

André Grothus
Theo Thesing
Carsten Feldmann

Digitale Geschäftsmodell- Innovation mit Augmented Reality und Virtual Reality

Erfolgreich für die Industrie entwickeln
und umsetzen



Springer Gabler

Digitale Geschäftsmodell-Innovation mit Augmented Reality und Virtual Reality

André Grothus · Theo Thesing ·
Carsten Feldmann

Digitale Geschäftsmodell- Innovation mit Augmented Reality und Virtual Reality

Erfolgreich für die Industrie entwickeln
und umsetzen

André Grothus
Fachhochschule Münster
Münster, Deutschland

Theo Thesing
Fachhochschule Münster
Münster, Deutschland

Carsten Feldmann
Fachhochschule Münster
Münster, Deutschland

ISBN 978-3-662-63745-6 ISBN 978-3-662-63746-3 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-63746-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Susanne Kramer

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Unter Mixed Reality werden die Technologien Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) verstanden. In der Praxis gibt es bereits zahlreiche Anwendungsfälle wie beispielsweise für Unterhaltungssoftware, Trainings oder Arbeitsanweisungen. Allerdings finden diese Anwendungen meist nur innerhalb sogenannter Leuchtturmprojekte in einzelnen Großunternehmen statt. Obwohl das Potenzial von AR und VR in vielen Unternehmen bereits erkannt wird, steht die breite Nutzung der Mixed Reality im verarbeitenden Gewerbe noch aus.

Mixed Reality ermöglicht sowohl die Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle als auch die Weiterentwicklung bestehender Geschäftsmodelle. Dabei stehen das Erlangen von Wettbewerbsvorteilen und der Nutzen aus Kundensicht im Fokus. In Forschung und Praxis sind das Potenzial und mögliche Anwendungsgebiete zwar bereits erkannt, jedoch mangelt es an konkreten Geschäftsmodellen zum betriebswirtschaftlich sinnvollen Einsatz dieser Technologien. Der Innovation von Geschäftsmodellen und den spezifischen Anforderungen kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) wird bislang zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Dieses Buch bietet konkrete Antworten und zahlreiche Praxisbeispiele zu den folgenden Fragen:

Welche Geschäftsmodelle im Kontext der Mixed Reality nutzen Unternehmen im produzierenden Gewerbe bereits?

Welche Geschäftsmodellmuster bieten innovative Potenziale zur Weiterentwicklung und zur Generierung von Wettbewerbsvorteilen?

Wie lassen sich die Geschäftsmodelle in der Praxis auf Basis eines Leitfadens implementieren?

Diese Studie ist Teil des Projekts DigiTrans@KMU des Instituts für Prozessmanagement und Digitale Transformation (IPD) der Fachhochschule Münster gemeinsam mit den Wirtschaftsförderungen der Kreise Borken, Coesfeld, Steinfurt und Warendorf sowie des münsterLAND.digital e. V. Von 2019 bis 2022 werden gemeinsam mit Unternehmen aus dem Münsterland Handlungsempfehlungen für Geschäftsmodell-Innovationen auf Basis digitaler Technologien abgeleitet und Bausteine für die Entwicklung von

Digitalisierungsstrategien praxisnah erprobt. Weitere Projektergebnisse finden sich unter www.digitalradar-muensterland.de. Die Autoren danken Frau Laura Alassani und Herrn Lukas Schnitzler für ihre engagierte Unterstützung der Recherchen für die vorliegende Studie. In dieser Arbeit wird aus Gründen der einfachen Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet.

André Grothus
Theo Thesing
Carsten Feldmann

Inhaltsverzeichnis

Teil I Geschäftsmodell-Innovation mit Mixed Reality	
1 Motivation und Ziele	3
2 Mixed Reality: Anwendungsbereiche, Prozess zur AR-/VR-Anwendung, Nutzen und Grenzen	7
3 Geschäftsmodell-Innovationen: Wert für den Kunden und Erträge für das Unternehmen	43
4 Geschäftsmodell-Innovationen im Bereich Mixed Reality	53
5 Geschäftsmodellmuster mit Mixed Reality entlang der Wertschöpfungskette nach Porter	77
6 Geschäftsmodellmuster im Bereich Mixed Reality für KMU	107
7 Zusammenfassung Teil I	115
Teil II Geschäftsmodelle mit Mixed Reality entwickeln – ein Leitfaden von der Idee zur Umsetzung	
8 Motivation und Ziele	119
9 Einordnung in das Innovationsmanagement	121
10 Geschäftsmodelle mit VR und AR entwickeln: Fünf Schritte von der Idee zur Umsetzung	123
11 Zusammenfassung Teil II	151
12 Forschungsmethodik	153
Literatur	161

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
B2B	Business-to-Business (Geschäftskunden)
B2C	Business-to-Customer (Privatkunden)
CAD	Computer-aided design
FoV	Field of View
GUI	Graphical User Interface
HMD	Head Mounted Display
IoT	Internet of Things
KMU	Klein- und mittelständische Unternehmen
OST	Optical-see-Through
P2P	Peer-to-Peer
PMI	Project Management Institute
RV	Reality-Virtuality
SaaS	Software-as-a-Service
VR	Virtual Reality
VST	Video-see-Through
XR	Mixed Reality

Teil I

Geschäftsmodell-Innovation mit Mixed Reality



Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) – diese Begriffe fallen oft im Kontext der Digitalisierung beziehungsweise der digitalen Transformation von Unternehmen. AR und VR lassen sich den sogenannten „Advanced Technologies“ [1] (Deutsch „fortschrittliche Technologien“) zuordnen. Dieser Begriff bezeichnet Technologien, welche die Basis für innovative digitale Geschäftsmodelle, Prozesse, Produkte und Dienstleistungen schaffen. Weitere Beispiele sind 3D-Druck, Blockchain, Künstliche Intelligenz und das Internet of Things. Diesen Technologien wird das Potenzial zugeschrieben, ganze Branchen disruptiv zu verändern [2–6]. Ihre Charakterisierung als disruptiv entspringt der Erwartung, dass bestehende Technologien obsolet und traditionelle Geschäftsmodelle weitestgehend verdrängt werden.

Da diese Technologien größere, teilweise radikale Veränderungen bei der Digitalisierung der Geschäftsmodelle und -prozesse des Unternehmens ermöglichen (engl. enable), werden sie häufig synonym als „Enabling Technologies“ bezeichnet. Dies hebt ihre Bedeutung als „Befähiger“ der digitalen Transformation hervor. Dieses Buch fokussiert mit AR und VR digitale Technologien, die innovative Geschäftsmodelle ermöglichen. Der Durchdringungsgrad dieser Technologien ist im produzierenden Gewerbe bisher gering, sodass eine strukturierte Darstellung möglicher Geschäftsmodell-Innovationen auf Basis dieser Technologien einen ersten Orientierungsrahmen für den Transfer aufs eigene Unternehmen und weitere wissenschaftliche Forschung schafft.

Weder AR noch VR sind grundlegend neue technologische Ansätze. So gab es bereits 1988 ein VR-System der NASA namens Virtual Interface Environment Workstation (VIEW) [7]. AR und VR werden oft miteinander verwechselt oder als eine Technologie verstanden. Grundsätzlich vereint beide Technologien, dass sie auf digitalem Wege eine neue Realität darstellen beziehungsweise die von Menschen wahrgenommene Realität mit digitalen Elementen erweitern. In wissenschaftlichen Publikationen wurde das

Potenzial der Technologien früh erkannt. Auch im Gartner Hype Cycle wurden AR und VR bereits seit längerer Zeit dargestellt. Das Marktforschungsunternehmen Gartner hat sich auf Entwicklungen in der IT spezialisiert und stellt jährlich die aktuellen Technologietrends auf einer Lebenszykluskurve („Hype Cycle“) dar. Diese prognostiziert im Zeitablauf, wann bestimmte Technologien mit überzogenen Erwartungen assoziiert werden beziehungsweise wann sie sich wirtschaftlich produktiv einsetzen lassen [8]. Diese Prognosen haben einen gewissen Nutzen für das Innovationsscouting von Unternehmen bzw. die unternehmerische Entscheidung im Hinblick auf den Investitionszeitpunkt. Im Jahre 2017 war VR beispielsweise noch zwei bis fünf Jahre vom sogenannten Plateau der Produktivität entfernt, das den wirtschaftlichen Einsatz einer Technologie beschreibt; AR sogar fünf bis zehn Jahre [9]. Bereits im Jahre 2019 sind beide Technologien nicht mehr auf dem Hype Cycle zu finden [10]. Dies bedeutet im Sinne der Phasen des Gartner Hype Cycles, dass AR und VR als technisch ausgereifte Technologien für die wirtschaftliche Nutzung im Markt verfügbar sind und Unternehmen mit ihnen Erträge erwirtschaften. Gleichzeitig berichten verschiedene Marktforschungsunternehmen von signifikanten Marktwachstumsraten. So prognostiziert beispielsweise das VynZ Research eine jährliche Wachstumsrate (Compound Annual Growth Rate, engl. CAGR) von 48,8 % (2020 bis 2025) für die AR und VR [11], sodass dieser Markt bis 2025 von aktuell 22,1 Mrd. US\$ auf 161,1 Mrd. US\$ anwachsen könnte.

Sowohl Unternehmen als auch die Wissenschaft beschäftigen sich intensiv mit Anwendungsfällen und der technischen Umsetzung von AR- und VR-Lösungen. Dabei liegt der Fokus oft auf den technischen Möglichkeiten und Grenzen oder Prozess-Innovationen mithilfe dieser Technologien [12–20]. Jedoch kann die alleinige Konzentration auf die Technologie ein Unternehmen in eine riskante Richtung lenken. Wenn es um digitale Transformation geht, ist nicht der Bestandteil „digital“ entscheidend, sondern vor allem die „Transformation“. Mit Ausnahme der Technologie in Produkten bieten digitale Technologien an sich keinen direkten Wert für ein Unternehmen. Ihr Wert entsteht dadurch, dass sich Geschäftsmodelle und Prozesse durch den Einsatz von Technologie anders gestalten lassen. Zum Beispiel geht es beim E-Commerce nicht um das Internet – es geht darum, über neue Vertriebskanäle zu verkaufen. Unternehmen brauchen eine bestechende Strategie, um sich aus Sicht ihrer Kunden vom Wettbewerb abzugrenzen, etwa im Hinblick auf Kundennutzen, Kosten oder Flexibilität. Und diese Wettbewerbsvorteile können durch digitale Technologien geschaffen werden. Allerdings ist die Digitalisierung kein Selbstzweck. Vielmehr ist der Einsatz digitaler Technologien ein Mittel zum Zweck, um die strategischen Ziele des Unternehmens zu erreichen und seine Marktposition zu verbessern. Daher gilt es, geeignete Geschäftsmodellmuster auf Basis von AR und VR zu identifizieren, um einen Kundennutzen zu generieren und Erträge zu erwirtschaften.

Im verarbeitenden Gewerbe ist der Durchdringungsgrad von AR- und VR-Lösungen bisher gering. Erst zwölf Prozent der befragten KMU weltweit gaben in einer Studie im Jahre 2019 an, AR oder VR ins Unternehmen eingeführt zu haben [21]. Gleichzeitig

beschäftigen sich immer mehr Unternehmen mit diesen Technologien. Eine Umfrage unter KMU des verarbeitenden Gewerbes im Münsterland (Nordrhein-Westfalen) ergab, dass 17 % (VR) bzw. 29 % (AR) der Befragten nicht einschätzen können, inwiefern sich diese Technologien in den kommenden Jahren auf die Geschäftsmodelle in ihrer Branche auswirken werden. Der Adaptionegrad stellt sich dabei ähnlich gering dar, wie in einer weltweiten Studie erhoben (VR = 15 %; AR = 10 %) [22]. Dabei sind in Abb. 1.1 nur die Technologien VR und AR dargestellt, während die Befragung selbst noch weitere Technologien (bspw. 3D-Druck und KI-Technologie) zum Gegenstand hatte. Vor dem Hintergrund der durch den Einsatz dieser Technologien zu erzielenden Wettbewerbsvorteile sollten Unternehmen Antworten auf die Frage finden, wie sie Anwendungsfälle identifizieren und wirtschaftlich ausbeuten können.

Technik- und digitalaffine Personen erfassen in der Regel schnell die Möglichkeiten des Einsatzes von AR und VR. Dem kaufmännischen Management stellen sich jedoch die folgenden Fragen:

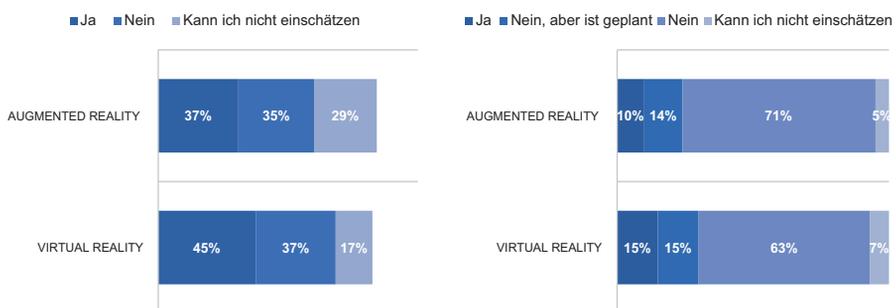
Wie beeinflussen diese Technologien das bestehende Geschäftsmodell des Unternehmens im produzierenden Gewerbe?

Welche Wettbewerbsvorteile bieten sich durch eine Weiterentwicklung des Geschäftsmodells mithilfe von AR/VR?

Welche Ansatzpunkte hat das Unternehmen, um ein innovatives Geschäftsmodell mithilfe von AR/VR zu entwickeln?

Welche Erfolgsfaktoren gilt es bei der Implementierung neuer Geschäftsmodelle zu beachten?

Das **Ziel des ersten Teils** dieses Buches ist es, Antworten und illustrative Praxisbeispiele zu den folgenden Fragen zu liefern:



Frage: Werden folgende Technologien in den kommenden Jahren die Geschäftsmodelle in der Branche, in der Ihr Unternehmen tätig ist, verändern?

Frage: Werden diese Technologien in Ihrem Unternehmen eingesetzt?

Abb. 1.1 Ergebnisse Umfrage DigiTrans@KMU – Adaptionegrad und Auswirkung AR und VR

Welche Anwendungsfälle und Einsatzszenarien mit AR und VR sind in Unternehmen des produzierenden Gewerbes denkbar?

Welche Geschäftsmodelle im Kontext von AR und VR nutzen andere Unternehmen bereits?

Über welche Geschäftsmodellmuster lassen sich Wettbewerbsvorteile generieren, die Position in der Wertschöpfungskette stärken oder neue Märkte erschließen?

Wie lassen sich die Geschäftsmodelle klassifizieren, um Orientierung für Unternehmen zu bieten?

Der **zweite Teil des Buches** stellt ein Vorgehensmodell in fünf Schritten von der Idee zur Umsetzung vor.

Insbesondere KMU können erfolgreich neue Geschäftsmodelle hervorbringen, da sie eine große strategische Flexibilität im Hinblick auf ihre Ressourcen, Prozesse und Fähigkeiten aufweisen. Durch die erfolgreiche Entwicklung neuer bzw. die Veränderung bestehender Geschäftsmodelle können KMU Wettbewerbsvorteile generieren, ihre Position in der Wertschöpfungskette stärken, neue Märkte erschließen und ihre Geschäftsprozesse optimieren [23].

Das methodische Vorgehen für dieses Buch orientiert sich am Ansatz des Buches „Digitale Geschäftsmodell-Innovationen mit 3D-Druck – Erfolgreich entwickeln und umsetzen“ [24] und adaptiert diesen für die Technologien AR und VR.



Mixed Reality: Anwendungsbereiche, Prozess zur AR-/VR-Anwendung, Nutzen und Grenzen

2

2.1 Überblick

Nachdem Kap. 1 die Motivation und die Ziele dieser Studie vorgestellt hat, werden im folgenden Abschn. 2.1 zunächst die Grundlagen zur Technologie vermittelt, um ein gemeinsames Verständnis für die darauf aufbauenden Ausführungen zu entwickeln. Abschn. 2.2 beschreibt die Anwendungsbereiche, den Nutzen und die Grenzen von Mixed Reality (XR) entlang der Wertkette nach Porter. Kap. 3 schlägt den Bogen zur Geschäftsmodell-Innovation und der Frage, wie sich mit Mixed Reality nicht nur Wert für den Kunden, sondern auch Erträge für das Unternehmen generieren lassen. Die darauffolgenden Kapitel stellen Geschäftsmodellmuster aus Literatur und Praxis in strukturierter Form dar, um Impulse für den Transfer aufs eigene Unternehmen zu liefern.

2.2 Grundlagen

Der Begriff Mixed Reality (dt. etwa „gemischte Realität“) bezeichnet IT-Lösungen oder Umgebungen, bei der die natürliche Wahrnehmung des Nutzers mit einer künstlichen, digital generierten Wahrnehmung ergänzt wird. Mixed Reality (XR) umfasst als Oberbegriff die beiden Begriffe Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR). Augmented Reality (dt. erweiterte bzw. angereicherte Realität) beschreibt die kontextbasierte Anzeige digitaler Informationen an realen Objekten in Echtzeit, dargestellt durch ein dafür geeignetes Anzeigegerät [25]. Virtual Reality (dt. virtuelle Realität) bezeichnet die Anzeige einer virtuellen Umgebung unter Ausschluss der Realität mithilfe eines Anzeigegeräts wie etwa einer geschlossenen Brille, bei der die Nutzer die Realwelt



Abb. 2.1 Reality-Virtuality (RV) Continuum. (Nach Milgram, Takemura et al. (1995) [27])

visuell nicht wahrnehmen [26]. Diese virtuelle Realität wird durch digitale Stimulation der menschlichen Sinne erschaffen.

Beide Technologien verändern die visuelle Wahrnehmung der Realität des Nutzers mittels verschiedener technischer Maßnahmen. Insbesondere das Anzeigen digitaler Elemente wie etwa Bauteile, technische Anlage, Bilder und Videos ist ein gemeinsames Merkmal beider Technologien. Die Realität wird ebenso über die akustische Wahrnehmung verändert, beispielsweise durch die Simulation von Geräuschen. Wird von AR und VR gesprochen, so ist jedoch in der Regel die visuelle Veränderung der Realität gemeint. Der Grad, in dem die beiden Technologien die menschliche Wahrnehmung der Realwelt (engl. Reality) verändern, reicht von „keiner Veränderung“, also der Wiedergabe der tatsächlichen Realität, bis zur komplett virtuellen Umgebung unter Ausschluss der Realität. Vor diesem Hintergrund prägten bereits 1994 die Autoren um Paul Milgram den Begriff „Mixed Reality“ [27]. Sie beschreiben ein sogenanntes **Reality-Virtuality Continuum**, bei dem die jeweiligen Extrema durch die Realität auf der einen Seite und der Virtualität auf der anderen Seite markiert werden. Da auch bei VR die Realität weiterhin wahrgenommen werden kann – zwar nicht mehr visuell, jedoch ggf. über andere Sinne wie Hören, Fühlen oder Riechen – kann auch die VR innerhalb der XR verortet werden. Abb. 2.1 stellt das beschriebene Spektrum der XR dar.

Die Technologien AR und VR verbindet mehr als nur eine Begrifflichkeit und die Tatsache, dass unter Zuhilfenahme von Technik die Realität um digitale Elemente erweitert oder sogar ersetzt wird: Beide Technologien bieten im Rahmen des Reality-Virtuality-Continuum Ansatzpunkte für Geschäftsmodell- und Prozess-Innovationen.

Die folgenden Abschnitte vertiefen die technologischen Aspekte beider Technologien, um ein Grundverständnis zu vermitteln und darauf aufbauend die Anwendungsfälle und Geschäftsmodellmuster zu verstehen. Dabei wird bewusst auf eine umfassende Erläuterung technischer Einzelheiten zugunsten einer anwendungsbezogenen betriebswirtschaftlichen Perspektive verzichtet.

2.2.1 Augmented Reality

Der Begriff Augmented Reality (dt. erweiterte bzw. angereicherte Realität) beschreibt die kontextbasierte Anzeige digitaler Informationen an realen Objekten in Echtzeit,

dargestellt durch ein dafür geeignetes Anzeigergerät [25]. Dies bedeutet, dass bei der Nutzung von AR weiterhin die reale Umgebung wahrgenommen wird. Diese wird um digitale Informationen visuell erweitert bzw. angereichert. Dabei reagieren die angezeigten Informationen und digitale Objekte auf die Umwelt und stehen somit in Verbindung zu dieser. Diese Verbindung mit der Realität wird über sogenannte Trackingfunktionen erreicht, welche der Software-Anwendung ermöglichen, die Inhalte an der gewünschten Stelle im Sichtfeld des Nutzers, am richtigen geografischen Ort und zur richtigen Zeit anzeigen zu lassen [28]. Erstmals fiel der Begriff Augmented Reality im Jahre 1992 in einem von Thomas P. Caudell und David W. Mizell veröffentlichten Artikel [29]. Darin beschrieben sie einen Prototyp, ein sogenanntes „HUDSET“, welches ähnlich wie die heute bekannten AR-Brillen gestaltet war. Der Begriff setzt sich aus den englischsprachigen Bestandteilen „heads-up“, „see-through“ und „head-mounted display“ zusammen und beschreibt eben dies: Ein am Kopf einer Person montiertes Display, welches semi-transparent ist und simultan zur Sicht der Realwelt ergänzende digitale Informationen bereitstellen kann. Der Einsatzzweck des Prototyps war die Anwendung als Headset bei der Fertigung von Flugzeugen. Darauf folgten Erprobungen weiterer Prototypen. Viele dieser Ansätze gelangten nicht über die Laborgrenzen hinaus an die breite Öffentlichkeit, trugen jedoch als erste wichtige Schritte zur Reifung der Technologie bei [30]. Insbesondere am Beispiel des Smartphone-Spiels „Pokémon Go“¹ wird deutlich, dass die Technologie in der Zwischenzeit einen Reifegrad erreicht hat, welcher eine kommerzielle Nutzung durch Endkunden ermöglicht [31]. Auch im Geschäftskundenbereich (Business-to-Business, B2B) lässt sich AR etwa für das Anzeigen von Wartungsanleitungen für Maschinen und Anlagen nutzen.

Der breite Zugang potenzieller Nutzer zu digitalen Anzeigergeräten wie Smartphones und Tablets ist ein zentraler Grund für die Vielfalt potenzieller AR-Anwendungsfälle. Darüber hinaus werden die notwendigen Sensoren und Prozessoren zunehmend kostengünstiger und ermöglichen damit einen wirtschaftlichen Einsatz. Die technische Entwicklung ist längst nicht beendet. Neben dem Anbieter Microsoft, der bereits mit der Hololens 1 ein erstes technisch ausgereiftes AR-Head-Sets ähnlich dem von Caudell & Mizell beschriebenen Prototypen vermarktete, findet zunehmend eine Weiterentwicklung von VR statt. An dieser Stelle sei auf die Markteinführung der Hololens 2 im Jahre 2019 verwiesen [32] oder der Magic Leap AR-Brille im Jahre 2018, deren Entwicklung durch die Unternehmen Google und Alibaba mitfinanziert wurde [33]. Parallel erwarten Analysten einen kurzfristigen Einstieg von Apple in die Vermarktung einer eigenen AR-Brille für Endnutzer [34]. Entsprechend ist eine dynamische hardware- und softwareseitige Weiterentwicklung der AR-Technologie zu erwarten. Die folgenden drei Unterkapitel stellen mit Visualisierungsmedien, Informationen und Software die drei notwendigen Komponenten für die Realisierung von AR vor.

¹ Pokémon Go ist ein Spiel, bei dem sich die Spieler in der Realwelt bewegen, um zufällig auftauchende und nur über das Smartphone sichtbare virtuelle Monster mit Bällen zu fangen.

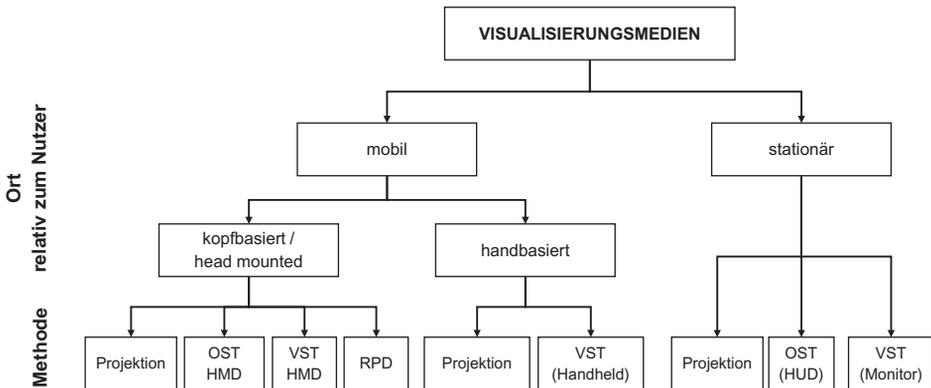


Abb. 2.2 Übersicht der Visualisierungsmedien bei AR. (Nach Reif (2009) [35])

2.2.1.1 Visualisierungsmedien

Die Wahl des Anzeigegeräts für eine AR-Anwendung entscheidet maßgeblich darüber, wie der Nutzer die erweiterte Realität wahrnimmt. Ein Anzeigegerät ist in diesem Zusammenhang ein Modul, welches in der Lage ist, für das menschliche Auge sichtbare Darstellungen virtueller Objekte zu generieren. Dabei existieren verschiedene Gerätetypen und Visualisierungsmedien, welche eine Darstellung auf technisch unterschiedliche Weisen gewährleisten. Abb. 2.2. stellt die Visualisierungsmedien in Anlehnung an Reif (2009) dar [35].

Im Hinblick auf Visualisierungsmedien wird generell unterschieden zwischen einem mobilen versus einem stationären **Ort der Darstellung**. Eine Möglichkeit ist eine mobile AR-Nutzung. Dies bedeutet, dass der Nutzer sich in der Realwelt frei im Raum bewegen kann und die Darstellung der virtuellen Elemente im Anzeigegerät auf die Bewegung des Nutzers reagiert. Konkret wird eine mobile Anwendung über zwei technologische Maßnahmen erreicht, welche im vorhergehenden Abschnitt bereits skizziert worden sind. Zum einen kann der Nutzer eine sogenannte AR-Brille tragen, welche Aufgrund der Positionierung am Kopf auch als „kopf-basiertes“ Anzeigemedium bezeichnet wird. Zum anderen lässt sich das Anzeigemedium mit der Hand halten und auf die Umgebung richten, beispielsweise mit einem Smartphone oder einem Tablet. Solche Anzeigemedien werden als „handbasiert“ bezeichnet. Neben einer mobilen AR-Nutzung kann ebenso eine stationäre Darstellung der angereicherten Realität stattfinden. Dabei betrachtet der Nutzer digitale Elemente über einen fest installierten (Bildschirm-) Terminal.

Im Hinblick auf die **Anzeigemethode** lassen sich vier Arten unterscheiden: Optical-See-Through, Video-See-Through, Projektion und Retinal Projection Display (RPD). Bei der **Optical-See-Through (OST)-Methode** blickt der Nutzer durch ein transparentes bzw. halbtransparentes Medium und nimmt durch dieses weiterhin die reale Umgebung visuell wahr. Für die Anzeige der digitalen Elemente wird auf Technologien

wie Lichtleiter oder Spiegelsysteme zurückgegriffen, welche die Elemente im Anzeigemedium einblenden und so für den Nutzer sichtbar machen. Umsetzen lassen sich OST-Methoden entweder kopf-basiert („head-mounted“) zum Beispiel mittels AR-Brillen oder stationär wie etwa mit Head-Up-Displays, die beispielsweise in Flugzeugcockpits oder modernen Kraftfahrzeugen eingesetzt werden. Der relativ hohe Anschaffungspreis von AR-Brillen (im Jahr 2021 ca. 2000 bis 3000 €) steht derzeit dem Absatz hoher Stückzahlen an private Endkunden entgegen.

Eine zweite Anzeigemethode ist **Video-See-Through (VST)**. Bei VST wird die Umgebung über ein Kamerasystem aufgenommen, digitalisiert, mit AR-Daten (d. h. digitalen Elementen und Informationen), angereichert und dann dem Nutzer rein digital über einen Bildschirm dargestellt. Diese Technologie wird beispielsweise in Tablets und Smartphones angewendet. Die fehlenden kontextbasierten Informationen werden durch die Software in die „abgefilmte“ Szene eingefügt und dann für die Nutzer sichtbar gemacht. Eine weitere technische Ausprägung stellen VST-Headsets dar. Bei diesen kopf-basierten Anzeigemedien haben die Nutzer die Bildschirme meist umschließend direkt im Sichtfeld, während das emittierte Bild über Linsensysteme aufgrund der Nähe zu den Augen scharfgestellt werden muss. Die Umgebung wird wiederum über Kamerasysteme (meist stereoskopisch) abgefilmt, digitalisiert, mit AR-Daten angereichert und dem Nutzer dargestellt. Die dritte Variante dieser Methode ist der klassische Monitor bei stationären AR-Anwendungen. Hier wird die Umgebung, zum Beispiel der Arbeitsplatz, ähnlich wie bei den vorhergehenden Anzeigemethoden um AR-Inhalten angereichert.

Bei der **Projektion** als dritte Visualisierungsmethode handelt es sich um eine Darstellung digitaler Inhalte, welche direkt in die Realität projiziert werden. Dies erfolgt über einen Laserprojektor bzw. Beamer, welcher die Elemente an der gewünschten Stelle in der Realwelt mittels Licht darstellt. Ein Sensorsystem, beispielsweise ein Kamerasystem, ermöglicht die Reaktion des Systems auf Änderungen etwa des Orts oder Blickwinkels des Nutzers, sodass diese Anzeigemethode ebenfalls interaktiv ist. **Retinal Projection Display (RPD)** ist eine vierte Möglichkeit der AR-Visualisierung. Hier wird ein Bild direkt auf die Netzhaut des Nutzers projiziert, sodass die Illusion einer vor dem Auge schwebenden virtuellen „Leinwand“ entsteht und der virtuelle AR-Inhalt immer im Fokus ist. RPD ist eine potenzielle Technologie für Anwendungsfälle, bei denen eine genaue Abstandswahrnehmung erforderlich ist.

Die passende Visualisierungsmethode ist in Abhängigkeit des Anwendungsfalls zu wählen. Auswahlkriterien sind beispielsweise die Verfügbarkeit und die Anschaffungskosten des Visualisierungsmediums, die Komplexität der Inbetriebnahme bzw. der Handhabung des Geräts, die Anforderung freier Hände für manuelle Arbeitssituationen, die Interaktion mit den virtuellen Elementen (z. B. Möglichkeiten, Latenz), die Präzision und die Kosten des Betriebs. Eine Entscheidung für eine bestimmte Visualisierungsmethode sollte bereits in der Phase der Konzeption der AR-Anwendung getroffen werden. So ist beispielsweise die Nutzung von AR-Brillen im Privatkundenmarkt (Business-to-Consumer, B2C) aktuell nur in geringem Maße verbreitet. Zielt das Geschäftsmodell auf Endkunden im B2C ab, so wäre eine Visualisierungsmethode zu