iit perspektive

Working Paper ■ Institute for Innovation and Technology ■ Nr. 62

Zwischen Hype und Zukunftsthema: Auf dem Weg ins Metaverse?

Bestandsaufnahme und Handlungsperspektiven für die Gestaltung des Metaverse

Robert Peters, Bettina Schmietow, Benedikt Krieger

iit perspektive

Working Paper des Instituts für Innovation und Technik in der VDI/VDE-IT | Nr. 62

Robert Peters, Bettina Schmietow, Benedikt Krieger

Zwischen Hype und Zukunftsthema: Auf dem Weg ins Metaverse? Bestandsaufnahme und Handlungsperspektiven für die Gestaltung des Metaverse

Das Metaverse wird üblicherweise als eine immersive virtuelle Welt begriffen, die mittels Virtual und Augmented Reality (VR/AR) realisiert wird. Befeuert durch Milliarden-Investitionen großer Digitalkonzerne scheint sich hier ein neuer Technologietrend zu etablieren. Gleichzeitig mehren sich Zweifel: Zu unklar scheint, was das Metaverse eigentlich ist – und wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass sich das Metaverse langfristig etabliert. Entscheider:innen in Politik und Wirtschaft stellt diese Frage vor eine grundlegende Herausforderung: Wie kann das „Ungewisse" gestaltet werden? In dem vorliegenden Beitrag zeigen die Autor:innen auf, dass das Metaverse keineswegs ein neues technologisches Phänomen darstellt. Vielmehr ist das, was unter dem Begriff „Metaverse" aktuell diskutiert wird, ein weiterer Qualitätssprung in der digitalen Transformation, der vor allem über die fortschreitende Konvergenz digitaler Technologien möglich wird.

Gesellschaftliche Potenziale des Metaverse werden zwar öffentlich behauptet, bislang jedoch zu wenig konkret analysiert. In dem Beitrag beleuchten die Autor:innen exemplarisch das Potenzial des Metaverse für den Gesundheitssektor. Während bislang vor allem Wertschöpfungspotenziale im Endkund:innen-Segment (B2C) diskutiert werden, bestehen für Deutschland die größten kommerziellen Potenziale im Bereich von Geschäftskund:innen-Anwendungen (B2B). Gleichzeitig liegen hier jedoch die größten Risiken und Herausforderungen für die deutsche Industrie.

1 Einleitung

Das Metaverse, wie es in den wohlklingenden Werbebotschaften des Meta-Konzerns (ehemals Facebook) beschrieben wird, ist noch lange nicht Realität. Dennoch nimmt das Thema in der öffentlichen Debatte bereits eine prominente Rolle ein. Es wird über Einzelhandelsunternehmen berichtet, die im Metaverse Filialen eröffnen (Kolf und Kort 2022). Zuletzt kündigte die EU-Kommission an, sich 2023 mit dem Thema beschäftigen zu wollen. Dabei betont die Kommission vor allem die Chancen, die sich für Wirtschaft, Bürger:innen und Gesellschaft bieten, z. B. im Gesundheitssektor (Rusch 2022). Dennoch sind weiter Zweifel zu vernehmen, ob es sich beim Metaverse doch nur um einen Hype handelt, der mit Milliarden-Investitionen aufgebaut wird, wirtschaftlich und gesellschaftlich jedoch keine Substanz hat (Weimer 2022).

Eine schwierige Ausgangslage für Entscheider:innen in Politik und Wirtschaft: Wie umgehen mit dem Metaverse? Wenn Deutschland und Europa eines aus den Debatten um Hyperscaler der Internetwirtschaft (Suchmaschinen, Soziale Netzwerke, Cloud-Dienste) und Technologien wie Künstliche Intelligenz gelernt haben, dann das: Wenn man einen Technologie-Trend zu spät erkennt und ihn nicht proaktiv gestaltet, lässt sich der daraus resultierende Rückstand – ökonomisch wie regulatorisch – nur sehr schwer aufholen. Doch ist das Metaverse tatsächlich ein solches Zukunftsthema, dessen Auswirkungen unsere Art, zu leben und zu wirtschaften, ähnlich weitreichend verändern wird?

In dieser iit-Perspektive gehen wir daher folgenden Fragen nach:

- Was ist das Metaverse?
- Handelt es sich dabei um ein substanzielles Zukunftsthema?
- Welche ökonomische und gesellschaftlichen Potenziale lassen sich heute absehen?
- Was können Entscheider:innen in Politik und Wirtschaft heute tun, um das Metaverse so zu gestalten, dass gesellschaftlicher Fortschritt erreicht und Wertschöpfungspotenziale erschlossen werden können?

2 Das Metaverse – Ein Erklärungsversuch

Was ist das Metaverse? Seitdem der Autor Neil Stevenson das Wort erstmals in seinem 1992 erschienenen Science-Fiction-Roman „Snow Crash" verwendete, wurde immer wieder der Versuch gemacht, den Begriff zu definieren. Wissenschaftler:innen

aus Südkorea haben in einer 2021 erschienenen Metastudie nachgezählt: Sie identifizierten mehr als 50 unterschiedliche Definitionen (Park und Kim 2022, 4214). In vielen Fällen gehen die Definitionen von Technologien wie Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) oder Blockchain aus. Grund dafür: Für die Realisation solcher, unter dem Begriff Metaverse diskutierten, virtuellen Welten sind diese Technologien wichtige Voraussetzungen. Tatsächlich greifen solche Erklärungsversuche zu kurz. Frank Piller, Innovationsforscher an der RWTH Aachen, wählt einen anderen Zugang. Er versteht das Metaverse als die „nächste Evolutionsstufe des Internets, vergleichbar mit dem Aufkommen des mobilen Internets Mitte der 2000er." (atp magazin 2022)

Technologische Grundlagen und funktionale Eigenschaften des Metaverse

Diese Perspektive verdeutlicht, warum der Versuch, das Metaverse über eine bestimmte Technologie zu erklären, zu kurz greift. Wer das Metaverse begreifen möchte, muss es in seiner Gesamtheit, mit allen dazu notwendigen technologischen Enablern und mit seinen funktionalen Eigenschaften begreifen.

Als technologische Voraussetzungen für das Metaverse können dabei Konnektivität, Interaktion, Edgecomputing, Künstliche Intelligenz, Robotik und Extended Reality identifiziert werden.

Konnektivität schafft mittels niedriglatenter Netzwerke (z. B. 5G/6G) die Voraussetzung für eine Echtzeit-Synchronität zwischen virtueller und physischer Welt. Interaktion schafft mittels omnipräsenter Interfaces wie AR- und VR-Brillen sowie integrierter Feedbackkanäle die Möglichkeit, in jeder Situation mit Inhalten und anderen Personen im Metaverse zu interagieren sowie entsprechende Rückmeldungen der Inhalte und anderen Personen wahrzunehmen. Gleichzeitig bieten die Feedbackkanäle auch die Möglichkeit für Content-Creator, Einwirkungen auf Nutzende zu designen und Nutzendende maximal gezielt multimodal anzusprechen. Edgecomputing ermöglicht mittels leistungsfähiger Endgeräte (z. B. Smartphones, Datenbrillen, Smart-TVs) die lokale Erfassung, Speicherung und Verarbeitung von Daten, etwa mittels dezentraler KI-Modelle (McKinsey 2022; Peters und Krieger 2022). So lässt sich das Metaverse durch unterschiedlichste Zugangswege (Gates) betreten. Künstliche

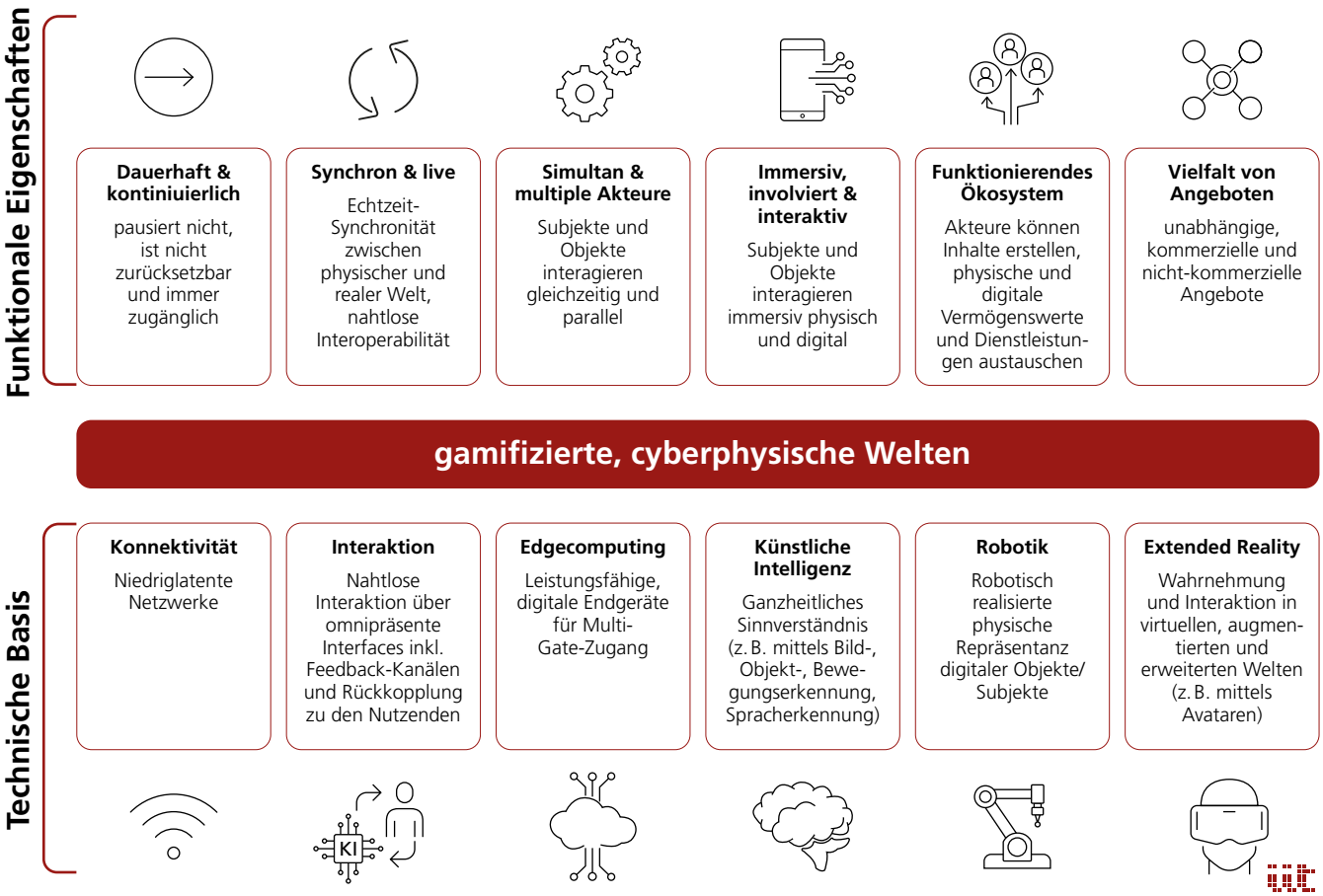

Abbildung 1: Technische und nicht-technische Basis des Metaverse (Eigene Darstellung, in Anlehnung an Lee et al. 2021, Bobier et al. 2022)

Intelligenz (KI) ermöglicht technischen Systemen ein ganzheitliches Sinnverständnis. Konkret können mittels Bild-, Objekt-, Bewegungs-, Gesichts- und Spracherkennung räumliche und interaktionsbezogene Settings erfasst und verarbeitet werden. Diese mittels KI ermöglichten Funktionen werden auch als „Computer Vision" bezeichnet (Lee et al. 2021, 17). Robotik ermöglicht die physische Repräsentanz digitaler Subjekte oder Objekte. Beispiele finden sich heute bereits in der Telepräsenz-Robotik und in Anwendungsszenarien mit hoher körperlicher Gefährdung (z. B. Löschroboter, Sprengstoffroboter). Extended-Reality-Technologien ermöglichen die Wahrnehmung und Interaktion in virtuellen, augmentierten und erweiterten Welten, z. B. mittels Avataren.

Mittels dieser Technologien wird die Realisation virtueller Welten möglich, die sich durch bestimmte funktionale Eigenschaften charakterisieren lassen. Virtuelle Welten im Sinne eines Metaverse sind dauerhaft und kontinuierlich. Sie sind jederzeit zugänglich, wie die physische Welt nicht zurücksetzbar und können auch nicht pausiert werden. Sie sind synchron und live. Sie zeichnen sich mithin durch eine interoperable Echtzeit-Synchronität zwischen virtueller und physischer Welt aus. In der virtuellen Welt des Metaverse (inter)agieren multiple Akteure, Subjekte und Objekte gleichzeitig und parallel. Das Erleben der Interaktion erfolgt hochgradig immersiv. Dabei zeichnet sich die virtuelle Welt durch ein funktionierendes Ökosystem aus, in dem Akteure Inhalte erstellen, physische und digitale Vermögenswerte sowie Dienstleistungen anbieten und beziehen. Dabei können kommerzielle wie nicht-kommerzielle Angebote geschaffen und genutzt werden.

Für ein Verständnis des Metaverse und für eine systematische Auseinandersetzung mit dessen potenziellen Implikationen haben zwei Beobachtungen besondere Relevanz. (1) Das Metaverse als solches ist keine neue Technologie. Vielmehr lässt sich das Metaverse über die Konvergenz – also die Verschränkung und die gemeinsame Anwendung – der in Abbildung 1 beschrieben Technologien realisieren. Die dazu erforderlichen Technologien bestehen dem Grunde nach bereits heute und befinden sich auf einem fortgeschrittenen Reifegrad. (2) Die beschriebenen funktionellen Eigenschaften des Metaverse machen klar: Bei der über eine weitere technologische Konvergenz zu erreichende immersive cyberphysische Welt handelt es sich im Kern um eine gamifizierte Welt. Bei Gamification geht es um „die Übertragung von spieltypischen Elementen und Vorgängen in spielfremde Zusammenhänge" (Gabler Wirtschaftslexikon 2022). Dabei sollen Anwender:innen durch Zielvorgaben, Regeln, Beteiligung, Punkte, Preise, Vergleichen und/oder Aufgabenstellungen und weitere Methoden zu gesteigerter Interaktion und Verhaltensänderungen motiviert werden. Die funktionalen Eigenschaften des Metaverse treffen gleichermaßen für gamifizierte virtuelle Welten zu. Entsprechend ist festzuhalten, dass das Metaverse – unabhängig vom betrachteten Anwendungskontext – stets auch eine gamifizierte Komponente mit sich bringt.

Entwicklungsphasen des Metaverse

Im Vergleich zu früheren Entwicklungsstufen des Internets wird sich das Metaverse durch eine noch höhere Interdependenz von physischer und digitaler Welt auszeichnen. Der qualitative Unterschied zwischen dem mobilen Internet der heutigen Zeit und dem Metaverse der Zukunft dürfte vor allem im stärkeren Verschmelzen des Digitalen und des Physischen bestehen. Als weitestgehende Entwicklung des Metaverse wird eine fast vollkommene Dualität von physischer und virtueller Welt (Lee et al. 2021, 1) verstanden. Es existiert dabei ein nahezu vollständiges Abbild der physischen Welt im digitalen Raum, im Sinne eines digitalen Zwillings. Dabei schlagen wir vor, die Entwicklung des Metaverse hin zu dieser Dualität von virtueller und physischer Welt entlang dreier Phasen zu beschreiben (vgl. Abbildung 2).

In Phase I liegt noch ein weitgehend entkoppeltes Verhältnis von physischer und digitaler Welt vor. Es existiert hier lediglich ein digitales Modell, also ein digitales Abbild eines physischen Objekts oder eines physischen Subjekts. Eine Interaktion zwischen der physischen und der digitalen Welt besteht dabei nicht. Beispiele für eine solch frühe Entwicklungsstufe des Metaverse sind etwa begehbare Modelle bestimmter Orte oder Objekte, z. B. ein virtueller Museumsrundgang (Deutsches Museum o. J.). Phase II zeichnet sich bereits durch eine stärkere Verschränkung von virtueller und physischer Welt aus. Auch hier existiert ein digitales Abbild eines physischen Objekts oder Subjekts. Der digitale Schatten reagiert dabei auf Veränderung des jeweiligen physischen Objekts oder Subjekts, welches er digital repräsentiert. Anwendungsfälle dafür finden sich heute zum Beispiel im Bereich der Mobilität – etwa via App angezeigte Ladestandanzeigen von Car-Sharing-Fahrzeugen und E-Rollern – und im Bereich des Online-Gamings (z. B. Avatare, die Spieler:innen repräsentieren und durch deren Bewegungen gesteuert werden). In Phase III wird ein Höchstmaß an wechselseitiger Einbettung erreicht: Hier spricht man auch von einem digitalen Zwilling. Dieser Zwilling ist zunächst, wie das digitale Modell und der digitale Schatten auch, die digitale Repräsentanz eines Objekts oder Subjekts in der physischen Welt. Anders als beim digitalen Schatten reagiert der digitale Zwilling jedoch nicht nur auf Veränderung des Objekts oder Subjekts, das er repräsentiert. Vielmehr verändert auch das physische Objekt oder Subjekt seine Eigenschaften, wenn der digitale Zwilling seine Eigenschaften ändert. Konkrete Anwendungsfälle sind heute z. B. die Fernsteuerung von Drohnen oder Robotern oder automatisierte Lager-Systeme, die den Füllstand eines Lagers digital erfassen und bei Unterschreiten eines bestimmten Füllstandes automatisch eine Bestellung auslösen, was wiederum zu einer Auffüllung der Lagerbestände führt.

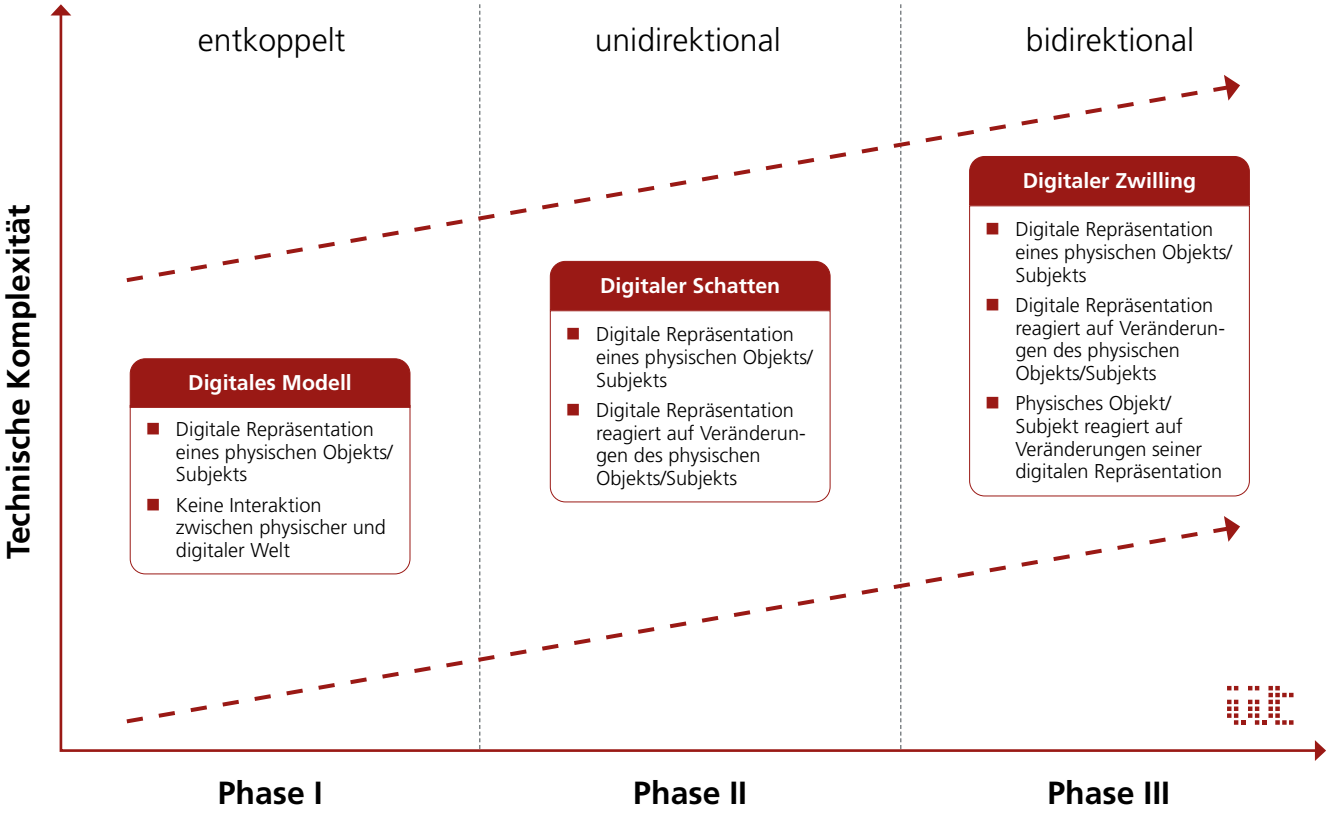

Abbildung 2: Entwicklungsphasen des Metaverse (Eigene Abbildung, in Anlehnung an: Lee et al. 2021)

Metaverse als Qualitätssprung in der digitalen Transformation

Die steigende Verschmelzung von digitaler und physischer Welt geht zugleich mit einer steigenden Komplexität und Konvergenz der technischen Basis einher. Wir plädieren dafür, das Metaverse als einen Zustand der Entwicklung innerhalb dieser drei Phasen zu begreifen. Wie die „digitale Transformation" ist auch das Metaverse kein Zielzustand, der erreicht werden kann. Vielmehr ist es ein bereits in seiner Entwicklung existierendes Phänomen, das gesellschaftlich wie ökonomisch wirksam wird. Das Metaverse kann daher auch als nächster Entwicklungsschritt in der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft verstanden werden. Der Unterschied zwischen den heutigen, frühen Erscheinungsformen des Metaverse und den futuristischen Visionen des Metakonzerns und anderer Unternehmen besteht vor allem darin, dass Meta und andere Technologieoptimist:innen von einer sehr schnell fortschreitenden Konvergenz der technischen Basis ausgehen und damit rechnen, dass wir als Gesellschaft – wie schon bei der Adaption des mobilen Internets – binnen weniger Jahre neue soziale Praktiken dafür entwickeln, wie wir Wirtschaften und Zusammenleben organisieren.

3 Potenziale des Metaverse

Im nächsten Schritt diskutieren wir entlang von drei Potenzialfeldern, welche Hinweise aus Forschung und Anwendungspraxis schon heute sichtbar machen, welche Möglichkeiten sich aus einer zunehmenden Konvergenz digitaler Schlüsseltechnologien und der Entwicklung eines Metaverse ergeben.

Kommerziell wird das Metaverse mit erheblichen Potenzialen in Verbindung gebracht. Allein von 2021 auf 2022 haben sich die Investitionen in die Entwicklung des Metaverse auf mehr als 120 Mrd. US-Dollar mehr als verdoppelt (McKinsey 2022). Auch gesellschaftliche Potenziale werden in der bisherigen Debatte angenommen, werden jedoch zumeist nur abstrakt beschrieben. Zuletzt unterstrich die EU-Kommission: Mit der Realisation virtueller Welten wie dem Metaverse könnten, etwa im Gesundheitssektor, gesellschaftliche Potenziale erschlossen werden (Rusch 2022).

Nachfolgend diskutieren wir vor diesem Hintergrund, welche Möglichkeiten sich heute bereits für die wirtschaftliche Nutzung

des Metaverse (Anwendungen für Endkund:innen und Geschäftskund:innen) sowie für die Nutzung des Metaverse für gesellschaftliche Zwecke (am Beispiel des Gesundheitssektors) abzeichnen.

Anwendungen für Endkund:innen (B2C)

Vorreiter für Metaverse-Anwendungen sind Anbieter kommerzieller Services für Endkund:innen (in sog. B2C-Märkten) ist der Gaming-Sektor. Zu den weltweit erfolgreichsten Anbietern zählen Fortnite, ein 3D-Shooter, der schon 2020 einen Umsatz von rund 5,1 Mrd. US-Dollar erreichte und der im Folgejahr rund 350 Millionen Nutzende verzeichnete (Bobier et al. 2022, 3), sowie Roblox. Roblox ist eine ebenfalls in 3D realisierte Spielewelt, in der Nutzende eigenen Spielecontent erstellen und diesen gemeinsam mit anderen Teilnehmenden erleben können. Der Jahresumsatz von Roblox lag 2020 bei rund 920 Mio. US-Dollar. 2021 kam die Plattform auf fast 50 Millionen aktive tägliche Nutzende (Bobier et al. 2022, 4). Das kommerzielle Potenzial virtueller Spielewelten ist dabei schon heute nicht auf die Realisation klassischer Spieleerlebnisse beschränkt. Seit 2020 traten mehrfach international bekannte Musikkünstler:innen im Rahmen von Fortnite-Konzerten auf. Travis Scott erreichte 2021 mit einem Auftritt in der Spielewelt Berichten zufolge gut 12 Millionen Zuschauer:innen (SPIEGEL Online 2020). Ariana Grande war mit ihrem Avatar 2021 Headlinerin bei einer Konzertreihe in der Spielewelt (Redaktionsnetzwerk Deutschland 2021). Auch zahlreiche Unternehmen nutzen verstärkt virtuelle Welten, um hier Aufmerksamkeit für ihre Marken zu erzeugen und physische wie virtuelle Produkte zu vertreiben. Dazu zählen u. a. Adidas, Burberry, Gucci, Tommy Hilfiger, Ralph Lauren, Nike, Samsung und Louis Vuitton (Murad und Smale 2022). Der deutsche Sportartikelhersteller Adidas bietet für das Metaverse z. B. NFT-basierte virtuelle Kleidung an (Adidas AG o. J.). Der Online-Shop Herrenausstatter.de ermöglicht es in seiner Metaverse-Filiale, Produkte virtuell zu erkunden, diese dann wahlweise mittels klassischer digitaler Zahlungsverfahren oder mittels Kryptowährung zu erwerben und sich wie im herkömmlichen Online-Handel physisch liefern zu lassen (Thieme 2022). Die Unternehmensberatung McKinsey stellt in einer Umfrage fest, dass vor allem der Kauf virtueller oder physischer Güter und die virtuelle Teilnahme an Veranstaltungen zu den Aktivitäten gehören, bei denen Verbraucher:innen immersive Angebote verstärkt nutzen könnten (McKinsey 2022, 31).

Komplementäre Angebote und Vertriebswege

Obwohl das Interesse von Unternehmen unterschiedlichster Wirtschaftszweige sowie die erheblichen Investitionsvolumina dokumentieren, welches ökonomische Potenzial im Metaverse gesehen wird, können heute keine gesicherten Aussagen darüber gemacht werden, wie schnell und wie tiefgreifend das Metaverse wirtschaftliche Strukturen im Bereich von B2C-Märkten verändern wird (McKinsey 2022, 43). Es gibt erste Studien, die mittels Umfragen versuchen, die Affinität von Endverbraucher:innen bezogen auf verschiedene Anwendungsszenarien des Metaverse und die Bereitschaft zum Kauf virtueller Vermögenswerte im Metaverse zu untersuchen (Statista 2022a). Inwiefern sich künftig Menschen jedoch tatsächlich entscheiden, im großen Umfang im Metaverse statt über klassische Online-Marktplätze einzukaufen, ist bislang nicht absehbar. Aktuelle Daten und Prognosen zum gegenwärtigen und künftigen Marktvolumen für NFTs – inklusive Umsätze im Metaverse – lassen ebenfalls Zweifel an der tatsächlichen Bedeutung des Marktes mit virtuellen Vermögenswerten zu. Laut Statista-Daten werden 2022 weltweit nur rund 2,25 Mrd. Euro mit NFTs umgesetzt. Für 2027 wird ein Wachstum auf 7,17 Mrd. Euro prognostiziert (Statista 2022b).

Am ehesten dürfte sich das Metaverse als eine Ergänzung und damit als komplementäre Sphäre zu heute bestehenden Strukturen entwickeln. Damit träten durch das Metaverse für Endverbraucher:innen nicht virtuelle Erfahrungen an die Stelle von Erfahrungen in der physischen Welt. Vielmehr würden Erfahrungen, die wir in der realen Welt machen, erweitert (McKinsey 2022, 13). Das Metaverse wäre demnach in erster Linie komplementär statt substituierend. Damit könnte das Metaverse den seit Jahren im Vertrieb anhaltenden Trend zum Omnichannel-Prinzip (Glock et al. 2019, 35) stärken und sich als zusätzlicher Kanal zu etablierten Vertriebskanälen wie dem klassischen Online-Vertrieb und dem stationären Handel entwickeln. Zu dieser Einschätzung kommt auch Renata DePauli, Gründerin des Online-Händlers Herrenausstatter.de. Bezogen auf eine Zehnjahresperspektive, geht sie von einer Konvergenz digitaler und physischer Welt aus: „Die Grenzen werden verschwimmen. Wir sind dann nicht mehr entweder im Metaverse oder in der realen Welt, beide Welten werden verschmolzen sein." (Thieme 2022)

Strukturwandel möglich – Unsicherheiten bleiben

Für Unternehmen im Segment Endkundschaft ergeben sich durch das Metaverse weitere Möglichkeiten, bestehende Kund:innengruppen in einer erlebnisorientierten Weise zu adressieren und neue Kund:innengruppen für die eigene Marke zu begeistern (Animocabrands 2022). Unklar bleibt dabei, welchen Stellenwert das Metaverse als komplementäre Schnittstelle für Kund:innen in Ergänzung zu physischen und traditionellen digitalen Vertriebskanälen künftig haben kann. Für Unternehmen bedeutet das auf absehbare Zeit, dass sie ihre ersten Gehversuche im Metaverse bis auf Weiteres unter erheblichen Unsicherheiten vollziehen. Zu diesen Unsicherheiten gehört auch, auf welche Anbieter virtueller Welten Unternehmen setzen sollen, wenn sie erste Gehversuche in der neuen immersiven Realität unternehmen wollen.

Auch in dem Fall, dass Unternehmen sich erfolgreich im Metaverse platzieren und hier funktionierende Vertriebsstrukturen auf kaufbereite Verbraucher:innen treffen, bestehen Risiken für die weitere Entwicklung. Bereits der Übergang zum Online-Vertrieb war für weite Teile des Einzelhandels mit einem tiefgreifenden Strukturwandel verbunden. Dabei setzten viele Unternehmen zu spät auf die sich auftuenden Möglichkeiten neuer Vertriebskanäle. Ein strukturell folgenschwerer Faktor war jedoch das Aufkommen von Online-Marktplätzen und eine Monopolisierung bzw. Oligopolisierung. Sinnbild dafür sind Unternehmen wie Amazon und Alibaba. Sie sind heute in manchen Märkten die dominante Kund:innenschnittstelle, weil sie nicht zuletzt mittels Netzwerk- und Skaleneffekte und dank ihres exklusiven Zugangs zu Kund:innendaten erhebliche Vorteile im Wettbewerb erlangen. Auch im Metaverse könnte sich – ob bei bestehenden Akteure wie Amazon, Meta, Google & Co oder neuen Akteuren – Marktmacht in erheblicher Weise konzentrieren (Rosenberg 2022). Gerade für kleine und mittlere Unternehmen könnten sich Abhängigkeiten und die Fremdbestimmung bei Vertriebsstrukturen verstärken.

Anwendungen für Geschäftskund:innen (B2B)

Die Vorreiter einer kommerziellen Verwendung des Metaverse kommen aus dem Segment Endkund:innen. Allerdings ist die künftige Entwicklung im Bereich B2C mit großen Unsicherheiten verbunden. Ob sich die hohen Erwartungen an die Entwicklung des Geschäfts mit Endkund:innen im Metaverse tatsächlich verwirklichen, ist unklar. Aufgrund dieser Unsicherheit und angesichts der traditionell industriell geprägten Wirtschaftsstruktur in Deutschland lohnt ein Blick auf die ökonomischen Potenziale, die sich im Metaverse für B2B-Märkte ergeben können.

Planung, Entwicklung und Umsetzung neuer Services im Metaverse

Bereits 2021 stellten BMW und NVIDIA das Projekt „Omniverse" vor. Dies ist ein Tool, das eine digitale, fotorealistische Planung von Fabriken ermöglicht (BMW Group 2021). Damit sollen bereits existierende Fabriken als digitale Modelle abgebildet und virtuell zugänglich gemacht sowie neue Fabriken mittels virtueller Planung konzipiert werden. Interventionen wie Prozess- oder räumliche Umgestaltung in einer bestehenden Fabrik lassen sich damit simulieren und, bezogen auf Prozesseffizienz und die Anforderungen von Beschäftigten, optimiert umsetzen. Möglich ist mit ähnlichen Tools auch die virtuelle Entwicklung von Produkten (Autodesk 2022). In Zukunft soll durch das oben genannte Omniverse eine Zusammenarbeit von Beschäftigten in einer gemeinsamen virtuellen Umgebung möglich sein, auch wenn diese sich an verschiedenen Standorten befinden. Dadurch wird in diesem Beispiel eine Kollaboration am physischen Objekt trotz Entfernungen per Metaverse möglich. Diese Tools sind darüber hinaus die Basis, um Services wie vorausschauende Wartung und die daten- und KI-basierte Inline-Optimierung von Produktionsprozessen auch über Distanz zu realisieren. Je nach Ausgestaltung, kann es sich dabei auch um komplexere Anwendungen wie digitale Schatten oder digitale Zwillinge handeln.

Der sich verstärkende Trend zu Product-as-a-Service-Modellen (Peters et al. 2021) zeigt ebenfalls mögliche Potenziale auf, die in der Entwicklung zu einem Metaverse weiter verstärkt werden könnten. Die Flugzeugturbinensparte von Rolls-Royce gilt seit Jahren als Musterbeispiel für die Umsetzung von Product-as-a-Service (Orton-Jones 2016). Dieser Wandel im Geschäftsmodell wird mitunter möglich durch den Einsatz digitaler Schatten, also eines Abbilds der tatsächlichen Turbine. Damit ist es schon heute möglich, die bei Kunden-Airlines eingesetzte Turbine konstant über Sensoren nachzuverfolgen und zu kontrollieren. Mittels digitaler Schatten kann Rolls-Royce in Echtzeit Fehler oder sich abzeichnende Wartungsbedarfe nachverfolgen und antizipieren. Künftig will das Unternehmen den digitalen Schatten ihrer Turbinen in ihrem physischen Umfeld digital abbilden und simulieren, z. B. unter Einbezug von Umgebungs- und Kontextparametern (Rolls-Royce 2019).

Neue Services für hybrides Arbeiten und Lernen

In der Gestaltung von Zusammenarbeit im Team hat die Covid-19-Pandemie zu strukturellen und dauerhaften Veränderungen geführt. Die Zusammenarbeit in hybriden Teams ist damit auf Dauer eine Realität in weiten Teilen unserer Arbeitswelt (Peters et al. 2021). Der Markt für virtuelle Meeting-Räume boomt. Ausgehend von heute etablierter Videokonferenz-Software, mit der bereits ein erster Schritt in Richtung virtueller Zusammenarbeit getan ist, könnten in Zukunft immersive Meeting-Räume zu einem wichtigen Bestandteil unserer Arbeitswelt werden. Meta skizziert schon heute die zugehörige Vision für kollaboratives Arbeiten im Digitalen: freie Wählbarkeit virtueller Räumlichkeiten für Meetings, flexible Möglichkeiten, Whiteboards zu integrieren, Ergänzung des Arbeitsplatzes durch virtuelle, zusätzliche Bildschirme, und weitere Ergänzungen (meta o. J.).

Ein weiteres potenzielles Einsatzgebiet von Metaverse-Anwendungen im B2B-Bereich ist die Fort- und Weiterbildung. Schon heute gibt es erste Ansätze, mittels digitaler Modelle komplexer Bauteile Arbeitnehmer:innen beim Erlernen eines Montagevorgangs zu unterstützen (S. Werrlich et al. 2017). Durch die Gestaltungsfreiheit in augmentierten Realitäten bietet sich das Potenzial, dass in Zukunft Trainings individuell an Lerngegenstände und Lerngeschwindigkeiten angepasst werden können. Damit könnte sich sowohl die wahrgenommene als auch die objektive Qualität des Lernens verbessern (Bohne et al. 2021; Gürerk et al. 2018).

Neue Formen der Mensch-Maschine-Interaktion

Die Fernsteuerung von Robotern wird Realität: Sie befindet sich bereits in der Umsetzung. Telepräsenzrobotik ermöglicht, über digitale Zwillinge eine Rückkopplung in die physische Welt herzustellen. Dabei kann ein Mensch auf Distanz mittels Display oder über Virtual-Reality-Brillen mithilfe eines Roboters mit Personen oder Gegenständen interagieren (Hernandez et al. 2021). Die gleiche Funktionalität wird ebenfalls genutzt, um Roboter in einer virtuellen Realität zu programmieren und diese Programme mit realen Robotern ausführen zu lassen (Aleotti et al. 2004; Burghardt et al. 2020). Das Ziel dabei ist, Roboter schon vor ihrem Einsatz in der physischen Welt per virtueller Simulation effizient und ohne Gefahren zu programmieren, damit sie später reibungslos in ihrem Anwendungskontext integriert werden können.

B2B-Potenziale bislang zu wenig im Fokus

Aus den beschriebenen Beispielen ergeben sich konkrete Implikationen und Fragestellungen für die Gestaltung des Metaverse im Segment der Geschäftskund:innen. In zahlreichen Anwendungsgebieten lässt sich erkennen, dass mittlerweile nicht nur von einem realen Lebenszyklus eines Produktes, sondern auch von einem digitalen Lebenszyklus gesprochen werden kann. Produkte werden im Virtuellen designt und konstruiert; die Prozesse, die diese Produkte entstehen lassen, sind digital abgebildet, und in der späteren Nutzung sind Produkte häufig virtuell abbildbar, wodurch ergänzende Services möglich werden. Die treibenden Kräfte hinter den Anstrengungen, solch durchgängige digitale Lebenszyklen zu etablieren, sind Effizienzsteigerungen und Transparenz. Daraus ergeben sich zunehmend Potenziale sowohl für Geschäftskund:innen als auch für die Hersteller:innen, die ihre eigenen Prozesse und Vorgänge besser verstehen lernen.

Die beschriebenen Entwicklungen ermöglichen damit nicht zuletzt, Produkte „as-a-Service" anzubieten. Als Folge der Entwicklung des Metaverse könnte sich der Trend zur Tertiärisierung verstärken und auch in der Industrie der Serviceanteil an der Wertschöpfung steigen (Peters et al. 2020). Selbst in traditionellen Industriebranchen bieten Maschinenhersteller nicht mehr lediglich Hardware an, sondern auch damit verbundene Services (Rolls-Royce 2019).

Angesichts der hier lediglich kursorisch betrachteten Potenziale, die sich im Zusammenhang mit dem Metaverse für den Bereich der Geschäftskund:innen ergeben, erscheint es sinnvoll, im politischen und gesellschaftlichen Diskurs über das Metaverse stärker als bislang auf die Folgen für industrielle Anwendungsszenarien zu fokussieren. Dabei gilt es, mögliche positive als auch mögliche negative Folgen für das industrielle Rückgrat der deutschen Wirtschaft zu betrachten. So dürften sich für Unternehmen auch in der Industrie durch das Metaverse neue Möglichkeiten ergeben, hochwertige Services für ihre Kund:innen zu entwickeln und damit Wertschöpfungspotenziale zu schaffen. Fraglich ist jedoch, auf Grundlage welcher Hard- und Software-Infrastruktur diese Services entwickelt werden. Geraten Industrieunternehmen hier in eine Abhängigkeit von Systemanbietern, könnte dies unter Umständen erhebliche Folgen haben. Erfolgt z. B. die virtuelle Produktentwicklung mithilfe von Softwaresystemen, die etwa von Meta oder einem anderen Anbieter bereitgestellt werden, könnten sensible Daten aus dem Herzen des Forschungs- und Innovationsgeschehens in großem Stil bei einzelnen Marktakteuren zusammenlaufen. Die Folgen eines derartigen Know-how-Abflusses wären weitreichend. Insbesondere, wenn entsprechende virtuelle Tools zur Produktentwicklung zum internationalen Standard würden und deutsche Unternehmen sich der Nutzung dieser Systeme nicht mehr verschließen könnten. In diesem Fall wäre es denkbar, dass das Metaverse für die industrielle Wertschöpfung das würde, was Amazon für Sektoren wie den Buchhandel war – ein folgenschwerer Gamechanger. Dieses Risiko könnte sich besonders dann realisieren, wenn Industrieunternehmen zu spät mit Investitionen in diesem Bereich beginnen.

Gesellschaftliche Potenziale – am Beispiel des Gesundheitssektors

In der Debatte um das Metaverse dominieren bislang Fragen kommerzieller Potenziale. Dabei liegen nach Auffassung der EU-Kommission in zahlreichen Anwendungskontexten wie Gesundheitswesen und Smart City Möglichkeiten, durch das Metaverse gesellschaftlich relevante Herausforderungen zu adressieren (Rusch 2022). Eine jüngst erschienen Studie der Stiftung Zukunft Berlin zeigt zudem, welche Implikationen sich aus einer Entwicklung des Metaverse für demokratische Diskurse und die politische Öffentlichkeit ergeben könnten (Hermann 2022). Wir möchten die gesellschaftlichen Potenziale nachfolgend am Anwendungskontext des Gesundheitssektors diskutieren.

Next Level „Digitale Medizin"

Die Erwartungen an die Nutzung des Metaverse im Gesundheitswesen sind hoch und betreffen vielfältige medizinische und pflegerische Bereiche von der Krebsfrüherkennung über virtuelle Psychotherapie bis zu fernchirurgischen Eingriffen und immersiver Weiterbildung, unabhängig von Kliniken und Hörsälen. Es wird davon ausgegangen, dass bei der Umsetzung des medizinischen Metaverse die Holographie – insbesondere die Anwendung von digitalen Zwillingen im großen Maßstab – sowie eine tiefgreifende Verzahnung virtueller und realer medizinischer Anwendungen mit dem Gesundheits- und Sozialsystem auf der Basis von Blockchain-Technologie entscheidend sind (Sun et al. 2022). Wenn es sich, basierend auf einer neuen Evolutionsstufe

von VR, AR und XR und weiteren Technologien, realisiert, könnte das Metaverse an existierende Trends der personalisierten Medizin oder „P4 medicine" (predictive, preventive, personalized, and participatory[1]) als Teil einer umfassend digitalisierten datenbasierten Gesundheit anschließen. Das Metaverse könnte die digitale Medizin damit auf ein gänzlich neues Level heben. Diese Vision wird gegenwärtig auch als dezentrales „medical internet of things" oder auch als „metaverse of medical technology and AI" vorangetrieben (Wang et al. 2022; Yang et al. 2022).

Gamifizierte Verhaltensänderungen, Prävention und Effizienz

Wie schon durch die P4-Medizin, soll damit Gesundheit einerseits stärker individualisiert werden, z. B. durch Self Monitoring und digitales bzw. medizinisches Empowerment. Andererseits könnte die Gesundheitsversorgung effektiver gestaltet werden, gerade mit Blick auf den demografischen Wandel. Mit dem Fokus auf mehr Prävention, mentale Gesundheit und Verhaltensänderungen aufseiten der Bürger:innen und Patient:innen, durch die Nutzung gesundheitsbezogener Apps, Chatbots, Wearables und einer effektiveren Gestaltung der Versorgung durch Telemedizin, robotische Assistenz in der Pflege und In-Home-Gesundheitssensorik ist eine große Hoffnung verbunden: Gesundheit könnte durch eine umfassende Integration in die Lebenswelt – z. B. das Zuhause und den Arbeitsplatz – nicht nur am P*oint of Care* verortet werden. Im Metaverse wird die Rolle der (potenziellen) Patient:innen durch gamifizierte Elemente und Anreizsysteme noch stärker individualisiert. Damit dürften auch eine verstärkte automatische Auswertung gesundheitsrelevanter Daten und neue Monetarisierungsmodelle einhergehen (Thomason 2021).

Nahtlose virtuelle Medizinwelt

Das prototypische Modell einer nahtlosen Zusammenführung der verschiedenen technischen Enabler des Metaverse ist z. B. eine All-in-One-Anwendung zur frühzeitigen Diagnose bzw. das Screening von Lungenknoten in der Krebsprävention (Yang et al. 2022) oder als Telekardiologie-Plattform mit ähnlicher Funktion (Skalidis et al. 2022). Dabei werden VR-zugängliche 3D-Modelle des Organs mit KI-basierter Bildauswertung und menschlicher Qualitätskontrolle in der medizinischen Bewertung und gleichzeitiger Datensammlung zur Standardisierung von Behandlungsansätzen verbunden.

Dieser bereits bestehende Ansatz soll in Zukunft zur vollumfänglichen Holografie und Nachbildung von physiologischen Veränderungen von digitalen Zwillingen der Organe oder des gesamten Organismus erweitert werden. In diesen Systemen sollen Echtzeitveränderungen intelligent verarbeitet werden können, etwa durch die Remote-Zusammenarbeit von Ärzt:innen untereinander, in Mensch-KI- bzw. Roboter-Teams, aber auch im Austausch mit Patient:innen und Angehörigen. Diese Idee kann auf existierende Sensorik und biochemische Technologien zur Erfassung und Überwachung physiologischer Zustände aufbauen. Für das genannte Beispiel der Lunge könnte also eine Computertomografie mit weiteren Patient:innen- oder Forschungsdaten in einem VR-zugänglichen digitalen Zwilling integriert werden, der im Metaverse mit intelligenter Datenverarbeitung und maschineller wie menschlicher Expertise weiterverarbeitet wird, um u. a. möglichst differenzierte Diagnosen zu erhalten (Yang et al. 2022).

Bislang beschreibbare Anwendungsperspektiven für das Metaverse im Gesundheitssektor setzen vor allem auf digitale Zwillinge und eine herausgehobene Rolle medizinischer Bildauswertung und –erfahrung (Wang et al. 2022). Perspektivisch sind Szenarien vorstellbar, in denen ganze Krankenhäuser auf der Basis voll integrierter Zwillinge der Patient:innen im Metaverse erfahrbar werden. Dies könnte zum Beispiel bei Knappheit an Operationssälen, menschlichem Fachpersonal oder bei der risikofreien Behandlung hochinfektiöser Krankheiten und der Entwicklung personalisierter künstlicher Organe helfen (Möller und Pörtner 2021). Für den Einsatz in der ambulanten Pflege werden ebenfalls bereits erste immersive, robotische Telepräsenzsysteme erforscht, die Pflegekräfte auch ohne physische Präsenz vor Ort bei ihren Aufgaben unterstützen sollen (Bundesministerium für Bildung und Forschung o. J.). In der Chirurgie werden bereits AR-Anwendungen genutzt, um anatomische Details – ähnlich einer Röntgenbrille – konstant vor Augen und gleichzeitig die Patient:innen im Blick zu haben, etwa in der Neuro- und Wirbelsäulenchirurgie (Spinal news international 2020). Gerade in der Chirurgie sind im Metaverse auch eine besser verständliche Aufklärung und Miteinbeziehung von Patient:innen durch die Simulation anstehender Interventionen oder die bisher häufig schwierigen Vorhersagen für die Resultate rekonstruktiver oder plastischer Eingriffe denkbar.

Weitere Bereiche, die von immersiven Therapien durch weltweit stark steigende Bedarfe profitieren könnten, sind psychische Gesundheit, psychosomatische Medizin und Schmerztherapie (Usmani et al. 2022). EaseVR, beispielsweise, ist eine verhaltenspsychologische Anwendung für chronische Rückenschmerzen durch VR-Headsets, die hilft, physiologischen Schmerz durch immersive Entspannung und Aufmerksamkeitsverschiebungen zu reduzieren (Food and Drug Administration 2021).

Darüber hinaus ist das Potenzial erweiterter und interaktiver virtueller Realität in medizinischer Aus- und Weiterbildung sowie Forschung immens: Denn im Prinzip können zu jeder Zeit und

1 Deutsch: vorausschauend, präventiv, personalisiert und partizipativ

an jedem Ort – vor allem aber außerhalb des klinischen Kontexts, also u. a. ohne Proband:innen, Kadaver und Infektiösität – Wissensbestände integriert und geteilt, therapeutische Techniken risikoarm erprobt und erlernt werden. Dabei können verschiedene Sinne und somit etwa auch Lerntypen angesprochen werden (Sandrone 2022).

Vielfältigste Potenziale vs. komplexe Regulierungsherausforderungen

Den enormen Potenzialen im Gesundheits- und Pflegebereich stehen komplexe Herausforderungen entgegen. Ein noch stärker datenbasiertes Gesundheits- und Versorgungsmodell kann durch die smarte Zusammenführung von medizinisch relevanten Echtzeitdaten im Zusammenspiel mit VR-Brillen, KI-gepowerten Wearables und weiteren Technologien das unmittelbare Einwirken bei der Änderung etwa von Vitalparametern durch ärztliche oder technische Expertise bzw. Assistenz auslösen. Dazu ist nicht mehr, wie im telemedizinischen Modell, die menschliche Expertise per se nötig, sondern wird durch Avatare und Robotik ersetzbar. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Datensicherheit, Privatheit und Diskriminierungsschutz, die Interoperabilität der notwendigen einzelnen Systeme wie auch an eine angemessene Regulierung. Es ist bislang unklar, ob und inwieweit hier u. a. Blockchain-Technologie neue Lösungen, zumal im internationalen und über die private und öffentliche Gesundheitsversorgung hinweg, bereitstellen könnte (Wang et al. 2022).

Im Metaverse würden – noch weiter als in der digitalisierten Medizin – die Grenzen zwischen Gesundheit und Krankheit, der Notwendigkeit eines Eingriffs und der schädlichen Überbehandlung, zwischen Selbstverantwortung und medizinischer Haftbarkeit verschwimmen.

Durch die anzunehmenden – zumindest zunächst – hohen Kosten und die Komplexität der Metaverse-Medizin scheint auch eine Verschärfung des „digital divide" in Bezug auf Gesundheit wahrscheinlich. Es steht damit infrage, ob jene, die am meisten von diesen Anwendungen profitieren könnten, auch tatsächlich im Fokus der derzeitigen Entwicklungen stehen. Andererseits wird ebenso angeführt, dass der Wechsel von informationsbasierter zu erfahrungsbasierter Gesundheitskommunikation im Metaverse zu einer Reduzierung gesundheitlicher Ungleichheiten führen könnte. Indem im Metaverse perspektivisch Individuen weltweit und damit auch in gesundheitlich benachteiligten Ländern intuitive und gamifizierte Visualisierungen interaktiv zugänglich würden, z. B. die sonst unbeobachtbare Verbreitung von Viren oder die negativen, aber distalen Folgen ungesunder Verhaltensweisen, könnte der Anteil an abstrakt-wissenschaftlicher Gesundheitskompetenz zur Erreichung von Gesundheit, die gegenwärtig viele Ungleichheiten begründet, verringert werden (Plechatá et al. 2022).

4 Ganzheitliche Auswirkungen des Metaverse

Viele der Folgen für Wirtschaft und Gesellschaft, die sich konkret aus der Entwicklung des Metaverse ergeben, lassen sich heute ebenso schwer abschätzen wie die tatsächliche Erscheinungsform einer sich aus der Konvergenz digitaler Schlüsseltechnologien entwickelnden gamifizierten, cyberphysischen Welt, die heute unter dem Begriff Metaverse diskutiert wird. Ausgehend von der mit diesem Beitrag vorgelegten Bestandsaufnahme, können daher im Folgenden lediglich erste sich abzeichnende Konsequenzen für das soziale Zusammenleben, die technologische Entwicklung, für Umwelt, Politik und den Rechtsrahmen skizziert werden.

Soziale Auswirkungen

Die Möglichen Implikationen für unser gesellschaftliches Zusammenleben sind vielfältig. Die Europäische Kommission unterstreicht, es müsse darum gehen, die gesellschaftlichen Potenziale des Metaverse zu nutzen, und verweist dafür exemplarisch auf den Gesundheitssektor und Smart Cities. In diesem Beitrag konnten wir bezogen auf den Gesundheitssektor exemplarisch aufzeigen, auf welche Weise das Metaverse zur Verwirklichung einer präventiven, personalisierten und partizipativen Medizin sowie zu einer Verbesserung im Bereich der medizinischen Versorgung und der Pflege beitragen könnte. Diese isolierte Betrachtung gesellschaftlicher Teilsektoren zeigt bereits, wie komplex das Geflecht aus Perspektiven und Herausforderungen ist, die sich aus dem Metaverse potenziell ergeben. Es zeigt, wieviel Unklarheit angesichts der Auseinandersetzung mit den gesellschaftlichen Folgen des Metaverse besteht, die bislang überwiegend oberflächlich bleibt. Nötig ist daher die Entwicklung dezidierter Anwendungsszenarien für ein gesellschaftsdienliches Metaverse, um dessen antizipative Gestaltung zu ermöglichen. Mit einer explorativen Untersuchung der Auswirkungen des Metaverse auf demokratische Strukturen liefert die Stiftung Zukunft Berlin hier erste konkrete Anhaltpunkte. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Metaverse grundlegenden Einfluss auf die Verwirklichung von Grundrechten, auf den öffentlichen Diskurs und auf demokratische Prozesse nehmen dürfte (Hermann 2022). Dabei beschreiben die angenommenen Konsequenzen primär eine Fortschreibung bzw. Skalierung der im Zusammenhang mit dem Einfluss der sozialen Medien auf die Gesellschaft diskutierten Risiken. Ebenfalls in Analogie zu den Folgen bislang bekannter sozialer Netzwerke werden Befürchtungen geäußert, das Metaverse könnte eine in qualitativer Hinsicht gesteigerte „Fear of missing out" auslösen. Die Sorge um eine Nicht-Teilnahme am Metaverse könnte dieser Befürchtung zufolge einen Sogeffekt auslösen, der einen hohen sozialen Druck zur Teilnahme am Metaverse erzeugt. Insbesondere Anbieter im B2C-Bereich könnten versuchen, sich dieses Phänomen auch beim Metaverse zunutze zu machen (Marketing Börse 2022).

Auswirkungen auf die technologische Entwicklung
Digitale Technologien schaffen die Voraussetzung für die immer weiter fortschreitende Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft. Das Metaverse bietet die Chance, über die Konvergenz digitaler Schlüsseltechnologien einen Qualitätssprung in der digitalen Transformation herbeizuführen. Treiber der für das Metaverse notwendigen Konvergenz sind gegenwärtig vor allem Unternehmen wie Meta und Fortnite, die virtuelle Welten und teilweise auch eigene Hardware wie VR-Headsets anbieten, um immersive Erlebnisse zu kreieren. Es ist denkbar, dass sich insbesondere aus kombinierten Angeboten aus Metaverse-Hardware und Metaverse-Software auch in der Entwicklung des Metaverse technologische Lock-ins durch einen oder mehrere solcher Anbieter ergeben, wie sie sich beim mobilen Internet (z. B. Apple-Produktwelt) und in der frühen Phase des Internets der 1990er Jahre anhand des Microsofts-Monopolstreits zeigten. So ist keineswegs auszuschließen, dass sich trotz multipler Angebote im Metaverse trotzdem monopolartige Strukturen entwickeln.

Ökologische Auswirkungen
Zwar ist prinzipiell mit einer durch das Metaverse protegierten Tertiärisierung der Wirtschaft auch ein zunehmender Wechsel weg vom Konsum physischer Erzeugnisse hin zum Konsum digitaler Dienstleistungen und Produkte möglich. Es ist jedoch noch völlig unklar, welche Effekte dies auf die Nachhaltigkeit speziell des privaten Konsums haben wird. Eine jüngste Studie des Büros für Technikfolgen-Abschätzung unterstreicht, mit welch hohen Energiebedarfen die verstärkte Nutzung von 5G und Glasfaserinfrastruktur und Technologien wie Blockchain einhergehen könnten (Grunwald und Caviezel 2022). Diese zwei digitalen Technologien haben für die Realisation des Metaverse in bisherigen Anwendungsszenarien eine wichtige Bedeutung. Es ist demnach fraglich, ob sich überhaupt positive Effekte auf die Umwelt ergeben und wie diese in einer Gesamtbilanz des Metaverse künftig zu bewerten sein werden. Daher ist ebenfalls nicht auszuschließen, dass die Entwicklung des Metaverse mit einem einprogrammierten Rebound-Effekt verbunden sein wird.

Ökonomische Auswirkungen
In diesem Beitrag konnten für exemplarische Teilsektoren im Endkund:innen- und im Geschäftskund:innenbereich beschrieben werden, welche ökonomischen Potenziale sich für Unternehmen aus der Entwicklung des Metaverse ergeben könnten. Trotz aller Möglichkeiten, neue Services zu entwickeln und Wertschöpfungspotenziale zu kreieren, sind mit dem Metaverse besonders für kleine und mittlere Unternehmen – und hier vor allem für die Industrie – mögliche Risiken verbunden. Es gibt gute Gründe anzunehmen, dass sich im Metaverse wiederholen wird, was bereits bei den sozialen Medien und für das mobile Internet zu beobachten war: Netzwerk- und Skaleneffekte führen potenziell ebenfalls im Metaverse zu einer Monopolisierung oder zumindest einer Ausbildung von Oligopolen, bei der wenige wirtschaftliche Akteure (oder in bestimmten Anwendungskontexten nur ein einzelner) Hard- und/oder Software-Infrastruktur für das Metaverse zur Verfügung stellen und sich daraus Abhängigkeiten sowie eine Akkumulation von Marktmacht ergeben. Wie wir in unserem Beitrag beschreiben, ist nicht auszuschließen, dass sich z. B. im Bereich von B2B-Angeboten im Metaverse, etwa für die virtuelle Produktentwicklung oder virtuelle Remote-Steuerung von Maschinen, in der industriellen Wertschöpfung Entwicklungen wiederholen, wie sie infolge des Online-Handels in vielen Endkund:innen-Märkten zeigten. Gewinnen große Anbieter für Metaverse-Infrastruktur auch in kritischen B2B-Märkten einen Monopolstatus (z. B. für die Bereitstellung von Systemen für virtuelle Produktentwicklung und Maschinenüberwachung), könnte das Metaverse für den industriellen Kern der deutschen Wirtschaft das werden, was Amazon für den Buchhandel war: ein gravierender Gamechanger.

Politische Folgen
Politisch dürften sich neben möglichen Folgen des Metaverse auf die wirtschaftliche Struktur, auf Umwelt und das gesellschaftliche Zusammenleben vor allem mögliche Veränderungen demokratischer Prozesse stark auswirken. Wie eine Studie der Stiftung Zukunft Berlin zeigt, dürfte es vor allem um die Frage gehen, ob das Metaverse das Rennen um die Aufmerksamkeit von Menschen weiter befeuert. Wenn dies der Fall ist, stellt sich die Frage, wie es gelingt, demokratische Strukturen in gamifizierten, cyberphysischen Welten interessant genug zu gestalten, um ein hohes Maß an Teilnahme an demokratischen Prozessen sicherzustellen (Hermann 2022). Unklar bleibt zum jetzigen Zeitpunkt, welche weiteren politischen Herausforderungen sich z. B. für den Datenschutz ergeben. Es ist davon auszugehen, dass im Zusammenhang mit dem Metaverse ungleich mehr und komplexere Interaktions- und Verhaltensdaten erfassbar werden.

Insgesamt ist offen, wie es gelingen soll, insbesondere im Falle einer schnellen und weitreichenden Verbreitung des Metaverse, dessen Entwicklung frühzeitig und vorausschauend im Sinne einer „anticipatory governance" zu gestalten.

Rechtliche Folgen
Analog zur unbeantworteten Frage, wie die proaktive politische Gestaltung im Falle einer sich dynamisch entwickelnden Verbreitung des Metaverse ermöglicht werden kann, stellt sich die Frage, wie möglicherweise notwendig werdende Anpassungen des regulativen Rahmens organisiert werden können. Zentrale Elemente der europäischen Digitalregulierung, namentlich der Digital Markets Act (DMA) und der Digital Services Act (DSA), sind vor dem Hintergrund digitaler Technologien und Geschäftsmodelle entwickelt worden, die seit den 2010er Jahren zu einer fortschreitenden Digitalisierung unsere Gesellschaft führen. Es wird sich zeigen, inwiefern neu geschaffenes Recht und Auf-

sichtsbehörden – etwa ein künftiger Digital Service Coordinator – ausreichen, um bestehende Regeln im Metaverse durchzusetzen und neu entstehende Wertekonflikte wirksam zu adressieren.

5 Handlungsfelder für Entscheider:innen in Politik und Wirtschaft

Entscheider:innen in Politik und Wirtschaft stellt die Debatte um das Metaverse vor eine grundlegende Herausforderung: Es bestehen erhebliche Unsicherheiten darüber, was das Metaverse ist und ob es sich dabei tatsächlich um ein substanzielles Zukunftsthema handelt. Wie gestaltet man das Unbekannte, das Ungewisse?

Diese Ausgangslage erschwert es, den Blick dafür zu schärfen, was heute getan werden kann, um die gesellschaftlichen und ökonomischen Potenziale, die sich aus dem Metaverse möglicherweise ergeben, zu nutzen und Risiken präventiv zu begegnen.

Freimachen von futuristischen Vorstellungen vom Metaverse

Beim Metaverse tritt ein ähnliches Phänomen auf, wie wir es schon bei anderen Technologiethemen wie der Künstlichen Intelligenz und dem autonomen Fahren beobachten konnten: Es kursieren teils utopische und ebenfalls dystopische Vorstellungen davon, welche Folgen mit diesen Technologien und ihrer Anwendung verbunden sind (Peters 2021). Wichtig ist, dass wir uns von solch futuristischen Vorstellungen nicht ablenken lassen von den tatsächlichen, relevanten Fragen und einem echten Gestaltungsdiskurs. Das Metaverse ist nicht primär ein neues technologisches Phänomen. Vielmehr ist das, was unter dem Begriff „Metaverse" diskutiert wird, die logische Fortsetzung und ein nächster Qualitätssprung in der digitalen Transformation. Das Metaverse steht für die Entwicklung einer immersiv erfahrbaren, gamifizierten cyberphysischen Welt. Möglich wird dieser Qualitätssprung über die fortschreitende Konvergenz dem Grunde nach bereits bestehender Technologien. Die Bausteine des Metaverse sind bereits vorhanden. Auf dieser Grundlage lassen sich konkrete Entscheidungen diskutieren und einleiten, mit welchen Maßnahmen Politik und Unternehmen das Metaverse gestalten wollen.

Proaktiv gestalten trotz Unsicherheiten

Dennoch bleiben erhebliche Unsicherheiten über die weitere Entwicklung des Metaverse. Dies sollte Entscheider:innen in Politik und Unternehmen nicht davon abhalten, schon heute aktiv zu werden. Auch in Deutschland setzen sich einige Unternehmen bereits mit den Möglichkeiten auseinander, die sich für sie künftig ergeben können. Sie machen erste Gehversuche im Metaverse, explorieren und erproben mögliche Anwendungsszenarien. Damit verschaffen sie sich perspektivisch einen wichtigen Vorteil: Sie bauen frühzeitig Erfahrungen auf und können besser abschätzen, in welcher Weise und zu welchem Zeitpunkt sie damit beginnen können, das Metaverse für die Verbesserung ihrer Prozesse und/oder zur Entwicklung neuer Wertschöpfungsmodelle einzusetzen.

Anticipatory Governance im Metaverse

Angesichts der Ungewissheit über die künftige Entwicklung des Metaverse plädieren wir dafür, stärker Instrumente der strategischen Vorausschau zu nutzen (Bovenschulte et al. 2021). Diese ermöglichen es, denkbare künftige Entwicklungen zu antizipieren und so Orientierungswissen aufzubauen. Dies kann dazu beitragen, politische Entscheidungen schon heute an den Perspektiven und Herausforderungen von morgen auszurichten. Ein konkretes Anwendungsfeld könnte im Falle des Metaverse die Frage möglicherweise auftretender Regulierungslücken sein. Mittels Legal Foresight könnte es gelingen, bestehende Regulierungen dahingehend zu testen, inwiefern Rechtsnormen und Aufsichtsstrukturen im digitalen Raum, wie sie z. B. durch den DSA neu geschaffen werden, auch für mögliche Ausprägungen des Metaverse in Zukunft wirksam sind – und wo sich politischer Handlungsbedarf abzeichnen könnte.

Konzentration auf zentrale Potenzialfelder

Eine solche antizipative Herangehensweise kann auch dabei helfen, unsere Ressourcen auf besonders vielversprechende Potenzialfelder zu fokussieren. Unsere Analyse deutet darauf hin, dass, bezogen auf die Ausschöpfung wirtschaftlicher Chancen, eine Konzentration auf das Industrial Metaverse sinnvoll sein könnte. Hier liegen insbesondere für deutsche Unternehmen viele Möglichkeiten, neue Wertschöpfungsmodelle zu entwickeln und den Serviceanteil an der Wertschöpfung auch in der Industrie zu steigern. Daran könnte sich Forschungs- und Innovationspolitik orientieren und so frühzeitig dazu beitragen, notwendige technische Entwicklungen zu fördern, gezielt Anreize für Investitionen zu setzen und über die öffentliche Beschaffung zur Entstehung relevanter Märkte beizutragen. Auch bei der Allokation von Ressourcen für die Nutzung der gesellschaftlichen Potenziale des Metaverse kann eine antizipative Planung unterstützen. Wie wir zeigen konnten, sind allein im Gesundheitssektor die Chancen vielfältig. Dabei ist dies nur ein kleiner Bereich, in dem mithilfe des Metaverse Verbesserungen für die Gesellschaft erreicht werden könnten. Um diese Chancen zu realisieren, ist es sinnvoll, sie schon heute so konkret wie möglich abzuschätzen.

Europäische Hyperscaler-Infrastruktur für das Metaverse

Es spricht vieles dafür, dass auch im Metaverse monopolistische und oligopolistische Strukturen entstehen werden, die zu gesellschaftlichen und ökonomischen Abhängigkeiten beitragen. Bedrohungen erwachsen daraus sowohl für unsere Demokratie

(Hermann 2022) als auch für den wirtschaftlichen Wohlstand in Deutschland. Finden künftig Forschung und Entwicklung von Industrieunternehmen verstärkt im Metaverse statt und erlangen Systemanbieter hier Monopolstatus, könnten sie in einem bislang nie dagewesenen Umfang wettbewerbsrelevante Daten von Industrieunternehmen erhalten. In diesem Fall dürfte nicht auszuschließen sein, dass das Metaverse für die deutsche Industrie ähnlich weitreichende Auswirkungen hätte, wie der Online-Handel für den Retailing-Sektor. Angesichts dieser mehrfachen Bedrohungslage erscheint es sinnvoll, die Möglichkeiten für die Entwicklung einer europäischen Hyperscaler-Infrastruktur für das Metaverse zu prüfen. Ein sinnvoller Schritt in diese Richtung könnte bereits die stärkere Zusammenarbeit deutscher und europäischer Technologieunternehmen sein, die schon heute Anwendungen für das Metaverse entwickeln und auf den Markt bringen. Wenn langfristig eine Abhängigkeit von Technologieanbietern aus Nicht-EU-Ländern vermieden werden soll, dürfte nur eine gemeinsame, europäische Kooperation Sicherheit bieten. Dazu braucht es die Bereitschaft von Unternehmen, Parallelentwicklungen zu vermeiden und ihre Strategien auf das gemeinsame Ziel auszurichten: den Erhalt und die Stärkung industrieller Wertschöpfung in Europa. Erforderlich ist dazu außerdem eine umfassende Unterstützung der EU und der Mitgliedsstaaten.

Gesellschaftlichen Gestaltungsdialog stärken

Wenn es um die Gestaltung der digitalen Transformation geht, wird häufig die Forderung nach einer breiten gesellschaftlichen Beteiligung erhoben. Dies ist gerade für ein Phänomen wie das Metaverse von besonderer Relevanz. Dabei muss es einerseits darum gehen, möglichst viele Akteursgruppen in der Gesellschaft einzubeziehen, andererseits braucht es Instrumente, mit denen Diskurse gezielt für die Entscheidungsfindung in Parlamenten und Regierungen kanalisiert werden können. Hier könnte etwa die neu entstehende Agora Digitale Transformation (ADT) eine zentrale Rolle einnehmen. Sinnvoll könnte auch die Einrichtung einer Enquete-Kommission „immersive, cyberphysische Technologien/Metaverse“ durch den Deutschen Bundestag sein.

6 Literaturverzeichnis

Adidas AG (Hrsg.) (o. J.): Adidas Metaverse. Online verfügbar unter https://www.adidas.com/metaverse, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Aleotti, J.; Caselli, S.; Reggiani, M. (2004): Leveraging on a virtual environment for robot programming by demonstration. Robotics and Autonomous Systems 47 (2-3), 153–161. https://doi.org/10.1016/j.robot.2004.03.009.

Animocabrands (Hrsg.) (2022): HSBC to become first global financial services provider to enter The Sandbox. Online verfügbar unter https://www.animocabrands.com/hsbc-to-become-first-global-financial-services-provider-to-enter-the-sandbox, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

atp magazin (Hrsg.) (2022): „Das Metaverse ist der Digitale Zwilling der Welt“. Online verfügbar unter https://atpinfo.de/aktuell/atp-magazin-42022-metaverse-ar-und-vr-in-der-prozessindustrie/, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Autodesk (Hrsg.) (2022): AutoCAD: 2D- und 3D-CAD-Software, auf die Millionen vertrauen, um überall und jederzeit Entwürfe zu erstellen, zu konstruieren und zu automatisieren. Online verfügbar unter https://www.autodesk.de/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

BMW Group (Hrsg.) (2021): BMW Group und NVIDIA heben virtuelle Fabrikplanung auf die nächste Ebene. Online verfügbar unter https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0329569DE/bmw-group-und-nvidia-heben-virtuelle-fabrikplanung-auf-die-naechste-ebene?language=de, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Bobier, Jean-François; Merey, Tibor; Robnett, Stephen; Grebe, Michael (2022): The CorporatemHitchhiker's Guide to the Metaverse.

Bohne, Thomas; Heine, Ina; Gurerk, Ozgur; Rieger, Christoph; Kemmer, Lukas; Y. Cao, Lydia (2021): Perception Engineering Learning With Virtual Reality. IEEE Transactions on Learning Technologies 14 (4), 500–514. https://doi.org/10.1109/TLT.2021.3107407, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Bovenschulte, Marc; Ehrenberg-Silies, Simone; Goluchowicz, Kerstin; Bogenstahl, Christoph (2021): Regierungs-Foresight – Regierungs-Foresight – Stand und Perspektiven. Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Berlin. iit perspektive 59. Online verfügbar unter https://

www.iit-berlin.de/wp-content/uploads/2021/06/2021_06_10_iit-perspektive_Nr-59_Regierungs-Foresight.pdf, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (o. J.): Teleskoop. Online verfügbar unter https://www.interaktive-technologien.de/projekte/teleskoop, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Burghardt, Andrzej; Szybicki, Dariusz; Gierlak, Piotr; Kurc, Krzysztof; Pietruś, Paulina; Cygan, Rafał (2020): Programming of Industrial Robots Using Virtual Reality and Digital Twins. Applied Sciences 10 (2), 486. https://doi.org/10.3390/app10020486.

Deutsches Museum (Hrsg.) (o. J.): Virtual Tour. Online verfügbar unter https://virtualtour.deutsches-museum.de/?vlon=4.55&vlat=-0.13&fov=100.4&image=13637, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Food and Drug Administration (Hrsg.) (2021): FDA Authorizes Marketing of Virtual Reality System for Chronic Pain Reduction. Online verfügbar unter https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-authorizes-marketing-virtual-reality-system-chronic-pain-reduction, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Gabler Wirtschaftslexikon (Hrsg.) (2022): Gamification. Online verfügbar unter https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/gamification-53874, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Glock, Gina; Goluchowicz, Kerstin; Priesack, Kai; Apt, Wenke; Strach, Heike; Bovenschulte, Marc (2019): QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Einzelhandel und Handelslogistik. Berlin. Forschungsbericht 522/3. Online verfügbar unter https://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/Forschungsberichte/Forschungsberichte-Arbeitsmarkt/fb522-3-quatoq.html, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Grunwald, Armin/Caviezel, Claudio (2022): Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur. Online verfügbar unter https://www.tab-beim-bundestag.de/news-2022-11-steigender-ressourcen-und-energieverbrauch-der-ikt-infrastrukturen-darf-nicht-aus-dem-blick-geraten.php, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Gürerk, Özgür/Bohné, Thomas Marc/Alvarez Alonso, Guillermo (2018). Productivity and Learning Effects of Head-Mounted AR Displays on Human-Centered Work. SSRN Electronic Journal. https://doi.org/10.2139/ssrn.3264118.

Hermann, Isabella (2022): Demokratische Werte nach europäischem Verständnis im Metaverse. Online verfügbar unter https://www.stiftungzukunftberlin.eu/wp-content/uploads/2022/11/Studie-Metaverse-221107.pdf, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Hernandez, Francisco; Waechter, Michael; Bullinger, Angelika C. (2021): A First Approach for Implementing a Telepresence Robot in an Industrial Environment. In: Isabel L. Nunes (Hg.). Advances in Human Factors and System Interactions. Cham, Springer International Publishing, 141–146.

Kolf, Florian; Kort, Katharina (2022): Kaufland und Walmart treiben die Expansion des Handels ins Metaverse voran. Online verfügbar unter https://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/e-commerce-kaufland-und-walmart-treiben-die-expansion-des-handels-ins-metaverse-voran/27992728.html, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Lee, Lik-Hang; Braud, Tristan; Zhou, Pengyuan; Wang, Lin; Xu, Dianlei; Lin, Zijun; Kumar, Abhishek; Bermejo, Carlos; Hui, Pan (2021): All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. Online verfügbar unter http://arxiv.org/pdf/2110.05352v3, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Marketing Börse (Hrsg.) (2022): Metaverse: Fear Of Missing Out? Online verfügbar unter https://www.marketing-boerse.de/news/details/2230-metaverse-fear-of-missing-out/186673, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

McKinsey (Hrsg.) (2022): Value creation in the metaverse. Online verfügbar unter road to change Value creation.

meta (Hrsg.) (o. J.): Meta Horizon Workrooms. Online verfügbar unter https://www.meta.com/de/work/workrooms/, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Möller, Johannes; Pörtner, Ralf (2021): Digital Twins for Tissue Culture Techniques—Concepts, Expectations, and State of the Art. Processes 9 (3), 447. https://doi.org/10.3390/pr9030447.

Murad, Andrea; Smale, Will (2022): The retailers setting up shop in the metaverse. Online verfügbar unter https://www.bbc.com/news/business-61979150, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Orton-Jones, Charles (2016): Why manufacturers are becoming service providers. Online verfügbar unter https://www.raconteur.net/why-manufacturers-are-becoming-service-providers/, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Park, Sang-Min; Kim, Young-Gab (2022): A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. IEEE Access 10, 4209–4251. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175.

Peters, Robert (2021): Wunsch und Wirklichkeit beim autonomen Fahren. Online verfügbar unter https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/wunsch-und-wirklichkeit-beim-autonomen-fahren, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Peters, Robert; Bovenschulte, Marc; Burmeister, Klaus; Ehrenberg-Silies, Simone; Mangelsdorf, Axel; Nerger, Michael; Zinke, Guido (2021): Pandemiebedingte Veränderungen für Gesellschaft und Innovation in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/SSW/2022/SSW_Pandemiebedingte%20Ver%C3%A4nderungen%20f%C3%BCr%20Gesellschaft%20und%20Innovation%20in%20Deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Peters, Robert; Bovenschulte, Marc; Glock, Gina; Wehrmann, Christian; Goluchowicz, Kerstin; Strach, Heike; Apt, Wenke (2020): QuaTOQ – Qualität der Arbeit, Beschäftigung und Beschäftigungsfähigkeit im Wechselspiel von Technologie, Organisation und Qualifikation. Branchenbericht: Maschinen- und Anlagenbau. Berlin. Forschungsbericht 522/8.

Peters, Robert; Krieger, Benedikt (2022): Föderales maschinelles Lernen. https://doi.org/10.5445/IR/1000150233.

Plechatá, Adéla; Makransky, Guido; Böhm, Robert (2022): Can extended reality in the metaverse revolutionise health communication? NPJ digital medicine 5 (1), 132. https://doi.org/10.1038/s41746-022-00682-x.

Redaktionsnetzwerk Deutschland (Hrsg.) (2021): Digitales Musikerlebnis: Ariana Grande wird Headlinerin bei „Fortnite"-Konzerten. Online verfügbar unter https://www.rnd.de/promis/digitales-musik-erlebnis-ariana-grande-wird-headlinerin-bei-fortnite-konzerten-GRIBPIHRNRCD3FJ74CXKSGJB44.html, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Rolls-Royce (Hrsg.) (2019): How Digital Twin technology can enhance Aviation. Online verfügbar unter https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2019/how-digital-twin-technology-can-enhance-aviation.aspx, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Rosenberg, Jennifer (2022): Metaverse: Der Beginn einer neuen Ära. Online verfügbar unter https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/metaverse-der-beginn-einer-neuen-aera, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Rusch, Lina (2022): EU-Kommission nimmt 2023 Metaverse ins Visier. Online verfügbar unter https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/eu-kommission-nimmt-2023-metaverse-ins-visier, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

S. Werrlich; E. Eichstetter; K. Nitsche; G. Notni (2017): An Overview Of Evaluations Using Augmented Reality For Assembly Training Tasks. https://doi.org/10.5281/zenodo.1132315.

Sandrone, Stefano (2022): Medical education in the metaverse. Nature medicine. https://doi.org/10.1038/s41591-022-02038-0.

Skalidis, Ioannis; Fournier, Stephane; Skalidis, Emmanouil; Maurizi, Niccolo (2022): Virtual hospitals and digital doctors: how far are we from the CardioVerse? European heart journal. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac603.

SPIEGEL Online (Hrsg.) (2020): Rapper Travis Scott sorgt für „Fortnite"-Rekord. Online verfügbar unter https://www.spiegel.de/netzwelt/web/fortnite-konzert-von-rapper-travis-scott-sorgt-fuer-nutzerrekord-a-b377df69-74d2-4103-bbaa-98b40392afaf, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Spinal news international (Hrsg.) (2020): Johns Hopkins surgeons perform spinal fusion using xvision augmented reality guidance. Online verfügbar unter https://spinalnewsinternational.com/johns-hopkins-surgeons-perform-spinal-fusion-using-xvision-augmented-reality-guidance/, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Statista (Hrsg.) (2022a): Falls überhaupt, welche Arten virtueller Güter könnten Sie sich vorstellen, im Metaverse zu kaufen? Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1302642/umfrage/interesse-an-virtuellen-guetern-aus-dem-metaverse-in-deutschland/, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Statista (Hrsg.) (2022b): NFT – Weltweit. Online verfügbar unter https://de.statista.com/outlook/dmo/fintech/digital-assets/nft/weltweit#anlagevolumen, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Sun, Mengting; Xie, Linshan; Liu, Yang; Li, Kecheng; Jiang, Bin; Lu, Yeting; Yang, Yuping; Yu, Hai; Song, Yuanlin; Bai, Chunxue; Yang, Dawei (2022): The metaverse in current digital medicine. Clinical eHealth 5, 52–57.
https://doi.org/10.1016/j.ceh.2022.07.002.

Thieme, Thomas (2022): „Das Metaverse kann zum verbindenden Element werden". Online verfügbar unter https://www.absatzwirtschaft.de/die-welten-verschmelzen-234652/, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Thomason, Jane (2021): MetaHealth – How will the Metaverse Change Health Care? Journal of Metaverse (Vol. 1, Issue 1). Online verfügbar unter https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2167692, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Usmani, Sadia Suhail; Sharath, Medha; Mehendale, Meghana (2022): Future of mental health in the metaverse. General psychiatry 35 (4), e100825. https://doi.org/10.1136/gpsych-2022-100825.

Wang, Ge; Badal, Andreu; Jia, Xun; Maltz, Jonathan S.; Mueller, Klaus; Myers, Kyle J.; Niu, Chuang; Vannier, Michael; Yan, Pingkun; Yu, Zhou; Zeng, Rongping (2022): Development of metaverse for intelligent healthcare. Nature Machine Intelligence 4 (11), 922–929. https://doi.org/10.1038/s42256-022-00549-6.

Weimer, Wolfgang (2022): Mark Zuckerberg vernichtet über 1,5 Milliarden Dollar – jeden Tag. Online verfügbar unter https://www.n-tv.de/politik/politik_person_der_woche/Mark-Zuckerberg-Meta-verliert-taeglich-1-5-Milliarden-Dollar-Boersenwert-article23657486.html, zuletzt geprüft am 25.11.2022.

Yang, Dawei; Zhou, Jian; Chen, Rongchang; Song, Yuanlin; Song, Zhenju; Zhang, Xiaoju; Wang, Qi; Wang, Kai; Zhou, Chengzhi; Sun, Jiayuan; Zhang, Lichuan; Bai, Li; Wang, Yuehong; Wang, Xu; Lu, Yeting; Xin, Hongyi; Powell, Charles A./; hüemmler, Christoph; Chavannes, Niels H.; Chen, Wie; Wu, Lian; Bai, Chunxue (2022): Expert consensus on the metaverse in medicine. Clinical eHealth 5, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.ceh.2022.02.001.

Herausgeber

Prof. Dr. Volker Wittpahl
Institut für Innovation und Technik (iit)
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1, 10623 Berlin

iit-perspektive Nr. 62

Dezember 2022
Layout: Poli Quintana
ISBN: 978-3-89-750248-2

Bildnachweise:
Adobe Stock / mckaya (Titelbild)

Autor:innen

Dr. Robert Peters
Tel: +49 (0)30 310078-5666
E-Mail: peters@iit-berlin.de

Dr. Bettina Schmietow
Tel: +49 (0)30 310078-5519
E-Mail: schmietow@iit-berlin.de

Benedikt Krieger
Tel: +49 (0)30 310078-5847
E-Mail: krieger@iit-berlin.de

ISBN:978-3-89-750248-2