality in Praxis und Forschung: Technologiebasierte Erfahrungswelten in der beruflichen Aus- und Weiterbildung – Theorie und Anwendung. 1. Edition. Franz Steiner Verlag: 15.1.2020

9. Impressum

Verantwortlich für die Inhalte dieser Publikation ist das Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach. Die Inhalte wurden mit größter Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte kann jedoch keinerlei Gewähr übernommen werden. Die Inhalte unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts bedürfen der schriftlichen Zustimmung des Erstellers.

Verantwortlich für den Inhalt:

Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach
Kompetenzzentrum für Virtuelle Realität und kooperatives Engineering w.V.
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Christoph Runde
Auberlenstr. 13
70736 Fellbach
URL: www.vdc-fellbach.de

Kontakt:

Tel.: +49(0)711 58 53 09-0
Fax : +49(0)711 58 53 09-19
Email: info@vdc-fellbach.de

10. Förderhinweis



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

Die vorgestellten Arbeiten entstanden im Rahmen des Projekt "Applikationszentrum V/AR" welches durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg gefördert wird.