

3.2.6 Augmented Reality – Virtual Reality (künstliche Welten)



■ **Stichwörter:** Ausgabegeräte, Datenbrillen, Datenhandschuh (Data Glove), Datenanzug (Data Suit), Eingabegeräte, Lernen am Arbeitsplatz, Simulation

> Warum ist das Thema wichtig?

Cyber-physische Systeme (CPS)¹ und 4.0-Prozesse² eröffnen neue Möglichkeiten und ständige Weiterentwicklungen von künstlichen Welten (Augmented und Virtual Reality). Ziel dieser 4.0-Technologie³ ist es, mittels intelligenter Software⁴ mit ihren Modellen der künstlichen Intelligenz (KI)

Arbeitsumgebungen oder Produkte zu simulieren und zu testen oder Situationen einzuüben. Zudem können Informationen bei der realen Arbeit zur Verfügung gestellt werden, die die Tätigkeit erleichtern. Möglich werden mittelfristige Einsparungen von Kosten, weil keine realen Erprobungen

durchgeführt werden können (zum Beispiel Notfallszenarien) und müssen (zum Beispiel Prototypen). Augmented und Virtual Reality ermöglichen eine zeitnahe Qualifizierung von Personen. Künstliche Welten können auch eine Hilfe für die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sein.

> Worum geht es bei dem Thema?

Begriffe: Augmented Reality (AR) – Virtuelle Realität (VR)

Augmented Reality⁵ oder erweiterte Realität bezeichnet die Anreicherung der visuellen Wahrnehmung der Realität durch die situationsgerechte Anzeige von computergenerierten Inhalten im Sichtfeld der Anwender (zum Beispiel als eingeblendete Informationen mittels Datenbrille, als Laserbild im Raum, auf

Scheiben im Fahrzeug) sowie die Bereitstellung von Möglichkeiten zur echtzeitfähigen Interaktion mit diesen Inhalten.⁶ Formal bezieht sich der Begriff auf alle Sinneswahrnehmungen des Menschen, wird jedoch in der Regel bei visuellen Darstellungen verwendet.

Virtuelle Realität erschafft dagegen vollständig computergenerierte Umgebun-

gen und ermöglicht so das interaktive Erleben und Manipulieren komplexer dreidimensionaler Rechnermodelle. Dabei sind die Darstellung komplexer 3-D-Modelle in Echtzeit sowie Geräte zur Präsentation und Interaktion auf einer oder mehreren Wahrnehmungsebenen (zum Beispiel Hören, Erfühlen beziehungsweise Tasten, Körperempfindung)⁷ erforderlich.

Anwendungsbeispiele

Augmented Reality mit ihrer intelligenten Software (inkl. KI) kann Führungskräfte und Beschäftigte im Arbeitsprozess unterstützen. Anwendungsbeispiele sind:

- Anleitung, Anweisung im Arbeitsprozess (zum Beispiel Wartungsunterstützung, Reparaturchecklisten und Montageanleitungen)
- Lernen im Arbeitsprozess am praktischen Beispiel
- Individualisierte Unterstützung im Arbeitsprozess durch Hinweise zur Arbeitsweise oder Orientierung (zum Beispiel Reparatur, beim Führen von Fahrzeugen)

- Modellhafte Darstellung (zum Beispiel von nicht sichtbaren Strukturen „unter Putz“)
- Überprüfung von Arbeiten (zum Beispiel Schweißnähte) und Reihenfolge von Arbeitsschritten im Prozess
- Überprüfung von Modellen hinsichtlich der Konstruktion und Simulation (zum Beispiel Strömungslinien)
- Blick in die Zukunft oder Vergangenheit (zum Beispiel Projektion von Bauvorhaben)

Virtual Reality simuliert mit ihrer intelligenten Software (inkl. KI) die Realität. Im digitalen Raum können Arbeitsplätze und

Prozesse nachgestellt, analysiert und angepasst werden. Anwendungsgebiete sind unter anderem:

- Übung oder Training von Tätigkeiten und Notfallsituationen im virtuellen Raum (zum Beispiel Verhalten im Brandfall)
- Überprüfen der Gebrauchstauglichkeit von Produkten und Prozessen während der Entwicklung oder Konstruktion
- Simulation von Gestaltungslösungen zur Mensch-System-Interaktion, um empirische Erprobungen einzusparen (zum Beispiel bei der Kollaboration mit Robotern)

Diese Umsetzungshilfe gibt Experten und Interessierten Anregungen, wie Arbeit 4.0 zu gestalten ist. Die Empfehlungen sollten an die jeweilige konkrete betriebliche Situation angepasst werden.

¹ Cyber-physische Systeme (CPS) verbinden und steuern als autonome technische Systeme Arbeitsmittel, Produkte, Räume, Prozesse und Menschen beinahe in Echtzeit. Die komplette oder teilweise Steuerung übernimmt intelligente Software auf Grundlage von Modellen der künstlichen Intelligenz. Genutzt werden dazu unter anderem auch Sensoren/Aktoren, Verwaltungsschalen, Plattformen/Clouds.

² Unter 4.0-Prozessen werden hier alle Arbeitsprozesse verstanden, in denen cyber-physische Systeme (CPS) oder andere autonome technische Systeme (wie Plattformen, Messenger-Programme) beteiligt sind. 4.0-Prozesse sind in den Arbeitsprozessen bisher selten vollständig, aber in Ansätzen in allen Betrieben umgesetzt.

³ 4.0-Technologie bezeichnet hier Hardware und technologische Produkte (wie Assistenzmittel/Smartphones, Sensoren/Aktoren in smarten Arbeitsmitteln, Fahrzeugen, Produkten, Räumen usw., smarte Dienstleistungen, Apps), die von intelligenter Software (inkl. KI) ganz oder teilweise gesteuert werden.

⁴ Intelligente Software steuert cyber-physische Systeme (CPS) und andere autonome technische Systeme (wie Messenger-Programme). Intelligente Software nutzt Modelle künstlicher Intelligenz zusammen mit anderen Basistechnologien wie zum Beispiel Algorithmen, semantischen Technologien, Data-Mining. Intelligente Software ist autonom und selbstlernend.

⁵ Tönnis 2010

⁶ Schenk 2015

⁷ Dömer et al. 2013

- Gefährloses Testen von potenziell gefährlichen Stoffen, Produkten, Prozessen und geplanten Schutzkonzepten
- Einüben sicherheits- und gesundheitsgerechten Arbeitens
- Ermittlung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen nach Unfällen
- Zusammenarbeit räumlich getrennter Personen in einem virtuellen dreidimensionalen Raum (dargestellt in einer sogenannten Computer Automatic Virtual Environment – CAVE)

Eingabegeräte

Über unterschiedliche Eingabegeräte nehmen AR und VR Informationen und Daten vom Nutzer auf.

Augmented Reality, unter anderem:

- Spracheingaben
- Eingaben über Augenbewegungen,
- Markerbasierte Eingaben (gekennzeichnete Bezugspunkte, die durch eine Kamera erkannt werden)
- Greifbare und bewegbare Benutzerschnittstellen (Tangible User Interfaces), um digitale Inhalte zu manipulieren
- Erfassung von Bewegungen über Sensoren im Raum (Motion Capture)

Virtual Reality, unter anderem:

- Datenhandschuhe und Datenanzug (Aufnahme von Gesten und Bewegungen)
- Controller/Joystick in Verbindung mit Head-Mounted Displays
- Trackingsysteme (Positionserfassung)

Die Eingabegeräte für AR und VR können sich gegenseitig ergänzen.

Ausgabegeräte

Die Ausgabe von AR und VR erfolgt in der Regel über Head-Mounted Displays (Datenbrillen), die von den Nutzern getragen werden. Weiterhin ist die Darstellung über andere mobile Endgeräte, zum

Beispiel Tablets, oder im Rahmen der Projektion einer dreidimensionalen virtuellen Umwelt (CAVE) möglich. Die Darstellung unterschiedlicher Blickwinkel wird über Kameras, die in der Regel im Raum angebracht sind, und entsprechende Projektionen realisiert. AR und VR erfordern immer eine exakte Lagebestimmung („Tracking“) des Blickpunktes des Betrachters, um die Überlagerung der Darstellung exakt ausführen zu können.

Weitere Ausgabemöglichkeiten können sein:

- Akustisch über Kopfhörer
- Haptisch beziehungsweise touch-Feedback (spüren und erfühlen), zum Beispiel über Objekte oder Handschuhe
- Virtuelle Netzhautanzeige (Informationsbereitstellung vor dem Auge)

Das CPS ermöglicht dem Menschen den Zugriff auf ein virtuelles Objekt oder auf die Personen im virtuellen Raum, indem es Aktionen des Menschen erfasst und Reaktionen des virtuellen Objektes oder der Personen an den Menschen zurückliefert. Damit agieren Ein- und Ausgabegeräte also nicht zwingend unabhängig voneinander, sondern können miteinander verschmelzen. Mehrdimensionale Erfassungs- und Ausgabesysteme umfassen beispielsweise:

3-D-Maus

Dieses handgehaltene Eingabegerät kann in alle Richtungen im Raum bewegt werden. Um ihre absolute Position und Bewegung im Raum bestimmen zu können, wird ein auf Sensoren basiertes Trackingverfahren eingesetzt. In den häufigsten Anwendungsfällen dient sie dazu, in einer virtuellen 3-D-Umgebung Objekte zu navigieren oder eine Kamerafahrt durch ein virtuelles Gelände zu steuern. In Verbindung mit der 2-D-Maus kann sich ein ergonomischer Arbeitsab-

lauf ergeben. Die linke Hand bewegt mit der 3-D-Maus das Objekt, während die rechte Hand mit der 2-D-Maus das Objekt bearbeitet.⁸

Datenhandschuh (Data Glove)

Der Datenhandschuh als Eingabegerät für dreidimensionale Bewegungsabläufe wird zur Steuerung und Orientierung in virtuellen Umgebungen genutzt. Dabei werden die Position der Hand sowie die realen Hand- und Fingerbewegungen mittels Trackingverfahren (zum Beispiel elektromagnetisch, optisch oder per Ultraschall) erfasst und in die virtuelle Welt übersetzt.⁹ Zudem können Datenhandschuhe auch über programmierbare Stimulatoren verfügen, durch die Anwender die Objekte im virtuellen Raum abtasten und sensitiv fühlen können. So kann man auch virtuelle Objekte greifen und verändern. Mittlerweile gibt es Armbänder, die in der Lage sind, durch Muskelkontraktionen entstehende elektrische Impulse in Bewegungsinformationen umzuwandeln.¹⁰

Datenanzug (Data Suit)

Der Datenanzug funktioniert nach demselben Prinzip wie der Datenhandschuh. Über Datenanzüge erfassen sogenannte Motion-Capture-Systeme¹¹ die realen menschlichen Bewegungen und übertragen diese an virtuelle Akteure. So können die dynamischen und natürlichen Bewegungen des Menschen beispielsweise auf Roboter übertragen werden. Mittels der Motion-Capture-Systeme können die Bewegungsabläufe am Arbeitsplatz detailliert und in Echtzeit analysiert und nach ergonomischen Gesichtspunkten bewertet werden.

Ausgabegeräte können mit weiteren Assistenzsystemen verknüpft werden, zum Beispiel Exoskeletten. ▶ *Siehe Umsetzungshilfe 3.2.4 Exoskelette*. AR und VR erfassen auch die Nutzerdaten, die für Plattformen zur Verfügung stehen können.

› Welche Chancen und Gefahren gibt es?

Chancen: Die Nutzung von VR und AR mit ihrer intelligenten Software (inkl. KI) bietet folgende Chancen:

- Praxisnahe Erläuterungen, zusätzliche Informationen und Trainingsmöglichkeiten für den Arbeitsprozess.
- Mittelfristige Kostenreduktion und Qualitätsverbesserung durch leichtere Bearbeitung und schnellere In-

⁸ Technology Assessment Group 2008

⁹ vgl. Waehlert 2013, S. 19f.; ITwissen.info 2017

¹⁰ Blank 2014, S. 6

¹¹ Trackingverfahren zur Bewegungserfassung, sodass diese Bewegung in ein von Computern lesbares Format umgewandelt wird. Weitere Bewegungsmessungsverfahren sind zum Beispiel das Head-Tracking und das Eye-Tracking, beispielsweise zur Steuerung von Bildschirmausgaben oder zu Analyse Zwecken, und die Stereoskopische Bewegungsmessung (Steger 2004, S. 30ff.).

formationen im Arbeitsprozess beziehungsweise durch Darstellung der Realität im virtuellen Raum, ohne reale Arbeitsumgebungen oder Produkte bereitstellen zu müssen.

- Ermittlung einer optimalen Vorgehensweise im Prozess durch Auswertung von Daten, die durch CPS zur Verfügung gestellt werden können.
- Zeitlich unbegrenzte Verfügbarkeit und örtlich unabhängige Nutzbarkeit.
- Geringere Vorqualifikationen der Nutzer durch die Bereitstellung von Anleitungen und Informationen in Echtzeit erforderlich; Einarbeitungszeiten und zusätzliche Qualifizierungen können damit reduziert werden.
- Weitergabe von Erfahrungswissen von Beschäftigten über AR- oder VR-Systeme für weniger erfahrene Beschäftigte (zum Beispiel Vorgehensweise bei Fehlersuche).
- Ermittlung und Bereitstellung von Informationen zu Sicherheit und Gesundheit, zum Beispiel Anzeige potenzieller Gefährdungen, durch zusätzliche Informationen und Warnmöglichkeiten Unfallgefahren und -folgen reduzieren und das Notfallmanagement verbessern.
- Unterstützung der Unterweisung und Training von Maßnahmen aus der Gefährdungsbeurteilung.
- Einfaches Training mit beliebig vielen Wiederholungen möglich.
- Personen- und situationsbezogene Informationsvermittlung mit entsprechendem Training möglich; neue Mög-

lichkeiten individualisierter, passgenauer Weiterbildung.

- Simulation von Maßnahmen oder Schutzkonzepten, ohne den laufenden Betrieb zu belasten.
- Erleben und Üben von Maßnahmen in kritischen Situationen, um für den Ernstfall vorbereitet zu sein.
- Erhöhung der Motivation durch die Nutzung neuer Technologien.

Gefahren: Der Einsatz von AR und VR mit ihrer intelligenten Software (inkl. KI) birgt auch verschiedene Gefahren. Diese können zum Beispiel sein:

- Die Technik von AR und VR lässt momentan nur begrenzte Darstellungen zu, sodass die Simulationen ungenau bleiben.
- Handlungsspielräume und Eigenverantwortung von Beschäftigten können eingeschränkt werden, wenn sie über AR-Technologie detaillierte Handlungsanleitungen zur Verfügung gestellt bekommen, mit dem möglichen Resultat der Demotivation.
- Handlungswissen der Beschäftigten kann verloren gehen (Erosion).
- Es können zusätzliche Kosten entstehen, wenn externe Spezialisten bei der betriebsspezifischen Software-Anpassung erforderlich sind.
- Eingabe- und Ausgabegeräte (zum Beispiel Datenbrillen) können nicht ergonomisch gestaltet sein.
- Das Tragen von Eingabe- und Ausgabegeräten oder der Aufenthalt im virtuellen Raum können zusätzliche Belas-

tungen mit sich bringen und Personen negativ beanspruchen (zum Beispiel Zwangshaltungen oder Schwindelgefühl).

- Informationen über AR können von der eigentlichen Arbeitsaufgabe ablenken. Der Fluss der Arbeitstätigkeit kann durch die Einblendung von Informationen unterbrochen werden.
- Die Konzentration des Nutzers auf den virtuellen Raum kann die Wahrnehmung von realen Störungen und Notsignalen verhindern.
- Bei Anwendungen von AR und VR können personenbezogene Daten erfasst, gespeichert und verarbeitet werden, ohne dass die Nutzer davon Kenntnis haben.
- Durch die Überlagerung von virtueller und tatsächlicher Realität kann es zu Reizüberflutung oder Fehlinterpretation kommen (zum Beispiel virtuelle Realität passt nicht zur akustischen Realität).
- Das Bewegen im virtuellen Raum kann in unsicherer Umgebung zu Gefährdungen führen, da die natürlichen Wahrnehmungen oder erlernten Verhaltensweisen eingeschränkt sein können (zum Beispiel Verletzungs- oder Absturzgefahr).
- Fehlende Akzeptanz der Führungskräfte und Beschäftigten, weil deren Erfahrungen nicht rechtzeitig oder gar nicht berücksichtigt wurden, ihnen die Einführung der Systeme nicht erklärt wurde und sie nicht im Umgang trainiert wurden.

› Welche Maßnahmen sind zu empfehlen?

Folgende Maßnahmen sollten beim Einsatz von AR- oder VR-Technologien mit ihrer intelligenten Software (inkl. KI) unter anderem berücksichtigt werden:

- Die Anforderungen an die AR- oder VR-Systeme sollten detailliert festgelegt werden und es sollte mit Anbietern/Entwicklern geklärt werden, wie, in welcher Qualität und mit welchem Aufwand diese Anforderungen realisierbar sind. › *Siehe Umsetzungshilfe 2.1.5 Beschaffung digitaler Produkte.*
- Vor der Beschaffung ist zu überprüfen:
 - › Welchen Mehrwert können AR- oder VR-Systeme für den jeweiligen Betrieb haben?

- › Welche Gefährdungen können beim Einsatz von AR- oder VR-Systemen entstehen und welche Maßnahmen sollten eingeleitet werden, um diese zu vermeiden (bei Gefährdungsbeurteilungen sind insbesondere medizinische und psychische Aspekte sowie spezifische Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen)? › *Siehe Umsetzungshilfe 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0.*
- › Gibt es Besonderheiten beim Einsatz, die berücksichtigt werden müssen (wie zum Beispiel Homeoffice und Alleinarbeit)?

- › Welche Daten benötigen die AR- oder VR-Systeme für die geplanten Aufgaben, wie werden diese erfasst, sind dafür zusätzliche Einrichtungen (Sensorik) erforderlich und sind alle Daten kompatibel mit den AR- oder VR-Systemen?
- › Welche personenbezogenen Daten erheben die AR- oder VR-Systeme, wo liegen diese Daten, wie und von wem werden sie verwendet?
- › Erfüllen die Techniken und die intelligente Software für AR und VR auch ergonomische und softwareergonomische Standards?¹²

¹² DGUV 2016

- Führungskräfte und Beschäftigte sollten bei der Anschaffung von AR- oder VR-Systemen einbezogen werden, um Prozesse optimal zu gestalten und die Akzeptanz zu erhöhen.
- Es sollte eine Pilotierungsphase eingeplant werden, in der die AR- oder VR-Systeme erprobt werden; bei der Bewertung der Pilotphase die Erfahrungen der Führungskräfte und Beschäftigten mitberücksichtigen.
- Die Führungskräfte und die Beschäftigten sind im sicheren und gesundheitsgerechten Umgang mit AR- und VR-Systemen zu unterweisen und zu trainieren. Sie müssen in die Bedienung der AR- und VR-Systeme (4.0-Technologie mit ihrer Software 4.0 inkl. KI) eingewiesen sein.
- Beim Einsatz von Ein- und Ausgabe-geräten sollte beispielsweise auf den Tragekomfort der Geräte geachtet werden. Dieser ist zum Beispiel abhängig von der Dauer des Einsatzes und der Art der Tätigkeit. Zeit zur Gewöhnung an das Tragen und Arbeiten ist vorzusehen und einzuplanen.
- Zeitpunkt, Art und Menge der Informationen aus AR- und VR-Systemen sollten so festgelegt werden, dass die Aufmerksamkeit auf die primäre Arbeitsaufgabe nicht beeinträchtigt wird.
- Es ist sicherzustellen, dass auch während des Umgangs mit AR- und VR-Systemen Notsignale der realen Welt wahrgenommen werden können (zum Beispiel Feueralarm).
- Die Rahmenbedingungen der Arbeit mit AR und VR (zum Beispiel Zeitdauer, Aufgaben, gesetzliche Arbeitszeit- und Pausenregelungen) sind mit Führungskräften und Beschäftigten zu vereinbaren.
- Die Sammlung, Auswertung und Speicherung personenbezogener Daten muss mit den Beschäftigten geregelt und vereinbart werden. Interessenvertretungen und Datenschutzbeauftragte müssen entsprechend ihren jeweiligen Aufgaben beteiligt werden. ▶ *Siehe Umsetzungshilfen 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen; 2.3.4 Betriebsvereinbarungen und Dienstvereinbarungen zu 4.0-Prozessen.*
- Die Erfahrungen der Führungskräfte und Beschäftigten zur Tätigkeit mit AR- oder VR-Systemen sollten regelmäßig besprochen und Verfahren zur Verbesserung festgelegt und umgesetzt werden.

Quellen und weitere Informationsmöglichkeiten:

- Blank, C. (2014). *Gesten im dreidimensionalen Raum*. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2013-aw1/blank/bericht.pdf>. Zugriffen: 20.10.2017.
- DGUV Information 215-450 (2016). *Softwareergonomie*. Berlin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV).
- Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (2013). *Virtual und augmented reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- ITwissen.info (2017). *Datenhandschuh*. <http://www.itwissen.info/Datenhandschuh-data-glove.html>. Zugriffen: 13.07.2017.
- Schenk, M. (2015). *Produktion und Logistik mit Zukunft*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Steger, D. (2004). *Motion Capture mit optisch-magnetischem Trackingverfahren in VR-Applikationen*, Technische Universität Chemnitz. <http://monarch.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/4858/data/slides.pdf>. Zugriffen: 24.08.2018.
- Technology Assessment Group (2008). *Der wirtschaftliche Nutzen von 3D-Mäusen für CAD-Konstrukteure*. https://www.3dconnection.eu/fileadmin/user_upload/manuals_docs/dach/3dx_whitepaper_cad-payback_de.pdf. Zugriffen: 13.07.2017.
- Tönnis, M. (2010). *Augmented Reality*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Wahlerlert, A. (2013). *Einsatzpotentiale von virtueller Realität im Marketing*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Zu diesem Thema könnten Sie auch folgende weitere Umsetzungshilfen interessieren:

- 1.4.5 Lernformen 4.0
- 2.1.5 Beschaffung digitaler Produkte
- 2.2.2 Gefährdungsbeurteilung 4.0
- 2.3.1 Datensicherheit in 4.0-Prozessen
- 2.3.2 Datenschutz in 4.0-Prozessen
- 2.3.4 Betriebsvereinbarungen und Dienstvereinbarungen zu 4.0-Prozessen
- 3.2.1 Technische Assistenzsysteme – allgemein
- 3.2.2 Smartphone, -watch, -glasses
- 3.2.4 Exoskelette
- 3.3.1 Personenbezogene digitale Ergonomie
- 3.3.2 Gebrauchstauglichkeit der intelligenten Software (inkl. KI)



**OFFENSIVE
MITTELSTAND**
GUT FÜR DEUTSCHLAND

Herausgeber: „Offensive Mittelstand – Gut für Deutschland“ – Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“ Kurfürsten-Anlage 62, 69115 Heidelberg, E-Mail: info@offensive-mittelstand.de; Heidelberg 2019

© Stiftung „Mittelstand – Gesellschaft – Verantwortung“, 2019 Heidelberg. Gemeinsam erstellt von Verbundprojekt Prävention 4.0 durch BC GmbH Forschung, Institut für Betriebliche Gesundheitsförderung BGF GmbH, Forum Soziale Technikgestaltung, Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. – ifaa, Institut für Mittelstandsforschung Bonn – IfM Bonn, itb – Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e.V., Sozialforschungsstelle Dortmund – sfs Technische Universität Dortmund, VDSI – Verband für Sicherheit, Gesundheit und Umweltschutz bei der Arbeit e.V. – gefördert vom BMBF – Projektträger Karlsruhe