



Augmented und Virtual Reality

Potenziale und praktische Anwendung
immersiver Technologien

www.bitkom.org

bitkom

Herausgeber

Bitkom e. V.
Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin

Ansprechpartner

Dr. Sebastian Klöß | Bitkom e. V.
T 030 27576-210 | s.kloess@bitkom.org

Verantwortliche Bitkom-Gremien

AK Augmented & Virtual Reality

Projektleitung

Dr. Sebastian Klöß | Bitkom e. V.

Satz & Layout

Sabrina Fleming | Bitkom e. V.

Titelbild

© daniilvolkov | adobe.stock.com

Copyright

Bitkom 2021

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Augmented Reality, Virtual Reality & Co. – Ein Überblick über immersive Technologien	11
3	Anwendung von Augmented und Virtual Reality	17
3.1	Unterstützung unterschiedlicher Zielszenarien	17
3.2	Potenziale von Augmented Reality und Virtual Reality	19
3.3	Anwendungsfelder von AR und VR – Ein Überblick	20
4	So werden Augmented und Virtual Reality heute schon genutzt: Ausgewählte Use Cases	24
4.1	Augmented Reality in der Automobilfertigung	24
4.1.1	Kürzere Entwicklungszyklen durch digitale Prozesse im Produktdesign	24
4.1.2	Zeitersparnis von bis zu einem Jahr	25
4.1.3	Streamen der gesamten Applikation für mehr Leistung und Sicherheit	26
4.1.4	Der Nutzen von AR bei der Produktentstehung	26
4.2	AR-gestützte Remote Assistance	27
4.2.1	Der Vorteil von Remote Assistance über Augmented Reality	27
4.2.2	Fallbeispiel: Toyota Motor Corporation	28
4.3	Mixed Mock-up – Interaktives Augmented-Reality-System für die Montagesystemplanung	30
4.3.1	Das Beste aus zwei Welten: Real und virtuell	31
4.3.2	Herausforderung: Haptisches Feedback	32
4.3.3	Virtuelle Prototypen versprechen Kosten- und Zeitersparnisse	33
4.4	Building Information Modeling (BIM) mit Virtual Reality	33
4.4.1	BIM-Enabled VR	34
4.4.2	Visualisierung von Bauwerken in einer immersiven Umgebung	35
4.4.3	Sachliche Richtigkeit	36
4.4.4	Bildattraktivität der virtuellen Umgebung	37
4.5	Virtuelles Lernen und Lehren	39
4.6	AR/VR zur erweiterten Visualisierung eines Produktes	41
4.7	Virtuelle Schaufensterpuppen, Avatare, Smart Mirror und virtuelle Verkäufer für den Handel	43
4.7.1	AR & VR im Fashion-Handel: Virtuelle Mannequins und smarte Spiegel	43
4.7.2	Virtuelle Shoppingwelten: Outdoor-Shopping im Wald	45
4.7.3	VR im stationären Einzelhandel	48

4.8	Wie Augmented Reality (AR) Bahnreisenden eine bessere Orientierung am Gleis ermöglicht	50
4.8.1	Use Case: AR unterstützt die Orientierung am Gleis	50
4.8.2	Vom Use Case zum Proof of Concept	51
4.8.3	Die Herausforderung: Wie werden Objekte mit AR im Raum platziert?	52
4.8.4	Object Targets: Einblendung eines virtuellen Zuges	52
4.8.5	Image Targets: Erweiterung der Informationsanzeige	52
4.8.6	3D-Maps & Anchors: Start der AR-Anwendung ohne Scannen eines Bildes/Objekts	53
4.8.7	Datenschutzrechtliche Fragestellung und Bewertung	53
4.8.8	Live-Test am Zukunftsbahnhof Münster	53
4.9	Tourismus mit AR: Den richtigen Weg und nicht mehr existierende Gebäude zeigen	54
4.10	Immersives Home-Entertainment	56
4.11	Augmented-Reality-basierte immersive Erlebniswelten	57
4.11.1	AR-Air Hockey	58
4.11.2	AR-Basketball	59
4.11.3	Tagesschau 2025	60
5	Welche messbaren Vorteile bringt der Einsatz von Augmented und Virtual Reality?	
	Beispiele aus verschiedenen Branchen	62
5.1	Kundendienst	62
5.2	Schulungen und Wissenstransfer	63
5.3	Vertrieb, Marketing und Handel	64
5.4	Konstruktion, Fertigung und Wartung	64
6	Der richtige Start in Augmented und Virtual Reality: Tipps, Best Practices, Dos & Don'ts	67
6.1	Welche Fragen sollte ich mir im Vorfeld stellen? Partizipative Gestaltung des Einführungsprozesses für einen nachhaltigen Start	67
6.1.1	Welche Technologien, welche Hardware, welche Software und welche Unterstützung benötige ich?	67
6.1.2	Wie starte ich, um Technologien wie Augmented und Virtual Reality im Unternehmen einzusetzen?	68
6.1.3	Welche Unternehmensteile sollten in die Entwicklung oder in den Roll-out einer AR/VR-Anwendung einbezogen werden?	68
6.2	Fragestellungen im Entscheidungsprozess	69
6.2.1	Eigene Software-Lösung vs. proprietäre Lösung	69
6.2.2	Private Cloud (on Premise) vs. Open-Cloud-Solution	70
6.2.3	Eigene Entwickler und Autoren vs. Full-Managed-Service	70
6.2.4	Open Source vs. Walled-Garden-Eco-Systeme	71

6.3	End-User-centered Design als Erfolgsfaktor	72
6.3.1	Positive Erfahrungen	72
6.3.2	Fallstricke	73
6.3.3	Fazit: Alles steht oder fällt mit dem Kontakt zum Endanwender	75
6.4	Assisted vs. »Resisted« Reality – Kulturelle Unterschiede einbeziehen	76
6.5	How to get started: Checkliste	77
6.5.1	Kulturelle Faktoren	77
6.5.2	Organisatorische und rechtliche Faktoren	78
6.5.3	Wirtschaftliche Faktoren	78
6.5.4	Technologische Faktoren	78
6.5.5	Value Proposition Canvas für AR & VR	79
7	Gekommen, um zu bleiben: Augmented und Virtual Reality heute und in Zukunft	81
	Anhang	84
	Über die Autoren	84

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram und Kishino. _____	11
Abbildung 2 – Produktentwicklung mit Augmented Reality: Prototypen können frühzeitig geprüft werden. _____	24
Abbildung 3 – Neue Möglichkeiten für Industriedesigner und Ingenieure: Reale Geometrien lassen sich mit originalgetreuen Hologrammen überlagern. _____	25
Abbildung 4 – AR-gestützte Remote Assistance, hier mit Vuforia Chalk. _____	27
Abbildung 5 – Mixed Mock-up: Virtuelle Montagesimulation am realen Cardboard Engineering-Mock-up. _____	31
Abbildung 6 – Weiterentwicklung des Mixed Mock-up: Force-Feedback-Handschuhe ermöglichen realitätsnahes Greifen virtueller Bauteile. _____	32
Abbildung 7 – Benutzersichten, Schnittstelle und Schichten eines Digitalen Gebäudemodells. _____	34
Abbildung 8 – BIM-VR-Besprechung in der CAVE des Fraunhofer IAQ. _____	35
Abbildung 9 – Screenshot des Bauvisualisierungs-Tools des Fraunhofer IAQ »XRVisualizer«. _____	36
Abbildung 10 – Begrüßungsszene in der VR-Anwendung Rheumality der Lilly Deutschland GmbH. _____	40
Abbildung 11 – Die Benutzer können die Röntgenbilder dieser Patienten auf pathologische arthritische Veränderungen beurteilen ... _____	40
Abbildung 12 – ... und die Krankheitslast der Patienten einschätzen. _____	40
Abbildung 13 – Die Immersionsfähigkeit der 3D-Visualisierung der Arthritis-Gelenkte ermöglicht eine vertiefte Untersuchung spezifischer krankheitsbedingter Veränderungen. _____	40
Abbildung 14 – Mock-Up eines Teils des Hyperloop Zuges von Hardt Hyperloop. _____	41
Abbildung 15 – Virtuelle Erweiterung des realen Mock-ups mit AR (MS HoloLens 2). _____	42
Abbildung 16 – Screenshots der virtuellen Schaufensterpuppe. _____	43
Abbildung 17 – Technologien für die Elektronische MultiMediale Assistentin EMMA. _____	44
Abbildung 18 – EMMA im Unity-Editor, hier als Logistik-Assistentin. _____	45
Abbildung 19 – Ein möglichst naturgetreuer Outdoor-Store in der Virtuellen Realität, gestaltet mit Assets aus Unitys »Book of Dead«. _____	45
Abbildung 20 – Details machen den Unterschied: Ein Blick in dem »Himmel« zeigt fliegende Vögel. _____	45
Abbildung 21 – Selbsterklärende Bedienung der VR-Hardware ist eine Herausforderung. _____	46
Abbildung 22 – Umsetzung eines Teleport-Konzepts. _____	46
Abbildung 23 – Produktpräsentation in 3D. _____	47
Abbildung 24 – Interaktive Produktpräsentation – Potenzial für interaktive Bedienungsanleitungen. _____	47
Abbildung 25 – Originelle Abbildung des Warenkorb-Workflows in VR. _____	48
Abbildung 26 – Virtuelle Tchibo-Wohnung. _____	49
Abbildung 27 – Ergebnisse eines DB-Proof-of-Concepts zur Orientierung am Gleis anhand virtueller Wagenstandsanzeige ... _____	51
Abbildung 28 – ... und Einblendung des Zuges. _____	51
Abbildung 29 – Stadtführung per AR auf dem Smartphone. _____	54
Abbildung 30 – Projektskizze: Nicht mehr existierende Gebäude werden mit AR ins Kamerabild integriert. _____	55

Abbildung 31 – Virtueller AR-Turm in der realen Stadtumgebungs. _____	55
Abbildung 32 – Während des Stadtspaziergangs werden die nicht mehr existierenden Gebäude am jeweiligen Ort auf dem Display in der realen Umgebung eingeblendet. _____	55
Abbildung 33 – Cloud-Rendering ermöglicht hochauflösende 3D-Objekte auf mobilen Endgeräten in Echtzeit. _____	56
Abbildung 34 – Eintritt in die virtuellen Welten. _____	56
Abbildung 35 – Nutzer können in der VR-Welt ihre eigenen Avatare erstellen. _____	57
Abbildung 36 – Gemeinsam virtuell in der realen Umgebung Air-Hockey spielen. _____	58
Abbildung 37 – Mit AR vor dem Haus virtuelle Körbe werfen. _____	59
Abbildung 38 – Mit AR kommt die virtuelle Tagesschau in die reale Umgebung. _____	60
Abbildung 39 – Wizard of Oz-Methode: Rapid paper prototyping. _____	73
Abbildung 40 – Value Proposition Canvas für AR & VR. _____	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Techniken der Beeinflussung der Bildattraktivität. (Quelle: Bauprojekte Visualisieren, Schriftenreihe der BW Stiftung) _____	38
Tabelle 2 – Vor- und Nachteile: eigene Software vs. proprietäre Systeme. _____	69
Tabelle 3 – Vor- und Nachteile: Private Cloud vs. Open-Cloud-Solution. _____	70
Tabelle 4 – Vor- und Nachteile: eigene Entwicklung vs. Full-Managed-Service. _____	70

1 Einleitung

1 Einleitung

Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) sind in den letzten Jahren ein fester Bestandteil der multimedialen Landschaft geworden. Die zugrundeliegenden Technologien haben einen hohen Reifegrad erreicht und die Verbreitung der notwendigen Endgeräte wird durch den technischen Fortschritt und die Verkleinerung des Formfaktors weiter vorangetrieben. Der Aufwärtstrend der Technologien der letzten Jahre bleibt ungebremst. AR und VR sind dabei schon seit Längerem nicht mehr ausschließlich auf den professionellen Einsatz ausgelegt. Längst haben sich die Geräte und entsprechende Anwendungen auch im Consumer-Bereich verbreitet. Hier dominiert sicherlich der Einsatz im Bereich der Spiele und Unterhaltungsmedien. Im professionellen Umfeld ergeben sich in der letzten Zeit immer weitere Einsatzgebiete, und die Einsatzhürden in Hinblick auf Kosten, Integration und Akzeptanz fallen stetig. So werden Einsatzszenarien in diversen Wirtschaftsbranchen immer augenscheinlicher. Mithilfe der neuen Technologien lassen sich zum Beispiel Arbeitsabläufe vereinfachen und Kosten (etwa bei der Wartung) reduzieren. Auch die Themen Aus- und Fortbildung werden von der neuen Technologie positiv beeinflusst. Es lohnt sich also, sich mit dem Thema AR/VR näher auseinanderzusetzen.

Trotz der immer weiter steigenden Verbreitung der Technologien herrscht weiterhin eine große Unsicherheit bezüglich des konkreten Einsatzes in Unternehmen. Dies hat viele Gründe, die auch in der Komplexität der Technologien, der hohen Anzahl an Technologieanbietern und der möglichen Anwendungsbereiche zu finden sind.

Das vorliegende Dokument, welches von einer Gruppe aus aktiven Mitgliedern des Bitkom-Arbeitskreises Augmented & Virtual Reality erstellt wurde, möchte das Thema Augmented und Virtual Reality ausführlich beleuchten und möglichst alle wichtigen Aspekte allgemeinverständlich erklären. Wir wollen aufklären, informieren und ermutigen, sich mit dieser Technologie aktiv zu beschäftigen.

Der Leitfaden beginnt dazu mit einer Definition der gängigen Begriffe und einem Abriss der Geschichte der Technologien. Danach werden anhand von konkreten Beispielen die Vorteile für Unternehmen erläutert und Anwendungsgebiete vorgestellt. Weiterhin wird zwischen den Bereichen Business to Business (B2B) und Business to Consumer (B2C) unterschieden. So werden zum Beispiel die Bereiche Remote Assist, Lernen, Marketing und Spiele im Einzelnen beleuchtet. Anschließend werden Ergebnisse diverser Studien zu unterschiedlichen Themen rund um die AR/VR-Technologien vorgestellt, um hierüber auch die Ergebnisse der Wissenschaft mit einzu beziehen. Nachfolgend werden Best Practices für die Bereiche Planung und Design von AR- und VR-Anwendungen beschrieben, die den Einstieg erleichtern sollen. Abschließend werden die wichtigsten Ergebnisse nochmal zusammengefasst und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß und Erkenntnisgewinn bei der Lektüre und viel Erfolg für Ihre AR/VR-Projekte.

Ihr Autoren-Team

2 Augmented Reality, Virtual Reality & Co. – Ein Überblick über immersive Technologien

2 Augmented Reality, Virtual Reality & Co. – Ein Überblick über immersive Technologien

Im Laufe der Zeit sind eine Reihe von Begriffen verwendet und definiert worden, um verschiedene Ausprägungen virtueller Technologien zu klassifizieren. Eine erste Taxonomie wurde 1994 von Milgram und Kishino in Form des Virtualitäts-Kontinuums (Abb. 1) erarbeitet.¹ Das Kontinuum stellt eine Skala von der realen Umwelt (Realität, links) zur virtuellen Umwelt (Virtualität, rechts) dar. Von links nach rechts entlang der Skala nimmt der Anteil der Realität kontinuierlich ab und der Anteil der Virtualität zu. Je weiter rechts man sich im Kontinuum bewegt, desto größer ist entsprechend der Anteil der virtuellen Umgebung gegenüber der Realität. Dies ist gleichbedeutend mit einer steigenden **Immersion**. Immersion beschreibt den Grad des Eintauchens in eine virtuelle Umgebung. Das entspricht dem Effekt, dass virtuelle Inhalte oder Umgebungen über verschiedene Stimuli als real empfunden werden und der Nutzer oder die Nutzerin sich als Teil dieser virtuellen Umgebung sieht. Das Gefühl der Anwesenheit in der virtuellen Umgebung wird auch mit dem Begriff **Präsenz** beschrieben. Bei Präsenz geht es um das gesamte Erlebnis. Abhängig von der Gestaltung und Umsetzung der virtuellen Umgebung, der Inhalte und der Charaktere kann das Präsenzgefühl unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Entlang des Virtualitäts-Kontinuums verorteten Milgram und Kishino die Begriffe Augmented Reality (AR), Augmented Virtuality (AV), Virtual Reality (VR) und Mixed Reality (MR). Diese Begriffe werden im Folgenden entsprechend ihrer Definition nach Milgram und Kishino vorgestellt.



Abbildung 1 – Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram und Kishino.

Virtual Reality (VR)

VR befindet sich ganz rechts im Kontinuum. In der virtuellen Realität wird die visuell wahrgenommene reale Umgebung vollständig durch eine computergenerierte virtuelle Welt ersetzt. Eine sichtbare Verbindung zur realen Umgebung ist nicht vorhanden. Das Eintauchen in Virtual Reality erfolgt über die Nutzung besonderer Hardware. Lange Zeit wurde VR meist über sogenannte CAVEs (Cave Automatic Virtual Environment) realisiert.

¹ Milgram, Paul, and Fumio Kishino. »A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays.« IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E77-D.12 (Dec. 1994):1321 – 1329.

Dabei ist der Benutzer von mehreren Großbildleinwänden umgeben, auf denen die virtuellen Inhalte über stereoskopische Projektionen dargestellt werden. Durch 3D-Brillen und ein entsprechendes Tracking der Kopfbewegung können die Inhalte dreidimensional und perspektivisch korrekt wahrgenommen werden. Durch den technischen Fortschritt wird VR heutzutage allerdings größtenteils über kopfgetragene Brillen (Head-Mounted Displays, HMD) umgesetzt. Da jedes Auge durch ein eigenes Display ein individuelles, leicht versetztes Bild angezeigt bekommt, kann eine dreidimensionale Wahrnehmung erzeugt werden. Durch die Nutzung eines solchen HMD taucht der Nutzer oder die Nutzerin komplett in die virtuelle Welt ein und hat keinen Bezug mehr zur realen Umgebung. Das Eintauchen in eine künstlich erschaffene Welt macht sich mental auf drei Ebenen bemerkbar: dem räumlichen Empfinden, der Wahrnehmung der Umgebung und der Aufmerksamkeit bzw. Involviertheit in der simulierten Welt. Über verschiedene Benutzerschnittstellen kann realitätsnahes Agieren und Interagieren wie in der realen Umgebung erfolgen.

Augmented Virtuality (AV)

Bei Augmented Virtuality werden Realität und Virtualität vermischt. Allerdings überwiegt der Anteil der Virtualität. AV kann als eine Form der Virtual Reality angesehen werden, bei der Teile der realen Umgebung miteinbezogen und in der virtuellen Welt visualisiert werden. So können beispielsweise die Hände des Nutzers oder der Nutzerin in Echtzeit visuell integriert werden, um eine intuitive Interaktion zu ermöglichen. Je nach Anwendungsfall können auch einzelne reale Objekte oder andere Personen einbezogen werden. Der Begriff Augmented Virtuality ist allerdings wenig verbreitet und wird eher selten verwendet.

Augmented Reality (AR)

Bei AR handelt es sich entsprechend des Kontinuums um eine Kombination aus realer und virtueller Welt, bei der die reale Welt überwiegt. Im Gegensatz zu VR schafft AR keine neue Welt, sondern erweitert und verbessert die bestehende reale Umgebung. Mittels AR wird die Realität entsprechend mit digitalen Inhalten ergänzt. Man spricht auch von »erweiterter Realität«. Durch die Nutzung von mobilen Geräten, wie beispielsweise Smartphones oder Tablets, aber auch von entsprechenden AR-Brillen werden Zusatzinformationen über der realen Welt eingeblendet. Zusätzliche Informationen können 2D-Elemente (Text, Bild, Video) und Audio-Formate oder auch interaktive dreidimensionale Modelle und Animationen sein. So ermöglicht der Blick durch beispielsweise eine Handykamera die Kombination von Realität und Virtualität in Echtzeit. Durch verschiedene Benutzerschnittstellen kann in AR ebenfalls eine Interaktion mit den virtuellen Inhalten erfolgen.

Mixed Reality (MR)

Mixed Reality wird von Milgram und Kishino nicht als eine spezielle Form der virtuellen Technologien angesehen. MR ist vielmehr alles, was zwischen komplett realer und komplett virtueller Umgebung liegt und entsprechend eine Kombination der beiden darstellt. AR und AV sind entsprechend Ausprägungen von MR.

Extended Reality (XR)

Das Virtualitäts-Kontinuum ist speziell in der Wissenschaft der Konsens. Als Milgram und Kishino die Taxonomie erarbeitet haben, war allerdings noch nicht abzusehen, wie sich die Technologien weiterentwickeln und welche neuen Möglichkeiten sich ergeben würden. Mittlerweile sind daher weitere Begriffe definiert und die Bedeutung bestehender Begriffe abgewandelt worden. Ein relativ neuer Begriff, der sich sowohl in der Industrie als auch in der Forschung verstärkt etabliert, ist Extended Reality (XR). XR lässt sich als Überbegriff für alle virtuellen Technologien verwenden. Der Begriff selbst ist nicht einheitlich definiert und noch so neu, dass er im aktuellen Duden nicht zu finden ist. Grundsätzlich kann das X als das Unbekannte angesehen und durch jede passende Variable ersetzt werden.² Somit umfasst XR sowohl AR, AV, VR und auch MR nach der Definition von Milgram und Kishino.

Assisted Reality (AS)

Zudem ist der Begriff Assisted Reality (AS) durch die Entwicklung sogenannter Smart Glasses wie der Google Glass geprägt worden. Google Glass und ähnliche Brillen verfügen über einen kleinen Bildschirm, der dem Nutzer oder der Nutzerin ein Bild unmittelbar im Sichtfeld präsentiert. Da lediglich ein Auge dieses Bild sieht, erfolgt keine dreidimensionale Wahrnehmung. Im Unterschied zu AR werden die Informationen auf dem Bildschirm nicht der physischen Umgebung überlagert oder mit ihr kombiniert. Assisted Reality hat entsprechend einen sehr geringen Immersionsgrad. Der Nutzer oder die Nutzerin bekommt allerdings Informationen bedarfsgerecht und kontextspezifisch visualisiert und kann weitestgehend uneingeschränkt mit beiden Händen arbeiten. Assisted Reality eignet sich daher, wie der Name bereits sagt, sehr gut für Assistenzsysteme verschiedenster Art.

² Fink, Charlie. Charlie Fink's metaverse – An AR enabled guide to AR & VR. Cool Blue Media, 2018.

Spatial Computing (SC)

Ein weiterer Begriff im Kontext immersiver Technologien ist Spatial Computing (SC). Der Begriff wurde bereits 2003 von Simon Greenwold im Rahmen seiner Masterarbeit ins Leben gerufen.³ Mittlerweile wird er oft als Synonym für XR verwendet. Im Gegensatz zu XR ist SC ursprünglich aber weniger ein Begriff zur Klassifikation von Technologien als vielmehr ein Ansatz zur Beschreibung des Wandels der Mensch-Maschine-Interaktion. Anstatt an 2D-Bildschirme und klassische Benutzerschnittstellen gebunden zu sein, nutzt Spatial Computing den dreidimensionalen physikalischen Raum aus. Für bisherige physikalische Schnittstellen zwischen Mensch und Computer wurden im Wesentlichen die Tastatur und die Computermaus entwickelt. Mit den heutigen technischen Möglichkeiten sind aber auch eher natürliche Mittel der Kommunikation zwischen Mensch und Maschine möglich, die auf den grundlegend intuitiven menschlichen Interaktionen wie Sprache und Gesten basieren. Diese Form wird auch beim Spatial Computing bevorzugt angewendet. Umgekehrt, also von Maschine zu Mensch, werden Informationen frei im Raum präsentiert, und es kann mit ihnen gearbeitet werden. Darüber hinaus können Maschinen reale Räume wahrnehmen, speichern und (virtuell) manipulieren. Durch neueste Internet-of-Things- und Kommunikationslösungen kann eine Vielzahl von Geräten und Maschinen unterschiedlichster Art miteinander vernetzt werden. So können beispielsweise auch die Benutzerschnittstellen hardwaretechnisch losgelöst von der eigentlichen Datenverarbeitung realisiert werden, beispielsweise über Cloud-Computing oder Remote-Rendering.

AR-Cloud

Eine Zukunftsvision für das Spatial Computing ist die AR-Cloud. Die AR-Cloud soll einer digitalen Repräsentation der realen Welt und einer allgegenwärtigen Datenplattform zum Speichern und Austauschen von Informationen entsprechen. Ähnlich einem digitalen Zwilling der Welt sollen Informationen so abgebildet und dokumentiert werden, dass sie von AR- oder auch VR-Anwendungen für ein besseres und umfangreicheres Erlebnis verwendet werden können. Teil der AR-Cloud könnte ein 3D-Modell der Welt sein. Zum einen könnte dieses Modell durch einzelne AR-Anwendungen, die die Welt wahrnehmen, Stück für Stück aufgebaut werden. Zum anderen könnte das Modell zur Wiedererkennung und Lokalisierung einzelner realer Umgebungen in der Welt dienen. Entsprechend würden dann in der AR-Cloud gespeicherte Informationen passend in der Realität visualisiert und bereitgestellt. Eine Initiative, die an der Realisierung dieses Konzepts arbeitet, ist beispielsweise die Open AR Cloud sowie geschlossene Systeme der einzelnen Hersteller, wie PTC, 8th Wall, 6d.ai, Microsoft, Google, Apple und Facebook.

³ Greenwold, Simon. Spatial computing. Massachusetts Institute of Technology, Master, 2003.

Begrifflichkeiten im Fluss und ihre Verwendung in diesem Leitfaden

Die Entwicklung neuer Begriffe und die sich verändernde Verwendung bestehender Begriffe erfolgen meist nicht einheitlich oder standardisiert. So gibt es eine gewisse Unklarheit über verschiedene Begrifflichkeiten. Gerade die Verwendung des Begriffs Mixed Reality sorgt vielerorts für Diskussionen und Missverständnisse. Im Rahmen dieser Publikation werden die Begriffe Assisted Reality (AS), Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) verwendet. Assisted Reality meint dabei wie zuvor beschrieben den Einsatz monokularer Brillen, die speziell für Assistenzsysteme geeignet und ausreichend sind. Augmented Reality umfasst alle Lösungen, bei denen die reale Umgebung um virtuelle Inhalte erweitert wird und diese in die reale Umgebung eingebettet werden. Dazu zählen sowohl mobile Anwendungen auf Smartphones und Tablets als auch AR-Brillen-Lösungen. Virtual Reality entspricht den Lösungen, bei denen eine neue virtuelle Welt im Vordergrund steht und die Virtualität die Realität überwiegt. Dies kann die Einbeziehung einzelner realer Objekte entsprechend der Augmented Virtuality beinhalten.

3 Anwendung von Augmented und Virtual Reality

3 Anwendung von Augmented und Virtual Reality

3.1 Unterstützung unterschiedlicher Zielszenarien

Bevor im nächsten Abschnitt ausführlich über die unterschiedlichsten Einsatzszenarien von AR und VR berichtet wird, lohnt der Blick auf die generellen Ziele und Zwecke, die mit der Nutzung einhergehen. Denn hier zeigen sich in unterschiedlichsten Bereichen bereits verschiedene Philosophien, bezüglich dessen, was mit dem Einsatz der jeweiligen Technologie erreicht werden soll. Ein genereller Überblick kann helfen, Ziele bestimmter Einsatzmöglichkeiten besser zu unterscheiden und einen klaren Blick zu behalten, was eigentlich der konkrete Outcome beim Einsatz der jeweiligen Technologie sein soll. Hierbei ist weniger die technische Spielart, also rein virtuell wie in VR oder unter Einbeziehung der Umwelt wie in AR, von Interesse, sondern welches Problem konkret gelöst werden soll – oder genauer gesagt: Welches Problem man glaubte zu haben, für das man eine Lösung präsentiert. Die Beschäftigung mit dieser Thematik vorab kann verhindern, dass am Ende, wie allzu oft, eine konkrete Lösung in AR oder VR vorliegt, das eigentliche Problem aber vielleicht ganz woanders versteckt ist.

Generell lassen sich die Einsatzgebiete Kollaboration, Assistance und Learning unterscheiden. Hierbei werden grundsätzlich verschiedene Philosophien verfolgt: Es gibt nicht die richtige Technologie oder den sinnvollen Ansatz, sondern es kommt immer auf das jeweilige Szenario an. Betrachten wir beispielsweise Learning-Lösungen: In vielen Bereichen müssen Menschen heute etwas Neues lernen. Allzu oft gehen wir selbstverständlich davon aus, dass der Mensch das Thema lernen, üben und dann beherrschen muss. Sonst taugt es nichts. Wirklich? In jedem Fall?

Nehmen wir einen Piloten, der ein Passagierflugzeug fliegt und auch heute noch einer Unmenge von Kontrolllampchen, Schaltern und Instrumenten gegenübersteht. Hier wünschen wir uns, dass dieser Mensch sein Handwerk wirklich beherrscht: Dass er die Maschine fliegen kann, deren Handhabung bis in die kleinsten Details versteht und intuitiv aus eigenem Können heraus handeln kann – besonders auch in Notsituationen. Gerade seltene Notsituationen müssen ständig geübt werden, damit der Pilot »es kann«. Hier bieten sich neben kostspieligen Flugsimulatoren natürlich VR-Lösungen an. Ähnlich verhält es sich im medizinischen Bereich, wo das Können des Arztes essenziell ist und es nicht ausreicht, wenn er lediglich Instruktionen einer Maschine ausführt.

Demgegenüber steht aber eine andere Philosophie, nach der ein Mensch bestimmte Dinge vielleicht ausführen, aber nicht zwangsweise aus dem Kopf beherrschen muss: Dies betrifft beispielsweise Wartungen, die seltener vorkommen, oder alle Situationen, in denen nicht reflexartig richtig gehandelt werden muss, da sonst Gefahr für Leib, Leben oder auch Maschine droht. Schauen wir beispielsweise auf ein extremes Beispiel: Fehlercodes. Weil IT-Systeme in der Vergangenheit selten benutzerfreundlich waren, haben Wartungstechniker eine Vielzahl von Wartungscodes im Kopf und müssen den richtigen Code für einen Fehlereintrag parat haben.

Dies erwies sich allzu oft als fehleranfällig, wenn Codes verwechselt oder vergessen wurden und deshalb auf Pauschal-Codes zurückgegriffen wurde. Eine zielgerichtete Wartung wurde dadurch erschwert. Bis heute übersetzen in allen Bereichen der Wirtschaft sogenannte Experten kryptische Fehlercodes der Maschinen in für den Menschen nachvollziehbare Zusammenhänge. Der 500er internal server error ist bei Wochenstart beispielsweise immer nur ein Indiz dafür, dass ein Backup mangels Speicherplatz nicht erfolgreich abgeschlossen werden konnte – der »Experte« weiß dies schon und kann den eigentlich unsinnigen Code in sinnvolle Handlungen übersetzen – außer die ausgetretenen Pfade stimmen dann doch mal nicht, was in unserer komplexen Welt ja durchaus zuweilen vorkommen soll ...

In manchen Bereichen ist ein Philosophiewechsel durchaus sinnvoll: Weg vom »der Mensch muss alles auswendig wissen und möglichst fehlerfrei anwenden können, wie ein kleiner Roboter« hin zu »Der Mensch muss die begrenzten Speicherkapazitäten in seinem Kopf nicht mit unnützem Wissen überladen, sondern bekommt Spezialinformationen von der Maschine on demand und fehlerfrei geliefert«. In diesem Fall reden wir von Assistance. Ob die Assistance aus der Maschine kommt oder über einen remote zugeschalteten Kollegen, welcher die notwendigen Spezialinformation für den Wartungstechniker parat hat, ist erst einmal zweitrangig. Wichtig dabei ist die generelle Unterscheidung: Soll der Techniker alles wissen und beherrschen oder nicht? Weiter: Wie ist der kulturelle Background? Gehört es vielleicht zur Berufsehre, zu behaupten, alles direkt zu können? Es ist in der Tat eine bis ins Philosophische gehende Diskussion: Muss ein Kind heute alles lernen und wissen, oder sollte es – wie sich heute häufig zeigt – nicht vielmehr vermittelt bekommen, wie man sich in neues Terrain einarbeitet und unbekannte Zusammenhänge für sich ergründet?⁴

Die Deutschen Bahn verfolgte beispielsweise den Ansatz, dass die Wartung einer Kaffeemaschine des ICE gegebenenfalls auch durch technisch weniger versiertes Personal ausgeführt werden könnte: um Kosten zu sparen und Klein-Wartungen auch außerhalb der sehr begrenzten Wartungsfenster in den begrenzten ICE-Werken zu ermöglichen. Der Hersteller der Kaffeemaschine selbst verfolgt hingegen eine völlig andere Philosophie: Als Schweizer High-Tech-Unternehmen mit höchstem Qualitätsanspruch »leistet« man sich weltweit Wartungstechniker, welche über Tage in der Schweiz selbst geschult wurden. Dies trägt wesentlich zum guten Ruf und Namen des Unternehmens bei. Etliche deutsche Maschinenbau-Unternehmen verfahren wohl ähnlich und interpretieren das Label »Made in Germany« genauso. So fliegt beispielsweise ein Unternehmen, welches Getränkeabfüllanlagen und Brauereien fertigt, seine Techniker weltweit zu den Maschinen: Das Wartungsgeschäft ist durchaus lukrativ, und viele Kunden weltweit kaufen gerne den Service, dass ein ausgebildeter deutscher Mechaniker irgendwo auf der Welt eine Maschine wieder gangfähig macht. Augmented oder Virtual Reality können hier bei Wartungen und Reparaturen neue Wege eröffnen.

Einen Schritt weiter gehen Kollaborations-Anwendungen in AR und VR, in welchen der Fokus weg vom Einzelnen geht, hin zum »Gemeinschaftlich-etwas-Entwickeln«. Hier besteht der

⁴ Vgl. auch Robinson, Sir Ken. [Bring on the learning revolution](#). 01.02.2010, Zugriff am 03.02.2021.

besondere Reiz darin, die Grenzen des Raums zu überwinden und sich aus unterschiedlichsten Standorten weltweit zusammenzuschalten, ohne dabei um den halben Erdball reisen zu müssen. Gerade die Zeit der Pandemie zeigt uns täglich, was tatsächlich durch solche Kollaborationsmöglichkeiten machbar ist. Wir stoßen in Bereiche vor, wo wir vorher der Meinung waren: Das geht nur live und in Farbe vor Ort. Gerade Technologien wie AR und besonders VR lassen diese Grenzen verschwinden und scheinen das vormals Udenkbare in den Bereich des plötzlich Möglichen zu heben: Experten aus mehreren Kontinenten, welche sich oder ihre Avatare sehend gemeinsam an einem Problem arbeiten.

Wir haben hier drei unterschiedliche Bereiche und deren Philosophien angerissen: vom Learning über die Assistance bis hin zur Collaboration. Wie immer gibt es kein Richtig oder Falsch für den einen oder anderen Ansatz. Die alte Berater-Weisheit gilt selbstverständlich auch hier: »Es kommt darauf an«.

3.2 Potenziale von Augmented Reality und Virtual Reality

Eingangs haben wir bereits unterschiedliche Zielszenarien bei dem Einsatz von AR und VR kennengelernt. Dabei wurde zwischen den Einsatzgebieten Kollaboration, Assistance und Learning unterscheiden – je nachdem, welches Ziel mit dem Einsatz der Technologien verfolgt wird. Im Folgenden soll anhand konkreter Beispiele dargestellt werden, welche Anwendungsfelder sich für den Einsatz von AR und VR besonders eignen.

AR und VR haben jeweils ihre eigenen Stärken. Augmented Reality entfaltet ihr Potenzial besonders, wenn die reale Umgebung weiter zu sehen sein, aber um digitale Informationen erweitert werden soll. Bei der Bedienung oder Wartung komplexer Maschinen können beispielsweise Anleitungen und Hinweise ins Sichtfeld des Nutzers eingeblendet oder einzelne Maschinenteile hervorgehoben werden. Remote zugeschaltete Experten können so auch im Blickfeld des Wartungspersonals Hinweise einzeichnen. Im Bildungs- und Fortbildungsbereich lassen sich Lerngegenstände lebensseht im Raum einblenden, um sie zu studieren. Im Bereich Konstruktion und Planung können mehrere Nutzer in einem Raum gemeinsam an einem eingeblendeten Objekt arbeiten. Auf Messen und in Showrooms können virtuelle Ausstellungsstücke in den echten physischen Raum geholt, präsentiert und betrachtet werden. Beim Building Information Modeling (BIM) lassen sich in realen Räumen für das bloße Auge verborgene Elemente wie Leitungen, Träger etc. sichtbar machen. Im Bereich Tourismus und Sightseeing können etwa während einer Stadtführung schon längst nicht mehr existierende Gebäude im heutigen Stadtbild eingeblendet werden. Und um sich während der Stadtführung oder generell unterwegs besser orientieren zu können, lassen sich Navigationshinweise einblenden. Wesentliches Merkmal aller AR-Use-Cases ist, dass der Nutzer weiterhin seine reale Umwelt sieht und mit realen Objekten interagieren kann.

Virtual Reality spielt ihre Stärke immer dann voll aus, wenn in eine virtuelle, digital erzeugte Welt eingetaucht werden soll. So lassen sich beispielsweise komplexe, gefährliche und heraus-

fordernde Situationen realitätsnah und risikolos trainieren. In virtuellen Konferenz- und Konstruktionsräumen lässt sich remote kollaborieren und konstruieren. Auf Messen, in Geschäften, Ausstellungen und Museen lassen sich Objekte kostengünstig und realistisch zeigen – von der riesigen Industriemaschine über Fahrzeuge, Schuhe und Hotels bis hin zu Dinosaurierskeletten und Unterwasserwelten. Im Städtemarketing und Tourismus können Sehenswürdigkeiten lebensecht gezeigt werden. Mit Zeitreisen in vergangene Zeiten öffnet Virtual Reality eine neue Form der Stadtführung. Außerdem dient VR der Unterhaltung, wenn Sportevents, Konzerte, Filme ins eigene Zuhause geholt und dort immersiv erlebt werden.

3.3 Anwendungsfelder von AR und VR – Ein Überblick

Bevor im nächsten Kapitel anhand konkreter Use Cases beschrieben wird, wie Augmented Reality und Virtual Reality heute schon eingesetzt werden, gibt die folgende Auflistung zunächst einen schematischen Überblick über die große Vielfalt an Einsatzbereichen von AR und VR. Außerdem veranschaulicht sie, für welche Branchen die Technologien jeweils besonders interessant sind. Zudem sind die Anwendungsfälle, die im weiteren Verlauf des Artikels detailliert dargestellt werden, den jeweiligen Einsatzbereichen zugeordnet und kurz zusammengefasst.

Automobilbranche (Konstruktion, Fertigung und Wartung)

- Mit einer AR-Engineering-Software des Unternehmens Holo-Light beschleunigt der Automobilhersteller BMW die Entwicklung von Fahrzeugkonzepten um bis zu zwölf Monate.
- Toyota konnte mit Hilfe eines AR-Tools der Firma PTC eine sichere Remote-Assistance für Mitarbeiter in der Produktion und Produktionstechnik einführen, durch die weite Geschäftsreisen reduziert werden können.
- Das Fraunhofer IEM und ein Automobilzulieferer entwickelten gemeinsam ein Mixed Mock-up, in dem neue Montagesysteme spielerisch getestet und analysiert werden können.

Immobilien, Facility Management und Bauwesen (Konstruktion, Fertigung und Wartung)

- Die Möglichkeit, ansonsten geometrisch intensive CAD-Daten in visuell akzeptable Modelle umzuwandeln, die einen glaubwürdigen Beitrag zum Geschäftsprozess von Ingenieurbüros leisten können, ist ein Merkmal der virtuellen Realität, das mittlerweile weit verbreitet ist.⁵

⁵ Vgl. Hale, Kelly S. et al. »Applications of Virtual Environments«. In: Hale, Kelly S. et al. Handbook of Virtual Environments. Design, Implementation, and Applications. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

- Die virtuelle Begehung von Gebäuden und Räumlichkeiten ist für Immobilienbüros und Makler interessant.
- Durch die Kombination des Building Information Modelings und VR können Änderungen eines Bauvorhabens in Echtzeit visualisiert werden.
- Immersive Visualisierungen durch AR/VR sind in den Arbeitsprozess von Architekten, Maschinenbauern oder Bauingenieuren eingebunden.

Gesundheitswesen (Chirurgie, Rehabilitation, virtuelle Lehr- und Lernwelten)

- Ärzte nutzen VR-Applikationen, um sich auf komplizierte Operationen vorzubereiten. Während der Operation tragen sie AR-Brillen, um über eingeblendete Informationen und Anleitungen am Körper des Patienten unterstützt zu werden. In der Rehabilitation von Phobien und Traumata gilt die VR-Therapie durch Expositionen schon lange als erfolgreich.
- Gemeinsam mit der Universität Erlangen entwickelte die Lilly Deutschland GmbH ein VR-Konzept als medizindidaktischen Ansatz für die Lehre mit dem Ziel, die Ausbildung zu optimieren und das studentische Interesse an dem Fachgebiet Rheumatologie zu erhöhen.

Marketing und PR (Vertrieb, Marketing und Handel)

- Durch AR können den Kunden Produkte präsentiert werden, bevor diese fertiggestellt sind, um so einen Eindruck vom finalen Produkt zu erzeugen.

Handel und Konsum (Vertrieb, Marketing, Customer Journey)

- Durch einen Smart Mirror kann auf einem Großbildschirm im Geschäft als lebensgroße Projektion Kleidung »anprobiert« werden. Durch die virtuelle Schaufensterpuppe können sowohl mit einer AR- als auch einer VR-App einem Avatar mögliche Kleidungsstücke angezogen werden.
- Outdoor-Shopping im Wald: Mit einer VR-Anwendung können Kunden in einer »natürlichen« Camping-Umgebung Outdoor-Artikel kaufen.
- Tchibo hat mit Hilfe einer VR-Brille eine virtuelle Wohnung eingerichtet, in der Kunden die Produkte in einer realitätsnahen Umgebung sehen können.

Verkehr, Transport und Logistik (Orientierung, Navigation)

- Mit Hilfe einer AR-Anwendung möchte die Deutsche Bahn den Bahnreisenden helfen, sich am Gleis und künftig auch im Bahnhof besser orientieren zu können.

Tourismus (Orientierung, Navigation)

- Durch AR können Touristen in den Städten Soest und Lübeck die Geschichte der Stadt erzählt bekommen, indem sie an bestimmten Punkten zusätzliche Inhalte abrufen können.

Kultur, Unterhaltung und Veranstaltungen (Vertrieb, Marketing und Handel)

- Der Unterhaltungsmarkt ist gerade die treibende Kraft hinter der schnellen Entwicklung von neuen VR- /AR-Ein- und Ausgabegeräten, hauptsächlich Head Mounted Displays (HMDs), die immer günstiger werden. Im Handel gibt es erste Projekte, Kunden mittels AR/VR zu gewinnen oder zu binden.
- AR und VR kann für die Erhaltung, Rekonstruktion, Dokumentation, Forschung und Förderung im Bereich des Kulturerbes und der Archäologie angewendet werden.
- Nutzer der Magenta Virtual Reality App der Deutschen Telekom können durch VR-Headsets Virtual Reality Videos aus verschiedenen Bereichen ansehen. Verschiedene Spiele der 3. Fußball Bundesliga und der Basketball Bundesliga wurden innerhalb der App live in 360 Grad gestreamt.
- Über AR kann in den eigenen vier Wänden virtuell Basketball und Air Hockey gespielt werden.

4 So werden Augmented und Virtual Reality heute schon genutzt: Ausgewählte Use Cases

4 So werden Augmented und Virtual Reality heute schon genutzt: Ausgewählte Use Cases

4.1 Augmented Reality in der Automobilfertigung

Konzeptaussagen bis zu zwölf Monate früher treffen, leicht übersehbare Konstruktionsfehler früh erkennen und am Zielobjekt prüfen, ob Planung und Realität übereinstimmen: Mit Augmented Reality (AR) lassen sich Arbeitsabläufe im Engineering komplett digitalisieren und optimieren. An der Schnittstelle zwischen Entwicklung und Produktion prüft die BMW Group im Münchner Pilotwerk die Gestaltung von Fahrzeugkonzepten und Prototypen. Im Einsatz sind dabei der Augmented Reality Engineering Space (ARES) und die AR-Brille HoloLens 2. Damit werden reale Bauteile, beispielsweise eine Karosserie, mit maßstabsgetreuen, holographischen 3D-CAD-Modellen überlagert.

4.1.1 Kürzere Entwicklungszyklen durch digitale Prozesse im Produktdesign

Neue Fertigungen müssen stets auf ihre Realisierbarkeit geprüft werden. Doch die Produktion von passgenauen Prototypen ist zeit- und ressourcenaufwendig. Sie erfordert oft den Einsatz derselben Prozesse wie bei der Herstellung des Endprodukts. Insbesondere für kleine Serien oder Großserien mit hoher Varianz sind Prototypen daher wenig wirtschaftlich. Virtuelle Designmodelle in Augmented Reality können nun die Konzeption und Umsetzung neuer Fahrzeugmodelle verbessern und Kosten einsparen.



Abbildung 2 – Produktentwicklung mit Augmented Reality: Prototypen können frühzeitig geprüft werden.
(Foto: BMW Group)

Im Münchner Pilotwerk erfolgt die Visualisierung von Prototypen-Fahrzeugen und -Bauteilen in Echtzeit über die AR-Engineering-Software ARES Pro des auf immersive Technologien spezialisierten Unternehmens Holo-Light. ARES ermöglicht es Ingenieuren, 3D-CAD-Daten in realer Umgebung zu visualisieren, zu manipulieren und mit anderen zu teilen. Im neuen Arbeitsvorgang lädt der Fahrzeugexperte jetzt CAD-Dateien von Bauteilen aus einer webbasierten Datenbank in die ARES-Applikation. Mit der AR-Brille kann er die CAD-Daten in realer Umgebung dreidimensional und in Originalgröße visualisieren. Der Experte bedient die AR-Anwendung über einfache Handgesten. Dadurch ist eine direkte Interaktion mit den virtuellen Bauteilen möglich. So lässt sich ohne Testaufbauten schnell nachvollziehen, ob Bauteile optimal montiert werden können.

4.1.2 Zeitersparnis von bis zu einem Jahr

Mit ARES lassen sich holographische Objekte mit realen Geometrien überlagern und auf unterschiedlichste Art und Weise manipulieren. Nicht nur die Größe, sondern auch die Position oder der Winkel sind über einfache Gesten über die HoloLens veränderbar. Ebenso kann eine Cross-Section, also ein Schnittbild für die Begutachtung innerer Strukturen, erstellt werden. Aus dem kompletten Hierarchiebaum der CAD-Datei lassen sich zudem einzelne Komponenten individuell ein- oder ausblenden.

Erreichbarkeit, Einbaumöglichkeiten und Einsehbarkeit relevanter Montagepunkte können entsprechend schnell beurteilt werden. Kollaborative Design-Reviews im Multi-User-Modus helfen zudem, unstimmige Details bzw. leicht übersehbare Konstruktionsfehler bereits in den frühen Produktentstehungsprozessen zu erkennen. Eine Zeitersparnis von bis zu einem Jahr ist so bei der Prototypenentwicklung bzw. der Integration von Fahrzeugen in die Produktion möglich.



Abbildung 3 – Neue Möglichkeiten für Industriedesigner und Ingenieure: Reale Geometrien lassen sich mit originalgetreuen Hologrammen überlagern. (Foto: BMW Group)

4.1.3 Streamen der gesamten Applikation für mehr Leistung und Sicherheit

Ein bekanntes Problem bei immersiven Technologien sind große Datenmengen. Denn je mobiler die Hardware, umso weniger Rechenleistung hat sie. Die Rechenleistung ist jedoch für die Visualisierung von komplexen 3D-CAD-Modellen entscheidend. Im AR/VR-Bereich werden 3D-Modelle durch Polygone (Dreiecke) beschrieben. Eine autarke AR-Datenbrille schafft eine reibungslose Darstellung von bis zu 1.000.000 Polygonen. Meist bestehen CAD-Modelle allerdings aus mehreren Millionen Polygonen. Wenn also komplexe Modelle oder viele Bauteile visualisiert werden sollen, mussten bisher Polygone reduziert werden. Dies kann die Qualität der 3D-Modelle so stark einschränken, dass Visualisierungen in AR, etwa für die Prototypenentwicklung, wenig aussagekräftig sind.

Holo-Light integrierte deshalb in die von BMW eingesetzte Software ARES Pro die haus eigene Remote-Rendering-Technologie »ISAR« (Interactive Streaming for Augmented Reality). Die Lösung ermöglicht das Streamen der gesamten Applikation. Das bedeutet, dass die Rechenleistung nicht von der AR-Brille selbst kommen muss, sondern aus der Cloud oder einem leistungsstarken, eigens kontrollierten Server bereitgestellt werden kann. So lassen sich auch hochpolygonhaltige 3D-CAD-Daten in Echtzeit und in hoher Qualität visualisieren und bearbeiten: etwa ein detailreicher Motor oder ein komplettes Auto mit vielen Millionen Polygonen. Zudem hat der Anwender die volle Kontrolle darüber, wo die sensiblen Konstruktionsdaten liegen und was mit den Daten passiert. Denn die Daten liegen nie auf dem mobilen Endgerät. Sie werden nur gestreamt und nicht dort abgespeichert – ein entscheidender Sicherheitsaspekt bei Verlust der Brille oder Hackerangriffen.

4.1.4 Der Nutzen von AR bei der Produktentstehung

Durch die Visualisierung und Interaktion mit CAD-Daten im Augmented Reality Engineering Space lassen sich Prototypen effizienter planen und umsetzen. Die AR-Software ermöglicht es, Fehler frühzeitig zu erkennen sowie gemeinsam an Hologrammen zu arbeiten. Vor allem in den frühen Produktentstehungsprozessen, in welchen hauptsächlich Konzeptarbeit geleistet wird und noch einiges an Fragen zur weiteren Vorgehensweise offen ist, zeigt sich ein durch die Technologie neu gewonnener Effizienzfaktor. Iterationsschritte und logistische Aufwände werden deutlich verkürzt, während sowohl die Detailgenauigkeit als auch die Optionen für eventuelle Modifikationen zunehmen. Auch die Sicherheit sensibler Konstruktionsdaten wird mit neuen Lösungen adressiert – ein wichtiger Aspekt, insbesondere, wenn immer mehr immersive Endgeräte auch ihren Weg in das heimische Büro finden.

Ausrüstung für die Umsetzung



- AR-Brille, zum Beispiel HoloLens 2 (Mitarbeiter können AR-Stream über Bildschirm/Smartphone mitverfolgen)
- Lizenz für Augmented-Reality-Engineering-Software ARES Pro
- Externer Server (On Premise oder Cloud-basiert) mit Betriebssystem Windows 10 Pro oder Windows Server 2019

4.2 AR-gestützte Remote Assistance

Augmented-Reality-gestützte Remote Assistance ermöglicht, dass ein technischer Mitarbeiter gemeinsam mit einem Fachexperten Probleme schneller und effektiver lösen kann. Traditionell wird für ein Problem, das nicht von einem technischen Mitarbeiter oder Servicetechniker vor Ort gelöst werden kann (beispielsweise an einer Produktionsanlage), ein Experte an den Ort geschickt. Alternativ kommen Kommunikationsmittel wie das Telefon oder Videokommunikationstools zum Einsatz. Jedoch haben beide Formen ihre eigenen Nachteile. Während bei der Anreise eines Experten Reisekosten und gegebenenfalls ein hoher Zeitverlust entstehen, gehen bei traditionellen Kommunikationsmitteln wie dem Telefon oder einem Videoanruf viele Informationen verloren. Denn ein Experte muss durch Worte oder Text Anweisungen an den Mitarbeiter vor Ort weitergeben, die dieser ausführen muss.

4.2.1 Der Vorteil von Remote Assistance über Augmented Reality

AR-gestützte Remote Assistance hat zum Ziel, Reisetätigkeit zu vermeiden, indem Videokommunikation durch AR mit zusätzlichen Informationen angereichert wird. So ist es beiden Parteien möglich, im Blickfeld des Mitarbeiters vor Ort Annotationen einzuzeichnen, anstatt Anweisungen nur über Sprache zu übermitteln oder nur auf dem Bildschirm des Mitarbeiters zu annotieren. Dies wird ermöglicht, indem die AR-Technologie parallel zum Anruf eine Punktwolke im Blickfeld der Kamera des Mitarbeiters vor Ort erstellt. So werden Annotationen nicht auf der 2D-Oberfläche gezeichnet, sondern durch intelligente Interpretation in der Punktwolke verankert. Diese Annotationen bleiben dann im Raum am Richtigen Ort »stehen«, selbst wenn sich der Mitarbeiter bewegt. So kann ein Fachexperte, der sich aus der Distanz dazuschaltet, auch ad hoc mehreren Mitarbeitern vor Ort in kurzer Zeit zielgerichtet Anweisungen geben.



Diese Art der Kommunikation kann durch Text, Bilder und Videos ergänzt werden, die über das AR-gestützte Remote-Assistance-Tool transportiert werden. Falls über diese Art von Medium unternehmenssensitive Daten ausgetauscht werden, ist es wichtig, auf eine verschlüsselte Peer-2-Peer-Verbindung zu achten, mit der die Daten weder in einer Cloud noch auf dem Endgerät gespeichert werden.

Abbildung 4 – AR-gestützte Remote Assistance, hier mit Vuforia Chalk.

4.2.2 Fallbeispiel: Toyota Motor Corporation

Toyota-Mitarbeiter in der Produktion und Produktionstechnik überwachen die Installation neuer Fertigungslinien sowie die Wartung bestehender Fertigungslinien und Werksgebäude in aller Welt. Da diese Arbeiten in der Regel von örtlichen Toyota Mitarbeitern und Subunternehmern ausgeführt werden, müssen die aufsichtsführenden Abteilungen den weltweiten Standorten regelmäßig Besuche abstatten, um sicherzustellen, dass die Arbeiten korrekt und sicher ausgeführt werden.

Wenn es an einem Werksstandort Probleme mit einer Maschine gibt, können Subunternehmer aufgrund potenziell gefährlicher Bedingungen nicht alleine Entscheidungen zur Beseitigung des Problems treffen. Stattdessen muss ein Toyota-Mitarbeiter anreisen, um das Problem zu inspizieren. Es gibt sogar Fälle, in denen auch ein hochrangiger Toyota-Manager von der Firmenzentrale anreisen muss, um das Problem zu begutachten und eine endgültige Entscheidung zur Lösung des Problems zu treffen. Manchmal ist es für Mitarbeiter sehr schwierig, an den Werksstandort zu gelangen, da Bauarbeiten in der Regel außerhalb der Betriebszeiten und an Feiertagen durchgeführt werden.

Da Toyota an all seinen Standorten, einschließlich der Firmenzentrale, der örtlichen Niederlassungen und Betriebe, strenge Vorschriften bezüglich des Umgangs mit vertraulichen Informationen hat, kann die effektive Kommunikation zwischen Toyota-Mitarbeitern und Subunternehmern über große Distanzen hinweg sehr schwierig sein. Die Verwendung von Kameras, Geräten und Software, die zur Verletzung der Informationssicherheit führen könnte, ist strengstens verboten. Während diese Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Informationssicherheit unerlässlich sind, führt die Unfähigkeit, Informationen uneingeschränkt aufzuzeichnen, oft zu ineffizienten Prozessen.

Augmented-Reality-Anwendungen können hier eine Lösung sein, wenn sie eine sichere Kommunikation gewährleisten und gleichzeitig die strengen Auflagen bezüglich der Handhabung von Informationen einhalten. Eine solche Lösung ist beispielsweise Vuforia Chalk von PTC. Vuforia Chalk ist ein einfaches Tool für Remote Assistance, das über ein Mobilgerät oder Tablet Experten mit Arbeitern innerhalb und außerhalb des Unternehmens verbindet. Es kombiniert Live-Video und -Audio mit einer Funktion, die es beiden Teilnehmern erlaubt, die gemeinsam genutzte Ansicht live mit digitalen Anmerkungen zu versehen, um eine visuelle Zusammenarbeit und Problemlösung in Echtzeit zu ermöglichen.

Mithilfe dieser Lösung sind Subunternehmen in der Lage, komplexe oder unbekannte Probleme mit Unterstützung eines Experten anzugehen, wo und wann immer sie diese auch benötigen. Damit alle Daten auf den eingesetzten iPads oder iPhones gespeichert werden, wurde die Lösung für Toyota entsprechend angepasst. Alle Betriebe erhielten iPads, auf denen Vuforia Chalk vorinstalliert war. Auftragnehmer können sich diese Geräte für ihre Arbeit bei den Betrieben ausleihen.

In der Praxis bewährte sich, dass ein Mitarbeiter eine Ansicht gemeinsam mit einem Auftragnehmer nutzen kann, der der Sitzung remote beiträgt. Beide Personen betrachten dasselbe Objekt und können dabei frei kommunizieren und sich gegenseitig etwas erklären. Weist beispielsweise eine Maschine einen Fehler auf, kann der zugeschaltete Experte die Person vor Ort einfach bitten, den betroffenen Bereich einzukreisen – und schon sieht er, wie auf dem Bildschirm ein Kreis gezogen wird. Wenn der externe Experte der Person vor Ort bestimmte Anweisungen geben möchte, kann er das auf dem Bildschirm aufzeichnen. Das erweist sich als effektiver, als Anweisungen per Telefon zu übermitteln und spart obendrein Zeit.

Musste früher zum Beispiel eine große Maschine vermessen werden, waren drei Personen mehr als einen Tag damit beschäftigt. Denn bei Toyota darf eine solch große Maschine nur durch einen lizenzierten Techniker vermessen werden, der mehrfach auf die Maschine hinauf und wieder herunter klettern muss. Jeder Fehler bei der Vermessung zog Nacharbeit nach sich. Mit der AR-Unterstützung kann nun der Techniker sein Mobiltelefon verwenden, um eine Ansicht der Maschine mit einem Experten in der Firmenzentrale zu teilen, der wiederum dem Techniker vor Ort Anweisungen geben kann. So muss nur ein Techniker an den Standort reisen, und die für die Vermessung erforderliche Zeit wird beträchtlich reduziert.

Lösungen wie Vuforia Chalk unterstützen die Kommunikation nicht nur zwischen Teams an verschiedenen Standorten, sondern auch zwischen Mitarbeitern im selben Gebäude. Vor dem Einsatz des Tools war es oftmals schwierig, jemandem mündliche Anweisungen zu geben, ohne sich auf ein Bild oder einen Videoclip zu beziehen. Häufiger kam es vor, dass ein Mitarbeiter, der ein bestimmtes Teil abholen sollte, mit dem falschen Teil zurückkam und noch einmal losmusste. Wenn die mündliche Beschreibung nicht verstanden wurde, konnte dieser Fehler erneut passieren. Auch hier hilft Augmented Reality dabei, Fehler zu vermeiden und Prozesse zu beschleunigen.

Ausrüstung für die Umsetzung



- Smartphone, Tablet (ab iOS 13, Android 7.0) oder RealWear (HMT-1, HMT-1Z1)
- Browseranwendung für Expertensupport verfügbar
- Lizenz für Vuforia Chalk (SaaS)

4.3 Mixed Mock-up – Interaktives Augmented-Reality-System für die Montagesystemplanung

Auf dem heutigen globalen Markt stehen produzierende Unternehmen vor großen Herausforderungen. Produkte werden immer komplexer und vielfältiger, Losgrößen schrumpfen und die Produktlebenszyklen verkürzen sich.⁶ Um im Wettbewerb mithalten zu können, müssen Unternehmen in den verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus Kosten und Zeit sparen.⁷ Etwa 70 Prozent der endgültigen Produktionskosten entstehen bereits in der Entwurfsphase,⁸ wobei die späteren Produktkosten stark mit den Montageprozessen verbunden sind.⁹ Aktivitäten zur Planung und zum Training von Montagevorgängen können sicherstellen, dass ein Produkt so effizient wie möglich hergestellt wird.¹⁰ Digitale Methoden wie die computergestützte Montageplanung ermöglichen eine frühzeitige Planung auf der Grundlage digitaler Produktmodelle. Wichtige Aspekte wie Ergonomie und Bedienersicherheit werden dabei jedoch meist nicht berücksichtigt.¹¹ Aus diesem Grund setzen viele Unternehmen noch immer auf analoge Methoden wie Cardboard-Engineering.

Im Falle eines Automobilzulieferers wurden anhand von Kartonkonstruktionen Montagestationen prototypisch erstellt, um die Montageprozesse unter Einbeziehung des menschlichen Bedieners realitätsnah simulieren zu können. Im Fokus stehen dabei vor allem Aspekte wie die richtige Arbeitshöhe, Platzbedarf für Arm- und Handbewegungen sowie Erreichbarkeiten von Werkzeugen und Komponenten. So können ganze Montageprozesse in interdisziplinären Teams gemeinschaftlich getestet, diskutiert und optimiert werden, um Fehlplanungen zu vermeiden. Da physische Prototypen der Bauteile und Werkzeuge erstellt werden müssen, ist dieses Verfahren jedoch zeitaufwendig und kostenintensiv. Aufgrund regelmäßiger Änderungen und Weiterentwicklungen der Produkte während der Entwicklungsphase mangelt es meist an Prototypen, die dem aktuellen Entwicklungsstand entsprechen. Teilweise sind Komponenten erst spät im Entwicklungsprozess physisch verfügbar, sodass die Simulation erst kurz vor dem geplanten Produktionsbeginn stattfindet. Zudem gestaltet sich die Dokumentation der Simulation schwierig. Sie erfolgte bislang meist basierend auf Fotos und Pflichtenheften, sodass bei späteren Unklarheiten einzelne Erkenntnisse und Lösungen nicht rekonstruiert werden können.

6 Wang, X. et al. [»Real-virtual interaction in AR assembly simulation based on component contact handling strategy.«](#) Assembly Automation 35.4 (2015): 376 – 394. Zugriff am 03.02.2021.

7 Jayasekera, R.D.M.D. et al. [»Assembly validation in virtual reality – a demonstrative case.«](#) The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 105 (2019): 3579 – 3592. Zugriff am 03.02.2021.

8 Boothroyd, G. [»Product design for manufacture and assembly.«](#) Computer-Aided Design 26.7 (1994): 505 – 520. Zugriff am 03.02.2021.

9 Jayasekera, R.D.M.D. et al. [»Assembly validation in virtual reality – a demonstrative case.«](#) The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 105 (2019): 3579 – 3592. Zugriff am 03.02.2021.

10 Al-Ahmari, Abdulrahman M. et al. [»Development of a virtual manufacturing assembly simulation system.«](#) Advances in Mechanical Engineering 8.3 (2016). Zugriff am 03.02.2021.

11 Jayasekera, R.D.M.D. et al. [»Assembly validation in virtual reality – a demonstrative case.«](#) The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 105 (2019): 3579 – 3592. Zugriff am 03.02.2021.

4.3.1 Das Beste aus zwei Welten: Real und virtuell

In einem gemeinsamen Projekt entwickelten das Fraunhofer IEM aus Paderborn und der Automobilzulieferer die Idee, die im Entwicklungsprozess verfügbaren CAD-Daten der Produkte zu verwenden, um eine virtuelle Montagesimulation durchzuführen. Ein naheliegender Gedanke ist die komplett virtuelle Simulation mittels Virtual Reality. Eine genauere Betrachtung der Situation und die Einbeziehung der Mitarbeiter führte jedoch zu einer anderen Entscheidung. Das Cardboard-Engineering hatte sich im Unternehmen etabliert und wurde von den Mitarbeitern akzeptiert. Zudem gibt es Situationen, in denen bestehende Montagestationen angepasst oder erweitert werden müssen. Aus diesen Umständen heraus entstand die Idee des Mixed Mock-ups. Das heißt, die Kartonkonstruktionen werden weiterhin verwendet, allerdings mittels Augmented Reality um digitale Produktmodelle erweitert. Der Einsatz von Augmented Reality hat in diesem Zusammenhang das Potenzial, dem Bediener bzw. Monteur eine realistische und immersive Montagesimulation zu ermöglichen und die Auswirkungen seiner Interaktion in Echtzeit zu erleben. Dabei wird der Bedarf an physischen Produktteilen eliminiert, was eine frühzeitigere Simulation und flexible Reaktion auf sich ändernde Komponenten ermöglicht. Im Rahmen des Projekts wurde eine AR-Lösung entwickelt, mit der neue Montagesysteme spielerisch getestet und analysiert werden können.¹² Über eine Augmented-Reality-Brille werden dem Mitarbeiter die virtuellen Produktkomponenten dreidimensional am physischen Aufbau visualisiert. Über eine Trackinglösung werden der Aufbau lokalisiert und die virtuellen Inhalte entsprechend positioniert. Neben den Produktkomponenten werden auch die Werkzeuge virtuell umgesetzt. Anstatt einer Papp-Attrappe können nun verschiedene Werkzeuge interaktiv genutzt und Fügeprozesse realitätsnah durchgeführt werden.



Abbildung 5 – Mixed Mock-up: Virtuelle Montagesimulation am realen Cardboard Engineering-Mock-up. (Foto: Fraunhofer IEM)

¹² Dyck, Florian et al. »Mixed Mock-Up – Systematic Development of an Interactive Augmented Reality System for Assembly Planning.« International Conference on Human Computer Interaction (HCI), Copenhagen. 2020.

So können Bewegungsabläufe – wie der Griff in den Schraubenkasten oder die Positionierung einer Box mit Komponenten – mit einer sehr realistischen Simulation getestet und im Team diskutiert werden. Dabei kann stets der aktuelle Konstruktionsstand des neuen Produkts, das später am vorliegenden Montagearbeitsplatz gefertigt werden soll, verwendet werden.

4.3.2 Herausforderung: Haptisches Feedback

Aus technischer Sicht stellte das Vorhaben die Entwickler vom Fraunhofer IEM vor verschiedene Herausforderungen. Neben einer interaktiven Visualisierung am realen Aufbau sollte vor allem eine realistische Interaktion zur virtuellen Durchführung der Montageprozesse realisiert werden. Aufgrund des dynamischen Markts und der stetigen Weiterentwicklung der Hardware wurden bereits verschiedene Visualisierungs- und Interaktionsgeräte eingesetzt und evaluiert. In einer ersten Variante der AR-Lösung wurde Microsofts HoloLens als Stand-Alone-AR-Brille in Kombination mit Oculus-Touch-Controllern verwendet, um zum einen den mobilen Einsatz und zum anderen haptisches Feedback bei Greif-Operationen über Vibration in den Controllern zu ermöglichen. Durch Benutzertests mit Mitarbeitern des Unternehmens und weiteren Personen wurde festgestellt, dass das Sichtfeld eine große Rolle spielt, bei der HoloLens 1 aber zu klein ist. Zudem wurde die Interaktion über Controller als nicht realistisch genug eingeschätzt. Die Testpersonen hatten nicht das Gefühl, virtuelle Objekte wirklich zu greifen. Daher wurde in einer zweiten Variante die Meta 2 als AR-Brille verwendet. Sie muss zwar per Kabel mit einem zusätzlichen Computer verbunden werden, verfügt aber über ein größeres Sichtfeld als die HoloLens 1. Um eine verbesserte Interaktion zu realisieren, wurden Force-Feedback-Handschuhe der Firma SenseGlove eingesetzt. Über Motoren in den Fingern des Handschuhs kann die Bewegung beim

Greifen eines virtuellen Modells blockiert werden. So erhält der Benutzer den Eindruck, auf einen Widerstand zu treffen, und dadurch das Gefühl, etwas zu greifen. In weiteren Benutzertests wurde die zweite Lösung als wesentlich benutzerfreundlicher und realistischer bewertet. Aufgrund der technischen Weiterentwicklung stellt diese Variante jedoch auch nur eine Zwischenlösung dar. Das Unternehmen und Fraunhofer IEM arbeiten weiter an der Optimierung der AR-Lösung und planen unter anderem die HoloLens 2 einzusetzen.

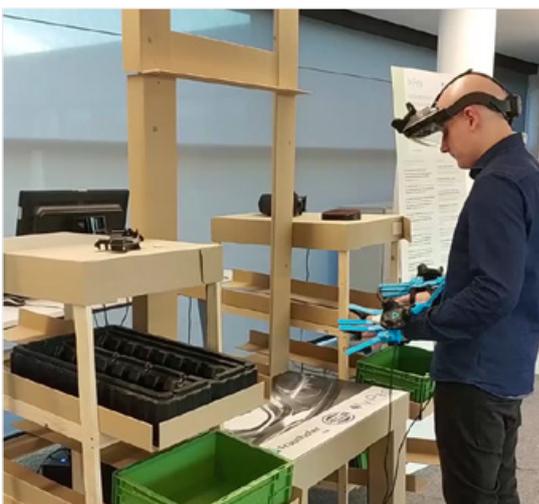


Abbildung 6 – Weiterentwicklung des Mixed Mock-up: Force-Feedback-Handschuhe ermöglichen realitätsnahes Greifen virtueller Bauteile. (Foto: Fraunhofer IEM)

4.3.3 Virtuelle Prototypen versprechen Kosten- und Zeitersparnisse

Nach der Durchführung einer Simulation werden die Konfiguration des Arbeitsplatzes sowie die durchgespielten Abläufe und Ergebnisse digital dokumentiert und archiviert. Zukünftig sollen geplante Montagesysteme als eine digitale Bibliothek zur Verfügung stehen, sodass zum einen eine Rückverfolgbarkeit und zum anderen die effiziente Wiederverwendung von Konfigurationen möglich sind. Durch die direkte Verfügbarkeit der digitalen Produktmodelle und somit des aktuellen Entwicklungsstands können Montagearbeitsplätze anhand des Mixed Mock-ups bereits parallel zur Produktentwicklung entworfen und getestet werden. So wird das Potenzial der digitalisierten Produktentwicklung genutzt. Im Endeffekt erwartet das Unternehmen Kosten- und Zeitersparnisse durch die frühzeitige, effiziente und realistische Simulation von Produktionssystemen anhand virtueller Prototypen.

Ausrüstung für die Umsetzung



- Kopfgetragene AR-Brille, damit die Hände frei sind
- Tracking zur Lokalisierung der physischen Aufbauten (Marker-, Objekt- oder Raum-Tracking sind möglich)
- Für eine realistische Simulation Handschuhe für haptisches Force-Feedback (alternativ Gestensteuerung zum Greifen von Objekten und Werkzeugen)

4.4 Building Information Modeling (BIM) mit Virtual Reality

Gebäude und andere Bauvorhaben wurden traditionell mithilfe von 2D-Zeichnungen geplant. Später wurden auch 3D-Modelle eingesetzt, die vor allem einer besseren Visualisierung gedient haben, Kostensteigerungen (von oft über 50 Prozent) jedoch häufig nicht verhindern konnten. Building Information Modeling (BIM) integriert konsequent die fragmentierten Informationen rund um große Bauvorhaben (Infrastrukturbau, Hochbau, Stahlbau, Holzbau u. a.) und macht sie für alle Beteiligten verfügbar. Der eigentliche Mehrwert von BIM liegt in der Erweiterung des virtuellen 3D-Bauwerksmodells durch zwei weitere Dimensionen: Zeit und Kosten, und zwar über den gesamten Lebenszyklus – Projektierung, Planung, Realisierung und Betrieb. Man spricht daher oft von einem 5D-Modell, das den Baubeteiligten in unterschiedlicher Weise zur Hilfe kommt und dabei den Kosten- und Zeitrahmen unter Kontrolle hält. Fachplaner, Nutzer, Bauherren, Baurechtsämter, Betreiber und nicht zuletzt die Öffentlichkeit können von der erfolgreichen Durchführung von BIM-Projekten profitieren. Damit das gelingt, sind neben neuen technischen Fähigkeiten und Werkzeugen auch neue Denkansätze und Verhaltensmuster notwendig.

Im internationalen Vergleich hinkt Deutschland bei der Einführung und Umsetzung von Building Information Modeling (BIM) gegenüber einigen anderen Staaten deutlich hinterher. Vor allem in den USA, Großbritannien, Skandinavien sowie in den Niederlanden ist die Umsetzung erheblich weiter vorangeschritten als bei uns. In vielen dieser Länder führten staatliche Maßnahmen dazu, dass BIM dort mittlerweile flächendeckend eingeführt ist.

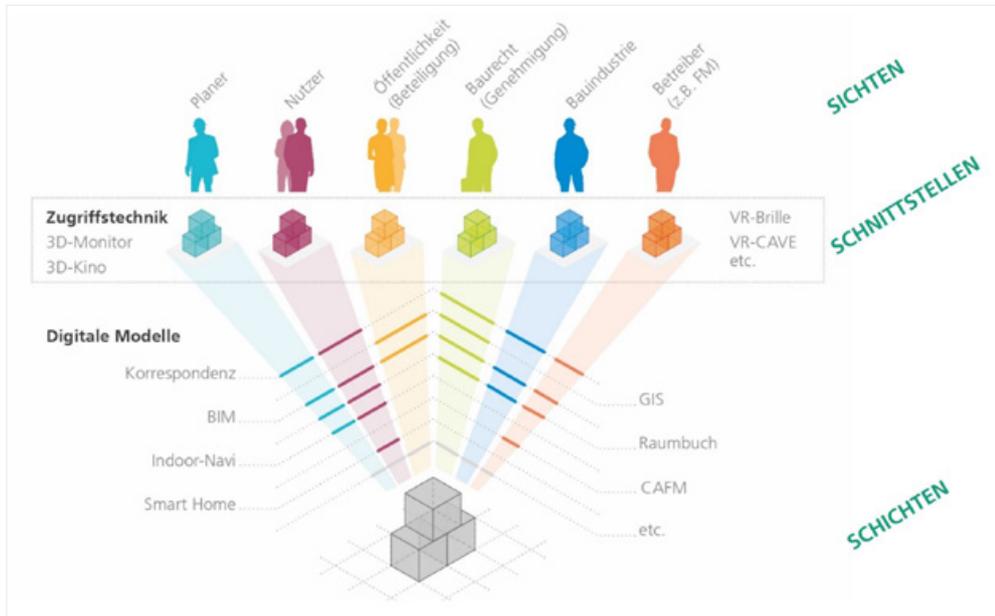


Abbildung 7 – Benutzersichten, Schnittstelle und Schichten eines Digitalen Gebäudemodells. (Abbildung: Fraunhofer IAO)

Um BIM in Deutschland zum Durchbruch zu verhelfen, hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur Ende 2015 einen Stufenplan für die Einführung von BIM vorgelegt. Er gilt in erster Linie für den Infrastrukturbau und den infrastrukturbezogenen Hochbau, kann aber auch in anderen Bereichen als Modell genutzt werden.

4.4.1 BIM-Enabled VR

Der Begriff »BIM-Enabled VR« (BIM-fähige virtuelle Realität) ist in den letzten Jahren entstanden und bezieht sich auf die Datenanbindung von Konstruktions- oder (in diesem Fall) Prüfungsprozessen. Einer der größten Vorteile der BIM-Enabled VR ist die Fähigkeit des virtuellen Modells, in Echtzeit Änderungen zu visualisieren.¹³

Bis vor Kurzem war eine bidirektionale Interaktion zwischen BIM und VR nicht möglich, wegen Limitationen der Softwarearchitektur, die für die Visualisierung benutzt wurde. Die Wissenschaftler Mikael Johansson, Mattias Roupé und Mikael Viklund Tallgren präsentierten 2014 ein System, das Änderungen aus der BIM-Software direkt in der VR-Umgebung des HMD Oculus Rift darstellen konnte.¹⁴ Dafür wurde ein Plug-in für die BIM-Authoring-Software Revit entwickelt. Die Vorteile dieses Systems sind die grundsätzliche Portabilität und die niedrigen Kosten. Ein Nachteil ist die Schwierigkeit, sich in VR-Gruppen über konstruktionskritische Themen zu unter-

13 Peng, Wang et al. »A Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training.« International Journal of Environmental Research and Public Health 15.6 (2018).

14 Johansson, Mikael et al. »From BIM to VR-Integrating immersive visualizations in the current design process.« In: Fusion-Proceedings of the 32nd eCAADe Conference, 2014,-Volume 2.

halten. Eine Datenbrille/HMD schirmt den Nutzer komplett von seiner realen Umwelt ab, sodass er sich selbst oder seine Gesprächspartner nicht mehr physisch wahrnehmen kann. Die Größenkonstanz unserer visuellen Wahrnehmung (als Beobachter) wird ohne die Wahrnehmung unseres eigenen Körpers infrage gestellt.

Um dieser Limitierung zu entkommen, haben die Wissenschaftler Joachim B. Kieferle und Uwe Wössner 2015 einen bidirektionalen Link zwischen BIM und VR in einer CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) entwickelt, also in einer immersiven virtuellen Umgebung, die einem Theater sehr ähnelt.¹⁵ Daher wird die CAVE häufig auch als Virtual Theater bezeichnet. Auf der virtuellen Bühne steht das BIM-Modell mit all seinen Daten über die Bauwerksprüfung. CAVE-VR-Umgebungen sind ideal, um eine Virtual-Engineering-Session durchzuführen. Die Fraunhofer IAO Gruppe, die dieses Arbeitspaket liefert, betreibt seit acht Jahren ein CAVE-System und führt damit VR-Sessions mit BIM-Modellen in der Planungsphase von Gebäuden und Bauwerken durch.



Abbildung 8 – BIM-VR-Besprechung in der CAVE des Fraunhofer IAO. (Foto: Fraunhofer IAO)

4.4.2 Visualisierung von Bauwerken in einer immersiven Umgebung

Virtuelle Realität (VR) oder erweiterte Realität (AR), die immersive Visualisierungen anbieten, sind seit Langem in den Arbeitsprozess von Architekten, Maschinenbauern oder Bauingenieuren eingebunden, besonders in der Planungsphase. Um die Abstimmung während einer Bauplanung zu erleichtern, hat das Fraunhofer IAO gemeinsam mit dem eng kooperierenden IAT der Universität Stuttgart das frei verfügbare Software-Toolset »XRvisualizer« entwickelt. Dieses macht Planungsdaten aus der Gebäudemodellierung mittels AR/VR-Technologie als virtuell begehbare 3D-Modelle sichtbar und dient als Schnittstelle zur weiteren Planung.

¹⁵ Kieferle, Joachim et al. »BIM Interactive – About combining BIM and Virtual Reality.« In: Proceedings of eCAA-De 33rd Annual Conference, 2015.

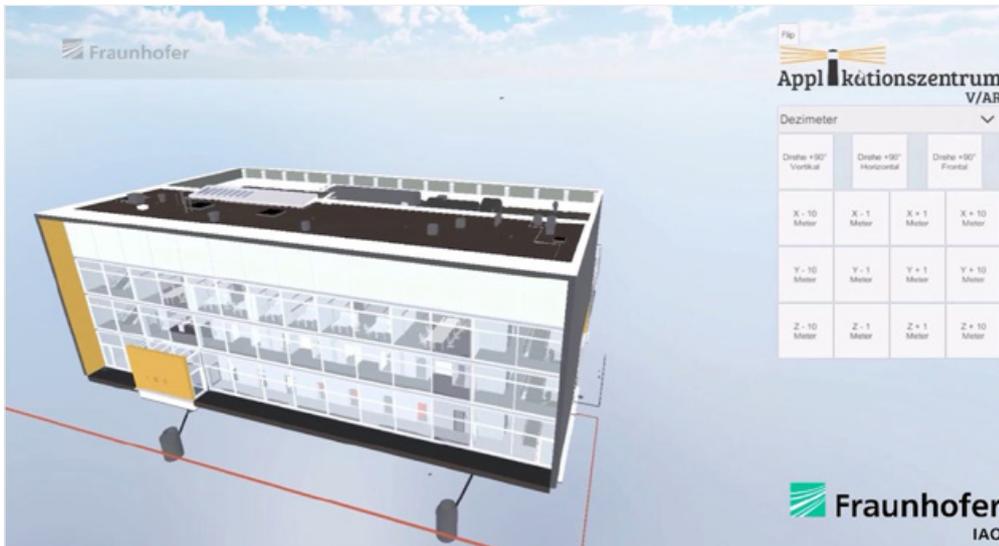


Abbildung 9 – Screenshot des Bauvisualisierungs-Tools des Fraunhofer IAO »XRVisualizer«.

Das Building Information Modeling (BIM) ermöglicht es den verschiedenen Akteuren im Bauprozess, schon in der Planungsphase und über den ganzen Lebenszyklus eines Projekts hinweg, wichtige Gebäudedaten schnell abrufbar zu machen. Mithilfe von Virtual-Reality- und Augmented-Reality-Tools können Bauwerke bereits vorab visualisiert und diskutiert werden. Die durchgängige Nutzung von Daten bietet nicht nur im Bauwesen vielfältige Chancen, die Entwicklungsprozesse zu beschleunigen und zu verbessern. Aber speziell im Bauwesen hilft die AR/VR-basierte Visualisierung von Gebäuden, die am Bauprozess Beteiligten anhand virtueller 3D-Modelle trotz verteilter Standorte »an einen Tisch« zu bringen.

4.4.3 Sachliche Richtigkeit

Wenn es um die Visualisierungen von Bauwerken geht, gibt es eine Reihe von Qualitätskriterien, die man beachten sollte. Diese können unter dem Begriff »sachliche Richtigkeit« subsummiert werden. Sie helfen, die Glaubwürdigkeit der Visualisierung zu stärken. Irreführende Darstellungen können zu Phantomdebatten führen, die an der Realität vorbeigehen. Sachliche Fehler untergraben auch die Glaubwürdigkeit der gesamten Visualisierung. Um die sachliche Richtigkeit beizubehalten, ist Folgendes zu empfehlen:

- Objekte maßstabsgetreu abbilden: Bei einer falschen Größenskalierung des Bauwerks wirkt das Objekt im Vergleich zu seiner Umgebung überproportional groß oder klein.
- Korrekte Form- und Größenvisualisierung vom gewählten Betrachterstandort: Eine falsche Formgebung oder Größe kann stärkere bzw. geringere visuelle Auswirkungen auf die Umgebung suggerieren. Fehler in der Perspektive oder Verzerrungen sollten ebenfalls vermieden werden.

- **Farbgebung und Materialverwendung:** Warme, weiche und satte Farben wirken grundsätzlich angenehmer, während blasse, kalte Farben ein Objekt eher unattraktiver erscheinen lassen. Bei Verwendung von dunklen Farben für das Objekt vor einem hellen Hintergrund verstärkt sich die visuelle Eingriffswirkung. Obwohl es in der Bauwerksprüfung nicht um die Attraktivität der Visualisierung geht, sollte man auch hier die Farbgebung beachten und es so angenehm wie möglich für das Personal machen. Eine passende Farbkodierung des BIM-Modells, die einer Bauwerksprüfung zu Nutzen kommt, wird vom Fraunhofer-IAO-Team in Zusammenarbeit mit dem Betreuerkreis ausgearbeitet.
- **Umgebende Objekte richtig darstellen:** Nur selten ist der Blick auf ein Bauwerk komplett frei. Strommasten oder Vegetation beeinflussen die visuelle Wahrnehmung des Objekts. Das umgebende Terrain spielt eine wichtige Rolle, aber auch die Autobahn, die über eine oder unter einer Brücke verläuft, sollte visualisiert werden und sich bei Bedarf ein- und ausblenden lassen.
- **Schattenwürfe und Lichtverteilungen korrekt abbilden:** Bei der korrekten Abbildung von Schattenwürfen sind der Sonnenstand, die Ausrichtung der Objekte und die Größenverhältnisse zu beachten. Bei Bedarf sollte man auf eine einheitliche Lichtverteilung umschalten können. So lassen sich beispielsweise an einer virtuellen Brücke schwach belichtete Teile gut beschauen.

4.4.4 Bildattraktivität der virtuellen Umgebung

Virtuelle Umgebungen sollten grundsätzlich eine positive Wirkung auf die Partizipierenden in einer VR-Session ausüben. Das lässt sich mit der Nutzung von digitalen Techniken im Bereich der Bildattraktivität, wie Fotorealismus oder Spezialeffekte, erreichen. Bildattraktivität ist häufig antagonistisch zur sachlichen Richtigkeit, die im Falle einer Bauwerksprüfung im Vordergrund steht. Daher sollte sie mit Vorsicht eingesetzt werden. Einige Techniken und ihre Auswirkung auf die Bildattraktivität werden in der folgenden Tabelle gezeigt.

Kategorie	Unterkategorie	Eher positive Wirkung auf Bildattraktivität	Eher negative Wirkung auf Bildattraktivität
Verfälschung	des Maßstabs	Anschein der Objektgröße der Zielobjekte durch kleineren Maßstab als Umgebung verringern	Anschein der Objektgröße der Zielobjekte durch größeren Maßstab als Umgebung erhöhen
	der Form in Abhängigkeit von gewählter Perspektive	Anschein der Objektgröße durch Formveränderung mit Verkleinerungswirkung (z. B. Rotorblätter weggedreht, obwohl bei gewählter Perspektive frontal sichtbar)	Anschein der Objektgröße durch Formveränderung mit Vergrößerungswirkung (z. B. Rotorblätter frontal, obwohl bei gewählter Perspektive nur seitlich sichtbar)
	des Farbspektrum und der Farbintensität	warme, weiche, satte Farben bzw. helle Farben vor hellem Hintergrund	blasse, monochrome, kalte Farben bzw. dunkle Farben vor hellem Hintergrund
	der umgebenden Objekte	störende Objekte weglassen	störende Objekte hinzufügen

Kategorie	Unterkategorie	Eher positive Wirkung auf Bildattraktivität	Eher negative Wirkung auf Bildattraktivität
Pseudorealismus	Detailgrad/Texturierung	hohe Ausschmückung mit Details, feine Textur	Weglassen von Details, sehr schlichte Texturierung (z. B. schlichter grauer Kubus)
	Lichtverteilung	3D-Effekt durch atmosphärische Lichtverteilung (z. B. durch Raytracing): starker Glanz, Lichtreflexionen, Schatteneffekte	2D-Anmutung durch gleichförmige Einfärbung von Flächen, keine Lichtreflexionen, keine Schatteneffekte; einfache Beleuchtungsmodelle (flat-shading)
Selektive Auswahl	Perspektive	positive Perspektivenselektion: Wahl von Perspektiven, die den Anschein der Objektgröße verringern (z. B. Schrägluftbild) oder Objekt allgemein in günstigerem Licht erscheinen lassen	negative Perspektivenselektion: Wahl von Perspektiven, die den Anschein der Objektgröße erhöhen (z. B. Froschperspektive) oder Objekte allgemein in negativerem Licht erscheinen lassen
	Blickhöhe	sehr hohe Blickhöhe führt zu tendenziell geringerem Anschein der Objektgröße	sehr niedrige Blickhöhe führt zu tendenziell größerem Anschein der Objektgröße (siehe Froschperspektive)
	Bildausschnitt/Format	größerer Bildausschnitt als menschliches Sichtfeld; starkes Breitbildformat	kleinerer Bildausschnitt als menschliches Sichtfeld; Hochformat
	Brennweite (Tiefenstaffelung bei fixiertem Aufnahmeformat)	Anschein der Objektgröße durch kleinere Brennweite verringern, Bildausschnitt vergrößert sich	Anschein der Objektgröße durch größere Brennweite erhöhen, Bildausschnitt verkleinert sich
	Verdeckung	Anschein der Objektgröße durch Perspektiven verringern, die Objekte teilweise verdecken; Anschein der Objektgröße verringern durch Abbildung bei bestimmten Jahreszeiten mit hoher Vegetationsdichte	Anschein der Objektgröße durch Perspektiven erhöhen, die Objekte frei, d. h. ohne Verdeckung, darstellen; Anschein der Objektgröße erhöhen durch Abbildung bei bestimmten Jahreszeiten mit niedriger Vegetationsdichte
Visuelle Inszenierung	Sekundäre Objekte	Integration (und ggf. Ablenkung) stimmungsvoller Objekte (z. B. lachende Menschen)	Weglassen jeglicher sekundärer Objekte (kalte, distanzierte Anmutung)
	Lichtstimmung	positiv konnotierte atmosphärische Stimmung: z. B. Sonnenaufgang, Abendrot	negativ konnotierte atmosphärische Stimmung: z. B. »Schmuddelwetter« (Grautöne)

Tabelle 1 – Techniken der Beeinflussung der Bildattraktivität. (Quelle: Bauprojekte Visualisieren, Schriftenreihe der BW Stiftung)

Ausrüstung für die Umsetzung



- VR-Brille (alle gängigen Modelle sind geeignet) oder 3D-Display oder Powerwall
- 3D-Game-Engine (Unity, Unreal). Um BIM in einer Game-Engine zu visualisieren, müssen die Dateien manuell aus der BIM-Software (z. B. Revit oder Archicad) in gängige 3D-Formate konvertiert werden (z. B. .FBX oder .COLLADA)
- BIM Echtzeit-Visualisierungs-Software (z. B. Unity Reflect oder Unreal Twinmotion). Solche Lösungen führen die Konvertierung der BIM-Modelle automatisch aus
- XR Visualizer
- Cloud-Lösungen: The Wild, VREX

4.5 Virtuelles Lernen und Lehren

Eine der größten Herausforderungen der Medizin ist eine schnelle und korrekte Diagnosestellung. Insbesondere in der Rheumatologie ist dies angesichts verschiedener rheumatologischer Erkrankungen mitentscheidend für ein gutes Therapieansprechen. Denn viele Patienten müssen lange auf eine Erstdiagnose warten. Gründe hierfür sind sowohl der herrschende Versorgungsengpass als auch die Limitationen durch vorhandene Bildgebungsverfahren. Dieses Problem wird durch die sinkende Anzahl internistischer Rheumatologen bei gleichzeitig steigendem Bedarf bei rheumatologischen Erkrankungen perspektivisch weiter anwachsen.

Das Pharmaunternehmen Lilly Deutschland führt daher seit 2017 ein Kooperationsprojekt mit den Rheumatologen der Universitätsklinik Erlangen durch. Gemeinsam mit der Medizinischen Klinik 3, Immunologie und Rheumatologie entwickelte die Lilly Deutschland GmbH das VR-Konzept als medizindidaktischen Ansatz für die Lehre. Das Ziel: Die Ausbildung zu optimieren und die Bildgebung in einer neuen Dimension zu vermitteln, um das studentische Interesse am Fachgebiet Rheumatologie zu steigern.¹⁶

Aus diesem Projekt ist die VR-Anwendung Rheumality entstanden. Anwender können im virtuellen Raum realitätsnahe Knochenmodelle in 3D betrachten und dadurch ein erweitertes Verständnis charakteristischer Pathologien von rheumatischen Erkrankungen entwickeln. Für die Anwendung wurden zweidimensionale hochauflösende Computertomographiedaten von Finger- und Handgelenken genutzt, um dreidimensionale Knochenmodelle zu erstellen.

Durch eine stetige Weiterentwicklung der Inhalte sowie mit einem didaktischen Lehrkonzept, das von Experten entwickelt wurde, wird die Anwendung derzeit in der rheumatologischen Lehre verschiedener Universitätskliniken in Deutschland erfolgreich eingesetzt. Ausschlaggebend für diesen Erfolg sind zwei Kernaspekte:

1. Eine Aufwertung der Bildgebung durch eine innovative Visualisierung der bislang traditionell verwendeten Computertomographien. Herkömmliche zweidimensionale Schichtdaten werden in dreidimensionale Bilder übertragen und erlauben dadurch eine plastische Darstellung der Knochenveränderungen und eine immersive und interaktive Nutzererfahrung. Therapieverläufe werden dadurch verständlicher und greifbarer.
2. Der Co-Creation Ansatz zwischen der Medizinischen Klinik 3, Immunologie und Rheumatologie der Universität Erlangen und der Lilly Deutschland GmbH ist ein Kooperationsansatz zweier gleichberechtigter innovativer Partner auf Augenhöhe. Die Zusammenführung medizinischer Kompetenz und moderner digitaler Technologien ermöglicht die Entwicklung wegweisender neuer Ausbildungskonzepte.

¹⁶ Vgl. Knitza, Johannes et al. »Positionspapier der Kommission Digitale Rheumatologie der Deutschen Gesellschaft für Rheumatologie e.V.: Aufgaben, Ziele und Perspektiven für eine moderne Rheumatologie.« Zeitschrift für Rheumatologie 79 (2020): 562 – 569. Sowie: Kleyer, Arnd et al.: »Virtuelle Rheumatologie. Ein neues Lehrkonzept für die Rheumatologie der Zukunft?« Zeitschrift für Rheumatologie 78 (2019): 112 – 115.

Die Innovationskraft der jungen Ärzte der Universitätsklinik Erlangen und die Nutzung universitärer Netzwerke erlaubt schließlich die Expansion solcher Konzepte über ganz Deutschland hinweg.

Erste Auswertungen zeigen, dass diese neue Dimension der rheumatologischen Lehre durch Virtual Reality eine Ergänzung des didaktischen Ansatzes an Universitäten darstellt und positiv wahrgenommen wird.¹⁷



Abbildung 10 – Begrüßungsszene in der VR-Anwendung Rheumality der Lilly Deutschland GmbH. Hier können drei virtuelle Patienten mit rheumatoider Arthritis und Psoriasis-Arthritis ausgewählt werden.



Abbildung 11 – Die Benutzer können die Röntgenbilder dieser Patienten auf pathologische arthritische Veränderungen beurteilen ...

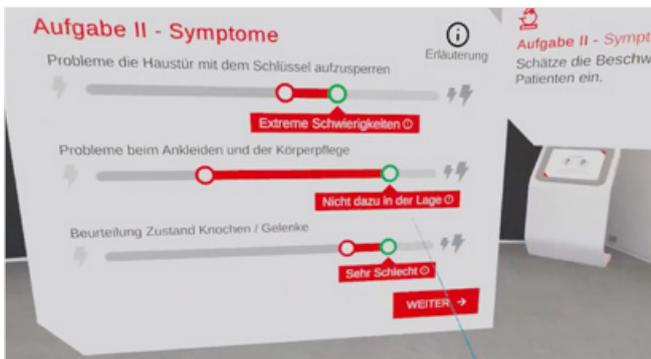


Abbildung 12 – ... und die Krankheitslast der Patienten einschätzen.



Abbildung 13 – Die Immersionsfähigkeit der 3D-Visualisierung der Arthritis-Gelenkte ermöglicht eine vertiefte Untersuchung spezifischer krankheitsbedingter Veränderungen.

Angesichts der durchweg positiven Erfahrungen entwickelt die Lilly Deutschland GmbH nun auch eine mobile App-Anwendung auf Basis der Augmented-Reality-Technologie: Rheumality GO!. Mit der AR-Erweiterung sucht Lilly den Austausch mit Rheumatologen, Rheumatologische Fachassistenten (RFA) und Patienten, um zu prüfen, wie AR eingesetzt bzw. optimiert werden kann, um den Versorgungsalltag und die Arzt-Patienten-Kommunikation nachhaltig zu verbessern.

¹⁷ Kleyer, Arnd et al.: »Virtuelle Rheumatologie. Ein neues Lehrkonzept für die Rheumatologie der Zukunft?« Zeitschrift für Rheumatologie 78 (2019): 112 – 115.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Die Integration der virtuellen Realität öffnet einen neuen Weg in der rheumatologischen Aus- und Weiterbildung von Studenten und Ärzten und ist ein Beispiel für die wachsende Digitalisierung in der Medizin. Ebenso könnte die Arzt-Patienten-Kommunikation künftig um eine weitere Komponente bei der Aufklärung über rheumatische Erkrankungen ergänzt werden.

Mithilfe von Augmented-Reality könnten diese Inhalte zukünftig noch einfacher erlebbar und einer breiteren Anwendergruppe zur Verfügung gestellt werden. Der aufwendige Transport und Aufbau des VR-Equipments werden dadurch überflüssig.

Ausrüstung für die Umsetzung



- VR-Brille (idealerweise HTC Vive oder Vive Pro). Andere Nutzer können AR-Stream über Laptop-Bildschirm mitverfolgen
- Gaming-Laptop mit dedizierter Grafikkarte, z. B. Nvidia GeForce 2060 GTX und neuer
- Lizenz für Windows 10
- Installierte Steam-Engine

4.6 AR/VR zur erweiterten Visualisierung eines Produktes

Oft ist es von zentraler Bedeutung für den Erfolg eines Produktes, es den Kunden bereits präsentieren zu können, bevor die Serienfertigung gestartet ist. Die klassische Herangehensweise an einen solchen Produkt-Demonstrator ist, ein sogenanntes Mock-up des Produkts zu bauen. Also ein Objekt, welches in Teilen oder vollständig so aussieht wie das fertige Produkt, sodass durch visuelles und eventuell auch haptisches Feedback ein Eindruck vom finalen Produkt erzeugt werden kann.



Diese Teile sind oft extrem teuer in der Anfertigung und können meist nicht alle Funktionen und Design-elemente des finalen Produktes aufzeigen. Bei vielen größeren oder lange im Voraus zu planenden Produkten kann auch nur ein Teil des finalen Produktes aus Kostengründen gebaut werden.

Abbildung 14 – Mock-Up eines Teils des Hyperloop Zuges von Hardt Hyperloop.

Hier kommt der Vorteil von AR und VR zum Tragen, dass zur Zeit der Produktpräsentation in den überwiegenden Fällen durch die Designabteilung schon ein 3D-Modell mit allen Eigenschaften des zukünftigen realen Produktes besteht. Dieses Modell kann auf zwei verschiedene Arten verwendet werden:

1. VR-Produktpräsentation: In einer eigens dafür erstellten virtuellen Umgebung kann der »digitale Zwilling« des Produktes in allen seinen Facetten dargestellt werden. So können die vielen verschiedenen Varianten des Produktes beliebig oft angeschaut und auch in Real-Time verändert werden (zum Beispiel Farbe, Konfiguration etc.). Auch Multiplayer-Modi, in denen sich mehrere Betrachter das Produkt in derselben VR-Umgebung anschauen, sind keine Seltenheit mehr. Außerdem ist es möglich, diese VR-Produktpräsentationen, wie beispielsweise in einem Auto-Konfigurator, webbasiert anzubieten.
2. AR-Produktpräsentation: Hier ist die Einbindung der realen Welt von Vorteil für die Produktpräsentation. Wie am Beispiel der Booth für Hardt Hyperloop zu sehen, kann ein Teil des Produktes als Mock-up erstellt werden (dies ist aber nicht zwingend notwendig) und dann mit seinem digitalen Zwilling zusammen dem Kunden vorgestellt werden. Vorteile sind hier die deutlich geringeren Kosten für ein kleineres reelles Mock-up und die Möglichkeit, auch größere Produkte auf einer kleinen Messefläche durch eine digitale Erweiterung des Standes zu zeigen.



Von zentralem Vorteil bei einer virtuellen Produktpräsentation sind die quasi unendlichen Anpassungsmöglichkeiten, die sich in einer virtuellen Welt ergeben. In VR kann die komplette Umgebung, in der das Produkt präsentiert wird, genauestens an die Kundenvorstellungen angepasst werden.

Abbildung 15 – Virtuelle Erweiterung des realen Mock-ups mit AR (MS HoloLens 2).

In AR kann man das Produkt sogar bei Kunden On-site an dem Ort präsentieren, für den es in der Zukunft vorgesehen ist. Das virtuelle Produkt kann zusätzlich auch noch während der Präsentation an die Kundenwünsche angepasst werden und bei einer entsprechenden Anbindung an CRM-Systeme dann gleich auch mit dieser Ausstattung in Auftrag gegeben werden. All diese Vorteile werden umso interessanter, da heutzutage dreidimensionale Produktdaten oft aus der Fertigung oder aus dem Designprozess heraus schon verfügbar sind und mit entsprechenden Anpassungen direkt übernommen werden können.

Ausrüstung für die Umsetzung



- Für den Messestand: Microsoft HoloLens 2
- Für VR-Produktpräsentationen: VR-Headset

4.7 Virtuelle Schaufensterpuppen, Avatare, Smart Mirror und virtuelle Verkäufer für den Handel

4.7.1 AR & VR im Fashion-Handel: Virtuelle Mannequins und smarte Spiegel

Ausgangspunkt des Anwendungsfalls für den Fashion-Handel war zunächst die Idee einer virtuellen Schaufensterpuppe. Daraus wurde das Konzept eines maßgeschneiderten dreidimensionalen Avatars als Abbild des Kunden entwickelt, der innerhalb realer und virtueller Shops agieren kann.

Ein solcher holografischer Avatar zur Anprobe virtueller Kleidungsstücke kann über eine Augmented-Reality-Brille, beispielsweise Microsofts HoloLens, betrachtet werden, wobei dann der Avatar im Raum steht, als stünde eine tatsächliche Person vor dem Betrachter im Verkaufsraum. Oder man setzt sich ein Virtual-Reality-Headset auf und taucht in einen virtuellen Verkaufsraum in einer ansprechenden Umgebung ein. In beiden Varianten ist es möglich, dem Avatar unterschiedliche Kleidungsstücke anzuziehen.



Abbildung 16 – Screenshots der virtuellen Schaufensterpuppe. Links VR-App; rechts AR-App auf der HoloLens. (Screenshots: SALT Solutions)

Um mit einem solchen Avatar einen Mehrwert für Kunden zu generieren, ist es notwendig, diesen an den Kunden anzupassen. Somit können Kunden in Zukunft vermeiden, große Mengen an Kleidungsstücken umständlich in Umkleidekabinen anzuprobieren. Stattdessen können sie – bequem vom Sofa aus – ihre virtuellen Ebenbilder mit den angebotenen Kleidungsstücken ausstatten. Das hilft ihnen, eine Vorauswahl derjenigen Kleidungsstücke zu treffen, die sie tatsächlich ausprobieren möchten.

Um Avatare »maßschneidern« zu können, bieten die Genesis-8-Figuren der Firma DAZ die Grundlage. Es handelt sich dabei um eine Anwendung, die es ermöglicht, Avatare/Charaktere auszuwählen, zu modifizieren und mit anderen Charakteren zu mischen. So können eigene einzigartige Avatare geschaffen werden. Dieser Prozess wird durch eine riesige Inhaltsbibliothek unterstützt, mit der Kleidungsstücke erstellt werden können, die sich dynamisch an die Avatare anpassen. Ein globales Netzwerk aus tausenden 3D-Artists kreiert ständig neue 3D-Inhalte.

Die Erstellung eigener 3D-Avatar-Kleidung ist durch den Einsatz von spezieller Software möglich, aber aufwendig. Hier stellt sich die Frage, wer im Wertschöpfungsprozess die Kreation derartiger virtueller/digitaler Kleidung übernimmt. Interessanterweise zeigt sich dabei, dass sich die Erstellung der virtuellen und der echten Kleidungsstücke im digitalen Prozess sehr ähnelt. Zukünftig können also die Designer bei der Kreation echter Kleidungsstücke virtuelle Kleidungsstücke quasi als Nebenprodukt miterzeugen.

Ein solcher Avatar kann über AR/VR hinaus beispielsweise als virtuelles Mannequin agieren, indem er auf einem Großbildschirm im Geschäft als lebensgroße Projektion Kleidung präsentiert. Interessant wird die Mischung virtueller Mannequins mit den Kameraaufnahmen realer Menschen: Ein solches Einsatzszenario wird durch sogenannte »Smart Mirrors« bereits erprobt.

Durch die Integration weiterer Technologien (insbesondere Chatbots, Spracherkennung und Künstlicher Intelligenz) in die virtuelle Schaufensterpuppe ist es möglich, die Vision einer virtuellen Shop Assistentin EMMA (Elektronische MultiMediale Assistentin) zu verwirklichen: Eine animierte und anpassbare 3D-Figur, die für verschiedenste Anwendungszwecke bereitsteht. Sie versteht gesprochenen Text, kann selbst sprechen und verfügt über die (allerdings noch recht rudimentäre) Fähigkeit, Emotionen auszudrücken.

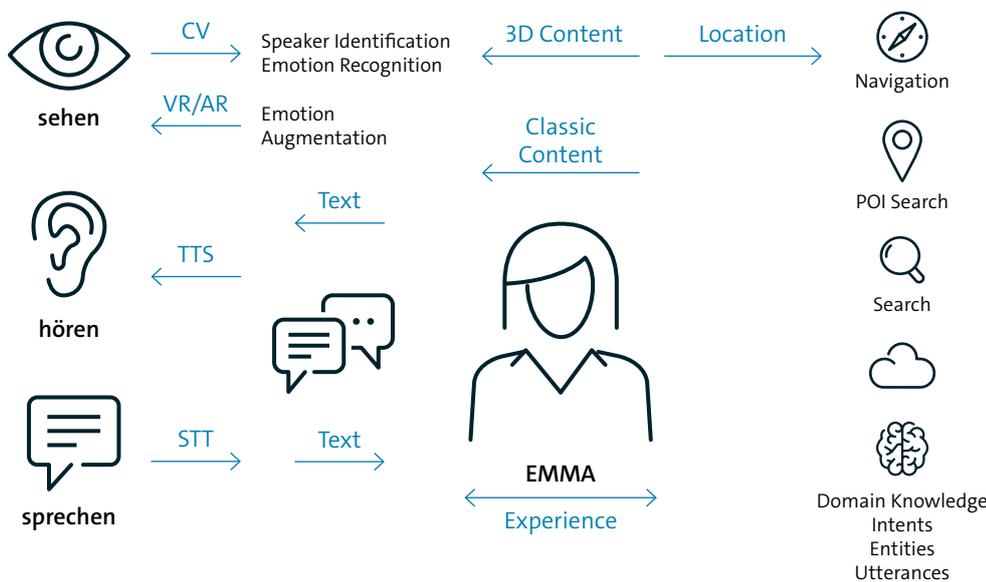


Abbildung 17 – Technologien für die Elektronische MultiMediale Assistentin EMMA.

Durch den Einsatz dieser Technologien wird aus einem passiven virtuellen Mannequin eine interaktive virtuelle Verkäuferin. Im Zentrum der Technologie wird hier die von den Smartphones bekannte Chatbot-Funktionalität in Verbindung mit Spracherkennung (Speech To Text: STT) und Sprachausgabe (Text To Speech: TTS) verwendet und an die Backend-Systeme des Händlers angeschlossen (Warenwirtschaftssysteme bzw. Webshops).

Auf diese Weise kann EMMA dazu verwendet werden, die Waren auf eine sehr immersive Art und Weise zu präsentieren – insbesondere dann, wenn einzigartige Erlebnisse den Kunden beim Shopping im realen Shop in der Innenstadt oder auch auf der Couch im heimischen Wohnzimmer über die gesamte Customer-Journey begleiten.

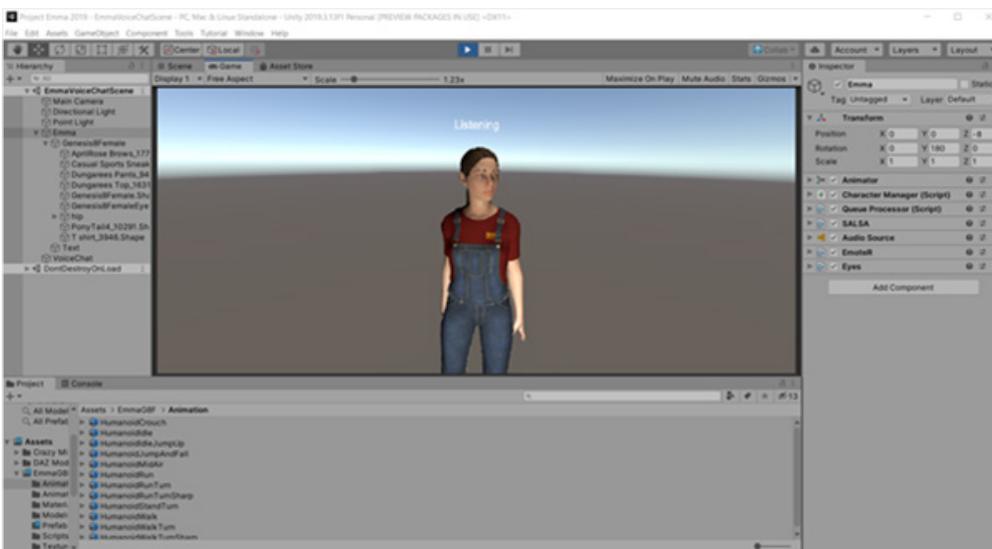


Abbildung 18 – EMMA im Unity-Editor, hier als Logistik-Assistentin. (Screenshot: SALT Solutions)

4.7.2 Virtuelle Shoppingwelten: Outdoor-Shopping im Wald

Als Beispiel dafür, wie sich eine Shopping-Experience in der virtuellen Realität anfühlt, wurde in Unity3D ein Prototyp für einen VR-Shop mit Outdoor-Artikeln gebaut. Das Ziel bestand darin, Outdoor-Artikel in einer »natürlichen« Camping-Umgebung in der virtuellen Realität zu präsentieren. Dabei kamen für die Gestaltung dieser Umgebung High-End-Assets aus der Gaming-Branche zum Einsatz.



Abbildung 19 – Ein möglichst naturgetreuer Outdoor-Store in der Virtuellen Realität, gestaltet mit Assets aus Unitys »Book of Dead«.



Abbildung 20 – Details machen den Unterschied: Ein Blick in dem »Himmel« zeigt fliegende Vögel.

Als große Herausforderung stellte sich heraus, optimierte »natürliche« Bedienkonzepte in der virtuellen Realität zu finden.



Abbildung 21 – Selbsterklärende Bedienung der VR-Hardware ist eine Herausforderung.

Das Hauptproblem besteht darin, dass in VR alles mit den Controllern der entsprechenden Hardware bedient werden muss. Hier hat sich zum derzeitigen Zeitpunkt noch keine abschließende Standardisierung durchgesetzt. Man kann daher nicht davon ausgehen, dass die breite Masse der potenziellen Nutzer eine VR-Anwendung intuitiv richtig bedient. Der derzeitige Stand der Controller-Technik bedingt, dass sich in VR alles so anfühlt, als ob man es mit Esstättchen anfassen würde. Erschwerend kommt noch dazu, dass der Nutzer durch die geschlossene VR-Brille seine Hände nicht sehen kann. Hier besteht noch viel Forschungsbedarf, wie man einfache und möglichst intuitive Bedienkonzepte und einführende Tutorials gestalten muss, um nicht gleich zu Beginn des VR-Erlebnisses Frust aufkommen zu lassen.

Ein weiteres zu lösendes Problem besteht in der Beschränktheit des Raumes, der für VR zur Verfügung steht. Obwohl die VR-Brille die Illusion erzeugt, der Nutzer stünde in einer nach allen Seiten offenen Welt, ist er ja in der Realität oft in einem sehr begrenzten Raum. Hier sind intelligente Konzepte für jeden Einzelfall gefragt.



Abbildung 22 – Umsetzung eines Teleport-Konzepts.

Als – zumindest konzeptionell – weniger problematisch erwies sich die Präsentation der Produkte in der virtuellen Realität. Verfügt man einmal über entsprechende 3D-Modelle der Produkte, so lässt sich hier mit den Möglichkeiten der Spiele-Engines sehr viel kreatives Potenzial erschließen.



Abbildung 23 – Produktpräsentation in 3D.

Interaktion ist dabei der Schlüssel – in VR lassen sich manche Produkteigenschaften durch Scripting sehr realitätsnah umsetzen. In diesem Outdoor-Store war es möglich, einen Gaskocher tatsächlich mit einem Feuerzeug in Betrieb zu nehmen. Hier sind der Fantasie nur durch den Skripting-Aufwand Grenzen gesetzt.



Abbildung 24 – Interaktive Produktpräsentation – Potenzial für interaktive Bedienungsanleitungen.

Neben integrierten Produktkonfiguratoren ist es denkbar, auch Aufbau- und Bedienungsanleitungen auf ein völlig neues Niveau zu bringen.

Auch bei einer möglichst originellen Abbildung des Warenkorb-Workflows sind im virtuellen Store der Fantasie kaum Grenzen gesetzt. Im Beispiel der »natürlichen« Camping-Umgebung für das Outdoor-Shoppint wurde entschieden, einen Geländewagen zu verwenden, dessen Kofferraum als Warenkorb dient. Die ausgewählten Produkte werden zum Warenkorb hinzugefügt, indem man sie in den Kofferraum stellt oder wirft. Schließt man den Kofferraum, beginnt der Checkout-Prozess.



Abbildung 25 – Originelle Abbildung des Warenkorb-Workflows in VR.

Es gibt eine weitere Herausforderung speziell für Cross-Channel-Händler, die sich mit VR lösen lässt: das Problem, Kunden im stationären Handel auf Online-Zusatzsortimente hinzuweisen. Ziel dabei ist, beide Vertriebskanäle erfolgreich zu verknüpfen, den stationären Handel weiterhin zu stärken und Sortimente, die im Onlineshop erfolgreich verkauft werden, innerhalb des stationären Handels zu integrieren.

Die Problemstellung, die hier adressiert wird, entspringt dem Platzmangel in Filialgeschäften vieler Händler. Einerseits sind die angebotenen Produkte teilweise ungeeignet für eine Präsentation im Ladengeschäft (beispielsweise große Möbel), andererseits spiegelt das Ladengeschäft nicht die typischen Einsatzgebiete der Produkte wider.

4.7.3 VR im stationären Einzelhandel

Tchibo bietet mit dem »Jede Woche eine neue Welt«-Konzept interessante Anknüpfungspunkte. Zusammen mit Tchibo hat SALT Solutions das Thema »Einraumwohnung« ausgewählt und virtuell umgesetzt. Das Ergebnis war eine virtuelle Wohnung, die mit aktuellen Tchibo-Produkten ausgestattet war und über eine VR-Brille sowie einen großen Bildschirm in einer Hamburger Filiale erlebt werden konnte.

In einer echten Tchibo-Filiale konnten sich Kunden ein Virtual-Reality-Headset aufsetzen und bekamen zwei Controller in die Hände. Hob der Kunde einen Controller vor seine Augen, sah er durch das Display des Headsets eine virtuelle Hand. Über einen Knopf am Controller war es möglich, mit der virtuellen Hand zu greifen. So konnte der Kunde in der virtuellen Wohnung

Gegenstände greifen, anschauen und manipulieren. Eine weitere Taste ließ eine Linie gerade aus der Hand heraus erscheinen. Richteten Kunden diese Linie auf ein Produkt in der digitalen Wohnung, wurden sie direkt vor das Produkt teleportiert. Auf diese Weise gestaltete sich die Bewegung durch die virtuelle Wohnung. Diese Art der Bewegung wurde ausgewählt, da sie die sogenannte »Motion Sickness« reduziert. Das ist eine Übelkeit, die in VR dadurch hervorgerufen wird, dass das Gehirn zwar durch die Augen mitbekommt, dass der Nutzer sich bewegt, vom Rest des Körpers aber gegenteilige Signale bekommt.



Abbildung 26 – Virtuelle Tchibo-Wohnung.

Eine weitere Herausforderung war, dass nicht alle Objekte in der virtuellen Wohnung kaufbar waren. Um eine glaubhafte Illusion einer Wohnung zu erzeugen, muss diese mit weiteren Objekten wie beispielsweise Blumen, Küchenzubehör und Schränken ausgestattet sein. Hierfür war es notwendig, die kaufbaren von den dekorativen Objekten optisch zu trennen. Gelöst wurde dieses Problem, indem nur die kaufbaren Objekte farbig dargestellt wurden, während die dekorativen Elemente lediglich weiß waren.

Neben der Darstellung der Produkte in ihrem natürlichen Einsatzgebiet ist ein weiterer Vorteil der virtuellen Wohnung, dass Produkte ausprobiert werden können. Dieser spielerische Ansatz wurde an einer Kaffeemaschine erprobt. Die Kunden konnten mit ihren virtuellen Händen die Kaffeemaschine auseinandernehmen – so, wie sie es mit dem richtigen Produkt zur Reinigung machen würden. Darüber hinaus konnten die Kunden sogar ausprobieren, wie man mit einer solchen kapselbasierten Maschine einen Kaffee zubereiten würde. Dies erforderte es, in VR maßgeschneiderte Interaktionen mit den einzelnen Produkten zu entwickeln, die sich mit den Controllern realisieren ließen.

Ausrüstung für die Umsetzung



- AR-Brille (HoloLens), VR-Brille (Windows Mixed Reality)
- Unity3D und Mixed Reality Toolkit
- Microsoft Azure Spatial Anchors und Cognitive Services

4.8 Wie Augmented Reality (AR) Bahnreisenden eine bessere Orientierung am Gleis ermöglicht

Augmented Reality (AR), die »erweiterte Realität«, ermöglicht es, die reale Welt mit digitalen Zusatzinformationen anzureichern. Diese digitale Erweiterung der Realität kann in vielen Situationen eine Erleichterung darstellen. Für Bahnreisende kann sie beispielsweise an unbekanntem Orten eine intuitive Orientierungshilfe bieten. Die Suche nach dem richtigen Wagen am Gleis, der Weg zum nächsten Taxi-Stand oder der schnellste Weg zum Anschlusszug kann durch AR erleichtert werden, denn durch AR wird das Unbekannte sichtbar.

4.8.1 Use Case: AR unterstützt die Orientierung am Gleis

Die Deutsche Bahn hat die Potenziale von AR untersucht und auf die Bedürfnisse ihrer Kunden übertragen. Als ein zentrales Ergebnis zeigt sich, dass Bahnreisende durch die Nutzung der Technologie sowohl von hilfreichen Informationen zum Reiseverlauf als auch einer intuitiven Orientierungshilfe profitieren können. Ein besonders relevantes Szenario ist die kurzfristige Änderung des Abfahrtsgleises oder die Änderung der Wagenreihung eines Zuges. Die Reisenden müssen sich innerhalb kurzer Zeit an einem ihnen oftmals unbekanntem Ort neu orientieren. Dies führt nicht selten zu Unsicherheit und Frustration. Mithilfe einer AR-Anwendung wird der Bahnreisende durch die Einblendung weiterführender, individueller Informationen informiert und zielgerichtet an für ihn neuen Orten gelenkt.

Um den besten und kundenfreundlichsten Ansatz zu ermitteln, wurden zusammen mit einem Entwicklerteam der DB System zwei Szenarien, die direkt über das Smartphone genutzt werden können, erprobt:

1. Beim Scannen des Gleisabschnittswürfels (siehe Abbildung 27) mit der Smartphone-Kamera werden Informationen zum einfahrenden Zug und zur Wagenreihung direkt auf dem Bildschirm des Smartphones angezeigt. Bei dem Gleisabschnittswürfel handelt es sich um Schilder mit Buchstaben, die das Gleis zur besseren Orientierung der Reisenden in Abschnitte unterteilen. Mit diesem Ansatz können wichtige Reiseinformationen live und aktuell angezeigt werden. Steht der Reisende im richtigen Gleisabschnitt?
2. Im zweiten Szenario wird der Zug virtuell und noch vor der eigentlichen Ankunft eingeblendet (siehe Abbildung 28). Durch die Darstellung eines virtuellen Zuges können Reisende entspannt zur erwarteten Position des Wagens laufen, in dem eine Sitzplatzreservierung gebucht wurde. Darüber hinaus werden dadurch der Einstiegsvorgang optimiert und somit Verspätungen verhindert.

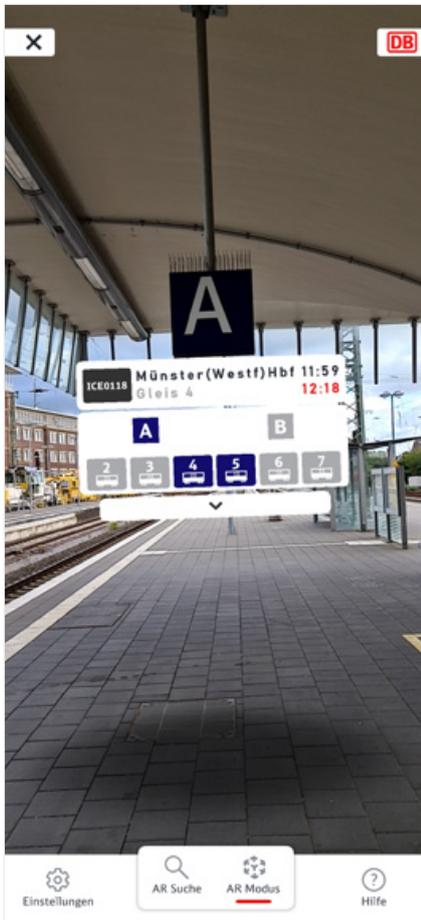


Abbildung 27 – Ergebnisse eines DB-Proof-of-Concepts zur Orientierung am Gleis anhand virtueller Wagenstandsanzeige ...

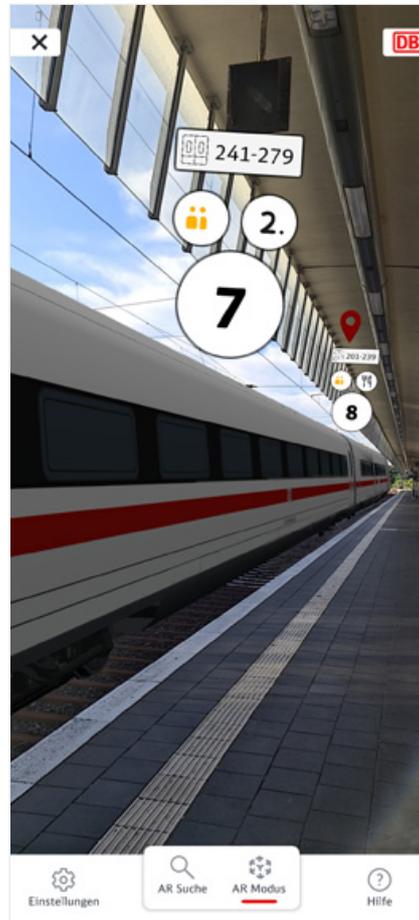


Abbildung 28 – ... und Einblendung des Zuges.

Im Folgenden wird gezeigt, wie beim Erproben eines ersten AR-Use-Cases vorgegangen wurde.

4.8.2 Vom Use Case zum Proof of Concept

Um die Kundenbedürfnisse bestmöglich zu verstehen und in das Endprodukt einfließen zu lassen, wurde die Umsetzung des Use Cases von intensiven Marktforschungen begleitet. Das Ziel war es, zu erfragen, welche Services die Kunden erwarten und wie sie diese bewerten. Die Ergebnisse der Befragung wurden im Anschluss in der Entwicklung berücksichtigt.

Parallel zur Befragung fand eine permanente Marktbeobachtung statt. Dabei wurden aktuelle technische Marktentwicklungen und Meilensteine analysiert, um so mögliche Kooperationspartner für die Umsetzung identifizieren zu können. Einige Unternehmen haben bereits Erfahrungen in der Entwicklung spezifischer AR-Lösungen gesammelt, sodass deren Erkenntnisse, insbesondere im Hinblick auf die User Experience und Design-Faktoren, in die Umsetzung einfließen konnten.

4.8.3 Die Herausforderung: Wie werden Objekte mit AR im Raum platziert?

Eine wesentliche Herausforderung bei der Umsetzung des Use Cases war die exakte Positionierung und Einblendung sehr großer Objekte im Raum bzw. im Kamerabild. Eine Anforderung ist es, den Zug parallel zu der Bahnsteigkante auszurichten und somit möglichst realitätsgetreu auf dem Smartphone einzublenden. Zudem ist es erforderlich, dass der virtuelle Zug an der richtigen Position am Bahnsteig angezeigt wird, sodass Reisende die genaue Position ihres Wagens im Vorfeld sehen können und mit Einfahrt des realen Zuges nicht noch weiter zum Wagen laufen müssen.

Für diese Anforderungen wurden drei unterschiedliche technologische Ansätze getestet: Object Targets, Image Targets und 3D-Maps & Anchors.

4.8.4 Object Targets: Einblendung eines virtuellen Zuges

Die AR-Anwendung kann an das Erkennen von komplexen dreidimensionalen Objekten geknüpft werden. Im Rahmen des Proof of Concepts wurde das Modell eines Prellbocks verwendet. Prellböcke stehen bei sogenannten Kopfbahnhöfen am Anfang eines Gleises. Ihre konkreten Maße sind bekannt, sodass nach Erkennen eines Prellbocks ein ICE positionsgenau eingeblendet werden kann. Hierzu muss das Modell zur Objekterkennung einmalig für die AR-Anwendung auf die Äußerlichkeiten des zu erkennenden Prellbocks trainiert werden. Hiermit ist gemeint, dass markante Punkte an dem Prellbock (Object Target) vom Gerät, beispielsweise der Smartphone-Kamera, erkannt werden, woraufhin automatisch ein Suchalgorithmus startet. Das »Training« besteht nun zum Beispiel darin, dass »gelernt« werden muss, das Objekt aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu erkennen, damit der virtuelle Zug entsprechend der Position des Smartphones eingeblendet werden kann.

4.8.5 Image Targets: Erweiterung der Informationsanzeige

Eine größere Herausforderung besteht, wenn keine hinreichend großen und komplexen Objekte zum Start der AR-Experience vorliegen. Dies ist beispielsweise an Durchgangsbahnhöfen der Fall, an denen es keine Prellböcke gibt. In unserem Anwendungsfall haben wir daher das »normale« Verhalten Reisender nachgebildet: die Orientierung über die Gleisabschnittswürfel. Hierzu wurde ein Modell entwickelt, das die Gleisabschnittswürfel erkennt und anhand markanter Punkte auf den Gleisabschnittswürfeln die Position im Raum interpretiert. Im Gegensatz zu komplexen Objekten kann durch solche zweidimensionalen Image Targets jedoch keine hinreichende »Six Degrees of Freedom«-Position (6DoF-Position) im Raum bestimmt werden. Mit der 6DoF-Position wird bestimmt, wo genau sich ein Smartphone im Raum befindet und wohin es ausgerichtet ist. Diese Information ist notwendig, um – wie beim Beispiel der Object Targets – den virtuellen Zug passgenau an der Bahnsteigkante zu positionieren, ohne dass dieser möglicherweise von den Winkeln leicht abfällt oder leicht auf den Bahnsteig ausschwenkt.

Somit sind für den Anwendungsfall weitere Bausteine zur Erkennung von Flächen und Kanten notwendig, um Objekte zur Orientierung im Raum positionsgenau einzublenden. Daher konnte in diesem Use Case mithilfe der Image Targets lediglich eine erweiterte Informationsanzeige mit der Wagenreihung eingeblendet werden (siehe Abbildung 27).

4.8.6 3D-Maps & Anchors: Start der AR-Anwendung ohne Scannen eines Bildes / Objekts

Doch nicht überall am Bahnsteig sind markante Referenzobjekte für AR-Lösungen vorhanden. Zudem wäre es angenehmer, wenn der Reisende lediglich durch das Schwenken des Smartphones und nicht erst durch das Scannen eines konkreten und vordefinierten Objektes oder Bildes in eine AR-Experience einsteigen kann. Hierfür wurde eine dritte Technologie für AR getestet: 3D-Maps auf Basis von Anchors. Durch eine Kombination aus globaler Positionsbestimmung über GPS oder beispielsweise WiFi kann bei diesem Ansatz der Use Case zur Orientierung am Gleis auch ohne spezifische Objekt- oder Bildreferenzen umgesetzt werden. Hierzu ist zunächst der Raum dreidimensional zu erfassen, sodass zum Beispiel ein kompletter Bahnsteig als Referenz in einer Punktwolke modelliert wird. Der Kunde muss nur noch sein Smartphone bewegen, sodass die aufgenommenen Bildinformationen mit der vorab erfassten Punktwolke abgeglichen werden und eine exakte Positionierung im Raum in Echtzeit erfolgt. Auf Basis dieser Positionierung wird dem Kunden schließlich nicht nur der virtuelle Zug eingeblendet, es können zudem komplexe Services, wie beispielsweise Indoor-Navigation, zusätzlich angeboten werden.

4.8.7 Datenschutzrechtliche Fragestellung und Bewertung

Je nach technologischem Ansatz entstehen Bild- oder Punktinformationen, die im Rahmen der Datenverarbeitung erhoben werden. Daraus ergeben sich datenschutzrechtliche Fragestellungen, da die Daten auch Informationen zu Personen am Gleis beinhalten könnten. Daher muss für die datenschutzrechtliche Bewertung beispielsweise hinterfragt werden, wo die Services gehostet und wo die Daten gespeichert und verarbeitet werden, aber auch welche Daten verarbeitet und welche Datenschutzmechanismen angewendet werden.

4.8.8 Live-Test am Zukunftsbahnhof Münster

Die Ansätze der Image und Object Targets konnten in einem Live-Test am Zukunftsbahnhof in Münster sowohl auf iOS- als auch auf Android-Geräten erfolgreich mit den Kunden getestet werden. Ein Nachteil bei den beschriebenen Lösungen besteht darin, dass die Nutzer bei den vorgestellten Ansätzen das Smartphone in Augenhöhe halten müssen. Insbesondere bei höherem Menschengedruck am Bahnsteig könnte es zu Irritationen oder sogar Gefährdungssituationen kommen, wenn Menschen auf das Smartphone und nicht auf die Umgebung achten. Diese gilt es softwareseitig zu vermeiden. Zukünftig könnte sich das durch innovative Endgeräte wie smarte Brillen ändern.

Diese Herausforderungen gilt es in der weiteren Entwicklung anzugehen und zu überwinden. Der wesentliche Treiber, die erhöhte Kundenzufriedenheit durch mehr Komfort und die durchweg sehr positiven Rückmeldungen der Reisenden, die die Anwendung getestet haben, legen eine Vertiefung und Erprobung der technologischen Ansätze nahe. Ziel ist es, die Bahnreisenden möglichst zeitnah durch die Bereitstellung von AR-Lösung zu unterstützen, indem das Unbekannte sichtbar gemacht wird.

Ausrüstung für die Umsetzung



- aktuelle Smartphone-Generationen mit iOS- oder Android-Betriebssystem

4.9 Tourismus mit AR: Den richtigen Weg und nicht mehr existierende Gebäude zeigen

In den Städten Soest und Lübeck wird die Geschichte der Stadt mit AR erzählt, wobei Touristen an bestimmten Points of Interest zusätzliche Inhalte abrufen können. Die Nutzer können per AR-View die Umgebung absuchen und sehen, welche Sehenswürdigkeiten es um sie herum gibt. In den Fällen von Soest und Lübeck wurde diese Lösung vom Startup SpotAR umgesetzt, das sich auf digitale Stadtführungen mit AR spezialisiert hat. Verknüpft mit einem Content-Management-System können Inhalte seitens der Stadt selbst nachgepflegt werden, womit die App stets aktuell gehalten werden kann.

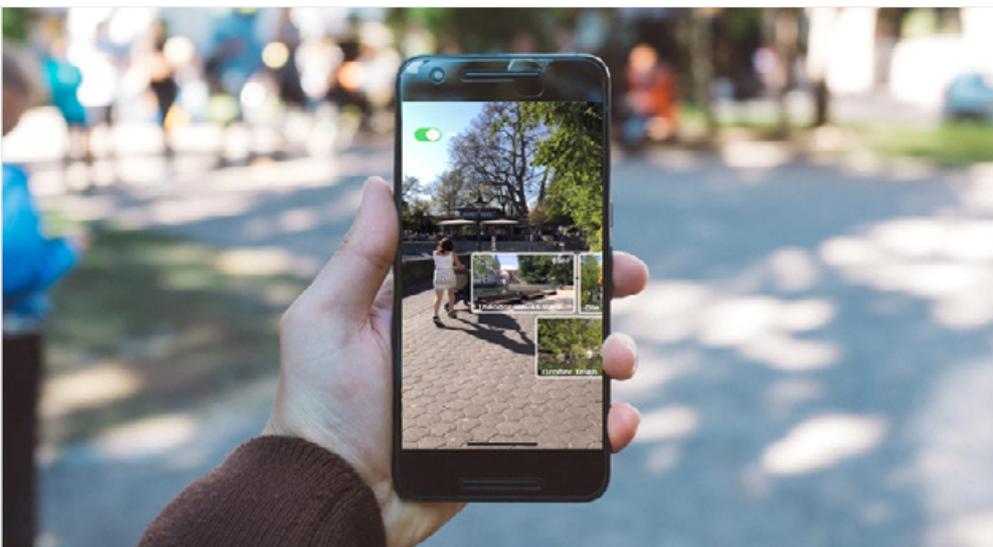


Abbildung 29 – Stadtführung per AR auf dem Smartphone.

Neben der reinen Navigation durch die Stadt bietet die Lösung die Möglichkeit, die Geschichte der Stadt wieder zum Leben zu erwecken, indem 3D-Rekonstruktionen von nicht mehr vorhandenen Gebäuden oder historischen Gebäuden per AR auf dem Smartphonebildschirm im Live-Bild der Umgebung angezeigt werden.

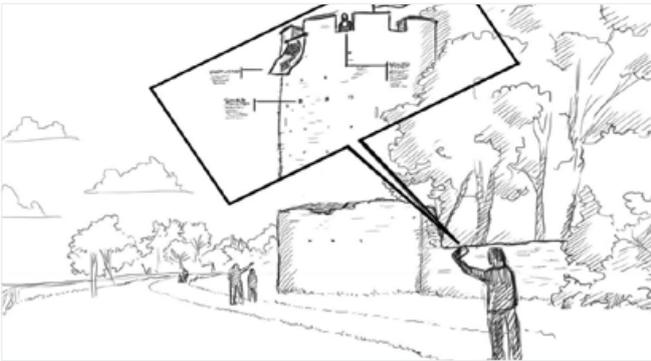


Abbildung 30 – Projektskizze: Nicht mehr existierende Gebäude werden mit AR ins Kamerabild integriert.



Abbildung 31 – Virtueller AR-Turm in der realen Stadtumgebung, Ausschnitt aus [diesem Video](#).

Das Projekt ist im Rahmen der sogenannten [»Digitalen Modellkommune Soest«](#) entstanden und wird im Sommer 2021 fertiggestellt. Dazu werden insgesamt fünf historische Objekte rekonstruiert und erlebbar gemacht.



Abbildung 32 – Während des Stadtspaziergangs werden die nicht mehr existierenden Gebäude am jeweiligen Ort auf dem Display in der realen Umgebung eingeblendet. Ausschnitt aus [diesem Video](#).

Ein weiterer Case entsteht derzeit in Kooperation mit Vodafone Pacesetter. Hierbei handelt es sich um einen 5G-Anwendungsfall, bei dem mit Cloud-Anchors und Cloud-Rendering in der 5G-Edge-Cloud gearbeitet wird. Somit sind hochauflösende und sehr detaillierte Renderings in Echtzeit möglich:



Abbildung 33 – Cloud-Rendern ermöglicht hochauflösende 3D-Objekte auf mobilen Endgeräten in Echtzeit, Ausschnitt aus [diesem Video](#).

Ausrüstung für die Umsetzung



- Smartphone (iOS ab iPhone 6S; Android ab Version 8.1, [siehe Liste](#))
- SpotAR CMS und »App-as-a-Service«-Lösung

4.10 Immersives Home-Entertainment

Virtual Reality und 360°-Videos ermöglichen völlig neue Erlebniswelten im Bereich Home- und Mobile-Entertainment sowie im Bereich E-Learning, Wissens- und Informationsvermittlung. Schon heute werden Veranstaltungen wie Fußball- und Basketballspiele oder Musikkonzerte in 360° ausgestrahlt – die User schauen die Übertragungen live oder on Demand mit einem Smartphone oder – für ein wirklich immersives Erlebnis – mit einem VR-Headset an.

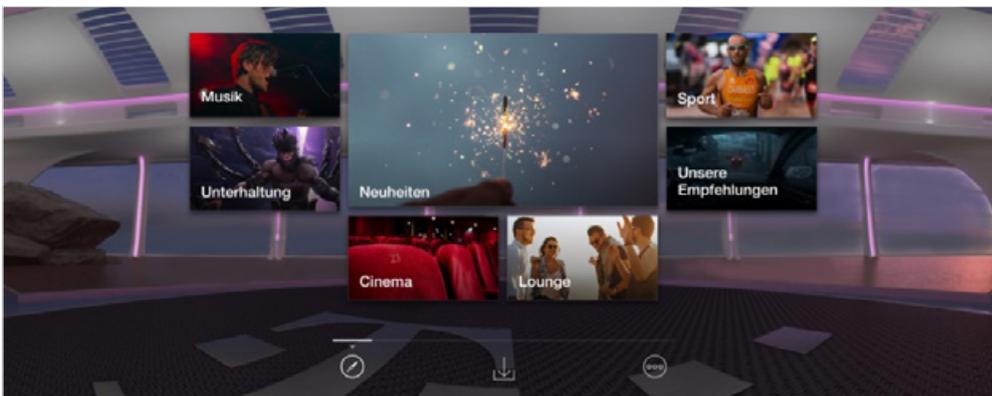


Abbildung 34 – Eintritt in die virtuellen Welten.

Die Deutsche Telekom hat den wachsenden Markt rund um AR und VR bereits früh erkannt und mit Magenta Virtual Reality eine eigene Anwendung etabliert, die kontinuierlich weiterentwickelt wird. Auf dieser interaktiven Streaming-Plattform werden inzwischen über 200 360°- und Virtual-Reality-Videos aus den Bereichen Entertainment, Sport, Musik, Dokumentationen und Reisen angeboten. Die User können die Inhalte der Magenta VR App mit dem Smartphone und mit den meisten gängigen VR-Headsets anschauen. Ausgewählte Musik- und Sportereignisse werden live in der App gestreamt. Alle Inhalte der Mediathek sind für die Nutzer kostenlos verfügbar.

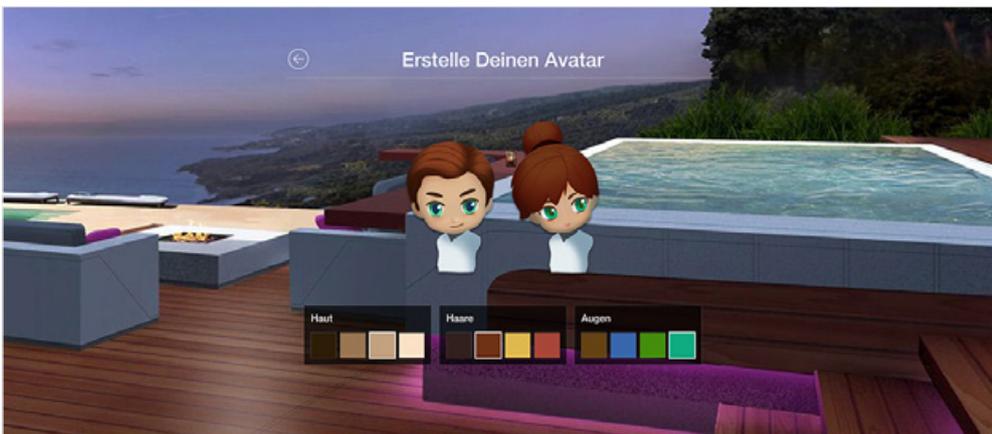


Abbildung 35 – Nutzer können in der VR-Welt ihre eigenen Avatare erstellen.

Als eine der ersten Plattformen bietet Magenta VR außerdem einen Social-VR-Service an – die »Lounge«. Nutzer können sich hier einen eigenen Avatar erstellen, mit dem sie sich in einem virtuellen Raum mit Freunden verabreden, miteinander sprechen oder sich gemeinsam Videos aus der Mediathek ansehen. Mit dem »Cinema« bietet die App einen zweiten virtuellen Raum in Form eines Kinos. Hier können die Nutzer eine Auswahl von 2D-Inhalten genießen oder ihre eigenen Bilder und Videos »auf großer Leinwand« ansehen.

Ausrüstung für die Umsetzung



- VR-Brille auf Basis Oculus-Plattform, Smartphone mit Android oder iOS, zukünftig Focus auf 6DoF-VR-Brillen wie z. B. Oculus Quest
- Internetzugang in Deutschland, optimal mit einer Bandbreite von 16 Mbps oder höher

4.11 Augmented-Reality-basierte immersive Erlebniswelten

Die Deutsche Telekom hat im Rahmen der Einführung des neuen Mobilfunkstandards 5G gemeinsam mit Partnern verschiedene Anwendungsszenarien entwickelt. Diese zeigen die neuen Möglichkeiten von 5G hinsichtlich hoher Datenraten und kurzer Latenzen. Dazu gehören AR-Anwendungen, die der Nutzer interaktiv erleben kann. Das Rendering von AR-Objekten und

deren stabile Positionierung in der Umgebung erfordern komplexe Rechenprozesse und damit hohe Rechenpower. Mit Edge-Computing können Endgeräte entlastet werden, was zusätzlich Überhitzung vorbeugt und den Akku schont, da die Rechenpower in die Cloud am Netzrand verlagert wird. Damit große und komplexe AR-Elemente in Echtzeit auf dem jeweiligen Endgerät angezeigt werden können, ist eine hohe Datenrate nötig, die 5G ermöglicht.

4.11.1 AR-Air Hockey

AR-Air Hockey ist eine mobile Air-Hockey-Simulation in Augmented Reality für das Smartphone. Das Spielfeld wird dabei mittels AR-Technologie in die reale Umgebung projiziert, was ein faszinierendes Spielerlebnis ermöglicht. Die Figuren im Spiel werden über Bewegungen der Spieler in der realen Welt gesteuert.



Abbildung 36 – Gemeinsam virtuell in der realen Umgebung Air-Hockey spielen.

Ziel des Spiels ist es, wie beim analogen Air-Hockey, innerhalb einer vorgegebenen Zeit so viele Pucks im gegnerischen Tor zu versenken wie nur möglich. Der Spieltisch kann dazu überall positioniert werden. Benötigt werden lediglich zwei Smartphones und eine Fläche von 3,5 x 2,5 Metern. Die Bewegungen des Pucks und der Spielfiguren sind zwischen den Geräten sowie in dem optionalen Spectator Mode, einem integrierten Zuschauermodus, mittels 5G-Technologie synchronisiert. Je schneller man sich bewegt, desto härter schießt der Puck auf das gegnerische Tor. 5G ermöglicht sehr geringe Latenzen und Computing an der Edge und stellt so eine flüssige und realistische Bewegung des virtuellen Pucks sicher.

Ausrüstung für die Umsetzung



- Leistungsfähiges 5G/LTE-Smartphone
- Schneller Internetzugang mit geringer Latenz

4.11.2 AR-Basketball

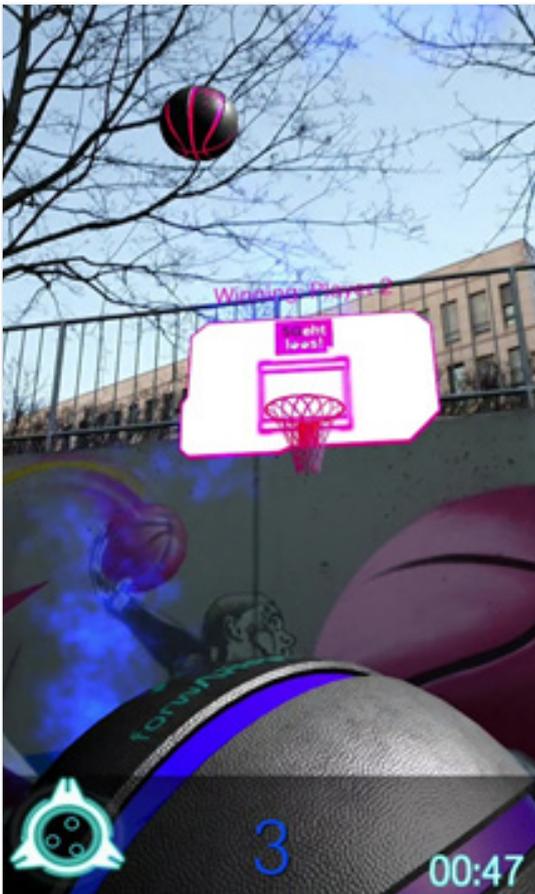


Abbildung 37 – Mit AR vor dem Haus virtuelle Körbe werfen.

AR-Basketball ist eine mobile Basketball-Simulation in Augmented Reality für das Smartphone. Der Korb wird dabei dank AR-Technologie in die reale Umgebung projiziert, sodass ein reales Spielerlebnis geboten wird. Die Bedienung erfolgt durch den Einsatz von Armbewegungen. Ziel des Spiels ist es, innerhalb einer vorgegebenen Zeit so viele Körbe zu treffen wie möglich. Der Spieler mit den meisten Punkten gewinnt. Der Basketballkorb kann dazu überall positioniert werden. Benötigt werden lediglich zwei Smartphones und eine Fläche von 2,5 x 1 Metern. Der Korb erscheint als AR-Objekt in circa vier Metern Entfernung auf 2,5 Metern Höhe. Korb, Würfe und Flugbahn der Bälle sind zwischen den Geräten mittels 5G-Technologie synchronisiert, sodass alle Spieler auf ihrem Smartphone sehen können, wie die anderen Spieler werfen.

Geworfen wird, indem das Smartphone ruckartig nach vorne in Richtung Korb gekippt wird. Wie weit der Ball fliegt, hängt dabei von der Schnelligkeit der durchgeführten Bewegung ab. Die geworfenen Bälle können sich, wie in der Realität, berühren und voneinander abprallen. Es wird auf ein und denselben Korb geworfen.

Ausrüstung für die Umsetzung



- Leistungsfähiges 5G/LTE-Smartphone
- Schneller Internetzugang mit geringer Latenz

4.11.3 Tagesschau 2025

Tagesschau 2025 ist ein immersiver Showcase, der eine zukünftige Vision der Tagesschau in 3D beispielhaft darstellt. Die Anwendung wurde ursprünglich als fünfminütiger Pilot für iPad Pro und anschließend auch als kürzere Version für eine AR-Brille (Nreal) entwickelt. Die 3D-Aufnahme der Tagesschau wird dabei mittels AR-Technologien in die reale Umgebung projiziert und ermöglicht somit eine komplett neue Art, die Tagesschau wahrzunehmen.

Der Showcase auf Nreal besteht aus vier Sequenzen:

- Intro (Tagesschau-Logo und Begrüßung durch Moderatorin)
- Information über bevorstehende Mondfinsternis
- Aktueller Wetterbericht
- Verabschiedung

In den mittleren beiden Teilen wird die gesprochene Information durch 3D-Darstellungen von Planeten und Wetterkarten ergänzt.



Abbildung 38 – Mit AR kommt die virtuelle Tagesschau in die reale Umgebung.

Zukünftig wird die Grafikqualität weiter gesteigert werden können, indem das Rendering/Streaming der Tagesschau direkt von der Cloud/Edge erfolgt.

Ausrüstung für die Umsetzung



- AR-Brille von Nreal
- aktuell One Plus 8 Smartphone (weitere Smartphone-Modelle folgen)

5 Welche messbaren Vorteile bringt der Einsatz von Augmented und Virtual Reality?
Beispiele aus verschiedenen Branchen

5 Welche messbaren Vorteile bringt der Einsatz von Augmented und Virtual Reality? Beispiele aus verschiedenen Branchen

Weltweit investieren Unternehmen in Augmented und Virtual Reality. Die globalen Ausgaben für AR & VR Software, Hardware und Dienstleistung lagen im Jahr 2019 bei 10,5 Milliarden US-Dollar, und es wird angenommen, dass die Ausgaben über die nächsten Jahre weiter deutlich steigen werden.¹⁸ Doch hat die Technologie die Hype-Phase verlassen, und kann sie einen quantifizierbaren Mehrwert erzielen?

In diesem Kapitel soll der Einsatz der Technologie für verschiedene Anwendungsfelder sowohl in Bezug auf eine messbare Kapitalrendite (Return on Investment, ROI) als auch hinsichtlich qualitativer Mehrwerte betrachtet werden. Die folgenden Abschnitte fokussieren sich jeweils auf ein Anwendungsfeld.

5.1 Kundendienst

Häufige Anwendungsfälle sind die Verbesserung des Wissenstransfers zwischen erfahrenen und neuen Mitarbeitern, die interaktive und digitale Darstellung von Kundendienstleistungen in AR sowie die Anzeige von Informationen einschließlich der Kundendienstdetails an den Maschinen. Auch wird durch AR dem Fachkräftemangel entgegengewirkt. Besonders der Service steht vor der Herausforderung, neue Fachkräfte zu finden, da viele erfahrene Mitarbeiter in den nächsten Jahren in Rente gehen und Mitarbeiter heutzutage häufiger das Unternehmen wechseln. Des Weiteren ändern viele Unternehmen ihr Geschäftsmodell hin zu einem servicezentrierten Geschäftsmodell wie »Power-by-the-Hour«, das durch den britischen Turbinenhersteller Rolls-Royce bekannt wurde und sich auf die Einsatzverfügbarkeit der Maschinen fokussiert. Doch wo entsteht nun in servicebasierten AR-Anwendungsfällen eine messbare Kapitalrendite? Laut einer Studie von IDC haben 62 Prozent der Befragten einen positiven ROI bestätigen können. Dieser entsteht durch den besseren Wissenstransfer zwischen den Mitarbeitern (65 Prozent), durch eine erhöhte Effizienz bei Vor-Ort-Einsätzen eines Servicetechnikers (60 Prozent), durch eine verbesserte Maschinenverfügbarkeit aufgrund einer erhöhten Erstbearbeitungsrate (50 Prozent) sowie durch reduzierte Kosten aufgrund weniger Ortseinsätze (24 Prozent). Darüber hinaus können durch den Einsatz von AR qualitative Mehrwerte für die Unternehmen erreicht werden. Diese betreffen zum Beispiel die Attraktivität des Arbeitsplatzes durch den Einsatz moderner Technologien.¹⁹

¹⁸ Shirer, Michael et al. [»Worldwide Spending on Augmented and Virtual Reality Forecast to Deliver Strong Growth Through 2024.«](#) 17.11.2020. Zugriff am 22.03.2021.

¹⁹ Mainelli, Tom: [»How Augmented Reality Drives Real-World Gains in Services, Training, Sales and Marketing, and Manufacturing.«](#) IDC White Paper May 2018. Zugriff am 03.02.2021.

5.2 Schulungen und Wissenstransfer

In puncto Schulungen und Wissenstransfer spielt der Einsatz von AR eine wichtige und zukunftsweisende Rolle. Denn die Mitarbeiter können sich durch AR direkt im Anwendungsumfeld über klassisches Schulungsmaterial (wie Video und Text) mit dem Inhalt befassen. So kann beispielsweise eine Reparaturanleitung direkt im Kontext der Maschine oder des Werkzeugs gezeigt werden. Ein weiterer häufiger Grund, AR für Schulungen zu nutzen, ist die Reduzierung von Reisekosten.

Auch im Bereich Schulungen und Wissenstransfer konnte eine messbare Kapitalrendite festgestellt werden. Entscheidend ist die schnellere Lernkurve für die Teilnehmer, die 76 Prozent der Unternehmen bestätigen. Ebenso bestätigen viele Unternehmen einen positiven ROI aufgrund von gesenkten Reisekosten (62 Prozent) und geringere Ausfallzeiten der Maschinen (57 Prozent), wodurch deren Produktivität erhöht wird.²⁰ Auch konkrete Beispiel aus zahlreichen Unternehmen belegen den Nutzen von AR und VR bei der Aus- und Weiterbildung. Lockheed Martins Satelliten-Sparte konnte die Ausbildungszeit durch den Einsatz von AR um 85 Prozent reduzieren.²¹ Bei der Managerausbildung erwies sich in einer US-amerikanischen Studie die Ausbildung mit VR gegenüber Online-Kursen und Präsenzs Schulungen deutlich besser. Wer die Lerninhalte per VR vermittelt bekommen hatte, war danach 275 Prozent sicherer, das Gelernte umzusetzen – das war um 40 Prozent besser als bei denjenigen, die eine Präsenzs Schulung erhalten hatten, und 35 Prozent besser als bei den Online-Lernern. Außerdem waren die Lernenden mit VR viermal so schnell wie ihre Kollegen in Präsenzs Schulung und anderthalbmal so schnell wie die Online-Lerner.²² Eine Vergleichsstudie der Universität Warwick konnte zeigen, dass Lernende, denen neues Wissen per VR vermittelt wurden, bei einem anschließenden Test besser abschnitten als solche, die mit Lernvideos gelernt hatten. Außerdem war ihre Stimmung besser und sie waren engagierter.²³ Jüngst konnte eine Studie des Imperial College London zeigen, dass Chirurgen, die mit VR ausgebildet wurden, anschließend einen chirurgischen Eingriff mit nur minimaler Anleitung in einem Laborumfeld durchführen konnten. Von ihren Kollegen, die traditionell ausgebildet wurden, gelang das keinem. Außerdem schnitten selbst diejenigen in VR geschulten Chirurgen, die am schlechtesten beurteilt wurden, besser ab als ihre herkömmlich geschulten Kollegen.²⁴

20 Mainelli, Tom: [»How Augmented Reality Drives Real-World Gains in Services, Training, Sales and Marketing, and Manufacturing.«](#) IDC White Paper May 2018. Zugriff am 03.02.2021.

21 Merel, Tim. [»How AR and VR are driving return on investment in the Enterprise Reality Ecosystem«](#) Venture Beat (25.04.2019). Zugriff am 03.02.2021.

22 PWC. [»The Effectiveness of Virtual Reality Soft Skills Training in the Enterprise. A Study.«](#) 25.06.2020. Zugriff am 03.02.2021.

23 Allcoat, Devon et al. »Learning in virtual reality: Effect on performance, emotion and engagement.« Research in Learning Technology 26 (2018). DOI: [10.25304/rlt.v26.2140](#), Zugriff am 03.02.2021.

24 Durch Johnson & Johnson Institute. [»Veröffentlichte Studie bestätigt Nutzen unserer VR-Schulungen für Chirurgen.«](#) 07.01.2020. Zugriff am 03.02.2021.

5.3 Vertrieb, Marketing und Handel

Augmented Reality kann neben Einsatzgebieten innerhalb eines Unternehmens auch für die Kommunikation in Richtung Kunden oder Interessenten genutzt werden. So können Produktdemonstrationen durchgeführt werden, ohne das Produkt zum Ausstellungsort transportieren zu müssen. Auch können verschiedene Varianten leicht gezeigt und durch die visuelle Darstellung im Raum erlebbar gemacht werden. Dies ist besonders bei Produkten interessant, die nur aufwendig transportiert werden können.

Insbesondere im Bereich der Einzelfertigung oder Configure-to-Order sehen industrielle Unternehmen den größten quantifizierbaren Mehrwert. So führt der Einsatz von AR im Vertriebsprozess zu mehr Vertragsabschlüssen, da die Produkte besser für die Kunden visualisiert werden können (56 Prozent), und gleichzeitig können durch eine schnellere Abstimmung die Reisekosten pro Verkaufszyklus reduziert werden (48 Prozent).²⁵ Auch heruntergebrochen auf den Verkauf an den Endnutzer lassen sich positive Effekte von AR und VR zeigen. Wer sich ein neues Möbelstück per AR in das eigene Zuhause eingeblendet hat, kaufte es laut Apple elfmal wahrscheinlicher. Von gut einem Fünftel weniger Retouren beim Online-Kauf berichteten der Onlinebaumarkt Build.com und der Schuhhändler Wannaby, wenn die Kunden die Produkte zuvor virtuell testen konnten.²⁶

5.4 Konstruktion, Fertigung und Wartung

Industrielle Unternehmen setzen Augmented Reality vermehrt im Bereich der Fertigung ein. Auch hier geht es primär um die Schulung der Mitarbeiter in der Fertigung und den Einsatz von AR, um den Service des Maschinen- und Anlagenparks zu verbessern. Durch den Einsatz von AR in der Fertigung konnten die Unternehmen einen positiven ROI erreichen. Wie konnte dieser erzielt werden? Durch Steigerung der Fertigungseffizienz stellte sich bei 70 Prozent der Unternehmen ein positiver ROI ein. Darüber hinaus profitierten viele von der kürzeren Schulungszeit und dem produktiven Einsatz der Mitarbeiter (60 Prozent). Auch konnte durch den Einsatz von AR die Qualität weiter gesteigert werden, sodass Produktionsfehler bei 42 Prozent der Unternehmen vermieden werden konnten. Darüber hinaus wurde durch effizienteren Service der Maschinen die Ausfallzeiten reduziert (39 Prozent).²⁷ Konkrete Beispiele aus der Produktion belegen den Nutzen von AR und VR, etwa bei Boeing. Der Flugzeugbauer konnte bei der komplexen Verkabelung von Flugzeugen die Qualität mit AR um 90 Prozent verbessern, verglichen mit zweidimensionalen Informationen. Außerdem wurde der Vorgang um 30 Prozent schneller.²⁸

25 Mainelli, Tom: [»How Augmented Reality Drives Real-World Gains in Services, Training, Sales and Marketing, and Manufacturing.«](#) IDC White Paper May 2018. Zugriff am 03.02.2021.

26 Holzki, Larissa: [»Augmented Reality erlebt den Durchbruch – und macht das Smartphone zur virtuellen Umkleidekabine.«](#) Handelsblatt (04.11.2020). Zugriff am 03.02.2021.

27 Mainelli, Tom: [»How Augmented Reality Drives Real-World Gains in Services, Training, Sales and Marketing, and Manufacturing.«](#) IDC White Paper May 2018. Zugriff am 03.02.2021.

28 [Boeing Tests Augmented Reality in the Factory](#). 19.01.2018. Zugriff am 03.02.2021.

BAE Systems gelang es, mit AR die Fertigungsdauer von elektrischen Antriebssystemen für Hybridbusse zu halbieren. Und der Hubschrauberhersteller Bell reduzierte mit VR die Konstruktionszeit des neuen Modells FCX-001 von sonst üblichen fünf bis sieben Jahren auf sechs Monate.²⁹ Airbus reduzierte mit VR Inspektionszeiten um 86 Prozent, Porsche gelang es mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen über AR und das Remote-Zuschalten von Experten, Servicezeiten um bis zu 40 Prozent zu reduzieren. GE Transportation wiederum steigerte die Wartungsaufgaben pro Stunde und Mitarbeiter bei der Wartung von Lokomotiven mit AR um 59 Prozent. Dass sich dabei mit VR sogar die Arbeitssicherheit steigern lässt, zeigte der Autobauer Ford. Über das Bewegungstracking mittels VR konnten Arbeitsunfälle um 70 Prozent verringert werden. Ergonomische Beschwerden verringerten sich um 90 Prozent.³⁰ Außerdem wird die Technologie eingesetzt, um Prototypen schneller zu iterieren. Auch hier konnten bei 47 Prozent der Unternehmen messbare Kosteneinsparungen erzielt werden.³¹

Die Frage, ob Augmented und Virtual Reality die Hype-Phase überwunden haben und messbare Kapitalrenditen für Unternehmen bringt, kann eindeutig bestätigt und gemessen werden. Jedoch sind die aus Unternehmenssicht wichtigsten Anwendungsfälle nicht immer die, welche die messbar größte Kapitalrendite schaffen. Daher sollten Unternehmen vor dem Einsatz der Technologie die potenziellen Anwendungsfälle im eigenen Unternehmen auch unter Betrachtung der angestrebten Rendite betrachten und die Anwendungsfälle mit geringer Komplexität mit positiven ROI priorisieren. Was generell beachtet werden sollte, bevor man ein AR- oder VR-Projekt startet, zeigt das nächste Kapitel.

29 Merel, Tim. [»How AR and VR are driving return on investment in the Enterprise Reality Ecosystem«](#) Venture Beat (25.04.2019). Zugriff am 03.02.2021.

30 Capgemini. [»Augmented und Virtual Reality werden in drei Jahren zum Standard in Unternehmen.«](#) 07.09.2018. Zugriff am 03.02.2021.

31 Mainelli, Tom: [»How Augmented Reality Drives Real-World Gains in Services, Training, Sales and Marketing, and Manufacturing.«](#) IDC White Paper May 2018. Zugriff am 03.02.2021. Vgl. hierzu auch das Kapitel »Augmented Reality in der Automobilfertigung« im vorliegenden Leitfaden.

6 Der richtige Start in Augmented und Virtual Reality: Tipps, Best Practices, Dos & Don'ts

6 Der richtige Start in Augmented und Virtual Reality: Tipps, Best Practices, Dos & Don'ts

6.1 Welche Fragen sollte ich mir im Vorfeld stellen? Partizipative Gestaltung des Einführungsprozesses für einen nachhaltigen Start

In diesem Kapitel wollen wir uns einem gemeinsamen Verständnis nähern, welche Hardware, Software und welche Rahmenbedingungen vorliegen sollten, um Technologielösungen wie Augmented und Virtual Reality im Unternehmen zu installieren. Um die damit verbundene Erwartungshaltung vorweg etwas zu kanalisieren, sei bemerkt, dass es aufgrund der Vielzahl an Möglichkeiten und des hohen Grads an Diversität der Bedarfe keine absoluten und zeitlosen Empfehlungen geben kann. Daher konzentriert sich das Kapitel darauf, durch gezielte Fragen und Anregungen einen Beitrag zu zielgerichteten Vorüberlegungen zu leisten.

6.1.1 Welche Technologien, welche Hardware, welche Software und welche Unterstützung benötige ich?

Wie so oft bei solchen Fragestellungen gibt es keine pauschale und allgemeingültige Antwort. Außerdem soll hier bezüglich der Unabhängigkeit gegenüber Anbietern eine neutrale Position gewahrt bleiben. Trotzdem kann folgende Aussage getroffen werden: Aufgrund schnell und stetig voranschreitender Entwicklungen sind Planungen durchgängiger Konzepte ohne ein iteratives Vorgehen und ohne Vorabtests in den meisten Fällen nicht zielführend. Daher ist ein schrittweises Vorgehen mit wachsender Intensivierung und einem möglichst stetigen Aufbau für ein konvergentes Ergebnis eine empfehlenswerte Vorgehensweise. Dazu gehört auch, sich mit verschiedenen Devices und Technologien kritisch auseinanderzusetzen und sich bei vergleichbaren Anforderungen am Markt umzuschauen.

Die Hürden und der Zugang zur Beschaffung und zum Einsatz von Augmented und Virtual Reality sind im ersten Schritt vergleichsweise gering. Es gibt eine stetig wachsende Community mit vielen Best-Practise-Beispielen. Die Technologie hat mittlerweile einen Reifegrad erreicht, der den Einstieg erleichtert und ein Aufspringen auf den »Technologiezug« ermöglicht. Wie bei jeder neuen Technologie gibt es natürlich auch hier eine gewisse Einstiegshürde. Diese wird jedoch nicht kleiner, wenn man versucht, erst später einzusteigen. Sowohl für den Anbieter als auch für den Nutzer ist es unumgänglich, mit der Technologie in Berührung zu kommen – das war auch bei bisherigen technologischen Entwicklungen ein fester Bestandteil im Implementierungsprozess. Deshalb gilt es für den erfolgreichen Einsatz von Augmented und Virtual Reality, die Wissens- und Erfahrungslücke jedes einzelnen Nutzers zu schließen. Ein Mitwachsen und Mitlernen mit der Technologie ist unumgänglich. Darüber hinaus liegt eine Chance in der Mitgestaltung. Frühes Feedback der Mitarbeiter wird zu besseren Lösungen führen.

Was die zu nutzende Software angeht, so reicht das Spektrum von eigenen Entwicklungen mit vielen Freiheiten bis hin zu White-Label-Lösungen, die mit Standardfunktionen direkt eingesetzt werden können. Die Vorteile von am Markt verfügbaren und direkt einsetzbaren Software-Lösungen liegen auf der Hand. Sie sind mit geringerem Aufwand bedienbar und können mit den unterstützten Geräten verwendet werden. Teilweise sind auch bereits Erfahrung und eine zielführende Vorgehensweise zur Integration in bestehende IT-Infrastrukturen vorhanden.

6.1.2 Wie starte ich, um Technologien wie Augmented und Virtual Reality im Unternehmen einzusetzen?

Zu Beginn gilt es, sowohl die Bedarfe des Unternehmens, der Belegschaft und vor allem auch der Kunden zu analysieren. Es sind eben diese Ergebnisse, die maßgeblich zu allen notwendigen ersten Schritten beitragen.

Stellen Sie sich und Ihrer Zielgruppe die folgenden Fragen:

- Was würde uns helfen, um unsere Prozesse, Hilfsmittel und notwendigen Informationen besser und zielgerichteter zugänglich zu machen?
- Welche Art technischer Geräte nutzen wir bereits, welche Geräte würden uns helfen und sind von der Kostenseite realisierbar?
- Suchen Sie sich geeignete und erfahrene Partner und Berater zur Analyse Ihrer Prozesse und zur Unterstützung bei der Umsetzung Ihrer Vorhaben.
- Qualifizieren Sie engagierte, interessierte und technisch affine Mitarbeiter zur Projektunterstützung.

6.1.3 Welche Unternehmensteile sollten in die Entwicklung oder in den Roll-out einer AR/VR-Anwendung einbezogen werden?

Sofern Sie die Anwendung nicht selbst entwickeln möchten oder dies in einem dedizierten Teil des eigenen Unternehmens geschieht, ist unbedingt die »klassische« IT hinsichtlich IT-Infrastruktur und deren Querabhängigkeiten innerhalb der bestehenden Softwaresysteme und Schnittstellen frühzeitig einzubinden. Darüber ist zu klären, welche Daten Sie später verwenden möchten und für wen diese Daten zugänglich sein werden und sollen. Werden zum Beispiel Live-Daten verwendet, kann hierfür auch die betriebliche Mitbestimmung und die Zustimmung des Nutzers erforderlich sein. Vor allem, wenn es auch um Bild- und Tonmitschnitte (selbst temporär) geht, sind juristische Belange hinsichtlich des Rechtes am eigenen Bild und des Rechtes am eigenen Wort zu prüfen. Ob eine betriebliche Mitbestimmung nötig ist, ist von den Spezialisten aus dem Bereich Personalgrundsatzfragen zu klären. Je nach Art der verwendeten Daten ist eine Datenschutzprüfung nach DSGVO erforderlich. Darüber hinaus ist eine Prüfung der Informationssicherheit nötig, also die Frage nach dem Ablageort und den Datenwegen.

Die Einbindung jeglicher Applikationen in eine bestehende IT-Infrastruktur erfordert in der Regel eine Prüfung der IT-Security der Applikation. Idealerweise erfüllt die eigene oder extern erworbene Anwendung die Anforderung der Security-by-Design-Richtlinien.³²

Brillentechnologien, wie sie für VR und teils auch AR benötigt werden, sind im innerbetrieblichen Einsatz noch recht jung. Daher ist es sinnvoll, im Vorfeld Aufklärungsarbeit gegenüber der Belegschaft und den zukünftigen Anwendern zu leisten. Dies erleichtert den persönlichen Zugang, baut Hürden und Befürchtungen ab und schafft die nötige technologische Akzeptanz. Auch wenn es nicht notwendig sein sollte, den Betriebsrat einzubeziehen, so ist es doch geboten, ihn frühzeitig mit zu integrieren, um auch die Arbeitnehmersicht vollends zu berücksichtigen. Sobald AR- und VR-Geräte im produktiven Einsatz geplant sind, sind auch Versicherungsfragen zu diskutieren, zum Beispiel mit der Berufsgenossenschaft. Aber auch präventiv sind zusammen mit der Arbeitssicherheit Überlegungen anzustellen und ein Einsatzplan zu erarbeiten. Hinsichtlich Tragekomfort und Hygieneaspekten sind die Arbeitsmedizin und das Gesundheitswesen einzubeziehen.

6.2 Fragestellungen im Entscheidungsprozess

6.2.1 Eigene Software-Lösung vs. proprietäre Lösung

In der folgenden Tabelle wird ein Vergleich der Vor- und Nachteile zwischen eigens entwickelten und extern zugekauften Anwendungen gezogen.

	Eigene Software	Proprietäre Software
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ leicht erweiterbar ▪ leicht individualisierbar ▪ gut geeignet für den Technologie-Einstieg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wartung und Support sind verfügbar und die Kosten sind planbar ▪ ausgereifte Software ▪ Austausch-Community außerhalb der eigenen Organisation vorhanden ▪ Testlizenz zur Prüfung der eigenen Anforderungen
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entwicklerteam notwendig ▪ Wartung und Support müssen intern gestellt werden ▪ eigene Anforderungen anfangs sehr ungenau und schwer planbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ meist wenig flexibel ▪ wenig individualisierbar ▪ Zusatzwünsche sehr kostspielig ▪ Integration in bestehende Infrastruktur oft sehr aufwendig, wird zeitlich oft unterschätzt (Abstimmungsaufwand)

Tabelle 2 – Vor- und Nachteile: eigene Software vs. proprietäre Systeme.

³² Die XR Safety Initiative veröffentlichte vor Kurzem die erste Fassung des XRSI Privacy Framework, welches diverse Aspekte der Datensicherheit beleuchtet, effektive Lösungen anbietet und auch den Einfluss anderer Zukunftstechnologien, wie KI, 5G, 6G und Brain-Computer-Interface (BCI) einbindet.

6.2.2 Private Cloud (on Premise) vs. Open-Cloud-Solution

In der folgenden Tabelle wird ein Vergleich der Vor- und Nachteile zwischen unternehmensintern verfügbaren On-Premise-Lösungen (auch als Private-Cloud-Solution bezeichnet) und außerhalb des eigenen Unternehmens verfügbaren Open-Cloud-Solutions gezogen. Hierbei wird explizit keine Aussage über den Anbieter der Cloud getroffen, da auch hierbei eigene Lösungen entwickelt werden können.

	Private Cloud	Open-Cloud-Solution
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> hohe Datenkontrolle Wartungssicherheit geringe Netzwerlatenz 	<ul style="list-style-type: none"> Interoperable Einbindung in weitere Datensysteme leicht erweiterbar Zugangsmöglichkeit über die IT-Unternehmensgrenze hinaus
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> geschlossenes System nicht leicht erweiterbar abhängig von internen Ressourcen 	<ul style="list-style-type: none"> Zusätzliche Datensicherheitsmechanismen erforderlich Wartung externer Komponenten nicht garantiert evtl. messbare Netzwerlatenz bei Nutzung von mobilen Kanälen (4G/LTE)

Tabelle 3 – Vor- und Nachteile: Private Cloud vs. Open-Cloud-Solution.

6.2.3 Eigene Entwickler und Autoren vs. Full-Managed-Service

Bei der Entwicklung, Bereitstellung und der Pflege der Inhalte kann grundsätzlich die eigene Entwicklung und die Unterstützung durch einen externen Partner unterschieden werden. In der folgenden Tabelle werden die Vor- und Nachteile von eigenen Entwicklern und Autoren zur Inhaltspflege einerseits und externen Angeboten mit einem sogenannten Full-Managed-Service andererseits gegenübergestellt.

	Eigene Entwickler und Autoren	Full-Managed-Service
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> hohe Flexibilität, voll individualisierbar Zugang zu internen Prozessen und Informationen keine zusätzlichen Kommunikationsschnittstellen notwendig eigenes Know-how/IP wenig Abhängigkeit, ggf. USP Differenzierung von Wettbewerbern 	<ul style="list-style-type: none"> gut planbare Kostenstrukturen Verringerung der Arbeitskosten hohe Effizienz regelmäßige Verbesserungen aktuelle Technologie im Einsatz Expertise durch externe Partner
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> höherer Zeitbedarf hohe laufende Kosten hohe initiale Investition in der Entwicklung Aufbau eines Expertenteams Qualitätsprobleme hoher Aufwand bei Technologiewechsel 	<ul style="list-style-type: none"> längere Kommunikationswege und Schnittstellen (Abstimmungsaufwand) Aufbereitung der eigenen Daten bleibt bestehen Abhängigkeit und laufende Kosten bei der Wartung

Tabelle 4 – Vor- und Nachteile: eigene Entwicklung vs. Full-Managed-Service.

6.2.4 Open Source vs. Walled-Garden-Eco-Systeme

Spätestens bei der Implementation eines Konzepts müssen sich Entwickler die Frage stellen, welche Werkzeuge für die Problemlösung genutzt werden sollen. Hierbei sollte man sich zuerst einige grundlegende Fragen zu den Prioritäten stellen:

- Gibt es verfügbare Tools (zum Beispiel Software, Libraries und APIs, Plattformen), die ohne größere Anpassungen genutzt werden können?
- Ist das Budget begrenzt und sollten Lizenzgebühren möglichst niedrig gehalten oder gar vermieden werden?
- Ist es notwendig, Daten zwischen diversen Modulen auszutauschen?
- Ist dedizierter Support vom Hersteller nötig?

Generell muss man sich an dieser Stelle zwischen Offerten aus dem kommerziellen Bereich und der Open-Source-Community entscheiden, welche die oben genannten Fragen auf unterschiedliche Art und Weise und mit entsprechenden Vor- und Nachteilen beantworten.

Während man im Open-Source-Bereich viel Geld durch freie Lizenzen sparen kann, wird damit auch kaum auf Unterstützung durch den »Original«-entwickler zu hoffen sein. Andererseits unterstützt an dieser Stelle die Entwicklergemeinschaft großzügig und kostenlos. Dieses soziale Gefüge erwartet aber gleichzeitig Unterstützung bei der Weiterentwicklung des Standards und Offenlegung von Verbesserungen zum Nutzen der Allgemeinheit. Das steht allerdings nicht zwingend in Konflikt mit vertraulichen firmeninternen Entwicklungen und dem Konzept des Intellectual Property. Grenzen bei der Kombination diverser Lösungen im Sinne der Interoperabilität werden nicht gesetzt und wären dem Grundgedanken der offenen Forschung konträr.

Diverse Open-Source-Initiativen haben sich im Bereich der offenen Standards und Plattformen einen Namen gemacht. Zu nennen sind hier beispielsweise Khronos Group, Open Geospatial Consortium (OGC), European Telecommunication Standards Institute (ETSI), World Wide Web Consortium (W3C), UMI3D Consortium, Verses und die Open AR Cloud Initiative, die auch finanziell durch Sponsoren und Mitglieder gefördert werden.

Kommerzielle Lösungen finanzieren die Entwicklung und Unterstützung durch Lizenzgebühren, was enorme Vorteile bei der Geschwindigkeit der Implementierung bietet. Allerdings sollte man die Lizenzanforderungen genau studieren, denn oft setzen diese Grenzen bei der Nutzung und auch Anwendung in Zusammenhang mit anderen Produkten. Dem Hersteller werden wenige Grenzen bei der Erstellung der Lizenzbedingungen gestellt, sofern sie nicht gegen Gesetze verstoßen. Nicht selten spricht man hier von einem Walled Garden, einem ummauerten Garten, der den Entwickler an ein restriktives Eco-System bindet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der enorme Vorteil kommerzieller Systeme in der Wartungs- und Supportgarantie steckt, was im Umkehrschluss aber eine System-, und Lizenzkostenbindung voraussetzt und vom Zustand des Anbieters abhängt.

Offene Konzepte glänzen zwar durch ihre Flexibilität und Kostenlösung sowie den Gedanken der Unterstützung durch die Entwicklergemeinde, garantieren aber keinen professionellen Support oder die Weiterentwicklung der Funktionalität. Hier ist man oft auf zusätzliche (interne/externe) Entwicklungsressourcen angewiesen, die ebenfalls Kosten generieren können.

6.3 End-User-centered Design als Erfolgsfaktor

Der folgende Bericht basiert auf der gut vierjährigen Erfahrung, Projekte aus dem Augmented-Reality-Umfeld begleitet zu haben, meist in der Position des Product Owners. Dabei haben sich einige Parallelen herausgestellt und Erkenntnisse mit solchen Projekten und der Akzeptanz beim Kunden ergeben, die an dieser Stelle wiedergeben werden.

Allen Projekten gemeinsam ist die hohe Anfangseuphorie. Augmented Reality ist eine moderne, neue Technik: Alle Techniker sind begeistert, ihre Hände an Cutting-Edge-Devices zu haben, der Auftraggeber ist begeistert, was es alles gibt und dass er diesen modernen neuen Weg mitgehen darf. Ausgewählte Endanwender sind begeistert und finden sich schnell zum Testen.

Der Autor hat in der Vergangenheit Lösungen im Bereich der Instandhaltung und Wartung im Technologiebereich zusammen mit zum größten Teil agil aufgestellten Teams vorangetrieben.³³ Zum Einsatz kam Microsofts HoloLens der ersten Generation. In Proof of Concepts konnte meist in kurzer Zeit gezeigt werden, wie selbst diese noch sehr eingeschränkte Brille im produktiven Betrieb erhebliche Vorteile schaffen kann: Sei es die konkrete Hilfestellung bei der Reparatur oder Montage von Geräten, die Dokumentation von Anschlüssen oder der Hinweis, wo was zu schrauben ist an der Maschine.

Nach den schnellen Erfolgen stellte sich aber zumeist Ernüchterung ein. Beim Proof of Concept wurde brilliert, wenn es dann aber daran ging, die App samt Devices wirklich in den Einsatz zu bekommen, hakte es meist. Was klappte gut, was weniger?

6.3.1 Positive Erfahrungen

Das Vorgehen in einer agilen Arbeitsweise mit sehr kurzen Iterationszyklen (hier nur eine Woche) und schnellen Reviews beim Kunden zeigte sich als äußerst wirksam. Der Kunde wusste genau, wo wir standen, die Software konnte direkt verprobt werden, direktes Feedback ging sofort in die nächste Iteration mit ein. Eine andere Arbeitsweise ist gar nicht mehr vorstellbar,

³³ Vgl. u. a. [↗ Holo Assist – AR-Technikersupport](#). Zugriff am 03.02.2021;

[↗ Holo Assist – holographic support with repairs](#). Zugriff am 03.02.2021.

wenn sie erst einmal erlebt wurde. Lauffähige Software oder Papier-Prototypen: echte, anfassbare Dinge wurden gezeigt statt Hochglanzfolien und Ampelberichte.



Abbildung 39 – Wizard of Oz-Methode: Rapid paper prototyping.

Eine sehr nutzerzentrierte Vorgehensweise bewährte sich. Diese musste zu Projektbeginn einmal geklärt werden. Außerdem mussten entsprechende Nutzer gefunden werden, die sich dazu bereit erklärten, regelmäßig zur Seite zu stehen und die Werke zu testen. Hierfür war es wichtig, Personen mit hoher Eigenmotivation und Neugierde zu finden, die Neuem gegenüber aufgeschlossen waren. Denn nicht selten erforderten diese Tätigkeiten Mehrarbeit, also Überstunden, und die Bereitschaft, dort hinzugehen, wo die Arbeit passiert, dann, wenn die Arbeit passiert. Für einen Entwickler bedeutet dies konkret, das bequeme Büro zu verlassen und gegebenenfalls zu Zeiten, in denen rechtschaffene Menschen schlafen, am Gleis zu stehen und direkt in der Schicht zu erfahren, was die eigentlichen Herausforderungen sind, denen die Schichtarbeiter jede Nacht begegnen. Auf diese Weise konnten frühzeitig scheinbar erfolgversprechende Ansätze verworfen werden, welche sich im Einsatz an der Maschine dann als untauglich erwiesen: zum Beispiel starker Funkenflug, der die HoloLens in Kürze massiv beschädigt hätte.

6.3.2 Fallstricke

Genau hier lagen aber auch die Herausforderungen bei der nutzerzentrierten Vorgehensweise und den Tests der Arbeit. In diesem Fall war sie leider nicht nutzerzentriert, genauer gesagt: Techniker-zentriert genug. In beiden Projekten wurde zusammen mit einem erfahrenen Meister der jeweiligen Fachlichkeit getestet. In beiden Fällen ein engagierter Mensch, der der neuen Technologie prinzipiell positiv gegenüber eingestellt war. Zwar bekam das Projektteam hier

bereits wertvolle Erkenntnisse, erhielt aber keinerlei Hinweise zur Akzeptanz beim echten Endanwender: Dies ist typischerweise nicht der Meister oder Vorarbeiter, sondern der Techniker selbst. Vereinzelt wurde auch Technikern von der Schicht die HoloLens aufgesetzt, allerdings jedes Mal in Anwesenheit ihres begeisterten und dem Projektteam gegenüber positiv eingestellten Meisters. Ein unvoreingenommenes Feedback bekam das Projektteam so nicht.

Erst auf der Verkehrstechnikmesse InnoTrans in Berlin erhielt das Projektteam zufällig echtes Feedback zweier Kollegen, als sich diese unbeobachtet fühlten: »Schlimmer als Bilderbuch«, lautete der Kommentar. Anfangs witzelte das Projektteam noch darüber, später erst wurde klar, wie ernst gemeint und vernichtend die Kritik eigentlich ist: Das Projektteam hatte eine App mit Step-by-Step-Anleitung gebaut – wie so viele Beispiele der ersten Stunde in der AR-Welt – und den Endanwender an dieser Stelle quasi entmündigt. Die AR-Lösung war so komplett und so genau, dass selbst ein völlig ungelernter Hilfsarbeiter diesen Job hätte ausführen können. Damit lief die AR-Anwendung aber völlig quer zum Selbstverständnis und der Berufsehre der Techniker. Im Endeffekt war die Entwicklung nicht nutzerzentriert genug.

Natürlich darf man sich Feedback erfahrener Fachexperten holen. Das wichtigste Feedback ist aber das, welches die tatsächlichen Endanwender unbefangen und ohne Kontrolle äußern. Dafür hätte das Projektteam beispielsweise nachts um zwei Uhr hinaus auf die Abstellgleise der Züge gehen sollen und diejenigen Arbeiter in ihrer Schicht testen lassen sollen, die nachher wirklich für diese Tätigkeiten vorgesehen waren. Diese Gefahr droht oft: Klassische Prozesse, selbst gewohnt oder beim Kunden noch breit etabliert, sehen häufig vor, dass sogenannte Fachexperten sich untereinander austauschen. Auf wen es aber wirklich ankommt, sind die eigentlichen Endanwender. Denn wenn diese nicht überzeugt werden können, kann die tollste App (unabhängig ob AR oder nicht) geschrieben werden: Wenn das Device nicht akzeptiert ist, die Herangehensweise der Software nicht verinnerlicht und akzeptiert ist, fristet die HoloLens anschließend ein einsames Dasein im Spind des Werksleiters. Dieses Schicksal dürfte nicht selten vorkommen.

Auch der Ort des Tests ist eminent wichtig: Die Software muss unbedingt dort getestet werden, wo sie letztendlich zum Einsatz kommen wird. In zwei Projekten standen hierfür dedizierte Testlabors zur Verfügung. Auf den ersten Blick eine tolle Sache: Die Maschinen stehen dort zur Verfügung, man hat Platz, stört nicht den normalen Arbeitsablauf im Betrieb. Leider hat dies nichts mit der Einsatzrealität zu tun. So wurde eine App zur Reparatur der Kaffeemaschine im ICE dediziert in der Werkstatt für Kücheneinrichtungen des ICE im ICE-Werk Frankfurt-Griesheim getestet. Der eigentliche Einsatzort der HoloLens wäre aber in der Nachtschicht im Zug gewesen: Hätte das Entwicklerteam die AR-App dort getestet, wäre schneller aufgefallen, dass die Kaffeemaschine von der HoloLens in der sogenannten Galley-Werkstatt zwar erfolgreich erkannt und der Digital Twin passgenau darübergerlegt werden konnte, die Lokalisierung in der Küchenzeile im ICE aber scheiterte. Denn hier waren die Platzverhältnisse sehr beengt und die metallisch glänzenden Regale, in die die Kaffeemaschine eingebaut ist, erschwerten das Erkennen.

6.3.3 Fazit: Alles steht oder fällt mit dem Kontakt zum Endanwender

Im Grunde genommen sind es Binsenweisheiten, welche überall in der Softwareindustrie gelten: Teste häufig und mit den richtigen Personen, frage die Bedarfe der echten Endanwender ab. Die neue Technologie mit Augmented-Reality-Szenarien scheint wie ein Brennglas für diese Weisheiten zu sein und diese noch zu verstärken.

Mehr denn je zeigt sich, dass eine Vorgehensweise nach klassischem Modell mit Pflichten- und Lastenheften und dem reinen Abliefern einer App mit 500 Seiten Handbuch nicht einfach nur nicht zeitgemäß, sondern schlicht zum Scheitern verurteilt ist. Es benötigt Fingerspitzengefühl, beim Kunden die entsprechenden Ansprechpartner für sich zu gewinnen, die in der Unternehmenshierarchie meist weit unterhalb der Verhandlungsführer stehen. Denn ohne die wahren Probleme im Betrieb aus Sicht der Endanwender, also der Techniker vor Ort, zu kennen, erfüllt man zwar vielleicht nominell aufgestellte Anforderungen, löst aber die eigentlichen Probleme nicht.

Zu dieser Erkenntnis ist sogar die US-Army gekommen bei der Entwicklung ihres IVAS-Systems.³⁴ Für die Army war es eine völlig neue Vorgehensweise, Soldaten direkt zu befragen, was sie im Feld wirklich brauchen, statt klassisches Requirement Engineering anzuwenden. Der Weg ist hier also, dass die Soldaten ihren Job einem Dritten erklären und näherbringen. Dieser kann dann Umsetzungsideen einbringen, die wiederum von den echten Endanwendern, in diesem Fall den Soldaten im Feld, auf Herz und Nieren geprüft werden können. Erst dann lässt sich entscheiden, ob die Funktionalität einen Mehrwert darstellt oder eher nicht.

Darüber hinaus kann sich eine Diskussion mit Stellvertretern auch negativ auf das Gesamtprojekt auswirken. Ein Beispiel hierfür ist ein sich über Jahre anbahnendes Projekt, in welchem der Fokus von den vermeintlichen Fachexperten unbemerkt immer wieder verschoben wurde: Sollte es zunächst um Hilfe bei der Instandhaltung mittels Augmented Reality gehen, waren plötzlich Trainings mittels Virtual Reality im Vordergrund, um dann kommentarlos vom nächsten Wunsch abgelöst zu werden: einer 3D-App auf einem Tablet, mit der die Belegschaft ein wenig herumspielen könnte.

Das Fazit aus solchen Unternehmungen: Sollten die richtigen Endanwender weder benennbar noch verfügbar sein, sollte man auch die Finger vom Projekt lassen. Ganz nach James Dean: »Denn sie wissen nicht, was sie tun«.

³⁴ Siter, Bridgett. [»Soldiers test new IVAS technology, capabilities with hand-on exercises.«](#) 20.11.2019.

Zugriff am 03.02.2021; [Video »Integrated Visual Augmentation System Soldier Touchpoints.«](#) 09.04.2020.

Zugriff am 03.02.2021

6.4 Assisted vs. »Resisted« Reality – Kulturelle Unterschiede einbeziehen

Die Binsenweisheit gleich vorweg: Man hat es bei Augmented und Virtual Reality mit Menschen zu tun, also mit sehr komplexen Wesen, die mit anderen komplexen Wesen interagieren. Die vorangegangenen Überlegungen zum Einsatz von VR und insbesondere AR betrachten bereits ein ganzes Bündel möglicher Einsatzszenarien: Dabei werden finanzielle Gesichtspunkte betrachtet (Einsparpotenziale), aber auch Risikoabwägungen: Gefahrenbereiche, Trainings von Szenarien, die man real nicht trainieren kann. Hinter all dem stecken aber immer noch Menschen. Deren Wahrnehmung auf die eingesetzte Technik sehr unterschiedlich sein kann, und deren regionale und kulturelle Besonderheiten jeweils betrachtet werden müssen.

Der Einsatz von Assistenzsystemen wird in bestimmten Kontexten in Europa möglicherweise ganz anders erfahren als vielleicht in Afrika oder Asien. Dazu gibt es bislang jedoch keine Untersuchungen und Erfahrungswerte. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass es keine globale Formel gibt wie etwa: »Beim Einsatz von AR-Brillen in Deutschland ist Folgendes zu beachten, während beim Einsatz in Indonesien etwas anderes wichtig ist.« So einfach sind wir Menschen (zum Glück!) nicht gestrickt. Eine Vorgehensweise, welche aus finanziellen Betrachtungen Sinn ergibt, wird in einem Kulturkreis vielleicht positiv angenommen – in einem anderen dagegen kategorisch abgelehnt. Und dabei müssen die Kulturkreise regional nicht einmal besonders weit auseinander sein, allein ein anderer Kontext, ein anderes Selbstverständnis genügen schon, dass Ansätze völlig unterschiedlich wahrgenommen werden. So nutzen die Ingenieure von Lockheed Martin sehr gerne und erfolgreich Assistenzsysteme in AR, um ihre Raketen zusammenzubauen und dabei massiv Zeit zu sparen.³⁵ Bereits ums Eck in der Halle einer Maschinenbaufabrik mag die Akzeptanz solcher Assistenzsysteme schon wieder ganz anders aussehen: Die Ingenieure haben ein anderes Umfeld, sind anders sozialisiert, sind vielleicht nicht auf dem Crème-de-la-Crème-Level wie die Spezialisten der NASA, die eher Wissenschaftlern gleichen. Schon entsteht ein ganz anderer Blickwinkel.

Was gilt es tun? Die Antwort lautet: Never stop trying. Ausprobieren. Wie die Assistenzsysteme mit AR aufgenommen werden, ist nicht voraussagbar. Hierbei helfen Early-Prototyping-Ansätze wie Design Thinking oder das im vorausgegangenen Kapitel kurz angeschnittene Wizard-of-Oz: Im Grunde genommen einfache Paper-Prototyping-Ansätze, um bereits ganz früh Hinweise über die mögliche Akzeptanz solcher Assistenzsysteme zu gewinnen, und das möglichst früh und bevor die Software fertig implementiert und damit das Geld bereits ausgegeben ist.

Schauen wir uns doch ein anderes Medium an, das bereits breite Akzeptanz erfährt, und wagen damit einen Blick in die Zukunft, wie es auch AR ergehen könnte: Youtube. Vermutlich jeder hat bereits einmal bei Youtube nachgeschaut, wie bestimmte Tätigkeiten oder Gegenstände funktionieren. Dabei hat man zum einen Erfolgserlebnisse: Man kann den komplexen Vorgang auch

³⁵ Winick, Erin. [»NASA is using HoloLens AR headsets to build its new spacecraft faster.«](#) MIT Technology Review (09.10.2018). Zugriff am 03.02.2021.

selbst erledigen (manchmal ist es einfach nur kompliziert statt komplex³⁶). Es gibt aber auch genauso Negativerlebnisse oder negative Learnings: Als der heimische Wäschetrockner einen Defekt meldete, schaute sich der Autor dieser Zeilen ein YouTube-Video an, in dem die Reparatur genau erklärt wurde. In dem Video fielen Hinweise wie: »Achten Sie hier unbedingt darauf, dass keine Restfeuchtigkeit vom Bauteil XY heruntertropft, die Elektronik ist sonst zerstört.« Allein das Zuschauen beim Wiederausammensetzen erzeugte Bauchkrämpfe. Ein versierter Mechaniker hätte sich vielleicht freudig ans Werk gemacht. Der Autor dieser Zeilen hat anschließend gerne die Hotline des Herstellers angerufen und bereitwillig 200 Euro für die Reparatur bezahlt. Auch hier ein Erkenntnisgewinn: Der Totschlagansatz »Begegne Problem X mit Medium Y und zeige die Lösung« funktioniert vielleicht bei manchen Personengruppen, nicht aber bei allen. Aus diesem Grund kommt man um frühzeitiges Testen mit den echten Menschen, den echten Empfängern des neuen Mediums, nicht herum. Das können banale Nutzerbefragungen sein oder auch das iterative Ausprobieren mit immer verfeinerten Prototypen. Es bleibt wie so oft unvorhersagbar. Daher auch spannend.

6.5 How to get started: Checkliste

Neben langfristigen Einsparungen und Verbesserungen, können mit der Umsetzung erster AR/VR-Anwendungen bereits kurzfristig Potenziale gehoben und für große Begeisterung in der Belegschaft gesorgt werden. Hierzu ist es empfehlenswert, dass im Rahmen der Konzeption relevante kulturelle, organisatorische/rechtliche, wirtschaftliche und technologische Faktoren Berücksichtigung finden. Die vorherigen Kapitel haben hierzu schon wichtige Hinweise gegeben. An dieser Stelle sollen nun zentrale Faktoren stichpunktartig gebündelt werden.

6.5.1 Kulturelle Faktoren

- Frühzeitige Einbindung aller Anwender und Planung einer **nutzerzentrierten Lösung**
- Frühzeitige Identifikation möglicher **Berührungspunkte** und aktive **Change-Begleitung**, insbesondere bezüglich Motion-Sickness und Umgang mit neuen Devices
- **Unternehmenskommunikation** einbinden bei internen Use Cases zur Schaffung von **Transparenz** und Unterstützung der **technologischen Akzeptanz** der Anwendergruppe
- Berücksichtigung **kultureller Unterschiede und Mehrsprachigkeit** bei der Gestaltung der Interaktion, Symbolik und virtueller Inhalte
- **Aktive Gestaltung** der **Erwartungshaltung** der Stakeholder hinsichtlich Qualität erster AR-Anwendungen im Vergleich zu bereits ausgeprägten (High-End-)Marktlösungen

36 [»Komplex oder kompliziert – was macht den Unterschied?«](#) 24.07.2017. Zugriff am 03.02.2021.

6.5.2 Organisatorische und rechtliche Faktoren

- Frühzeitige **Klärung relevanter Rollen** für Konzeption, Entwicklung und Betrieb von AR/VR-Anwendungen (beispielsweise Application-Owner/Product-Owner)
- Frühzeitige Einbindung der **Interessenvertretungen** zur Klärung mitbestimmungsrechtlicher Fragestellungen (**Personalgrundsatzfragen** und **Betriebsrat**)
- Frühzeitige Einbindung des **Datenschutzes** (DS-GVO), beispielsweise für die Umsetzung des XRSI-Privacy-Frameworks
- Frühzeitige Einbindung der **Unternehmens-IT**, insbesondere für Abstimmung eines möglichen **Betriebs- und Wartungskonzepts**, und frühzeitige Analyse der Datenströme und Haltung hinsichtlich **Informationssicherheit** und zielgerichteten Rollouts
- Klärung der **IT-Security** der einzusetzenden Soft- und Hardware, um Hintertüren vorzubeugen
- **Gesundheitsmanagement/Arbeitsmedizin/Arbeitsergonomie** (Hygienekonzept, Tragedauer, Tragekomfort ...)
- Arbeitssicherheit (Gefährdungsbeurteilung, Einsatzort, Einsatzzweck ...)

6.5.3 Wirtschaftliche Faktoren

- Berücksichtigung von Entwicklungsrisiken, **Kosten für Betrieb und Weiterentwicklung** sowie notwendiger Devices im Rahmen der Kosten-Nutzen-Analyse
- Bewertung möglicher **wirtschaftlicher Risiken** bei der Anwendung von AR/VR-Lösungen, speziell im Bereich Arbeitssicherheit (Vermeidung von Arbeitsunfällen), Arbeitsmedizin (Hygienekonzept für Devices, Tragedauer & -komfort) sowie Versicherung/Haftungsfragen (Berufsgenossenschaft)

6.5.4 Technologische Faktoren

- Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit und der **Entwicklungsgeschwindigkeit** im Bereich von **Software** und **Hardware**, insbesondere in Bezug auf Endgeräte. Mobile Systeme, wie zum Beispiel Smart Glasses, weisen besonders hohe Entwicklungsgeschwindigkeiten auf, die mit sinkenden Kosten und erhöhter Leistungsfähigkeit einhergehen
- Bewertung und aktive Entscheidung für **Programmierstandards, Datenformate und Schnittstellen**, vornehmlich aufgrund sehr hoher Entwicklungsdynamik und noch nicht abschließend ausgeprägter Technologie-Standards (beispielsweise bisher keine Standards für UX, Platform Design). Dies umfasst auch die **Bewertung der Anwendbarkeit von Open-Source-Lösungen** (Open AR Cloud, XR4ALL, ETSI, OGC, Khronos)

6.5.5 Value Proposition Canvas für AR & VR

Die Value Proposition Canvas hilft dabei, ein Produkt oder eine Dienstleistung zu entwickeln. Das gilt nicht nur für Augmented und Virtual Reality, aber auch. Daher hier als Inspiration und Orientierung eine Value Proposition Canvas, die beispielhaft für Augmented und Virtual Reality befüllt wurde. Mit »Gewinnerschöpfung« sind hier die messbaren Resultate gemeint, die zu den Gewinnen führen. »Helfer« sind Problemlöser, die die Kundenaufgabe erfüllen. Mit »Kundenaufgabe« sind die Lösungen gemeint, nach denen der Kunde sucht. Sie können sozial, technisch oder auch emotional sein. Unter »Bestehende Schwierigkeiten« wird der Status quo verstanden, also primär die Probleme, mit denen der Kunde derzeit zu kämpfen hat. »Gewünschte Gewinne« wiederum sind die Vorteile, die sich der Kunde von der Lösung verspricht.³⁷

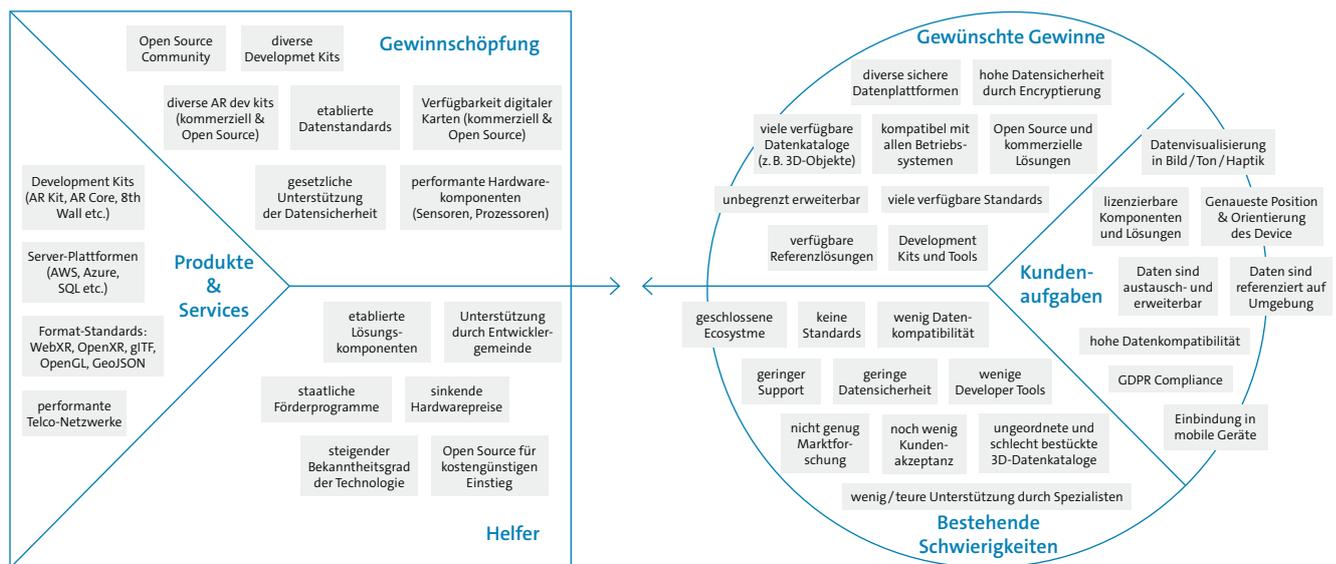


Abbildung 40 – Value Proposition Canvas für AR & VR.

37 Als Einführung in das Konzept der Value Proposition Canvas sei dieses [Video](#) empfohlen. Zugriff am 24.03.2021.

7 Gekommen, um zu bleiben: Augmented und Virtual Reality heute und in Zukunft

7 Gekommen, um zu bleiben: Augmented und Virtual Reality heute und in Zukunft

Die Vision: In zehn Jahren wird das Zentrum unseres digitalen Lebens nicht mehr das Smartphone sein, sondern vielleicht Geräte, die wie eine gewöhnliche Brille aussehen, aber Einstellungen für Virtual und Augmented Reality haben. Realität und computergenerierte Illusion werden so miteinander vermischt sein, dass sie kaum noch voneinander zu unterscheiden sind. Wir werden Dinge durch Augenbewegungen oder durch Gehirnwellen geschehen lassen. Wenn wir mit jemandem telefonieren oder ein Online-Game spielen, werden wir diese Person mit uns im gleichen Raum sehen. Wir werden sie durch haptische Technologie berühren und fühlen können.

All diese Szenarien beschreiben Robert Scoble und Shel Israel schon 2016 in ihrem Buch »The Fourth Transformation: How Augmented Reality & Artificial Intelligence Will Change Everything«.³⁸ Im selben Jahr bot der Kurzfilm [»Hyper Reality«](#) von Keiichi Matsuda einen überwältigenden und provokant überhöhten Ausblick auf eine Zukunft, in der physische und virtuelle Realitäten miteinander verschmolzen.

Seitdem sind wir dieser Vision deutlich nähergekommen. Die Hard- und Software für Augmented und Virtual Reality haben sich in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt. Headsets für Augmented und Virtual Reality wurden leistungsfähiger und autarker. Aktuelle Smartphones und Tablets unterstützen mittlerweile AR-Anwendungen. Volumetrische Videos werden derzeit in MPEG standardisiert und zielen darauf ab, virtuelle Elemente in fotorealistischer Qualität zu erzeugen. Die neue Mobilfunkgeneration 5G sorgt ebenfalls dafür, dass die Vision ein Stück weit Realität werden kann. 5G (oder in Zukunft dann 6G) ermöglichen es einerseits, sehr große Datenmengen, wie sie für viele AR- und VR-Anwendungen nötig sind, sehr schnell zu übertragen. Andererseits verlagern sie das notwendige Processing von den Endgeräten in leistungsfähige Processing-Einheiten, die an den Rändern der Mobilfunknetze bereitgestellt werden. Die Endgeräte können dadurch kleiner werden, ihre Akkukapazität kann reduziert und ihre Laufzeit dennoch deutlich verlängert werden.

Schon heute sind Augmented Reality und Virtual Reality ausgereifte Technologien, die im Hier und Jetzt Großartiges leisten. Denn Virtual Reality ist mehr als Gaming, mit dem VR oft ausschließlich assoziiert ist. Und Augmented Reality geht weit über die lustigen Ohren in Kamerafiltern oder die Maßband-App hinaus, die viele Menschen nutzen, ohne zu wissen, dass das überhaupt AR ist. Sei es bei Konstruktion oder Planung, bei Wartung oder Reparatur, bei Aus- oder Weiterbildung, bei Produktpräsentationen oder im Handel, bei der Orientierung an unbekanntem Orten oder im Tourismus: Überall bewähren sich Augmented und Virtual Reality schon heute. Sie machen vieles schneller, einfacher, kollaborativer.

³⁸Scoble, Robert et al. The Fourth Transformation. How Augmented Reality and Artificial Intelligence Change Everything. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.

Sie helfen, Prozesse effizienter zu gestalten, Kosten zu reduzieren und die Qualität zu steigern, weshalb sie in der Business-Welt immer weitere Bereiche erobern. Und ja: Augmented und Virtual Reality können auch Spaß machen und unterhalten. Für die Business-Welt ist das ein lohnendes Plus und für die zahlreichen Einsatzgebiete im Consumer-Bereich ein Trumpf.

All das zeigt: Der große Hype um Augmented und Virtual Reality mag vorbei sein. Dafür sind sie nun in der Realität angekommen. Sie schaffen es bereits heute, in diversen Branchen und Bereichen Nutzen zu stiften. Und ihre Bedeutung wird in den kommenden Jahren weiter steigen. Sie werden die Art und Weise, wie wir Informationen aufnehmen und wie wir mit unserer Umwelt interagieren, revolutionieren.

Anhang

Anhang

Über die Autoren



Robert Biene arbeitet für die Digitale Strategie der [Deutschen Bahn AG](#) und fokussiert sich auf die Themen Reisendenlenkung und Kapazitätsmanagement, insbesondere im Umfeld des digitalen Kundenerlebnisses. In dieser Funktion verantwortet er seit 2019, zusammen mit Teams der DB Systel sowie der Geschäftsfelder und Serviceeinheiten der DB, das strategische Erschließen von Wertpotenzialen von Augmented Reality an der Kundenschnittstelle. Zuvor war Robert Biene als Manager für verschiedene Beratungshäuser tätig und konzentrierte sich im Themenfeld Digital & Strategy vor allem auf die digitale Transformation, besonders von Netzinfrastrukturen.



Melissa Bodtländer arbeitet als Digital Consultant bei der [DB Systel GmbH](#), dem Digitalpartner der Deutschen Bahn. In dieser Funktion beschäftigt sie sich gemeinsam mit den Konzernpartnern mit dem strategischen Erschließen von Wertpotenzialen von Augmented Reality an der Kundenschnittstelle. Als studierte Wirtschaftspsychologin verbindet sie in ihrer Arbeit Menschen und Technologien, sodass entstehende Synergien optimal genutzt werden können.



Luis Bollinger ist Mitgründer und CMO von [Holo-Light](#), einem Unternehmen, das sich auf immersive Software und Technologien spezialisiert hat. In Augmented und Virtual Reality sieht er einen Treiber für die globale Digitalisierung sowie eine neue Art und Weise, Inhalte zu erleben. Luis Bollinger studierte Betriebswirtschaft in München und arbeitete für Analog Devices und OSRAM, bevor er mit vier Freunden sein eigenes XR-Unternehmen gründete.



Thomas Buchholz arbeitet seit 2008 bei den Telekom Innovation Laboratories, der zentralen Forschungseinheit der [Deutschen Telekom](#). Nach dem Studium der Physik arbeitete er in verschiedenen Forschungs- und Innovationseinheiten des Konzerns als Technologieexperte und Projektleiter an der Entwicklung neuer Audio- und Videotechniken. Als Senior Expert Media Experience arbeitet er derzeit an Technologie-Innovationen im Umfeld digitaler Medien. Seit 2014 sind AR- und VR- Innovationen ein wesentlicher Schwerpunkt seiner Arbeit.



Jens Ebert arbeitet seit 2012 bei der ↗ [Schaeffler Technologies AG & Co. KG](#). Zuvor war er Softwareentwickler und Projektingenieur für Mehrkörpersimulation am Institut für Mechatronik in Chemnitz. Bei Schaeffler war er als Softwareingenieur und Berechnungsspezialist innerhalb des Kompetenzzentrums Dynamik und Akustik tätig. Seit 2016 beschäftigt er sich mit der Analyse und Umsetzung digitaler Strategien im Konzern und ist seit 2017 Projektmanager und Product Owner für die Entwicklung von AR- und VR-Applikationen. Jens Ebert studierte Mathematik an der BTU Cottbus mit dem Nebenfach Maschinenbau. Ein besonderes Interesse hat er an agilen Vorgehensweisen und einem nutzerzentrierten Ansatz.



Daniel Eckertz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ↗ [Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM](#) in Paderborn. Er leitet die Gruppe Augmented und Virtual Reality und beschäftigt sich im Rahmen von Forschungs- und Industrieprojekten mit dem industriellen Einsatz innovativer Interaktions- und Visualisierungstechnologien. Neben der Realisierung konkreter Anwendungen unterstützt Daniel Eckertz Unternehmen bei der Identifikation von Einsatzpotenzialen sowie der Konzipierung und Entwicklung individueller AR/VR-Lösungen.



Dr. Daniel Evers ist seit 2017 IT-Direktor bei der ↗ [Lilly Deutschland GmbH](#) und hat mehr als 20 Jahre internationale Erfahrung in der Pharmaindustrie und in der IT. Sein Interesse gilt insbesondere den neuen Möglichkeiten der innovativen digitalen Kundeninteraktion. In enger Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen, externen Partnern und Kunden entwickelt er Plattformen und Lösungen, die neue Wege in der Zusammenarbeit eröffnen. Nach dem Studium der Physik an der Justus-Liebig-Universität Gießen mit abschließender Promotion und verschiedenen Stationen in der Pharmaindustrie kam er 2004 zur Lilly Deutschland als Experte für Medical & Regulatory IT, ehe er dann 2008 in den Bereich Sales & Marketing wechselte.



Alexandros Giannakidis ist Softwareingenieur und Wissenschaftler beim Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (↗ [Fraunhofer IAO](#)) in Stuttgart. Im Forschungsbereich Stadtssystem-Gestaltung & Mobilitäts- und Innovationssysteme (Team: Building Culture Innovation) beaufsichtigt er die Softwareentwicklung und arbeitet in angewandten Forschungsprojekten an der Schnittstelle zwischen XR-Technologien und der AEC-Branche (Architecture Engineering Construction).



Kornelius Heer arbeitet seit 2017 bei [PTC](#), dem Anbieter der industriellen Internet-of-Things-Plattform ThingWorx und der Augmented-Reality-Plattform Vuforia. Als IoT & AR Sales Engineer ist er in innovativen Projekten in Europa tätig. Er ermöglicht durch seine Tätigkeit, dass industrielle Unternehmen die Potenziale der Digitalisierung schnell nutzbar machen können. Neben der technischen Expertise hilft er Unternehmen, mehrwertbringende Anwendungsfälle zu identifizieren und zu quantifizieren. Darüber hinaus ist Kornelius Heer als Referent zum Thema AR bei der [Bitkom Akademie](#) tätig.



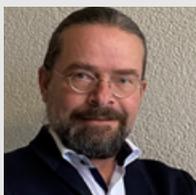
Wolfgang Hohlfeld arbeitet bei [Accenture](#) als Technologiearchitekt im Bereich Extended Reality, wo er das Team für die DACH-Region mit aufgebaut hat und das XR-Studio in München leitet. Er hat langjährige Erfahrung mit XR aus dem Studium sowie aus seinen bisherigen Arbeitsverhältnissen in der Robotik- und Beratungsbranche. Am spannendsten findet er die bevorstehende Entwicklung hin zu einem gesellschaftlichen Gesamtnutzen von XR, da sich die Technologie immer schneller weiterentwickelt.



Dr. Andreas Kohne ist Leiter Business Development bei der [Materna TMT GmbH](#). Zuvor war er Assistent der Geschäftsleitung und Business Development Manager bei der Muttergesellschaft Materna SE; parallel dazu promovierte er. In den Einstiegsjahren bei Materna war er als technischer Consultant tätig. Vor seinem Einstieg bei dem Dortmunder Unternehmen im Jahr 2008 war er im Forschungs- und Entwicklungslabor von IBM in Böblingen tätig. Dr. Andreas Kohne studierte Kern-Informatik an der TU Dortmund mit dem Nebenfach BWL. Neben seinem Beruf schreibt er als Autor Fachbücher und leitet beim Bitkom als Vorsitzender den Arbeitskreis Augmented & Virtual Reality.



Dr. Stefan Roth arbeitet als Consultant bei der [DB System GmbH](#), dem internen IT-Dienstleister der Deutschen Bahn. Mit seinem Venture HoloAssist hat er für die Bahn neue Wege im Bereich Augmented Reality betreten. Als passionierter Tech-Freak beschäftigt er sich mit dem Thema AR bereits seit 2015 und konnte mit Microsofts HoloLens einige interessante Anwendungsfälle beleuchten. Neben dem Thema AR treibt Stefan Roth die digitale Transformation der DB System als Coach und Trainer voran.



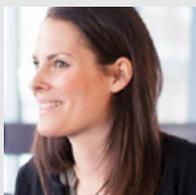
Gunter Teichmann koordiniert die anwendungsnahen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bei der [SALT Solutions GmbH](#), Part of Accenture Industry X. In dieser Funktion baut der passionierte Informatiker seit 2017 in Dresden ein Kompetenzzentrum für Mixed Reality auf, wobei die Verknüpfung des holographischen Computings mit künstlicher Intelligenz im gesamten Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum im Zentrum der Forschung steht.



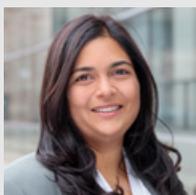
Marco Tillmann ist seit 2010 Produkt-Manager für 2D&3D-Daten sowie XR/Spatial Computing bei [HERE Technologies](#) in Frankfurt am Main, einem führenden Unternehmen im Bereich Location-Data und Navigation. Zuvor arbeitete er als Produkt-Manager bei der Maxon Computer GmbH in Friedrichsdorf, Partnership-Manager bei Apple Ltd in Uxbridge, England, und Produkt-Manager und Künstler bei Integrated Computing Engines Inc. in Waltham, MA, USA. Zuvor hat er ein Studium in Computer-Kunst und Animation am Savannah College of Art and Design in Savannah, GA, USA, absolviert.



Viktor Waal ist Geschäftsführer von [SpotAR](#) – einem Startup, das eine auf Augmented Reality basierende Plattform für Tourismus und Reisen entwickelt hat. Sie bietet einen Service für Regionen, Städte und Gemeinden, um die Geschichte von Orten und ihrer Vergangenheit zu erzählen. Viktor Waal arbeitete für verschiedene deutsche Unternehmen wie zum Beispiel T-Systems International GmbH oder auch Vodafone GmbH und hat eine große Leidenschaft für IT und Technik. Mit einem starken Antrieb für Vertrieb und Marketing ist SpotAR bereits sein zweites Startup neben anderen erfolgreichen Projekten.



Tamara Wettengl ist seit 2018 Projektmanager Rheumatologie bei der [Lilly Deutschland GmbH](#) in Bad Homburg. In cross-funktionaler Zusammenarbeit entwickelt sie innovative und digitale Projekte im Rahmen der rheumatologischen Fort- und Weiterbildung für Kliniken, Universitäten, niedergelassene Rheumatologen, Rheumatologische Fachassistenzen (RFA) und Patienten. Mit viel Begeisterung leitet sie u. a. die Entwicklung von VR- und AR-Anwendungen, die in Co-Creation mit Kooperationspartnern entstehen. Nach ihrem BWL-Masterstudium mit dem Schwerpunkt Management an der Justus-Liebig-Universität Gießen startete sie 2016 als Multi-Channel-Marketing-Trainee bei Pfizer in Berlin und übernahm dort im Anschluss die Rolle des Digital-Marketing-Managers für eine Rx-Indikation in der Kardiologie.



Julia Wittmann arbeitet als Projektmanagerin bei [NIK e.V.](#) – Netzwerk der Digitalwirtschaft und ist dort für das Projekt XR HUB Nürnberg verantwortlich. Sie studierte Europawissenschaften, Kultur- und Medienmanagement und sammelte seither umfangreiche Projekterfahrungen auf europäischer, Bundes- und regionaler Ebene. Sie vereint Expertise aus den Bereichen Digitalisierung, Kultur, Medien und Kreativwirtschaft und ermutigt Unternehmen aus klassischen Wirtschaftsbranchen und Vertreter aus Politik und Verwaltung, sich mit Trend- und Innovationsthemen zu befassen.

Bitkom vertritt mehr als 2.700 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 2.000 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

**Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10
10117 Berlin
T 030 27576-0
F 030 27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

bitkom