

Digitallotse Wirtschaft 4.0



XR & Metaverse Roadmap

v1.0

Inhalt

1. Einführung	4
1.1 Hintergrund	4
1.2 XR-Markt	4
1.3 Vision Metaverse	6
2. Definition des Metaversums	7
3. Bestandteile von Metaversum-Ökosystemen	12
3.1 XR-Trends	12
3.2 Künstliche Intelligenz / Maschinelles Lernen	15
3.3 Blockchain	16
3.4 Plattformen	18
3.5 Wirtschaft & Monetarisierung	22
4. Ausblick	25
4.1 Status Quo	25
4.2 Roadmap	26
5. Abkürzungen	28
6. Literatur und Verweise	29
7. Impressum	30
8. Förderhinweis	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Google Trends Ergebnisse für die Suchbegriffe „Metaverse“ und „Virtual Reality“	5
Abbildung 2: Volumen der Investitionen in AR/VR/XR-StartUps 2018 nach Digi-Capital [3]... 5	
Abbildung 3: Vier Welten des Metaverse laut Smart et al [5]	7
Abbildung 4: XR-Kontinuum abgeleitet von Milgram [6].....	9
Abbildung 5: Drei Aspekte des künftigen Metaversums.....	10
Abbildung 6: Übersicht verschiedener Ansätze von Head Mounted Displays.....	13

1. Einführung

Das Metaverse erfährt aktuell in der Wirtschaft und Gesellschaft große Aufmerksamkeit. [01] Im Mittelpunkt des häufig kontrovers geführten Diskurses steht die nächste Entwicklungsstufe des Internets im dreidimensionalen Raum. Dabei werden mit dem Metaverse zum jetzigen Stand virtuelle Umgebungen mit immersiven 3D-Erfahrungen assoziiert, welche mittels verschiedener Technologien die physische und virtuelle Realität verbinden. Hierdurch werden neuartige soziale Interaktionen und wirtschaftliche Transaktionen ermöglicht. Daraus resultieren zum einen neue Wertschöpfungspotenziale für die physische Welt. Digitale Zwillinge von physischen Objekten könnten künftig ein Metaverse eingebettet und dort von virtuellen Modellen (z. B. Avatare) beeinflusst oder verändert werden. Über den kontinuierlichen Datenaustausch mit den physischen Objekten kann so im Metaverse direkt Einfluss auf die physische Welt und deren Wirtschaftsgüter genommen werden. Darüber hinaus bietet das Metaverse auch Potenziale für eigenständige, rein virtuelle Transaktionen und Interaktionen. Als Plattform fördert es beispielsweise die Erstellung und den Austausch von neuen Formen nutzergenerierten Inhalts, wie z. B. virtueller Modelle oder Dienstleistungen.

Mit Blick auf den aktuellen Erkenntnisstand mangelt es Unternehmen und gesellschaftlichen Akteuren an notwendigen Informationen für eine fundierte Entscheidung über ihre Rolle und ihren Beitrag in einem Metaverse.

1.1 Hintergrund

Im Rahmen von Sherpa-Gruppen hat das VDC mit Experten und Interessierten über den aktuellen Stand und die Möglichkeiten von Metaversen diskutiert. Die Erkenntnisse sind in dieses Dokument eingeflossen, das die technologischen Grundlagen künftiger Metaversen, basierend auf eigenen Recherchen und Analysen skizziert.

1.2 XR-Markt

Der europäische XR-Markt wächst und sein Wachstum wird sich laut Prognosen in den nächsten Jahren weiter beschleunigen. Gaming und Entertainment machen zwar einen großen Anteil des Marktes aus, aber auch Anwendungen in den professionellen Bereichen wie Einzelhandel, Medizin oder Produktion weisen ein hohes Wachstum aus. Dabei bietet dieses Wachstum neue Chancen auf dem Arbeitsmarkt. Die Nachfrage nach XR-Jobs wird laut den Prognosen [02] massiv steigen. Laut Google Trends haben die Anfragen für den Suchbegriff „Metaverse“ seit 2021 den Suchbegriff „Virtual Reality“ stark überschritten und sorgen dadurch für gesteigertes Interesse am Thema XR.

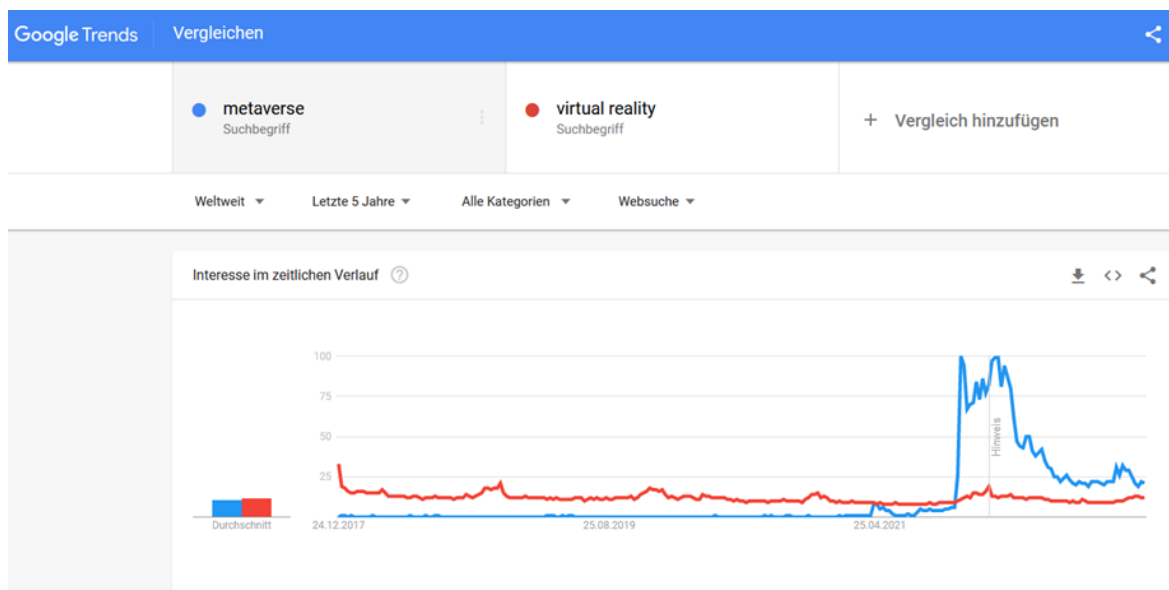


Abbildung 1: Google Trends Ergebnisse für die Suchbegriffe „Metaverse“ und „Virtual Reality“

Die technologische V/AR-Entwicklung ist nach wie vor rasant. Abbildung 2 zeigt, dass ca. 60% der Investitionen in solche V/AR-StartUps fließen, die sich mit reiner Technologieentwicklung beschäftigen. Hier sind also auch in Zukunft enorme technische Fortschritte zu erwarten. Gleichzeitig findet ein intensiver Verdrängungswettbewerb statt.

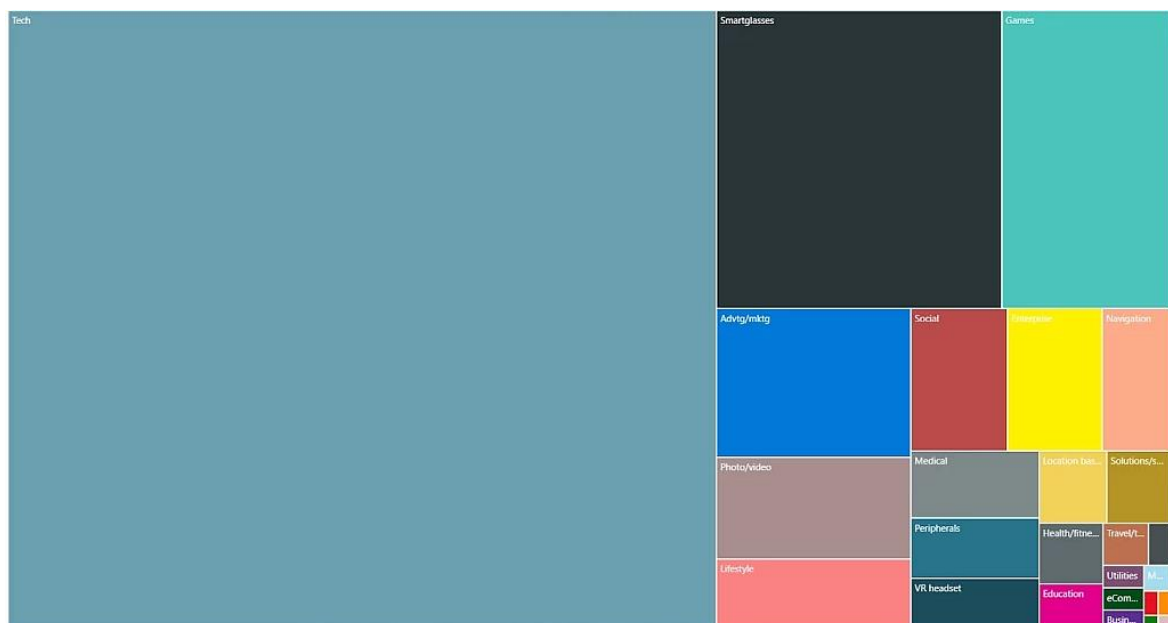


Abbildung 2: Volumen der Investitionen in AR/VR/XR-StartUps 2018 nach Digi-Capital [3]

1.3 Vision Metaverse

Mark Zuckerberg hat mit seiner Ankündigung im November 2021 Facebook in Meta umzubenennen, die Vision des Metaversums wiederbelebt. Die bereits in Science-Fiction-Romanen der 90er Jahre beschriebene Idee rückte verstärkt in die mediale Öffentlichkeit. In vielen medialen Diskussionen wird der Begriff Metaverse aber falsch verstanden oder rein für Marketing-Zwecke benutzt. Die Einschätzung über das Metaversum und dessen Zukunftspotentiale geht selbst bei Experten [4] weit auseinander.

In dieser Arbeit soll eine ausführliche Definition des Begriffes Metaverse definiert werden, dargelegt an seinen Bestandteilen und aktuellen Trends im Bereich der XR-Technologie. Zwei Aspekte sind bedeutend um die Vision Metaverse in die Praxis umzusetzen: Erstens die (Weiter-) Entwicklung der technologischen Grundlagen im Bereich XR und angrenzender Technologien und zweitens die Entwicklung von Metaverse-Ökosystemen mit Plattformen und Schnittstellen.

2. Definition des Metaversums

Bereits im Jahr 2006 wurde von einer Gruppe von Organisationen eine Metaverse Roadmap veröffentlicht [05]. In ihrer Definition des Metaversums gehen die Autoren von jeweils zwei Entwicklungsrichtungen in zwei unterschiedlichen Dimensionen des Zugangs zum Metaversum aus. Das Spektrum der Technologien und Anwendungen reichen von der Augmentation zur Simulation auf der anderen Achse reicht das Spektrum von intim (identitätsorientiert) zu extern (weltbezogen).

Augmentation (Erweiterung) bezieht sich auf Technologien, die neue Möglichkeiten zu bestehenden realen Systemen hinzufügen; im Metaverse-Kontext sind dies Technologien die, Interaktionsmöglichkeiten und Informationen in unsere Wahrnehmung der physischen Umgebung einblenden.

Simulation bezieht sich auf Technologien die, ein Modell der Realität (oder parallelen Realitäten) erstellen, das völlig neue Umgebungen schaffen; im Metaverse-Kontext sind dies Technologien, die simulierte Welten als Ort der Interaktion anbieten.

Intime Technologien sind fokussiert nach innen, auf die Identität und Handlungen des Individuums oder des Objekts; im Metaverse-Kontext sind dies Technologien, bei denen der Nutzer, die virtuelle Präsenz oder Umwelt gestalten kann, zum Beispiel durch einen Avatar.

Externe Technologien fokussieren sich nach außen, in Richtung der Welt; im Metaverse-Kontext sind dies Technologien, die dem Nutzer Informationen und Kontrolle über die Außenwelt bieten.

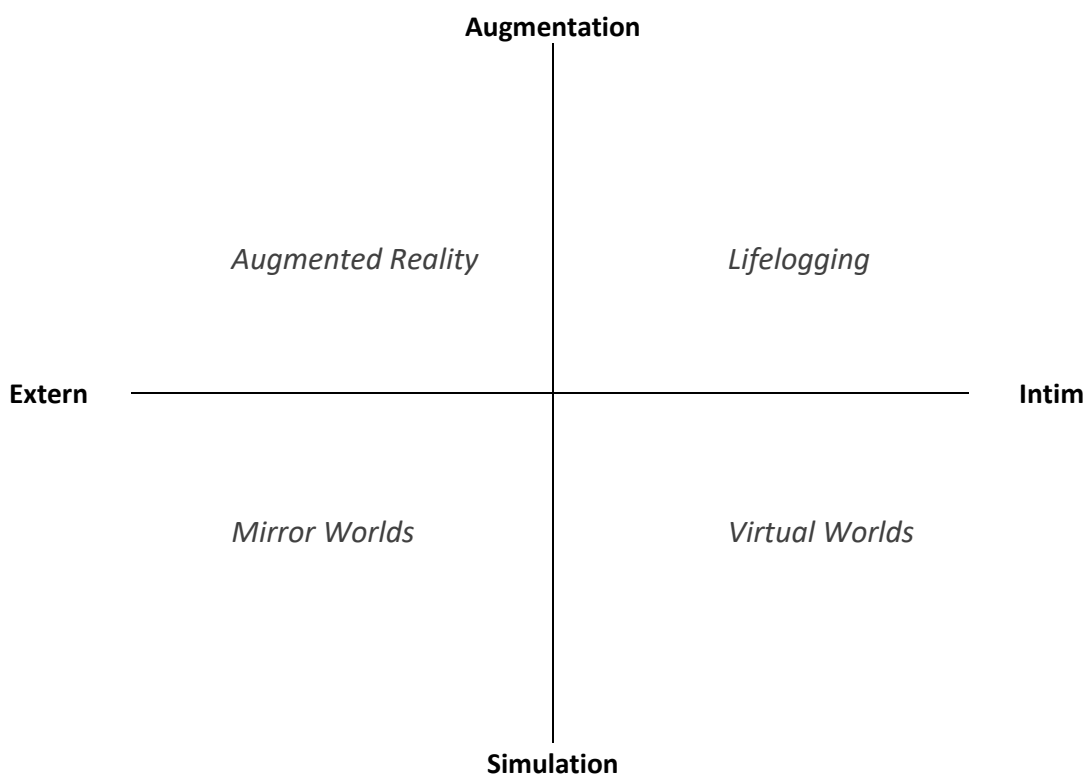


Abbildung 3: Vier Welten des Metaverse laut Smart et al [5]

Virtuelle Welten (Intim/Simulation)

Virtuelle Welten ergänzen zunehmend das ökonomische und soziale Leben physischer Gemeinschaften. Die Grenzen vieler virtueller und physischer Welt werden in Zukunft verschwimmen. In beiden Welten bleiben Identitätsfragen, Vertrauen und Reputation, Soziale Rollen, Regeln und Interaktion im Vordergrund.

Spiegelwelten (Extern/Simulation)

Spiegelwelten sind informationstechnisch angereicherte, virtuelle Modelle oder „Reflexionen“ der physischen Welt. Ihre Konstruktion beinhaltet ein ausgeklügeltes virtuelles Mapping, Modellierungs- und Anmerkungswerkzeuge, Geodaten und andere Sensoren.

Erweiterte Realität (Extern/Erweiterung)

In der erweiterten Realität verbessern Metaverse-Technologien die äußere physische Welt für das Individuum, durch die Verwendung von standortbezogenen Systemen und Schnittstellen, die Informationen auf unsere alltägliche Wahrnehmung der Welt projizieren.

Lifelogging (Intim/Augmentation)

Beim Lifelogging zeichnen AR-Technologien Daten von Objekten und Benutzer auf und berichten über die Zustände, zur Unterstützung von Objekt- und Selbstgedächtnis, Beobachtung, Kommunikation und Verhaltensmodellierung. Objekt-Lifelogs („spimes“, „blogjects“ usw.) pflegen Daten über Nutzung, Umgebung und Zustand für physikalische Objekte. User-Protokolle ermöglichen es den Menschen ebenfalls vergleichbare Profile ihrer selbst zu pflegen.

Paul Milgram definierte 1994 das bekannte Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum [6]. Es erklärt den Übergang zwischen der physischen Welt einerseits und einer vollständigen digitalen oder computergenerierten Umgebung andererseits. Aus technologischer Sicht wurde jedoch ein neuer Oberbegriff namens eXtended Reality (XR) eingeführt, der oft als XR bezeichnet wird. Es ist der Überbegriff für Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) sowie für zukünftige Realitäten, die immersive Technologien schaffen könnten. XR deckt das gesamte Spektrum realer und virtueller Umgebungen ab. In Abbildung 3 wird das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum um den neuen Oberbegriff erweitert.

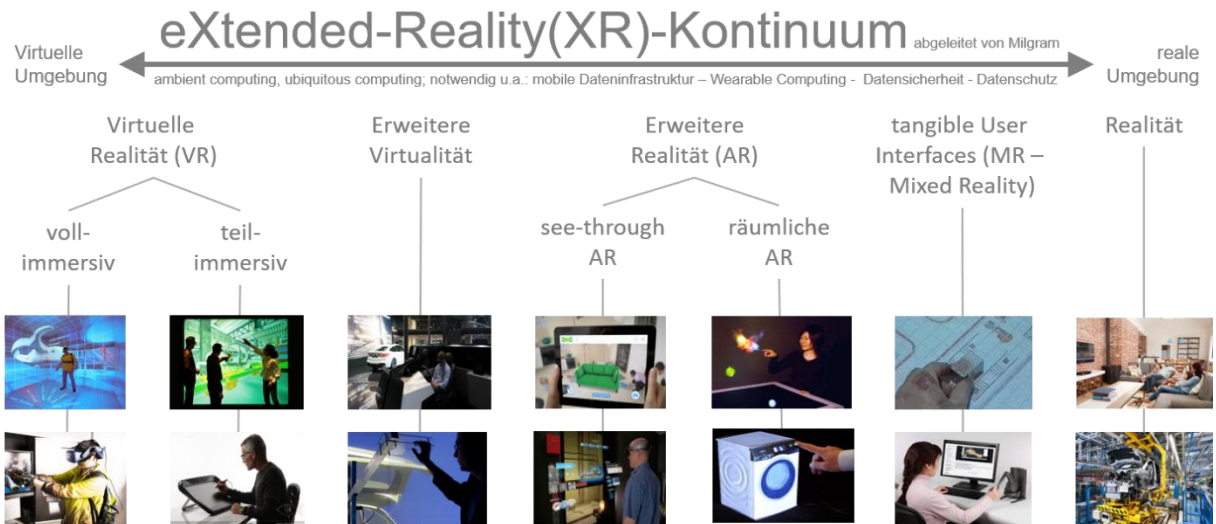


Abbildung 4: XR-Kontinuum abgeleitet von Milgram [6]

Die vier Begriffe kann man folgendermaßen definieren:

- Virtual Reality (VR) ist eine dreidimensionale Computer-generierte Umgebung, in die der Benutzer eintaucht.
- Augmented Virtuality (AV) ist die Einbettung realer Objekte oder Personen in die Virtuelle Umgebung. Interaktion zwischen realer und virtueller Teilwelt ist möglich.
- Augmented Reality (AR) ist die Überlagerung der natürlichen Perspektive mit 3D-Computergrafik.
- Mixed Reality (MR) ist die gleichzeitige Präsentation künstlicher und natürlicher Sinnesreize.

Nun kann ein Digitaler Zwilling eines realen Objekts (Gebäude, Maschine, etc.) erstellt werden, es können aber auch in der virtuellen Welt direkt Objekte und Produkte erschaffen werden. Lee et al nennen diese virtuellen Produkte Digital Natives und definieren das Metaversum als den Punkt, an dem Digitale Zwillinge und Digital Natives koexistieren und gemeinsam erfahren werden können (Experience-Duality) [07].

Die Evolution zum Metaversum ist eine Entwicklung von der Vergänglichkeit zur Permanenz der digitalen Information und Kommunikation. Das Schreiben einer SMS ist eine vergängliche Einmalaktion. Das Schreiben auf Twitter ist hingegen die Interaktion in einem Sozialen Netzwerk mit Möglichkeiten der Personalisierung und Erstellung von eigenen Inhalten, mit denen man noch Jahre später interagieren kann.

Diese Permanenzstufe haben bereits viele Soziale Netzwerke für unterschiedlichste Datenformate erreicht (Text (Twitter), Audio (Clubhouse), Video (TikTok), VR (VR Chat), etc.). Was aktuell fehlt sind geteilte, offene und permanente virtuelle Welten, mit anderen Worten, die Konvergenz zwischen Digitalem Zwilling und Digital Natives.

Wir definieren daher drei Aspekte des Metaversums, die es in Zukunft konstituieren wird.



Abbildung 5: Drei Aspekte des künftigen Metaversums

Kollektiver Raum

- Metaversen werden das Tor zu den meisten digitalen Erlebnissen, ein Schlüssel-Element von physischen Erlebnissen und die nächste große Arbeit-generierende Plattform sein.
- Hierbei spielt eXtended Reality (XR, als Summe von VR, AR, MR) eine tragende Rolle. Insbesondere AR verschränkt digitale Räume räumlich und inhaltlich mit der physischen Realität. (Technologien/Konzepte auch: Lokalisierungstechniken, Wearable Computing, MMOGs, mobile Dateninfrastruktur)
- Es gibt bereits weltweit mehr als 200 XR-Kollaborationsplattformen, die entweder auf VR oder AR basieren, teils anwendungs- oder branchenorientiert, teils Industrie- oder Konsumentenlösungen sind. Das VDC hat diese recherchiert und in einer Datenbank veröffentlicht <https://www.vdc-fellbach.de/wissen/kollaborative-xr-loesungen/>

Konvergenz von physischer Realität und virtuellem Raum

- Der Cyberspace ist ein gestaltbares, persistentes Abbild der Realität. Und umgekehrt.
- Die Realität wird mit Hilfe des Cyberspace geplant, erprobt und erlebt.
- Der Cyberspace ist ein Abbild der Realität und ermöglicht es, sie zu begleiten, zu verbessern, zu steuern, zu meistern.
- Digitaler Zwilling: tausende Lösungen aus den verschiedensten Branchen mit den verschiedensten Technologien und Konzepten aber dem gleichen Ziel: Abbildung der physischen Realität im Modell.

Konvergenz Arbeitsumgebung VR und Realität

- Harte Grenzen zwischen der voll synthetischen Virtuellen Realität und der Realität werden verschwinden.
- Ein Mixed-Reality(MR)-Kontinuum (horizontale Integration) wird prognostiziert, mit einem fließenden Übergang zwischen komplett Virtueller Realität (VR) bis hin zu physischen Realität, der von zahlreichen Zwischenformen (tangible user interfaces, augmented reality [AR], augmented virtuality, semi-immersive VR,...) geprägt sein wird.
- Neben der horizontalen Integration ist die zweite bedeutende Dimension die Tiefe des Zugriffs auf Inhalte-zuliefernde Systeme für Metaversen (vertikale Integration) mit allen Implikationen (Rechte, Kosten, Interoperabilität, Schutz). Technologien/Konzepte auch: IIOT, Digitaler Zwilling

3. Bestandteile von Metaversum-Ökosystemen

3.1 XR-Trends

XR ist eine Querschnittstechnologie, eingesetzt in zahllosen Branchen, in zahllosen Anwendungsfeldern und auf der Basis zahlloser Technologiebausteine (Displaytechnik, Optik, Positionserfassungssysteme, Datenübertragung, Software-Plattformen, Datenformate, etc.). V/AR unterliegen damit einem teils radikalen Wandel, der durch Technologiewechsel und durch disruptive Technologien hervorgerufen wird. Das eindrücklichste Beispiel ist hier sicher der Siegeszug der Smartphones und anschließend das Tablet PCs: diese haben erstens dazu geführt, dass von heute auf morgen plötzlich jeder über ein preisgünstiges, robustes Augmented-Reality-System in der Hand verfügte. Zweitens hat die Verfügbarkeit sehr preisgünstiger, hochauflösender Smartphone-Bildschirme dazu geführt, dass mit ebendiesen sehr preisgünstige aber dennoch leistungsfähige Head Mounted Displays gebaut wurden. Diese haben den V/AR-Hype der vergangenen Jahre erst ausgelöst. Ein weiteres Beispiel ist die Erprobung von LED-Panelwände, die eines Tages klassische Projektionssysteme ablösen könnten. Wir vermuten heute, dass Systeme der Künstlichen Intelligenz (KI) uns in Zukunft bei AR-Assistenzsystemen unterstützen werden, bei der Konstruktion und im Entwurf sowie bei der optischen Positionserfassung (etwa Motion Capturing) über maschinelles Sehen. Für letzteres Feld gibt es bereits erste Lösungen. 5G wird mobile V/AR-Anwendungen stark befördern und kollaborativen, verteilten V/AR-Lösungen Mobilität bringen. Fragen des Urheberrechtsschutzes von 3D-Modellen sind (außer in der CAD-Konstruktion) heute nicht gelöst. Gegebenenfalls könnten hier Ansätze auf der Basis von Blockchain-Technologien helfen.

Die XR-Technologie ist dabei fundamental für das Metaversum. Durch die oben beschriebenen massiven Fortschritte in der Entwicklung von XR-Systemen, sind diese auch für ein kleines Budget verfügbar und somit massentauglich geworden sind.

Für den Zugang zum Metaversum sind Head Mounted Displays von herausragender Bedeutung, da sie für ein relativ kleines Budget eine immersive Umgebung erzeugen können. Manche Headsets können Virtuelle Realitäten, andere Erweiterte Realitäten herstellen. Virtual Reality Headsets unterteilen sich in kabellose Standalone Headsets und Headsets die eine Verbindung zu einem PC benötigen (PCVR). Für die meisten Anwendungsfälle sind Standalone Geräte geeignet, lediglich bei hohen Anforderungen an die Bildqualität, wie z.B. bei Design-Reviews sind PCVR-Geräte zu empfehlen.

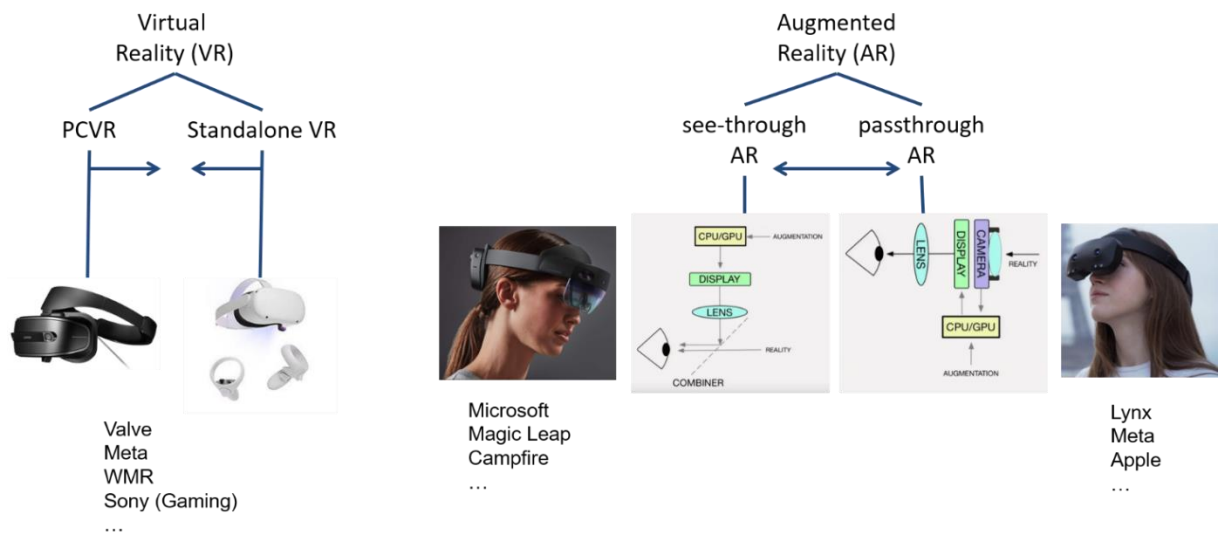


Abbildung 6: Übersicht verschiedener Ansätze von Head Mounted Displays

Augmented Reality kann über zwei verschiedene Arten von Headsets realisiert werden. Bei See-through AR Geräten, sieht der Nutzer die Realität ohne zwischengeschaltetes Videobild direkt durch die Brillengläser. Passthrough-Geräte nehmen durch Kameras an der Vorderseite des VR-Headsets die Außenwelt auf und zeigen diese auf dem Bildschirm vor den Augen des Nutzers an. Beide Bauarten bieten verschiedene Vor- und Nachteile. Allerdings werden sich aus unserer Sicht kurz- und mittelfristig Passthrough-AR-Geräte am Markt durchsetzen.

	Vorteile	Nachteile
See-Through-AR	Bessere Qualität der peripheren Sicht	Höhere Kosten für Optiken und Linsen
	Bessere/perfekte Bildausrichtung in der realen Welt	Derzeit mehr technische Einschränkungen
	Weniger Motion-to-Photon-Verzögerung/Latenz	Schlechtere virtuelle Bildqualität
	Höhere Auflösung der realen Weltansicht	Schlechtere Okklusionsqualität
		Hand-Tracking und virtuelle Bewegungslatenz

Pass-Through-AR	Bessere virtuelle Bildqualität	Fester Fokus
	Bessere Okklusionsqualität	Weniger Helligkeit / dynamischer Farbbereich
	Billigere Optiken und Linsen	Geringere Auflösung als in der realen Welt
	Weniger technische Einschränkungen	Motion-to-Photon-Verzögerung/Latenz
	Bessere virtuelle Bildqualität	Die Korrektur der Bildverzerrung muss richtig durchgeführt werden

Für XR ist neben den Headsets weitere Hardware je nach Anwendungsfall erforderlich. Für die meisten dieser Technologien ist der Reifegrad bereits hoch und sie sind für den Industrie-einsatz tauglich. In der folgenden Tabelle werden XR-Technologien bezüglich ihres TRLs (Technology Readiness Level) eingeteilt.

TRL	Beschreibung der Stufe	XR-Technologien
1	Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8–15 Jahre)	
2	Beschreibung der Anwendung einer Technologie	
3	Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5–13 Jahre)	
4	Versuchsaufbau im Labor	Haptik (passiv), Geruchssimulation
5	Versuchsaufbau in Einsatzumgebung	
6	Prototyp in Einsatzumgebung	
7	Prototyp im Einsatz (1–5 Jahre)	Haptik (aktiv), Face-Capture, Gestenerkennung, See-Through AR Brillen
8	Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich	
9	Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes	Gestenerkennung (optisch), 3D-Akustik, Eingabegeräte, Motion Capture, Tracking

Neben der XR-Technologie sind für das Metaversum auch weitere Technologien relevant. Yang et al [8] untersuchen in ihrer Studie Blockchain und Künstliche Intelligenz. In den folgenden beiden Unterkapiteln werden daher Künstliche Intelligenz und Blockchain Anwendungen näher betrachtet.

3.2 Künstliche Intelligenz / Maschinelles Lernen

Systeme der Künstlichen Intelligenz (KI) werden uns in Zukunft bei AR-Assistenzsystemen unterstützen, bei der Konstruktion und im Entwurf sowie bei der optischen Positionserfassung (etwa Motion Capturing) über maschinelles Sehen. Für letzteres Feld gibt es bereits erste Lösungen.

Im Metaverse wird eine weitere Anwendung von KI sichtbar, im Bereich der Automatisierung virtueller Chatbots. Hier ist die Automatisierung von Serviceprozessen relevant (Standardanfragen, Standard-Beratung) bei der nicht immer ein realer Mitarbeiter einen Avatar bedienen muss.

Hierfür gibt es bereits heute Firmen, die KI einsetzen um 3D Chatbots zu erstellen. Ihre Bezeichnung variiert je nach Firma. Nvidia nennt sie „omniverse Avatar“, Fable Studio „Virtual Beings“ und das Unternehmen soul machines „Digital People“.

Anbieter	Beschreibung	Link
beingAI	KI Chatbots (AI Beings)	https://beingai.com/
Fable Studio	KI Chatbots (Virtual Beings)	https://www.fable-studio.com/
Inworld	KI Chatbots	https://www.inworld.ai/
pandorabots	KI Chatbots	https://home.pandorabots.com/home.html
Pinscreen	KI Chatbots	https://www.pinscreen.com/
Replika	KI Chatbots	https://replika.com/
nvidia	KI Chatbots (omniverse Avatar)	https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-announces-platform-for-creating-ai-avatars
soul machines	KI Chatbots (Digital People)	https://www.soulmachines.com/
Uneeq	KI Chatbots (Digital Humans)	https://digitalhumans.com/

Der Einsatz „virtueller Menschen“ in der Wirtschaft hat besonders in China an Fahrt aufgenommen. Die Anzahl der „Virtual-People-Projekte“ hat sich laut dem chinesischen Konzern Baidu seit 2021 verdoppelt [10].

Ein weiterer möglicher Anwendungsfall von KI im Metaverse stammt von der Firma alethea.ai. Diese verspricht mit intelligenten NFTs (Verbindung von KI-, Blockchain und XR-Tech-

nologie) ein NFT-Produkt auf den Markt bringen zu können, das sich ähnlich wie ein KI-Chatbot verhält, aber durch eine Blockchain zertifiziert ist und somit einen gesteigerten Wert durch Einzigartigkeit besitzt.

Hier ist eine beispielhafte Übersicht weiterer Anbieter von KI-Lösungen im XR-Bereich:

Anbieter	Beschreibung	Link
alethea.ai	Intelligent NFT	https://alethea.ai/about
Anything World	Automatisierung in der 3D-Erstellung	https://anything.world/
Deepmotion	Motion Capturing	https://www.deepmotion.com/
Manomotion	Handtracking	https://www.manomotion.com/
Omnibot	KI-Sprachsteuerung (z.B. für Software I-cido)	https://omnibot.ai/
Open AI	KI Forschung, Anbieter von ChatGPT	https://openai.com/
xperience	Einsatz von Computer Vision für Personenerkennung oder das Tracking von Körperhaltungen	https://www.xperience.ai/

3.3 Blockchain

Mögliche Anwendungen der Blockchain-Technologie für Unternehmen sind im Allgemeinen: Berechtigungsprüfung, Absicherung gegen Produktfälschung, Nachverfolgung der Lieferkette, oder die Prüfung von Digitalen Identitäten für Behörden und Finanzinstitutionen.

Im Metaversum liegt das Potential der Blockchain-Technologie in der Dezentralisierung, in Form von dezentral verwalteten Crypto Wallets (Geldbörsen basierend auf Krypto-Währungen), Marktplätzen für virtuelle Güter oder NFT sowie Blockchain Developer Services. Aktuell wird die Blockchain-Technologie besonders im Bereich Creator Economy & NFTs eingesetzt. Zu den Early Adopters gehören die Gaming Community und die Consumer Branche (die Modeindustrie ist hier aktuell besonders stark vertreten). Die Blockchain wird dann für das Metaversum besonders wertvoll, wenn sie es dem Nutzer erlaubt die Identität & Kontakte, Zertifikate & Reputation, als auch Werte in verschiedene Plattformen mitzunehmen.

Anbieter	Beschreibung	Link
Boson Protocol	Boson Protocol ermöglicht das Erstellen von NFTs, NFT-Marktplätzen als auch Metaverse-Geschäften.	https://www.bosonprotocol.io/
Cardano	Cardano ist eine Proof-of-Stake-Blockchain-Plattform, die auf Peer-Review-Forschung basiert und durch evidenzbasierte Methoden entwickelt wurde. Blockchain	https://cardano.org/enterprise/

	mit professionellen Anwendungsfällen in der Industrie.	
DMARKET	DMarket ist ein Marktplatz für den Handel mit virtuellen Items und Technologien in der Unterhaltungsindustrie.	https://dmarket.com/de
Enjin	Enjin ist eine Blockchain-Plattform mit NFT-Marktplatz & Crypto Wallet	https://enjin.io/
Fireblocks	Fireblocks ist eine Plattform, um neue Blockchain-basierte Produkte zu erstellen und den täglichen Betrieb digitaler Assets zu verwalten. (Wallet, DeFi, NFT)	https://www.fireblocks.com/#
flow	Proof-of-Stake-Blockchain-Plattform mit Multi-Node Architektur zur Erstellung von effizienten und skalierbaren Blockchain-Anwendungen.	https://flow.com/primer
Forte	Forte ist eine Blockchain-Plattform mit NFT-Marktplatz & Crypto Wallet für Gaming	https://www.forte.io/
Fortmatic	Technologie für die Dezentralisierung des Zugriffs auf Crypto Wallets.	https://fortmatic.com/
IOTA	Open-Source Blockchain-Protokoll für sicheres Messaging, digitale Identität, Crypto Wallets und virtuelle Assets.	https://www.iota.org/solutions/technologies
Klaytn	Blockchain-Plattform für das Erstellen von Metaversen, basierend auf Ethereum. Erste Projekte in Unterhaltung und Industrie.	https://klaytn.foundation/ecosystem/
Maddie's	NFT Developer Service und NFT-Marktplatz. Print-Service für NFTs auf reale Bekleidung.	https://maddies.co/
MetaMask	MetaMask bietet eine sichere Verwaltung aller digitalen Assets eines Nutzers.	https://metamask.io/
OpenSea	NFT-Marktplatz	https://opensea.io/de-DE
Pavillon	NFT-Marktplatz	https://app.pavillonhub.com/#/marketplace
Polkadot	Polkadot vereint und sichert ein wachsendes Ökosystem spezialisierter Blockchains, die Parachains genannt werden. Apps und Dienste auf Polkadot können sicher über Ketten hinweg kommunizieren und bilden die Grundlage für ein interoperables dezentrales Internet.	https://polkadot.network/

polygon	Polygon ist eine dezentralisierte Ethereum-Skalierungsplattform, die es Entwicklern ermöglicht, skalierbare, benutzerfreundliche dApps mit niedrigen Transaktionsgebühren zu erstellen, ohne Abstriche bei der Sicherheit machen zu müssen.	https://polygon.technology/
Solana	Blockchain-Plattform für die Erstellung von NFTs, Crypto Wallets, Gaming, etc.	https://solana.com/de
Tezos	Blockchain-Plattform für die Erstellung von NFTs, Crypto Wallets, Gaming, etc.	https://tezos.com/
Theta	Web3 Blockchain Infrastruktur für Video, Media & Entertainment	https://www.thetatoken.org/
Tron	Blockchain-Plattform für dezentralisierte Apps, Crypto Wallets.	https://tron.network/
Venly	Anbieter von Crypto Wallets, NFT-Tools und NFT-Marktplatz	https://www.venly.io/

3.4 Plattformen

Aktuell existierende Plattformen über die, die Idee des Metaversums realisiert werden könnte, lassen sich in zentralisierte und dezentralisierte Plattformen gliedern. Die meisten Marken sind aktuell auf den Plattformen „Decentraland“ oder „The Sandbox“ vertreten [10]. Die Firmen, die in eine Präsenz auf diesen Plattformen investieren stammen vorwiegend aus dem Consumer-Bereich, dem Handel, der Mode- und Unterhaltungsindustrie.

Zentralisierte Plattformen

Auf zentralisierten Plattformen entstehen virtuelle Welten die von einem Anbieter verwaltet werden. Die Nutzer können die Plattform mitgestalten und virtuelle Güter erstellen, die Infrastruktur bleibt jedoch zentralisiert.

Plattform	Beschreibung	Link
AltspaceVR	Plattform für Events in der Virtuellen Realität.	https://altvr.com/
ANAM XR	Cloud-Ökosystem virtueller sozialer Welten für NFT-Erlebnisse im Handel-, Luxus- und Kreativbereich.	https://www.anamxr.com/
avakin life	Virtuelle soziale Welt. 3D-Avatare können mit Markenbekleidung ausgestattet werden.	https://avakin.com/

Challau	Die öffentlichen Profile auf Challau sind wie eine Social-Media-Seite in 3D.	https://www.challau.com/
Horizon	Plattform für Events, Gaming, Arbeiten in der Virtualen Realität.	https://www.oculus.com/horizon-worlds/?locale=de_DE
LifeBeyond	Life Beyond ist eine Gaming-Plattform, die von Unreal Engine, NFTs und ERC-20-Token angetrieben wird und in dem Spieler die Freiheit haben, eine neue virtuelle Gesellschaft auf Dolos, einem mysteriösen außerirdischen Planeten, aufzubauen und gemeinsam zu besitzen.	https://www.playlifebeyond.com/
Metafluence	Virtuelle Stadt mit der Möglichkeit zum Landerwerb. NFT-Marktplatz. Zielgruppen sind Influencer und Markenprodukte.	https://metafluence.com/
Metcity	MetCity ist eine ganze virtuelle Stadt. In MetCity können Benutzer zusammen mit anderen Erlebnissen in ihren Lieblingsgeschäften einkaufen oder ein Geschäft im Einkaufszentrum besitzen.	https://metcity.xyz/
Niantic Lightship	Augmented Reality Plattform um AR-Inhalte mit der Außenwelt zu verschmelzen. Niantic Lightship ist ein Werkzeug für den Aufbau des Metaversums und bietet neben Weltkartierung, semantische Segmentierung und gemeinsame AR-Funktionssets.	https://lights-hip.dev/
Nvidia Omniverse	Plattform zur Simulation von 3D-Welten, basierend auf der Universal Scene Description (USD).	https://www.nvidia.com/de-de/omniverse/
Pixelynx	Plattform-Ökosystem für die Musikindustrie mit Augmented Reality Experiences.	https://pixelynx.io/
Roblox	Roblox ist eine Online-Spieleplattform, auf der Nutzer eigene Computerspiele erstellen und mit anderen Nutzern spielen können	https://www.roblox.com/
Second Life	Virtuelle soziale 3D-Welt, samt Marktplatz für Land, Bekleidung etc.	https://second-life.com/
Sensorium Galaxy	Virtuelle Plattform für Konzerte und Gaming.	https://sensoriumgalaxy.com/
Stageverse	Plattform für Events in der Virtualen Realität, mit NFT-Marktplatz	https://stageverse.com/

Ultra	Ultra ist eine Unterhaltungsplattform, die Spiele, digitale Assets, Turniere und Live-Streams an einem Ort zusammenbringt, die alle über eine einzige Anmeldung leicht zugänglich sind.	https://ultra.io/
VRChat	VRChat ist ein Free-to-Play-MMOG (Massively Multiplayer Online Game) das es Spielern durch die Nutzung von 3D-Avataren ermöglicht, mit anderen Spielern in einer virtuellen Welt zu interagieren.	https://hello.vrc-hat.com/
Viverse	Virtuelle soziale Welt mit Marktplatz für virtuelle Güter.	https://www.viverse.com/
Wave XR	WaveXr ist eine virtuelle Plattform für Live-Konzerte.	https://wavexr.com/

Dezentralisierte Plattformen

Im Gegensatz zu zentralisierten Plattformen, gehören dezentralisierte nicht einem Betreiber, sondern zeichnen sich durch eine dezentrale Infrastruktur aus. Bei den meisten Plattformen die aktuell in Betrieb sind, wird diese Dezentralisierung über die Blockchain-Technologie umgesetzt.

Plattform	Beschreibung	Link
Blankos	Blankos Block Party ist ein Open-World-Multiplayer-Spiel mit Schwerpunkt auf individueller Kunst und Design.	https://blankos.com/
Bloktopia	Bloktopia ist ein virtueller Wolkenkratzer, der aus 21 Ebenen besteht, um 21 Millionen Bitcoin zu repräsentieren. Einnahmen können durch Immobilienbesitz, Werbeeinnahmen, Gaming, und dem Aufbau von Netzwerken erzielt werden.	https://www.bloktopia.com/
Cryptovoxels	Cryptovoxels ist eine virtuelle Welt, die auf der Ethereum-Blockchain basiert. Spieler können Land kaufen und Läden und Kunstgalerien bauen. Bearbeitungswerkzeuge, Avatare und Text-Chat sind integriert.	https://cryptevoxels.com/
Decentraland	Erstellung von 3D-Szenen, Kunstwerken und mehr mit integriertem Builder-Tool samt Events mit Preisverleihung. Handel mit virtuellem Land, Immobilien, Avatar-Wearables und Namen auf dem Decentraland-Marktplatz. Basierend auf der Ethereum-Blockchain.	https://decentraland.org/
Dynamicland	Reale Arbeitsumgebungen in physischen Räumen unterstützt mit Projektionstechnik. Ziel: dezentrale Gebäude-Infrastruktur aufzubauen für kollektive Arbeitsumgebungen. Jede Gemeinde soll ihr	https://dynamicland.org

	eigenes Dynamicland erhalten, ähnlich wie sie bereits eine eigene Bibliothek besitzt.	
Everdome	Virtuelle Welt mit Möglichkeit zum Landerwerb, Marktplatz für virtuelle Güter, Werbemöglichkeiten und virtuellen Events.	https://everdome.io/
Hypernation	Hypernation hat das Ziel einen eigenen digitalen Wirtschaftsraum zu erschaffen. HyperNFT ist eine Plattform um NFTs zu prägen und vieles mehr. Die Plattform steht kurz vor der Einführung ihrer ersten NFT-Kollektion namens „Hitchhiker of Stars“. Die Kollektion wird in Form von Mystery Boxes verkauft.	https://www.hypernation.io/
Illuvium	Illuvium, das weltweit erste IBG (Interoperable Blockchain Game), ist ein bevorstehendes Open-World-Erkundungs-, NFT-Kreaturensammler- und Autobattler-Spiel, das auf der Ethereum-Blockchain basiert.	https://illuvium.io/
Mapstar	Mobile App, um XR-Karten zu erstellen und sie im Internet in Ihrem bevorzugten Browser zu bearbeiten. Möglichkeit auf einer digitalen XR-Karte Land zu erwerben, die es anderen ermöglicht, darauf digitale Güter zu erstellen und zu handeln. Basierend auf der Polygon-Blockchain.	https://www.mapstar.io/
MatrixWorld	Entwickler können die Welt bereichern und erweitern, indem sie immersive dezentrale 3D-Anwendungen (DApps) erstellen, die eine Verbindung zu externen Diensten und Anwendungen herstellen können. Beispielsweise können Spieler NFTs über 3D-DApps von OpenSea und anderen Marktplätzen visuell handeln und kaufen.	https://matrixworld.org/home
Metahero	Aufbau von 3D-Scanner-Infrastruktur für XR-Anwendungen und NFT-Marktplätze.	http://metahero.io/
Nakaverse	City-Builder-Plattform basierend auf Ethereum und Polygon-Blockchain.	https://www.nakaverse.games/
Portals	Browser-basierte soziale Plattform in Form einer virtuellen Stadt, mit der Möglichkeit des Erwerbs und der Gestaltung von Wohnungen, Büros und Läden.	https://theportal.to/
Somnium Space	Eine offene, soziale Welt der virtuellen Realität, mit eigener Wirtschaft und eigener Währung. Eine VR-Welt mit eigenem Marktplatz, Spielen, sozialen Erlebnissen und dem Besitz von virtuellem Land.	https://somniumspace.com/
Spatial	Plattform für Events in der Virtuellen Realität. 3D-Räume können als NFTs geprägt und gehandelt werden.	https://www.spatial.io/

Uhive	Soziale Plattform , mit NFT-Marktplatz. Ziel: In Zukunft ein Grundeinkommen aller seiner Nutzer sicherzustellen.	https://www.uhive.com/
Upland	Gaming-Welt mit der Möglichkeit zum Handel von virtuellem Land und Monetarisierungsmöglichkeiten.	https://www.upland.me/
The Sandbox	Gaming-Welt mit der Möglichkeit zum Handel von virtuellem Land und Monetarisierungsmöglichkeiten.	https://www.sandbox.game/en/
Treasure	Gaming-Welt mit der Möglichkeit zum Handel von virtuellem Land und Monetarisierungsmöglichkeiten.	https://treasure.lol/
Worldwide-Webb	Gaming-Welt mit der Möglichkeit zum Handel von virtuellem Land und Monetarisierungsmöglichkeiten.	https://webbgame/

3.5 Wirtschaft & Monetarisierung

Beratung & Services

Für oben genannte Plattformen wird es in Zukunft einen vermehrten Bedarf und damit auch die Möglichkeit geben, Beratungen und andere Services anzubieten. In dieser Übersicht sind ein paar Anbieter aufgelistet, die bereits heute im Markt tätig sind. Sie können als Inspiration für XR-Entwickler dienen, welche Services für das Metaversum relevant sein können.

Anbieter	Beschreibung	Link
Accenture	Strategieberatung für das Metaverse von Marketing und Markenbildung, Customer Experience, digitale Identität, digitale Produkte und Services, Digital Commerce und NFT/Tokens, die Zukunft der Arbeit, Technologie sowie Betriebsmodellstrategien. Weitere Services vom World-Building bis zu Content Management, Marktplatz-Entwicklung, Blockchain, 3D-Commerce, Extended Reality, digitale Zwillinge, Sicherheitskonzepte und den Aufbau von Ökosystemen und Communities.	https://www.accenture.com/de-de/services/metaverse-index
Core Academy	Kursplattform über das Erstellen von interaktiven Erlebnissen, Bauen von virtuellen Welten und Veröffentlichen von Multiplayer-Spielen.	https://learn.cores.com/metaverse-home/
Dusty Multi-verse	Anbieter von "Metaverse-as-a-service" Lösungen. Unternehmen und Individuen können die Firma Multi-verse beauftragen einen VR Space mit Verbindung zur	https://dusty-multiverse.com/

	unternehmenseigenen Multiverse-Blockchain zu erstellen.	
EveryRealm	Beratung und Kursangebot über Investments in Metaverse Land & NFTs	https://everyrealm.com/
Metaverse Group	Vermietung von Flächen, Investitionsberatung, 3D-Design für 3D-Plattformen.	https://www.metaversegroup.com/

Avatare & Asset Creation

Damit im Metaverse Handel getrieben werden kann, benötigt man Werkzeuge um digitale Güter effizient erstellen zu können. Hierzu gehört der eigene Avatar samt Accessoires.

Es gibt bereits heute Plattformen auf denen man eigene Avatare erstellen kann (z.B. Tafi), einige Anbieter spezialisieren sich dabei auf lebenschte Avatare (z.B. Didimo, Avatar SDK), wiederum andere arbeiten daran plattformunabhängige Avatare bereitzustellen, die auf jeder Plattform, vom Virtual Reality Space bis zur Videokonferenzlösung, eingesetzt werden können (ReadyPlayerMe). Avatare und ihre Accessoires können über spezielle NFT-Marktplätze erworben werden.

Plattform	Beschreibung	Link
Animaze	Erstellung von plattformunabhängigen Avataren (NFTs)	https://www.animaze.us/
Avatar SDK	Life-like Avatar Creator	https://avatarsdk.com/
Didimo	Life-like Avatar Creator	https://www.didimo.co/
Cryptoavatars	Marktplatz für Avatare (NFTs)	https://cryptoavatars.io/
Genies	Avatar Ökosystem zur Erstellung und zum Handel von Avataren.	https://genies.com/
Ready Player Me	Erstellung von plattformunabhängigen Avataren (NFTs)	https://readyplayer.me/de
RTFKT	Virtuelle Sneaker für Avatare. Anprobe in der realen Welt möglich mittels Augmented Reality.	https://rtfkt.com/
The Fabricant	Marktplatz für Avatar Bekleidung	https://www.thefabricant.com/marketplace
Union Avatars	Life-like Avatar Creator	https://unionavatars.com/

Adtech

Wie auch in aktuellen Social-Media-Plattformen, wird in Metaversen das Schalten von Werbeanzeigen eine wichtige Einnahmequelle sein. Die Technologie hierfür findet bereits in der 3D-Spielewelt Einsatz, lässt sich aber auch problemlos auf künftigen Metaversums-Plattformen einbinden.

Plattform	Beschreibung	Link
4D Sight	Blended In-Game Advertising	https://4dsight.com/
AdInMo	Blended In-Game Advertising	https://www.adinmo.com/
Admix	Blended In-Game Advertising	https://admixplay.com/
Adverty	Blended In-Game Advertising	https://adverty.com/
anzu	Blended In-Game Advertising	https://www.anzu.io/
Bidstack	Blended In-Game Advertising	https://www.bidstack.com/
Frameplay	Blended In-Game Advertising	https://www.frameplay.gg/
GadsMe	Blended In-Game Advertising	https://www.gadsme.com/
Metanomic	Game Economy Engine: Ein Werkzeug um das Wirtschaftssystem von Spielwelten zu simulieren, um es dadurch besser konzipieren zu können, zum Beispiel auch die plattformeigene Werbelandschaft.	https://www.metanomic.net/

4. Ausblick

Im Rahmen der Erkenntnisse aus den Diskussionen der Sherpa-Gruppe und der Recherche zu Metaversum-Plattformen und Technologien, ergab sich für das VDC eine Einschätzung des aktuellen Status Quo, als auch der offenen Fragen, die der Umsetzung von Metaversen noch im Weg stehen.

Aus den Gesprächen ging hervor, dass das Interesse der Unternehmen auch Fragestellungen betrifft, die über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen und Anknüpfungspunkte für weitere Studien liefern

- Auf welcher Metaverse-Plattform soll ich mich aufhalten?
- Wo halten sich meine Kunden auf?
- Macht es Sinn sich „allgemeinen“ Metaverse aufzuhalten oder nur auf Plattformen für meine Zielgruppe?
- Wie können wir für Kompatibilität und Schnittstellen zwischen den verschiedenen Plattformen sorgen?
- Bedarf an Coaching & Beratung zu Anwendungsszenarien des Metaversums in Bezug zum eigenen Unternehmen.

4.1 Status Quo

XR-Technologien haben sich in den letzten Jahren dahingehend entwickelt, auch für kleinere und mittlere Unternehmen erschwinglich und mit geringem Implementierungsaufwand nutzbar zu sein. Die Anwendungsmöglichkeiten für Kultur, Wirtschaft, Wissenschaft und Bildung sind bekannt.

Die deutschen Fachverbände für Extended Reality (XR) haben 2022 in einem Positionspapier [11], die Forderungen an die Politik aufgezeigt, XR-Technologien stärker zu fördern. Vor allem im Hinblick auf Asien ist dies erforderlich, um nicht ins Hintertreffen zu geraten, aufgrund der massiven Investitionen die dort in die Entwicklung von Metaversen getätigt werden.

I. Die meisten Technologien für die Erschaffung von Metaversen sind verfügbar. Insbesondere XR hat eine Technologiereife erreicht, die eine breite Anwendung der Technologie in der Wirtschaft zulässt. Auch andere Technologien wie KI oder Blockchain zeigen vielversprechende Anwendungsmöglichkeiten zur Ergänzung von XR.

II. Für den Weg ins "Metaverse" mangelt es allerdings noch an konkreten Maßnahmen und Rahmenbedingungen, um den im Koalitionsvertrag der Bundesregierung geforderten digitalen Aufbruch umzusetzen.

III. Es mangelt auch an Kompatibilität & Schnittstellen zwischen den einzelnen Plattformen. Hier wird es entscheidend sein, ob geeignete Schnittstellen zwischen den einzelnen Plattformen durchgesetzt werden können, um die Vision des Metaversums umzusetzen.

IV. In Asien wird die XR-Technologie massiv gefördert, speziell China investiert stark in die Entwicklung und Adoption von XR-Systemen vom Bildungsbereich bis zur Industrie.

V. Die meisten Informationen über Metaverse-Projekte (und Literatur), die öffentlich zugänglich sind konzentrieren sich auf B2C Projekte oder die Unterhaltungsindustrie. Es gibt kaum Informationen über B2B-Anwendungen, obwohl das Interesse von Firmen.

4.2 Roadmap

Das Metaverse darf nicht zu eng gedacht werden. Wir wissen noch nicht, wie es aussehen wird, aber kennen bereits seine (wahrscheinlich) wichtigsten Bestandteile. Daher ist es ratsam Raum für verschiedene Ansätze einzuräumen.

I. Vielleicht wird kein Metaverse nach unserer Definition entstehen, aber eine Alternative, die den digitalen Verkehr von digitalen Gütern und Identitäten in einer virtuellen 3D-Welt bieten kann.

II. Es stellt sich die Frage ob nur eine Art von Metaversum Sinn macht. Das Web 2.0 hat sich in verschiedene Plattformen entwickelt, die je nach Datenformat unterschiedliche Bedürfnisse und Zielgruppen befriedigen. Wie würde ein Twitter als Metaversum aussehen im Gegensatz zu einem Second Life?

III. Die meisten aktuellen Metaverse-Projekte konzentrieren sich auf Blockchain-Technologien, dabei sollten auch andere Möglichkeiten in Betracht gezogen werden um für Dezentralisierung zu sorgen.

IV. Alternative Ansätze (wie Dynamicland) sollten weiter erforscht werden. Je mehr unterschiedliche Ansätze verfolgt werden, desto höher die Chancen, dass ein erfolgreiches Projekt entsteht.

V. Die Entwicklung eines Metaversums wird kein Prozess sein, in dem Anforderungen wie in einem Lastenheft definiert und umgesetzt werden. Es wird einen Trial & Error Prozess benötigen auf dessen Weg viele Projekte scheitern werden.

5. Abkürzungen

3D	dreidimensional
5G	Mobilfunkstandard der fünften Generation
AR	Augmented Reality (dt. Erweiterte Realität): Überlagerung der natürlichen Sicht mit Computer-generierten Informationen
CPU	Central Processing Unit
GPU	Graphics Processing Unit
HMD	Head-Mounted Display (dt. Datenhelm)
KI	Künstliche Intelligenz
LED	Light Emitting Diode (dt. Leuchtdiode)
MMOG	Massively Multiplayer Online Game
MR	Mixed Reality, gleichzeitige Präsentation künstlicher und natürlicher Sinnesreize
NFT	Non-Fungible-Token
OLED	organische Leuchtdiode
TRL	Technology Readiness Level
VR	Virtual Reality (dt. Virtuelle Realität): interaktive Integration eines Benutzers in eine Computer-generierte 3D-Umgebung
XR	eXtended Reality; Sammelbegriff für AR, MR, VR

6. Literatur und Verweise

- [01] Neuhüttler et al. (2023, im Erscheinen): Potenziale eines Metaverse für die Entwicklung von Smart Services. In: Bruhn, M./Hadwich, K. (Hg.): Gestaltung des Wandels im Dienstleistungsmanagement. Forum Dienstleistungsmanagement 2023. Springer, Wiesbaden.
- [02] Vigkos, Alexandros; Pauer, Andreas; Bevacqua, Davide; Turturro, Luca; Kulesza; Marta: XR and its potential for Europe. Ecorys: Brüssel, April 2021
- [03] Digi-Capital: AR/VR investment stabilized in Q4 2018. Palo Alto, USA: 31. Januar 2019. Online unter: <https://www.digi-capital.com/news/2019/01/ar-vr-investment-stabilized-in-q4-2018/>, abgerufen am 15.3.2019
- [04] Anderson, J., & Rainie, L. (2022). The metaverse in 2040. Pew Research Centre.
- [05] Smart, J., Cascio, J., Paffendorf, J., Bridges, C., Hummel, J., Hursthouse, J., & Moss, R. (2007). A cross-industry public foresight project. In Proc. Metaverse Roadmap Pathways 3DWeb (S. 1-28).
- [06] Milgram, Paul, and Fumio Kishino. "A taxonomy of mixed reality visual displays." *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems* 77.12 (1994): 1321-1329.
- [07] Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., et al (2021). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. Journal of LATEX Class Files, Vol. 14, No. 8, September 2021
- [08] Yang, Q., Zhao, Y., Huang, H., Xiong, Z., Kang, J., & Zheng, Z. (2022). Fusing blockchain and AI with metaverse: A survey. IEEE Open Journal of the Computer Society, 3, 122-136.
- [09] Newzoo (2022): The Metaverse, Blockchain Gaming, and NFTs: Navigating the Internet's Uncharted Waters.
- [10] CNBC, Evelyn Chen: Companies can 'hire' a virtual person for about \$14k a year in China. (2. Januar 2023) abgerufen unter: <https://www.cnbc.com/2023/01/02/companies-can-hire-a-virtual-person-for-about-14k-a-year-in-china.html>
- [11] VDC, et al (2022) Positionspapier des Konsortiums der Extended Reality Verbände in Deutschland

7. 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.

Auberlenstr. 13

70736 Fellbach

URL: 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

8. Förderhinweis

Die vorgestellten Arbeiten entstanden im Rahmen des Projekts "*Digitallotse Wirtschaft 4.0*", welches durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg gefördert wird.



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND TOURISMUS

