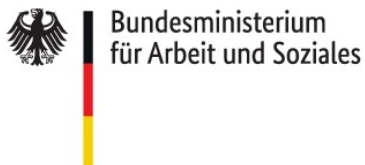




# Technikfolgenabschätzung zum Arbeitsplatz der Zukunft:

Die Auswirkungen von Virtuellen Techniken  
und Wearables

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Im Rahmen der Initiative:



# Inhaltsverzeichnis

1. Grundlage der Studie .....	4
a. Hintergrund .....	4
b. Szenarioanalyse .....	4
c. Wearables & Virtuelle Techniken .....	4
2. Herausforderungen und Chancen für den Arbeitsplatz der Zukunft .....	5
a. Anwendungsgebiete von Wearable Computing .....	6
b. Entwicklungsbedarfe .....	10
3. Drei Szenarien für den Arbeitsplatz der Zukunft .....	13
a. Szenario 1: Der verteilte Arbeitsplatz .....	13
b. Szenario 2: Der vernetzte Arbeitsplatz .....	15
c. Szenario 3: Der intuitive Arbeitsplatz .....	16
4. Zusammenfassung .....	18
5. Referenzen .....	19
6. Impressum .....	23
7. Förderhinweis .....	23

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gartner Hype Cycle für Frontline-Worker-Technologien (Quelle: Gartner) .....	7
Abbildung 2: Übersicht wichtiger Wearable-Funktionen (eigene Darstellung) .....	10
Abbildung 3: Schlüsselfaktoren für den Einfluss von Wearables auf den Arbeitsplatz der Zukunft .....	13
Abbildung 4: Virtuelle Fernsteuerung von Robotern im Supermarkt (Telexistence Inc.) .....	15

# 1. Grundlage der Studie

## a. Hintergrund

Das Projekt GeZu 4.0, das durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) unterstützt wird, steht für unternehmensübergreifende Lern- und Experimentierräume. Gemeinsam soll die Zukunft gemeistert und innovative Kooperationsformen für kleine und mittlere Unternehmen geschaffen werden. Dabei stehen die Themen der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) im Vordergrund, die eine gemeinsame Initiative von Bund, Ländern, Sozialpartnern, Kammern, der Bundesagentur für Arbeit, Unternehmen, Sozialversicherungsträgern und Stiftungen ist. Ihr Ziel ist es, mehr Arbeitsqualität als Schlüssel für Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit am Standort Deutschland zu generieren. Die demografische Entwicklung, die sich wandelnden Bedürfnisse der Beschäftigten und die Digitalisierung verändern viele Bereiche der Arbeitswelt gravierend – mit Folgen für die Arbeitsqualität. Die aber spielt eine wichtige Rolle bei der Fachkräftesicherung und ist Grundlage für den wirtschaftlichen Erfolg. Vor diesem Hintergrund beleuchtet die vorliegende Studie die Auswirkungen der Wearable-Technologie und Virtueller Techniken auf den Arbeitsplatz der Zukunft.

## b. Szenarioanalyse

Die VDI-Richtlinie zur Technikbewertung nennt die Szenario-Analyse als eine Methode, um Technikfolgen zu analysieren [1]. Die Szenarioanalyse ist eine Methode der prospektiven Technikbewertung, in der auf Basis der aktuellen Ausgangssituation mögliche Zukunftsszenarien abgeleitet werden. Im ersten Schritt der Szenarioanalyse wird das Szenariofeld eingegrenzt. Es wird bestimmt, was das Thema der Analyse ist und es wird abgegrenzt, was nicht im Szenariofeld berücksichtigt werden soll. Anschließend werden die Schlüsselfaktoren – das sind Parameter, Variablen, Trends, Entwicklungen und Ereignisse, die das Szenariofeld beeinflussen – identifiziert und analysiert [2]. Auf Basis der analysierten Schlüsselfaktoren werden Szenarien ausgearbeitet. Diese Studie wird sich nicht auf eine spezifische Branche fokussieren, aber Beispiele und Anwendungsfälle von stark von der Digitalisierung betroffenen Branchen wie dem Maschinenbau, der Gesundheit, dem Handel oder dem Handwerk einbeziehen.

## c. Wearables & Virtuelle Techniken

Ein Wearable Computer ist ein Computersystem, das während der Anwendung am Körper des Benutzers befestigt ist. Wearable Computing unterscheidet sich von der Verwendung anderer mobiler Computersysteme dadurch, dass die hauptsächliche Tätigkeit des Benutzers nicht die Benutzung des Computers selbst, sondern eine durch den Computer unterstützte Tätigkeit in der realen Welt ist. Beispiele für Wearable Computer sind Datenuhren (Smart Watches), Activity Tracker, Datenbrillen (Smart Glasses) oder Kleidungsstücke, in die elektronische Hilfsmittel zur Kommunikation eingearbeitet sind. Wearable Computing ist ein interdisziplinäres Gebiet der Informatik. Virtuelle Techniken beschreiben verschiedene Simulations- und Visualisierungstechniken, die Head Mounted Displays oder Projektionssysteme umfassen. Zwischen Wearable Computer und Virtuelle Techniken gibt es Überschneidungen, da Datenbrillen wie die HoloLens auch zu den Virtuellen Techniken gezählt werden können. In den letzten Jahren sind zudem leistungsfähige Head Mounted Displays auf dem Markt erschienen, die nicht kabelgebunden sind und somit als Wearable eingestuft werden könnten. Das Zielfeld dieser Studie wird daher

Wearable-Geräte sowie kabellose Head Mounted Displays der Augmented, Virtual und Mixed Reality betrachten.

## 2. Herausforderungen und Chancen für den Arbeitsplatz der Zukunft

In der BMAS-Studie „Digitalisierung am Arbeitsplatz“ wurden Angestellte in Betrieben mit mindestens 50 sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten befragt. Knapp vier Fünftel der Beschäftigten hatten in den letzten fünf Jahren eine Veränderung in der technischen Ausstattung ihres Arbeitsplatzes erlebt. Fast 30 Prozent der Beschäftigten berichteten von einer körperlichen Entlastung aufgrund technologischer Neuerungen, 15 Prozent von sinkenden Anforderungen an die eigenen Fähigkeiten und Kompetenzen [3].

Die COVID-19 Pandemie sorgte für die Digitalisierung des Arbeitsplatzes für einen weiteren Schub. Viele Unternehmen waren allerdings nicht vorbereitet auf die neue Situation. Probleme im Digitalisierungsprozess waren bereits früher bekannt. Laut der IDG Studie zum Arbeitsplatz der Zukunft sahen 55% der Arbeitnehmer Vorteile in neuen Arbeitsplatz- und Mobilitätskonzepten [4]. Allerdings fühlten sich 19% der Befragten überhaupt nicht in den Prozess involviert. Es ergab sich auch eine Diskrepanz der Wahrnehmung zwischen dem Management und den Fachbereichen, ob das Unternehmen über eine Strategie für den Arbeitsplatz der Zukunft verfügt. Als Top-Herausforderung wurden *organisatorisch* die Akzeptanz der Mitarbeiter und *technologisch* die IT-Infrastruktur genannt.

Eine Befragung von Gartner unter Führungskräften in der Personalabteilung von Unternehmen hat die Auswirkungen der COVID-19 Pandemie ausgewertet [5]. Die Bereitschaft der Mitarbeiter zum Home-Office ist von 30% vor der COVID-19 Pandemie auf 48% der Beschäftigten gestiegen, die sich nach der Pandemie vorstellen können zumindest teilweise remote zu arbeiten. Konflikte wurden hinsichtlich des Datenschutzes sichtbar. Bereits 16 % der Arbeitgeber erfassen verstärkt Daten ihrer Mitarbeiter in der mobilen Arbeit, die Emails, Chats, Standort, Computer- und Telefonnutzung, sowie Daten zum Einloggen oder Ausloggen betreffen [5]. Der Datenschutz wird weiter an Bedeutung gewinnen, da die Digitalisierung des Arbeitsplatzes mit weiteren Geräten wie Wearables die Möglichkeit bieten würde, noch mehr Daten zu erfassen, die bisher nicht erfasst werden können.

Auf der anderen Seite bietet eine zunehmende Digitalisierung auch Chancen für den Arbeitsplatz der Zukunft. Das Unternehmen HTC hat 1000 Angestellte im Vereinigten Königreich befragt, die größtenteils abgeneigt waren in die Büroräume zurückzukehren und ihren Unmut über die zunehmende Zahl von Videokonferenzen äußerten [6]. Eine Alternative für die Heimarbeit, ohne an ermüdenden Videokonferenzen teilnehmen zu müssen, würde die Technologie der Virtuellen Realität anbieten, die eine natürlichere Interaktion mit den Kollegen ermöglicht. Ein aktuelles Hindernis für die vollständige Übernahme dieser Technologie ergibt sich laut den Umfrageergebnissen aus einem begrenzten Verständnis, wie die Virtuelle Realität ordnungsgemäß in die Arbeitswelt umgesetzt werden kann (19 Prozent). Außerdem sind Arbeitnehmer skeptisch, wie gut diese Technologie funktioniert (14 Prozent) und befürchten, dass sie zu teuer ist (31 Prozent). Als jedoch die Arbeitnehmer gefragt wurden, ob sie einschätzen, dass ihr Arbeitsplatz mithilfe von Technologien wie der Virtuellen Realität vollständig virtuell wird,

stimmte ein Viertel der Befragten (25 Prozent) zu, dass ihre Arbeitsplätze sich in die Virtuelle Realität verlagern könnten.

#### a. Anwendungsgebiete von Wearable Computing

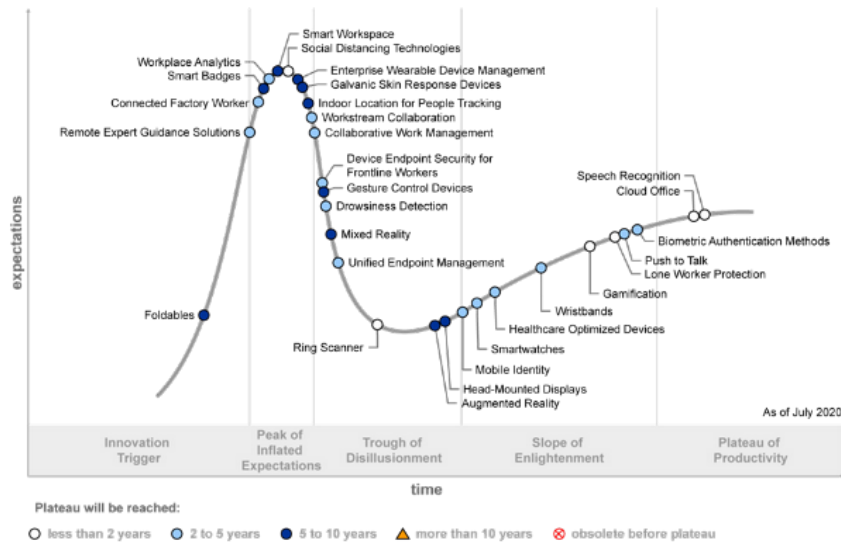
Das IT-Beratungsunternehmen Gartner veröffentlicht jährlich einen „Hype Cycle“ der den Lebenszyklus verschiedener Technologien beschreibt [7]. Der Gartner Hype Cycle stellt dar, welche Phasen der öffentlichen Aufmerksamkeit eine neue Technologie bei deren Einführung durchläuft. Der zeitliche Verlauf ist von Phasen der überzogenen Erwartung, folgender Ernüchterung und schließlich des operativen Einsatzes geprägt. Wird eine Technologie dahingehend weiterentwickelt, dass sie produktiv zum Einsatz kommen kann und ihre Vorteile allgemein anerkannt und akzeptiert werden, erscheint sie nicht mehr im Hype Cycle. Der Hype Cycle ist ein guter Indikator für den zukünftigen Einsatz von Technologie in der Wirtschaft. Gartner bringt jährlich einen „Hype Cycle for Frontline Worker Technologie“ heraus. „Frontline Worker“ teilt Gartner in zwei Kategorien ein:

- „Servicemitarbeiter verbringen ihre Zeit hauptsächlich mit kundenorientierten Aktivitäten. Sie repräsentieren normalerweise das „Gesicht“ einer Organisation für Kunden. “
- „Task Worker sind Angestellte, die hauptsächlich ihre Zeit mit operativen Aktivitäten verbringen. Sie repräsentieren normalerweise das „Herz“ der Organisation. “

Mit 45 Millionen stellen Frontarbeiter einen großen Anteil der Beschäftigten in Europa dar [8]. Dabei sind die Technologien, die im Hype Cycle vorkommen, stärker für die Task Worker relevant.

Der Hype Cycle umfasst Wearable-Geräte an sich, aber auch technische Systeme oder Softwarelösungen. Laut Gartners Analyse gehören zu den am stärksten transformatorischen Technologien der nächsten 5 bis 10 Jahre, der Werker 4.0 (Connected Factory Worker) und der Intelligente Arbeitsraum (Smart Workspace). Bis 2022 soll die Sprachsteuerung die größte transformatorische Wirkung entfalten.

## Hype Cycle for Frontline Worker Technologies, 2020



Source: Gartner  
ID: 448239

Abbildung 1: Gartner Hype Cycle für Frontline-Worker-Technologien (Quelle: Gartner)

Romero et al [9] haben eine Typologie des Werker 4.0 entworfen und den Einfluss von Wearables auf den Arbeiter in insgesamt acht Anwendungsbereiche unterteilt:

- **Super-Strength Operator:** Exoskelette helfen Arbeitern dabei kraftintensive Aufgaben durch mechanische Unterstützung durchzuführen. Allerdings sind sie nur für eine kleine Nische unter den Taskworkern relevant [7].
- **Augmented Operator:** Digitale Informationen und Medien werden dem Werker in der Fabrikumgebung in Echtzeit in sein Sichtfeld eingeblendet. Die Daten reichen von Audio, Video, Grafiken zu GPS-Daten.
- **Virtual Operator:** In einer immersiven Virtuellen Realität können Mitarbeiter mit Nachbildungen der Realität interagieren, ohne ein hohes Risiko einzugehen oder einen hohen Aufwand zu betreiben. Zu den Anwendungsfelder gehören Produktdesign, Montageplanung oder Training.
- **Healthy Operator:** Wearable Tracker erlauben es, den Stresslevel, Herzfrequenz oder die GPS-Position von Angestellten zu erfassen. Mit diesen Daten können Gefahrensituationen und Risiken, die die Gesundheit von Arbeitern betreffen, erkannt und Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.
- **Smarter Operator:** Ein Intelligenter Persönlicher Assistent ist eine Software oder KI-Anwendung, die dem Angestellten hilft, mit Maschinen, Computern und anderen Informationssystemen zu kommunizieren, ihn aber auch im Zeit- und Aufgabenmanagement unterstützt. Entscheidend ist die Technologie der Spracherkennung, die als Kommunikationsschnittstelle dient und im Gartner Hype Cycle als die aktuell transformativste Technologie für Frontarbeiter genannt wird [7].

- **Collaborative Operator:** Industrieroboter, die kollaboratives Arbeiten mit Werkern ermöglichen ohne Sicherheitszonen zu benötigen (CoBots), werden den zukünftigen Arbeitsplatz in der Fabrikhalle stark verändern, zum Beispiel indem mehr Räume zur Verfügung stehen (Wegfall der Sicherheitszonen) oder die engere Kollaboration zu einer erhöhten Effizienz der Mitarbeiter führt.
- **Social Operator:** Unternehmenseigene Soziale Netzwerke verbinden Werker zu ihren Kollegen, aber auch zum Internet der Dinge des Unternehmens. Dadurch kann Expertenwissen unter den Angestellten leichter genutzt und Probleme können schneller gelöst werden, da das Wissen der Kollegen zusammen mit Maschinen- oder Sensordaten geteilt werden kann.
- **Analytical Operator:** Big Data Analysen können Mitarbeiter dabei unterstützen die Produktionsprozesse zu optimieren und Störungen vorherzusehen.

Diese Typologie für den Werker lässt sich auf alle Frontarbeiter verallgemeinern, wenn die eingesetzten Wearables und Technologien nach ihren Funktionen kategorisiert werden.

Kleine [10] teilt Wearable-Funktionen in die vier Kategorien Augmentation, Kommunikation, Tracking und Monitoring ein. Khakurel et al. [11] fügen anstatt Kommunikation die beiden Kategorien Assistenz und Delivering hinzu. Zur Übersichtlichkeit werden die Kategorien in zwei Bereiche zusammengefasst, *Tracking & Monitoring* für Anwendungsfälle in denen Informationen über den Mitarbeiter erfasst werden und *Assistenz & Kommunikation*, in denen der Mitarbeiter bewusst Informationen sendet und empfängt.

**Tracking & Monitoring:** Der Aufenthaltsort sowie die Bewegungsdaten des Mitarbeiters können mithilfe von Wearables, z.B. über GPS-Daten, nachverfolgt werden. Eye-Tracking-Sensoren ermöglichen die Erfassung von Augenbewegungen, während biometrische Daten (wie der Puls) sich über in Wearables integrierte Sensoren ermitteln lassen.

Mögliche Einsatzszenarien sind die Überwachung physio-sozialer und physiologischer Faktoren der Mitarbeiter, z.B. die Registrierung eines hohen Stresslevels beim Ausführen einer Aufgabe. Die Sensoren dienen auch dem Notfallmanagement für den Fall, dass einem Mitarbeiter etwas zustößt und sich kein Kollege in der Nähe befindet. Bei Tätigkeiten, in denen eine hohe Konzentration wichtig ist, erkennt die Eye-Tracking-Technologie Schläfrigkeit bei Angestellten, wenn diese ihre Augen für eine Weile geschlossen halten.

Einen neuen Anwendungsbereich bietet ein während der COVID-19 Pandemie entwickeltes intelligentes Armband, das bei Nichteinhalten des Mindestabstandes zu Kollegen eine Warnung ausgibt. Mit den durch das Armband gewonnen Informationen können Infektionsketten in Betrieben leichter nachverfolgt werden [12].

Auch Büromitarbeiter können Wearables zur Steigerung ihrer Produktivität nutzen. Mittels einer Datenuhr (Smart Watch) kann die kognitive Belastung von Angestellten ermittelt und ein Hinweis an ihre Kollegen übermittelt werden, wenn diese eine hohe kognitive Belastung aufweisen, um sie nicht in ihren produktiven Phasen zu stören [13].



Die erfassten Daten über ihre Mitarbeiter können Arbeitgeber auch nutzen, um ihren Angestellten verzerrte Wahrnehmungen (Bias) vor Augen zu führen und mithilfe von Feedback durch die Geräte gewisse Entscheidungen in eine gewünschte Bahn zu lenken (Nudging) [14].

**Assistenz & Kommunikation:** Anwendungen der Erweiterten und Virtuellen Realität erlauben Mitarbeitern virtuell zu kollaborieren, zu trainieren als auch Fernanleitungen zu erhalten. Kollaborative Lösungen besitzen im Bereich der virtuellen Design-Reviews oder des virtuellen Brainstormings viel Potential [15]. Trainingsanwendungen ermöglichen vollimmersive Trainingsumgebungen oder das Trainieren am realen Arbeitsplatz mittels virtueller Einblendungen. Der Vorteil virtueller Trainingsanwendungen liegt darin, dass sie skaliert werden können [16]. Solche Trainingsprogramme bieten Vorteile bei der Einarbeitung älterer Mitarbeiter oder von Mitarbeitern mit einer Behinderung [17].

Ein weiterer Anwendungsbereich sind Assistenzsysteme. Die gängigsten Beispiele sind in der Industrie zu finden. Service-Techniker können über eine Datenbrille von Experten bei der Reparatur einer Maschine audiovisuell unterstützt werden. Montageanleitungen können virtuell einzelne Arbeitsschritte an der Montagelinie einblenden. Aber auch außerhalb der Industrie gibt es Projekte, um Wearables als Assistenzsysteme einzuführen. Datenbrillen wurden bereits in einem Projekt eingesetzt, um Pfleger durch Anleitungen für bestimmte Arbeitsprozesse, Unterstützung bei der Dokumentation oder Fernanleitung durch eine erfahrene Pflegekraft bei ihrer Arbeit zu unterstützen [18].

Des Weiteren ist eine Steuerung von Maschinen durch Head Mounted Displays oder Datenarmbänder möglich, wobei Head Mounted Displays auch die Steuerung aus einem weit entfernten Ort aus erlauben [19].

Die Analyse ergab folgende Übersicht der Anwendungsfelder von Wearable-Geräten:

		Datenbrille	Datenhandschuh	Datenuhr	Datenarmband	Datenring	Smart Badge	Head Mounted Displays
Assistenz & Kommunikation	Fernunterstützung	x						x
	Fernkontrolle	x	x					x
	Ausbildung & Training	x	x					x
	Dokumentation	x						
	Montageanleitung	x						x
	Kommissionierung	x	x	x				
	Virtuelle Design-Reviews							x
	Virtuelles Brainstorming							x
	Gesten- & Sprachsteuerung	x			x			x
Tracking & Monitoring	Nudge			x	x			
	Kontaktnachverfolgung			x	x			
	ortsgebundene Kontexterkenennung						x	
	Abstandserfassung			x	x			
	Notfallmanagement			x	x			
	Haltungskorrektur							
	Konzentrationsmonitoring	x				x		x
	Gesundheitsmonitoring			x	x	x		
	Interruption Management			x				

Abbildung 2: Übersicht wichtiger Wearable-Funktionen (eigene Darstellung)

## b. Entwicklungsbedarfe

Damit Wearables und Virtuelle Techniken Einzug in den Arbeitsplatz der Zukunft finden, müssen technologische und organisatorische Herausforderungen gemeistert werden. Viele Firmen haben erkannt, dass Wearables das Potenzial besitzen, die Arbeitseffizienz unter den Mitarbeitern zu steigern, körperliches Wohlbefinden des Arbeitnehmers zu verbessern und arbeitsbedingte Verletzungen zu verringern. Allerdings stehen Themen wie Datenschutz, Benutzerfreundlichkeit, Sicherheit, Richtlinien, Gerätekosten und die Integration von Wearables in das bestehende System aktuell einer Massenanzahlung am Arbeitsplatz noch im Weg [11].

Die Herausforderungen und Entwicklungsbedarfe für den Einsatz von Wearables können in folgende vier Bereiche aufgeteilt werden:

- **Usability:** Die Bereitschaft Wearables zu nutzen, ist sowohl auf Arbeitgeber wie auf Arbeitnehmerseite noch verhalten. Ein wichtiger Grund hierfür ist die Usability der Geräte.

Die signifikantesten Einschränkungen sind derzeit die Größe der Geräte und die geringe Batterielaufzeit [11]. Ausschlaggebend für einen mangelnden Adoptionsgrad für Datenbrillen und Head Mounted Displays sind auch physische Aspekte wie Sichteinschränkungen oder Tragekomfort [20]. Nach einem Test des TÜV Rheinlands spielen der Tragekomfort und die Arbeitserleichterung eine wichtige Rolle für die Akzeptanz von Datenbrillen [21]. Die Fokussierung auf die gleiche Stelle (Display) sowie die eingeschränkte Kopfbewegung führen zu Ermüdung und Verspannungen [22]. Aktuelle Geräte verfügen über keinen ausreichenden Tragekomfort, so dass sie eine gesamte 8-Stunden-Schicht getragen werden können. Und auch die Batterien/Akkus von Datenbrillen haben eine zu kurze Laufzeit, um eine gesamte Arbeitsschicht durchhalten zu können [23].

Weitere Einschränkungen betreffen die kabellose Datenversorgung mit GSM, WLAN und Bluetooth, die nicht für das raue industrielle Umfeld ausgelegt ist und damit dort nicht zuverlässig funktioniert [24]. Die Aufrüstung auf den Wifi 6 -Standard, der Ausbau des 5G-Netzes und der lokalen 5G-Netze, deren Lizenzierung wirtschaftlich auch für KMUs gestaltet wurde, schreitet nur langsam voran und ist aktuell von einer breiten Verfügbarkeit stark entfernt [25, 26, 27].

Bei Datenbrillen können zudem elektromagnetische Störfelder oder Störlichter aufgrund der fehlenden Abschirmungen und der Verwendung von Kamera-Technologien zu Fehlfunktionen führen [23].

- **Kosten:** Die Integration von Wearables mit bestehenden Systemen kann kostenintensiv werden. Neben dem Aufwand für die anzuschaffenden Geräte müssen weitere Kostenfaktoren berücksichtigt werden. Werden Datenbrillen genutzt, müssen diese mit Kontextsensitiven Daten versorgt werden. Aufgrund der Beschaffenheit des Displays müssen die Daten (von einem Dienstleister oder einer internen Fachkraft) Datenbrillen-gerecht aufbereitet werden, da keine automatisierte Content-Generierung möglich ist und keine zufriedenstellende Autorentools vorhanden sind [23]. Außerdem sind die Daten, die für die Erstellung eines virtuellen Arbeitsplatzmodells nötig sind, über verschiedene Systeme im Unternehmen verteilt [16]. Damit die Wearables in die Unternehmensprozesse integriert werden können, muss eine gute IT-Infrastruktur im Unternehmen gegeben sein. Dem Wearable Device Management kommt hierbei eine wichtige Rolle zu, dass alle Wearables im Betrieb zentral erfasst, geupdated und konfiguriert werden [7]. Für die Verwaltung der Wearables sind Investitionen in eine einheitliche Endpunktverwaltung (Unified Endpoint Management) nötig. Dabei handelt es sich um Software-Suiten, mit denen das Tracken des Batteriestands und das Management der optimalen Verteilung und Zirkulation der Geräte durchgeführt werden kann.

Die Wahl des geeigneten Wearables ist zudem stark vom Einsatzort abhängig. In einer warmen Produktionshalle werden Mitarbeiter Datenhandschuhe nicht verwenden, da deren Hände unter dem Handschuh schwitzen und sie bei der Ausführung ihrer Arbeit hindern. Im Außenbereich im Winter erfüllen sie allerdings gleichzeitig die klassische Funktion eines simplen Handschuhs und werden von den Mitarbeitern angenommen. Oft müssen Unternehmen experimentieren, weil keine Best-Practice-Lösung für ihren Anwendungsfall kennen, die sie einfach kopieren können.

- **Sicherheit & Datenschutz:** Die im Einsatz befindlichen Wearables müssen vor Angriffen durch Hacker geschützt werden. Außerdem wirft die Anwesenheit von Sensoren wie Kameras beim Einsatz einer Datenbrille datenschutzrechtliche oder Betriebsgeheimnis-spezifische Fragen auf, die insbesondere durch das Inkrafttreten der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) im Mai 2018 zu großen Unsicherheiten geführt hat [23]. Ein weiteres Problem stellt die Datensicherheit in Bezug auf die Vertraulichkeit einiger Hardware-Anbieter dar. Facebook nutzt die Eye-Tracking-Technologie, um Informationen über die Blickrichtungen der Nutzer seiner Head Mounted Displays zu erhalten und erstellte eine Studie zu den Werbepotentialen der Nutzung dieser Daten [28]. Da Facebook mit seinem Tochterunternehmen Oculus zu den wenigen Anbietern von kabellosen Head Mounted Displays gehört, wurde in Deutschland ein Verstoß gegen das Kartellrecht seitens Facebook untersucht [29].

Eine Umfrage unter US-Arbeitsschutz-Experten hat ergeben, dass 81 % der Befragten in Betracht ziehen Wearables einzusetzen, um Risikofaktoren am Arbeitsplatz zu verfolgen [30]. Die Akzeptanz von Wearables in der Belegschaft ist aber stark abhängig vom Anwendungsfall. Es besteht eine höhere Akzeptanz bei Anwendungen im Zusammenhang mit Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit, während eine geringere Akzeptanz beim Einsatz zur Produktivitätssteigerung vorherrscht [31].

- **Präzision & Interpretation:** Die Daten, die durch Wearable-Geräte erfasst werden, sind nicht zu 100% präzise [11]. Außerdem ist in der betrieblichen Praxis die Interpretation der Daten ausschlaggebend [32]. Die Analyse der gesammelten Daten kann das Engagement der Mitarbeiter erhöhen, die User Experience der Arbeitsanwendungen steigern oder die Möglichkeiten schaffen die Arbeitsumgebungen der Angestellten zu personalisieren [Gartner]. Zu den Herausforderungen der Interpretation gewonnener Daten zählt [32, 33]:
  - Durch Dekontextualisierung ist der kausale Zusammenhang zwischen zwei Prozessen nicht gesichert, was zu Fehlentscheidungen führen kann.
  - Falsch definierte Leistungsindikatoren können das Vertrauen zwischen Management und Belegschaft unterminieren.
  - Normative Evaluation durch einheitliche Gesundheitsvorgaben kann zu einer Anpassung der Mitarbeiter an für ihr individuelles Wohlbefinden unvorteilhafte Richtwerte führen, mit negativen Konsequenzen für ihre Gesundheit.
  - Zu hohe Erwartungen an die gewonnenen Daten kann über mangelnde Qualität der Daten hinwegtäuschen.

Nach Betrachtung der aktuellen Chancen und Herausforderungen von Wearables für den Arbeitsplatz der Zukunft konnten vier Schlüsselfaktoren identifiziert werden, die jeweils zwei Ausprägungen besitzen:

Schlüsselfaktoren	Ausprägungen	
	Ausprägung 1	Ausprägung 2
<i>User Experience</i>	Intuitive Benutzeroberflächen mit Gesten oder Sprachsteuerung.	Latenzarme, immersive Systeme für die verteilte Kollaboration mit Mensch und Maschine.
<i>Automatisierung</i>	Arbeitsprozesse sind teilautomatisiert.	Arbeitsprozesse sind vollautomatisiert.
<i>Nutzungskontext</i>	Mitarbeiter ist mit seiner Arbeitsumgebung vernetzt und nutzt Technologie zur Unterstützung.	Mitarbeiter nutzt Technologie zur Überwachung und Fernsteuerung.
<i>Datenschutz</i>	Mitarbeiter und Unternehmen vertrauen auf Technologie und Datensicherheit.	Sicherheitsbedenken und Regulierung.

**Abbildung 3: Schlüsselfaktoren für den Einfluss von Wearables auf den Arbeitsplatz der Zukunft (eigene Darstellung)**

### 3. Drei Szenarien für den Arbeitsplatz der Zukunft

#### a. Szenario 1: Der verteilte Arbeitsplatz

In den letzten Jahrzehnten hat sich ein Prozess der Transformation von festen, ortsgebundenen Arbeitsplätzen in immer fließendere und flexiblere Arbeitsräume entwickelt.

Vor-Ort-Arbeitsplätze sind spätestens seit der COVID-19 Pandemie (wo möglich) in mobile oder virtuelle Arbeitsplätze übergegangen. Die nächste Stufe der Entwicklung wird der Übergang zum verteilten und immersiven Arbeitsplatz sein. Der Unterschied zu aktuellen Videokonferenzlösungen liegt in der Perspektive, die der Mitarbeiter einnimmt. Während ein Mitarbeiter sich in der Videokonferenz in der dritten Person wahrnimmt, erlauben immersive Arbeitsplätze die natürliche Ich-Perspektive anzunehmen [34]. Vereinzelt arbeiten Teams aus Unternehmen bereits in der Virtuellen Realität und glauben, dass Virtuelle Arbeitsräume Videokonferenzen in naher Zukunft ersetzen werden [35]. Verteilte Virtuelle Umgebungen (VWU) ermöglichen die

interaktive Zusammenarbeit in Echtzeit und über Distanz in einer gemeinsamen 3D-Szene mittels Virtual Reality, Augmented Reality oder Mixed Reality Headsets. Diese 3D-Szene kann das in der V/AR gehaltene Positions-, Struktur-, Verhaltens- und Prozedurwissen standortunabhängig verfügbar machen. Die Nutzer werden durch Avatare graphisch repräsentiert. Die Teilnehmer können miteinander kommunizieren (sprachlich, gestisch) oder miteinander bzw. mit virtuellen Objekten interagieren. Anwendungsgebiete sind verteilte Planungs-/Design-Besprechungen, Trainings, Assistenzsysteme oder die Kommunikation mit Kunden, etwa für die virtuelle Abnahme. Vorteile verteilter V/AR-Anwendungen liegen in der Reduktion von Reisekosten und -zeiten, in der Beschleunigung von Reaktionszeiten und Entwicklungszyklen sowie in der Verringerung von Fehlerquoten. Insbesondere dann, wenn die interdisziplinäre Planung eines komplexen Objekts im Fokus steht, bieten diese Technologien ein großes Potential, da Informationen über die Visualisierung von 3D-Modellen in Echtzeit immersiv ausgetauscht werden können. Verbesserungen von VVUs in der Gesten- und Mimik-Erkennung sowie Eye Tracking werden die Darstellung und das Verhalten von Avataren in Zukunft noch realistischer abbilden können [36].

Neben der Zusammenarbeit in Meetings, virtueller Design-Reviews, oder virtuellen Brainstormings wird die virtuelle und immersive Fernsteuerung von Maschinen den Arbeitsplatz der Zukunft auch für Berufe mit aktuell hohen physischen Arbeitsanteilen vor Ort verändern. Mit Head Mounted Displays können Maschinen ferngesteuert werden. Immersive Technologien bieten wichtige Vorteile, damit dieser Anwendungsfall zukünftig in Betrieben einsatzfähig ist. Ein Forschungsteam der Universität Twente arbeitet aktuell an dem Projekt 'Predictive Avatar Control and Feedback' (PACOF), das sich auf die Entwicklung eines Steuerungssystems konzentriert, bei welchem der Anwender das Gefühl haben soll, dass der Roboter sein eigener Körper ist. Ziel ist es, Avatare in Norwegen einzusetzen, die dabei helfen sollen, die riesigen Entfernungen des Landes zu überbrücken, wenn Betreuer in die Haut der Roboter kriechen. Die Avatare sollen sich auch für gefährliche Anwendungen, wie dem (Ent-)Laden von Öltankern im Hafen von Rotterdam, eignen [37]. Eine britische Firma Extend Robotics brachte im Jahr 2020 einen Virtual-Reality-gesteuerten 'roboteroptimierten Barkeeper' auf den Markt. Der Te-leroboter soll sich durch eine menschenähnliche Geschicklichkeit auszeichnen und für eine Anwendung in den Bereichen Dienstleistungen, Gesundheitswesen, Versorgung und Energie einsatzfähig sein. Extend Robotics entwickelt derzeit sein Roboter-Toolkit für den weit verbreiteten kommerziellen Einsatz und bietet dem Hotel- und Gaststättengewerbe sowie dem Dienstleistungssektor eine einfache, benutzerfreundliche Plug-and-Play-Lösung. Die Mission des Unternehmens ist es, die Teleoperation in den nächsten drei Jahren in großem Maßstab zu demokratisieren, indem kostengünstige Roboterarme entworfen werden, die mit Hilfe von cloud-basierter Teleoperationssoftware von überall auf der Welt ferngesteuert werden können [38].



Abbildung 4: Virtuelle Fernsteuerung von Robotern im Supermarkt (Quelle: Telexistence Inc.)

Bereits heute findet die virtuelle Fernsteuerung bei der japanischen Supermarktkette Familymart Anwendung. Mitarbeiter haben die Option mit Head Mounted Display und Datenhandschuh im Home-Office zu arbeiten, indem sie einen Roboter fernsteuern, um Tätigkeiten des Kassierens oder des Regale Einräumens durchzuführen. Bis 2022 sollen 20 ferngesteuerte Roboter in den Filialen eingesetzt werden. Da die Einräumgeschwindigkeit derzeit aber noch relativ gering ist, wird der flächendeckende Einsatz der Technologie noch Jahre dauern [39].

Im Bereich des produzierenden Gewerbes kann der Einsatz ferngesteuerter Roboter weitreichende Veränderungen des Arbeitsplatzes bewirken. Das Steuern eines mobilen Roboters mit Head Mounted Display und Datenhandschuh kann genutzt werden, um sich in einer Fabrik fortzubewegen [40]. Da die Steuerung der Maschinen und die Überwachung der Fabrik ohne Vor-Ort-Präsenz möglich sind, stellt sich die Frage, ob die Anwesenheit von Menschen in der Produktionshalle nötig ist. Anthropozentrisch konstruierte Fabrikgebäude könnten nicht-anthropozentrischen Produktionsräumen weichen. Das würde die Architektur der Fabrikhallen, sowohl in Bezug auf ihre Form und ihre Skala verändern. Arbeitsumgebungen in der Virtuellen Realität brauchen keine Sicherheitsgänge, da Teleportation als Bewegungsform möglich ist. Das heißt, dass keine an den menschlichen Maßen ausgerichtete Architektur mehr nötig ist und Fabrikgebäude wesentlich kleiner, kompakter und platzsparender konstruiert werden können [41]. In der Konsequenz wird der physische Arbeitsplatz zum virtuellen Arbeitsplatz und die Grenze zwischen privaten und beruflichen Räumen löst sich auf. Die Frage, ob Unternehmen versuchen werden virtuelle Arbeitsplätze von privaten Räumen abzugrenzen, ist offen.

#### b. Szenario 2: Der vernetzte Arbeitsplatz

Anders als beim verteilten Arbeitsplatz, ist der Mitarbeiter am Vor-Ort-Arbeitsplatz anwesend. Die Digitalisierung und Programmierbarkeit des Arbeitsplatzes wird intelligente Arbeitsräume ermöglichen, die über Wearables, Künstlicher Intelligenz und dem Internet der Dinge den



Arbeitnehmer mit der Betriebsinfrastruktur verknüpfen. Innerhalb von Bürogebäude, Campus, Co-Working Space, Büroräume, Konferenzräume, Pausenräume, Verkaufsflächen und Montagelinien werden Wearables mit Arbeitsstationen, Mobilgeräten oder elektronischen Whiteboards vernetzt sein [7]. Mitarbeiter werden ihre privaten Geräte in die Arbeitsräume ihres Unternehmens mitbringen und integrieren können. Auch hier wird die Trennung zwischen privatem und geschäftlichem Leben schwieriger durchzuführen sein. Die Annahme von intelligenten Arbeitsräumen wird daher von den Anforderungen flexibler Arbeitsmodelle als auch den Mitarbeiterbedenken bezüglich ihrer Privatsphäre abhängig sein.

Als im Jahr 2015 insgesamt 816 Entscheider und Experten aus der IKT-Branche vom World und Economic Forum zu den Digitalen „Tipping-Points“ befragt wurden, schätzten 86 Prozent, dass ab 2023 zehn Prozent der weltweit verfügbaren Brillen mit einer Internetverbindung ausgestattet sein werden [42]. Laut einer Studie von PricewaterhouseCoopers werden im Jahr 2030 circa 400.000 Menschen allein in Deutschland mit AR-Technologien arbeiten [43]. Im Fertigungsumfeld leisten Datenbrillen Beiträge zur Informatisierung und Vernetzung der Produktion. Im Sinne eines Internets der Dinge sind hier nicht nur die Maschinen Elemente einer vernetzten Welt, sondern auch der Werker. In seiner Rolle als Informationsquelle erkennt, misst und bewertet der Werker. Neben Datenbrillen nutzt er hierfür auch andere Wearables wie Datenhandschuhe oder Datenuhren mit integrierten Barcodescannern [23].

Abseits von Einsatzgebieten in der Industrie für Service-Techniker, Montagearbeiter und Kommissionierer werden Datenbrillen auch andere Berufsgruppen in Zukunft unterstützen. Fernunterstützung durch einen Experten wird auch im Medizin-Bereich relevant sein. Datenbrillen werden Ärzten während Operationen Positionsdaten oder bei Patientensuchen Gesundheitsparameter einblenden [44, 45]. Pflegekräften zeigen Datenbrillen individuell unterschiedliche Informationen zur Erleichterung und Verbesserung der Pflege bezüglich pflegerischer Workflows (bspw. Schmerzmanagement), Pflegeplanung und -anleitung sowie Unterstützung durch Experten (erfahrene Pflegekräfte, Spezialisten bspw. für Wundpflege, Ärzte) aus der Ferne oder die Dokumentation durchgeführter Tätigkeiten [18].

Auch im Handwerk und auf der Baustelle werden Wearables Einsatz finden. Datenuhren werden erkennen was für ein Baustellengerät gerade verwendet wird und Alarm schlagen, wenn die gesundheitlich unbedenkliche Nutzungszeit des Trägers überschritten wird. In Malerbetrieben kann die Datenuhr Tätigkeiten automatisch erkennen und die Zeiten vom Streichen, Hämmern und anderen Arbeiten erfassen, was den Handwerksbetrieben Daten für Analysen mit wichtigen Erkenntnissen liefern kann [46].

Insgesamt wird der vernetzte Arbeitsplatz Informationen über und durch den Mitarbeiter sammeln und damit die Kommunikation innerhalb des Betriebes erleichtern, Sicherheit und Produktivität steigern und Dokumentationsprozesse vereinfachen.

### c. Szenario 3: Der intuitive Arbeitsplatz

Die fortschreitende Automatisierung steigert im Einklang mit Technologien wie der Künstlichen Intelligenz die Ersetzungspotentiale vieler Berufe, etwa in der Verwaltung, Produktion oder Logistik [47]. Viele Arbeitsprozesse werden aber größtenteils in ihrer Essenz erhalten bleiben.



Der Einsatz von Wearables wird allerdings die Interaktion am Arbeitsplatz deutlich verändern. Die Spracherkennung ist die Technologie mit dem aktuell größten transformatorischen Potential und wird die Art und Weise, wie wir am Arbeitsplatz interagieren, revolutionieren [7]. Ein wichtiger Beitrag dazu ist dem Fortschritt der Künstlichen Intelligenz zuzuschreiben. Generative Pre-trained Transformer 3 (GPT-3) ist ein autoregressives Sprachmodell, das in der Lage ist, eingegebenen Text oder Sprache in Programmiercode (aktuell in CSS, JSX, Python und eventuell Java) umzuwandeln, was einen weiteren Schritt zu simpleren Interaktionen mit Software-systemen bedeutet und die Anforderungen an Softwareingenieure in Zukunft wahrscheinlich senken wird [48].

Die Bedienkonzepte von Datenbrillen-Systemen basieren aktuell überwiegend auf Navigations-buttons auf dem Gerät, Touchpads, Sprachsteuerung und bei der HoloLens 2 als Einzelfall auf Gestenerkennung. Dabei bergen insbesondere Sprachsteuerung und Gestenerkennung großes Potenzial, um eine möglichst intuitive Bedienung zu ermöglichen. Durch Sprachsteuerung können auch Eingaben, die durch Handschuhe geschützte Hände nicht möglich wären, ausgeführt werden [23].

Mitarbeiter werden in Zukunft in die Konzeption ihres Arbeitsplatzes stärker eingebunden werden. Die Gestaltung von Kommissionier- und Packplätzen wird den ergonomischen Bedürfnissen der Angestellten entsprechend in der Virtuellen Realität geplant. Als Grundlage dafür dienen 3D-CAD-Modelle, die mithilfe einer Software in die virtuelle Umgebung gebracht werden. Mit Head Mounted Displays können die Angestellten ihren künftigen Arbeitsplatz erkunden und Änderungswünsche äußern, die wiederum direkt im VR-Modell umgesetzt und getestet werden können [49]. Eine gesteigerte Usability und User Experience wird nicht nur den Arbeitsplatz der Zukunft transformieren, sondern auch die Anforderungen an die Mitarbeiter verändern. Die zunehmende Steuerung von Maschinen über Gesten und Sprache wird die Qualifizierung weg von technischem und abstraktem Wissen hin zu künstlerischem und intuitivem Wissen begünstigen [50]. Auf der anderen Seite wird die gesteigerte Usability dazu führen, dass die technischen Systeme für den Großteil der Mitarbeiter einer „Black Box“ gleichkommen werden, die nur von wenigen Experten repariert werden kann [50].

## 4. Zusammenfassung

Wearables und Virtuelle Techniken bieten Chancen und Herausforderungen für den Arbeitsplatz der Zukunft. Die Anwendungsfelder, in denen die betrachteten Technologien wirken, wurden skizziert und die aktuellen Hindernisse, die einer Massenapplication der Geräte im Weg stehen, wurden betrachtet.

Die entworfenen Zukunftsszenarien beschreiben einen Arbeitsplatz der Zukunft, der verteilter, vernetzter und intuitiver bedienbar sein wird. Der Trend zu flexibleren Arbeitsräumen wird sich künftig zu verteilten und immersiven Arbeitsplätzen weiterentwickeln, während feste Arbeitsplätze durch die Verknüpfung mit Wearables, Künstlicher Intelligenz und dem Internet der Dinge zu intelligenten Arbeitsräumen modernisiert werden. Auch die zunehmende Steuerung von Maschinen über Gesten und Sprache beeinflusst die Art und Weise der Interaktion am Arbeitsplatz.

Wie die Arbeitsplätze in Zukunft tatsächlich aussehen werden ist aber noch von weiteren Faktoren abhängig, die in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden konnten. Dazu gehören insbesondere die Entwicklung der Grundstücks- und Immobilienpreise für Gewerbeimmobilien, oder der Fortschritt in Technologiebereichen wie der Robotik oder der Künstlichen Intelligenz.

## 5. Referenzen

- [1] K. Kornwachs und W. König, „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen,“ Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 1991.
- [2] H. Kosow und R. Gaßner, „Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse: Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien,“ Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin, 2008.
- [3] D. Arnold, S. Butschek, S. Steffes und D. Müller, „Digitalisierung am Arbeitsplatz. Aktuelle Ergebnisse einer Betriebs- und Beschäftigtenbefragung.,“ Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin, 2016.
- [4] A. J. Freimark, „Arbeitsplatz der Zukunft,“ IDG Business Media GmbH, München, 2018.
- [5] Gartner for HR, „Future of Work Trends Post-COVID-19,“ Gartner Inc., 2020.
- [6] HTC Vive, „Virtual reality may make remote collaboration more effective according to a new study,“ 27 November 2020. [Online]. Available: <https://www.continuitycentral.com/index.php/news/new-products-and-services/5729-virtual-reality-may-make-remote-collaboration-more-effective-according-to-a-new-study>.
- [7] L.-O. Wallin und R. Smith, „Hype Cycle for Frontline Worker Technologies,“ Gartner Research, 2020.
- [8] B. McGann, „Why Frontline Workers Must Be Part Of Your Digital Transformation,“ Forbes, 31 Oktober 2019. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/workday/2019/10/31/why-frontline-workers-must-be-part-of-your-digital-transformation/>. [Zugriff am 17 Dezember 2020].
- [9] D. Romero, T. Wuest, J. Stahre und O. Noran, „Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies,“ in proceedings of the international conference on computers and industrial engineering (CIE46),, Tianjin, China, 2016.
- [10] N. Kleine, „Gesellschaftliche Auswirkungen von Wearable-Technologie,“ in Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen, Hamburg, 2016.
- [11] J. Khakurel, S. Pöysä und J. Porras, „The Use of Wearable Devices in the Workplace – A Systematic Literature Review.,“ in International Conference on Smart Objects and Technologies for Social Good., Cham, 2016.
- [12] P. Zilay, KINEXON, 5. Mai 2020. [Online]. Available: <https://kinexon.com/de/pr/kinexon-safezone-covid-19>. [Zugriff am 1. Februar 2021].
- [13] F. Schaule, J. O. Johanssen, B. Bruegge und V. Loftness, „Employing consumer wearables to detect office workers' cognitive load for interruption management,“ Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, pp. 1-20, 2018.
- [14] T. L. Fort, A. H. Raymond und S. J. Shackelford, „The Angel on Your Shoulder: Prompting Employees to Do the Right,“ Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property, pp. 139-170, 2016.

- [15] J. Trezl, M. Bernhagen, F. Dittrich und A. C. Bullnger, „Potenzialanalyse von virtuellen Technologien am Wissensarbeitsplatz,“ in Arbeit interdisziplinär analysieren - bewerten - gestalten, Dortmund, 2019.
- [16] F. Wild, „The Future of Learning at the Workplace Is Augmented Reality,“ in IEEE Computer Society, 2016.
- [17] O. Reidick, „Qualifizierung älterer Mitarbeiter und Industrie 4.0,“ Industrie 4.0 Management, pp. 58-61, 2016.
- [18] M. Prilla, H. Recken und M. Janßen, „Die Pflegebrille - Möglichkeiten und Barrieren der Nutzung von Augmented-Reality-Technologie in der ambulanten Intensivpflege,“ in Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen VI, Wiesbaden, Springer Fachmedien, 2019, pp. 281-309.
- [19] U. Klein, „Home & Smart,“ 14. März 2018. [Online]. Available: <https://www.homeandsmart.de/kinemic-augmented-reality-startup>. [Zugriff am 16. Dezember 2020].
- [20] B. Kirchhoff, S. Wischniewski und L. Adolph, „Head Mounted Displays-Arbeitshilfen der Zukunft: Bedingungen für den sicheren und ergonomischen Einsatz monokularer Systeme,“ Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2017.
- [21] J. M. z. Altenschildesche, „Tüv testet Virtual Reality,“ 17 April 2018. [Online]. Available: <https://www.it-zoom.de/dv-dialog/e/tuev-testet-virtual-reality-19591/>.
- [22] A. Holz, „Datenbrillen am Arbeitsplatz,“ Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 2 April 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s40664-020-00394-7>.
- [23] S. Mareck, „Positionspapier:Datenbrillen: Status Quo und Industriebedarfe,“ Virtual Dimension Center Fellbach, Fellbach, 2020.
- [24] C. Runde, „Whitepaper Datenbrillen,“ Virtual Dimension Center Fellbach, Fellbach, 2015.
- [25] J. Schreier, „Deutschland: Voraussetzungen für den 5G-Ausbau besser als erwartet,“ 19 November 2019. [Online]. Available: <https://www.elektronikpraxis.vogel.de/deutschland-voraussetzungen-fuer-den-5g-ausbau-besser-als-erwartet-a-881690/>.
- [26] F. Tenzer, „Anteil von Glasfaseranschlüssen an allen stationären Breitbandanschlüssen in den Ländern der OECD im Dezember 2019,“ 23 Juli 2020. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/415799/umfrage/anteil-von-glasfaseranschluesen-an-allen-breitbandanschluesen-in-oecd-staaten/>.
- [27] Deutsche Presse Agentur, „5G-Netzausbau in Deutschland geht jetzt richtig los - ein Jahr nach der Frequenzversteigerung an Vodafone, Telekom und Co,“ 5 Juni 2020. [Online]. Available: <https://www.businessinsider.de/tech/so-steht-es-um-den-5g-netzausbau-in-deutschland-ein-jahr-nachdem-die-frequenzen-an-vodafone-telekom-und-co-versteigert-wurden/>.
- [28] N. Lewanczik, „Facebooks Eye Tracking-Studie zeigt Werbepotentiale des Second Screen,“ 1 Oktober 2018. [Online]. Available: <https://onlinemarketing.de/mobile-marketing/facebook-eyes-tracking-studie-relevanzgewinn-second-screen>.
- [29] Bundeskartellamt, „Bundeskartellamt prüft im Facebook/Oculus-Verfahren auch den neuen § 19 a GWB,“ 28 Januar 2021. [Online]. Available:

- [https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Meldung/DE/Pressemitteilungen/2021/28\\_01\\_2021\\_Facebook\\_Oculus.html](https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Meldung/DE/Pressemitteilungen/2021/28_01_2021_Facebook_Oculus.html) .
- [30] M. C. Schall, R. F. Sesek und L. A. Cavuoto, „Barriers to the adoption of wearable sensors in the workplace: A survey of occupational safety and health professionals,“ *Human Factors*, pp. 351-362, Mai 2018.
- [31] J. V. Jacobs, L. J. Hettinger, Y.-H. Huang und S. Jeffries, „Employee acceptance of wearable technology in the workplace,“ *Applied Ergonomics*, pp. 148-156, 13 März 2019.
- [32] K. Maltseva, „Wearables in the workplace: The brave new world of employee engagement,“ *Business Horizons*, pp. 493-505, 2020.
- [33] M. Evers, M. Krzywdzinski und S. Pfeiffer, „Wearable Computing im Betrieb gestalten: Rolle und Perspektiven der Lösungsentwickler im Prozess der Arbeitsgestaltung,“ *Arbeit*, pp. 3-27, 2019.
- [34] C. C. Hofma, M. Avital und T. B. Jensen, „Liquid workplaces: The potential implications of virtual reality on the workplace,“ in *The 40th Information Systems Research Conference in Scandinavia*, 2017.
- [35] L. Kugler, „Why virtual reality will transform a workplace near you,“ *Communications of the ACM*, pp. 15-17, 2017.
- [36] F. Jöckel und C. Runde, „Standortübergreifende Kollaboration mittels Virtual & Augmented Reality,“ *Virtual Dimension Center Fellbach*, Fellbach, 2019.
- [37] J. Vreeman, „Betere conrole van robot op afstand,“ 1 Dezember 2020. [Online]. Available: <https://www.utwente.nl/nieuws/2020/12/883516/betere-control-van-robot-op-afstand>.
- [38] Extend Robotics Ltd., „British firm, Extend Robotics Ltd., launches "R:O:B:" - a Virtual Reality-controlled 'robotically optimised bartender',“ 25 November 2020. [Online]. Available: <https://www.prnewswire.com/news-releases/british-firm-extend-robotics-ltd-launches-rob--a-virtual-reality-controlled-robotically-optimised-bartender-301179949.html>.
- [39] K. Imada, „FamilyMart is testing out new remote-controlled robots at convenience stores in Tokyo,“ 1 September 2020. [Online]. Available: <https://www.timeout.com/tokyo/news/familymart-is-testing-out-new-remote-controlled-robots-at-convenience-stores-in-tokyo-090120>.
- [40] P. Kurup und K. Liu, „Demo Abstract: Telepresence Robot with Autonomous,“ *San Jose State University*, San Jose, 2016.
- [41] M. E. Gladden, „A Phenomenological Analysis of the Post-humanized Future Workplace,“ *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie*, pp. 31-39, 2018.
- [42] World Economic Forum, „Technology Tipping Points and Societal Impact,“ *Genf*, 2015.
- [43] PricewaterhouseCoopers GmbH, „2030 werden in Deutschland 400.000 Menschen mit AR/VR arbeiten,“ 4 Dezember 2019. [Online]. Available: <https://www.pwc.de/de/pressemitteilungen/2019/2030-werden-in-deutschland-400000-menschen-mit-ar-vr-arbeiten.html>.
- [44] D. Welling, „AR-Brille unterstützt Arzt bei Tumoroperationen,“ 2 November 2017. [Online]. Available: <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2017/November/AR-brille-unterstuetzt-arzt-bei-tumoroperationen.html>.

- [45] Microsoft, „Augmented Reality im Operationssaal: Erste holographisch navigierte Wirbelsäulen-Operation weltweit an der Universitätsklinik Balgrist,“ 11 Dezember 2020. [Online]. Available: <https://news.microsoft.com/de-ch/2020/12/11/hololens-im-operationssaal/>.
- [46] D. Gille, „Jetzt werden die Baustellen smart,“ 29 August 2018. [Online]. Available: <https://www.handwerk.com/conweardi-jetzt-werden-die-baustellen-smart>.
- [47] C. B. Frey und M. A. Osborne, „The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?,“ *Technological forecasting and social change*, pp. 254-280, 2017.
- [48] M. I. Ugli, „Will Human Beings Be Superseded by Generative Pre-trained Transformer 3 (GPT-3) in Programming?,“ *International Journal on Orange Technologies*, pp. 141-143, 2020.
- [49] M. Schrüfer, „Planung von Arbeitsplätzen: Unitechnik ermöglicht virtuelle Logistikplanung,“ 26 Mai 2020. [Online]. Available: <https://www.materialfluss.de/arbeitsplaetze/unitechnik-ermoeglicht-virtuelle-logistikplanung.htm>.
- [50] M. E. Gladden, „Novel Forms of "magical" human-computer interaction within the cyber-physical smart workplace: Implications for usability and user experience,“ *International Journal of Research Studies in Management*, pp. 25-48, 2019.

## 6. Impressum

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

Verantwortlich für den Inhalt:

Virtual Dimension Center (VDC) Fellbach

Kompetenzzentrum für Virtuelle Realität und kooperatives Engineering w.V.

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Christoph Runde

Auberlenstr. 13

70736 Fellbach

URL: [www.vdc-fellbach.de](http://www.vdc-fellbach.de)

Kontakt:

Tel.: +49(0)711 58 53 09-0

Fax : +49(0)711 58 53 09-19

Email: [info@vdc-fellbach.de](mailto:info@vdc-fellbach.de)

## 7. Förderhinweis

Gefördert durch:



Im Rahmen der Initiative:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die vorgestellten Arbeiten entstanden im Rahmen des Projekts "GeZu 4.0", welches durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales gefördert wird.