

Knoll, Matthias; Stieglitz, Stefan

Article — Published Version

Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Provided in Cooperation with:

Springer Nature

Suggested Citation: Knoll, Matthias; Stieglitz, Stefan (2022) : Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Vol. 59, Iss. 1, pp. 6-22, <https://doi.org/10.1365/s40702-022-00840-5>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/307546>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Augmented Reality und Virtual Reality – Einsatz im Kontext von Arbeit, Forschung und Lehre

Matthias Knoll · Stefan Stieglitz

Eingegangen: 7. Dezember 2021 / Angenommen: 19. Januar 2022 / Online publiziert: 15. Februar 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung Technologien zur Unterstützung von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) setzen sich mit zunehmender Geschwindigkeit am Markt durch und ermöglichen so das seit vielen Jahren bekannte AR-/VR-Konzept in vielfältigen industriellen, dienstleistungsorientierten, hochschulischen und privaten Einsatzbereichen zu betriebswirtschaftlich sinnvollen Rahmenbedingungen anzuwenden. Insbesondere im Endkundenmarkt erschließen sich einschlägige Anwendungen einen stark wachsenden Markt. AR und VR werden über die bislang in diesem Bereich dominierende Spieleindustrie hinaus „alltagstauglich“.

Für eine vertiefende Diskussion einzelner Einsatzbereiche und Herausforderungen ist es daher zunächst hilfreich, die Begrifflichkeiten voneinander abzugrenzen und die mit dem Einsatz verbundenen begleitenden Chancen und Risiken im konkreten Projektkontext adressieren zu können.

Dieser Beitrag definiert daher zunächst die zentralen Begriffe und stellt anschließend grundlegende Anwendungsmöglichkeiten und wichtige Einsatzgebiete vor. Er unterstützt zudem bei der Betrachtung von Vor- und Nachteilen, insbesondere im Kontext der Suche nach passenden Lösungen und des Risikomanagements und schließt mit Hinweisen für den Einstieg in Technologie und Anwendung.

Schlüsselwörter Augmented Reality · Virtual Reality · Visualisierung · Immersion · Open Source

Matthias Knoll (✉)
Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Deutschland
E-Mail: matthias.knoll@h-da.de

Stefan Stieglitz
Digitale Kommunikation und Transformation, Universität Duisburg-Essen, Essen, Deutschland
E-Mail: stefan.stieglitz@uni-due.de

Augmented Reality and Virtual Reality in the Context of Work, Research and Teaching

Abstract Technologies to support augmented reality (AR) and virtual reality (VR) are establishing themselves on the market at an increasing rate, thus enabling the AR/VR concept, which has been known for many years, to be applied in a wide variety of industrial, service-oriented, academic and private areas of application under conditions that make sense from a business or personal perspective. Particularly in the end customer market, relevant applications are opening up a rapidly growing market beyond the gaming industry that has dominated this area to date—AR and VR are becoming more and more fit for everyday use.

For an in-depth discussion of application areas and challenges, it is therefore helpful to be able to distinguish relevant terms from one another and to be able to address opportunities and risks associated with the technologies' use in specific project contexts.

This article therefore first defines the key terms and concepts. Afterwards potential applications and important areas of use are discussed. This article also provides support in considering advantages and disadvantages, especially in the context of finding suitable solutions and a reasonable risk management. It concludes with tips for getting started with technology and application.

Keywords Augmented Reality · Virtual Reality · Visualization · Immersion · Open Source

1 Definition und Abgrenzung

1.1 Motivation

Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) sind, wenn vielleicht auch nicht unmittelbar unter diesen Begriffen, seit längerem im Alltag vertraute Konzepte. Filme wie „Avatar“ (2009) erschaffen vollständig virtuelle Welten, Doku-Spielfilme wie „KI – die letzte Erfindung“ (2021) nutzen Elemente der AR als selbstverständliche Bestandteile eines nicht allzu fernen Alltags und die Spieleindustrie sorgt mit entsprechender Hard- und Software für immer realistischere Interaktionsmöglichkeiten in diesen virtuellen Welten. So hat beispielsweise das Spiel „Pokemon-Go“ das Konzept von AR einer neuen Breite von Anwendern bekannt gemacht. Handelsunternehmen (bspw. IKEA) und Hersteller (bspw. BMW) aus unterschiedlichsten Branchen nutzen AR und die damit verknüpften Möglichkeiten in Vertrieb, Produktion, Service und Unterhaltung.

Prinzipiell ist das Konzept seit Ende der 1960er-Jahre bekannt. Allerdings waren frühe Geräte zur Nutzung sehr teuer, komplex, qualitativ meist nicht optimal und erforderten umfangreichen Ressourceneinsatz (Wohlgenannt et al. 2020; Fransson et al. 2020). Zur zunehmenden Verbreitung trugen erst in den letzten Jahren die immer bessere Vernetzung (breitbandige Glasfaser- und 5G-basierte Verbindungen), eine zunehmende Miniaturisierung bei gleichzeitig stark gesteigerter Rechenleistung

sowie gesunkene Preise für die notwendige Hardware bei. Insbesondere die Entwicklung in der graphischen Darstellung hochauflösender Inhalte, die heute im Gegensatz zu den Anfangsjahren ohne leistungsfähige separate Grafikkrechner möglich ist, und die Möglichkeit, Anzeigen in gut tragbare Accessoires (etwa leichte Brillen) zu integrieren, verlief in den letzten Jahren mit zunehmender Geschwindigkeit (Zenisek 2021). Nicht zuletzt hat auch die Corona-Pandemie daran mitgewirkt, AR und VR im beruflichen und privaten Alltag immer stärker zu verankern.

Allerdings fokussierten in der Vergangenheit trotz umfangreicher Forschungsarbeiten dazu viele Aktivitäten eher auf die Technologie (bspw. die spezielle Hardware und Betriebssoftware). Aspekte wie die Akzeptanz und Fähigkeiten bei den Nutzenden, Auswirkungen auf das Verhalten nutzender Personen, Qualifikations- und Tätigkeitsprofile und die Organisationsstrukturen eines Unternehmens, Datenschutzprobleme, ethische Fragen oder gar auf medizinische Aspekte wurden hingegen weniger stark betrachtet.

Hier ist jedoch mittlerweile ein Bewusstseinswandel eingetreten und es findet verstärkt eine ganzheitliche Betrachtung dieser Elemente statt. AR als auch VR werden als wichtige Zukunftsmärkte für eine Vielzahl von Unternehmen und Branchen eingestuft (Cavusoglu et al. 2019; Parvinen et al. 2018; Peukert et al. 2019; vXchange 2020; VynZ Research 2020).

Einschlägige Studien stufen AR sogar als einen der Top-10-Technologietrends mit exponentiell steigendem Kundeninteresse ein (Bitkom 2020; IDC 2021; Super-Data Research 2020; Samsung Business Insights 2020; Forbes 2020). Dies kann sicherlich auch dadurch begründet werden, dass Mobilgeräte wie etwa Smartphones und Tablets, die sich besonders gut für AR-Anwendungen eignen, zu alltäglichen Begleitern geworden sind.

Aber dennoch fehlen der Mehrheit der Unternehmen konkrete VR-Erlebnisse. Durchaus interessierten Unternehmen, die AR und/oder VR anwenden könnten, erschließen sich sinnvolle Anwendungsfälle nicht sofort, weshalb der Mehrwert einer AR-/VR-Investition vielfach mit Skepsis gesehen wird. In solchen Fällen kann es daher hilfreich sein, wenn diese Unternehmen bei der Erkundung von Aktionspotenzialen und der Generierung sinnvoller Anwendungsfälle begleitet werden, wie etwa Fromm et al. (2021) beschreiben.

1.2 Definition

1.2.1 Augmented Reality

AR basiert auf dem Gedanken, ein Abbild der realen Welt und eine Menge virtueller Elemente so zu überlagern, dass für die nutzenden/interagierenden Personen durch die Koexistenz der Elemente (Flavián et al. 2019) ein Mehrwert entsteht. AR wird daher auch als erweiterte Realität bezeichnet (siehe auch Abb. 1) (Dörner et al. 2019).

Die Überlagerung von realen und virtuellen Objekten untereinander muss dabei in Echtzeit erfolgen (Souza Cardoso et al. 2020). Sie kann sich auf einzelne Personen, einzelne oder mehrere Objekte oder die gesamte Umgebung im Blickfeld beziehen. Dadurch ist eine direkte Interaktion mit den virtuellen Elementen sinnvoll möglich. Virtuelle Elemente sind dabei ergänzende erläuternde Informationen, etwa techni-

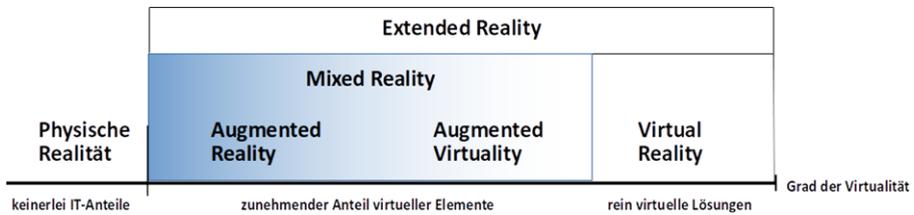


Abb. 1 AR/VR-Kontinuum. (Modifiziert nach Milgram und Kishino 1994, S. 3)

sche Daten, Statusmeldungen (etwa von IoT-Geräten) oder Serviceanweisungen, aber auch weiterführende Erklärungen, Verweise und Abbilder von Zusammenhängen. Auch historische Informationen lassen sich so bei Bedarf heranziehen.

Werden entsprechende Anwendungen auf Mobilgeräten genutzt, wird von Mobile AR-Applikationen (MAR-Apps) gesprochen (Hoffmann et al. 2021).

1.2.2 Virtual Reality

Mit VR-Anwendungen lassen sich virtuelle, also real nicht existierende, künstliche Umgebungen erschaffen (vgl. Dörner et al. 2019). VR-Umgebungen können dabei visuell an Objekte der Realität angelehnt sein (bspw. Darstellung eines Konferenzraums) oder vollkommen losgelöst hiervon gestaltet werden (bspw. Visualisierung von chemischen Prozessen). Die virtuelle Umgebung kann dabei über Eigenschaften und Handlungsmöglichkeiten verfügen, die auch die Realität selbst besitzt. Sie kann darüber hinaus zusätzliche oder andere Eigenschaften aufweisen, die es in der Realität in dieser Form sogar gar nicht geben könnte.

Mittels geeigneter Technologien können VR-Anwendungen Immersion erzeugen, also den nutzenden Personen das Gefühl geben, Teil dieser künstlichen Umgebung zu sein. Oder anders formuliert: Virtual Reality nutzt Immersion, um interaktive virtuelle Umgebungen oder virtuelle Welten nach dem Vorbild realer Umgebungen zu simulieren, in die sich die Nutzer subjektiv einbringen und in denen sie sich physisch anwesend fühlen (Wohlgenannt et al. 2020). Die virtuelle Umgebung kann dabei persistent sein, also bestehen bleiben, auch wenn Nutzer diese verlassen, oder speziell für eine kurzfristige Nutzung geschaffen werden und beim Verlassen wieder verschwinden (Instanzen). Virtual Reality besteht damit aus drei zentralen Bestandteilen:

- der Telepräsenz – die nutzenden Personen können die softwarebasierte Repräsentation des gleichen oder eines weit entfernten realen oder sogar eines frei erfundenen Ortes, Objektes oder Person erleben
- Interaktion – die Möglichkeit zur Interaktivität mit anderen Personen
- Immersion – das Gefühl des „Eintauchens“ in die virtuelle Welt (Immersion). Je besser die Implementierung ist, desto intensiver ist das Gefühl dieser Immersion.

Die virtuelle Umgebung ist damit stets ein Modell und besteht aus

- Agenten (oder auch Avataren), die stellvertretend für die realen Personen Handlungen ausführen,

- beliebigen Objekten (bspw. Whiteboards, Tische),
- Prozessen (insbesondere im kommerziellen Nutzungskontext) oder Abläufen (etwa in einem Film oder Spiel).

Die Interaktion erfolgt durch geeignete Hardware für die optische und akustische Präsentation der Inhalte einerseits und die Ausführung von Aktivitäten andererseits. Hier unterscheidet man Displays (vom kleinen Display eines Mobilgeräts bis hin zu 360-Grad-Displays) und Head-Mounted-Displays (HMD) bzw. Head-Up-Displays (HUD), auch als VR-Brillen bezeichnet. Zudem können spezielle Steuergeräte (wie sie aus der Spieleindustrie bekannt sind), Handschuhe und weitere Accessoires (Schuhe, Jacken) genutzt werden, die mit Sensorik ausgestattet sind und auf diesem Weg die eigenen Bewegungen in die virtuelle Realität integrieren können (o.V. 2020b).

Vielfach werden virtuelle Umgebungen (engl.: virtual environments) respektive virtuelle Welten (engl.: virtual worlds) mit Virtual Reality gleichgesetzt. Tatsächlich können virtuelle Umgebungen und Welten, müssen aber nicht, mit Virtual-Reality-Konzepten realisiert sein (Wohlgenannt et al. 2020). Beispiele für typische, auf VR basierende virtuelle Welten sind die inzwischen im Vergleich zu 2003 deutlich weniger bekannte virtuelle Welt „Second Life“ (Sonntag 2017) oder das aktuell geplante, vieldiskutierte „Metaverse“ des Meta Konzerns (Gollmer 2021).

1.2.3 Immersion

Während nicht nur in der Forschung weitgehend Einigkeit darüber besteht, dass Präsenz und Interaktion in enger Verbindung stehen und wie sie zur Gestaltung genutzt werden, lohnt beim Begriff Immersion für ein Verständnis des AR- und VR-Begriffs eine nähere Betrachtung.

Zur Charakterisierung und damit letztlich auch als Maßstab für die Messung der Qualität einer VR-Lösung eignen sich einerseits objektiv messbare Faktoren. Hierzu zählen (Wohlgenannt et al. 2020):

- Inklusiveness: das Maß für den Ausschluss der Realität (etwa teilweise oder vollständig).
- Extensiveness: das Maß für den Einbezug der Sensorik (Hören, Sehen, Fühlen, Gleichgewicht/Bewegung usw.).
- Vividness: die Lebendigkeit der Darstellung, in der Hauptsache an der Detailliertheit (etwa optischer Darstellungen) gemessen.
- Matching: das Maß für Propriozeption beschreibt allgemein, in wie weit man den Sinn für sich selbst geschärft hat, also die Position der eigenen Gliedmaße und die Lage des Körpers im Raum. Im Kontext von AR und VR legt Propriozeption fest, wie gut diese eigenen Bewegungen in der optischen Darstellung wiedergegeben sind.

Andererseits ist aber auch eine subjektive Einordnung möglich. Hierzu kann Einbindung („Involvement“) das Maß für die Immersion beschreiben. Dabei wird eine Kombination aus kognitiver, emotionaler, sensorisch-motorischer und räumlicher Immersion genutzt.

1.3 Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum

Mit Blick auf die Ergänzung des VR-Ansatzes um die Einbindung realer Kontexte sowie einer teilweise uneinheitlichen Begriffsverwendung sowohl in der Forschung als auch in der Praxis (Farshid et al. 2018), erscheint es für eine verbesserte Differenzierung hilfreich, ein Kontinuum zu definieren, auf dem sich eine Lösung positionieren kann (Abb. 1).

Je nach Anteil virtueller Elemente bezeichnet man die resultierende Lösung als AR (mehr Realität als Virtualität) oder als VR (mehr Virtualität als Realität). Typische Beispiele für AR sind etwa einzelne digitale Elemente in einem ansonsten realen Umfeld, etwa ein eingeblendeter Kaufpreis oder eine Demontage-Serviceanweisung für ein Detail einer Maschine. Auch ein Kleidungsstück im speziell aufbereiteten Spiegelbild eines Kunden im Bekleidungsgeschäft zählt dazu. Typische Beispiele für Augmented Virtuality sind etwa einzelne Bilder oder Videos aus der realen Welt in der virtuellen Umgebung.

2 Anwendungskontexte

2.1 Branchenneutrale Tätigkeitsschwerpunkte

Lösungen, die auf AR und/oder auch VR basieren, werden heute in zahlreichen Unternehmen aus den unterschiedlichsten Branchen genutzt. Ziel ist, die bestehende Prozess- und Organisationsqualität zu verbessern, Zeit und Kosten zu sparen oder Innovationen beziehungsweise neue Geschäftsmodelle umzusetzen und damit die Reife, Zukunfts- und Wettbewerbsfähigkeit des Gesamtunternehmens zu erhöhen. Dies gilt gerade auch dann, wenn der AR-/VR-Gedanke auf 3D-Modelle und deren Anwendung in unterschiedlichen Kontexten ausgedehnt wird (Korbel und Zarnekow 2021).

Dabei können AR und VR in folgenden Tätigkeitsschwerpunkten branchenneutral unterstützen:

2.1.1 Visualisierung komplexer Sachverhalte, Modellierung und Simulation

Insbesondere in der Entwicklung von Maschinen und Anlagen, aber auch Fahrzeugen, Schiffen, Flugzeugen und anderen komplexen Projekten (auch Gebäude) kann VR für das Prototyping genutzt werden. In Verbindung mit entsprechender Konstruktionssoftware kann so die bereits vielfach erprobte Erstellung eines digitalen Zwillings auf Basis einer realen Vorlage umgekehrt werden. Nun wird zunächst das digitale Abbild erstellt, ehe das reale Produkt tatsächlich produziert oder projiziert wird.

Aber auch in geistes- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen kann AR oder VR eingesetzt werden, etwa zur Behandlung komplexer juristischer Sachverhalte (Muff et al. 2021).

2.1.2 *Wissensaustausch, Lehren und Lernen, einschließlich Gamification-Ansätze*

Der Einsatz von AR und VR in der außerhochschulischen beruflichen Weiterbildung ist branchenübergreifend umfassend. Es können bestimmte Szenarien trainiert werden. Dazu zählen etwa Verkaufs- oder Beratungsgespräche, interpersonelle Konfliktlösungen oder in der Realität schwer oder nur kostenintensiv nachstellbare Situationen wie Umgang mit Bränden und anderen Notfällen (Grassini und Laumann 2020) oder das Sicherheitstraining für gefährliche Arbeitsorte, ebenso komplexe Servicefälle und Reparaturen. Aber auch das klassische Personalassessment, Training im Umgang mit Diversität und viele andere Szenarien im Kontext von Geschäftsprozessen lassen sich mit AR oder VR abbilden. Vorteil ist, dass die Lerninhalte anders als bei bislang schwerpunktmäßig genutzten „traditionellen“ Lernmaterialien (Bücher, Präsentationen, Videos usw.) unmittelbar erlebt werden können (Huang et al. 2021). Dabei können auch virtuelle Prozesse und Objekte zur Wissensvermittlung genutzt werden, die in der Realität nicht erlebbar sind (bspw. das Begehen einer menschlichen Zelle).

AR und VR werden zudem an Schulen und Universitäten im Rahmen der (hoch-)schulischen Erstaus-, aber auch Weiterbildung vielfältig eingesetzt (Müser und Fehlinig 2021; Zick und Wefelnberg 2021).

Einerseits sind so bereits in den letzten Jahren zahlreiche neue Optionen geschaffen worden, die prinzipiell das Potenzial zur Erweiterung und Verbesserung der Lehre, aber auch des Lernerfolges besitzen. So lassen sich damit neuartige Lehr- und Lernszenarien entwickeln (Müser und Fehlinig 2021; Zender et al. 2018). Dabei lassen sich sowohl geisteswissenschaftliche als auch naturwissenschaftliche Sachverhalte veranschaulichen. Archäologie wird ebenso leichter erfassbar, wie komplexe chemische Prozesse und elektrotechnische oder physikalische Kontexte. Gerade in Pandemiesituationen erlaubt dies künftig möglicherweise Laborversuche, die aktuell stark unter den Bedingungen gelitten haben, ohne physische Präsenz durchzuführen.

Doch unabhängig von der Form der Lehre und Weiterbildung ist insbesondere die Wirksamkeit für den nachhaltigen Erfolg entscheidend, häufig jedoch nicht ausreichend evaluiert (Niedermeier und Müller-Kreiner 2019). Aus diesem Grund wenden sich beispielsweise Müser und Fehlinig (2021) und – für die produzierende Industrie – Wolfartsberger et al. (2021) diesem Aspekt zu.

2.1.3 *Kollaboration/Zusammenarbeit, einschließlich interner Kommunikation*

Hier können AR und VR etwa für das Onboarding von neuem Personal genutzt werden, insbesondere unter den aktuellen Pandemie-Bedingungen, aber auch grundsätzlich zur Verdeutlichung von Sachverhalten (wie etwa Zuständigkeiten und Prozessen). Ebenso können sowohl AR als auch VR zur Bearbeitung gemeinsamer Aufgaben und Projekte genutzt werden, etwa in Design-Thinking-Prozessen (Vogel et al. 2020). VR-Umgebungen, die gezielt für die kollaborative und arbeitsbezogene Nutzung entwickelt wurden, werden als Collaborative Virtual Environment (CVE) bezeichnet (Mirbabaie et al. 2021). Solche Umgebungen können auch neueste Trends, etwa die Arbeit digitaler Nomaden unterstützen (Hofeditz et al. 2021).

2.1.4 Externe Kommunikation (Unternehmenskommunikation)

Hier können AR und VR in anschaulicher Form Transparenz, etwa in Fertigungsprozessen, herstellen, da es mitunter entweder zu gefährlich, regulatorisch unzulässig oder zu aufwändig wäre, Kunden oder interessiertes Publikum durch die Produktion zu führen. Ebenso hilfreich ist VR bei der Bereitstellung von Showrooms, virtuellen Messeständen oder gar virtuellen Pressekonferenzen (Orsolits und Lackner 2020). Sie bauen einerseits die Distanz zum Produkt ab, vermeiden andererseits überfüllte Räume und möglicherweise erfolglose Versuche, überlaufene Messestände zu erreichen. Gleichzeitig kann eine virtuelle Teilnahme dazu beitragen Klimaziele zu erreichen.

Auch HR-Prozesse und Dienstleistungen (Jessen et al. 2020), etwa die „klassische“ Beratung in Banken und Versicherungen, kann mittels VR – und unter Einbindung von künstlicher Intelligenz in Form von Conversational Agents bzw. Chatbots – durchgeführt werden. Erste Versicherungen befragen ihre Versichertengemeinschaft mit VR sogar zu deren Gesundheit.

2.2 Branchenbeispiel

2.2.1 Produktion und Handel

AR bietet insbesondere im stationären Einzelhandel zahlreiche Optionen für die Verkaufsförderung. So lässt sich leicht prüfen, ob beispielsweise Kleidungsstücke oder Kosmetika (Make-Up, Lippenstift) den eigenen Vorstellungen entsprechen und zur eigenen Person passen. Mit VR können etwa Einrichtungshäuser Wohnungseinrichtungen visualisieren und den Interessenten so einen unmittelbaren Eindruck ermöglichen, Autohersteller und -häuser erlauben die Konfiguration von Fahrzeugen. Prinzipiell lassen sich viele dieser Anwendungsfelder auch auf E-Commerce-Angebote und ebenso auf die Investitionsgüterindustrie übertragen. So lassen sich etwa Montagelinien, Windparks und andere Großprojekte für Investoren und Betreiber anschaulich darstellen, noch ehe der Spatenstich erfolgt ist. Erste Unternehmen, etwa aus der Automobilbranche, verlagern zudem bereits Teile oder sogar die gesamte Entwicklung insgesamt ins Virtuelle (o.V. 2020a, 2021). So können mit Hilfe von Simulationen Alternativen schneller, kostengünstiger und nachhaltiger erkundet, ausgewählt oder verworfen werden. Aber auch die Fertigung profitiert vom Einsatz spezieller VR-Lösungen (Zenisek 2021).

Von AR profitieren kann auch das Servicepersonal, etwa in der Logistik. Sind einzelne Maschinen oder die gesamte Anlage stark kundenspezifisch konfiguriert, unterstützen AR-Lösungen im Servicefall (Niemöller et al. 2017) mit begleitenden Informationen das Servicepersonal und tragen damit zu einer Kosten- und Ausfallzeitreduktion bei.

2.2.2 Reise- und Tourismus

Einerseits lassen sich mit VR Reiseziele und Unterkünfte (Mederle et al. 2021) vorab erkunden. Andererseits bietet insbesondere AR vielfältige Möglichkeiten, um das

Besucherlebnis zu verstärken. So können in Stadtführungen zusätzliche Informationen entsprechend der Blickrichtung des Reisenden angezeigt werden, etwa zur (historischen) Bedeutung von Plätzen und Gebäuden.

2.2.3 Gesundheitswesen

VR ermöglicht das Training komplexer Operationen, etwa in der (Herz- oder Neuro-)Chirurgie, kann aber auch bei Behandlungen zur Beruhigung oder Ablenkung eingesetzt werden. AR wiederum kann Telemedizin, gerade im ländlichen Raum, und in vielen Fällen – zunehmend auch in Verbindung mit KI-Unterstützung – die Diagnostik verbessern.

2.2.4 Sport

VR wird verstärkt zur Unterstützung von Trainingsprozessen sowie zur Talentsuche im Sport eingesetzt. So ermöglicht beispielsweise SoccerBot360 als Simulator unterschiedlicher Situationen ein entsprechend spielnahes Training verschiedener Taktiken, die in der Realität wesentlich aufwändiger nachgestellt werden müssten. Aber auch zur Unterstützung einer raschen Rückkehr verletzter Spieler kann VR eingesetzt werden, etwa, indem auf Basis realer Spieldaten bestimmte Situationen nachgestellt und so gezielt geübt werden können, ohne weitere physische Traumata durch zu frühe Belastungen riskieren zu müssen. Der gleiche Ansatz kann zudem im Sportmarketing und im Kontext von Aktivitäten für Fans genutzt werden. So lassen sich Spiele im virtuellen Raum „nachspielen“. Andere Lösungen erlauben es, Sportereignisse von beliebigen Orten aus möglichst unmittelbar verfolgen zu können. So lassen sich beispielsweise im Rennsport Rennen durch das Publikum mit Hilfe von VR auch entfernt und durch entsprechende Endgeräte unmittelbar aus Fahrerperspektive miterleben.

2.2.5 Spiele- und Unterhaltungsindustrie

Sowohl die Filmindustrie, als auch die Spieleindustrie setzen AR und VR in zunehmendem Umfang ein. Bereits früh erkannten diese Branchen, dass für gute Unterhaltung nicht immer ein Abbild der Realität vorliegen muss. Vielmehr lassen sich durch Kombination mit Virtualität neue Dimensionen erschließen. Protagonisten, insbesondere der aktiv Spielende in einem VR-Spiel, lassen sich so mit Fähigkeiten ausstatten, die in der Realität niemals möglich wären, etwa übernatürliche Kräfte oder die Möglichkeit zu fliegen. Mit zunehmender technologischer Entwicklung werden sowohl die Darstellungen selbst, als auch die Interaktionsmöglichkeiten im virtuellen Raum oder im Kontext der AR immer realistischer. Dies führt dazu, dass die Grenze zwischen Virtualität und Realität immer weniger wahrgenommen wird. Diesen Umstand nutzt zunehmend auch die Erotikbranche, die neben dem Militär vielfach als Motor der VR-Entwicklung gesehen wird. Bereits vor über einem halben Jahrzehnt tauchten erste Berichte über einschlägige Entwicklungen auf. Seit 2017 beschreibt der Begriff „Digisexualität“ unter anderem die Nutzung von VR-Ansätzen in diesem Bereich (McArthur und Twist 2017), die sich seither fortlau-

ferend weiterentwickelt hat (Kästner 2020). Die aktuelle Corona-Pandemie könnte hier die Entwicklungen beschleunigen beziehungsweise entsprechende Angebote einem breiteren Publikum zugänglich machen.

3 Chancen und Herausforderungen für Organisationen

Die in Abschnitt 2 beispielhaft genannten Anwendungskontexte verdeutlichen das grundsätzlich mächtige Potenzial von AR- und VR-Anwendungen. Zwar werden aktuell vielfach lediglich naheliegende Anwendungsfälle – meist prototypisch – umgesetzt, etwa AR-Unterstützung bei Servicefällen oder VR-Umgebungen für Schulungen und Kundenberatungen. Doch mit Blick auf den disruptiven Charakter digitaler Lösungen und den noch unbekanntem Erfordernissen des weiter fortschreitenden digitalen Transformationsprozesses kann es durchaus interessant sein, die Überlegungen auf weitere Fachgebiete und Prozesse in Organisationen, wie bspw. Unternehmen oder Universitäten, auszudehnen, wie es etwa die Rechtevisualisierung zeigt (Muff 2021). So wäre beispielsweise interessant, ob die Einbindung von AR und VR im Risikomanagement zu einer verbesserten Erkennung und Behandlung neuartiger Risiken führen könnte. Denn mit Hilfe von AR oder VR lassen sich komplexe Ursache-Wirkungsketten, gerade im IT- und Cyber-Kontext veranschaulichen und so besser verstehen, erneut durchlaufen und in abgewandelter Form risikolos testen. In Verbindung mit anderen Technologien, etwa Künstlicher Intelligenz, unterstützt VR möglicherweise auch bei klassischen betriebswirtschaftlichen Fragestellungen, etwa in der Finanzbuchhaltung. Ungewöhnliche Buchungen und finanzielle Verflechtungen in großen Unternehmen lassen sich optisch aufbereiten und durch „Begehbarkeit“ direkt erlebbar gemacht vielleicht schneller und leichter durchschauen, was nicht zuletzt die Betrugsprävention und -behandlung verbessern könnte.

Chance und Herausforderung zugleich sind sicherlich auch die mit zunehmendem AR- oder VR-Einsatz verbundenen Veränderungen in den Qualifikationsprofilen des Personals. Einerseits werden Fachleute benötigt, die AR- und VR-Lösungen entwickeln können. Andererseits werden sich dadurch langfristig sicherlich auch die Bedienung von Maschinen oder die Nutzungsformen von Anwendungssystemen verändern. Der Digitalkompetenz kommt ein immer größerer Stellenwert zu. Um die Akzeptanz in entsprechende Projekte und Lösungen so früh wie möglich zu schaffen, ist eine ebenso frühzeitige Kommunikation und aktive Einbindung in entsprechende Projekte und Weiterbildungsangebote sinnvoll.

Auch muss frühzeitig untersucht werden, inwieweit gerade VR-Lösungen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen bei den Nutzenden führen können. Insbesondere bei der (erstmaligen) Nutzung von VR-Brillen oder beim Betrachten von 360-Grad-Darstellungen können sich, obwohl die Technologien hier in den letzten Jahren sehr große Fortschritte gemacht haben, noch immer Symptome ähnlich der Seekrankheit (Übelkeit, Schwindel, Kopfschmerzen) zeigen. Interessant wäre daher, welche Lösungsmöglichkeiten es hierfür gibt.

3.1 Auswahl von Lösungen

Eng mit der Frage des geeigneten Einsatzgebietes ist auch die Auswahl einer passenden Lösung verbunden. Analog zur Auswahl anderer Anwendungssysteme stehen auch hier zwei Optionen zur Verfügung: Die Eigenentwicklung, gegebenenfalls in Kooperation mit spezialisierten Unternehmen oder Hochschulen und der Kauf und das Customizing von Standardlösungen.

Während bei AR-Lösungen vielfach bereits vorhandene mobile Endgeräte oder Standard-PC genutzt werden können und damit eher die passende Software im Vordergrund eines Projektes steht, wird für VR spezialisierte Hardware benötigt. Mittlerweile ist der Markt für diese Geräte stark gewachsen, auch kristallisieren sich bestimmte Unternehmen als Markt- und/oder Technologieführer heraus (bspw. Oculus, Lenovo). Hier, wie auch in vielen anderen Bereichen der IT, stellt sich damit die Frage nach der flexiblen Anbindbarkeit von Softwarelösungen. Verfolgen Anbieter eine geschlossene Plattformstrategie, können Abhängigkeiten entstehen, die die Erweiterung der bestehenden Konfiguration auf andere Kontexte erschweren. Dies führt zur Frage, inwieweit Open-Source-Ansätze eine Alternative zu proprietären Lösungen und den damit verbundenen mehr oder weniger umfangreichen Vendor-Lock-In sein können.

3.2 Open-Source-Projekte und -Aktivitäten

Mittlerweile existieren bewährte Optionen, Open-Source- und Open-Data-Konzepte im kommerziellen Kontext erfolgreich einzusetzen (Knoll 2021). Zwar sind beim Einsatz von Open-Source rechtliche Besonderheiten zu beachten (Wilmer 2021), doch lassen sich solche Fragen grundsätzlich lösen.

Entsprechend gibt es eine Reihe vielversprechender Projekte und Initiativen, die an offenen AR-/VR-Konzepten und Lösungen arbeiten. Eine Übersicht der aus Sicht des Autors vielversprechendsten Ansätze enthält Musa (2019). Viele der in dieser Übersicht vorgestellten Frameworks, Plattformen und VR-Graphik-Engines unterstützen eine Vielzahl von AR-/VR-Endgeräten. Zudem existieren Projekte, die Anleitungen und Hilfestellungen für den Bau eigener, preiswerter VR-Ausrüstung anbieten. Ziel hierbei sind niedrige Entwicklungs- und Produktionskosten, um insbesondere Start-Ups Innovationen zu ermöglichen. GuriVR, ein VR-Editor, führt diese Liste an. Er soll besonders intuitive Entwicklungen ermöglichen. Ein weiteres Projekt ist OpenSpace 3D, eine offene Plattform für die Entwicklung von AR- und VR-Anwendungen. Auch Google stellt mit ARCore eine Lösung bereit. Schließlich wird Open Source VR (OSVR) aktuell von mehreren Hardwareherstellern unterstützt und erlaubt die Anbindung einer großen Zahl von Endgeräten.

Weitere Übersichten listen viele hundert Projekte auf GitHub mit unterschiedlichsten Schwerpunkten. Mit VRSpace, einer mehrbenutzerfähigen Virtual-Reality-Engine lassen sich beispielsweise Gruppenspiele plattformübergreifend und unter besonderer Beachtung der Privatsphäre entwickeln und spielen.

Während im Spiele- und Unterhaltungssektor wohl auch weiterhin proprietäre Lösungen dominieren werden, bieten Open-Source-Projekte möglicherweise für

weitere Anwendungsfelder, in denen oftmals zwangsläufig individuell entwickelt werden muss, eine Alternative zu eher geschlossenen Lösungen.

3.3 Risikomanagement, Einbindung in das interne Kontrollsystem und Revision

AR- und VR-Lösungen sind komplexe IT-Anwendungen. Je nach Kontext können daher unterschiedliche Risiken von ihnen ausgehen oder auf sie einwirken. Oftmals überwiegt bei der Projektierung solcher Lösungen die Euphorie darüber, eine altbewährte oder neuartige Fragestellung nunmehr mit innovativer Technologie unterstützen oder gar erstmalig lösen zu können. Häufig fehlt in diesem frühen Stadium eine konsequente Einbindung in die bewährten IT-Management-Strukturen, etwa in das Change-, Produktions- und Servicemanagement. Kooperieren einzelner Fachabteilungen mit externen Partnern, um dem Kunden- oder Interessentenkreis Lösungen zeitnah und vor dem Wettbewerber anbieten zu können, besteht in der ersten Euphorie über die erzielten Erfolge die Möglichkeit, typische Risiken zu übersehen. Diese Risiken lassen sich in fünf Gruppen unterteilen (Kohnke 2020):

3.3.1 Datenschutz-Risiken

AR- und VR-Lösungen sind sehr datenintensiv. Alle Bewegungen bei Nutzung der Hardware werden protokolliert, die so entstehenden Bewegungsprofile beispielsweise können daher insbesondere im (End-)Kundenkontext, aber auch innerhalb des eigenen Personals in unterschiedlicher Form und zu verschiedensten Zwecken genutzt werden. Verhaltens- und Leistungsrückschlüsse, aber auch Rückschlüsse auf die Gesundheit oder generelle Verhaltensmuster innerhalb bestimmter Situationen wären denkbar.

3.3.2 Datensicherheitsrisiken

Hierzu zählen unzureichende Absicherungen gegen unbefugten Zugang oder unbefugte Nutzung (fehlendes Identity- und Access-Management), fehlende Berechtigungs- und Rollendefinitionen, eine unzureichende oder fehlende Klassifikation und Absicherung der Daten (etwa durch Verschlüsselung) sowie mangelnde Vereinbarungen über Speicherort und -dauer von gesammelten Daten.

3.3.3 Physische Risiken

Sie umfassen die bereits erwähnten gesundheitlichen Effekte beim Einsatz von AR- und insbesondere VR-Anwendungen. Häufig sind mit Blick auf Verletzungsmöglichkeiten keine geeigneten Räume verfügbar oder die Räume liegen auf dem Unternehmensgelände für Notfälle ungünstig.

3.3.4 *Infrastruktur-Risiken*

Sie beziehen sich auf die eingesetzte Hardware. Dabei reichen die Betrachtungen über das unmittelbar genutzte AR-/VR-Gerät und beispielsweise dessen fehlende Update-Möglichkeit hinaus. Sie erstrecken sich auch auf unüberwachte Netzzugänge, typische Programmierfehler oder die punktuelle Einbindung fremder Cloud-Angebote in das unternehmenseigene Netzwerk. Diese und viele weitere Szenarien lassen AR-/VR-Infrastruktur zu potenziellen Angriffspfaden für (neuartige) Malware werden.

3.3.5 *Monitoring-Risiken*

Hierzu zählt ein mangelhaftes (Datenschutz-konformes) Protokollieren wichtiger Daten im Kontext der Nutzung, wie etwa Nutzungszeit, verwendetes Gerät oder IP-Adresse. Häufig fehlen auch Protokolle und darauf aufbauende Überlegungen zur Speicherung der anfallenden großen Datenmengen. Entsprechend können keine Vorhersagen durchgeführt, Engpässe und Ausfälle, etwa durch Speicherplatzmangel, so nicht rechtzeitig erkannt werden.

Zwar sind alle diese und weitere, hier nicht genannte Risiken für sich genommen nicht neu und können auch in anderen IT-Kontexten existieren, sie müssen jedoch zusätzlich speziell im AR-/VR-Kontext analysiert werden, um geeignete, bereits bewährte Behandlungsmaßnahmen einführen zu können. Je stärker die neuen Lösungen in die bestehenden IT-Governance- und IT-Management-Strukturen eingebunden sind, desto besser gelingt eine systematische Überwachung. Hierzu bietet es sich im Rahmen einer AR-/VR-Governance, eines Mobile-Device-Managements für die AR-/VR-Endgeräte und eines sorgfältigen und fortlaufenden Beschaffungsmanagements zur Beherrschung des Bezugsrisikos an, eine AR-/VR-Checkliste als Leitlinie für die Identifikation, Analyse und Behandlung dieser Risiken aufzustellen. Sie sollte regelmäßig, in der Regel jährlich, herangezogen und dabei immer auch auf Ergänzungs- und Verbesserungspotentiale hin untersucht werden. Denn einerseits schreitet die Technologie fort, was unter Umständen zu neuen Risiken führen kann, während andere Risiken obsolet werden. Andererseits kann bei der Erstellung von Checklisten ein Aspekt übersehen oder vergessen werden. Eine Checkliste darf daher niemals als abschließend betrachtet werden (Knoll 2019).

Mit der systematischen Überwachung der Risiken werden entsprechende Maßnahmen zur frühzeitigen Identifikation („Detective“), Vermeidung („Preventive“) und Behandlung („Corrective“) von AR-/VR-Risiken Bestandteil des internen Kontrollsystems (IKS). Dies ist insbesondere deshalb von großer Bedeutung, weil AR/VR sowohl in zentralen internen Prozessen, als auch in unmittelbar umsatzgenerierenden Geschäftsprozessen enthalten ist oder sein wird und deshalb die Unternehmensreputation und das Finanzergebnis beeinflusst. Werden in der AR-/VR-Lösung personenbezogene Daten verarbeitet, kommen Compliance-Aspekte hinzu, ebenso, wenn AR/VR einem der (regulierten) KRITIS-Sektoren eingesetzt wird (beispielsweise Energie, Gesundheit, Finanzen, Verkehr). Fehlt hier ein Nachweis über die Einrichtung angemessener und wirksamer Kontrollmaßnahmen, drohen Prozess- und Haftungsrisiken für die letztverantwortliche Unternehmensleitung.

Ob und in welchem Umfang diese Kontrollmaßnahmen angemessen und wirksam sind, sollte regelmäßig im Rahmen von IT-Prüfungen durch die eigene Revision, aber durchaus auch durch externe Sachverständige geprüft werden.

4 Hinweise zum Einstieg in die Nutzung

Überlegungen in Richtung Einsatz von AR- und VR-Technologien sind mit Blick auf die andauernden disruptiven Entwicklungen in jedem Fall lohnenswert. Denn niemand kann absehen, ob und wenn ja in welcher Form sich AR und VR im innerbetrieblichen Kontext und in neuen Geschäftsmodellen durchsetzen wird. Die fortlaufende Beobachtung von Trends und technischen Entwicklungen sowie parallel dazu angestoßene Überlegungen zu einer AR-/VR-Strategie sind daher sinnvoll.

Um proaktiv und nicht reaktiv vorgehen zu können, bietet es sich daher konkret an, einen besonders vielversprechenden Anwendungsbereich auszuwählen und prototypisch (agil) zu realisieren. Der Fokus kann dabei sowohl auf dem internen Nutzen (Prozess-, Kosten-, Zeiteffizienz oder Erschließung neuer Konzepte für Produkte, Services sowie Verbesserungen interner Abläufe) als auch auf einer Erhöhung des Kundennutzens und damit auf Vergrößerung des sichtbaren Markenwertes liegen.

Dabei kann die Wissenschaft unterstützen, indem auf einschlägige Publikationen mit Hinweisen zur Umsetzung zurückgegriffen wird, für VR-Unterstützung in Fragen der Zusammenarbeit etwa Mirbabaie et al. (2021).

Um unnötige Risiken (siehe Abschnitt 3.3) zu vermeiden und eine spätere Erweiterbarkeit sicherzustellen, sollten diese prototypischen Aktivitäten jedoch frühzeitig und parallel zu den Fortschritten im Pilotprojekt durch Erstellung eines „Big Picture“ im Sinne der oben angesprochenen Strategie ergänzt und über die bewährten Betriebsprozesse begleitet werden.

Dazu zählen:

- Einrichtung einer AR-/VR-Governance, die Richtlinien für Entwicklung, Betrieb und (externe) Nutzung von AR-/VR-Anwendungen enthält
- Einbindung der AR-/VR-Lösungen in das Enterprise-Architecture-Management und damit auch in das Asset-Management und die IT-Bebauung
- Einbindung in die unternehmensweit etablierten Entwicklungs- und Changeprozesse und später für den Produktivbetrieb in das IT-Service-Management
- Frühzeitige Information des betroffenen Personals
- Frühzeitige Erstellung von Weiterbildungsangeboten

Gelingen eine erfolgreiche Implementierung und Ausweitung auf weitere Fachgebiete und Themenbereiche, aber auch eine Kombination mit anderen neuen Technologien, insbesondere der künstlichen Intelligenz, lässt sich einerseits die organisatorische Reife des Gesamtunternehmens verbessern. Andererseits lassen sich mit Blick auf die Gestaltung neuer Geschäftsmodelle (Strahinger und Wiener 2021) interessante Potenziale im Wettbewerb erschließen.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- (2020a) BMW nutzt Augmented Reality in der Fahrzeugentwicklung. <https://industrie.de/mobilitaet/bmw-augmented-reality-fahrzeugentwicklung-muenchen>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- (2020b) Haptik-VR: Die coolsten Produkte für Gefühl in VR. <https://mixed.de/haptik-vr-liste>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- (2021) Warum Audi VR-Anwendungen als Standardtools im Design einsetzt. <https://www.virtual-reality-magazin.de/warum-audi-vr-anwendungen-als-standardtools-im-design-einsetzt>. Zugegriffen: 11.2022
- Bitkom (2020) Können Sie sich vorstellen, künftig eine VR-Brille zu nutzen? Hg. v. Statista GmbH. Bitkom. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/438899/umfrage/umfrage-zum-interesse-an-virtual-reality-brillen-in-deutschland>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Cavusoglu H, Dennis AR, Parsons J (2019) Special issue: immersive systems. *J Manag Inf Syst* 36(3):680–682
- Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (Hrsg.) (2019) *Virtual und Augmented Reality (VR/AR) – Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Springer Fachmedien, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58861-1>
- Farshid M, Paschen J, Eriksson T, Kietzmann J (2018) Go boldly! Explore augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) for business. *Bus Horiz* 61(5):657–663
- Flavián C, Ibáñez-Sánchez S, Orús C (2019) The impact of virtual, augmented and mixed reality technologies on the customer experience. *J Bus Res* 100:547–560
- Forbes (2020) The top 10 technology trends in retail: How tech will transform shopping in 2020. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/11/25/the-top-10-technology-trends-in-retailhow-tech-will-transform-shopping-in-2020/#5e4e4a0a4e03>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Fransson G, Holmberg J, Westelius C (2020) The challenges of using head mounted virtual reality in K-12 schools from a teacher perspective. *Educ Inf Technol* 25:3383–3404. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10119-1>
- Fromm J, Slawinski E, Mirbabaie M (2021) Affordance-Experimentation: Eine Fallstudie zur Entwicklung von Virtual Reality Anwendungsfällen im Unternehmenskontext <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00828-7>
- Gollmer P (2021) Schon lange vor Facebook zeigte die Online-Welt „Second Life“, was im Metaversum alles möglich ist. <https://www.nzz.ch/technologie/second-life-was-uns-eine-18-jaehrige-online-weltueber-das-metaversum-erzaehlt-ld.1653856>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Grassini S, Laumann K (2020) Evaluating the use of virtual reality in work safety: a literature review. In: *Proceedings of the 30th European safety and reliability conference (ESREL) 01.11.2020–05.11.2020*. Research Publishing Services, Singapore, S 4964–4971
- Hofeditz L, Löffler U, Strathmann C (2021) Herausforderungen und Handlungsempfehlungen für die VR-basierte Zusammenarbeit mit digitalen Nomad*innen und anderen Remote-Arbeitenden. *HMD*. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00825-w>
- Hoffmann S, Mai R, Pagel T (2021) Toy or Tool? Utilitaristischer und hedonischer Nutzen mobiler Augmented Reality-Apps <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00822-z>
- Huang W, Roscoe RD, Johnson-Glenberg MC, Craig SD (2021) Motivation, engagement, and performance across multiple virtual reality sessions and levels of immersion. *J Comput Assist Learn* 37:745–758

- IDC (2021) Virtual Reality – Prognose zum Headset-Absatz weltweit 2024. Hg. v. Statista Gmbh. IDC. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/539653/umfrage/prognose-zum-absatz-von-virtual-reality-hardware>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Jessen A, Hilken T, Chylinski M, Mahr D, Heller J, Keeling DI, de Ruyter K (2020). The playground effect: How augmented reality drives creative customer engagement. *Journal of Business Research* 116:85–98
- Kästner A (2020) Smart Sex: Das Liebesleben der Zukunft. In: Werben & Verkaufen. https://www.wuv.de/tech/smart_sex_das_liebesleben_der_zukunft. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Knoll M (2019) Praxisorientiertes Risikomanagement Bd. 2. dpunkt, Heidelberg
- Knoll M (2021) Offenheit in der IT: Herausforderung und Chance zu Veränderungen <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00712-4>
- Kohnke A (2020) The risk and rewards of enterprise use of augmented reality and virtual reality. *ISACA Journal*, Heft 1 2020, S. 16–23
- Korbel J, Zarnekow R (2021) Die Rolle von 3D Modellen im Wertschöpfungsprozess von physischen und virtuellen Konsumgütern <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00816-x>
- McArthur N, Twist M (2017) The rise of digisexuality: therapeutic challenges and possibilities. *Sexual and Relationship Therapy* 32(1):1–11. <https://doi.org/10.1080/14681994.2017.1397950>
- Mederle S, Schiemenz C, Lindner E (2021) Extended Reality im Tourismus – Zukunftstechnologien mit Zukunft? <https://bz.t.bayern/extended-reality-tourismus-zukunftstechnologien>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Milgram P, Kishino F (1994) A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans Inf Syst E77-D:15*
- Mirbabaie M, Hofeditz L, Schmid L (2021) Ausgestaltungs- und Anwendungspotenziale von Virtual und Augmented Reality Technologien im Kontext von Coworking Spaces. HMD. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00818-9>
- Muff F, Fill HG, Kahlig E. et al. (2022) Kontextabhängige Rechtsvisualisierung mit Augmented Reality. HMD. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00832-x>
- Musa H (2019) 18 open source virtual reality (VR), augmented reality (AR) & mixed reality (MR) frameworks & projects. <https://medevel.com/16-virtual-reality-vr-frameworks>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Müser S, Fehlinig CD (2021) AR/VR.nrw – Augmented und Virtual Reality in der Hochschullehre <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00815-y>
- Niedermeier S, Müller-Kreiner C (2019) VR/AR in der Lehre!? Eine Übersichtsstudie zu Zukunftsvisionen des digitalen Lernens aus der Sicht von Studierenden. <https://www.pedocs.de/volltexte/2019/18048>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Niemöller C, Metzger D, Thomas O (2017) Design and evaluation of a smart-glasses-based service support system. In: Leimeister JM, Brenner W (Hrsg) *International Conference on Wirtschaftsinformatik (WI2017)* St. Gallen, 12.–15. Februar 2017
- Orsolits H, Lackner M (2020) Virtual Reality und Augmented Reality in der Digitalen Produktion. Springer Fachmedien, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29009-2>
- Parvinen P, Hamari J, Pöyry E (2018) Introduction to minitrack: mixed, augmented and virtual reality. In: *Proceedings of the 51st Hawaii international conference on system sciences Big Island*
- Peukert C, Pfeiffer J, Meißner M, Pfeiffer T, Weinhardt C (2019) Shopping in virtual reality stores: the influence of immersion on system adoption. *J Manag Inf Syst* 36(3):755–788
- Samsung Business Insights (2020) 5 retail technology trends to watch in 2020. <https://insights.samsung.com/2020/01/03/5-retail-technology-trends-to-watch-in-2020>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Sonntag M (2017) Second Life: In der Simulation leben immer noch 600.000 Spieler. <https://www.giga.de/extra/videospielkultur/news/second-life-in-der-simulation-leben-immer-noch-600.000-spieler>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Souza Cardoso LF, Mariano FCMQ, Zorzal ER (2020) A survey of industrial augmented reality. *Comput Ind Eng* 139:106–159
- Strahinger S, Wiener M (2021) Datengetriebene Geschäftsmodelle: Konzeptuelles Rahmenwerk, Praxisbeispiele und Forschungsausblick. HMD 58:457–476. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00731-1>
- SuperData Research (2020) Prognose zum Umsatz mit Virtual Reality weltweit in den Jahren 2018 bis 2023. Hg. v. Statista Gmbh. SuperData Research. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/318536/umfrage/prognose-zum-umsatz-mit-virtual-reality-weltweit>. Zugegriffen: 11. Jan. 2022
- Vogel J, Schuir J, Thomas O, Teuteberg F (2020) Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen. HMD 57:432–450. <https://doi.org/10.1365/s40702-020-00608-9>
- vXchange (2020) Top 7 augmented reality statistics for 2020. <https://www.vxchnge.com/blog/augmented-reality-statistics>. Zugegriffen: 11. Januar 2022

- Vynz Research (2020) Augmented reality and virtual reality market. <https://www.vynzresearch.com/ict-media/augmented-reality-and-virtual-reality-market>. Zugegriffen: 11. Januar 2022
- Wilmer T (2021) Rechtliche Fallstricke des Einsatzes von Open Source Software und freier Software – Hinweise für die Praxis. HMD 58:271–287. <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00705-3>
- Wohlgenannt I, Simons A, Stieglitz S (2020) Virtual reality <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>
- Wolfartsberger J, Riedl R, Jodlbauer H, Haslinger N, Hlibchuck A, Kirisits A, Schuh S (2021) Virtual Reality als Trainingsmethode: Eine Laborstudie aus dem Industriebereich <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00819-8>
- Zender R, Weise M, von der Heyde M, Söbke H (2018) Lehren und Lernen mit VR und AR – Was wird erwartet? Was funktioniert? In: Schiffner D (Hrsg) Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik (DeLFI) Frankfurt (http://ceur-ws.org/Vol-2250/WS_VRAR_paper5.pdf)
- Zenisek J, Wild N, Wolfartsberger J (2021) Investigating the potential of smart manufacturing technologies. *Procedia Comput Sci* 180:507–516
- Zick M, Wefelnberg M (2021) Entwicklung und Einsatz von AR-Anwendungen in der Hochschule am Beispiel des Projekts „Augmented Learning“ an der Universität Duisburg-Essen <https://doi.org/10.1365/s40702-021-00826-9>