



Bachelorarbeit
zur Erlangung des Grades „Bachelor of Science (B.Sc.) Informatik /
Computational Science“ an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Potsdam
über das Thema

**Design und Durchführung einer systematischen
Literaturrecherche zur Erlangung eines
vereinheitlichten Verständnisses des Begriffs
„Metaverse“**

Matrikel Nr.: 798075

vorgelegt von: Aaron Bishop
Kladower Damm 326
14089 Berlin

E-Mail: aaron.bishop@uni-potsdam.de

1. Prüfer: Dr. rer. nat. Tobias Moebert
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrike Lucke

Betreuer: Dr. rer. nat. Tobias Moebert &
MSc. Axel Wiebke

Eingereicht am: Samstag, 22. April 2023

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Quelltextverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
Abstract.....	8
1 Einleitung	9
2 Verwandte Arbeiten	11
3 Historie und Entwicklung des Metaverse	14
4 Theoretischer Hintergrund	16
4.1 Abgrenzung und Begriffsdefinitionen.....	16
4.2 Wichtige ermöglichende Technologien des Metaverse	18
4.2.1 Extended Reality	18
4.2.2 Blockchain, Non Fungible Tokens und Kryptowährungen.....	18
4.2.3 Internet of Things	19
4.2.4 Künstliche Intelligenz.....	19
4.2.5 Cloud- und Edge Computing.....	19
5 Methodik	20
5.1 Design der systematischen Literaturrecherche.....	20
5.2 Design der Inhaltsanalyse der selektierten Literatur	20
5.3 Durchführung der systematischen Literaturrecherche	22
5.3.1 Erster Entwurf des Recherchefundaments und die erste Suche.....	22
5.3.2 Veränderung und Verfeinerung des Recherchefundaments	26
5.3.3 Finale Suchparameter und Literaturselektion.....	27
5.4 Durchführung der Inhaltsanalyse der selektierten Literatur.....	28
6 Ergebnisse	34
6.1 Gefundene Theorien.....	34
6.1.1 Gemeinsamkeiten der Metaverse-Theorien	34
6.1.2 Diskrepanzen der Metaverse-Theorien.....	36

6.2	Gefundene Implementierungen	38
6.3	Gefundene Anwendungsdomänen	39
7	Diskussion	39
7.1	Herleitung eines vereinheitlichten Verständnisses.....	42
7.2	Vergleich von Theorie und Umsetzung	44
7.2.1	Vergleich zwischen den drei Implementierungen.....	44
7.2.2	Vergleich der Umsetzungen mit dem vereinheitlichten Verständnis	45
7.3	Limitationen	46
7.4	Primäre Handlungsvorschläge und offene Forschungsfragen.....	47
8	Fazit.....	49
	Selbstständigkeitserklärung	50
9	Literaturverzeichnis.....	51
10	Anhang	59
10.1	Dokumentation der SLR	59
10.1.1	Zuordnungstabellen der Artikel.....	59
10.1.2	SLR-Kurzanleitung	60
10.1.3	Recherchefundament.....	62
10.1.4	SLR-Dokumentation.....	65
10.1.5	PRESS-Checkliste.....	73
10.2	Rohdaten	75
10.2.1	Metaverse-Definitionen	75
10.2.2	Extrahierte Keywords und Metainformationen im JSON-Format	81
10.2.3	Definitionen der drei selektierten Metaverse-Implementierungen ..	83
10.2.4	Extrahierte Keywords selektierten Metaverse-Implementierungen .	84
10.2.5	Gefundene Anwendungsszenarien.....	84
10.2.6	Gefundenen Implementationen.....	85
10.3	Tabellen zur Zusammenfassung/Reduktion der Daten	87
10.3.1	Tabelle zur Zusammenfassung der gefundenen Keywords.....	87
10.3.2	Tabelle zur Kategorisierung der identifizierten Anwendungsszenarien	89
10.4	Quellcode und Datenstrukturen.....	90

10.4.1	Datenstruktur des verwendeten JSON-Formats für einen Artikel	90
10.4.2	Python-Objekt zur Normalisierung und Weiterverarbeitung der Daten	
		90

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die fünf Kernkomponenten des Metaverse.....	13
Abbildung 2: Metaverse Framework unter den zwei Schlüsselaspekten: Ökosystem und Technologien.....	13
Abbildung 3: Metaverse Taxonomie.	14
Abbildung 4: Wichtige historische Ereignisse in der Entwicklung des Metaverse bis 2022	15
Abbildung 5: Metaverse-Artikel in deutscher und englischer Sprache im Vergleich	24
Abbildung 6: Visualisierung der 39×349 Feature-Matrix	30
Abbildung 7: Visualisierung der 39×63 Feature-Matrix nach der Zusammenfassung der Keywords	30
Abbildung 8: Induktive Kategoriensammlung der Artikel.....	30
Abbildung 9: Induktive Kategoriensammlung der Artikel nach der Zusammenfassung.....	30
Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Herkunftsländer der Autoren.....	32
Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung der Metadaten der Artikel.....	32
Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der Metaverse-Varianten	32
Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der gefundenen (potenziellen) Metaverse-Implementierungen	32
Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung der gefundenen Metaverse-Keywords	35
Abbildung 15: Relative Häufigkeiten der Keywords aus den Artikeln der Top- Herkunftsländer mit signifikanter Diskrepanz	36
Abbildung 16: Relative Häufigkeiten der Keywords aus den Artikeln der Top- Herkunftsländer mit signifikanter Diskrepanz	38
Abbildung 17: Gegenüberstellung der Top-Metaverse-Implementierungen Roblox, Decentraland und Meta Horizon Suite	39

Abbildung 18: Die 5 identifizierten Anwendungsdomänen des Metaverse und andere Anwendungsszenarien	39
Abbildung 19: Erworbene radiale ausprägungsabhängige Metaverse-Komponenten	43
Abbildung 20: SLR-Kurzanleitung nach Heil	61
Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung der gefundenen (potenziellen) Metaverse-Implementierungen	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel einer Datei entsprechend des verwendeten JSON-Formats ohne Inhalt.....	21
Tabelle 2: Finale Datenbanken, Suchfilter, Suchfelder, Suchstrings und Suchergebnisse vom 30.11.2022.....	27
Tabelle 3: Abgeleitete Theorien, deren Bedeutung und Ableitungskriterien	29
Tabelle 4: Statistik der Keyword-Anzahlen der 39 relevanten Artikel	30
Tabelle 5: Nummerierung und IDs der relevanten Artikel und dessen Kurzbelege	59
Tabelle 6: Artikelnummerierung der irrelevanten Artikel und dessen Kurzbelege	59
Tabelle 7: Finale Ein- und Ausschlussbedingungen	62
Tabelle 8: PiCo-Schema entsprechend der Forschungsfrage	63
Tabelle 9: Entwicklung der Suchstrings mit drei Komponenten.....	64
Tabelle 10: Überprüfung der Metaverse-Schreibweisen und Synonyme nach Mehrwert	66
Tabelle 11: Überprüfung der Synonyme der zweiten Suchkomponente nach Mehrwert	68
Tabelle 12: Überprüfung der ungewollten Trunkierungen des Suchterms „defin*“	69
Tabelle 13: Überprüfung des Mehrwerts der Verwendung von Proximity-Operatoren, anstatt von Konjunktionen	70

Tabelle 14: Erste Suche und die Überprüfung der Trefferzahlen der Datenbanken über verschiedene Suchfelder basierend auf dem ersten Suchstring	72
Tabelle 15: PRESS-Checkliste und kurze Beantwortung der Fragen	74
Tabelle 16: Gefundene Definitionen des Metaverse und speziellere Visionen	80
Tabelle 17: Extrahierte Keywords und Metainformationen der Artikel im JSON-Format	83
Tabelle 18: Gefundene Definitionen der selektierten Metaverse-Implementierungen	84
Tabelle 19: Extrahierte Keywords aus den Definitionen der drei selektierten Metaverse-Implementierungen	84
Tabelle 20: Gefundene Anwendungsszenarien des Metaverse	85
Tabelle 21: Gefundene (potenzielle) Metaverse-Implementierungen	86
Tabelle 22: Tabelle zur Zusammenfassung und Reduktion der Keywords aus den Rohdaten.....	88
Tabelle 23: Tabelle zur Kategorisierung der gefundenen Anwendungsszenarien.....	89
Tabelle 24: Datenstruktur des verwendeten JSON-Formats für einen Artikel	90

Quelltextverzeichnis

Quelltext 1: Erster Entwurf des Suchstrings zum Testen der Datenbanken..	24
Quelltext 2: Aufbau der Suchstrings zur Überprüfung der Synonyme der Komponente 2.	26
Quelltext 3: Erworbene vereinheitlichte Definition des Begriffs „Metaverse“	44
Quelltext 4: Python-Objekt zur Normalisierung und Weiterverarbeitung der JSON-Daten	90

Abkürzungsverzeichnis

SLR	Systematische Literaturrecherche
VR	Virtual Reality
AR	Augmented Reality
MR	Mixed Reality
XR	Extended Reality
IoT	Internet of Things
CPS	Cyber-Physical System
CPSS	Cyber-Physical Social System
MMO	Massively Multiplayer Online
MMORPG	Massively Multiplayer Online Roleplaying Game
HCI	Human-Computer Interaction
HMI	Human-Machine Interface
DAO	Decentralized Autonomous Organisation
AI	Artificial Intelligence
SDO	Standards Development Organisation
BIM	Building Information Modeling
JSON	JavaScript Object Notation
DOI	Digital Object Identifier
KNF	Konjunktive Normalform
CEO	Chief Executive Officer

Abstract

Der Begriff des “Metaverse” entstand als Teil des Science-Fiction Romans Snow Crash 1992. Die Verbesserung von Human-Computer Interfaces (HCIs) und Grafikprozessoren (GPUs) erlaubt es immer intuitiver, mit virtuellen Welten zu interagieren und diese in Echtzeit mit überzeugender Auflösung darzustellen. Zusammen mit der drastischen Beschleunigung von Netzwerkgeschwindigkeiten durch Kommunikationsstandards, wie 5G und zukünftig 6G, ist es möglich, sich sowohl visuell als auch spürbar, mithilfe von haptischen Ein- und Ausgabegeräten, in eine vernetzte virtuelle Umgebung hineinzusetzen. Auch die aktuelle und rapide Entwicklung anderer Technologien bereitet den Weg zur Realisierung des Metaverse-Konzepts [Ba22b, S. 2, Ro22a, S. 21, Ya22, S. 122, Fa22, S. 100]. Jedoch existiert aktuell kein vereinheitlichtes Verständnis des Metaverse, weshalb viele der existierenden Umsetzungen dem Metaverse-Namen noch nicht gerecht werden [WYZ21, S. 987, Ch22b, S. 504, Go22, WR22, S. 112]. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, ein vereinheitlichtes Verständnis des Begriffs „Metaverse“ zu erlangen und in Form einer Definition einzufangen. Basis dafür ist das Ergebnis einer systematischen Literaturrecherche, zur Selektion von peer-reviewed Fachartikel und Reviews aus dem Jahr 2022, die vollständige Metaverse-Definitionen aufweisen. Anhand der Keywords, die aus den Definitionen extrahiert wurden, und anderer Metadaten konnten Gemeinsamkeiten und Diskrepanzen verschiedener Sichtweisen des Metaverse von Wissenschaftlern im Bereich der Informatik und Technik identifiziert werden. Außerdem wurden die existierenden Metaverse-Implementierungen *Roblox*, *Decentraland* und *Meta Horizon Suite* mit dem erworbenen vereinheitlichten Verständnis einander gegenübergestellt und verglichen. Neben der Kategorisierung von gefundenen Anwendungsszenarien des Metaverse in Anwendungsdomänen wurden offene Forschungsfragen identifiziert und Handlungsvorschläge geboten. Das erworbene vereinheitlichte Verständnis könnte Forschern und Entwicklern bei der Entwicklung von gemeinsamen Standards behilflich sein, damit ein effizienterer Aufbau eines interoperablen Metaverse zukünftig vonstattengehen kann.

Schlagwörter: *Metaverse; Virtual World; Virtual Reality; Augmented Reality; Extended Reality; Unified understanding; Definition;*

1 Einleitung

Nicht nur in der Tech-Industrie hat der Begriff „Metaverse“ in den letzten Jahren stark an Popularität gewonnen. [Ro22b, Ya22, S. 122]. Seit der Umbenennung des größten Social Media Konzerns *Facebook* zu *Meta* im Oktober 2021, mit dem Ziel dessen Ernsthaftigkeit zu signalisieren und den Fokus auf den Aufbau des Metaverse und dessen zugrundeliegenden Technologien zu lenken [Fa22, S. 102, Ba22b, S. 2], ist der Begriff Metaverse in der breiten Bevölkerung angekommen [Zy22b, S. 125, Ks22b, S. 12]. Es gibt vor allem zwei Hauptfaktoren, die die Popularität des Metaverse angetrieben haben. So sorgte die COVID-19 Pandemie im Jahr 2020 für einen Paradigmenwechsel in der Art und Weise wie Menschen arbeiten, Freizeitaktivitäten erleben und sozial interagieren. Diese durch die Pandemie erzwungene Akklimatisierung, herkömmliche Aspekte des echten Lebens in der virtuellen Welt auszuführen, führte zu der unmittelbaren Notwendigkeit des Metaverse. Außerdem haben sich in den letzten dreißig Jahren Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) Technologien ständig weiterentwickelt. Die Verbesserung von Human-Computer Interfaces (HCIs) und Grafikprozessoren (GPUs) erlaubt es immer intuitiver mit virtuellen Welten zu interagieren und diese in Echtzeit mit überzeugender Auflösung stereoskopisch darzustellen. Zusammen mit der drastischen Beschleunigung von Netzwerkgeschwindigkeiten durch Kommunikationsstandards, wie 5G und zukünftig 6G, ist es möglich, sich sowohl visuell als auch spürbar, mithilfe von haptischen Ein- und Ausgabegeräten, in eine vernetzte virtuelle Umgebung hineinzusetzen. Auch die aktuelle und rapide Entwicklung anderer Technologien, wie Blockchain, Internet of Things (IoT), künstlicher Intelligenz (AI), Cloud- und Edge Computing bereinigt den Weg zur Realisierung des Metaverse-Konzepts. [Ba22b, S. 2, Ro22a, S. 21, Ya22, S. 122, Fa22, S. 100]

Aktuell gibt es noch kein vereinheitlichtes Verständnis über das Konzept oder die Definition des Begriffs „Metaverse“. Das gilt für das Feld der Medien ebenso wie für die Forschung [Ha22, S. 1, Fa22, S. 100, Wa22e, S. 1903, Le22, S. 648]. Experten haben unterschiedliche Ansichten darüber, was das Metaverse sein soll [He22, Go22]. Tech-Unternehmen, wie *Meta*, *Microsoft* und *Epic Games*, die am Aufbau des Metaverse teilhaben wollen, vertreten verschiedene Visionen über das Metaverse. Diese Visionen unterscheiden sich in den Anwendungsbereichen und

Technologieanforderungen, weshalb es Schwierigkeiten bei der Zusammenarbeit in der Forschung und der Implementation des Metaverse gibt [WYZ21, S. 987, Go22].

Man erhält eine andere Definition abhängig davon, wen und wann man fragt [GW22, S. 1, Su22, S. 1, Ro22a, S. 22]. Trotz des herausfordernden Unterfangens eine allgemeingültige Definition zu finden, sind Gian et al. der Auffassung, dass es unter mehreren Definitionen Überlappungen von Konzepten gibt. Es handelt sich um eine aus mehreren diskreten virtuellen Welten konstruierte digitale Umgebung, die als vollkommen immersiv, dreidimensional und als Reflexion des totalen geteilten Online-Raums beschrieben wird [GIM22, S. 163]. Cheong erklärt, dass man bei dem Aufbau des Metaverse in jedem Fall eine Vielzahl von unterstützenden Technologien benötigt. Darunter fallen die 5G-Technologie, virtuelle Realität, fortgeschrittene Grafik- und Datenprozessoren und sogar Hologramm-Technologien [Ch22a, S. 469]. Wang et al. identifizieren Videokonferenzen, Spiele, Emails, Live Streaming, Social Media, E-Commerce und VR als Hauptanwendungsbereiche des Metaverse [Wa22b]. Das Konzept des Metaverse befindet sich noch immer in der Entwicklungsphase und wird ständig durch jeden einzelnen Nutzer und dessen Teilnahme am Metaverse bereichert und verbessert [DWZ22]. Somit erfordert die Integration von reichhaltigen sozialen Aktivitäten und neuronalen Netzwerken eine neue Definition des Metaverse, welche im Gegensatz zu den vorherigen Visionen besser in die Gegenwart passt [PK22, S. 4209]. Da sich die Entwicklung des Metaverse immer noch am Anfang befindet, fehlt es noch an ausreichender akademischer Literatur, obwohl es das Potential hat, eine wesentliche Rolle im Leben der Menschen zu spielen [He22, Ch22a, S. 469]. Viele Artikel zum Thema Metaverse beschäftigen sich ausführlich mit möglichen Implementationen oder verschiedenen Problematiken des Metaverse, jedoch mangelt es an systematischen Literaturrecherchen mit der Zielsetzung, ein vereinheitlichtes Verständnis des Begriffs „Metaverse“ zu finden.

Da es keinen allgemeinen Konsens gibt und mehrere Definitionen und Konzepte existieren, die den Begriff des „Metaverse“ beschreiben, besteht nicht die Frage, ob es bereits ein vereinheitlichtes Verständnis gibt, sondern unter welchen verschiedenen grundlegenden Theorien des Begriffs „Metaverse“ sich Wissenschaftler im Bereich der Informatik einig sind und welche Diskrepanzen vorliegen. Die Beantwortung dieser Fragestellung ist die Aufgabe der vorliegenden

Arbeit und wird in folgender Art und Weise angegangen. In Kapitel 2 werden verwandte Arbeiten in Bezug auf den Forschungsgegenstand vorgestellt, um den aktuellen Forschungsstand dieser Problematik zu identifizieren. In Kapitel 3 wird tiefer auf die historische Entstehung und Entwicklung des Metaverse, anhand wichtiger Meilensteine eingegangen. Kapitel 4 grenzt das Metaverse-Konzept von verwandten Konzepten ab und erläutert die wichtigsten Technologien, die zur Realisierung des Metaverse notwendig sind. Das 5. Kapitel erläutert das Design und die Ausführung der systematischen Literaturrecherche und der anschließenden Inhaltsanalyse. Die gewonnenen Ergebnisse und deren Gegenüberstellung sind im 6. Kapitel notiert. Im letzten Kapitel werden die Ergebnisse und deren Limitationen kritisch diskutiert und offene Forschungsfragen und Handlungsvorschläge aufgedeckt.

2 Verwandte Arbeiten

Als junges Konzept, wurde die Definition des Metaverse und dessen Klassifikation in der akademischen Welt nur wenig erforscht. *Metaverse Roadmap* war eine der ersten Arbeiten, die einen akademischen Hintergrund des Metaverse lieferten und in welcher das Metaverse nach *AR*, *Life Logging*, *Mirror Worlds* und *Virtual Worlds* klassifiziert wurde [Sm07, Le11, S. 157]. In Ball's Monographie „*The Metaverse: And how it will Revolutionize Everything*“ [Ba22a] betont Ball die Schwierigkeit, eine spezifische Metaverse-Theorie zu widerlegen, da es bisher lediglich eine Theorie ist. Ball behauptet, es sei unvermeidlich, dass Unternehmen, die am Metaverse interessiert sind, abhängig von ihren eigenen Fähigkeiten, unterschiedliche Vorstellungen haben. Jedoch nimmt Ball an, dass eine allgemeingültige und brauchbare Definition des Metaverse existiert. Ball definiert es als *ein riesiges interoperables Netzwerk aus Echtzeit gerenderten 3D virtuellen Welten, welche von effektiv unbegrenzt vielen Nutzern synchron und persistent erlebt werden können. Es beinhaltet Datenkontinuität, wie Identität, Geschichte, Besitztümer, Objekte, Kommunikationen und Bezahlungen. Dabei erfährt jeder Nutzer ein individuelles Gefühl von Präsenz* [Ba22a]. Dionisio et al. identifizierten vier zentrale Metaverse-Komponenten: *Realismus*, *Allgegenwärtigkeit*, *Interoperabilität* und *Skalierbarkeit*. Dionisio et. al. untersuchte die Problematik der Umwandlung von einer Menge an unabhängigen virtuellen Welten in eine

einzige integrierte virtuelle Welt und argumentierten, dass für diese Verschmelzung derselbe Prozess der kollektiven Zusammenarbeit eingesetzt werden sollte, der für den Aufbau des *World Wide Webs* instrumentell war [DIG13]. Aufbauend auf dieser Idee behaupteten Havele et al. vom *Web3D Konsortium*, dass ein erfolgreiches Metaverse nicht aus einer Kollektion separater „*walled gardens*“ oder „*microverses*“ besteht, sondern eine Konstellation aus verbundenen multi-dimensionalen computer-generierten VR- oder AR-Welten sein wird. Dieses vereinte Metaverse muss offen und interoperabel sein, um sich nahtlos, ohne den 3D-Modus zu verlassen, von einem „*microverse*“ zum nächsten bewegen zu können. Für die Interoperabilität bietet sich *X3D*, der internationale *ISO-IEC*-Standard, an. Mit der Gründung des *Metaverse Standards Forum* von über 1200 teilnehmenden Unternehmen erhoffen sich Havele et al. ein *Web-enabled Metaverse*, basierend auf Web-Standards, durch Kooperation und Standardisierung [Ha22]. Narin betrieb eine Inhaltsanalyse von 40 Journal-Artikeln mit dem Keyword „*Metaverse*“ aus der *Web of Science* Datenbank, um einen Einblick des aktuellen Forschungsstandes des Metaverse zu erlangen. Narin klassifizierte die untersuchten Artikel nach deren Anwendungsbereiche und den Ähnlichkeiten anhand der Inhaltsanalyse in sieben Klassen: *Definition and Properties*, *Art on Metaverse*, *Game*, *Religion*, *Cultural Simulation*, *Retailing / Virtual Merchandising* und *Miscellaneous*. Es stellte sich heraus, dass sich die meisten Artikel mit Bildung im Metaverse beschäftigten, obwohl sie sich meist im Prototypenstadium befanden [Na21]. Wang et al. lieferten einen Einblick in das zeitgenössische Metaverse-Konzept, dessen Besonderheiten und Kernkomponenten (siehe Abbildung 1). *Network Infrastructure*, *Cyber-reality Interface*, *Data Management and Application*, *Authentication Mechanism* und *Content Generation* sind demnach die fünf Kernkomponenten des Metaverse. Zusätzlich schlugen Wang et al. eine Standardsystemarchitektur und ein Framework des Metaverse vor. Huang et al. beschäftigten sich mit dem Konzept des Metaverse und behaupteten, dass ein Metaverse-Produkt acht Schlüsselkomponenten besitzen müsse: *Identität*, *Freunde*, *Immersion*, *geringe Latenz*, *Diversifizierung* (diverse reichhaltige Inhalte), *Überall* (leichte Zugänglichkeit), *Wirtschaftssystem* und *Zivilisation* [HSZ22]. Das Unternehmen hinter der Sandbox-Spieleplattform *Roblox* war das Erste, das den Begriff „*Metaverse*“ in ihr Produkt übernommen hat und definierte das Metaverse

nach denselben acht Schlüsselkomponenten [Ya22, S. 122]. Lee et al. betrieben eine Literaturrecherche relevanter Journal-Artikel aus den Jahren 2012 bis 2021, die das Schlüsselwort „*Metaverse*“ im Titel, Abstract und dem Inhalt enthielten. Dabei wurden hauptsächlich die Literaturdatenbanken *ACM Library* und *IEEE Xplorer* verwendet. 2021 war es die erste Arbeit, die ein umfangreiches Framework (siehe Abbildung 2) des Metaverse, unter den Dimensionen der State-of-the-Art Technologien und des Metaverse-Ökosystems, entwickelte. Dabei wurden acht Technologien identifiziert. *XR, HCI, AI, Blockchain, Computer Vision, Edge- und Cloud Computing und zukünftige mobile Netzwerke*. Sechs Nutzer-zentrierte Faktoren des Metaverse-Ökosystems wurden entdeckt: *Avatar, Content Creation, virtuelle Ökonomie, soziale Akzeptanz, Sicherheit, Datenschutz, Vertrauen und Haftung* [Le21].

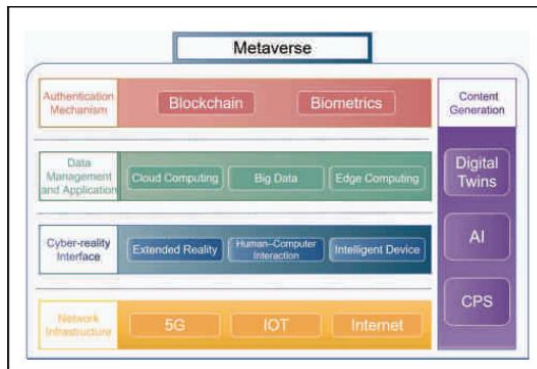


Abbildung 1: Die fünf Kernkomponenten des Metaverse.

Quelle: [WYZ21]

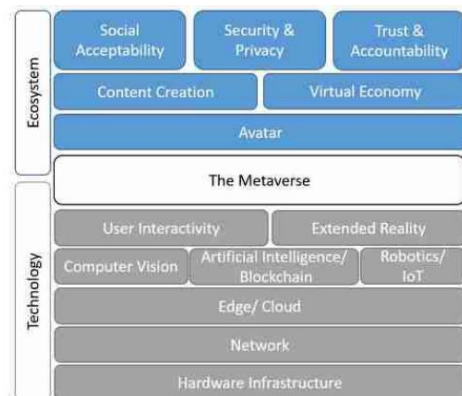


Abbildung 2: Metaverse Framework unter den zwei Schlüsselaspekten: Ökosystem und Technologien

Quelle: [Le21]

Park et al. betrieben eine umfangreiche systematische Literaturrecherche, um eine, für die Gegenwart angemessene, neue Definition des Metaverse zu entwickeln [PK22]. Aus 230 Artikeln (130 aus *Elsevier* und 130 aus *Google Scholar*) wurden 54 Artikel für die Studie ausgewählt, die explizit das Metaverse beschrieben. Für eine ausführliche Analyse teilten Park et al. die wichtigen Konzepte und Techniken zur Realisierung des Metaverse in die Komponenten *Hardware, Software und Inhalte* und die Herangehensweisen in *Nutzerinteraktion, Implementation und Anwendung* auf. Entlang dieser Komponenten wurde eine Taxonomie (siehe Abbildung 3) zur Klassifikation von Metaverse-Plattformen vorgeschlagen und an den Metaverse-Repräsentanten *Ready Player One, Roblox* und *Facebook Research* aus den Domänen *Film, Spiel und Forschung*, angewandt [PK22].

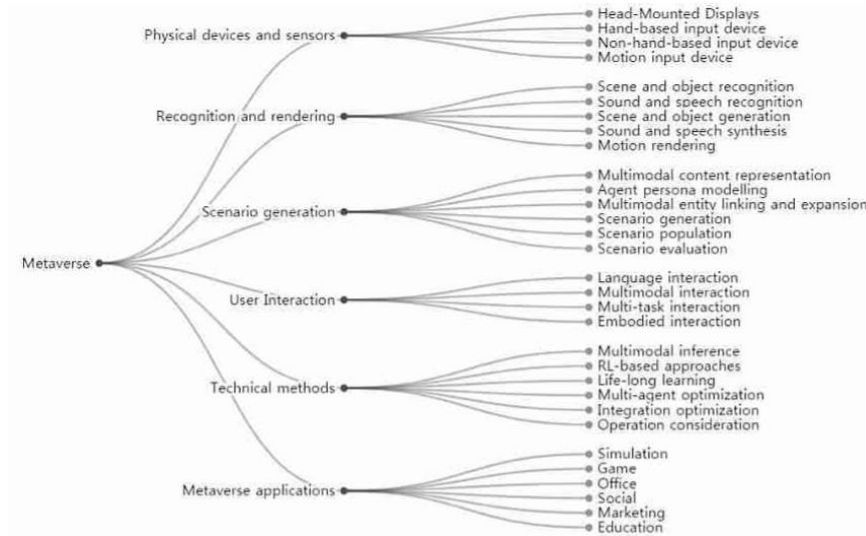


Abbildung 3: Metaverse Taxonomie.

Quelle: [PK22]

3 Historie und Entwicklung des Metaverse

Der Begriff des „Metaverse“ wurde durch Neal Stephenson in seinem Science-Fiction Roman *Snow Crash* 1992 geprägt. [St92] „Metaverse“ ist ein Kofferwort aus „meta“ (griechisches Präfix, dt: *zwischen, inmitten, nach*) und „*Universum*“ [Le21, My22, S. 486]. In Stephenson's Dystopie flüchten die Protagonisten aus der realen Welt in ein dreidimensionales computer-generiertes Universum namens Metaverse, das man mit einer Brille und einem Paar Kopfhörer betreten kann. Es spiegelt die echte Welt wider, aber muss sich nicht an dessen Regeln halten. Die Nutzer sehen sich gegenseitig in Form von konfigurierbaren Avataren. Der zentrale Knotenpunkt, der alle parallelen virtuellen Räume des Metaverse miteinander verbindet, ist das proprietäre Protokoll *The Street*, dass für die Nutzer wie eine ewig lange Straße mit vielen Querstraßen aussieht [My22]. Schon im Jahr 1985 wurde die virtuelle multi-player online Umgebung *The Habitat* von *Lucasfilm Games* entwickelt. *The Habitat* gilt als erster Versuch eine großräumige multi-player Umgebung, in der Nutzer in Echtzeit interagieren und viele Aktivitäten des echten Lebens ausführen konnten [MF08]. 2003 ging das Spiel *Second Life* von *Linden Lab* online. Es ist eine „realistische“ dreidimensionale virtuelle Umgebung, in der personalisierte Avatare und ein monetäres Tauschsystem existieren [Fa22, S. 101]. 2006 hat die *Roblox Corporation* die Spieleplattform *Roblox* veröffentlicht, die es Nutzern erlaubt, Inhalte und Spiele in virtuellen Welten zu generieren. 2009 wurde

von *Mojang Studios* das interaktive online Spiel *Minecraft* entwickelt [Ji22, S. 1]. Einen großen Einfluss auf die Popkultur hatte das Buch *Ready Player One* von Ernest Cline aus dem Jahr 2011. Es handelt von einer dystopischen Welt in der *The Oasis*, welche sehr ähnlich zu den Konzepten des heutigen Metaverse ist, eine Rolle spielt [He22, C111]. 2017 wurde *Fortnite* von *Epic Games* veröffentlicht. Es begann als Spiel und hat sich in eine virtuelle Welt, die Konzerte und andere Events bereitstellt, entwickelt.¹ Das Blockchain-basierte Play-to-Earn (P2E) Spiel *Axie Infinity* wurde 2018 entwickelt und half Menschen aus Entwicklungsländern, die während der COVID-19 Pandemie ihre Jobs verloren, durch gekonntes Spielen, ein Einkommen, anhand von Ethereum-basierter Kryptowährung, zu generieren [Bu22]. 2019 kündigte *Facebook* die Social VR-Welt *Facebook Horizon* an. *Decentraland*, wo Nutzer virtuelle Güter auf der Ethereum-Plattform besitzen können, tauchte 2020 auf und stellte ein bedeutendes Ereignis in der Entwicklung des Metaverse dar. 2021 hat sich *Facebook* offiziell in *Meta* umbenannt und wollte sich vollkommen auf den Aufbau des Metaverse konzentrieren [Ba22b, S. 2]. 2022 wurde das Metaverse in der *Consumer Electronics Show* als neuer einflussreicher Trend der Industrie bezeichnet und *Nvidia* veröffentlichte die Entwicklungsplattform *Omniverse*, die bei der Entwicklung und Verwaltung von virtuellen Welten helfen soll.^{2,3}

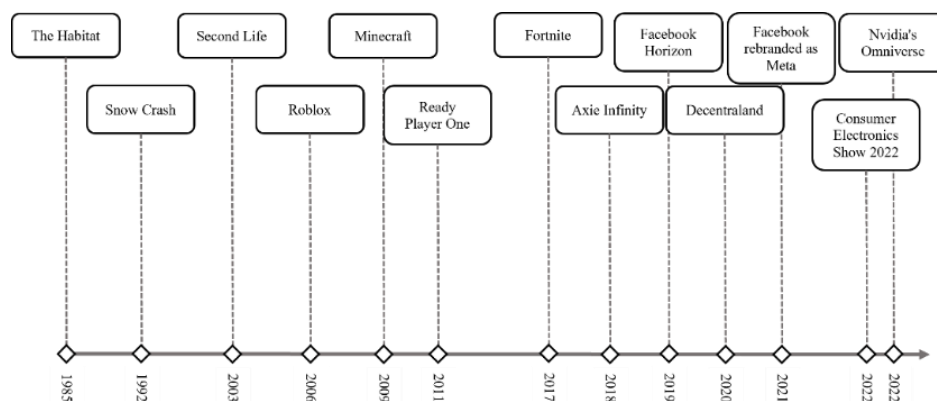


Abbildung 4: Wichtige historische Ereignisse in der Entwicklung des Metaverse bis 2022

Der Zeitstrahl zeigt chronologisch die wichtigen historischen Ereignisse in der Entwicklung des Metaverse von 1985 bis 2022.

¹ <https://medium.com/@ow/the-metaverse-is-already-here-its-called-fortnite-3a7d92e4acfd> (abgerufen am: 09.04.2023)

² <https://www.fiercееlectronics.com/embedded/ces-2022-nvidia-unleashes-omniverse-metaverse-design-push-gains-steam> (abgerufen am: 09.04.2023)

³ <https://www.euronews.com/next/2022/01/07/ces-2022-all-roads-lead-to-the-metaverse-as-companies-showcase-their-latest-av-and-vr-tech> (abgerufen am: 09.04.2023)

4 Theoretischer Hintergrund

In den folgenden Abschnitten werden das Konzept des Metaverse von verwandten Konzepten abgegrenzt und die wichtigsten ermöglichenden Technologien des Metaverse kurz beschrieben.

4.1 Abgrenzung und Begriffsdefinitionen

Das Konzept des Metaverse ist aktuell nicht eindeutig und wird unter einigen Autoren lediglich als virtuelle Welt, parallel zur realen Welt, verstanden [Zh22, S. 56, Na21]. Um Klarheit des Begriffs „Metaverse“ und dessen Bedeutung in Bezug auf die vorliegende Arbeit zu liefern, werden in diesem Abschnitt die verwandten Begriffe *Virtuelle Welt*, *Cyberspace*, *Mirror World*, *MMO*, *Cyber-physical System* und *Web 3.0*, die oft in Zusammenhang mit dem Metaverse gebracht werden, voneinander abgegrenzt [PK22, S. 4211].

Mystakidis beschreibt eine *virtuelle Welt* als eine nicht-immersive, persistente, computer-generierte vernetzte Umgebung, in der Nutzer sich treffen und kommunizieren können. *The Habitat* war die erste virtuelle Welt mit einer 2D-Nutzeroberfläche [My22, S. 490]. Populäre Social VR-Plattformen sind einer der Schlüsseltechnologien, um ein Metaverse möglich zu machen [Ch22b, S. 516]. Unter all den rudimentären Prototypen des Metaverse-Konzepts, die mittlerweile existieren, kommt Social VR der ursprünglichen Vision des Metaverse aus *Snow Crash* am nächsten [Ch22b, S. 504, St92]. *Cyberspace* ist ein Begriff, der im Science-Fiction für Faszination sorgte, aber unzureichend definiert wurde [Wa22e, S. 1901]. Er wurde 1984 von William Gibson geprägt und beschreibt eine konstruierte unendliche Welt im Informationsraum, durch die Menschen navigieren können [Ha93, S. 119]. In *Massively Multiplayer Online* (MMO) Spielen, interagieren Spieler miteinander in derselben Spielumgebung. Längst existieren soziale MMOs, wie *World of Warcraft*, die viele Ähnlichkeiten zum Metaverse aufweisen. Doch haben diese Spiele üblicherweise Regeln, Ziele und Einschränkungen, um einen spezifischen und spaßigen Gameplay zu gestalten. Dieser Gameplay ist keine Notwendigkeit des Metaverse. Statt dessen bietet es viele Aktivitäten, die nicht zwingend Spaß machen, wie *Remote Education*, *kollaborative Meetings* und *virtuelle Ausstellungen* [Ya22, S. 128]. Das Konzept der *Mirror World* stammt aus dem gleichnamigen Buch *Mirror Worlds* von David

Gelernter 1992. *Mirror Worlds*, wie zum Beispiel *Google Earth* und *Microsoft Virtual Earth* reflektieren die echte Welt realistisch und bilden diese in digitaler Form nach. Zusätzlich werden die enthaltenen Informationen in der virtuellen Welt erweitert [PK22, S. 4211]. Wang et al. sieht *Cyber-physical System* (CPS) als Synonym des digitalen Zwillings (eng. *Digital Twin*) an, wo auch versucht wird, ein virtuelles Abbild der physikalischen Welt zu generieren [Bo20]. Um ein CPS zu entwickeln, müssen alle multimodalen Daten, die die physikalische Welt beschreiben, beispielsweise mit Internet of Things (IoT)-Systemen, gesammelt werden. Darunter gehören Kamerabilder, Sprachaufnahmen und sonstige Sensordaten [GEH21]. Diese Menge an multimodalen Daten wird in der virtuellen Welt gespeichert, verarbeitet und analysiert, damit Prozesse simuliert und optimiert werden können, um informierte Entscheidungen über Aktionen in der echten Welt zu treffen. Die Arbeit im CPS kann, durch *Augmented-* und *Virtual Reality* (AR / VR)-Technologien, effizienter gestaltet werden, da diese wichtige Informationen aus dem CPS zurück in die echte Welt anzeigen lassen können [Wa22b]. Gemeinsam versprechen *Web 3.0* und Metaverse die nächste Evolution des Internets zu sein, wobei ein Paradigmenwechsel bezüglich der Mensch-Computer Interaktionen (HCI), Allgegenwärtigkeit und Dezentralisierung vonstattengehen wird [WR22, S. 111]. Die Web 3.0 Bewegung zielt darauf das zweidimensionale, statische, Konsument-orientierte Web 1.0 und das dynamische, Produzent- und Plattform-orientierte Web 2.0, das wir heute kennen, in ein dezentralisiertes Web-Ökosystem zu transformieren. Einige Web 3.0 Prototypen werden typischerweise in Form von dezentralisierten autonomen Organisationen (*DAOs*), *Blockchain-Technologien* und *Kryptowährungen* zum Austausch von digitalen Vermögenswerten oder Gegenständen implementiert. Es wird sich erhofft, Probleme, wie die Überzentralisierung von großen Tech-Unternehmen, Netzwerkangreifbarkeit und Fehlinformationen, die mit dem heutigen Web 2.0 in Verbindung geraten, zu vermindern. Zudem wirbt das Web 3.0 mit Sicherheit, Datenschutz, Skalierbarkeit und Kreativefreiheit. Zuletzt kann man in das Web 3.0 förmlich eintauchen, da es immersive Erlebnisse unterstützt [Ca22, S. 7]. Eine Einschätzung besagt, dass Web 3.0 ab dem Jahr 2027 von bis zu einer Milliarden Nutzer besucht werden wird [Ks22a, S. 4]. Beim Metaverse ist eine immersive *User Experience* eine der wichtigsten Ziele [Ch22b, S. 505].

4.2 Wichtige ermöglichende Technologien des Metaverse

In diesem Abschnitt werden wichtige ermöglichende Technologien des Metaverse kurz beschrieben.

4.2.1 Extended Reality

Erweiterte Realität (eng. *Extended Reality*) ist ein Kofferwort für *virtuelle Realität* (VR), *Augmented Reality* (AR) und *Mixed Reality* (MR). Es schließt das gesamte Spektrum des *Reality-Virtuality-Kontinuums* nach Milgram et al. ein [Mi95, GIM22, S. 163]. XR-Technologien beinhalten AR-Plattformen, wie *Smartphones*, *MR-Brillen*, wie zum Beispiel die *Microsoft HoloLens* und *VR-Headsets*, wie zum Beispiel die *Meta Quest 2*. Diese Technologien werden stetig populärer [WR22, S. 111]. VR ermöglicht es eine immersive und interaktive simulierte virtuelle Umgebung in der Ego-Perspektive zu erleben, um ein starkes Gefühl an Präsenz zu spüren [Ro22a, S. 22]. Augmented Reality (AR) ist eine Methode, die virtuelle Objekte auf die physikalische Welt, die aus der Ego-Perspektive betrachtet wird, überlagern kann. MR vermischt die Konzepte von AR und VR miteinander und erlaubt den Wechsel zwischen den beiden Realitäten innerhalb eines Geräts [PK22, S. 4213]. Nach der Entwicklung der ersten *VR-Headmounted Displays* (HMDs) für Verbraucher sind mittlerweile kabellose Stand-Alone VR Headsets mit integrierten Rechenfähigkeiten, so genannte All-in-One (AIO) Headsets, erhältlich [Fa22, S. 102, Ba22b, S. 5].

4.2.2 Blockchain, Non Fungible Tokens und Kryptowährungen

Blockchain ist ein dezentralisiertes Peer-to-Peer-Netzwerk, dass Datentransparenz, Integrität und Manipulationsschutz, durch einen *Distributed Ledger* (dt. verteiltes Hauptbuch), im Metaverse bietet. *Non Fungible Token* (NFT) kann die Einzigartigkeit eines digitalen Objekts, durch den verschlüsselten Speicher der gesamten Transaktionshistorie auf der Blockchain, garantieren. Jedes NFT hat einzigartigen Wert und kann zur Authentifizierung von Besitztümern im Metaverse verwendet werden [Ya22, S. 131]. *Kryptowährungen* basieren auf einem Proof-of-Work-Algorithmus und gewähren Macht und Wohlstand in Übereinstimmung der Kapitalanlage eines Teilnehmers. Im Metaverse dienen Kryptowährungen, wie *Ethereum* als wirtschaftliche Brücke zwischen der echten und der virtuellen Welt [PK22, S. 4210].

4.2.3 Internet of Things

Internet of Things (IoT) beschreibt die allgegenwärtige Vernetzung und Erweiterung mit Rechenfähigkeiten von alltäglichen Objekten und Sensoren, um eine intelligente Wahrnehmung, Identifizierung und Verwaltung zu realisieren. Dabei können die Geräte, ohne menschlichen Eingriff, Daten generieren, auszutauschen und konsumieren. Es ermöglicht die Erfassung jedes Objekts, das überwacht, verbunden oder mit dem in Echtzeit interagiert werden muss [GA22, S. 44, In15].

4.2.4 Künstliche Intelligenz

Das akademische Forschungsfeld der künstlichen Intelligenz (AI) beschäftigt sich mit dem Trainieren von Maschinen zur Lösung von Aufgaben, die typischerweise menschliche Intelligenz benötigen. Dies erlaubt intelligenten Agenten durch intelligente Aktionen mit ihrer Umgebung zu interagieren. Die Agenten wählen dabei die Aktionen, die mit der höchsten Wahrscheinlichkeit, ein Zielkriterium erfüllen. Die heutige Verfügbarkeit von riesigen Mengen an Daten und Hochleistungsrechnern, die riesige Datenmengen bearbeiten können, hat dazu geführt, dass *Deep Learning*, aufgrund der hohen Genauigkeit und Effizienz, das Feld der künstlichen Intelligenz dominiert [Wa22b].

4.2.5 Cloud Computing und Edge Computing

Cloud Computing ist ein Pay-per-Use-Modell, das einen einfachen und bedarfsgerechten Netzzugang zu einem gemeinsamen Pool konfigurierbarer Computerressourcen ermöglicht, die mit minimalem Verwaltungsaufwand oder minimaler Interaktion mit dem Dienstanbieter, schnell bereitgestellt und freigegeben werden können. *Edge Computing* verlagert die Rechenkapazitäten von *Cloud Computing* zum Rand des Netzwerks und erlaubt die Verlagerung der Last von mobilen Endgeräten mit begrenzter Rechenleistung auf Edge-Server [Ji22, S. 1]. Damit die stringenten Anforderungen einer hohen Bandbreite, geringen Latenz und hohen Reichweite für Netzübertragungen des Metaverse erfüllt werden können, werden Edge Computing zusammen mit mobilen Netzwerkstandards, wie 5G und 6G, als wichtige ermöglichende Technologien angesehen, um ein angenehmes Erlebnis für Nutzer im Metaverse garantieren zu können [Ch22d, S. 113, Ma22, S. 99027, Wa22b].

5 Methodik

In den folgenden Abschnitten wird das Design der systematischen Literaturrecherche (SLR) dieser Arbeit und die weitere Inhaltsanalyse der relevanten Literatur erläutert.

5.1 Design der systematischen Literaturrecherche

Zur Erlangung eines vereinheitlichten Verständnisses des Begriffs „Metaverse“, als auch eines umfassenden Eindrucks des aktuellen Forschungsstandes, bietet sich eine Literaturrecherche an [Ka15]. Insbesondere für die Beantwortung der Forschungsfrage dieser Arbeit eignet sich eine SLR, um einen möglichst weitreichenden Überblick der Thematik zu gewinnen [So22].

In diesem Abschnitt wird die Vorgehensweise der SLR nach der Anleitung von Heil [He20] vorgestellt. Diese wird in sieben aufeinander folgende Arbeitsschritte unterteilt. Die Kurzanleitung dieser Schritte ist im Anhang unter dem Kapitel 10.1.2 auf Abbildung 20 aufzufinden. Das Design der SLR dieser Arbeit hält sich rigoros an diese Anleitung. Das Ziel dieser eigenständigen wissenschaftlichen Methode ist es, sämtliche relevante Literatur und den aktuellen Forschungsstand zum Forschungsthema zu identifizieren. Dafür muss die Selektion der Datenbanken, die Definition der Ein- und Ausschlusskriterien und die Konzeption der Suchstrings, bestehend aus ausgewählten Suchbegriffen, stattfinden. All diese Aspekte müssen dabei ständig verfeinert und überprüft werden [He20].

5.2 Design der Inhaltsanalyse der selektierten Literatur

Nach der Selektion der relevanten Literatur wird deren Inhalt tiefer analysiert, um die verschiedenen Verständnisse des Begriffs „Metaverse“ identifizieren zu können. Hierfür muss die ausgewählte Literatur vollständig gelesen werden, damit alle enthaltenen Informationen, die zum Verständnis des Begriffs „Metaverse“ beitragen, berücksichtigt werden. Anhand dieser Informationen werden Definitionen formuliert. Die Definitionen sollen möglichst kurz und kompakt den Begriff „Metaverse“ definieren. Dabei müssen alle Begriffe enthalten sein, die durch den Autor als ausschlaggebende Komponenten beschrieben werden. Abweichende oder nicht zwingend notwendige Komponenten werden weggelassen. Falls Autoren spezielle Visionen oder Erweiterungen des Begriffs „Metaverse“ in der Literatur definieren, werden diese berücksichtigt und separat notiert, aber nicht

für die weitere Analyse zur Beantwortung der Forschungsfrage verwendet. Neben den Definitionen werden auch Anwendungsszenarien, potenzielle Implementierungen und andere Informationen zum Metaverse notiert. Damit der Vergleich und eine nähere statistische Analyse für die Menge an Literatur möglich sind, findet ein weiterer Abstraktionsschritt statt. Nur die Schlüsselwörter (engl. *Keywords*), die als notwendige Komponenten beschrieben werden, werden ausgewählt und extrahiert. Sonstige Füllwörter und nicht ausschlaggebende Begriffe werden weggelassen. Für jeden Artikel werden die extrahierten Keywords zusammen mit Informationen zur eindeutigen Identifikation der Literatur und andere Metadaten, die bei der Unterscheidung verschiedener Sichtweisen des Metaverse helfen sollen, im JSON-Format gespeichert. Die Datenstruktur des verwendeten JSON-Formats wird im Anhang unter dem Kapitel 10.4.1 in Tabelle 24 definiert. Tabelle 1 zeigt ein Beispiel einer Datei „xx_paper.json“ entsprechend des verwendeten JSON-Formats ohne Inhalt. Das „xx“-Präfix im Dateinamen ist ein Platzhalter für die 2-ziffrige 0-indizierte Nummerierung der Publikation. Nach der Sammlung aller Daten der gesamten Literatur und der Vervollständigung aller JSON-Dateien, können die Häufigkeitsverteilungen der Keywords, in Bezug auf die Metadaten, statistisch analysiert werden. So können Gemeinsamkeiten der Theorien des Metaverse, über häufig vorkommende Keywords, ermittelt werden. Zudem können Diskrepanzen zwischen verschiedenen Sichtweisen des Metaverse, unter Einbeziehung der Metadaten durch den Vergleich der Häufigkeitsverteilungen, aufgedeckt werden. Anhand dessen soll ein vereinheitlichtes Verständnis durch die Entwicklung einer vereinheitlichten Definition des Metaverse erlangt werden. Danach sollen potenzielle Metaverse-Implementierungen gegenübergestellt werden und anhand der erlangten Definition geprüft werden, um entscheiden zu können, ob sie der Definition und dem Namen „Metaverse“ gerecht werden.

```
xx_paper.json
{
  "title": "",
  "doi": "",
  "language": "",
  "countries": [],
  "database": "",
  "type": "",
  "meta": [],
  "variants": [],
  "keywords": []
}
```

Tabelle 1: Beispiel einer Datei entsprechend des verwendeten JSON-Formats ohne Inhalt

5.3 Durchführung der systematischen Literaturrecherche

In diesem Abschnitt wird die Durchführung der SLR in den sieben aufeinander folgenden Arbeitsschritten nach der Anleitung von Heil [He20] beschrieben. Die Durchführung der Schritte 1 bis 5 ist im Recherchefundament im Anhang unter dem Kapitel 10.1.3 dokumentiert. Die Schritte 6 und 7 beschäftigen sich mit der Durchführung und der lückenlosen Dokumentation der Recherche. Deren erzielte Suchergebnisse sind in der SLR-Dokumentation im Anhang unter dem Kapitel 10.1.4 aufzufinden.

5.3.1 Erster Entwurf des Recherchefundaments und die erste Suche

Ein Teil des ersten Schrittes wurde bereits in der Einleitung, durch die Formulierung der Fragestellung dieser Arbeit, umgesetzt. Des Weiteren wurde sich für das spezifische Rechercheprinzip entschieden. Es hat die Absicht, eine Teilmenge der relevanten Treffer schnell, unter Berücksichtigung der Bearbeitungszeit dieser Arbeit, zu beschaffen. Dafür wurden spezifische Schlagwörter, verbunden mit einer Auswahl der, für die Disziplin relevanten, Datenbanken, zur Einschränkung der Suche genutzt [He20, S. 6]. Das Rechercheziel war es, ein vereinheitlichtes Verständnis des Begriffs „Metaverse“, durch eine umfassende Suche von peer-reviewed, in Informatik-Journal veröffentlichten, Fachartikeln und Reviews des Jahres 2022 aus Fachdatenbanken, im Rahmen einer Bachelorarbeit zu erlangen. Dabei sollen die resultierenden Treffer der Suche gezielt und kritisch analysiert werden, um Gemeinsamkeiten und Diskrepanzen verschiedener Sichtweisen des Begriffs „Metaverse“ aufzudecken.

Im zweiten Schritt wurden die Ein- und Ausschlusskriterien, die über die Aufnahme oder den Verwurf von Artikeln entscheiden, definiert. Die meisten Einschlusskriterien konnten direkt aus dem Rechercheziel entnommen werden. Es wurden nur peer-reviewed Fachartikel und Reviews aus Fachzeitschriften des Bereichs Informatik / IT in englischer und deutscher Sprache aufgenommen, die zwischen dem 1. Januar 2022 und dem 31. Oktober 2022 veröffentlicht wurden. Diese Kriterien konnten sich nach der ersten Suche und dem weiteren Verlauf der SLR verändern und verfeinert werden.

Vor Beginn der Literatursuche mussten im dritten Schritt thematisch passende Literaturdatenbanken / Suchmaschinen festgelegt werden [He20]. Die Universitätsbibliothek der Universität Potsdam bietet über das Datenbank-

Infosystem⁴ (DBIS) den Service an, nach relevanten Fachdatenbanken zu suchen. Im Fachgebiet der Informatik wurden die folgenden sieben relevantesten Datenbanken separat aufgelistet: (1) *IEEE Computer Society Digital Library*, (2) *DBLP Computer Science Bibliography*, (3) *OLC Mathematik und Informatik - Online Contents*, (4) *Lecture Notes in Computer Science*, (5) *Springer eBooks: Technik und Informatik*, (6) *Synthesis Digital Library of Engineering and Computer Science*, (7) *zbMATH Open*. Dabei ist *Lecture Notes in Computer Science* ein Teil von *Springer Link* und *Synthesis* wurde von *Springer Nature* aufgenommen⁵. Außerdem werden, falls erforderlich, die weiteren Datenbanken / Suchmaschinen *Google Scholar*, *ACM OPEN*, *Web of Science Core Collection*, *JSTOR*, *De Gruyter Online / eBooks*, *Wiley Online Library* und *Hanser eLibrary* aus dem DBIS betrachtet.

„Passgenaue Suchbegriffe sind für eine SLR, die den aktuellen Forschungsstand spiegeln soll, unerlässlich.“ [He20] Ein Ausgangspunkt für die Identifikation von Suchbegriffen für die Suchmaschinen ist das Ableiten von Stichwörtern aus der Forschungsfrage entlang eines Schemas. Dafür existieren verschiedene fachspezifische Schemata. Für eine qualitative Studie eignet sich das sogenannte „PICO“-Schema (siehe Anhang: Tabelle 8), das die Forschungsfrage in die Schlüsselemente *Population*, *Phenomenon of Interest* und *Context* aufgeteilt [He20]. Daraus ließen sich die Stichworte in der Tabelle 8 ableiten. Die Population und der Kontext der Studie konnten als Suchbegriff ausgelassen werden, da diese Einschränkung durch die definierten Ein- und Ausschlusskriterien gegeben war. Es war die Aufgabe dieser Arbeit, ein vereinheitlichtes Verständnis, die Gemeinsamkeiten und Diskrepanzen der Metaverse-Theorien zu entwickeln und aufzudecken. Deshalb wurden diese Stichworte, bis auf „Theorien“, weggelassen. Um die Theorien des Metaverse finden zu können, wurde explizit nach der Definition oder dem Konzept des Metaverse gesucht. Der Großteil der wissenschaftlichen Publikationen über das Metaverse schien in Englisch verfasst zu sein (siehe Abbildung 5), weshalb Übersetzungen der Stichworte erforderlich waren. Es resultierten die Suchterme „Metaverse“, „Definition“ und „Concept“.

⁴ https://dbis.ur.de/dbliste.php?bib_id=ub_p&colors=7&ocolors=40&lett=f&gebiete=30 (abgerufen am 03.10.2022)

⁵ <https://group.springernature.com/de/group/media/press-releases/expands-its-ebook-portfolio-with-synthesis-digital-library/19928000> (abgerufen am 07.10.2022)

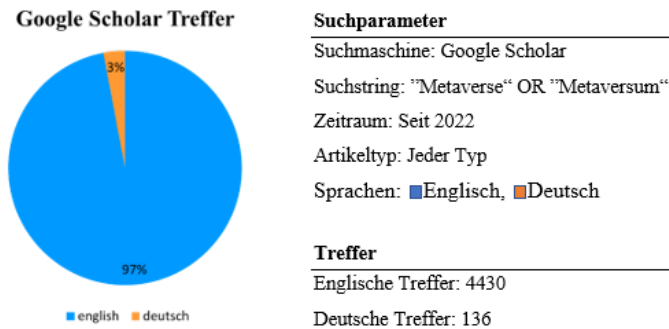


Abbildung 5: Metaverse-Artikel in deutscher und englischer Sprache im Vergleich

Das Kreisdiagramm zeigt das Verhältnis der Trefferanzahl zwischen englischen und deutschen Artikeln auf Google Scholar im Oktober 2022, die den Begriff „Metaverse“ oder die deutsche Übersetzung „Metaversum“ im Text enthalten.

Damit keine relevanten Publikationen, die das Forschungsthema mit anderen Begriffen behandeln, übersehen werden, werden ein Synonym-Thesaurus zur Findung von semantisch ähnlichen Begriffen, ein Datenbank-Thesaurus zur Identifikation bevorzugter Suchbegriffe und wichtige Keywords aus den ersten Treffern der Suche verwendet [He20]. Der Synonym-Thesaurus lieferte keine Synonyme des Begriffs „Metaverse“, aber viele Synonyme für die Begriffe „Definition“ und „Concept“, die im Recherchefundament dokumentiert sind. Nach einer ersten Suche des Begriffs „Metaverse“ in *Google Scholar* ließen sich die Metaverse-Schreibweisen „*Metauniverse*“ [HSZ22], „*Metaversum*“ [HS22] und „*Metaversi*“ [Zy22b] entdecken. Außerdem wurde der Begriff „*Cyber-Physical Social System*“ (CPSS) [YW22] synonym zu Metaverse erwähnt. Die Hierarchie der Keywords im Datenbank-Thesaurus von IEEE zeigte, dass „Metaverse“ die bevorzugte Schreibweise aller anderen Metaverse-Schreibweisen ist und dem Keyword „*Virtual Environments*“ untergeordnet ist.

Im fünften Schritt wurden die Suchstrings, die in die Suchmasken der Datenbanken eingegeben werden, entwickelt. „Die Suchstrings sind festgelegte Verknüpfungen der einzelnen Suchbegriffe, sowie ganzer Suchkomponenten mithilfe von booleschen Operatoren.“ [He20] Um einen schnellen Überblick der Treffer zu bekommen, wurde die erste Suche einfach gehalten und sich zunächst für eine konjunktive Normalform (KNF) der zwei Suchkomponenten „Metaverse“ und „Definition“, beziehungsweise „Concept“, entschieden. Mit der Aufnahme von Übersetzungen und Trunkierungen („*“) ergibt sich der folgende Suchstring.

(Metavers* OR Metauniverse*) AND (definition OR concept* OR Konzept*)

Quelltext 1: Erster Entwurf des Suchstrings zum Testen der Datenbanken

Neben der Eingabe des Suchstrings in die Suchmasken der Datenbanken werden die Ein- und Ausschlusskriterien im Suchfilter verwendet. Das Ziel der ersten Suche war es, durch die Änderung der Suchfelder, wie *Titel*, *Abstract*, *Anywhere*, der einzelnen Suchkomponenten die Suche in den verschiedenen Datenbanken, gemäß des im Recherchefundament beschriebenen Schemas, einzuschränken, um einen Überblick über die Menge an Treffern für die Datenbanken zu gewinnen.

Im sechsten Schritt fand die Durchführung der Recherche statt, wobei alle Suchergebnisse in der SLR-Dokumentation im Anhang unter dem Kapitel 10.1.4 dokumentiert wurden. Die Ergebnisse der ersten Suche auf Tabelle 14 haben gezeigt, dass die Artikel mit „Metaverse“ im Titel zu einer hohen Wahrscheinlichkeit relevant für die Recherche sind. Deshalb wurden die Ein- und Ausschlusskriterien erweitert, so dass nur Artikel mit „*Metavers**“ oder „*Metaunivers**“ im Titel betrachtet werden. Außerdem ist es hilfreich die Suche durch die Konjunktion der zweiten Suchkomponente auf die wichtigsten Artikel einzuschränken. *OLC*, *zbMATH Open*, *Springer Nature* und *Lecture Notes in Computer Science* erzeugten keine Treffer bei der uneingeschränktsten Suche von „*Metavers* OR Metaunivers**“ im Suchfeld „*Anything*“ und werden deshalb entfernt. Die Suche in Metadatenbanken, wie *Google Scholar* und *Web of Science* erzeugte eine sehr hohe Anzahl an Treffern. Da die Bearbeitung dieser Treffer den Rahmen einer Bachelorarbeit überschreiten würde, wurden die zwei Metadatenbanken aus der SLR entfernt. Des Weiteren wurden aufgrund der definierten Ein- und Ausschlusskriterien, alle anderen Metadatenbanken, die andere Datenbanken referenzieren und interdisziplinäre Datenbanken, die auch Publikationen außerhalb des Informatikbereichs archivieren, bis auf *Springer Link*, entfernt. *Springer Link* erwies sich als relevant und ist eine der Top-Informatik-Datenbanken im DBIS. Als Alternative zu *IEEE Computer Society Digital Library* wurde *IEEE Xplore* gewählt, da *IEEE Xplore* eine mächtigere Suche mit nahezu identischen Literaturkatalog bietet. Resultierend wurden in der SLR die drei Datenbanken *IEEE Xplore*, *ACM* und *Springer Link* festgelegt.

Der siebte und letzte Schritt bezog sich auf die bereits erwähnte lückenlose Dokumentation der SLR im Recherchefundament und der SLR-Dokumentation.

5.3.2 Veränderung und Verfeinerung des Recherchefundaments

In diesem Abschnitt werden alle Veränderungen und Verfeinerungen des Recherchefundaments durch die Wiederholung der Arbeitsschritte zur Entwicklung der finalen Suchbefehle und der erzielten Literaturselektion beschrieben. Heil [He20] empfahl, die Suchstrings mittels der PRESS-Checkliste [Mc16] zu überprüfen. Die PRESS-Checkliste und die Beantwortung der Fragen darin sind im Anhang auf Tabelle 15 notiert. Um relevante Treffer von irrelevanten besser differenzieren zu können, wurde der Inhalt näher begutachtet. Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden angepasst, so dass nur Artikel berücksichtigt wurden, die im Abstract das Metaverse als primäre Thematik ansprachen und im Inhalt die Rede von dem Konzept, beziehungsweise der Definition des Metaverse war. Das Fachgebiet „*Engineering*“ wurde aufgrund der Überschneidungen zur Informatik und der Relevanz der gefundenen Artikel auf *Springer Link* mit in die Ein- und Ausschlusskriterien aufgenommen. Danach wurden verschiedene Metaverse-Schreibweisen und Synonyme nach Mehrwert in der Suche geprüft. Aus Tabelle 10 ließ sich schließen, dass die Begriffe „*Cyber-physical social system*“ und *CPSS* mit Metaverse verwandt sind, aber selten zusammen in einem Artikel vorkommen. Da der Test zeigte, dass CPSS-Artikel von geringer Relevanz sind, wurde dieses Metaverse-Synonym entfernt. Außerdem wurden die Trunkierungen „*defin**“, „*concept**“ und „*konzept**“ in die zweite Suchkomponente eingeführt, damit mehrere relevante Wortendungen der Begriffe einbezogen werden konnten. Um die Synonyme der zweiten Suchkomponente nach Mehrwert zu prüfen, wurden Suchstrings, mit der ersten Suchkomponente im Titel und dem zu prüfenden Synonym im gesamten Text unter Ausschluss der Kernsuchterme der zweiten Komponente, eingegeben. So konnten die Treffer isoliert werden, die durch die Zugabe des zu prüfenden Synonyms im Suchstring hinzugekommen wären.

```
Title:      Metavers* OR Metauniverse*
Anywhere: {Synonym} NOT (defin* OR concept* OR konzept*)
```

*Quelltext 2: Aufbau der Suchstrings zur Überprüfung der Synonyme der Komponente 2.
„{Synonym}“ dient als Platzhalter für das zu prüfende Synonym.*

Die Ergebnisse dieses Tests wurden in Tabelle 11 dokumentiert und zeigten, dass keine der Synonyme von „Definition“ und „Concept“ sinnvoll waren und die Anzahl an relevanten Treffern erhöhten. Die Synonyme „*Approach*“, „*Thought*“, „*Image*“ und „*Solution*“ haben nur einen neuen Artikel von Wang [Wa22d]

hervorgebracht. Anhand dieser Erkenntnis wurde dieser Artikel direkt in die SLR aufgenommen, anstatt die Synonyme im Suchstring zu verwenden. In Tabelle 11 wurde gezeigt, dass in den drei verbliebenden Datenbanken keine Artikel mit den Metaverse-Schreibweisen „Metaversum“ oder „Metauniversum“, ohne den Begriff „Metaverse“ zu erwähnen, gab. Daher war „Metaverse“ der einzige verbliebene Begriff der Komponente 1. Ein weiteres Problem bei der Suche nach „defin“ war die potenzielle Findung von unerwünschten Wörtern, wie „definitely“ oder „definitive“. Alle unerwünschten Endungen von „defin“ wurden in Tabelle 9 mittels Trunkierungen unter Komponente 3 aufgelistet und sollten nicht „Anywhere“ vorkommen. Dessen Verwendung wurde auf Mehrwert geprüft. Die Ergebnisse der Probe wurden in Tabelle 12 dokumentiert und zeigten, dass alle Treffer, die, zusätzlich zum normalen Suchstring, ein unerwünschtes Wort enthielten trotzdem nur relevante Treffer erzeugten. Die Komponente 3 wurde nicht verwendet, da durch den Ausschluss bestimmter Worte relevante Treffer verloren gingen. Zuletzt wurde die Verwendung von Proximity-Operatoren anstatt von Konjunktionen auf Mehrwert in Tabelle 13 geprüft. Es zeigte sich, dass ein Proximity-Operator relevante Treffer herausfiltert. Dabei wäre eine maximale Distanz von 9 Wörtern mit „NEAR/9“ ein gutes Maß, um nicht zu viele Artikel auszuschließen. Jedoch ist der Proximity-Operator nicht auf allen Datenbanken möglich und wird deshalb nicht verwendet.

5.3.3 Finale Suchparameter und Literaturselektion

Nach den Veränderungen und Verfeinerungen des Recherchefundaments und der Suchstrings mittels der Überprüfung durch die PRESS-Checkliste, ergaben sich die drei Suchstrings, die an die Datenbanken angepasst worden sind.

Datenbank	Suchfilter	Suchfelder	Suchstring	Treffer
IEEE Xplore	2022, subscribed	In Title: In Anything:	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	18
ACM	01/01/2022-11/30/2022	Title: Anywhere:	metaverse defin* OR concept*	16
Springer Link	2022, Article	Title: Anywhere:	metaverse defin* OR concept* OR Konzept*	11

Tabelle 2: Finale Datenbanken, Suchfilter, Suchfelder, Suchstrings und Suchergebnisse vom 30.11.2022.

Die SLR erzeugte insgesamt 46 relevante Treffer. Zusammen mit der vorherigen Aufnahme des Artikels von Wang [Wa22d] kamen 18 Treffer aus *IEEE Xplore*, 16 aus *ACM* und 11 aus *Springer Link*.

5.4 Durchführung der Inhaltsanalyse der selektierten Literatur

Nachdem die 46 Artikel durch die SLR selektiert worden waren, wurden diese sorgfältig durchgelesen und nach der Erwähnung von ausschlaggebenden Keywords des Metaverse untersucht. Die formulierten Definitionen sind im Anhang auf Tabelle 16 aufgeführt. Wie im Design beschrieben, wurden auch die Beschreibungen von spezifischeren Metaverse-Visionen gefunden und separat notiert. Alle Artikel wurden gemäß der Zuordnungstabelle (siehe Anhang: Tabelle 5 und Tabelle 6) nummeriert. Im Verlauf der Inhaltsanalyse hat sich herausgestellt, dass 6 der 46 Artikel das Metaverse nicht oder nur teilweise definieren. Außerdem musste Artikel Nr. 12 entfernt werden, da er im Jahr 2021 veröffentlicht wurde. Alle anderen 39 relevanten Artikel mit vollständigen Definitionen des Metaverse haben eine Artikel ID erhalten (siehe Tabelle 5). Im nächsten Schritt wurden alle ausschlaggebenden Keywords, die von den Autoren als zwingende Bestandteile des Metaverse erwähnt worden sind, in den Metaverse-Definitionen mit Anführungszeichen markiert. Die markierten Keywords wurden zusammen mit den anderen Metadaten der Artikel im JSON-Format eingetragen. Die JSON-Daten, die den Schwerpunkt dieser Arbeit ausmachen, sind im Anhang auf Tabelle 17 zu finden. Für die Keywords wurden oft identische Begriffe mit leicht abgewandelter Schreibweise verwendet. Damit die Kapitalisierung und Pluralisierung der Keywords nicht zu verschiedenen Kategorien führten, wurden alle Keywords für die weitere Analyse normalisiert. Dafür wurden alle Keywords in Kleinschreibung und ohne Endung des Buchstabens „s“ in einem Python-Objekt (siehe Anhang: Quelltext 4) mit denselben Attributen des JSON-Formats abgespeichert. Trotz der Normalisierung ergaben sich 349 unterschiedliche Keywords. Abbildung 6 visualisiert die Keyword-Daten durch eine binäre 39 x 349 Feature-Matrix. Man erkennt, dass mit jedem Artikel einige neue Keywords hinzukamen. Das erschwerte den Vergleich der verschiedenen Metaverse-Definitionen. Um diese Problematik näher zu veranschaulichen, wurde in Abbildung 8 die induktive Keyword-Sammlung der Artikel mithilfe eines Graphs dargestellt. Da die Seitenanzahl der Artikel und teilweise die Anzahl der extrahierten Keywords mit der gewählten Nummerierung ansteigen, wurden die Artikel für diese Abbildung durchgemischt. Das verminderte das Risiko eines verfälschten Verhaltens des Graphens. Die Gesamtzahl der gesammelten Keywords schien nicht zu konvergieren. Um diese

Problematik beheben zu können, wurden semantisch ähnliche Begriffe in Oberkategorien eingegliedert und zusammengefasst (siehe Anhang: Tabelle 22). Durch die Zusammenfassung der Keywords, anhand der Reduktionstabelle, konnten die 349 einzigartigen Keywords in 63 Keywords zusammengefasst werden. Darunter existieren drei abgeleitete Kategorien, 11 ermöglichende Technologien und 49 direkt erwähnte Theorien. Die gefundenen ermöglichenden Technologien sind „xr“, „mr“, „ar and/or vr“, „blockchain“, „nft“, „network“, „5g/6g“, „web3.0“, „edge computing“, „cloud computing“ und „iot“. Unter „network“ fallen alle Erwähnungen von verschiedenen Netzwerktypen hinein. Die abgeleiteten Theorien, dessen Bedeutung und Ableitungskriterien, wurden in der Tabelle 3 notiert. In dem Datensatz befinden sich auch verwandte Begriffe, die unter- oder übergeordnet werden können. Zum Beispiel ist „xr“, also *Extended Reality* eine Überkategorie von „vr“ beziehungsweise Virtual Reality. Hier wurden diese Begriffe jedoch separat betrachtet. Die binäre 39 x 63 Feature-Matrix nach der Zusammenfassung wurde in Abbildung 7 dargestellt. Es handelte sich um eine Kompressionsrate von circa 5.5. Dabei wurde die Standardabweichung der Keyword-Anzahlen von 11.80 auf 7.60 verringert (siehe Tabelle 4). Abbildung 9 zeigt denselben Prozess, wie Abbildung 8 nach der Zusammenfassung. Nun fing die Gesamtzahl der gesammelten Keywords vor der Hälfte der Artikel an, gegen einen Grenzwert von maximal 63 Keywords zu konvergieren, wodurch die Vergleichbarkeit erleichtert wurde.

Abgeleitete Theorien	Bedeutung	Kriterium
Multiple worlds/environments	Ein Metaverse besteht aus mehreren getrennten Welten beziehungsweise virtuellen Umgebungen.	Es wird von einem Universum, einer kollektiven virtuellen Umgebung, mehreren Welten oder mehreren virtuellen Umgebungen gesprochen.
Multiple metaverses	Es können mehrere getrennte Metaversen gleichzeitig existieren.	Es wird von mehreren Universen, Metaverse-Plattformen, Mikroversen oder Metaversen gesprochen.
Physical-virtuality	Die Verschmelzung der realen und virtuellen Welt, so dass die beiden Realitäten aufeinander Einfluss nehmen können.	Es wird von der Verschmelzung / Synchronisation / nahtlosen Integration der realen und virtuellen Welt gesprochen.

Tabelle 3: Abgeleitete Theorien, deren Bedeutung und Ableitungskriterien

Anhand der Häufigkeitsverteilung der Keywords nach der Zusammenfassung konnten grundlegende Metaverse-Theorien und Gemeinsamkeiten zwischen den Artikeln identifiziert werden. Zur Identifikation von Diskrepanzen der Metaverse-Theorien zwischen den Artikeln wurden verschiedene Ausprägungen durch ihre Metadaten gekennzeichnet und deren relative Häufigkeitsverteilungen der Keywords gegenübergestellt.

Statistik	Vor der Zusammenfassung		Nach der Zusammenfassung	
mean	27.0		20.58	
median	25.0		19.0	
std	11.80		7.60	
min	10	Artikel ID = 3	9	Artikel ID = 3
max	60	Artikel ID = 25	40	Artikel ID = 25

Tabelle 4: Statistik der Keyword-Anzahlen der 39 relevanten Artikel

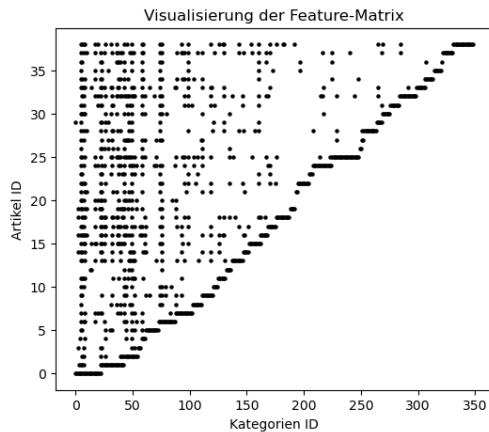


Abbildung 6: Visualisierung der 39×349 Feature-Matrix



Abbildung 7: Visualisierung der 39×63 Feature-Matrix nach der Zusammenfassung der Keywords

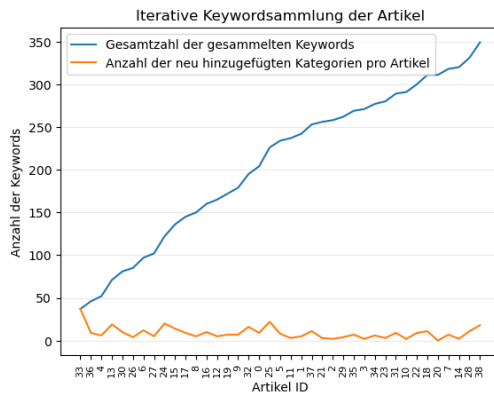


Abbildung 8: Induktive Kategoriensammlung der Artikel

Der blaue Graph zeigt den Anstieg der Gesamtzahl der einzigartigen Keywords, die mit jedem neuen Artikel gesammelt werden. Durchschnittlich kommen 9 neue Keywords pro Artikel hinzu. Der orangefarbene Graph ist die Ableitung des blauen Graphs und bezieht sich auf die Anzahl an neu hinzu gekommenen Keywords pro Artikel.

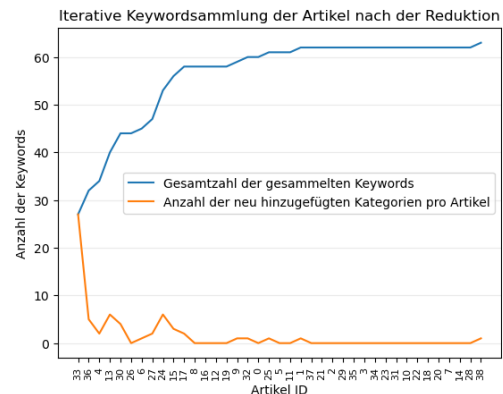


Abbildung 9: Induktive Kategoriensammlung der Artikel nach der Zusammenfassung

Der blaue Graph zeigt den Anstieg der Gesamtzahl der einzigartigen Keywords nach der Zusammenfassung der Keywords. Der orangefarbene Graph ist die Ableitung des blauen Graphs und bezieht sich auf die Anzahl an neu hinzu gekommenen Keywords pro Artikel. Der blaue Graph scheint zu konvergieren.

Bei der Auswahl der Metadaten für die Gegenüberstellung ist es wichtig, dass diese nicht zu selten oder einzigartig sind, wie Titel und DOI. Da nur zwei Artikel in Deutsch verfasst worden sind, wurden die Sprachen nicht gegenübergestellt. Auch die Datenbank und der Artikeltyp wurden nicht genutzt, da davon ausgegangen wurde, dass diese Metadaten bei der Gegenüberstellung keine Aussagekraft haben. Deshalb wurden nur die Herkunftsländer der Autoren, die Metadaten über die fokussierte Thematik oder das primäre Anwendungsgebiet und die Metaverse-Varianten betrachtet.

Es ließen sich 20 unterschiedliche Herkunftsländer der Autoren feststellen. Mit dem Herkunftsland ist nicht der Geburtsort, sondern der aktuelle Sitz, beziehungsweise der Ort der Institution, mit der ein Autor assoziiert wird, gemeint. Das Balkendiagramm in Abbildung 10 spiegelt die Häufigkeitsverteilung der Autorenherkunftsländer wider. Hierbei ist zu beachten, dass Artikel mit mehreren Autoren auch mehreren Herkunftsländern zugeordnet sein könnten. Das Diagramm zeigt, dass China mit 12 und die USA mit 13 Artikeln mit Abstand am häufigsten vorkamen. Darauf folgt Singapur mit sechs Artikeln. Südkorea und Deutschland waren jeweils mit drei Artikeln vertreten, wobei die restlichen Länder nur in einem bis zwei Artikeln vorkamen. Die Top-Länder *China*, *USA*, *Singapur*, *Südkorea* und *Deutschland* wurden für die Gegenüberstellung verwendet und sind oberhalb eines gesetzten Schwellenwert von 2 farblich abgegrenzt worden.

Abbildung 11 spiegelt die Häufigkeitsverteilung der Metadaten wider. Hier kann ein Artikel auch mehrere Metadaten enthalten. In diesem Fall sind die Kategorien jedoch teilweise synonym und über- oder untergeordnet, was die Auswertung erschwerte. Es war zum Beispiel die Rede von „academic“ und „academia“. Dabei wurde jedoch für jedes Vorkommen von „academia“ auch „academic“ abgeleitet. Dabei ist zu beachten, dass die zwei Metadaten „serious“ und „academic“ eigentlich eine Voraussetzung der Studie sind, weshalb diese am häufigsten in 28 bis 37 Artikeln vorkamen. Die Top-Metadaten *serious*, *academic*, *industry*, *entertainment*, *educational*, *social* und *academia* wurden für die Gegenüberstellung verwendet. Unter diesem Rest befanden sich unter anderen auch Abkürzungen, die im Abkürzungsverzeichnis hinterlegt worden sind.

Mehrere Metaverse-Varianten beziehungsweise Visionen wurden identifiziert. Abbildung 12 zeigt die Häufigkeitsverteilung der gefundenen Metaverse-

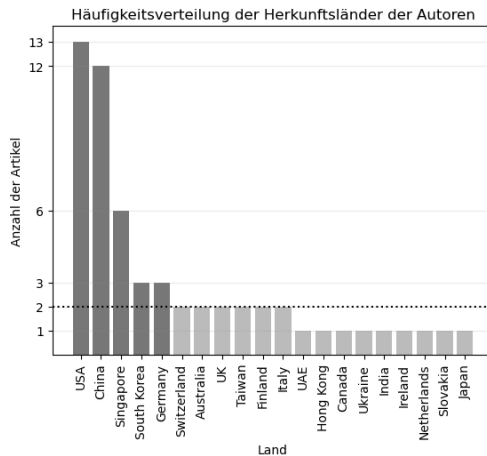


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Herkunftsländer der Autoren

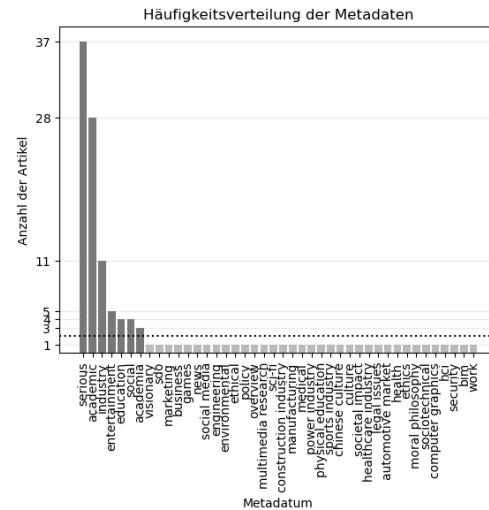


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung der Metadaten der Artikel

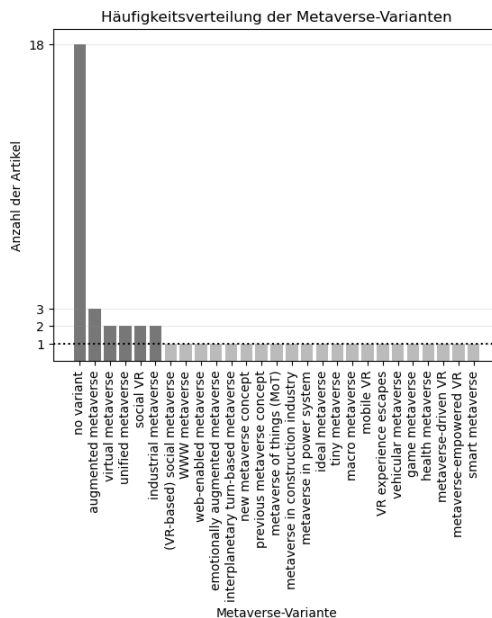


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der Metaverse-Varianten

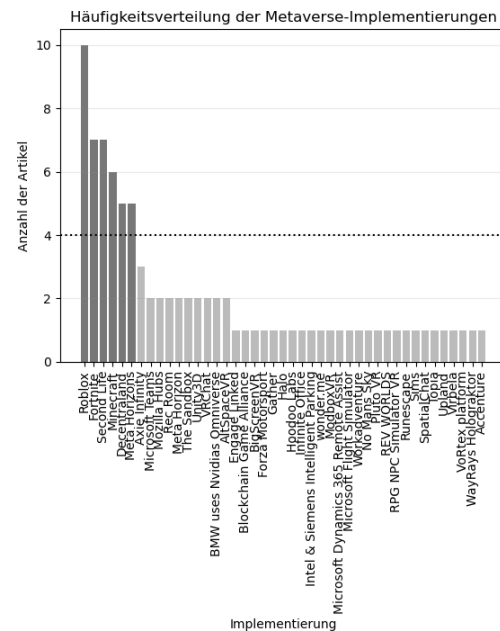


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der gefundenen (potenziellen) Metaverse-Implementierungen

Varianten. Hier gilt auch, dass mehrere Varianten pro Artikel vorkommen können. Alle Artikel, die nicht von einer besonderen Variante des Metaverse sprachen, haben keine Variante zugewiesen bekommen und wurden unter der Kategorie „no variant“ in dem Balkendiagramm gekennzeichnet. Da alle tatsächlichen Varianten, bis auf „augmented metaverse“, weniger als 3-mal vorkamen, wurden die Metaverse-Varianten nicht gegenübergestellt.

Bei der Gegenüberstellung der Metaverse-Keywords mit den Top-Metadaten aus den Kategorien *Herkunftsländer* und *Metadaten über die fokussierte Thematik und das primäre Anwendungsfeld* ergab sich, dass die Interpretation der Diskrepanzen aufgrund der Unübersichtlichkeit der 756 unterschiedlichen Häufigkeiten, die bei zwei Kategorien der Metadaten mit einmal fünf und einmal sieben Top-Metadaten für 63 Keywords aufkamen, sich als äußerst schwierig erwies. Für eine leichtere Interpretation der vorhandenen Diskrepanzen wurden alle Keywords und Metadaten mit insignifikanten Diskrepanzen aus den Ergebnissen entfernt. Dafür wurden folgende Kriterien festgelegt: Bei einem paarweisen Vergleich von zwei Teilmengen der Artikel, wobei eine Teilmenge ein Merkmal/Metadatum und die andere Teilmenge ein ungleiches Merkmal/Metadatum besaßen, wurden die Anteile des Vorkommens eines Keywords in den beiden Teilmengen verglichen. Ein Keyword wurde nur aufgenommen, wenn dessen kleinerer Anteil weniger als **25%** des größeren Anteils der anderen Teilmenge ausmachte. In anderen Worten musste mindestens ein **1:4-**Verhältnis zwischen den relativen Häufigkeiten der beiden Teilmengen auftreten. Der größere Anteil musste mindestens in **75%** der Artikel seiner Teilmenge vorkommen. Zusätzlich mussten mindestens **3** Artikel mit dem Merkmal/Metadatum des kleineren Anteils existieren. Auf diese Art und Weise wurden nur die Keywords und Metadaten gegenübergestellt, die bereits eine aussagekräftige Diskrepanz bewiesen haben. Außerdem wurden 42 potenzielle Metaverse-Implementierungen gefunden (siehe Anhang: Tabelle 21 und Abbildung 21). Für eine kompakte und aufschlussreiche Gegenüberstellung wurden unter den sechs meistgenannten Implementierungen *Roblox*, *Fortnite*, *Second Life*, *Minecraft*, *Decentraland* und *Meta Horizon Suite (Worlds, Workrooms und Home)*⁶, die drei Unterschiedlichsten gewählt: (1) *Roblox* mit Fokus auf Gameplay [Ks22b, S. 12], (2) *Decentraland* mit Fokus auf Wirtschaft und Eigentum [HSZ22, S. 1900], und (3) *Meta Horizon Suite* mit Fokus auf soziale Interaktionen und Arbeit/Office [CY22, S. 148, An22, S. 1]. Bei der Gegenüberstellung wurden die

⁶ <https://www.xrtoday.com/virtual-reality/what-is-meta-horizon-worlds/> (abgerufen am 06.04.2023)

Definitionen der von *Roblox*⁷, *Decentraland*⁸ und *Meta Horizon Suite*⁹ im Internet recherchiert und mit dem gleichen Verfahren, wie bei den anderen Artikeln, zuerst in kompakte Definitionen umformuliert (siehe Anhang: Tabelle 18). Daraus wurden wieder die Keywords extrahiert (siehe Anhang: Tabelle 19) und mittels der Tabelle 22 zusammengefasst. Zuletzt wurden alle gefundenen Anwendungsszenarien (siehe Anhang: Tabelle 20) in Oberkategorien, gemäß Tabelle 23 im Anhang kategorisiert, um durch die Identifikation der Anwendungsdomänen ein tieferes Verständnis des Metaverse zu erlangen. Auf Basis des erlangten Wissens über den Begriff „Metaverse“ sollte ein vereinheitlichtes Verständnis anhand einer Definition entwickelt werden.

6 Ergebnisse

In diesem Abschnitt wurden alle Ergebnisse graphisch dargestellt. Die gefundenen Metaverse-Theorien wurden betrachtet und deren Ausprägungen gegenübergestellt. Danach wurden die gefundenen Metaverse-Implementierungen gegenübergestellt und identifizierte Anwendungsdomänen betrachtet.

6.1 Gefundene Theorien

Im Folgenden wurden die induktiv gesammelten Metaverse-Theorien und deren Häufigkeiten abgebildet. Die relativen Häufigkeiten der Metaverse-Theorien aus Artikeln aus den Top-Herkunftsländern und den Top-Metadaten wurden separat voneinander betrachtet.

6.1.1 Gemeinsamkeiten der Metaverse-Theorien

Abbildung 14 bildet die Häufigkeitsverteilung der 63 gefundenen Metaverse-Keywords ab. Das Balkendiagramm ist nach Häufigkeit sortiert worden, so dass die Keywords, die in den meisten Artikeln vorkamen, links stehen.

Aus dem Diagramm ließ sich erkennen, dass die Häufigkeiten der sortierten Metaverse-Keywords größtenteils mit nur kleinen Sprüngen von 0 bis 2 Artikeln abnahmen. Es existierten nur zwei Sprünge von 3 Artikeln. Der eine Sprung lag

⁷ https://metaverseinsider.tech/2022/11/21/roblox-metaverse/#What_Is_Roblox_Metaverse (abgerufen am 06.04.2023)

⁸ <https://docs.decentraland.org/player/general/introduction/> (abgerufen am 06.04.2023)

⁹ <https://www.trustedreviews.com/explainer/what-is-meta-horizon-4275486> (abgerufen am 06.04.2023)

zwischen „*virtual world/environment*“ und „*interactive*“. Der andere Sprung lag zwischen „*fully immersive*“ und „*avatar*“. Der größte Sprung von 4 Artikeln trennte die 8 häufigsten Keywords „*virtual/digital*“, „*virtual world/environment*“, „*interactive*“, „*identity*“, „*high quality content/experiences*“, „*ar and/or vr*“, „*fully immersive*“ und „*avatar*“ von dem Rest. Es stellte sich heraus, dass „*virtual/digital*“ das meistgenannte Keyword im Kontext vom Metaverse war und in 100% der 39 Metaverse-Definitionen erwähnt wurde. Das Keyword „*virtual world/environment*“ kommt in 37 von 39 Definitionen vor. Ein weiteres häufig erwähntes Keyword des Metaverse mit 34 Erwähnungen ist „*interactive*“. Das Keyword „*identity*“ kommt 32-mal vor. Direkt danach folgte „*high quality content/experiences*“ mit 31 Erwähnungen. Mit 30 Erwähnungen kam die ersten ermöglichenden Technologien des Metaverse im Keyword „*ar and/or vr*“ vor. 29 Artikel definierten das Metaverse mit dem Keyword „*fully immersive*“. Das Keyword „*avatar*“ kam 26-mal vor. Unter den 55 restlichen Keywords kamen die beiden Keywords „*physical-virtuality*“ und „*3d*“ jeweils 22-mal vor. Physical-Virtuality ist eine abgeleitete Theorie und wurde in Tabelle 3 erklärt. Nach „*multimodal*“, „*virtual/digital objects/assets*“, „*virtual economic system*“, „*internet*“, und „*interoperable*“ nahmen die Häufigkeiten nur noch in Schritten von 0 bis 1 Artikel ab. Die Keywords „*multi-dimensional*“ und „*scenario generation/population/evaluation*“ kamen mit jeweils nur einer Erwähnung vor.

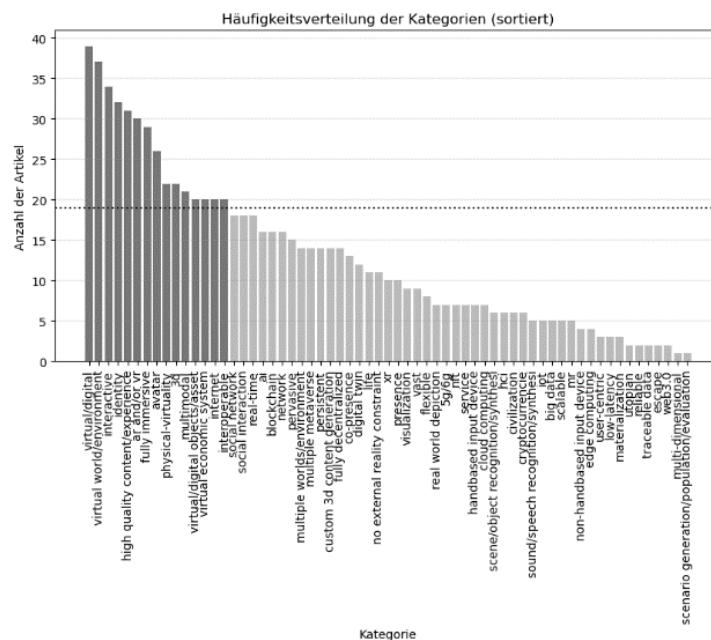


Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung der gefundenen Metaverse-Keywords

Die eingezeichnete horizontale Linie mit dem Schwellwert von 19 (50%) Artikeln trennt alle Keywords der Mehrheit von der Minderheit.

6.1.2 Diskrepanzen der Metaverse-Theorien

In Abbildung 15 sind die relativen Häufigkeiten der Keywords, die in den Artikeln mit Autoren aus den Top-Herkunftsländern *USA*, *China*, *Singapur*, *Südkorea* und *Deutschland* vorkamen dargestellt. Unter Beachtung der definierten Kriterien für signifikante Diskrepanzen kamen die fünf Keywords „*blockchain*“, „*avatar*“, „*life*“, „*3d*“ und „*real-time*“ zu Stande.

Die ermöglichende Technologie „*blockchain*“ wurde von Autoren aus China mit 75% Anteil am meisten genannt. Autoren aus Südkorea nannten „*blockchain*“ nie. USA und Deutschland machten einen Artikelanteil von 30.77% bis 33.33% aus und Singapur einen Artikelanteil von 50%. Das Keyword „*avatar*“ wurde bis auf Deutschland als Minimum in 58.33% der Artikel von Autoren aus China und als Maximum in 100% der Artikel von Autoren aus Südkorea genannt. Aus den 3 Artikeln mit Autoren aus Deutschland kam die Theorie „*avatar*“ nicht in den Definitionen vor. Von der Theorie „*life*“ war von Autoren aus Deutschland nie die Rede. USA und Singapur wiesen einen Artikelanteil von 15.38% und 16.67% auf. Alle Artikel mit Autoren aus Südkorea nannten diese Theorie. China lag dazwischen mit einem Artikelanteil von 41.67%. Das Keyword „*3d*“ wurde in allen Artikeln mit Autoren aus Südkorea erwähnt. Es gab keine Erwähnungen von Autoren aus Deutschland. USA, Singapur und China wiesen ähnlichen Prozentsatz mit 46.15% bis 58.33% Erwähnungen auf. Letztlich wurde die Theorie „*real-time*“ von allen Autoren aus Südkorea genannt und von keinen Autoren aus Deutschland erwähnt. Die restlichen Länder wiesen einen ähnlichen Prozentsatz mit 46.15% bis 50% Artikelanteil auf.

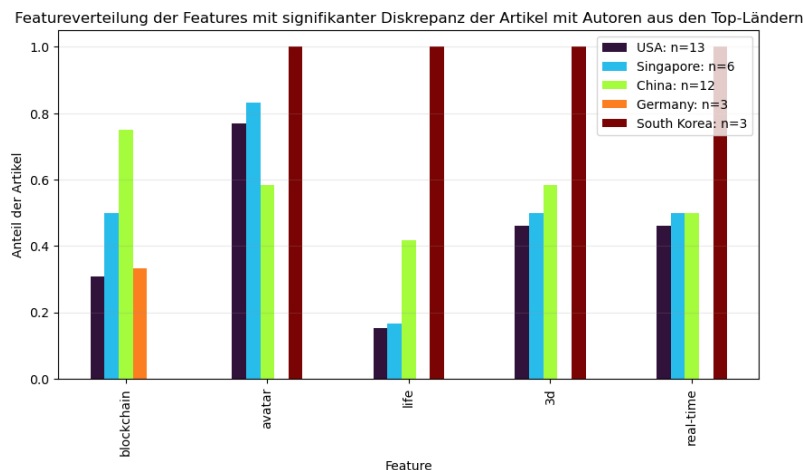


Abbildung 15: Relative Häufigkeiten der Keywords aus den Artikeln der Top-Herkunftsländer mit signifikanter Diskrepanz

Genau wie in Abbildung 15 sind in Abbildung 16 die relativen Häufigkeitsverteilungen der Keywords mit signifikanten Diskrepanzen unter den Top-Metadaten *serious*, *academic*, *industry*, *entertainment*, *education*, *social* und *academia* dargestellt. Es ergaben sich 11 Keywords mit signifikanten Diskrepanzen.

Alle der *academia*-Artikel erwähnten „*pervasive*“ als Metaverse-Theorie. Die 4 *social*-Artikel nannten diese Theorie nie. Artikel aus dem Bereich *entertainment* und *education* bildeten eine Etappe und lagen bei 20% und 25%. *Serious*, *academic*, und *industry* lagen zwischen 40.54% und 50% Artikelanteil. Die Metaverse-Theorie „*identity*“ wurde in 100% aller *academia*-Artikel erwähnt. Die *social*-Artikel machten mit 25% Artikelanteil das Minimum aus. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 75% und 90.91%. Die Theorie „*no external reality constraint*“ wurde unter den *social*-Artikeln nie erwähnt. Die *education*-Artikel nannten diese Theorie 75% der Fälle. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 20% und 36.36%. Die abgeleitete Theorie „*physical-virtuality*“ wurde in 100% der *education*-Artikel genannt. Mit 25% Anteil machten die *social*-Artikel das Minimum aus. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 56.76% und 66.67%. Das Keyword „*avatar*“ kam in 100% der *academia*-Artikel vor. Als Minimum wurde „*avatar*“ nur in 25% der *education*-Artikel genannt. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 50% und 80%. Die Theorie „*real-time*“ wurde von den *social*-Artikeln nie erwähnt. Die *entertainment*- und *education*-Artikel nannten diese Theorie mit 75% bis 80% am häufigsten. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 45.45% und 66.67%. Das Keyword „*fully decentralized*“ wurde in 100% der *academia*-Artikel und in keinem der *education*-Artikel genannt. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 25% und 54.55%. Alle *academia*-Artikel und keiner der *social*-Artikel erwähnten die ermöglichende Technologie „*network*“. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 43.24% und 72.73%. Die ermöglichende Technologie „*ai*“ wurde von allen *academia*-Artikeln erwähnt. Die *social*- und *entertainment*-Artikel nannten „*ai*“ zu 20% bis 25%. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 43.24% und 54.55%. Die Metaverse-Theorie „*multimodal*“ wurde von allen *academia*-Artikeln und von keinen *social*-Artikeln genannt. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen

zwischen 25% und 63.63%, worunter education das Minimum und industry das Maximum ausmachte. Das letzte Keyword „big data“ kam in allen academia-Artikeln und in keinem der social- und entertainment-Artikel vor. Die restlichen Artikel mit den Top-Metadaten lagen zwischen 13.51% und 25%.

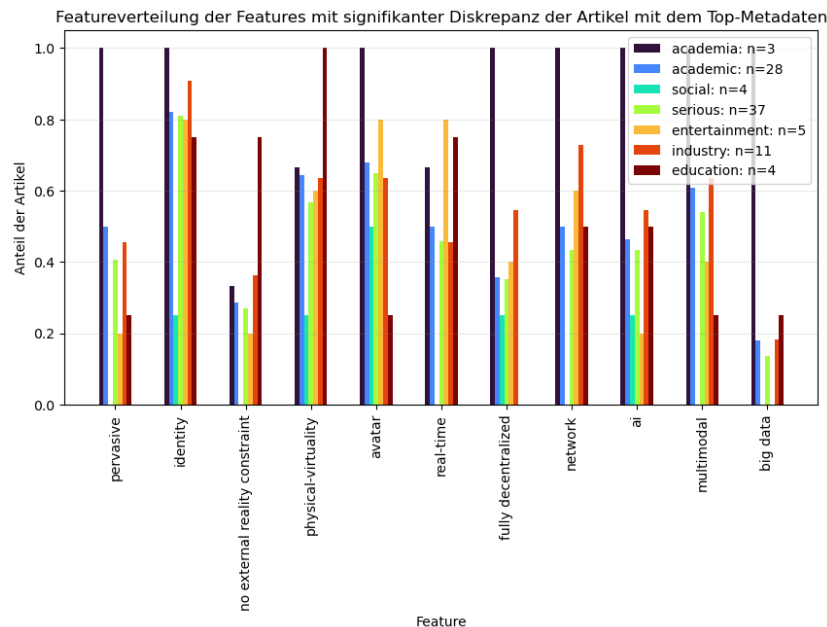


Abbildung 16: Relative Häufigkeiten der Keywords aus den Artikeln der Top-Herkunftsländer mit signifikanter Diskrepanz

6.2 Gefundene Implementierungen

Bei der Gegenüberstellung der Definitionen von *Roblox*, *Decentraland* und *Meta Horizon Suite* hat sich gezeigt, dass unter den 24 gefundenen Theorien die sechs Theorien „virtual world/ environment“, „identity“, „custom 3D content generation“, „3d“, „virtual/digital“ und „high quality content/experiences“ in allen Implementierungen enthalten waren. Decentraland enthielt alleinig die vier Theorien „virtual/digital objects/assets“, „fully decentralized“, „blockchain“ und „nft“. Meta Horizon Suite enthielt alleinig die sechs Theorien „social network“, „co-presence“, „multimodal“, „physical-virtuality“, „pervasive“ und „social interaction“. Die zwei Theorien „ar and/or vr“ und „flexible“ waren alleinig in Roblox nicht enthalten. Die drei Theorien „fully immersive“, „multiple worlds/environments“ und „avatars“ waren alleinig in Decentraland nicht enthalten. Zuletzt waren die drei Theorien „cryptocurrencies“, „virtual economic system“ und „interactive“ alleinig in Meta Horizon Suite nicht enthalten.

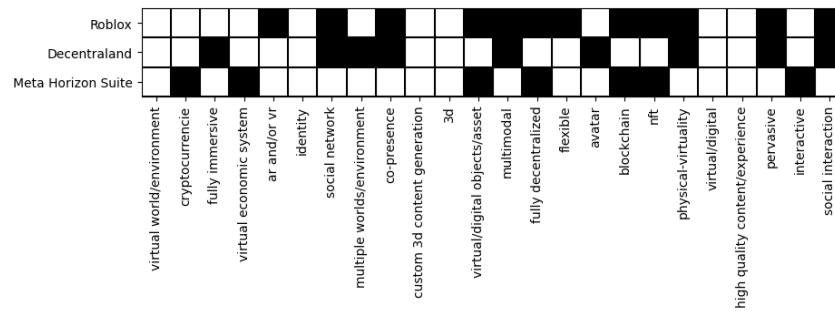


Abbildung 17: Gegenüberstellung der Top-Metaverse-Implementierungen Roblox, Decentraland und Meta Horizon Suite

Die weißen Zellen sind ein Indikator für die Existenz der jeweiligen Metaverse-Theorie. Die schwarzen Zellen sind ein Indikator für das Nichtvorhandensein einer Theorie. Es wurden nur die Theorien angezeigt, die mindestens in einer Implementierung existieren.

6.3 Gefundene Anwendungsdomänen

Darüber hinaus wurden die verschiedenen Anwendungsszenarien des Metaverse aus den Artikeln extrahiert und kategorisiert. Dabei ergaben sich die 5 Anwendungsdomänen: *Leisure/Entertainment*, *Education*, *Business/Industry*, *Networking* und *Health*. Die Domäne *Miscellaneous* beinhaltet andere Anwendungsszenarien, die in keine der Hauptdomänen eingegliedert werden konnten. Die identifizierten Anwendungsdomänen und Unterkategorien wurden in Abbildung 18 abgebildet. Dort ist die Domäne „Business/Industry“ in „Business“ und „Industry“ getrennt worden, jedoch mit ähnlicher Farbe dargestellt.

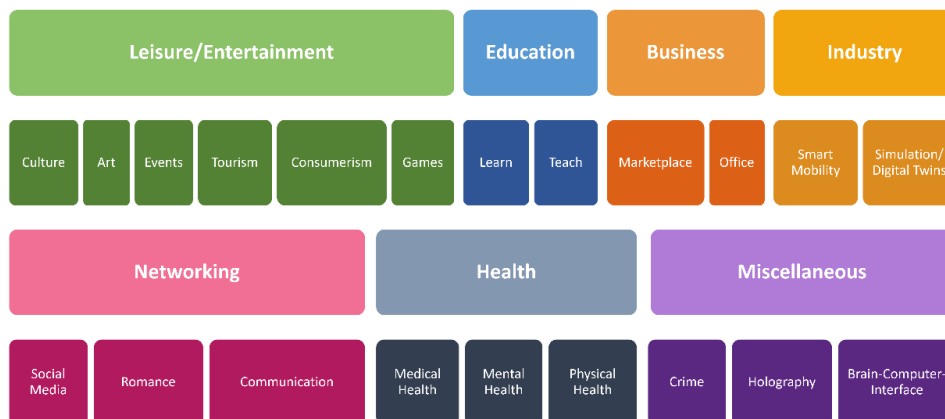


Abbildung 18: Die 5 identifizierten Anwendungsdomänen des Metaverse und andere Anwendungsszenarien

7 Diskussion

Durch die Datenanalyse ließen sich die folgenden acht häufigsten Keywords, die durch den Sprung von 4 Artikeln zwischen „avatar“ und „physical-virtuality“ in Abbildung 14 vom Rest getrennt wurden, identifizieren: Daraus ergaben sich die primären Komponenten: (1) *virtuell/digital*, (2) *virtuelle Welt/Umgebung*, (3)

Interaktivität, (4) *Identität*, (5) *qualitative Inhalte/Erlebnisse*, (6) *AR und/oder VR*, (7) *völlige Immersion* und (8) *Avatar*. Außerdem wurden die sieben weiteren Theorien (9) *physical-virtuality*, (10) *dreidimensional*, (11) *multimodal*, (12) *digitale Gegenstände*, (13) *virtuelles Wirtschaftssystem*, (14) *Internet* und (15) *Interoperabilität* in mehr als 50% der Artikel genannt und können als notwendige Komponenten des Metaverse betrachtet werden. Natürlich ist es möglich, dass andere Keywords, die selten genannt wurden, trotzdem notwendige Komponenten darstellen und lediglich zu speziell formuliert wurden.

Bei der Gegenüberstellung der Herkunftsländer der Autoren stellte sich heraus, dass die drei Artikel mit Autoren aus Deutschland in fast jedem der ausgewählten Keywords sehr geringe relative Häufigkeiten aufwiesen. Ein Grund für diesen Bias ist die geringe Keyword-Ausbeute aus nur drei Artikeln. Folglich wird ein geringes Vorkommen eines Keywords aus Artikeln mit Autoren aus Deutschland nicht als aussagekräftig gewertet. Vier von fünf der ausgewählten Keywords mit signifikanten Diskrepanzen wurden von Autoren aus Südkorea zu 100% genannt. Da es sich dabei auch nur um drei Artikel handelte, mussten diese Ergebnisse sehr kritisch bewertet werden. Es ließen sich zwei besonders ausschlagkräftige Diskrepanzen in den Metaverse-Theorien *Leben* und *Blockchain* feststellen. Autoren aus Südkorea sprachen in 100% der Fälle davon, dass Aspekte des alltäglichen Lebens der Menschen in die virtuelle Welt des Metaverse übertragen werden sollen. Bei allen anderen Ländern wurde dieses Konzept kaum bis gar nicht angesprochen. Trotz der geringen Artikelanzahl von 3 wirkte diese Diskrepanz signifikant. Allerdings behaupteten keine der Autoren aus Südkorea, dass eine Blockchain ein notwendiger Bestandteil des Metaverse sei. Die Autoren der restlichen Herkunftsländer schienen auch eine Tendenz zu dieser Sichtweise zu haben. Im Kontrast dazu meinten 75% der Autoren aus China, dass die Blockchain notwendig sei. Auch in den Metaverse-Theorien *Avatar*, *dreidimensional* und *Echtzeit* wurden interessante Unterschiede entdeckt. Artikel mit Autoren aus China, Singapur und den USA waren sich einig, dass Benutzer im Metaverse durch virtuelle konfigurierbare Avatare repräsentiert werden müssen. Obwohl Autoren aus Deutschland das Konzept eines Avatars nie als grundlegende Komponente beschrieben haben, kann dieses Erkenntnis, aufgrund des vorhin beschriebenen Bias, nicht als ausschlaggebend gewertet werden. Dasselbe gilt für die Theorien

dreidimensional und *Echtzeit*, die ebenfalls von keinem Autor aus Deutschland erwähnt worden sind. Jedoch wurden im Gegensatz dazu diese Theorien zu 100% von Autoren aus Südkorea genannt.

Die Theorien von mehreren Welten („*multiple worlds/environments*“) und mehreren Metaversen („*multiple metaverses*“) sind semantisch verschieden. Beide kamen jedoch in 35.90% der Artikel vor und zählten als Minderheitstheorie. Jedoch war von einem interoperablen Metaverse in 51.28% der Artikel die Rede. Das Konzept der Interoperabilität erlaubt es Nutzern, deren Eigentümer und virtuelle Güter von einer Welt in eine andere zu übertragen [Ya22, S. 124]. Das könnte implizieren, dass der für die Interoperabilität notwendige Zusammenschluss von mehreren getrennten Metaversen, durch Standardisierung und Kollaboration, zu einem einzigen vereinten Metaverse führt [Ha22, S. 3]. Dann würde die Mehrheit der Artikel die Vision eines vereinten Metaverse, ähnlich zu dem Internet, verfolgen. Jedoch ist diese Implikation nicht eindeutig zu treffen. Es scheint Unklarheit darüber zu geben, ob es mehrere oder nur ein Metaverse geben soll. Rosenberg behauptet zum Beispiel, dass es, in der Definition von Metaverse, Raum für mehrere selbstständige Plattformen geben soll [Ro22a, S. 22].

Einige Theorien, die unterdurchschnittlich oft erwähnt worden sind, können trotzdem notwendig sein, wenn sie durch eine Mehrheitstheorie impliziert werden. Zum Beispiel impliziert VR eine immersive („*fully immersive*“) und interaktive („*interactive*“) simulierte Umgebung („*virtual world/environment*“), die in erster Person („*user-centric*“) erlebt werden kann, wobei ein starkes Gefühl von Präsenz („*presence*“) in Echtzeit („*real-time*“) verspürt wird [Ro22a, S. 22, Ch22b, S. 505]. Die Theorie der *Persistenz*, dass das Metaverse anhaltend ist und auch ohne die aktive Teilnahme der Nutzer fortläuft, wird allerdings nicht von einer der Mehrheitstheorien impliziert [Su22, S. 1]. Obwohl man anhand des Internetaspekts des Metaverse („*internet*“) und dessen Persistenz, diese Implikation treffen könnte.

Die restlichen Minderheitstheorien sind entweder zu grob oder zu speziell formuliert, umstritten oder beziehen sich auf optionale nicht-funktionale Anforderungen des Metaverse, wie „*vast*“, „*flexible*“, „*low-latency*“ und anderen.

Bei der Gegenüberstellung der Top-Metadaten, die sich hauptsächlich auf das primäre Anwendungsfeld der Artikel bezogen, wurden auch Biases in den Feldern *Social* und *Academia* festgestellt. Die Keywords mit den signifikanten

Diskrepanzen kamen aus den Social-Artikeln generell sehr selten und in den Academia-Artikeln sehr häufig vor. Auch diese Biases wurden bei der Wertung der Ergebnisse berücksichtigt. Es ließen sich interessante Diskrepanzen in den Metaverse-Theorien *keine externe Realitätseinschränkung*, *Avatar* und *völlige Immersion* entdecken. Zum Beispiel ist in 100% der vier Education-Artikeln die Theorie genannt worden, dass es im Metaverse keine physikalischen Einschränkungen, die in der echten Welt existieren, gibt. Unter anderem werden die geographischen Limitationen beseitigt, so dass der tatsächliche Ort eines Nutzers im Metaverse irrelevant wird [Ba22b, S. 8]. Diese Theorie kam in keinem der Social-Artikel vor. Das entsprach jedoch dem vorhin erwähnten Bias und konnte nicht als ausschlaggebendes Ergebnis gewertet werden. Die restlichen Artikelklassen tendierten jedoch dazu, diese Theorie nicht als notwendig anzusehen. Aus demselben Grund wurde der Fakt, dass 100% der Academia-Artikel von Avataren als Hauptbestandteil des Metaverse sprachen, nicht als ausschlaggebend bewertet. Insbesondere die Artikel im Bereich *Entertainment*, aber auch in den Bereichen *Serious*, *Academic* und *Industry* schienen Avatare als notwendig anzusehen. Interessanterweise behaupten dies nur 25% der vier Education-Artikel. Es schien im Bereich von *Education* ein schwächerer Fokus auf die Nutzung von Avataren im Metaverse gesetzt zu werden. Außerdem wurde in keinem der vier Education-Artikel behauptet, dass ein Metaverse vollkommen dezentralisiert aufgebaut sein muss. Die restlichen Artikelklassen, bis auf den erwarteten Bias von Academia, tendierten dazu, diese Theorie selten zu erwähnen. Es ist möglich die Aussage zu treffen, dass Artikel, die das Metaverse aus der Perspektive der Industrie betrachteten, eine höhere Wichtigkeit an der Dezentralisierung des Metaverse sehen, als Artikel aus den Bereichen *Education* und teilweise *Social*.

7.1 Herleitung eines vereinheitlichten Verständnisses

Anhand des erlangten Wissens über die Gemeinsamkeiten und Diskrepanzen der Metaverse-Theorien wurde in diesem Abschnitt eine vereinheitlichte Definition entwickelt. Für die Entwicklung der Definition, um das vereinheitlichte Verständnis einzufangen, eignete sich eine Liste von Metaverse-Komponenten nicht. Jahrzehnte der Forschung in der Kognitionswissenschaft zeigten, dass die meisten Kategorien *radial* mit einem zentralen Prototyp aufgebaut sind. Genauso kann das Metaverse

durch seine Kernkomponenten und seinen peripheren Komponenten beschrieben werden. Außerdem hängt die Definition vom Kontext ab und kann zum Beispiel von einem geografischen Ort zum nächsten abweichen¹⁰. Aus diesem Grund wurden die oben beschriebenen acht häufigsten Keywords als primäre Kernkomponenten der Definition gewählt (siehe Abbildung 19), wobei anstatt von *AR und/oder VR* der Überbegriff *Extended Reality* verwendet wurde. Die restlichen Mehrheitstheorien wurden als sekundäre Komponenten in die Definition aufgenommen. Die tertiären Komponenten sind Minderheitstheorien, die ausprägungsabhängig aufgenommen worden sind. Die Theorien, die in weniger als 50% der Artikel erwähnt worden sind, wurden vorerst ausgeschlossen. Falls diese Keywords jedoch in einer bestimmten Ausprägung mehrheitlich erwähnt worden sind, eine ausschlaggebende Diskrepanz zu den anderen Ausprägungen aufgewiesen haben und nicht durch primäre oder sekundäre Komponenten impliziert worden sind, wurden diese als tertiäre notwendige ausprägungsabhängige Metaverse-Komponenten aufgenommen. Analog dazu konnten auch primäre oder sekundäre Komponenten ausprägungsabhängig, durch eine ausschlaggebende Diskrepanz, ausgeschlossen werden. Es wurden die drei tertiären ausprägungsabhängigen Komponenten *Blockchain*, *Life* und *Real-Time* aufgenommen. Die primäre Komponente *Avatars* wurde ausprägungsabhängig für die Education-Ausprägung ausgeschlossen. Abbildung 19 zeigt die notwendigen Komponenten der erworbenen radialen ausprägungsabhängigen vereinheitlichten Definition des Begriffs „Metaverse“.

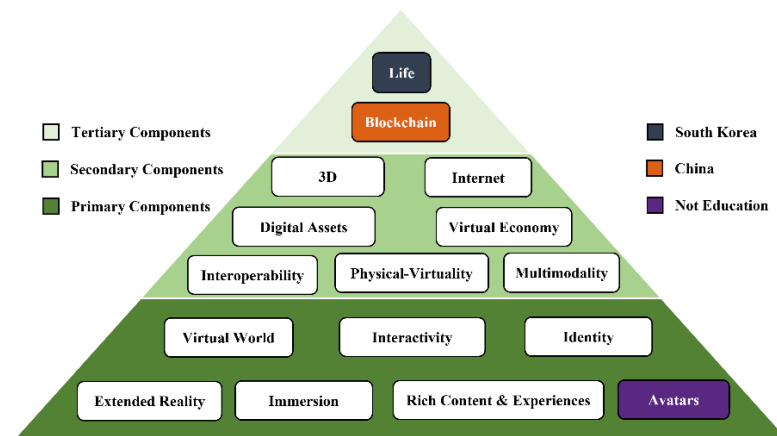


Abbildung 19: Erworbene radiale ausprägungsabhängige Metaverse-Komponenten

¹⁰ <https://theconversation.com/how-we-describe-the-metaverse-makes-a-difference-todays-words-could-shape-tomorrows-reality-and-who-benefits-from-it-182819> (abgerufen am 18.08.2022)

Die radiale Definition wurde pyramidenförmig in drei Schichten dargestellt. Die Begriffe mit weißem Hintergrund zählen als notwendige und konstante Komponenten des Metaverse und die farblich hinterlegten Begriffe existieren, nur falls die entsprechende Ausprägung betrachtet wird.

In Textform, ohne die Verwendung von ausprägungsabhängigen Komponenten, lautet die erworbene vereinheitlichte Definition des Begriffs „Metaverse“ wie folgt:

Metaverse, die nächste Generation des Internets, ist eine völlig immersive dreidimensionale virtuelle/digitale Welt/Umgebung, in der identifizierbare Menschen als dreidimensionale virtuelle Avatare existieren, die miteinander und mit der Umgebung interagieren können. Es integriert die physikalische und die virtuelle Welt nahtlos und ist ein System aus mehreren interoperablen Metaverse-Plattformen, zwischen denen, durch gemeinsame Standards, digitale Besitztümer und Objekte übertragen werden können. Es stellt ein funktionierendes virtuelles Wirtschaftssystem dar. Extended Reality Technologien, wie AR, VR und MR dienen als Portal in das Metaverse, um die Vielzahl von multimodalen Medien zusammen mit qualitativen Inhalten des Metaverse erleben zu können.

Quelltext 3: Erworbene vereinheitlichte Definition des Begriffs „Metaverse“

7.2 Vergleich von Theorie und Umsetzung

In den folgenden Abschnitten wurden zuerst die drei Implementierungen *Roblox*, *Decentraland* und *Meta Horizon Suite* miteinander verglichen. Danach wurden die Implementierungen mit dem erworbenen vereinheitlichten Verständnis des Metaverse verglichen, um die erworbene Definition evaluieren zu können.

7.2.1 Vergleich zwischen den drei Implementierungen

Es hat sich gezeigt, dass, anhand der verwendeten Definitionen, die drei potenziellen Metaverse-Implementierungen *Roblox*, *Decentraland* und *Meta Horizon Suite* jeweils eine dreidimensionale virtuelle Welt/Umgebung darstellen, in der Nutzer qualitative Inhalte und Erlebnisse, sowohl kreieren als auch erleben können. Die Implementierungen haben jedoch auch einzigartige Theorien untereinander. Die Besonderheit an *Decentraland* gegenüber den anderen zwei Implementierungen ist die Dezentralisierung der Plattform und deren Verwendung von NFTs, die zur eindeutigen Bestimmung des Eigentums von digitalen Objekten dient und auf der Blockchain gespeichert werden [Wa22c, S. 662]. Bei *Meta*

Horizon Suite, beziehungsweise *Meta Horizon Worlds*, *Meta Horizon Workrooms* und *Meta Horizon Home*, handelt es sich um ein soziales Netzwerk, in dem die Nutzer bei sozialen Interaktionen, über multimodale Medien, mit anderen Nutzern ein Gefühl von Kopräsenz spüren können. Es ist allgegenwärtig und bietet Erfahrungen aus der virtuellen und der physikalischen Welt. Bei *Roblox* handelt es sich eher um eine eingeschränktere Definition, in der im Vergleich zu den anderen zwei Umsetzungen, keine AR- und/oder VR-Technologien zum Einsatz kommen müssen¹¹. Außerdem wurde der Aspekt der Flexibilität, Personalisierung oder Selbstbestimmung nicht erwähnt und steht potenziell nicht im Fokus von *Roblox*, wobei dieser sehr vage formuliert ist, aber wohlmöglich trotzdem Teil von *Roblox* sein könnte. *Decentraland* schien keinen Fokus auf die völlige Immersion, die Existenz von mehreren Welten innerhalb der Plattform und die Verwendung von Avataren zu setzen, obwohl Avatare mittlerweile auch Teil von *Decentraland* sind¹². *Meta Horizon Suite* schien dagegen keinen Fokus auf Kryptowährungen, ein virtuelles Wirtschaftssystem und die Interaktivität zu setzen, wie es bei den anderen zwei Umsetzungen der Fall war. Jedoch hat darin eine virtuelle Wirtschaft bereits, durch den Verkauf von virtuellen Gütern, begonnen [GW22, S. 1]. Da *Meta Horizon* als *Social VR* gilt und die Interaktivität ein Aspekt darin ist, hat das nicht Vorhandensein der Interaktivität in der Definition von *Meta Horizon Suite* wenig Aussagekraft [Ch22b, S. 504, HSZ22].

7.2.2 Vergleich der Umsetzungen mit dem vereinheitlichten Verständnis

Eine der Theorien, in denen sich alle drei Umsetzungen einig waren, war die Möglichkeit, benutzerdefinierte 3D-Objekte und Welten im Metaverse zu entwickeln. Diese Theorie ist kein Teil der vereinheitlichten Definition und kann als besondere Erweiterung der Umsetzungen angesehen werden. Die restlichen Theorien, in denen Einigkeit zwischen den Umsetzungen bestand, sind konform zur vereinheitlichten Definition. Der fehlende Fokus von *Roblox* auf AR und VR könnte die dadurch mögliche Immersion und die Qualifikation als Metaverse beeinträchtigen. Darüber hinaus war bei *Roblox* und *Decentraland* weder die Rede von der Verschmelzung der virtuellen mit der physikalischen Welt, noch von der Verwendung von multimodalen Medien, welche als notwendige Kriterien des

¹¹ <https://101blockchains.com/roblox-metaverse/> (abgerufen am: 06.04.2023)

¹² <https://decentraland.org/blog/announcements/avatars/> (abgerufen am: 06.04.2023)

Metaverse identifiziert wurden. *Decentraland* dagegen setzt einen starken Fokus auf die Dezentralisierung und die Verwendung von Blockchain, NFTs und digitalen Gütern für ein virtuelles Wirtschaftssystem. Im Kern werden dabei die notwendigen Kriterien eines virtuellen Wirtschaftssystems, durch den Handel von digitalen Gütern und dessen Interoperabilität zwischen verschiedenen Welten und Plattformen verfolgt. Jedoch stehen die Immersion, multimodale Medien, Avatare und die Verschmelzung der virtuellen mit der echten Welt nicht im Fokus, welche als notwendige Kriterien des Metaverse identifiziert wurden. Zuletzt kann man sagen, dass *Meta Horizon Suite* der vereinheitlichten Definition und auch der ursprünglichen Vorstellung von Neil Stephenson's Metaverse in *Snow Crash* [St92] sehr nahe kommt, aber durch den fehlenden Fokus auf das Wirtschaftssystem und den Handel von digitalen Gütern, die als notwendige Kriterien entdeckt worden sind, noch nicht als ein Metaverse anerkannt werden kann. Allerdings arbeitet *Meta*, wie bereits erwähnt, daran.

Bei dem Vergleich von Theorie und Umsetzung stellte sich heraus, dass keine der drei Umsetzungen des Metaverse der erworbenen vereinheitlichten Definition des Metaverse voll gerecht wurde.

7.3 Limitationen

Die gefundenen Ergebnisse beziehen sich nur auf 39 Artikel aus dem Jahr 2022 aus 3 verschiedenen Datenbanken, die primär das Metaverse thematisieren, jedoch existiert aktuell eine weitaus größere Menge an Literatur über das Metaverse (siehe Abbildung 5). Somit geben die Ergebnisse nur einen begrenzten Einblick über den aktuellen Stand des Metaverse. Durch den kleinen Datensatz ist es schwierig, die Gemeinsamkeiten und Diskrepanzen der Metaverse-Sichtweisen mit hoher Sicherheit zu identifizieren. Zudem gibt es keine offizielle Metaverse-Definition und jede Quelle wird einen Grad an Unsicherheit beinhalten und zu einer höheren Varianz der Ergebnisse führen. Ein weiterer problematischer Aspekt stellt die Seitenzahl der bearbeiteten Artikel dar. Die formulierte Definition eines kurzen Artikels wird weniger ausführlich im Vergleich zu einem sehr langen Artikel sein. Das gilt auch für die Anzahl der extrahierten Keywords. Die Zusammenfassung der Keywords (siehe Anhang: Tabelle 22) diente zur Minimierung dieser Problematik. Bei der Auswahl der Keywords wurde nicht systematisch vorgegangen und es könnte bei einer wiederholten Untersuchung zu minimal unterschiedlichen

Ergebnissen kommen. Die Unterscheidung zwischen notwendigen und optionalen Metaverse-Komponenten erwies sich als nicht-triviale Aufgabe. Außerdem können die Keywords das Verständnis der Autoren nicht exakt abbilden, da größtenteils nur explizit erwähnte Begriffe oder Theorien extrahiert worden sind. Da die vorliegende Untersuchung eine induktive Vorgehensweise zur Identifikation von Metaverse-Komponenten nutzte und ohne Vorwissen die Keywords extrahiert wurden, sind einige Keywords voneinander abhängig und bilden Ober- oder Unterkategorien zueinander. Die Wahl der Metadaten bei der Gegenüberstellung der Ausprägungen trennt möglicherweise die Ausprägungen nicht optimal voneinander. Zudem ist die Menge an Artikeln mit gleichen Metadaten, aufgrund von Überschneidungen, nicht disjunkt. Dafür eignen sich die Kategorien der Metaverse-Implementierungen, wie *Social VR Games*, *MMOs*, *NFT-based Games* und Andere möglicherweise besser [Ch22b, S. 516]. Die Wahl der definierten Kriterien zur Filterung von Keywords mit signifikanten Diskrepanzen wurde, unter Berücksichtigung des unbekannten Fehlerbereichs, nicht konservativ getroffen und könnte potenziell wichtige Diskrepanzen übersehen.

Da, bis auf *Decentraland*, keine vollständigen offiziellen Definitionen der Implementierungen gefunden worden sind, wurden diese selektiv aus einzelnen Internet-Quellen gezogen. Es besteht die Möglichkeit, dass diese unvollständig sind oder potenziell Fehlinformationen enthalten.

7.4 Primäre Handlungsvorschläge und offene Forschungsfragen

Im Verlauf dieser Forschung konnten einige Gemeinsamkeiten der Metaverse-Definitionen entdeckt werden. Jedoch hat sich das Nichtvorhandensein eines vereinheitlichten Verständnisses des Begriffs „Metaverse“ bestätigt. Darüber hinaus wurde das hohe Ausmaß an Uneinigkeit zwischen Wissenschaftlern im Bereich der Informatik über die zugrundeliegenden Metaverse-Theorien verdeutlicht, weshalb eine breitgefächerte Definition notwendig war, um ein vereinheitlichtes Verständnis zu formulieren. Die erworbene Definition erfordert noch weitere Verfeinerung und könnte beispielsweise durch ein deduktives Verfahren mit vordefinierten Kategorien, anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse, wie die nach Mayring [MB07] durchgeführt werden. Damit zukünftige Metaverse-Implementierungen effektiv entwickelt werden können, ist es besonders wichtig, im Klaren über die Definition und den Aufbau des Metaverse zu sein. Trotz der

großen Menge an existierenden Arbeiten über das Metaverse, wird mehr Forschung zum Aufbau und zur Implementierung benötigt. Es ist zu erwarten, dass mit der Entwicklung von qualitativen Metaverse-Produkten simultan mehr Klarheit über das Metaverse und dessen Anforderungen geschaffen wird. Zusätzlich sollten Unternehmen, die am Metaverse teilhaben wollen, sich zusammenschließen und am Aufbau von gemeinsamen Standards und Protokollen arbeiten, damit die als notwendig erkannte Interoperabilität erreicht werden kann. Hier stellt sich die Frage: Wie kann man große Unternehmen zur Kooperation bringen und wie kann man einheitliche Regeln entwerfen nachdem ein vereintes Metaverse aufgebaut wurde [Ya22] Die Gründung des *Metaverse Standards Forum* mit über 1200 Unternehmen war ein Schritt in die richtige Richtung [Ha22, S. 7]. Auch China's größte Social Media Firma *Tencent* möchte, durch die Kollaboration mit großen Metaverse-Akteuren, wie *Epic Games* und *Roblox Corporation* am Metaverse teilhaben.¹³ Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte die Frage, ob das Metaverse, ähnlich wie das Internet, als Singularität existiert oder ob es mehrere getrennte Metaversen geben kann, nicht klar beantwortet werden. Dies bleibt eine offene Forschungsfrage. Zusammen mit dem rapiden Wachstum der Popularität des Metaverse gibt es auch eine große Anzahl an Menschen, die der Entwicklung und Implementierung des Metaverse pessimistisch gegenüberstehen [Yu22, S. 40]. Wie kann man diese Bedenken entschärfen, damit sich mehr Menschen mit dem Aufbau des Metaverse beschäftigen und mehr Investitionen hineinfließen?

Neil Stephenson, der Science-Fiction Autor, der den Begriff prägte, arbeitet aktuell schon an einem Metaverse, dass seiner ursprünglichen Vorstellung möglichst nah kommen soll.¹⁴ Meta's CEO Mark Zuckerberg behauptete im Jahr 2021, dass die ersten technologischen Implementierungen, die dem Metaverse-Namen würdig sind, erst in fünf bis sieben Jahren zum Vorschein treten werden [Go22].

¹³ <https://www.euronews.com/next/2021/11/22/facebook-is-not-the-only-company-building-a-metaverse-here-are-the-other-company-s-rivalli> (abgerufen am: 07.04.2023)

¹⁴ <https://www.newscientist.com/article/2339401-sci-fi-author-neal-stephenson-wants-to-build-a-metaverse-open-to-all/#:~:text=Science%2Dfiction%20author%20Neal%20Stephenson,a%20blockchain%2Dpowered%20open%20metaverse.> (abgerufen am: 25.03.2023)

8 Fazit

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht ein vereinheitlichtes Verständnis des Begriffs „Metaverse“ zu erlangen und in Form einer Definition einzufangen. Dabei wurde eine systematische Literaturrecherche betrieben, um 39 peer-reviewed Fachartikel und Reviews aus dem Jahr 2022 mit vollständigen Metaverse-Definitionen zu selektieren. Anhand der extrahierten Keywords konnten die verschiedenen grundlegenden Theorien und ermöglichenden Technologien des Begriffs „Metaverse“ identifiziert werden, über die sich Wissenschaftler im Bereich der Informatik einig sind. Es wurden die sieben primären Komponenten gefunden: *Virtuelle Welt, Immersion, Interaktivität, Identität, qualitative Inhalte und Erlebnisse, XR und Avatare*. Mehrheitlich erwähnt wurden die sieben weiteren sekundären Komponenten: *Interoperabilität, Physical-Virtuality, Digitale Gegenstände, Virtuelles Wirtschaftssystem, Internet, 3D und Multimodalität*. Bei der Gegenüberstellung verschiedener Ausprägungen, die sich, sowohl in Bezug auf die Herkunftsländer der Autoren als auch in Bezug auf andere Metadaten, wie das primäre Anwendungsfeld eines Artikels, unterscheiden haben, konnten mehrere Diskrepanzen festgestellt werden. Im Vergleich zu anderen, forderten Autoren aus *Südkorea*, dass im Metaverse alle Aspekte des alltäglichen *Lebens* ausgeübt werden können. Autoren aus *China* betonten die Notwendigkeit von *Blockchain* im Metaverse. Artikel aus der *Bildungs*-Perspektive nannten Avatare kaum. Es schien Uneinigkeit darüber zu herrschen, ob es ein oder mehrere Metaversen geben darf. Jedoch weist die als notwendig erachtete, Interoperabilität auf den Zusammenschluss von mehreren Metaversen hin. Außerdem wurden die Metaverse-Umsetzungen *Roblox, Decentraland* und *Meta Horizon Suite* mit dem vereinheitlichten Verständnis verglichen. Keine der Umsetzungen wurde der Definition voll gerecht. *Meta Horizon Suite* kam, bis auf das noch fehlende vollfunktionsfähige virtuelle Wirtschaftssystem, der Definition sehr nahe. Darüber hinaus wurden die folgenden fünf Hauptanwendungsdomänen des Metaverse, die sich über alle Bereiche des Lebens verteilen, identifiziert: *Freizeit/Unterhaltung, Bildung, Business/Industrie, Networking* und *Gesundheit*. Das erworbene vereinheitlichte Verständnis könnte Forschern und Entwicklern bei der Entwicklung von gemeinsamen Standards behilflich sein, damit ein effizienterer Aufbau eines interoperablen Metaverse vonstattengehen kann.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne Hilfe Dritter und ohne Zuhilfenahme anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Die „Richtlinie zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis für Studierende an der Universität Potsdam (Plagiatsrichtlinie) - Vom 20. Oktober 2010“, im Internet unter <http://uni-potsdam.de/ambek/ambek2011/1/Seite7.pdf>, habe ich zur Kenntnis genommen.

Ort, Datum

Unterschrift

9 Literaturverzeichnis

- [AAS22] Almarzouqi, A.; Aburayya, A.; Salloum, S. A.: Prediction of User's Intention to Use Metaverse System in Medical Education: A Hybrid SEM-ML Learning Approach. *IEEE Access* 10, S. 43421–43434, 2022.
- [An22] Angelini, L. et al.: Towards an Emotionally Augmented Metaverse: a Framework for Recording and Analysing Physiological Data and User Behaviour. In (Choukou, M.-A. et al. Hrsg.): 13th Augmented Human International Conference. ACM, New York, NY, USA, S. 1–5, 2022.
- [Ba22a] Ball, M.: The Metaverse. And How it will Revolutionize Everything. W. W. Norton & Company Ltd., London, 2022.
- [Ba22b] Bansal, G. et al.: Healthcare in Metaverse: A Survey On Current Metaverse Applications in Healthcare. *IEEE Access*, S. 1, 2022.
- [Bo20] Boje, C. et al.: Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction* 114, S. 103179, 2020.
- [Bu22] Bushnell, M.: Global Capital Markets and Cryptocurrency: Exploring the International Political Economy of Blockchain Ecosystems and Metaverse Development. SAGE Publications, 2022.
- [Ca22] Cao, L.: Decentralized AI: Edge Intelligence and Smart Blockchain, Metaverse, Web3, and DeSci. *IEEE Intelligent Systems* 3/37, S. 6–19, 2022.
- [Ch22a] Cheong, B. C.: Avatars in the metaverse: potential legal issues and remedies. *International Cybersecurity Law Review* 2/3, S. 467–494, 2022.
- [Ch22b] Cheng, R. et al.: Are we ready for metaverse? A Measurement Study of Social Virtual Reality Platforms. In (Barakat, C. et al. Hrsg.): Proceedings of the 22nd ACM Internet Measurement Conference. ACM, New York, NY, USA, S. 504–518, 2022.

- [Ch22c] Chen, S.-C.: Multimedia Research Toward the Metaverse. IEEE MultiMedia 1/29, S. 125–127, 2022.
- [Ch22d] Chang, L. et al.: 6G-Enabled Edge AI for Metaverse: Challenges, Methods, and Future Research Directions. Journal of Communications and Information Networks 2/7, S. 107–121, 2022.
- [Cl11] Cline, E.: Ready player one. Broadway Books, New York, 2011.
- [CY22] Chen, B.-J.; Yang, D.-N.: User Recommendation in Social Metaverse with VR. In (Al Hasan, M.; Xiong, L. Hrsg.): Proceedings of the 31st ACM International Conference on Information & Knowledge Management. ACM, New York, NY, USA, S. 148–158, 2022.
- [DIG13] Dionisio, J. D. N.; III, W. G. B.; Gilbert, R.: 3D Virtual worlds and the metaverse. ACM Computing Surveys 3/45, S. 1–38, 2013.
- [DWZ22] Deng, Y.; Weng, Z.; Zhang, T.: Metaverse-driven remote management solution for scene-based energy storage power stations. Evolutionary Intelligence, 2022.
- [Fa22] Faraboschi, P. et al.: Virtual Worlds (Metaverse): From Skepticism, to Fear, to Immersive Opportunities. Computer 10/55, S. 100–106, 2022.
- [GA22] GAO, S.: Research on the Innovation of the Internet of Things Business Model under the New Scenario of Metaverse: 2022 3rd International Conference on Internet and E-Business. ACM, New York, NY, USA, S. 44–49, 2022.
- [GEH21] Ghosh, A.; Edwards, D. J.; Hosseini, M. R.: Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. Engineering, Construction and Architectural Management 2/28, S. 457–481, 2021.
- [GIM22] Guan, J.; Irizawa, J.; Morris, A.: Extended Reality and Internet of Things for Hyper-Connected Metaverse Environments: 2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW). IEEE, S. 163–168, 2022.

- [Go22] Gorichanaz, T.: Being at home in the metaverse? Prospectus for a social imaginary. *AI and Ethics*, 2022.
- [GW22] Green, N.; Works, K.: Defining the Metaverse through the lens of academic scholarship, news articles, and social media. In (Mouton, C.; Preda, M.; Thouvenin, I. Hrsg.): *The 27th International Conference on 3D Web Technology*. ACM, New York, NY, USA, S. 1–5, 2022.
- [Ha22] Havele, A. et al.: The Keys to an Open, Interoperable Metaverse. In (Mouton, C.; Preda, M.; Thouvenin, I. Hrsg.): *The 27th International Conference on 3D Web Technology*. ACM, New York, NY, USA, S. 1–7, 2022.
- [Ha93] Harasim, L.: Collaborating in Cyberspace: Using Computer Conferences as a Group Learning Environment. *Interactive Learning Environments* 2/3, S. 119–130, 1993.
- [HBM22] Han, D.-I. D.; Bergs, Y.; Moorhouse, N.: Virtual reality consumer experience escapes: preparing for the metaverse. *Virtual Reality* 4/26, S. 1443–1458, 2022.
- [He20] Heil, A. E.: *Methode der Systematischen Literaturrecherche*, 2020.
- [He22] Henz, P.: The societal impact of the metaverse. *Discover Artificial Intelligence* 1/2, 2022.
- [HS22] Halim Kadri ÖZTÜRK; Selcuk GEMİ: VON WEB 1.0 BIS ZUM METAVERSUM - Die Revolution des Internets. *Uluslararası Toplumsal Bilimler Dergisi* 1/6, S. 28–61, 2022.
- [HSZ22] Huang, J.; Sun, P.; Zhang, W.: Analysis of the Future Prospects for the Metaverse. *Atlantis Press* 2, S. 153–161, 2022.
- [Hu22] Huang, H. et al.: Fusion of Building Information Modeling and Blockchain for Metaverse: A Survey. *IEEE Open Journal of the Computer Society* 3, S. 195–207, 2022.
- [In15] Internet Society: *The internet of things: An overview*, 2015.

- [Ji22] Jiang, Y. et al.: Reliable Distributed Computing for Metaverse: A Hierarchical Game-Theoretic Approach. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, S. 1–16, 2022.
- [Ka15] Kache, M. et al.: Leitfaden Literaturrecherche. TU Dresden, 2015.
- [Ka22] Kammler, P. et al.: Values of the Metaverse: Hybride Arbeit in virtuellen Begegnungsräumen. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 2022.
- [Ks22a] Kshetri, N.: Policy, Ethical, Social, and Environmental Considerations of Web3 and the Metaverse. *IT Professional* 3/24, S. 4–8, 2022.
- [Ks22b] Kshetri, N.: Web 3.0 and the Metaverse Shaping Organizations’ Brand and Product Strategies. *IT Professional* 2/24, S. 11–15, 2022.
- [LCJ22] Li, H.; Cui, C.; Jiang, S.: Strategy for improving the football teaching quality by AI and metaverse-empowered in mobile internet environment. *Wireless Networks*, 2022.
- [Le11] Lee, S.-G. et al.: Innovation and imitation effects in Metaverse service adoption. *Service Business* 2/5, S. 155–172, 2011.
- [Le21] Lee, L.-H. et al.: All One Needs to Know about Metavers A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda, 2021.
- [Le22] Lee, L.-H. et al.: Beyond the Blue Sky of Multimodal Interaction: A Centennial Vision of Interplanetary Virtual Spaces in Turn-based Metaverse. In (Tumuluri, R. et al. Hrsg.): *INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMODAL INTERACTION*. ACM, New York, NY, USA, S. 648–652, 2022.
- [Li22] Lin, Z. et al.: Towards Metaverse Manufacturing: A Blockchain-based Trusted Collaborative Governance System: The 2022 4th International Conference on Blockchain Technology. *ACM, New York, NY, USA*, S. 171–177, 2022.

- [Ma22] Maksymyuk, T. et al.: Blockchain-Empowered Service Management for the Decentralized Metaverse of Things. *IEEE Access* 10, S. 99025–99037, 2022.
- [MB07] Mayring, P.; Brunner, E.: Qualitative Inhaltsanalyse: Qualitative Marktforschung. *Gabler, S.* 669–680, 2007.
- [Mc16] McGowan, J. et al.: PRESS Peer Review of Electronic Search Strategies: 2015 Guideline Statement. *Journal of clinical epidemiology* 75, S. 40–46, 2016.
- [MF08] Morningstar, C.; Farmer, F. R.: The Lessons of Lucasfilm's Habitat. *Journal For Virtual Worlds Research* 1/1, 2008.
- [Mi95] Milgram, P. et al.: Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. In (Das, H. Hrsg.): *Telemanipulator and Telepresence Technologies*. SPIE, S. 282–292, 1995.
- [My22] Mystakidis, S.: Metaverse. *Encyclopedia* 1/2, S. 486–497, 2022.
- [Na21] Narin, N. G.: A Content Analysis of the Metaverse Articles. *Journal of Metaverse* 1/1, S. 17–24, 2021.
- [PK22] Park, S.-M.; Kim, Y.-G.: A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. *IEEE Access* 10, S. 4209–4251, 2022.
- [RM22] Rostami, S.; Maier, M.: The Metaverse and Beyond: Implementing Advanced Multiverse Realms With Smart Wearables. *IEEE Access* 10, S. 110796–110806, 2022.
- [Ro22a] Rosenberg, L.: Regulation of the Metaverse: A Roadmap. The risks and regulatory solutions for largescale consumer platforms.: 2022 the 6th International Conference on Virtual and Augmented Reality Simulations. *ACM, New York, NY, USA*, S. 21–26, 2022.
- [Ro22b] Robinson, J.: Exploring the metaverse and the digital future. *ONCOLOGY* 3602, 2022.

- [Ry22] Ryu, J. et al.: Design of Secure Mutual Authentication Scheme for Metaverse Environments Using Blockchain. *IEEE Access* 10, S. 98944–98958, 2022.
- [Sh22] Shen, S.: Metaverse-driven new energy of Chinese traditional culture education: edge computing method. *Evolutionary Intelligence*, 2022.
- [Sm07] Smart, J. et al.: A Cross-Industry Public Foresight Project. *Metaverse Roadmap Pathways (3DWeb)*, S. 1–28, 2007.
- [So22] Solis, T.: Empfehlungen für die systematische Literaturrecherche. <https://www.scribbr.de/aufbau-und-gliederung/literaturrecherche/>, Stand: 25.10.2022.
- [ST22] Shapiro, E.; Talmon, N.: Foundations for Grassroots Democratic Metaverse. *International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent*, 2022.
- [St92] Stephenson, N.: *Snow crash*. Bantam Books, New York, 1992.
- [Su22] Sury, U.: Metaverse – parallele Welt(en). *Informatik Spektrum*, 2022.
- [Sy22] Sykownik, P. et al.: Something Personal from the Metaverse: Goals, Topics, and Contextual Factors of Self-Disclosure in Commercial Social VR. In (Barbosa, S. et al. Hrsg.): *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, New York, NY, USA, S. 1–17, 2022.
- [Ta22] Tan, Y. W. et al.: DHR: Distributed Hybrid Rendering for Metaverse Experiences. In (Amirpour, H.; Viola, I.; Vega, M. T. Hrsg.): *Proceedings of the 1st Workshop on Interactive eXtended Reality*. ACM, New York, NY, USA, S. 51–59, 2022.
- [Tr22] Tran, N. C. et al.: Anti-aliasing convolution neural network of finger vein recognition for virtual reality (VR) human-robot equipment of metaverse. *The Journal of supercomputing*, S. 1–16, 2022.
- [Wa22a] Wang, F.-Y. et al.: MetaSocieties in Metaverse: MetaEconomics and MetaManagement for MetaEnterprises and MetaCities. *IEEE Transactions on Computational Social Systems* 1/9, S. 2–7, 2022.

- [Wa22b] Wang, X. et al.: Engineering Brain: Metaverse for future engineering. AI in Civil Engineering 1/1, 2022.
- [Wa22c] Wang, A. et al.: Decentralized, not Dehumanized in the Metaverse: Bringing Utility to NFTs through Multimodal Interaction. In (Tumuluri, R. et al. Hrsg.): INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMODAL INTERACTION. ACM, New York, NY, USA, S. 662–667, 2022.
- [Wa22d] Wang, F.-Y.: MetaVehicles in the Metaverse: Moving to a New Phase for Intelligent Vehicles and Smart Mobility. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles 1/7, S. 1–5, 2022.
- [Wa22e] Wang, F.-Y.: The DAO to MetaControl for MetaSystems in Metaverses: The System of Parallel Control Systems for Knowledge Automation and Control Intelligence in CPSS. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica 11/9, S. 1899–1908, 2022.
- [WR22] Warin, C.; Reinhardt, D.: Vision: Usable Privacy for XR in the Era of the Metaverse: 2022 European Symposium on Usable Security. ACM, New York, NY, USA, S. 111–116, 2022.
- [WYZ21] Wang, D.; Yan, X.; Zhou, Y.: Research on Metaverse: Concept, development and standard system: 2021 2nd International Conference on Electronics, Communications and Information Technology (CECIT). IEEE, S. 983–991, 2021.
- [Ya22] Yang, Q. et al.: Fusing Blockchain and AI With Metaverse: A Survey. IEEE Open Journal of the Computer Society 3, S. 122–136, 2022.
- [YK21] Yang, H.; Kim, C.: Forecast of the Impact of Metaverse Concept on the Design Trend of Display Space: Aquarium in Focus: 2021 4th International Conference on Education Technology Management. ACM, New York, NY, USA, S. 285–290, 2021.
- [Yu22] Yue, K.: Breaking down the Barrier between Teachers and Students by Using Metaverse Technology in Education: 2022 13th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management, and E-Learning (IC4E). ACM, New York, NY, USA, S. 40–44, 2022.

- [YW22] Ye, P.; Wang, F.-Y.: Parallel Population and Parallel Human—A Cyber-Physical Social Approach. *IEEE Intelligent Systems* 5/37, S. 19–27, 2022.
- [Zh22] Zhao, Y. et al.: Metaverse: Perspectives from graphics, interactions and visualization. *Visual Informatics* 1/6, S. 56–67, 2022.
- [Zy22a] Zyda, M.: Building a Human-Intelligent Metaverse. *Computer* 9/55, S. 120–128, 2022.
- [Zy22b] Zyda, M.: Let’s Rename Everything “the Metaverse!”. *Computer* 3/55, S. 124–129, 2022.

10 Anhang

10.1 Dokumentation der SLR

10.1.1 Zuordnungstabellen der Artikel

Zuordnungstabelle der relevanten Artikel der SLR

ID	Kurzbeleg	Kurztitel	ID	Kurzbeleg	Kurztitel
0	[Ch22c]	Multimedia Research	20	[CY22]	User Recommendation
1	[Su22]	Metaverse - parallel	21	[Ta22]	DHR: Distributed Hyb
2	[Ks22a]	Policy, Ethical, Soc	22	[Ry22]	Design of Secure Mut
3	[GW22]	Defining the Metaver	23	[Ca22]	Decentralized AI: Ed
4	[Yu22]	Breaking down the Ba	24	[Ya22]	Fusing Blockchain an
5	[Zy22b]	Let's Rename Everyth	25	[Ch22d]	6G-Enabled Edge AI f
6	[Ro22a]	Regulation of the Me	26	[Sy22]	Something Personal f
7	[GA22]	Research on the Inno	27	[Ch22b]	Are We Ready for Met
8	[WR22]	Vision: Usable Priva	28	[Go22]	Being at home in the
9	[Ha22]	The Keys to an Open,	29	[HBM22]	Virtual reality cons
10	[An22]	Towards an Emotional	30	[Ji22]	Reliable Distributed
11	[Le22]	Beyond the Blue Sky	31	[Ch22a]	Avatars in the metav
12	[Ka22]	Values of the Metave	32	[Ba22b]	Healthcare in Metave
13	[Tr22]	Anti-aliasing convol	33	[He22]	The societal impact
14	[Li22]	Towards Metaverse Ma	34	[Sh22]	Metaverse-driven new
15	[Fa22]	Virtual Worlds (Meta	35	[LCJ22]	Strategy for improvi
16	[AAS22]	Prediction of User's	36	[DWZ22]	Metaverse-driven rem
17	[Hu22]	Fusion of Building I	37	[Wa22b]	Engineering Brain: M
18	[RM22]	The Metaverse and Be	38	[PK22]	A Metaverse: Taxonom
19	[Ma22]	Blockchain-Empowered			

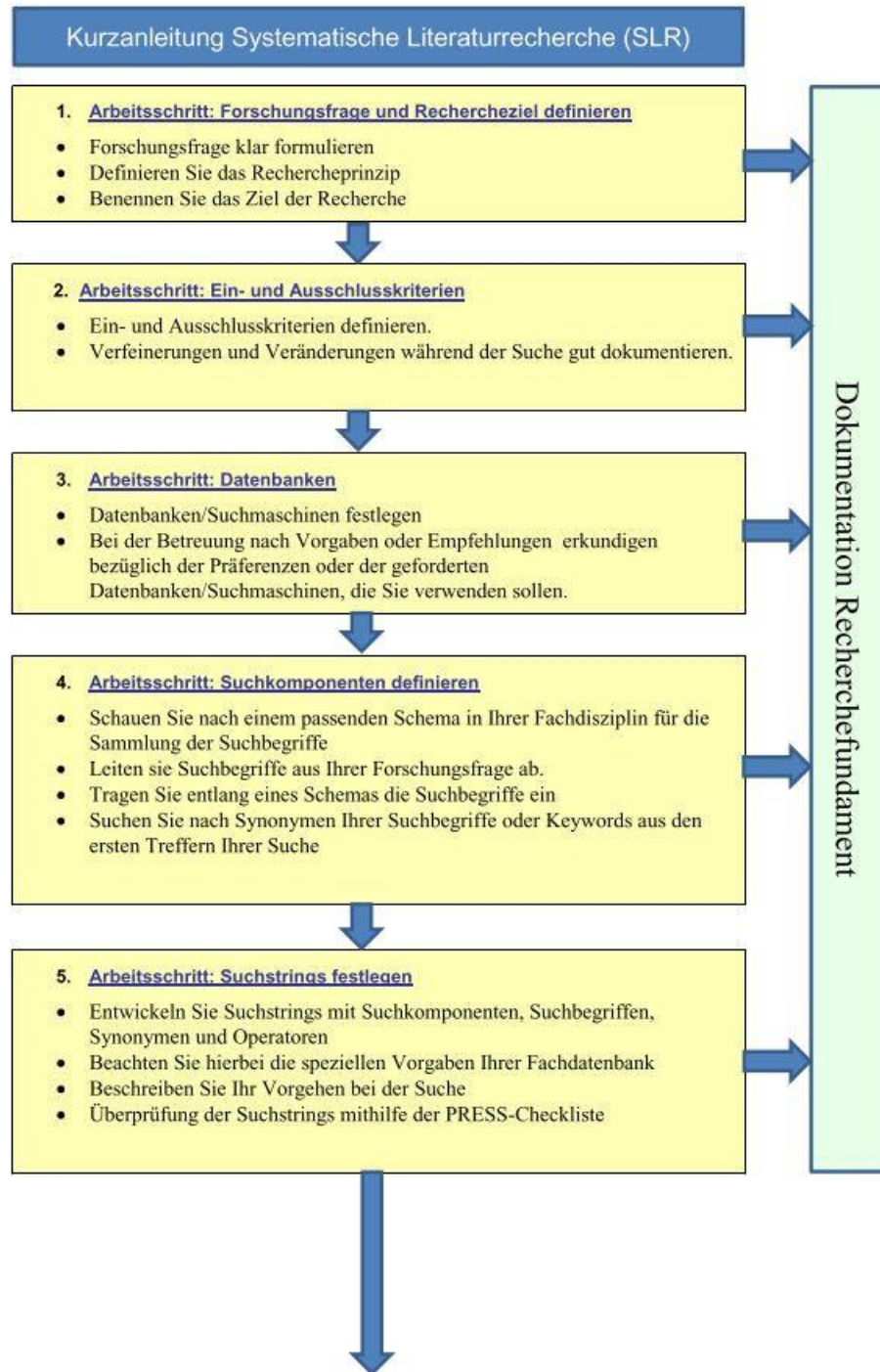
Tabelle 5: Nummerierung und IDs der relevanten Artikel und dessen Kurzbelege

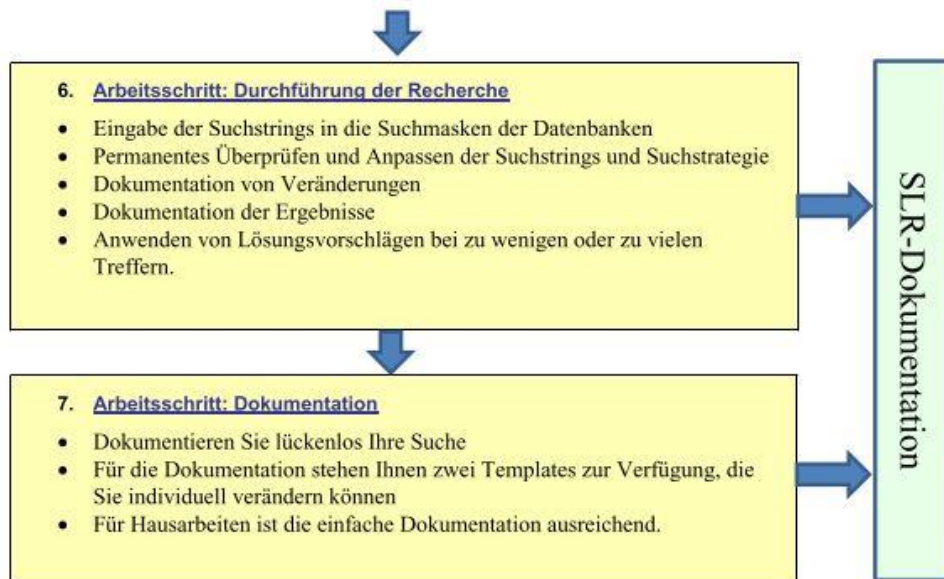
Zuordnungstabelle der irrelevanten Artikel der SLR

Nr.	Kurzbeleg	Kurztitel
5	[ST22]	Foundations for gras
7	[Zy22a]	Building a human-int
12	[YK21]	Forecast of the impa
14	[Wa22c]	Decentralized, not D
17	[Wa22a]	Metasocieties in met
18	[Wa22d]	Metavehicles in the
22	[Wa22e]	The DAO to MetaContr

Tabelle 6: Artikelnummerierung der irrelevanten Artikel und dessen Kurzbelege

10.1.2 SLR-Kurzanleitung





Dokumentation = SLR Dokumentation

Dokumentieren Sie Ihre Suchoperationen in der SLR-Dokumentation

Dokumentation = Recherchefundament

Auf dem Tabellenblatt „Suchstrings“ des Recherchefundaments notieren Sie Ihre Suchstrings für verschiedene Datenbanken.

Abbildung 20: SLR-Kurzanleitung nach Heil

Quelle: [He20]

10.1.3 Recherchefundament

Forschungsfrage

- (1) Existiert bereits ein vereinheitlichtes Verständnis des Begriffs „Metaverse“ unter Wissenschaftlern im Fachgebiet der Informatik?
- (2) Über welche grundlegenden Theorien des Begriffs „Metaverse“ sind sich Wissenschaftler im Fachgebiet der Informatik einig und welche Diskrepanzen liegen vor?

Rechercheprinzip

Es wird sich für ein spezifisches Rechercheprinzip, anstatt eines sensitiven Rechercheprinzips, aufgrund der begrenzten Bearbeitungszeit dieser Arbeit, entschieden.

Rechercheziel

Das Rechercheziel ist es ein vereinheitlichtes Verständnis des Begriffs „Metaverse“ durch eine umfassende Suche von peer-reviewed, in Informatik-Journal veröffentlichten, Fachartikeln und Reviews des Jahres 2022 aus Fachdatenbanken im Rahmen einer Bachelorarbeit zu erlangen. Dabei sollen die resultierenden Treffer der Suche gezielt und kritisch analysiert werden, um Gemeinsamkeiten und Diskrepanzen verschiedener Sichtweisen des Begriffs „Metaverse“ aufzudecken..

Ein- und Ausschlusskriterien

Erster Entwurf vor der Suche

Nr.	Variable der Publikation	Einschlussbedingung
1	Zeitraum der Veröffentlichung	1. Januar 2022 bis 31. Oktober 2022
2	Art	Fachartikel & Reviews aus Fachzeitschriften
3	Fachbereich	Informatik / IT
4	Sprache	Englisch & Deutsch
5	Qualitätsprüfung	Peer-Reviewed

Zweiter Entwurf nach der ersten Suche

Nr.	Variable der Publikation	Einschlussbedingung
1	Zeitraum der Veröffentlichung	1. Januar 2022 bis 31. Oktober 2022
2	Art	Fachartikel & Reviews aus Fachzeitschriften
3	Fachbereich	Informatik / IT und Engineering
4	Sprache	Englisch & Deutsch
5	Qualitätsprüfung	Peer-Reviewed
6	Titel	Begriff Metavers* Metaunivers* muss vorkommen
7	Inhalt (Anywhere-Ebene)	Konzept eines Metaverse muss vorkommen
8	Thematik (Abstract-Ebene)	Metaverse muss das primäre Thema sein

Tabelle 7: Finale Ein- und Ausschlussbedingungen

Datenbanken und Suchmaschinen

Erster Entwurf

Nr.	Datenbank / Suchmaschine	Fachbereich
1	IEEE Computer Society Digital Library	Informatik
2	DBLP Computer Science Bibliography	Informatik
3	OLC Mathematik und Informatik - Online Contents	Informatik, Mathematik
4	Lecture Notes in Computer Science → Springer Link	Informatik
5	Springer eBooks: Technik und Informatik	interdisziplinär
6	Synthesis → Springer Nature → Springer Link	Informatik, Engineering
7	zbMATH Open	Mathematik
8	Google Scholar	Metadatenbank
9	ACM OPEN	Informatik
10	Web of Science Core Collection	Metadatenbank
11	JSTOR	interdisziplinär
12	De Gruyter Online / eBooks	interdisziplinär
13	Wiley Online Library	interdisziplinär
14	Hanser eLibrary	interdisziplinär

Zweiter Entwurf

Nr.	Datenbank / Suchmaschine	Fachbereich
1	IEEE Computer Society Digital Library	Informatik
2	DBLP Computer Science Bibliography	Informatik
3	OLC Mathematik und Informatik - Online Contents	Informatik, Mathematik
4	Springer Link	Informatik, Engineering
5	ACM OPEN	Informatik

Dritter Entwurf

Nr.	Datenbank / Suchmaschine	Fachbereich
1	IEEE Computer Society Digital Library	Informatik
2	Springer Link	Informatik, Engineering
3	ACM OPEN	Informatik

Suchkomponenten aus der Forschungsfrage

PICo Schema für qualitative Studien

Suchkomponente	Stichwörter / Keywords
P = Population	Papers, scientific journals in the field of computer science/IT, Metaverse
I = Phenomenon of Interest	unified understanding, commonalities, discrepancies, theories, Metaverse
Co = Context	scientific context

Tabelle 8: PiCo-Schema entsprechend der Forschungsfrage

Datenbank-Thesaurus und verwandte Keywords / Subject Headers zum Begriff „Metaverse“

IEEE-Thesaurus¹⁵

Descriptor	Thesaurus-Eintrag
USE: Metaverse	UF: Meta verse BT: Virtual environments RT: Augmented Reality, Avatars, Blockchains, Games, Three-dimensional displays, User experience, User interfaces, Virtual reality

Legende: **USE** (bevorzugter Suchbegriff), **UF** (used for bzw. unbevorzugter gleicher Begriff), **BT** (broader term bzw. Oberbegriff), **RT** (related term bzw. verwandter Begriff)

Synonyme und Suchbegriffe

Synonym-Thesaurus¹⁶ für die Synonymfindung

Suchbegriff	Relevanteste Synonyme	Verwendete synonyme
Metaverse	/	/
Definition	answer; explanation; interpretation; rationale; solution; translation	/
Concept	approach; conception; image; notion; perception; theory; thought; view	Conception bzw. concept*

Legende: „Relevanteste Synonyme“ sind die Synonyme, die von dem verwendeten Thesaurus als relevante Synonyme farblich markiert wurden (siehe die Ergebnisse des Synonym-Thesaurus in den Abbildungen im Kapitel 10.1.4.1).

Siehe Tabelle 11 in der SLR-Dokumentation für die Begründung der Auswahl der verwendeten Synonyme.

Stichwörter aus der ersten Suche nach „Metaverse“ im Titel in Google Scholar

Erster Entwurf

Nr.	Quelle (Kurzbeleg)	Neue Stichwörter
1	[HSZ22]	"metauniverse"
2	[HS22]	"Metaversum"
3	[YW22]	"cyber-physical social systems" (CPSS)
4	[Zy22b]	"metaversi"

Zweiter Entwurf nach Überprüfung der Relevanz der Suchergebnisse

Nr.	Quelle	Neue Stichwörter
1	[HSZ22]	"metauniverse"
2	[HS22]	"Metaversum"
3	[Zy22b]	"metaversi"

Siehe Tabelle 10 in der SLR-Dokumentation für den Ausschluss des neuen Stichworts „CPSS“.

Übersetzung der englischen Suchbegriffe ins Deutsche

Nr.	Suchbegriff (english)	Suchbegriff (deutsch)
1	Metaverse	Metaversum
2	Metauniverse	Metauniversum
3	Definition	Definition
4	Concept*ion	Konzept*ion
5	Theory	Theorie

¹⁵ <https://www.ieee.org/content/dam/ieee-org/ieee/web/org/pubs/ieee-thesaurus.pdf> (abgerufen am 20.10.2022)

¹⁶ <https://www.thesaurus.com> (abgerufen am 08.10.2022)

6	Notion	Vorstellung / Idee
7	approach	Herangehensweise
8	perception	Wahrnehmung
9	thought	Gedanke
10	image	Bild
11	view	Sicht
12	solution	Lösung
13	answer	Antwort
14	interpretation	Interpretation
15	rationale	Begründung
16	explanation	Erklärung
17	translation	Übersetzung

Legende: Trunkierungen werden mit "*" symboliert.

Entwicklung des Suchstrings

Erster Entwurf				
Komponente 1	AND	Komponente 2	AND NOT	Komponente 3
metavers*		concept*		definite*
OR		OR		OR
metaunivers*		defin*		definitiv*
		OR		OR
		konzept*		definitiz*
				OR
				definie*
				OR
				definitu*

Tabelle 9: Entwicklung der Suchstrings mit drei Komponenten

Zweiter Entwurf nach Überprüfung der Suchergebnisse

Komponente 1	AND	Komponente 2
metavers*		concept*
OR		OR
metaunivers*		defin*
		OR
		konzept*

Siehe Tabelle 12 in der SLR-Dokumentation für den Ausschluss der Ausschlussbegriffe der Komponente 3.

Dritter Entwurf

Komponente 1	AND	Komponente 2
Metaverse		concept*
		OR
		defin*
		OR
		konzept* (falls deutscher Artikel)

Mögliche Suchstrings in verschiedenen Suchfeldern

Einschränkung	Suchfelder	Suchstring (datenbank unabhängig)
(Niedrig)	1 In Anywhere	Metavers* OR Metaunivers*
	2 In Anywhere	(Metaverse OR Metaversum) AND (concept* OR Konzept* OR defin*)
	3 In Keywords	Metavers* OR Metaunivers*
	4 In Keywords:	Metavers* OR Metaunivers*
	5 In Anywhere:	concept* OR Konzept* OR defin*
	6 In Keywords	(Metaverse OR Metaversum) AND (concept* OR Konzept* OR defin*)
	7 In Abstract	Metavers* OR Metaunivers*
	8 In Abstract:	Metavers* OR Metaunivers*
	9 In Anywhere:	concept* OR Konzept* OR defin*
	10 In Abstract	Metavers* OR Metaunivers* AND concept* OR Konzept* OR defin*
	11 In Abstract	Metavers* OR Metaunivers*
	12 In Title	concept* OR Konzept* OR defin*
	13 In Title:	Metavers* OR Metaunivers*
(Hoch)	14 In Title	Metavers* OR Metaunivers*
		(Metaverse OR Metaversum) AND (concept* OR Konzept* OR defin*)

Legende: Einschränkung bezieht sich auf den Grad der Einschränkung der Suche, der sich durch die Suchbegriffe in den verschiedenen Suchfeldern verändert. Das bedeutet, dass die Anzahl an Suchergebnissen für den jeweiligen Suchbefehl mit steigendem Grad der Einschränkung sich verringert oder gleich bleibt.

Es zeigte sich, dass die Suche nach „Metavers“ im Titel einen sehr hohen Anteil an relevanten Treffern lieferte (siehe Tabelle 14).

Überprüfung der Suchstrings mithilfe der PRESS-Checkliste

Die einzelnen Fragen der PRESS-Checkliste [Mc16] wurden zur Überprüfung der Suchstrings berücksichtigt und haben zu einer Veränderung der Suchstrings geführt. (Siehe Tabelle 15). Es hat sich gezeigt, dass die Verwendung von Proximity-Operatoren nicht in jeder Datenbank möglich ist und die Suche zu sehr einschränkt, so dass potenziell relevante Artikel nicht gefunden werden konnten. Siehe die Tabelle 13 in der SLR-Dokumentation zur Überprüfung des Proximity-Operators mit den Suchstrings anstatt der vorherigen „AND“-Operatoren.

Verwendete Suchstrings für die Datenbanken

Datenbank	Suchfilter	Suchfelder	Suchstring
IEEE Xplore	2022, subscribed	In Title & Anything	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)
ACM	01/01/2022-11/30/2022)	Title:	metaverse
Springer Link	2022, Article	Anywhere:	defin* OR concept*
		Title:	metaverse
		Anywhere:	defin* OR concept* OR Konzept*

10.1.4 SLR-Dokumentation

10.1.4.1 Ergebnisse des Synonym-Thesaurus¹⁷

Gefundene Synonyme zu dem Begriff „concept“

SYNONYMS FOR <u>concept</u> ⓘ					Compare Synonyms
approach	theory	brainchild	impression	wrinkle	
conception	thought	conceit	intellection	big idea	
image	view	conceptualization	slant	brain wave	
notion	abstraction	consideration	supposition	fool notion	
perception	apprehension	hypothesis	twist		

Gefundene Synonyme zu dem Begriff „definition“

SYNONYMS FOR <u>definition</u> ⓘ					Compare Synonyms
answer	characterization	demarcation	exposition	rendition	
explanation	clarification	denotation	expounding	representation	
interpretation	clue	determination	fixing	settling	
rationale	comment	diagnosis	formalization	signification	
solution	commentary	drift	gloss	terminology	
translation	cue	elucidation	individuation	outlining	
analogue	delimitation	exemplification	key	statement of meaning	
annotation	delineation	explication	rendering		

¹⁷ <https://www.thesaurus.com> (abgerufen am 03.10.2022)

Gefundene Synonyme zu dem Begriff „Metaverse“

0 results for Metaverse

did you mean: **metaphors**

10.1.4.2 Überprüfung der Synonyme der Komponente 1

Eingabe der Suchstrings in die Suchmasken der Datenbanken zur Überprüfung der sinnvollen Metaverse Schreibweisen / Synonyme

Nr.	Datum	Datenbank	Suchfilter	Suchfeld	Suchstring	Treffer	DOI	Deutsche treffer	Notiz
1	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title	("Document Title":CPSS) AND ("Document Title":metaverse)	1	10.1109/JAS.2022.106022	0	relevanter Artikel
2	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":CPSS) NOT ("Document Title":metaverse)	1	10.1109/TFUZ.Z.2021.3070700	0	nicht relevanter Artikel
3	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":CPSS) AND ("Full Text & Metadata":metaverse)	1	10.1109/JAS.2022.106022	0	relevanter Artikel (gleich)
4	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":CPSS) NOT ("Document Title":metaverse)	1	10.1109/TFUZ.Z.2021.3070702	0	nicht relevanter Artikel (gleich)
5	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title	("Document Title":cyber physical social systems) NOT ("Document Title":metaverse)	0	N/A	0	/
6	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":cyber physical social systems) NOT ("Full Text & Metadata":metaverse)	3	10.1109/ACCE.SS.2022.3167441; 10.35833/MPC.E.2021.000272; 10.1109/TNSE.2022.3196765	0	potentiell relevant, aber enthält nicht den Begriff "Metaverse"
7	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":cyber physical social systems) AND ("Full Text & Metadata":metaverse)	1	N/A Call for Papers Special Issue on Cyber-Physical-Social Systems and Smart Environments	0	Einschlussbe dingung greift nicht
8	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":cyber physical social systems) AND ("Document Title":metaverse)	0	N/A	0	/

Tabelle 10: Überprüfung der Metaverse-Schreibweisen und Synonyme nach Mehrwert

10.1.4.3 Überprüfung der Synonyme der Komponente 2

Eingabe der Suchstrings in die Suchmasken der Datenbanken zur Überprüfung der sinnvollen „Definition“ und „Konzept“ Synonyme

Nr.	Datum	Datenbank	Suchfilter	Suchfeld	Suchstring	Treffer	DOI	Deutsche treffer	Notiz
1	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title	("All Metadata":metaversum OR "All Metadata":metauniverse OR "All Metadata":metauniversum)	0		0	Test: 0 deutsche Artikel; keine mit Metaversum oder Metaunivers
2	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":theory) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
3	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":notion) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
4	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":approach) NOT ("Full Text & Metadata":approach)	1	10.1109/TIV.2022.3154489	0	relevanter Artikel

5	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*) ("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":perception) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
6	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":thought) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	1	10.1109/TIV.2022.3154489	0	gleicher Artikel nochmal
7	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":image) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	1	10.1109/TIV.2022.3154489	0	gleicher Artikel nochmal
8	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":view) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
9	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":solution) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	1	10.1109/TIV.2022.3154489	0	gleicher Artikel nochmal
10	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":answer) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
11	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":interpretation) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
12	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":rationale) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
13	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":explanation) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
14	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title All Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":translation) NOT ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*)	0	N/A	0	
15	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title	metaversum OR metauniverse OR metauniversum	0	N/A	0	Test: 0 deutsche Artikel; keine mit Metaversum oder Metaunivers *
16	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse theory AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
17	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse notion AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
18	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse approach AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
19	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse perception AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
20	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse thought AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
21	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse image AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
22	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse view AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
23	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse solution AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
24	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse answer AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
25	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022)	Title Anywhere	metaverse interpretation AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	

26	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse rationale AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
27	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse explanation AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
28	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse translation AND NOT (defin* OR concept*)	0	N/A	0	
29	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title	metaversum OR metauniversum	0	N/A	0	Test: 3 deutsche Artikel; keine mit Metaversum oder Metaunivers*
30	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse theory NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
31	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse notion NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
32	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse approach NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
33	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse perception NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
34	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse thought NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
35	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse image NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
36	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse view NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
37	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse solution NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
38	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse answer NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
39	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse interpretation NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
40	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse rationale NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
41	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse explanation NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
42	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse translation NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
44	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Theorie NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
45	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Vorstellung NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
46	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Idee NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
47	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Herangehensweise NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
48	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Wahrnehmung NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
49	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Gedanke NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
50	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Bild NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
51	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Sicht NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
52	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Lösung NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
53	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Antwort NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
54	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Erklärung NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	
55	16.11.2022	SpringerLink	2022, Article	Title Anywhere	metaverse Übersetzung NOT (defin* OR concept* OR Konzept*)	0	N/A	0	

Tabelle 11: Überprüfung der Synonyme der zweiten Suchkomponente nach Mehrwert

10.1.4.4 Überprüfung der Trunkierungen der Suchkomponenten

Eingabe der Suchstrings in die Suchmasken der Datenbanken zur Überprüfung der sinnvollen „Definition“ Trunkierungen als Ausschlussbegriff

Nr.	Datum	Datenbank	Suchfilter	Suchfeld	Suchstring	Treffer	DOI	Deutsche treffer	Notiz
1	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":concept* OR "Full Text & Metadata":defin*) AND ("Full Text & Metadata":definite*)	4	10.1109/OJCS.2022.3188249; 10.1109/ACCESS.2022.3205739; 10.1109/ACCESS.2022.3169285; 10.1109/OJCS.2022.3206494	0	relevante Artikel
2	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":defin*) AND ("Full Text & Metadata":definitiv*)	0	N/A	0	
3	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":defin*) AND ("Full Text & Metadata":definitiz*)	0	N/A	0	
4	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":defin*) AND ("Full Text & Metadata":definie*)	0	N/A	0	
5	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	("Document Title":metaverse) AND ("Full Text & Metadata":defin*) AND ("Full Text & Metadata":definitu*)	0	N/A	0	
6	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse defin* AND definite*	0	N/A	0	
7	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse defin* AND definitiv*	1	10.1145/3411763.3451673	0	relevanter Artikel
8	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse defin* AND definitiz*	0	N/A	0	
9	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse defin* AND definie*	0	N/A	0	
10	16.11.2022	ACM	01/01/2022 TO 11/30/2022	Title Anywhere	metaverse defin* AND definitu*	0	N/A	0	
11	16.11.2022	Springer Link	2022, Article	Title Anywhere	metaverse (defin* AND definite*)	1	10.1365/s43439-022-00056-9	0	relevanter Artikel
12	16.11.2022	Springer Link	2022, Article	Title Anywhere	metaverse (defin* AND definitiv*)	0		0	
13	16.11.2022	Springer Link	2022, Article	Title Anywhere	metaverse (defin* AND definitiz*)	0		0	
14	16.11.2022	Springer Link	2022, Article	Title Anywhere	metaverse (defin* AND definie*)	1	10.1365/s40702-022-00885-6	1	relevanter Artikel
15	16.11.2022	Springer Link	2022, Article	Title Anywhere	metaverse (defin* AND definitu*)	0		0	

Tabelle 12: Überprüfung der ungewollten Trunkierungen des Suchterms „defin“*

10.1.4.5 Überprüfung der Proximity-Operatoren mit den Suchstrings

Eingabe der Suchstrings in die Suchmasken der Datenbanken zur Überprüfung der Effektivität von Proximity-Operatoren

Nr.	Datum	Datenbank	Suchfilter	Suchfeld	Suchstring	Treffer	Deutsche treffer	Notiz
1	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse AND ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	18	0	relevante Artikel
2	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/10 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	15	0	relevante Artikel
3	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/9 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	13	0	relevante Artikel
4	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/8 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	13	0	relevante Artikel
5	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/7 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	13	0	relevante Artikel
6	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/6 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	13	0	relevante Artikel
7	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/5 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	13	0	relevante Artikel
8	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/4 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	12	0	relevante Artikel
9	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/3 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	12	0	relevante Artikel
10	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/2 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	9	0	relevante Artikel
11	16.11.2022	IEEE Xplore	2022, subscribed	Title Full Text & Metadata	"Document Title":metaverse AND ("Full Text & Metadata":metaverse NEAR/1 ("Full Text & Metadata":defin* OR "Full Text & Metadata":concept*))	6	0	relevante Artikel

Tabelle 13: Überprüfung des Mehrwerts der Verwendung von Proximity-Operatoren, anstatt von Konjunktionen

*10.1.4.6 Erste Suche und die Überprüfung der Trefferzahlen der Datenbanken
über verschiedene Suchfelder basierend auf dem ersten Suchstring*

Eingabe der Suchstrings in die Suchmasken der Datenbanken

Nr.	Datum	Datenbank	Suchfilter	Suchfeld	Suchstring	Treffer	Deutsche treffer
1	30.10.2022	IEEE	2022	In Anything	Metaversum	0	0
2	30.10.2022	IEEE	2022	In Anything	Metauniversum	0	0
3	30.10.2022	IEEE	2022	In Anything	Metauniverse	3	0
4	30.10.2022	IEEE	2022	In Anything	Metaverse OR Metauniverse	144	N/A
5	30.10.2022	IEEE	2022	In Keywords	Metaverse OR Metauniverse	143	N/A
6	30.10.2022	IEEE	2022	In Abstract	Metaverse OR Metauniverse	44	N/A
7	30.10.2022	IEEE	2022	In Title	Metaverse OR Metauniverse	28	N/A
8	30.10.2022	IEEE	2022	In Anything In Anything	Metaverse OR Metauniverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	51	N/A
9	30.10.2022	IEEE	2022	In Keywords In Anything	Metaverse OR Metauniverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	51	N/A
10	30.10.2022	IEEE	2022	In Abstract In Anything	Metaverse OR Metauniverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	23	N/A
11	30.10.2022	IEEE	2022	In Title In Anything	Metaverse OR Metauniverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	18	N/A
12	30.10.2022	IEEE	2022	In Title In Keywords	Metaverse OR Metauniverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	18	N/A
13	30.10.2022	IEEE	2022	In Title In Abstract	Metaverse OR Metauniverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	3	0
14	30.10.2022	IEEE	2022	In Title In Title	Metaverse OR Metauniverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	0	0
15	30.10.2022	DBLP	2022, Journal Articles	In Title	Metaversum OR Metaunivers*	0	0
16	30.10.2022	DBLP	2022, Journal Articles	In Title	Metaverse	44	N/A
17	30.10.2022	DBLP	2022, Journal Articles	In Title	Metaverse AND (concept OR definition)	4	0
18	30.10.2022	OLC	2022	In Anything	Metavers* OR Metaunivers*	0	0
19	30.10.2022	Lecture Notes	2022, Books	In Title	Metavers* OR Metaunivers*	0	0
20	30.10.2022	Springer Link	2022, Article, Computer Science	In Anything	Metavers* OR Metaunivers*	41	7
21	30.10.2022	Springer Link	2022, Article, Computer Science	In Title	Metavers* OR Metaunivers*	0	0
22	30.10.2022	Synthesis / Springer Nature	No filter	In Anything	Metavers* OR Metaunivers*	0	0
23	30.10.2022	zbMATH Open	2022	In Anything	any:(Metavers* Metaunivers*) py:2022	0	0
24	30.10.2022	ACM	2022	In Anything	Metavers* OR Metaunivers*	146	N/A
25	30.10.2022	ACM	2022	In Keywords	Metavers* OR Metaunivers*	20	N/A
26	30.10.2022	ACM	2022	In Abstract	Metavers* OR Metaunivers*	32	N/A
27	30.10.2022	ACM	2022	In Title	Metavers* OR Metaunivers*	19	N/A
28	30.10.2022	ACM	2022	In Anything In Anything	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	130	N/A
29	30.10.2022	ACM	2022	In Keywords In Anything	Metavers* OR Metaunivers* (concept* OR Konzept* OR defin*) -definite*	20	N/A
30	30.10.2022	ACM	2022	In Abstract In Anything	Metavers* OR Metaunivers* (concept* OR Konzept* OR defin*) -definite*	31	N/A
31	30.10.2022	ACM	2022	In Title In Anything	Metavers* OR Metaunivers* (concept* OR Konzept* OR defin*) -definite*	16	N/A
32	30.10.2022	ACM	2022	In Title In Title	Metavers* OR Metaunivers* (concept* OR Konzept* OR defin*) -definite*	1	0
33	30.10.2022	ACM	2022	In Title In Abstract	Metavers* OR Metaunivers* (concept* OR Konzept* OR defin*) -definite*	4	0
34	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Anything	Metavers* OR Metaunivers*	213	2
35	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Keywords	Metavers* OR Metaunivers*	126	1
36	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Abstract	Metavers* OR Metaunivers*	156	1
37	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Title	Metavers* OR Metaunivers*	105	2

38	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Title In Anything	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	29	1
39	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Anything In Anything	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	41	1
40	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Keywords In Anything	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	26	1
41	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Abstract In Anything	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	36	1
42	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Title In Keywords	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	5	0
43	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Title In Abstract	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	5	0
44	30.10.2022	Web of Science	2022, Article, Review Article, English, German	In Title In Title	Metavers* OR Metaunivers* concept* OR Konzept* OR definition	5	0
45	30.10.2022	Google Scholar	2022, English, German	In Anything	Metaverse OR Metaversum OR Metauniverse OR Metauniversum	4080	N/A
46	30.10.2022	Google Scholar	2022, English, German	In Title	Metaverse OR Metaversum OR Metauniverse OR Metauniversum	1150	N/A
47	30.10.2022	Google Scholar	2022, English, German	In Title	(Metaverse OR Metaversum OR Metauniverse OR Metauniversum) AND (concept OR conception OR Konzept OR OR Konzeption OR definition)	4	0
48	30.10.2022	Google Scholar	2022, English, German	In Anything	(metaverse OR metaversum OR metauniverse OR metauniversum) AND (concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition)	3130	N/A
49	30.10.2022	Google Scholar	2022, English, German	In Anything	intitle:(metaverse OR metaversum OR metauniverse OR metauniversum) intext:(concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition)	810	N/A
50	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science, Electrical & Electronics Engineering	In Anything	Metaversum OR Metaunivers*	0	0
51	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science	In Anything	Metaverse	20	N/A
52	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Electrical & Electronics Engineering	In Anything	Metaverse	55	N/A
53	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science	In Title	Metaverse	1	0
54	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science, Electrical & Electronics Engineering	In Title	Metaverse	8	0
55	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science	In Anything	Metaverse AND (concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition)	19	N/A
56	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Electrical & Electronics Engineering	In Anything	Metaverse AND (concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition)	45	N/A
57	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science, Electrical & Electronics Engineering	In Keywords In Anything	Metaverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	3	0
58	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science, Electrical & Electronics Engineering	In Abstract In Anything	Metaverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	7	0
59	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science, Electrical & Electronics Engineering	In Title In Anything	Metaverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	6	0
60	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science, Electrical & Electronics Engineering	In Title In Keywords	Metaverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	0	0
61	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Electrical & Electronics Engineering	In Title In Abstract	Metaverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	2	0
62	30.10.2022	Wiley Online Library	2022, Journals, Computer Science, Electrical & Electronics Engineering	In Title In Title	Metaverse concept OR conception OR Konzept OR Konzeption OR definition	0	0

Tabelle 14: Erste Suche und die Überprüfung der Trefferzahlen der Datenbanken über verschiedene Suchfelder basierend auf dem ersten Suchstring

10.1.5 PRESS-Checkliste

PRESS-Checklist	Nr.	Questions	Check	Answer
Translation of the research question	1	Does the search strategy match the research question/PICO?	X	Ja.
	2	Are the search concepts clear?	X	Ja.
	3	Are there too many or too few PICO elements included?	X	Zuerst zu viele, dann nur wenige ausgewählt.
	4	Are the search concepts too narrow or too broad?	X	Weder noch.
	5	Does the search retrieve too many or too few records? (Please show number of hits per line.)	X	Geprüft (siehe Tabelle 14) und angepasst.
	6	Are unconventional or complex strategies explained?	X	Ja, das Suchschema wurde kurz beschrieben und ist in Tabelle 14 dokumentiert.
Boolean and proximity operators (these vary based on search service)	7	Are Boolean or proximity operators used correctly?	X	Ja.
	8	Is the use of nesting with brackets appropriate and effective for the search?	X	Ja, KNF wurde verwendet.
	9	If NOT is used, is this likely to result in any unintended exclusions?	X	Wurde in Tabelle 12 geprüft und angepasst.
	10	Could precision be improved by using proximity operators (eg, adjacent, near, within) or phrase searching instead of AND?	X	Wurde in Tabelle 13 geprüft. Ja, die Präzision würde minimal steigen, aber auch relevante Treffer entfernen. Nicht verwendet, da es nicht von allen Datenbanken unterstützt wird.
	11	Is the width of proximity operators suitable (eg, might adj5 pick up more variants than adj2)?	X	In Tabelle 13 geprüft. Zwischen adj9 bis adj3 wird nur ein Treffer ausgeschlossen. Kleinere Distanz schließt zu viele Treffer aus.
Subject headings (database specific)	12	Are the subject headings relevant?	X	Ja. Wurde mit Datenbank-Thesaurus angepasst.
	13	Are any relevant subject headings missing; for example, previous index terms?	X	Nein. Wurde mit Datenbank-Thesaurus angepasst.
	14	Are any subject headings too broad or too narrow?	X	Nein.
	15	Are subject headings exploded where necessary and vice versa?	X	In dieser Arbeit ist der Begriff „Metaverse“ von Interesse und nicht dessen Unterbegriffe.
	16	Are major headings (starring or restrict to focus) used? If so, is there adequate justification?	X	Nein.
	17	Are subheadings missing?	X	Keine subheadings verfügbar in den verwendeten Datenbanken
	18	Are subheadings attached to subject headings? (Floating subheadings may be preferred.)	X	Keine subheadings verfügbar in den verwendeten Datenbanken
	19	Are floating subheadings relevant and used appropriately?	X	Keine floating subheadings verfügbar in den verwendeten Datenbanken
	20	Are both subject headings and terms in free text (see the following) used for each concept?	X	Ja. Die Suche in mehreren Suchfeldern wurde in Tabelle 14 geprüft.
Text word searching (free text)	21	Does the search include all spelling variants in free text (e.g., UK vs. US spelling)?	X	Ja, weil Trunkierungen verwendet werden.
	22	Does the search include all synonyms or antonyms (e.g., opposites)?	X	Ja. Geprüft in Tabelle 10, Tabelle 11 und Tabelle 12.

Spelling, syntax, and line numbers	23	Does the search capture relevant truncation (i.e., is truncation at the correct place)?	X	Ja. Wurde berücksichtigt.
	24	Is the truncation too broad or too narrow?	X	Nein. Wurde berücksichtigt.
	25	Are acronyms or abbreviations used appropriately? Do they capture irrelevant material? Are the full terms also included?	X	Die Suchbegriffe „CPSS“ und „cyber-physical social system“ wurden in Tabelle 10 geprüft und daraufhin ausgeschlossen.
	26	Are the keywords specific enough or too broad? Are too many or too few keywords used? Are stop words used?	X	Ja. Die Keyword-Suche ist zu breit gewesen (siehe Tabelle 14). Es wurden keine stop words verwendet.
	27	Have the appropriate fields been searched; for example, is the choice of the text word fields (.tw.) or all fields (.af.) appropriate? Are there any other fields to be included or excluded (database specific)?	X	Wurde in Tabelle 14 geprüft. Die Suchfelder Title and Anywhere haben sich ergeben.
	28	Should any long strings be broken into several shorter search statements?	X	Nicht notwendig.
	29	Are there any spelling errors?	X	Nein.
	30	Are there any errors in system syntax; for example, the use of a truncation symbol from a different search interface?	X	Nein. Die verfügbaren Suchoperatoren der Datenbanken wurden berücksichtigt.
	31	Are there incorrect line combinations or orphan lines (i.e., lines that are not referred to in the final summation that could indicate an error in an AND or OR statement)?	X	Nein.
	32	Are all limits and filters used appropriately and are they relevant given the research question?	X	Ja. Die Suchfilter spiegeln die Ein- und Ausschluss-kriterien auf Tabelle 7 wider.
Limits and filters	33	Are all limits and filters used appropriately and are they relevant for the database?	X	Ja. Wurde für jede Datenbank angepasst und berücksichtigt.
	34	Are any potentially helpful limits or filters missing? Are the limits or filters too broad or too narrow? Can any limits or filters be added or taken away?	X	Nein. Wurde berücksichtigt.
	35	Are sources cited for the filters used?	X	Ja, alle Suchbefehle der Datenbanken wurden transparent in der SLR-Dokumentation dokumentiert.

Tabelle 15: PRESS-Checkliste und kurze Beantwortung der Fragen

Quelle: [Mc16]

10.2 Rohdaten

10.2.1 Metaverse-Definitionen

Nr.	ID	Definition
0	0	Metaverse is a set of "fully immersive" "easily accessible" "virtual/digital" "worlds" where "people" can "interact" with one another using "3D" "Avatars" in "real time". The Hardware for visualization and interaction are "Augmented and Virtual Reality Headsets". It will be "fully decentralized" which causes the issue of downloading only relevant environments as people are traversing the Metaverse. "Multimedia Networking", Storage and compression are important enablers. There is much attention from the Academic and Industry perspective. It allows "flexibility" and "control" through "creation of custom 3D-content" and environments using Procedural Content Generation (3D-PCG) for "high-quality multimedia content/experiences". "AI" can be used for PCG using different "input modalities". Since the Metaverse contains "extremely large volume of multimedia contents", a hybrid communication strategy based on both local storage and data streaming and "5G" networks are explored. Coding and compression using DNN for low-dimensional feature space for less disk storage can be useful. Metaverse integrates a collection of "multimedia contents". It manages creation, generation, transmission, and "visualization of contents". Network communication, AI, "VR" hardware are needed for a comprehensive solution.
1	1	Das Metaverse dient als Oberbegriff einer "digitalen" "Welt" und ist ein "virtueller", "konsistenter" und "persistenter" "3D" "Raum". Darin existieren "identifizierbare Menschen" als "Avatare". Es kann ein funktionierendes "virtuelles Wirtschaftssystem" darstellen, einen Ort zum Spielen oder der "sozialen Interaktion". Es ist ein System aus "mehreren einzelnen Metaverse-Plattformen" in die man eintreten und wechseln kann (konsistent). Einzelne "Services" werden verknüpft, um eine "Interoperabilität" zu erreichen. Dies soll ermöglichen, dass "Gegenstände", Währungen und Avatare über mehrere Plattformen hinweg genutzt werden können. Zudem besteht ein Metaverse auch ohne aktive Integration der Nutzer fort (persistent). Das Ziel ist es ein begehbares und erlebbares "Internet" zu erschaffen. Die "reale Welt soll im Internet nachgebildet" werden. Man spricht auch von "Web 3.0". Der Nutzer agiert nicht per Mausclick, sondern läuft mit einem "Avatar/digitalen Zwilling" in der Welt umher und "interagiert" mit anderen Teilnehmern. Es sollen verschiedene Aktionen des alltäglichen Lebens wie Geld abheben, Tickets buchen möglich sein. Es steckt kein Unternehmen hinter dem Metaverse, sondern zahlreiche Unternehmen. Es gibt offene und geschlossene bereits bestehende Metaverse-Plattformen. Die Unternehmen verfolgen einen verschiedenen Fokus z.B. alltägliches Leben, Arbeitswelt. "XR-Technologie" zur immersion ("AR, VR)". "Kryptowährungen" werden eine zentrale Rolle spielen e.g. "Blockchain-Technologie" und "NFTs".
2	2	Web3.0 is the next decentralized phase of the internet's evolution. It shall foster open environments with "decentralized" "blockchain-technologies" like DeFi, NFT and cryptocurrencies. Some applications of Web3.0 include DeFi, NFTs, P2E games and DAOs. DeFi protocols are run by smart contracts to eliminate intermediaries to increase yield and returns for e.g. artists. Web3.0 focuses on ownership and control on the internet. Contrary, the Metaverse is about the "user experience" aspect. It's a "shared", "immersive", "embodied", "3D" "virtual reality environment" featuring "avatars", "digital objects/assets", and functioning "economies". Some applications are in fashion, virtual concerts and performances. While the most well-known "metaverses" currently are in the gaming sector, technology companies are developing metaverses focusing on diverse areas, such as fashion, virtual concerts, and performances.
3	3	Metaverse is a neologism and describes "online" "universes" available via "VR". MMORPGs are an implementation of Metaverse-like-concept focusing on gameplay elements. Across all four mediums, Metaverse is "virtual world" using "VR" technology. Academic papers focus on "human experience", virtual worlds, and virtual objects. News and social media focus on the economic and social factors involved in the metaverse.
4	4	Metaverse has great business and education application potential, currently mostly games. It's a "shared" "virtual" "space" that provides information in "real time". People's "life" will become intertwined with the network as they are "transforming from real space to virtual space" (physical-virtuality) by shifting their lives, employment, property and information to virtual space. It'll enable learning across time, location, and space. Use in the broadcasting industry is explored. It allows to "break the barrier of external reality conditions".
5	-	No definition provided
6	5	The metaverse is a "3D" "shared" "open" "virtual" "online" "space" that people can "move freely" through and "interact" with, using a "personalized avatar" (virtual identity) as they pursue gameplay, "social communication" and "commerce" with virtual "friends". "Various metaverse platforms" exist but it shall be "interoperable" / allow users to transfer avatars/worlds/businesses/friends lists among each other and teleport to different worlds from a lobby. It shall have a "scalable" architecture as well. The metaverse will become a place where salesmen will come to sell their wares, virtual and real. Applications in games industry. It's the "internet 4.0" in "sheep's clothing".
7	-	No definition provided
8	6	Corporate-controlled metaverse platforms: A Metaverse is a "persistent" and "immersive" "simulated world" that is "experienced" in the "first person" by large groups of simultaneous "users" who share a strong sense of "mutual presence" (public sphere). It can be a fully "virtual environment" (i.e., a Virtual Metaverse) or it can exist as layers of virtual content overlaid on the real world with convincing spatial registration (i.e., an Augmented Metaverse). "AR" and "VR" technologies are a part of the metaverse and focus on "interactivity" and allow for "real-time" "tracking" of the users. The definition should allow for self-contained worlds rather than solely a single interoperable metaverse. There will be "multiple metaverse platforms" that will track all kinds of data from "facial expressions", "speech", "emotional state", "body tracking" and more. Agenda-driven "AI agents" in form of "avatars" will be able to approach users and interpret their data. "Platform" providers controlling the metaverse will not just know how their users physically act and interact, but how they emotionally react as they traverse "real and virtual spaces" (physical-virtuality).
9	7	Metaverse emphasizes "real-time" "interaction" and information "interconnection" and mainly relies on the "Internet of Things" to provide technical support. "Voice", Images, "micro expression" and "body language" can be effectively perceived by metaverse. Metaverse supports "large-scale users" to be "online" simultaneously. "AR", "VR", "brain computer interface" and other "interactive" technologies are used to improve "immersion" of the "virtual" "world". Metaverse achieves a high degree of "synchronization between the virtual world" (physical-virtuality) and the real society, and improves user participation by reducing the threshold of "content creation" with the help of advanced "cloud computing", "5G", "blockchain" and "AI" technologies. Everyone has a unique "identity" and value. "Human beings" can realize "real-time" interaction and enter the artificial virtual world by virtue of "VR devices", "mobile phones", computers. This ecosystem contains "user-centric" elements such as individual identity and a "virtual economy".
10	8	Lately, this vision of an interconnected virtual space for people to work, learn, play and share experiences with others has been formulated as the so-called "Metaverse". It will rely heavily on "XR" and "blockchain" technology. XR devices collect "large amounts of data" (big data), including "biometric data" (e.g., eye gaze and body movement data) that are primarily used as "Natural User Interfaces" (NUIs) or for the proper functioning of technologies and "services". It's vision described an "enhanced, interconnected virtual space" where "users" will be able to "interact", play, work, learn, and exchange together, through the use of XR. Along with Web3.0, the metaverse represents the "next evolution of the internet", which represents a paradigm shift in terms of "HCI", "ubiquity/pervasiveness", and "decentralization". The Metaverse represents an evolution of this vision to an even more immersive and interconnected extent, and a much bigger scale. One aspect of the metaverse is the development of "cross-platform, interconnected experiences" across the XR spectrum.
11	9	Web3D Consortium Metaverse Vision: The Metaverse vision of "shared" "digital" "worlds" been established in the past. A fully successful 'Metaverse' will not be collection of separate "walled gardens" or "microverses". Rather, we see it as a constellation of connected "multi-dimensional" realistic and/or fantasy computer generated (i.e. virtual) or augmented worlds in which people will work, learn, play, buy, sell, communicate, collaborate, "interact" and travel, pursuing their tasks "without the constraints of physical space and time". A "Unified Metaverse" will require all of the above as well as the ability to move between 'microverses' without dropping out of 3D mode. Such unification will require "interoperability" and this interoperability will require an open Web "standard" and a technology to facilitate seamless movement between worlds. Therefore, the Metaverse will emerge as a property of the current primarily 2D WWW with interconnection and interoperability between "online", "networked" microverses created, as is the Web, by individuals, corporations and institutions. "Interconnection" between microverses will be provided by the "WWW" itself. These virtual multimedia and data-driven worlds can be experienced synchronously or asynchronously at a WWW address. This has been a reality of virtual reality and Web3D for over 20 years. Web3D's vision of the Metaverse is one that is "open/accessible" and "unified" with "seamless" movement between diverse world without leaving the immersive "3D environment" "experience". It allows "users" to use an "personalized avatar".
12	-	Not published in 2022

13	10	<p>Minimal Metaverse: The metaverse is built mainly through virtual reality "experiences". It consists of "immersive", "shared" "virtual environments/worlds". It is a "parallel universe" "merging physical and virtual elements" (AR). "VR" technology is able to reproduce the "user's" hand and head gestures. Meta has presented what "interacting" and working in the metaverse will look like. Apple has a different vision and believes that the metaverse would be accessed rather through augmented reality glasses.</p> <p>Emotionally Augmented Metaverse: It shall utilize "physiological sensors" for commercial headsets to allow emotionally augmented interactions in the metaverse. Emotionally augmented "avatars" are able to visually represent stress or other "emotional states" that might not be visible at a human glance in real life. "Automatic tailoring of metaverse content" based on the desired emotional response should be possible. (content creation) The road towards an emotionally augmented metaverse is still long and many studies should still be conducted for providing emotionally rich experience in the metaverse.</p>
14	-	No definition provided
15	11	<p>Minimal Metaverse: "Immersive cyberspace", known as the Metaverse. Various functions of "life" will be "online" in the "virtual" "world". The metaverse refers to an immersive "Internet", characterized by an endless and gigantic "virtual environment" that is able to accommodate a "million users" for activities (e.g. "content creation") simultaneously. The metaverse is initiated by the concept of "digital twins". Also, there should exist "digital assets". Multimodal interaction in virtual world as well as "real-time", "presence", "realism" and "3D" graphics regarding virtual scenes and "avatars".</p> <p>Interplanetary Turn-based Metaverse: It allows for multimodal interactions. Non-real-time turn takings. When the AI-driven embodied agents meet the Metaverse, the avatars, perhaps assisted by AIs or intelligent agents, can interact with other avatars in such an interplanetary virtual environment. Captured data from the user's facial expression, physical body movements, and other internal states (biosignals) can be converted into a dataset representing the user interaction trace mapping to conversation dialogues. The avatars, as a type of digital twins, can leverage the dataset to reconstruct and manage high-resolution user interaction in the Metaverse, including verbal communication (e.g. text) and non-verbal interaction. There is a trade-off between "user experience" and resource allocation. Intermediary spacecraft that operated as a Metaverse server. AI-based behaviour modeling will be the core of these digital twins.</p>
16	12	<p>"Metaverses" bezeichnen "immersive" "virtuelle" "Welten". Mittlerweile existiert eine Vielzahl von Anwendungen unterschiedlicher technischer Mächtigkeit und Verbreitung. Metaverses sind "virtuelle Begegnungsräume". Dort können "Nutzer" in einer "virtuellen Umgebung" "dynamisch" über "Video und Audio" kommunizieren. Meist sind auch bei diesen Tools neben einem Chat für die Teilnehmenden verschiedene andere Werkzeuge zum kollaborativen Arbeiten als Integration verfügbar. Das zentrale Konzept liegt in der "selbstbestimmten Bewegung" im Raum (control), wodurch "Kommunikation" und "Kollaboration" "flexibel" und fließend aufgenommen und beendet werden können. Dies ermöglicht die Chance auf eine "Immersion".</p>
17	-	No definition provided
18	-	Definition is not complete
19	13	<p>Minimal Metaverse: Metaverse is the "future of the internet". It's a "3D" "virtual" "world" of "online" "social networking" and a "persistent" and "decentralized" 3D "virtual environment" in which "users" "interact" via highly "customizable computer avatars". It related to a collection of technological devices that are related to "IoT", "blockchain", "AI" and many other areas. Data in "a metaverse platform" has a special identification tag and can be used as "traceable data" in a "blockchain"-based system. Users may access the metaverse virtual space through "VR glasses", "augmented reality glasses", but VR is the most immersive method. "Digital assets" and private information are associated with a person. It's a necessity that "sensors" interact with a "real-time" virtual world. Four important factors of a fully functioning Metaverse (integrated network of 3D virtual worlds) exist: "Realism" ("emotional user experience"), "ubiquity/pervasiveness" ("accessibility"), "interoperability" (synchronicity & continuity of digital assets and user movement), and "scalability".</p> <p>Finger vein: Finger vein is a biometric feature hidden beneath the skin. It is more secure in person verification than other hand-based biometric characteristics (e.g. finger print, etc.). A finger vein recognition system is developed based on a convolutional neural network and a anti-aliasing technique. Reliable identity verification system ("authentication") to protect "identities" in the Metaverse from identity theft.</p> <p>Old Metaverse: It differs in hardware, software, and contents.</p>
20	14	<p>Minimal Metaverse: Metaverse is a large-scale ("vast") and "interoperable" "network" of "real-time" "3D" "virtual" "worlds". It is a "universe" of "digital" "life" as its basic form, in which rich content is created and operated jointly by all participants ("collaborative content creation"). Any image, content, wealth, etc. can circulate in the metaverse. It allows for collaborative governing by multiple intelligences, reducing the cost of production and operations and increasing the real and virtual value of products. Finally, the metaverse brings excellent "openness". An essential feature of the metaverse is the commitment to "decentralized" "virtual reality". All "users" can have "ownership" of their data ("digital assets") and digital resources without interference from any third party. "Blockchain" technology decentralization, no licensing centre, no trust mechanism, and automatic incentives provide a decentralized "network environment" for the metaverse. There is a high degree of "freedom" in the metaverse. There are various physical technologies and devices for "accessing", "interacting", or developing the metaverse.</p> <p>Metaverse Manufacturing: Metaverse manufacturing is the integration of metaverse thinking into manufacturing industry. It needs a technological foundation of the digital twin, artificial intelligence, and blockchain. Virtual-Real symbiosis manufacturing shall be part its process. A value-driven system is required. The generation and interaction of data accompany all activities in metaverse manufacturing. It is blockchain-based, fully connected and enables trusted manufacturing. IP avatars as well as AR/VR/MR can be used to realize effective personalized advertising at a small cost. Investing in goods such as physical assets, service assets, digital assets (such as NFT) and data assets (Data shared as a resource) will jointly bring endless benefits to asset owners. 5G technology is the source of metaverse manufacturing data. A smart contract will authenticate the data collected by the hardware and processed by the gateway, and the authenticated data will be packaged and encapsulated. The blockchain-based system provides four metaverse essential services: data capture and query, data analysis, smart contract audit, and data traceability and visualization.</p>
21	15	<p>Snow Crash Definition: "Internet-based" "virtual world" featuring "user-controlled" "avatars".</p> <p>Article's Metaverse: The Metaverse required "real-time", "low-latency" "networking" to enable many "participants/users" to "experience" "seamless interaction". Necessary advances include sense and "brain interfaces" ("multimodal input"), which will enhance "immersion". They are the basis for "VR" and "AR" achieved through devices connected into a "cloud computing" back end. Running multiple metaverse deployments requires "interoperability", which requires "open standards". People will be represented by avatars. "Digital artifacts/objects" can be "digital twins" or a simple object representation. Digital Twins are one of the entities populating the metaverse. "AI" will enable automatic behavior of dynamic things in the metaverse. Metaverse is a large-scale "economy" and the intersection between the economic and technological dimensions is enabled by "blockchain" technology and "NFTs". "Personalization" of the metaverse shall be possible. The metaverse can be viewed as a "large-scale" (vast) "societal" experiment. The intersection between social and technological aspects in the metaverse is based on "remote presence". The metaverse will need to be "persistent", live ("synchronous") and interoperable as well as include a fully functional economy.</p>
22	-	Definition is not complete
23	16	<p>Metaverse (MS) is a "digital" "universe" "accessible" through a "virtual environment". It is established through the "merging of virtually improved physical and digital reality" (physical-virtuality). Metaverse (MS) offers "enhanced immersive experiences" and a more "interactive" learning experience for students in learning and educational settings. It is an expanded and "synchronous communication" setting that allows different "users" to share their experiences. Metaverse system (MS) is a "digital" "space". It can be described as an "interoperable" and massively ("vast") scaled "network" of "real-time" rendered "3D" virtual "worlds" that can be "synchronously" accessed by an "unlimited number of people" with a personal sense of "presence". "Virtual Reality" (VR) has all the characteristics of completely synthetic sights. "VR headsets" include common methods of user interaction, such as head tracking or tangible controllers.</p>

		<p>Users in the MS will develop content in the "digital twins". "Users can generate content" in commercial virtual environments.</p> <p>A method to interact (via gestures, text, voice, and other means) ("multimodal"), and a manner of sharing information and modify objects is a prerequisite of a virtual world. How users perceive "virtual objects" and "multiuser communication" in virtual shared space will be crucial elements. Users in a virtual "shared" space like MS must "collaborate" synchronously with any changes or interactions from the physical equivalent, like "augmented reality" (AR), "mixed reality" (MR).</p> <p>The basis of creating the MS is to blend the contemporaneous behaviors of all the objects, "avatars" symbolizing their users, and their interactions. "Personalised experiences" and interactions are the main features that make Metaverse effective.</p>
24	17	<p>The metaverse "seamlessly integrates" the "real world and the virtual world" (physical-virtuality), and conducts rich "activities" such as "creation", display, and trading. The metaverse is loosely defined as an extensive "online" "world" in which people "interact" via digital "avatars". It aims to be an "open", "shared" and "persistent" virtual world that offers accesses to the "three-dimensional" (3D) virtual "spaces", solutions, and environments created by "users". On the other hand, various virtual technologies create the ways to "access" metaverse. For example, "virtual reality" (VR) is one of technologies to create 3D virtual environments. While people can enter the metaverse via an "internet" browser and a "crypto wallet", and provide a more "immersive" "experience" through virtual reality headsets, users can only see the online world. In contrast, "augmented reality" (AR) superimposes "virtual objects" on the user's perspective of the physical world.</p> <p>The virtual world of the metaverse generates the volume, variety and velocity of data, such as structured and unstructured data, making "deep learning-based" (AI) "digital twins" essential.</p> <p>The "economic system" built by metaverse based on "blockchain" technology mainly integrates the virtual world and the real world in the economic system, social system, and identity system. The time attribute in the metaverse is "retroactive" and can be "discontinuous", which means that a user can explore any point in time of the past.</p> <p>"IoT-based wireless sensing" technologies will be important for "human-machine interaction" (HMI) of metaverse users and hereby enrich the basic constructions of metaverse world. Anyone can safely and freely engage in "social activities" that transcend the limits of the physical world.</p>
25	18	<p>The Metaverse will utilize "head-mounted devices" (HMDs) and "extended reality" (XR), including but not limited to "virtual and augmented reality" (VR/AR), as the medium to connect "avatars" and "users" in the real world. In addition, the Metaverse is supposed to provide "gamified experiences" around emerging "Web 3.0 technologies" and is anticipated to be the precursor of the so-called Multiverse, which will serve as an architecture of advanced XR experience realms. The Metaverse will utilize the following hardware and software components: "Hand- and non-handbased input devices", "scene/object/sound/speech recognition and synthesis", "motion rendering", and last but not least headmounted devices (HMDs).</p> <p>One of the most recent books on the Metaverse, consolidated various perspectives to give the following central definition of the Metaverse: "The Metaverse represents the top-level hierarchy of "persistent" "virtual" "spaces" that may also interpolate in real life, so that "social, commercial, and personal experiences" emerge through Web 3.0 technologies." In addition to incentivizing transactions, the Metaverse should provide gamified experiences, given that gamification will encompass the activity and story around emerging Web3.0 "non-fungible tokens" (NFTs). It will be a network of "interconnected" experiences and devices far beyond mere VR. The Metaverse will be about being inside the "Internet" rather than simply looking at it from a phone or computer screen. A "massively scaled" (vast) and "interoperable" "network" of "real-time" rendered "3D" virtual "worlds" that can be experienced "synchronously" and persistently by an effectively "unlimited number of users" with an individual sense of "presence", and with "continuity of data", such as "identity", history ("traceable data"), "entitlements", "objects", "communications", and payments ("economy").</p>
26	19	<p>Minimal Metaverse:</p> <p>"A metaverse" is the evolution of "AR/VR" technologies toward "interconnected" "virtual" "worlds". Metaverses are developed based on the most advanced means of "visualization", "sensing" and "wireless communications". In addition, metaverse leverages the latest achievements of "AI" and "blockchain" technologies to achieve a truly "immersive" "user experience" with "synchronized realities". Currently, metaverses are limited mostly to virtual worlds, where users can be engaged only through the "VR headset" and purchase "virtual items" as unique "non-fungible tokens" (NFTs). It must achieve a "real-time" "interactive" "high-resolution" rendering of "3D" worlds and objects.</p> <p>However, in the foreseeable future, a VR-based metaverse is expected to converge with AR glasses, wearable devices and existing IoT infrastructure to "synchronize virtual and physical realities". (physical-virtuality)</p> <p>Metaverse of Things (MoT):</p> <p>MoT is composed of real people or things and their corresponding digital twins, which are synchronized across virtual and physical realities. Soon wearable devices, AR/VR glasses, earphones, watches and haptic sensors will be able to operate as a decentralized "smartphone" for the metaverse, which will enable immersive user engagement in a rich set of applications by all available human senses (multimodal) and personal metadata. MoT imposes an underlying 5G/6G mobile network infrastructure. To ensure precise synchronization of the data flows and strict end-to-end QoS guarantees, we use unique NFTs for each application and each separate data flow, which are managed by smart contracts among UEs and MNOs based on the underlying blockchain infrastructure. In this section, we review the key technological trends, which are essential blocks for the MoT concept, such as IoT, digital twins, blockchain, AI, 6G, AR/VR, etc. Haptic communications providing immersive user engagement by enriching the sensory experience in many critical aspects of industries. It is clear that synchronization between physical and virtual worlds will heavily rely on the use of AI-based data processing algorithms.</p>
27	20	<p>Minimal Metaverse:</p> <p>With the recent advent of "virtual reality" (VR), "5G", and "artificial intelligence" (AI) technologies, "people" (users) can now interact in a metaverse, an "interconnected", "shared" and "persistent" "3D" "immersive" "virtual world/environment". It contains, "Avatars" and "AI agents" regarded as "digital twins".</p> <p>VR-based Social Metaverse:</p> <p>Metaverse users would be more satisfied if their 360-degree VR viewports show personally preferred users (personalization). There are four unique advantages over traditional social VR: Customization, Co-presence, Non-occlusion rendering, Liveness.</p> <p>Users can enjoy social interactions together and view customized recommended digital twins by leveraging personalized display. Customizing the rendering of surrounding users helps improve the social experiences with VR.</p>
28	21	<p>The metaverse refers to a "collective virtual/digital environment" on the "Internet" that "incorporates both the physical and digital world" (physical-virtuality) as empowered by "extended reality" (XR) technology for "immersive" "real-time" "interaction" and "collaboration". Other "access" devices e.g. "mobile phones" and "display walls" are possible but standalone XR devices e.g. "VR headsets" (HMDs) enhance one's "experience" in the metaverse.</p>
29	22	<p>Minimal Metaverse:</p> <p>Metaverse "environments" are a "three-dimensional" "virtual reality" that uses "avatars". Sensitive user data such as "identity", "password", and "biometric information" are managed by each platform server. "Metaverse platforms" aim to provide a more "realistic" "experience". In a metaverse environment, users can "access" various virtual "spaces" using "smart devices" such as "goggles" and earphones, and engage in various remote and virtual "activities" including education, travel, and trade, using avatars. In other words, a metaverse environment can be defined as a three-dimensional virtual reality in which "social, cultural, and economic activities" are possible using avatars. Thus, the metaverse environments can provide more "immersive" "experiences" than existing online environments and they are expected to be used widely. "Users" can "communicate" with the platform servers and transmit their physical information such as "gaze and motion data" using their smart devices. The platform servers provide various virtual spaces to the users and render the user's avatar in "real-time" using the received "physical data". In addition, the users can utilize their avatars to communicate with other avatars for "interactions" such as trading and chatting through the platform server. "Virtual assets" are also associated with a user.</p> <p>Proposed Metaverse Environment:</p> <p>In this system model, user identification data are managed transparently using blockchain technology.</p> <p>In addition, we proposed a secure mutual authentication scheme between users and platform servers and between avatars and avatars using ECC and biometric information.</p>
30	23	<p>Minimal Metaverse:</p> <p>Recently the metaverse is seen as an "online" virtual and multiplayer games enabled by social interactions, training and trading creatures, and virtual "economy" with "nonfungible tokens" (NFTs).</p> <p>Technically, the metaverse pursues 1) a comprehensive virtualized or "virtually-physically" fused (physical-virtuality) "immersive" "experience"; 2) an online or "cloud-to-device" "3D" "interactive" "world" with "human and device interfacing" (HCI) and teaming; 3) a vivid application for demonstrating the metaverse design, applications and "services"; 4) a rich ecosystem with trading markets, financial services, economic activities, and "social" services; and 5) a suite of enabling technologies for infrastructure, interfacing, interaction, design and development tools.</p> <p>"DeAI" is a critical enabling technique for smart blockchain, Web3, the metaverse, and DeSci. The Metaverse upgrades the initiatives of "digital twins" and "virtual reality". The metaverse forms a "virtual society" and a virtuality-reality continuum.</p> <p>Smart Metaverse:</p> <p>The smart metaverse is thus essential to make the digital or dual world smarter and incorporate AI success in the physical world with the metainiverse. This includes enabling digital agents (intelligent avatars) and society with intelligent capabilities of understanding, perceiving,</p>

		reasoning, communicating, analyzing, learning, optimizing, planning, and reflecting on their self and societal behaviors, activities and consequences in the digital world and intelligent interactions, cooperation, communication and problem solving between agents, between agents and humans, and through teaming and alliance in the cyber-physical social world (CPSS) over time, space, and episode. Smart virtual-reality Metaverse synthesizes DeAI, blockchain Web3.0 and other relevant technologies for smart immersive digital and virtual-physical applications and services.
31	24	<p>DeAI: DeAI aims to develop decentralized intelligent systems and services. It lightens and advances smart blockchain, Web3, the metaverse, DAOs, and DeSci, and their ecosystems. New areas of cloud edge learning, federated edge learning, mobile edge learning, and blockchain edge learning will become paramount in the metaverse.</p> <p>Ideal metaverse: Metaverse "seamlessly integrates the real/physical world with the virtual/digital world" (physical-virtuality) and allows "avatars" to carry out rich "activities" including "creation", display, entertainment, "social networking", and trading. Avatars of "human players", their creations, and consumption in the metaverse affects the physical world and change behaviors of people in the physical world through the influence of people's thoughts. The "economic system" of metaverse must be constructed in a "decentralized" manner such that the "virtual assets" of avatars could be traded efficiently in metaverse. Advances in "AI" have brought promising solutions to overcoming the challenges of metaverse development, such as "Big Data" analytics, "AI-empowered content generation", and "intelligence" deployment. State-of-the-art technologies as enablers are "high-speed networks" (e.g., "5G") and "edge computing", "Blockchain", and AI. From the more idealistic perspective, metaverse should be "interoperable" such that "users" can trade virtual items like clothes or cars from one "platform" to another. Not only metaverse users, but the objects or things in the physical world also "interact" with the metaverse, evolving to "persistently" represent the structure, behaviors, and context of a unique physical asset in the virtual world ("digital twins"). Metaverse has a "significant number of users". AI and blockchain are promising technologies to build a "scalable", "reliable", and efficient metaverse. They enable the Metaverse to create a digital virtual world where anyone can safely and "freely" engage in social and economic activities that "transcend the limits of the real world". The key characteristics of a metaverse (e.g., "identity", "friends", "immersive" "experience", "low friction", "civility", economy, "anywhere", "variety").</p> <p>Their separate vision: An open, fair, and rational future metaverse. To enable an intelligent and secure metaverse, we think that key technologies such as AI and blockchain should be fused with the metaverse. Therefore, we review the related studies that can offer us inspiration in the following sections. Intelligent voice services provide Voice recognition and communication, for metaverse users. Digital twins are instrumental for the establishment of metaverse environment and require real-time data. The proposed framework is scalable to satisfy the demands of smart city services. In the open and decentralized metaverse, deep reinforcement learning (DRL) is expected as a promising alternative for automated trading in the metaverse ecosystem since DRL can enable the well-trained agent to make the decision automatically. The future metaverse needs cryptocurrencies. NFTs enable avatars to generate the content that can be traded with their digital certificates. Smart contract technology offers a trustworthy environment for all participating entities in the metaverse.</p>
32	25	<p>Full vision of Metaverse: The Metaverse is a "parallel", "virtualized", and "digital" "open world". The Metaverse allows users to "access" virtual worlds through "mobile smart devices", "wearable devices" such as "VR glasses", "body suits", and "BCIs", enabling "real-time" "gameplay" "anywhere". Metaverse strives to connect "billions of users" and created a "shared" world where "virtual and reality merge" (physical-virtuality) and thus be "scalable". The full vision includes "immersion", "materialization", and "interoperability". Metaverse allows to "interact" and share digital data. The Metaverse needs "mobile communication platforms" to provide "ultrahigh bandwidth", "ultra-low latency", "ultra-high reliability", and more "intelligent" "services". In terms of the prospect of "user experience", "human-machine interaction" (HCI) is the core technology of the Metaverse. The Metaverse is a virtual world that is "interconnected" with the real world and exists in "parallel", and it has the same digital information security issues as the real world. Metaverse infrastructure involves "network" architecture, a "communication" platform, virtual technology, hardware facilities, intelligent algorithms, etc. In addition, the Metaverse involves "human senses", psychology, thought, and morals. The Metaverse coexists and interacts with the real world, which is an "online" and shared virtual reality world. In the Metaverse, users can get the same experience as the real physical world through "customized 3D virtual avatars". Sensory stimuli generated by the user's avatar in Metaverse can be transformed into reality through VR equipment and "somatosensory". One of the essential goals of the Metaverse is to provide users with a "multi-sensory" immersive experience. "Wearable devices" can read and store the user's personal "identity" data. Specifically, the Metaverse has the following features: 1) Immersive: "XR" technology such as "VR/AR" "HMDs", "MR", and "intelligent wearable devices", and "BCIs". 2) Multi-technology: AI technology such as "digital twin", XR, "blockchain" for "economy", "computer vision" etc. 3) Interoperability: Services such as virtual clothes and purchases can be used in various scenarios of the Metaverse. 4) Sociability: This interactive behavior has the characteristics of real-time, accuracy, and "diversity". 5) "Longevity": Avatars realize permanence of life value. User's avatar, behavior, "assets", and other data are stored in the metaverse for a long time. The virtual layer of the Metaverse architecture is for the immersive experience and includes virtual environments, services, "currencies", and all behaviors of avatars in the virtual world. "Social networks", economic systems, and business activities. Purchasing of "virtual goods" and building "smart cities" to provide advice for urban development and construction. The technical layer of the Metaverse architecture includes cloud computing for many computing- and storage resources. "Big data" and "Mobile Edge Computing" which is an extension of "cloud computing".</p> <p>6G-enabled edge AI empowered Metaverse: Federated learning (FL) is introduced for their Metaverse Framework. Smart IoT devices are used to generate data stored locally in the physical world without being shared.</p>
33	26	<p>Minimal Metaverse: The "metaverse(s)" refers to a concept of a "persistent" "digital" "world" that converges technologies like "AR" and "VR" with physical reality ("physical-virtuality") and succeeds the "internet" of today. It strives for "immersive" venues for "social interaction" over a distance. AR/VR allows for "verbal and non-verbal communication" channels.</p> <p>Social VR: A novel venue for mediated social experiences is Social VR, an emerging ecology of commercial applications for avatar-based remote social interaction in shared virtual environments using VR technology (i.e., HMDs). Social VR offers embodied and immersive social experiences comparable to face-to-face interaction due to its verbal and non-verbal expression capabilities and the variety of social activity contexts it offers. It strives to achieve interpersonal relationships. Sharing of personal physiological information, including facial features (e.g. through avatar creation or facial tracking), behavioral patterns, and voices. Biometric data can be used for effective use of the system.</p>
34	27	<p>Metaverse: The Metaverse, deemed as a hypothetical "next-generation Internet", aims to be a "utopian" convergence of various "virtual environments" and eventually "blend the physical and digital world" (physical-virtuality). The Metaverse strives to create a "shared" "virtual" "world" by bridging all virtual environments through the Internet. "Users" "interaction" with the virtual environment is required in the Metaverse. The full-fledged Metaverse should offer "social interaction", "user experience" and much better "avatar" "embodiment", for example, by recreating the full-body motion via kinematics, to provide a truly "immersive" "experience". The Metaverse shall serve "billions of users" simultaneously in the shared, "interoperable" virtual world. The "network" infrastructure and system architecture of the Metaverse should be designed with "scalability" in mind, differently from the current practice. Popular social VR platforms are one of the key enablers of the Metaverse.</p> <p>Social VR: Social VR platforms can be viewed as a rudimentary prototype of the Metaverse. Social virtual reality enables users around the world to interact and socialize with each other in a shared, interoperable, and virtual environment. In a virtual social world, users are embodied by digital avatars (i.e., a first-person rendition via 3D models). Social VR platforms offer numerous features that can be divided into two categories. As basic features, these platforms all enable users to walk and chat in a virtual space (e.g., a conference room). In terms of advanced features, users can interact more with each other and the platforms, such as playing games, creating user generated content (UGC), and shopping/trading with non-fungible tokens (NFTs). Avatar appearance on social VR platforms can affect the immersive experience of users, including their sense of identity, presence, co-presence, and interaction with others. A wide range of topics of social VR has been studied by HCI researchers such as interaction with avatars and interpersonal relationships.</p>
35	28	Metaverse, a new "social imaginary".

		<p>Metaverse is an extension of the "internet" that may be developed through advances in a number of digital technologies, such as artificial intelligence, augmented reality and virtual reality, as well as new technical infrastructure and standards. The metaverse has been framed as a vision for the near future, a new understanding of our "virtual environment" and a natural extension of our social technology.</p> <p>Metaverse-relevant emerging technologies, such as "virtual-reality headsets", "augmented reality" sensors, "blockchain", and so on.</p> <p>The "social space" of the metaverse promises fidelity and "sociality" of the digital "experiences". The metaverse is positioned as an inevitable, industry-wide development characterized by "presence" and "closeness" and designed in a "person-centered" way that will enable a new "economy".</p> <p>"Natural interactions" such as gesture and eventually thought, and "high-density displays" will afford vivid and lifelike views.</p> <p>In the metaverse, people who are physically far away will be able to experience "co-presence" and "teleportation" will be possible. It shall be "interoperable" and therefore enforce industry-wide "standardization" and cooperation. "Creation", "customizable avatars" and "digital objects" will be central to how we express ourselves, and this is going to lead to entirely new experiences and economic opportunities using "digital goods".</p> <p>A "billion people" should use the metaverse.</p> <p>The emerging social imaginary of the metaverse suggests the development of a new "universe" for us to inhabit beyond our current one, carving out a new, "utopian" "space" within our existing universe.</p>
36	29	<p>"Virtual Reality" (VR) "experience" "escapes" allow individuals to spend hours on end in immersive "virtual environments" and "interact" with "content" in a world that is providing "shelter" and illusion of an "alternative reality" – the metaverse. It is an alternative world completely in the virtual "space". It is a virtual "ecosystem", which lets us enter a new chapter on VR consumer experiences.</p> <p>Engaging in "fully immersive" virtual worlds where consumers can experience a heightened sense of "presence" can evoke feelings of euphoria and stimulate addiction to the content.</p> <p>Negative psychological consequences of consumer-centered VR consumer experience escapes in the metaverse will affect "social interactions".</p>
37	30	<p>Minimal Metaverse:</p> <p>The metaverse is regarded as a new wave of technological transformation that provides a "virtual" "space" for people to "interact" through "digital" "avatars". To achieve "immersive" "user experiences" in the metaverse, "real-time" "rendering" is the key technology.</p> <p>Real-time rendering technologies (e.g., "extended reality" and "spatial sounding rendering") are considered to be the main interaction interfaces, which might cause a large quantity of computing.</p> <p>The number of "mobile devices" connected to "communication" "networks" will increase sharply with the advent of the metaverse. ("many users")</p> <p>There are "graphic and audio rendering" "services" in the metaverse.</p> <p>The virtual and physical environment can be blended together" in the metaverse (physical-virtuality). To achieve the immersive user experience either avatars or "3D" or "holographic digital media" can be used.</p> <p>Users have "many perception dimensions" in immersive "experiences" due to computations of graphic rendering and sound generation.</p> <p>Vehicular Metaverse:</p> <p>The vehicular metaverse integrates extended reality technologies and real-time motion data seamlessly to blend virtual and real space for drivers and passengers in vehicles, which is an emerging in-vehicle entertainment segment for the automotive market. It allows passengers and drivers to interact with a different reality during the vehicle ride.</p> <p>Vehicular metaverse services present the seamless fusion of virtual and real worlds for passengers with Virtual Reality (VR) or Augmented Reality (AR) technologies, which allow passengers to entertain themselves in vehicles. Passengers can see virtual scenes or objects through front windshields and side windows with the help of metaverse Internet of Things (IoT) devices. Blockchain can manage the interactions among entities in the metaverse by a decentralized, tamper-proof and transparent manner. Blockchain is utilized to achieve the decentralized management for Coded Distributed Computing (CDC) in the vehicular metaverse. The vehicular metaverse mainly includes the virtual world, physical world and interaction layer. Passengers can immerse themselves in the fusion of virtual and real scenarios through the interaction layer.</p> <p>The immersive user experience is a significant part of the interaction layer. CDC rendering task can be done by utilizing workers and miners.</p> <p>The metaverse is "virtual" "world" that contains "avatars" of real-life people. It may become possible for people to "experience a whole range of emotions" in the metaverse. Supporting infrastructures, such as "5G", "virtual reality", "hologram technology" and advanced "graphic and data processors" would have to be developed and integrated simultaneously. The key characteristics of metaverse are, a "span from physical to virtual worlds" (physical-virtuality), a fully fledged "economy", and unprecedented "interoperability". "Users" take their avatars and "goods" from one place into the metaverse to another, no matter who runs it. No one company will run the metaverse. It will be an "embodied" "internet" operated by many different players in a "decentralized" way.</p> <p>It can be viewed as a "parallel universe" existing alongside the real world where "human beings" possess an avatar that resides in the metaverse, and virtual reality would be one of the many "access points".</p> <p>Users interact through their avatars in the "limitless" metaverse.</p> <p>In the metaverse "ecosystem", a way forward would be to view it as a "virtual community" existing in parallel to our real-world community. In the metaverse, "identity" is important. Preventing identity theft can be a problem in "metaverse platforms". The metaverse would "remove all barriers to freedom of interaction" and it would store "personal data".</p>
38	31	<p>VR platforms:</p> <p>It seems that virtual reality platforms will be invasive as companies will be able to monitor facial expressions, physiological responses and biometric data.</p>
39	32	<p>The metaverse is a "universal and "immersive" "virtual world". "A metaverse" is a "three-dimensional" (3D) "shared" virtual "space" in which "users" may carry out all actions via the use of augmented ("AR") and virtual reality ("VR") technology. The metaverse is often characterized as a "future version of the Internet". Using AR, VR, and "extended reality" (XR). Metaverse is influencing cognitive processes and letting the "users experience" the sense of "presence", i.e., the feeling of "being there". Metaverse makes the digital "identity" of each person in virtual reality analogous to their physical selves using "avatars".</p> <p>Metaverse enables real-world applications to achieve the highest degrees of "experience-duality" (real-virtual applications), including shared, "open, and "endless" virtual worlds". The metaverse would make "interoperability" across platforms representing various virtual worlds possible, allowing users to develop and share "content" between virtual worlds. It establishes a "seamless integration" with the existing physical reality ("physical-virtuality"). Realizing the metaverse depends on the advancement of AR, VR, "AI", "high-speed networks", "edge computing", and hyper ledgers (or "blockchain"). The metaverse can help build seamless, shared, "concurrent, and immersive virtual worlds". The metaverse "eliminates geographical limitations". The metaverse will function as a "neutral area" where all parties may meet on an equal footing. The metaverse should allow to make "friends" more easily. The combination of the capacity to construct virtual places in the metaverse with the potential of "social media" to create shared "online" worlds is will allow us to experience social media in unprecedented ways. The metaverse will make learning more "accessible" than ever before. The metaverse is highly dependent on VR, AR, and "MR" devices. It will exist as a "massively parallel world" to our own. Metaverse will be much more than a "gaming platform". It will be an additional "global online marketplace" ("economy") with "billions of users". With so many "currencies" and "cryptocurrencies". In "cloud data storage", for "digital assets" acquired with bitcoin, these new technologies demand enormous amounts of energy. Although "5G" will reduce the energy cost per unit of data, it will increase energy consumption relative to earlier technologies. "5G/6G" communication systems enable users to be visually and physically engaged in a "virtual environment" while using AR/VR and "haptic technologies".</p>
40	33	<p>The Metaverse is "surreal", "not limited to the law of physics". It offers an "immersive" "experience" and user "activities".</p> <p>The Metaverse requires a "high number of active users" and service providers (private companies, but also governmental offices). It is an "virtual reality". This article uses the definition of the author and former head of strategy at Amazon Studios, Matthew Ball, as he defines the Metaverse as "persistent", "synchronous & live", providing each user with an individual sense of "presence", a fully functioning "economy", "bridging the digital and physical worlds" (physical-virtuality), offering unprecedented "interoperability" of data, "digital items & assets", and "content". It is comparable to today's "social media" created and operated by a high number of contributors. The Metaverse mostly manifests as "3D environment" with "user-controlled" "avatars". Even though, based on Ball's definition this is no mandatory requirement.</p> <p>Facebook's/Meta's concept is a universal user "platform", integrating a high number of "services" known from other websites and the physical world into the Metaverse to maximize the user's time spending on the platform. Microsoft focuses on professional usage and aims at corporations, including the involvement of the existing "Digital Twin" environment. Employees standing at the physical machine can via "Augmented Reality glasses", or directly the "smartphone", "access" the Metaverse to read manuals, write protocols, work with "real-time" data, and even "interact" with other avatars. The complete motions of an avatar could be stored in its log. ("motion tracking") The Metaverse offers the possibility to represent the individual's physical body, but also the user may choose a complete different one, up to fictive surreal creatures. ("personalized avatars"). Each user can personalize the surrounding making the perception different ("personalization"). A Metaverse platform allows users from all over the world to connect ("interconnected"). The "culture" embedded into the Metaverse may be different than the one from the user's geographical location.</p>
41	34	<p>The metaverse is a "new Internet application" and "social" form that integrates a large number of new technologies, such as "Internet of Things" (IoT), "cloud computing", "blockchain", "artificial intelligence" (AI), "big data". It is also the "integration of digital world and physical world" (physical-virtuality), "digital economy and real economy", "digital life and real life", "digital identity and real identity",</p>

		<p>"digital assets and real assets". It provides "immersion" "experience" based on extended real-world technology, generates "mirror image of real-world" (parallel world) based on "digital twin" technology, builds economic system based on blockchain technology, realizes full integration of virtual and real world, and allows each user to "produce" content and "edit" the world ("content creation/editing"). Its essence is an aggregate of relevant technologies and is the "next generation internet". "VR" is an important technology of the metaverse and it can "break the space limitation of physical scenes", customize the "personalized viewing angle" for "users". VR allows for a "360-degree view". For the Metaverse-driven VR, VR technology can be relied on to create a VR world in the form of "three-dimensional" "interaction", so that traditional "culture" can "break through the limitations of time and space". VR "image rendering" requires strong "real-time" performance, so offloading VR computing tasks to the cloud, edge servers or mobile devices can reduce the average processing latency and enhance "user experience".</p>
42	35	<p>The core of the metaverse is a "virtual" "space" "based on the real world", extending from "pan-entertainment experience" such as games and "social interaction" to "offline and online integration" of various "realistic" scenes. Its core elements include "extreme immersion" "experience", "rich content ecology", "social" system beyond time and space ("no time constraint", "no space constraint"), and "economic system" of "virtual and real interaction". (physical-virtuality)</p> <p>"Artificial intelligence" (AI) is still one of the important technologies to solve problems in metaverse.</p> <p>Metaverse-empowerment for football teaching: Teachers make 360-degree panoramic VR football teaching videos, which is more helpful for students to master football movements and devote themselves to training. Students can learn independently by watching 360-degree panoramic VR football teaching videos in advance before class, so as to realize the process of independent teaching and receiving.</p>
43	36	<p>The Metaverse is a "new Internet application" and "social" form that "combines virtuality and reality" (physical-virtuality). It provides "immersive" "experience" based on "extended reality" technology, generates a mirror image of the real ("realistic") world ("parallel world") based on "digital twin" technology, and builds an "economic system" based on "blockchain" technology. The "world" is integrated with the real world in all directions and angles, "allowing each user to create and edit it". The current "3D" vision theory and technology are gradually developing and mature, and the "interaction" styles based on technologies such as "virtual reality" (VR), "augmented reality" (AR), and "mixed reality" (MR) further enhance the immersion of the metaverse. In the current development, users' interactions and creations in the Metaverse have attracted attention, and users' creations have derived complex value chains, which support the sustainable development of the Metaverse world.</p> <p>Application of Metaverse in power system: The Metaverse is recognized by means of digital twin technology, Internet of Things technology and other means, and there is an energy storage power station system in the Metaverse. The Metaverse power system can provide technical support for the modeling, stability analysis, and operation control of new energy storage power station systems. Therefore, the Metaverse provides an effective tool for immersive simulation, which is of great significance to achieve the dualcarbon goal. Driven by the concept of the Metaverse, combined with digital twins, Internet of Things, new communication technologies, etc., the digital twin energy storage power station that is exactly the same as the physical energy storage power station is mapped in the digital space, virtual and real interaction, iterative symbiosis, so as to realize the whole field of energy storage power station equipment Perception, accurate fault judgment, accurate and clear positioning, and timely and effective early warning ensure the safe and reliable operation of the energy storage power station, reduce the operation and maintenance cost of the energy storage power station, and realize the high-precision, high reliability, and high convenience remote management of the energy storage power station. To this end, this paper proposes a metaverse-driven remote management scheme for energy storage power stations.</p>
44	37	<p>Metaverse: Metaverse resembles a "parallel world", where human "activities" occurring currently in the physical world would also take place in a digital environment. It intertwines the virtuality and reality" (physical-virtuality). The assets within a Metaverse "ecosystem" (e.g., "avatars" and "items of value") (digital assets) should be compatible, "interoperable" and transferable among a variety of providers and competing products. The developing Metaverse is concerning about the elements that are "centred on users", ranging from avatar "identity", "content creation", "virtual economy", social acceptability, "presence", security and privacy, and "trust and accountability". Metaverse intends to provide "users" with "seamless, infinite and ultimate virtual experience" by establishing a "perpetual/persistent" perceived "virtual world", which would "blend the digital and physical worlds" (physical-virtuality), boosted by the fusion of the "Internet technologies" and "Extended Reality" (XR). Users of the Metaverse own their virtual substitutes, known as Avatars, which analogize their physical selves to experience their virtual "life". The objective of Metaverse is to shape and optimise users' interactions and alternative experiences in a virtual world, so as to "break through the restrictions of the physical world". The development of both Metaverse relies heavily on similar modern technologies, including "Artificial Intelligence" (AI), Future "Mobile Networks", "Edge/Cloud Computing", "Computer Vision", "Blockchain", "IoT", User "Interactivity", "Mixed Reality" (MR), etc. Key technologies and the seven layers of the metaverse: (1) "Experience": AI, cloud, edge; (2) Discovery: AI, cloud, edge; (3) Creator Economy: AI, cloud, edge; (4) "Spatial computing": "virtual reality" (VR), "augmented reality" (AR) and extended reality (XR); (5) "Decentralization": "Non-Fungible Token" (NFTs) and "blockchains"; (6) "Human interface" (HCI): relevant "wearables", like "VR headsets"; (7) Infrastructure: "mobile networks" and Wi-Fi, and hardware components such as graphics processing units (GPUs). Metaverse's major elements can be highly abstracted as: Avatars: human "users", animal users, etc.; Portals/Interfaces: AR/VR, "sensors", "brainchips" (BCIs), etc.; "Parallel universe": virtual world.</p> <p>Metaverse in the construction industry: Engineering Brain which is comparable with the Metaverse. See comparative analysis between engineering brain and the metaverse in this paper.</p>
45	38	<p>It consists of the major elements of Entities, Sensory modalities and Digital twins a.k.a. CPS.</p> <p>The Metaverse refers to the "virtual world" in which the "avatar" acts, and the avatar is the user's alter ego and becomes the active subject in the Metaverse. "XR" is the medium that connects avatars in Metaverse and "users" in the real world. Metaverse refers to a "3D" virtual world where avatars engage in political, "economic", "social", and "cultural" "activities". It is widely used in the sense of a virtual world based where "both the real and the unreal coexist" (physical-reality). Metaverse is not the real world but can provide a tangible feeling through "services" based on "immersive" "user-interactive" "stories". It is necessary to be able to "interact seamlessly" and concurrently in an environment with "presence". The "large-scale" (vast) Metaverse implementation required three components: (i) hardware improvements (e.g., GPU memory, "5G"); (ii) the development of the recognition and expression model that leverages the parallelism of the hardware; and (iii) the "availability" of "content" that people immerse in and participate in. Metaverse is conducted based on a wide "360-degree field of view". In order to give the user a sense of "visual immersion", a lightweight "head-mounted display" (HMD) and physical auxiliary devices are required to use for a long time with "high-resolution" images. There should be "user-created content" (content creation). "Multimodal-based stories" based on immersive interaction can be used effectively in the Metaverse to implement such an interactive "user scenario".</p> <p>Metaverse allows many people to live "life" in the same space. This requires infrastructure elements (e.g., "wide bandwidth" network connection, fault management, and security) that are also important for implementations. There are "NPCs" in the Metaverse. It also requires "multimodal sensory perception" that handles "speech", "gestures", and dialog flows. With the technological development of deep learning-based ("AI") high-precision recognition models and natural generation models, Metaverse is being strengthened with various factors, from "mobile-based always-on access" to connectivity with reality using "virtual currency".</p> <p>The metaverse processes large amounts of "real-time" data.</p> <p>The hardware components of the Metaverse such as physical devices and "sensors" are HMDs, Hand-Based Input Devices, Non-Hand-Based Input Devices, and "Motion Input Devices". The software components used for recognition and rendering are "Scene and Object Recognition/Generation", "Sound and Speech Recognition/Synthesis", Motion Rendering, "Content" (Scenario and Story), "Multimodal Content Representation", Agenda Personal Modeling, Multimodal Entity Linking and Expansion, and "Scenario Generation/Population/Evaluation".</p> <p>The Metaverse approaches are "User Interaction": Language Interaction, Multimodal Interaction, "Multi-task Interaction", "Embodied" Interaction; Metaverse Implementation: Multimodal Inference, RL-based Approaches, "Life Long Learning", Multi-Agent Optimization, Integration Optimization, Operation Consideration.</p>

Tabelle 16: Gefundene Definitionen des Metaverse und spezielle Visionen

10.2.2 Extrahierte Keywords und Metainformationen im JSON-Format

Nr.	ID	JSON-Format
0	0	{ "title": "Multimedia Research Toward the Metaverse", "doi": "10.1109/MMUL.2022.3156185", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "IEEE", "type": "Magazine", "meta": { "serious": "Multimedia Research", "Academia": "academic" }, "variants": [], "keywords": ["fully immersive", "easily accessible", "multiple worlds", "virtual/digital", "people", "interactive", "3D", "Avatars", "Real-Time", "AR Headset", "VR Headset", "fully decentralized", "multimedia networking", "flexible", "controllable", "Custom 3D Content Generation", "high quality content/experiences", "AI", "Multimodal Input", "large volume of multimedia content", "5G", "visualization", "VR"] }
1	1	{ "title": "Metaverse - parallele Welt(en)", "doi": "10.1007/s00287-022-01500-0", "language": "german", "countries": ["Switzerland"], "database": "SpringerLink", "type": "Article", "meta": { "serious": "overview", "variants": [] }, "keywords": ["virtual/digital", "world", "consistent", "persistent", "3D", "space", "identifiable humans/users", "avatars", "virtual economic system", "social interaction", "interactive", "multiple platforms", "services", "interoperable", "internet", "real world depiction", "Web3.0", "interactive", "XR", "AR", "VR", "digital twins", "blockchain", "cryptocurrencies", "NFTs", "objects"] }
2	2	{ "title": "Policy, Ethical, Social, and Environmental Considerations of Web3 and the Metaverse", "doi": "10.1109/MITP.2022.3178509", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "IEEE", "type": "Magazine", "meta": { "serious": "policy", "ethical": "social", "environmental" }, "variants": [], "keywords": ["immersive", "shared", "embodied", "user experience", "3D", "virtual environment", "avatars", "decentralized", "virtual", "VR", "economies", "blockchain", "digital assets", "NFTs", "online", "space", "multiple metaverses", "DeFi", "NFT", "cryptocurrencies"] }
3	3	{ "title": "Defining the Metaverse through the lens of academic scholarship, news articles, and social media", "doi": "10.1145/3564533.3564571", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": { "serious": "academic", "news": "social media" }, "variants": [], "keywords": ["virtual", "world", "multiple worlds", "multiple universes", "online", "VR", "human experience", "virtual objects", "avatars", "online"] }
4	4	{ "title": "Breaking down the Barrier between Teachers and Students by Using Metaverse Technology in Education", "doi": "10.1145/3514262.3514345", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": { "serious": "education" }, "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "shared", "virtual", "space", "real-time", "life", "no external reality constraints", "people", "life", "network"] }
5	-	{ "flag": "red: No definition provided", "title": "Foundations for Grassroots Democratic Metaverse", "doi": "10.5555/3535850.3536116", "language": "english", "countries": ["Israel", "USA"], "database": "ACM", "type": "Short Paper", "meta": { "serious": "political" }, "variants": [], "keywords": ["digital", "democratic", "equality", "sybil-resilient", "communities", "DAOs", "decentralized", "cryptocurrencies", "digital social contracts", "open", "available", "peer-to-peer network", "interconnected", "interoperable"] }
6	5	{ "title": "Let's Rename Everything the Metaverse '", "doi": "10.1109/MC.2021.3130480", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "IEEE", "type": "Magazine", "meta": { "entertainment": "games" }, "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "3D", "shared", "open", "virtual", "online", "space", "moving freely", "teleport", "interactive", "personalized avatars", "virtual identities", "social communication", "commerce", "friends", "multiple platforms", "interoperable", "central lobby", "scalable", "internet4.0"] }
7	-	{ "flag": "red: No definition provided", "title": "Building a Human-Intelligent Metaverse", "doi": "10.1109/MC.2022.3182035", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "IEEE", "type": "Magazine", "meta": { "entertainment": "games" }, "variants": [], "keywords": ["3D", "human-intelligent", "sensor-based", "biosignals", "human-behavior", "sensed-world", "AI", "AI characters", "interactive", "networked", "virtual", "avatars", "HMDs", "mobile phones", "wearables", "experience"] }
8	6	{ "title": "Regulation of the Metaverse: A Roadmap", "doi": "10.1145/3546607.3546611", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": { "serious": "virtual metaverse", "augmented metaverse" }, "keywords": ["physical-virtuality", "persistent", "immersive", "simulated world", "experience", "PPP", "shared", "users", "mutual presence", "virtual", "virtual world/environment", "AR OR VR", "spatial", "biosignals", "multiple metaverses", "interactive", "real-time", "facial expression", "speech input", "emotional state", "AI", "AI agents", "avatars", "body tracking", "platform"] }
9	7	{ "title": "Research on the Innovation of the Internet of Things Business Model under the New Scenario of Metaverse", "doi": "10.1145/3545897.3545904", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": { "serious": "business", "marketing" }, "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "real-time", "interconnected", "IoT", "large-scale users", "online", "AR", "VR", "brain computer interface", "interactive", "immersive", "virtual", "world", "virtual-real synchronization", "content creation", "cloud computing", "5G", "blockchain", "AI", "identity", "VR devices", "mobile phones", "user-centric", "economy", "speech input", "micro-expression", "body language", "humans"] }
10	8	{ "title": "Vision: Usable Privacy for XR in the Era of the Metaverse", "doi": "10.1145/3549015.3554212", "language": "english", "countries": ["Germany"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": { "serious": "academic" }, "variants": [], "keywords": ["interconnected", "virtual", "enhanced space", "XR", "blockchain", "users", "interactive", "big data", "biometric data", "NUIs", "HCI", "pervasive", "decentralized", "immersive", "cross-platform experiences", "experiences", "services", "next-generation internet"] }
11	9	{ "title": "The Keys to an Open, Interoperable Metaverse", "doi": "10.1145/3564533.3564575", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": { "serious": "industry", "SDO" }, "variants": ["WWW metaverse", "web-enabled metaverse", "unified metaverse", "augmented metaverse"], "keywords": ["shared", "digital", "worlds", "multiple microverses", "interconnected", "multi-dimensional", "AR OR VR", "interactive", "no physical constraints", "interoperable", "online", "networked", "WWW", "open", "unified", "accessible", "immersive", "3D", "3D environment", "experience", "standard", "users", "content creation", "personalized avatar"] }
12	-	{ "flag": "red: Not from 2022", "title": "Forecast of the Impact of Metaverse Concept on the Design Trend of Display Space: Aquarium in Focus", "doi": "10.1145/3510309.3510353", "language": "english", "countries": ["South Korea"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": { "entertainment": "academic", "social", "professional" }, "variants": ["classical metaverse", "neoclassical metaverse", "highly intelligent metaverse"], "keywords": ["future internet", "persistent", "shared", "3D", "virtual", "virtual space", "network", "interconnected", "perceptible", "universe", "multiple worlds/environments", "online", "avatars", "interactive", "digital objects", "VR", "MR", "AR", "5G", "3D rendering", "AI", "NFT", "cryptocurrencies", "identity", "friends", "immersive", "economy", "civilization"] }
13	10	{ "title": "Towards an Emotionally Augmented Metaverse: a Framework for Recording and Analysing Physiological Data and User Behaviour", "doi": "10.1145/3532530.3532546", "language": "english", "countries": ["Switzerland", "Italy", "China"], "database": "ACM", "type": "Short Paper", "meta": { "serious": "academic" }, "variants": ["emotionally augmented metaverse", "augmented metaverse", "virtual metaverse"], "keywords": ["AR OR VR", "experiences", "immersive", "shared", "virtual", "multiple worlds/environments", "parallel universe", "interactive", "avatar", "user", "physiological sensors", "emotional states", "automatic content creation"] }
14	-	{ "flag": "red: No definition provided", "title": "Decentralized, not Dehumanized in the Metaverse: Bringing Utility to NFTs through Multimodal Interaction", "doi": "10.1145/3536221.3558176", "language": "english", "countries": ["China", "South Korea"], "database": "ACM", "type": "Short Paper", "meta": { "serious": "variants": [] }, "keywords": [] }
15	11	{ "title": "Beyond the Blue Sky of Multimodal Interaction: A Centennial Vision of Interplanetary Virtual Spaces in Turn-based Metaverse", "doi": "10.1145/3536221.3558174", "language": "english", "countries": ["South Korea", "Finland", "Hong Kong"], "database": "ACM", "type": "Short Paper", "meta": { "visionary": "sci-fi" }, "variants": ["interplanetary turn-based metaverse"], "keywords": ["immersive cyberspace", "immersive", "internet", "vast", "million users", "content creation", "online", "virtual", "world/environment", "life", "digital twins", "multimodal", "interactive", "real-time", "presence", "realism", "3D", "avatars", "user experience", "digital assets"] }
16	12	{ "title": "Values of the Metaverse: Hybride Arbeit in virtuellen Begegnungsräumen", "doi": "10.1365/s40702-022-00885-6", "language": "german", "countries": ["Germany"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Computer Science", "meta": { "serious": "work" }, "variants": [], "keywords": ["immersive", "multiple worlds/rooms/metaverses", "users", "virtual", "virtual environment", "dynamic", "video and audio", "communication", "controllable", "collaboration", "flexible"] }
17	-	{ "flag": "red: No definition provided", "title": "MetaSocieties in Metaverse: MetaEconomics and MetaManagement for MetaEnterprises and MetaCities", "doi": "10.1109/TCSS.2022.3145165", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": { "serious": "academic" }, "variants": [], "keywords": [] }
18	-	{ "flag": "yellow: definition is not comprehensive (extra article)", "title": "MetaVehicles in the Metaverse: Moving to a New Phase for Intelligent Vehicles and Smart Mobility", "doi": "10.1109/TIV.2022.3154489", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": { "serious": "academic" }, "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "realization of CPSS", "virtual-real", "interactive"] }
19	13	{ "title": "Anti-aliasing convolution neural network of finger vein recognition for virtual reality (VR) human-robot equipment of metaverse", "doi": "10.1007/s11227-022-04680-4", "language": "english", "countries": ["Taiwan", "China"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Computer Science", "meta": { "serious": "academic" }, "variants": ["new metaverse concept", "previous metaverse concept"], "keywords": ["future internet", "3D", "virtual", "world", "online", "social network", "persistent", "decentralized", "virtual environment", "users", "interactive", "customizable avatars", "IoT", "blockchain", "AI", "traceable data", "VR glasses", "AR glasses", "digital assets", "sensors", "real-time", "realism", "pervasive", "accessible", "interoperable", "emotional user experience", "identity", "authentication", "multiple metaverses/platforms"] }
20	14	{ "title": "Towards Metaverse Manufacturing: A Blockchain-based Trusted Collaborative Governance System", "doi": "10.1145/3532640.3532665", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": [] }

		"serious", "academic", "industry", "manufacturing"], "variants": ["industrial metaverse"], "keywords": ["vast", "interoperable", "network", "real-time", "3D", "virtual", "worlds", "multiple worlds", "universe", "digital", "life", "collaborative", "content creation", "open", "decentralized", "VR", "users", "ownership", "digital assets", "blockchain", "network environment", "freedom", "accessible", "interactive"] }
21	15	{ "title": "Virtual Worlds (Metaverse): From Skepticism, to Fear, to Immersive Opportunities", "doi": "10.1109/MC.2022.3192702", "language": "english", "countries": ["USA", "Italy"], "database": "IEEE", "type": "Magazine", "meta": ["serious", "industry", "entertainment", "academic"], "variants": [], "keywords": ["internet-based", "virtual", "world", "controllable", "avatars", "real-time", "low-latency", "network", "users", "experience", "seamless interaction", "interactive", "multimodal input", "BCIs", "immersive", "VR", "AR", "cloud computing", "interoperable", "open standards", "digital twins", "AI", "digital objects", "economy", "blockchain", "NFTs", "personalizable", "vast", "society", "social", "remote presence", "persistent", "synchronous"] }
22	-	{ "flag": "yellow: definition is not comprehensive", "title": "The DAO to MetaControl for MetaSystems in Metaverses: The System of Parallel Control Systems for Knowledge Automation and Control Intelligence in CPSS", "doi": "10.1109/JAS.2022.1060222", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic"], "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "realization of CPSS", "virtual-real", "interactive"] }
23	16	{ "title": "Prediction of User's Intention to Use Metaverse System in Medical Education: A Hybrid SEM-ML Learning Approach", "doi": "10.1109/ACCESS.2022.3169285", "language": "english", "countries": ["UAE", "UK"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic", "medical", "education"], "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "digital", "universe", "accessible", "virtual", "virtual environment", "immersive", "enhanced experiences", "interactive", "synchronous", "synchronous communication", "multiuser communication", "users", "space", "interoperable", "vast", "network", "real-time", "3D", "worlds", "unlimited users", "presence", "VR", "VR headsets", "AR", "MR", "content creation", "digital twins", "virtual objects", "shared", "multimodal", "collaborative", "avatars", "personalized experiences", "multiple worlds"] }
24	17	{ "title": "Fusion of Building Information Modeling and Blockchain for Metaverse: A Survey", "doi": "10.1109/OJCS.2022.3206494", "language": "english", "countries": ["China", "Japan"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic", "industry", "BIM"], "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "seamless integration", "virtual", "world", "activities", "content creation", "online", "users", "interactive", "avatars", "open", "shared", "persistent", "3D", "spaces", "accessible", "internet", "crypto wallet", "immersive", "experience", "virtual objects", "VR", "AR", "AI", "digital twins", "economy", "blockchain", "retroactive time", "no time constraint", "IoT", "sensors", "HMI", "social activities", "freedom"] }
25	18	{ "title": "The Metaverse and Beyond: Implementing Advanced Multiverse Realms With Smart Wearables", "doi": "10.1109/ACCESS.2022.3215736", "language": "english", "countries": ["Canada"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic", "entertainment"], "variants": [], "keywords": ["HMDs", "XR", "AR", "VR", "avatars", "users", "gamified experiences", "Web3.0 technologies", "handbased input devices", "non-handbased input devices", "scene/object recognition/synthesis", "sound/speech recognition/synthesis", "motion rendering", "persistent", "virtual", "spaces", "multiple worlds", "social", "social experiences", "personal experiences", "NFTs", "interconnected", "internet", "vast", "interoperable", "network", "real-time", "3D", "worlds", "synchronous", "unlimited users", "presence", "data continuity", "identity", "communication", "economy", "objects", "traceable data", "entitlements"] }
26	19	{ "title": "Blockchain-Empowered Service Management for the Decentralized Metaverse of Things", "doi": "10.1109/ACCESS.2022.3205739", "language": "english", "countries": ["Ukraine", "Slovakia", "Ireland", "Finland", "USA"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic", "industry"], "variants": ["metaverse of things (MoT)"], "keywords": ["physical-virtuality", "AR", "VR", "interconnected", "virtual", "worlds", "multiple metaverses", "multiple worlds", "visualization", "sensing", "wireless communications", "AI", "blockchain", "immersive", "user experience", "users", "experiences", "synchronized realities", "VR headset", "virtual items", "NFTs", "real-time", "interactive", "high-resolution", "3D", "objects"] }
27	20	{ "title": "User Recommendation in Social Metaverse with VR", "doi": "10.1145/3511808.3557487", "language": "english", "countries": ["Taiwan"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": ["serious", "social"], "variants": ["(VR-based) social metaverse"], "keywords": ["VR", "5G", "AI", "users", "interactive", "multiple metaverses", "interconnected", "shared", "persistent", "3D", "immersive", "virtual", "world", "virtual environment", "digital twins", "avatars", "AI agents"] }
28	21	{ "title": "DHR: Distributed Hybrid Rendering for Metaverse Experiences", "doi": "10.1145/3552483.3556455", "language": "english", "countries": ["Singapore"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": ["serious", "academic", "entertainment"], "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "collective virtual environment", "virtual", "digital", "virtual environment", "internet", "world", "XR", "immersive", "real-time", "interactive", "collaborative", "accessible", "mobile phones", "display walls", "VR", "VR headsets", "experience"] }
29	22	{ "title": "Design of Secure Mutual Authentication Scheme for Metaverse Environments Using Blockchain", "doi": "10.1109/ACCESS.2022.3206457", "language": "english", "countries": ["South Korea"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic", "security"], "variants": [], "keywords": ["multiple metaverses/platforms", "environments", "3D", "virtual", "VR", "avatars", "users", "identity", "password", "biometric data", "realistic", "experiences", "accessible", "spaces", "smart devices", "goggles", "activities", "economy", "social", "social activities", "cultural activities", "immersive", "experiences", "communication", "gaze data", "motion data", "real-time", "physical data", "interactive", "virtual assets"] }
30	23	{ "title": "Decentralized AI: Edge Intelligence and Smart Blockchain, Metaverse, Web3, and DeSci", "doi": "10.1109/MIS.2022.3181504", "language": "english", "countries": ["Australia"], "database": "IEEE", "type": "Magazine", "meta": ["serious", "academic"], "variants": ["smart metaverse"], "keywords": ["physical-virtuality", "digital twins", "VR", "virtual", "immersive", "experience", "online", "cloud", "3D", "interactive", "world", "HCI", "services", "economy", "NFTs", "activities", "social", "DeAI", "virtual society"] }
31	24	{ "title": "Fusing Blockchain and AI With Metaverse: A Survey", "doi": "10.1109/OJCS.2022.3188249", "language": "english", "countries": ["China", "Singapore"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic", "academia", "industry"], "variants": ["ideal metaverse", "tiny metaverse", "macro metaverse", "unified metaverse"], "keywords": ["physical-virtuality", "multiple metaverses", "seamless integration", "virtual", "digital", "world", "avatars", "activities", "creation", "social networking", "economic system", "human players", "digital assets", "decentralized", "big data", "AI", "content generation", "AI-empowered content generation", "intelligent", "high-speed networks", "5G", "edge computing", "blockchain", "interoperable", "users", "platform", "interactive", "digital twins", "persistent", "many users", "scalable", "reliable", "free", "no limits of the real world", "identity", "friends", "immersive", "experience", "low friction", "civility", "anywhere", "variety"] }
32	25	{ "title": "6G-Enabled Edge AI for Metaverse: Challenges, Methods, and Future Research Directions", "doi": "10.23919/JCIN.2022.9815195", "language": "english", "countries": ["China", "Singapore"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic", "academia", "industry"], "variants": ["industrial metaverse"], "keywords": ["physical-virtuality", "parallel world", "virtual", "digital", "open world", "accessible", "mobile smart devices", "real-time", "gameplay", "anywhere", "billions of users", "shared", "scalable", "immersive", "materialization", "interoperable", "interactive", "online", "mobile communication platforms", "ultra-high bandwidth", "ultra-low latency", "ultra-high reliability", "intelligent", "services", "user experience", "HCI", "interconnected", "parallel world", "network", "communication", "human senses", "customized avatars", "3D", "somatosensory", "multi-sensory", "identity", "XR", "VR", "AR", "HMDs", "MR", "intelligent wearable devices", "BCIs", "AI", "digital twin", "blockchain", "economy", "computer vision", "sociability", "diversity", "longevity", "social networks", "currencies", "virtual goods", "smart cities", "decentralized", "cloud computing", "big data", "mobile edge computing", "assets"] }
33	26	{ "title": "Something Personal from the Metaverse: Goals, Topics, and Contextual Factors of Self-Disclosure in Commercial Social VR", "doi": "10.1145/3491102.3502008", "language": "english", "countries": ["Germany", "USA"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": ["serious", "academic", "social"], "variants": ["social VR"], "keywords": ["physical-virtuality", "persistent", "digital", "world", "AR", "VR", "internet", "immersive", "social interactions", "interactive", "communication", "verbal communication", "non-verbal communication"] }
34	27	{ "title": "Are We Ready for Metaverse? A Measurement Study of Social Virtual Reality Platforms", "doi": "10.1145/3517745.3561417", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "ACM", "type": "Research Article", "meta": ["serious", "academic", "HCI", "computer graphics"], "variants": ["social VR", "mobile VR"], "keywords": ["physical-virtuality", "next-generation internet", "utopian", "virtual", "virtual environments", "multiple virtual environments", "digital", "world", "shared", "users", "interactive", "social interaction", "user experience", "avatar", "embodied", "immersive", "experience", "billions of users", "interoperable", "network", "scalable"] }
35	28	{ "title": "Being at home in the metaverse? Prospectus for a social imaginary", "doi": "10.1007/s43681-022-00198-w", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Computer Science", "meta": ["serious", "academic", "sociotechnical", "moral philosophy"], "variants": [], "keywords": ["social imaginary", "social", "internet", "virtual", "virtual environment", "VR", "VR headsets", "AR", "sensors", "blockchain", "social space", "sociality", "experiences", "presence", "closeness", "person-centered", "economy", "interactive", "natural interactions", "high-density displays", "co-presence", "teleportation", "interoperable", "standards", "creation", "customizable", "avatars", "digital objects", "digital goods", "billions of users", "universe", "utopian", "space"] }
36	29	{ "title": "Virtual reality consumer experience escapes: preparing for the metaverse", "doi": "10.1007/s10055-022-00641-7", "language": "english", "countries": ["Netherlands", "UK"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Computer Science", "meta": ["serious", "ethics", "health", "industry", "social"], "variants": ["VR experience escapes"], "keywords": ["VR", "experience", "escape", "fully immersive", "virtual", "virtual environments", "multiple worlds/environments", "interactive", "content", "world", "shelter", "alternative reality", "space", "ecosystem", "presence", "social", "social interactions"] }

37	30	{ "title": "Reliable Distributed Computing for Metaverse: A Hierarchical Game-Theoretic Approach", "doi": "10.1109/TVT.2022.3204839", "language": "english", "countries": ["Singapore", "China"], "database": "IEEE", "type": "Early Access", "meta": ["serious", "academic", "entertainment", "automotive market", "industry"], "variants": ["vehicular metaverse"], "keywords": ["physical-virtuality", "virtual", "space", "interactive", "digital", "avatars", "immersive", "experiences", "users", "user experiences", "real-time", "rendering", "XR", "spatial sound rendering", "spatial", "mobile devices", "communication", "networks", "many users", "graphic rendering", "audio rendering", "services", "3D", "holographic digital media", "many perception dimensions"] }
38	31	{ "title": "Avatars in the metaverse: potential legal issues and remedies", "doi": "10.1365/s43439-022-00056-9", "language": "english", "countries": ["Singapore"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Computer Science", "meta": ["serious", "academic", "legal issues"], "variants": ["game metaverse"], "keywords": ["physical-virtuality", "multiple metaverses/platforms", "avatars", "social", "virtual", "world", "experience", "emotional experience", "5G", "VR", "hologram technology", "graphic processing", "economy", "interoperable", "users", "goods", "embodied", "internet", "decentralized", "parallel universe", "humans", "accessible", "interactive", "limitless", "ecosystem", "virtual community", "identity", "barrier-free interaction", "personal data"] }
39	32	{ "title": "Healthcare in Metaverse: A Survey On Current Metaverse Applications in Healthcare", "doi": "10.1109/ACCESS.2022.3219845", "language": "english", "countries": ["Singapore", "India"], "database": "IEEE", "type": "Early Access", "meta": ["serious", "academic", "healthcare industry"], "variants": ["health metaverse"], "keywords": ["physical-virtuality", "multiple metaverses/platforms", "universal world", "immersive", "virtual", "virtual world", "VR", "AR", "MR", "XR", "endless worlds", "virtual environment", "avatars", "3D", "shared", "space", "users", "future internet", "experience", "user experience", "presence", "identity", "experience-duality", "open virtual world", "endless world", "interoperable", "content", "seamless integration", "AI", "high-speed networks", "networks", "edge computing", "blockchain", "concurrent virtual worlds", "no geographical limitations", "social media", "social", "neutral area", "friends", "online", "accessible", "massively parallel world", "gaming platform", "economy", "global online marketplace", "billions of users", "currencies", "cryptocurrencies", "cloud data storage", "digital assets", "5G", "6G", "haptic technologies"] }
40	33	{ "title": "The societal impact of the metaverse", "doi": "10.1007/s44163-022-00032-6", "language": "english", "countries": ["USA"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Engineering", "meta": ["serious", "academic", "societal impact"], "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "no physical laws", "surreal", "many users", "virtual", "VR", "3D", "social media", "platform", "immersive", "experience", "activities", "persistent", "synchronous/live", "presence", "economy", "digital", "worlds", "interoperable", "digital assets", "content", "3D environment", "controllable", "avatars", "services", "accessible", "digital twin", "AR", "AR goggles", "smartphone", "accessible", "real-time", "interactive", "motion tracking", "personalized avatars", "personalized perception", "interconnected", "culture"] }
41	34	{ "title": "Metaverse-driven new energy of Chinese traditional culture education: edge computing method", "doi": "10.1007/s12065-022-00757-4", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Engineering", "meta": ["serious", "academic", "culture", "education", "chinese culture"], "variants": ["metaverse-driven VR"], "keywords": ["physical-virtuality", "new internet application", "next generation internet", "social", "IoT", "cloud computing", "blockchain", "AI", "big data", "digital", "world", "economy", "life", "identity", "assets", "immersive", "experience", "parallel world", "digital twin", "content creation/editing", "VR", "no space limitation", "users", "360-degree view", "3D", "interactive", "culture", "no time limitation", "image rendering", "real-time", "user experience"] }
42	35	{ "title": "Strategy for improving the football teaching quality by AI and metaverse-empowered in mobile internet environment", "doi": "10.1007/s11276-022-03000-1", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Engineering", "meta": ["serious", "academic", "sports industry", "physical education", "education"], "variants": ["metaverse-empowered VR"], "keywords": ["physical-virtuality", "based on real world", "world", "virtual", "virtual space", "pan-entertainment experience", "experience", "interactive", "social interaction", "on/offline integration", "realistic", "extreme immersion", "immersive", "experience", "rich content ecology", "social", "no time constraint", "no space constraint", "economy", "AI"] }
43	36	{ "title": "Metaverse-driven remote management solution for scene-based energy storage power stations", "doi": "10.1007/s12065-022-00769-0", "language": "english", "countries": ["China"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Engineering", "meta": ["serious", "academic", "industry", "power industry"], "variants": ["metaverse in power system"], "keywords": ["physical-virtuality", "new internet application", "social", "virtual", "realistic", "immersive", "experience", "XR", "parallel world", "digital twin", "economy", "blockchain", "world", "user", "users create/edit", "3D", "interactive", "VR", "AR", "MR"] }
44	37	{ "title": "Engineering Brain: Metaverse for future engineering", "doi": "10.1007/s43503-022-00001-z", "language": "english", "countries": ["Australia", "China"], "database": "SpringerLink", "type": "Article / Engineering", "meta": ["serious", "academic", "engineering", "industry", "construction industry"], "variants": ["metaverse in construction industry"], "keywords": ["physical-virtuality", "activities", "parallel world", "digital", "digital environment", "social", "ecosystem", "avatars", "digital assets", "interoperable", "user-centered", "identity", "content creation", "economy", "presence", "trust & accountability", "experience", "spatial computing", "VR", "AR", "MR", "XR", "decentralized", "NFTs", "blockchains", "HCIs", "wearables", "VR headsets", "mobile networks", "users", "sensors", "BCIs", "virtual", "parallel universe", "universe", "seamless virtual experience", "persistent", "virtual world", "internet technologies", "life", "interactive", "no physical restrictions", "AI", "edge computing", "cloud computing", "computer vision", "IoT"] }
45	38	{ "title": "A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges", "doi": "10.1109/ACCESS.2021.3140175", "language": "english", "countries": ["South Korea"], "database": "IEEE", "type": "Journal", "meta": ["serious", "academic"], "variants": [], "keywords": ["physical-virtuality", "virtual", "virtual world", "avatar", "users", "XR", "3D", "economy", "social", "activities", "life", "interactive", "immersive", "services", "seamless interaction", "presence", "vast", "5G", "available", "content", "360-degree FoV", "visual immersion", "HMDs", "high-resolution", "content creation", "multimodal", "wide bandwidth network connection", "NPCs", "multimodal sensory perception", "speech", "gestures", "sensors", "rendering", "user interaction", "multi-task interaction", "embodied", "life long learning", "AI", "mobile-based always-on access", "accessible", "virtual currency", "motion input devices", "scene/object recognition/generation", "sound/speech recognition/synthesis", "scenario generation/population/evaluation", "stories/user scenarios", "multimodal content representation", "motion rendering", "space", "experience", "real-time"] }

Tabelle 17: Extrahierte Keywords und Metainformationen der Artikel im JSON-Format

10.2.3 Definitionen der drei selektierten Metaverse-Implementierungen

Implementierung	Definition
Roblox ¹⁸	The Roblox Metaverse is an "immersive" "3D" "virtual" "space" that allows "players" (users) to "experience" different "games", "interact" with other players and much more. The "platform" also provides developers with 3D development tools and resources, where "players can create their 3D objects and worlds" (content creation). The platform has also created its own "virtual economy", where creators can sell their creations using the platform's native "currency", i.e., Robux. In addition, players can jump into different virtual "worlds" (multiple worlds) to play games, shop and interact with other "avatars".
Decentraland ¹⁹	Decentraland is a "decentralized" "virtual reality" (VR) "platform" powered by the Ethereum "blockchain". Within the Decentraland platform, "users" can "create", "experience", and "monetize" (economy) their "content" and applications. The finite, traversable, "3D" "virtual" "space" within Decentraland is called LAND, a "non-fungible" (NFT) "digital asset" maintained in an Ethereum smart contract. Land is divided into parcels that are identified by cartesian coordinates (x,y). These parcels are permanently "owned by members" (ownership) of the community and are purchased using MANA, Decentraland's "cryptocurrency" token. This gives users full "control" over the "environments" and applications that they create, which can range from anything like static 3D scenes to more "interactive" applications or "games".
Meta Horizon Suite ²⁰	Meta Horizon is a "social hub" that can be experienced via "virtual reality" (VR). It includes several destinations within the Metaverse. Currently, it features destinations such as Meta Horizon Workrooms, Meta Horizon Worlds and your own Meta Horizon Home. Within the Meta Horizon and other connected VR apps, "users" will appear as their own "3D" "avatar".
	Meta Horizon Worlds:

¹⁸ https://metaverseinsider.tech/2022/11/21/roblox-metaverse/#What_Is_Roblox_Metaverse (abgerufen am: 06.04.2023)

¹⁹ <https://docs.decentraland.org/player/general/introduction/> (abgerufen am: 06.04.2023)

²⁰ <https://www.trustedreviews.com/explainer/what-is-meta-horizon-4275486> (abgerufen am: 06.04.2023)

	<p>Out of the three destinations you can "access" via Meta Horizon, Worlds is the most eye-catching. This is a free app that can be "experienced" through a Meta Quest headset, with Meta claiming that there are over 10,000 "worlds" (multiple worlds) to explore. These "worlds are developed by users" (content creation) in the Metaverse, with the option for anyone to "create" their own "experiences". You can also view musical performances, comedy shows and sporting events, with the company pushing users to use the "social" app "not just for VR experiences but real-world" (physical-virtuality) ones, too. To access Meta Horizon Worlds users will first need to create an "avatar and customise it" (customizable avatar) to their liking.</p> <p>Meta Horizon Workrooms:</p> <p>As the name suggests, Meta Horizon Workrooms is a dedicated "virtual" "space" that has been built to bring teams together in the Metaverse. Meta has pushed it as a way for workers to effectively "communicate" without needing to be in the same room, with the ability to share presentations and brainstorm ideas. Meta Horizon Workrooms can be experienced via a "VR headset" or through a standard "video" call. You can "customise environments" and use expressive avatars to create a more "immersive" "experience" for you and your teammates, with "spatial audio" also being available with some headsets so it feels like you're talking to someone who's in the same room as you.</p> <p>Meta Horizon Home:</p> <p>Meta Horizon Home is the first thing that users are presented with when they put on a Meta VR headset. It's the place where users can see their followers, watch Oculus TV and play "multiplayer games" (shared, gameplay). The "environment" can be "customised" (customizable/personalizable) to the user's liking.</p>
--	--

Tabelle 18: Gefundene Definitionen der selektierten Metaverse-Implementierungen

10.2.4 Extrahierte Keywords selektierten Metaverse-Implementierungen

Implementierung	Definition
Roblox	"immersive", "3D", "virtual", "space", "users", "experience", "gameplay", "interactive", "platform", "content creation", "economy", "currencies", "worlds", "multiple worlds", "avatars"
Decentraland	"decentralized", "VR", "platform", "blockchain", "users", "content creation", "experiences", "economy", "content", "3D", "virtual", "space", "NFT", "digital assets", "ownership", "cryptocurrencies", "controllable", "environments", "interactive", "gameplay"
Meta Horizon Suite	"social hub", "social", "VR", "users", "3D", "accessible", "multiple worlds", "content creation", "physical-virtuality", "customizable avatars", "virtual", "space", "communication", "VR headsets", "immersive", "experience", "spatial", "video and audio", "personalizable", "shared", "gameplay"

Tabelle 19: Extrahierte Keywords aus den Definitionen der drei selektierten Metaverse-Implementierungen

10.2.5 Gefundene Anwendungsszenarien

Tabelle der gefundenen Anwendungsszenarien

Nr.	ID	Gefundene Anwendungsszenarien
0	0	
1	1	game
2	2	Fashion, virtual concerts, performances, games,
3	3	
4	4	Education, business, entertainment, broadcasting industry, games
5	-	
6	5	Games, business, social
7	-	
8	6	Social, shopping, education, business
9	7	
10	8	Work, learn, play, share experiences with others, social
11	9	Work, learn, play, sell, communicate, collaborate, interact, travel
12	-	aquarium display space, entertainment, meetings, games
13	10	Working, self-reflection on current emotional status via biofeedback, improving user's self-regulation in stressful situations
14	-	
15	11	Interplanetary communication, meetings, gatherings
16	12	hybride Arbeit
17	-	
18	-	parallel driving, intelligent transportation, smart mobility
19	13	Gaming, education, business, retail, real-estate
20	14	manufacturing systems, games, advertisement
21	15	Gaming, business, industry, health, education, entertainment, simulation, trading, virtual markets, manufacturing robotics, hybrid work places
22	-	control intelligence, knowledge automatization
23	16	Education, economics, VR painting
24	17	UFC fights, virtual concerts, architecture, school, meetings, work, restoration of cultural relics, time travel, immersive design, time museum, criminal investigation, recording development of cities
25	18	Leisure, labor, existence, play-to-earn games, serious games
26	19	Industry, remote surgeries, holographic telepresence, machinery maintenance, autonomous driving
27	20	Socializing, E-commerce, virtual exhibition, remote collaboration, art galleries
28	21	gaming
29	22	Social, cultural activities, economic activities, education, travel, trade, chatting
30	23	teaming
31	24	Games, dancing, industry, education, immersive art, robotic art, art, events, concert, exhibition, meeting, collaboration, office, work, social networks, NFT markets, game finance

32	25	Meetings, paintings, wireless BCI, holographic experiences, shopping, 3D telecommuting, video conferencing, simulation, office, entertainment, social scenes, learning, virtual performances, virtual dating, game industry, immersive education, smart city, medical field, industrial simulation testing, digital tourism
33	26	Social, relationships
34	27	public event, concert, private event, online meeting, shopping, trading, games, remote learning, dancing, watching movies, hosting conferences
35	28	Work, learn, play, shop, create
36	29	Business, learning
37	30	computational arts, brain-to-speech, smart communication
38	31	Work, learn, socialize, fashion, educational lessons, digital art, virtual real estate
39	32	health care, hospital virtualization, education, entertainment, e-commerce, smart industries, collaborative working, wellness, monetization, simulation, visual learning, historical events, workout games, AI treatment of phobia
40	33	Learning, education, work, office, real estate, virtual cities, digital counselor, museums
41	34	culture
42	35	Football, education, learn, teaching
43	36	prediction of power load, simulation, education, business policy formulation, creator incentives
44	37	construction industry, videoconferencing, games, email, live streaming, social media, e-commerce, virtual reality
45	38	Fashion, event; game, education, office, simulation, marketing, social

Tabelle 20: Gefundene Anwendungsszenarien des Metaverse

10.2.6 Gefundenen Implementationen

Tabelle der gefundenen Implementationen

Nr.	ID	Gefundene Anwendungsszenarien
0	0	
1	1	Decentraland
2	2	Axie Infinity, Blockchain Game Alliance
3	3	
4	4	
5	-	
6	5	Meta Horizons, Second Life, Fortnite, Microsoft Teams Immersive, Roblox, Minecraft, Unity3D
7	-	
8	6	Accenture
9	7	
10	8	
11	9	Second Life
12	-	
13	10	
14	-	
15	11	Meta Horizon Workrooms
16	12	Gather, wonder.me, SpatialChat, Workadventure, Topia
17	-	
18	-	
19	13	
20	14	BMW uses Nvidia's Omniverse
21	15	Second Life
22	-	
23	16	
24	17	Roblox, Fortnite, Decentraland
25	18	Roblox, Fortnite, Minecraft, Microsoft Flight Simulator, Halo
26	19	
27	20	REV WORLDS, Virbela, Meta Horizons, AltSpaceVR, Pluto VR, Rec Room, BigScreenVR, Mozilla Hubs, Decentraland, The Sandbox, VRChat, ModboxVR, RPG NPC Simulator VR, No Man's Sky, Forza Motorsport
28	21	
29	22	Roblox, Fortnite, Minecraft, Second Life, VoRtex platform
30	23	
31	24	Roblox, Fortnite, Decentraland, Sims, Axie Infinity
32	25	Second Life, Roblox, Hoodoo Labs, Intel & Siemens Intelligent Parking, BMW uses Nvidia's Omniverse

33	26	Meta Horizon Worlds
34	27	AltSpaceVR, Meta Horizon Worlds, Mozilla Hubs, Rec Room, VRChat, Roblox, Fortnite, Minecraft, Axie Infinity, Decentraland, Upland
35	28	
36	29	
37	30	Minecraft, Roblox, WayRay's Holograktor
38	31	Roblox, Runescape, Meta Horizon Worlds
39	32	Microsoft Dynamics 365 Remote Assist
40	33	Second Life, The Sandbox, Engage Linked, Microsoft Teams
41	34	
42	35	
43	36	
44	37	Fortnite, Second Life
45	38	Roblox, Minecraft, Unity3D, Meta Horizon, Infinite Office

Tabelle 21: Gefundene (potenzielle) Metaverse-Implementierungen

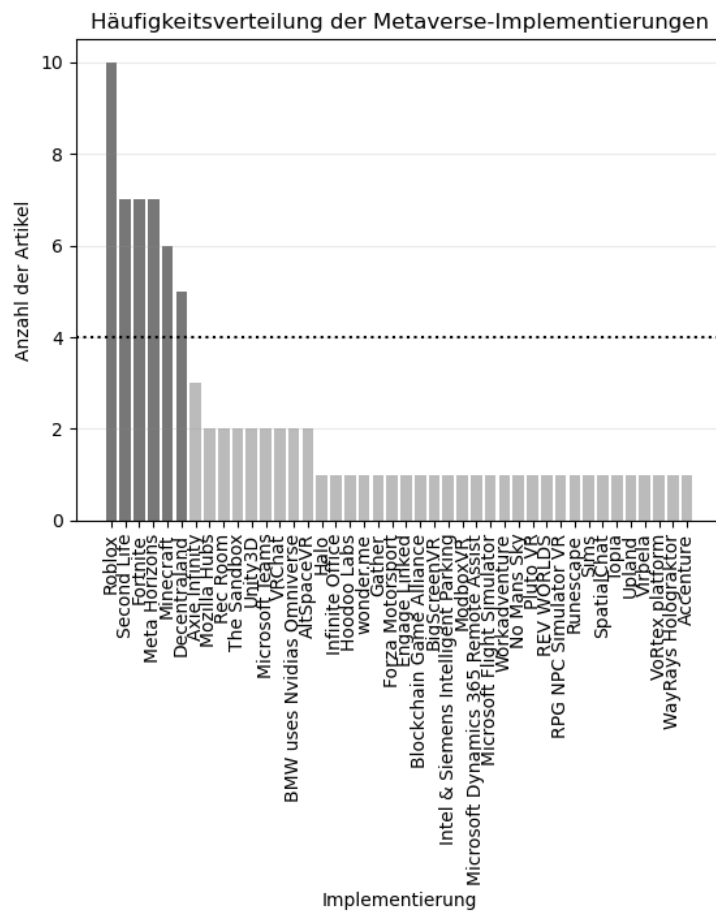


Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung der gefundenen (potenziellen) Metaverse-Implementierungen

10.3 Tabellen zur Zusammenfassung/Reduktion der Daten

10.3.1 Tabelle zur Zusammenfassung der gefundenen Keywords

Kategorie	Verwandte Keywords
fully immersive	immersive, visual immersion, extreme immersion
presence	remote presence
co-presence	mutual presence, shared, closeness
pervasive	easily accessible, accessible, available, anywhere, mobile-based always-on access
virtual/digital	virtual, digital
multiple worlds/environments	multiple worlds, universe, collective virtual environment, multiple virtual environments, parallel universe, concurrent virtual worlds
identity	identifiable humans/users, humans, users, large-scale users, people, user, authentication, unlimited users, password, human players, many users, virtual identities, billions of users, personal data, person-centered, million users
avatars	personalized avatars, customized avatars, customizable avatars, avatar, embodied, personalized avatar
interactive	dynamic, seamless interaction, barrier-free interaction, multi-task interaction, user interaction
flexible	controllable, personalizable, customizable, personalized perception, freedom, free
3d	3D environment
multi-dimensional	
real-time	
low-latency	low-latency, ultra-low latency, low friction
xr	spatial computing
mr	
ar and/or vr	VR Headsets, VR devices, VR glasses, AR Headsets, AR glasses, AR goggles, AR OR VR, AR, VR, goggles, HMDs
hci	HMI, natural interactions, HCIs
fully decentralized blockchain	decentralized, open, Web3.0, Web3.0 technologies
cryptocurrencies	crypto wallet, currencies, DeFi, virtual currency
interoperable	standard, standards, open standards, interconnected, cross-platform experiences, unified, central lobby, consistent
nfts	NFT
virtual/digital objects/assets	digital objects, virtual objects, objects, digital assets, virtual objects, digital objects, ownership, virtual goods, assets, digital goods, goods, virtual assets, entitlements, virtual items
network	multimedia networking, networked, WWW, network environment, internet-based, high-speed networks, wireless communication, mobile communication platforms, ultra-high bandwidth, ultra-high reliability, networks, mobile networks, mobile-based always-on access, next-generation internet, wide bandwidth network connection, peer-to-peer network
custom 3d content generation	content creation, automatic content creation, creation, content generation, content creation/editing, users create/edit, user-generated games
high quality content/experiences	experience, experiences, enhanced experiences, gamified experiences, social experiences, personal experiences, gameplay, content, emotional experience, experience-duality, gaming platform, pan-entertainment experience, rich content ecology, seamless virtual experience, variety, personalized experiences, user experience, human experience, emotional user experience, diversity
ai	AI agents, intelligent, NPCs, DeAI
multimodal	video and audio, many perception dimensions, haptic technologies, multimodal sensory perception, biosignals, facial expression, speech input, emotional state, brain computer interface, BCIs, micro-expression, body language, biometric data, NUIs, emotional states, sensors, sensing, gaze data, motion data, physical data, human senses, somatosensory, multi-sensory, natural interactions, motion tracking, speech, gestures, motion input devices, variety, multimodal input, body tracking, physiological sensors, multimodal content representation
big data	large volume of multimedia content
5g/6g	5G, 6G
persistent	longevity, synchronous/live, synchronous, on/offline integration
virtual world/environment	world, space, spatial, platform, enhanced space, worlds, 3D environment, immersive cyberspace, virtual world, world/environment, virtual environment, spaces, environments, parallel world, open world, universal world, open virtual world, massively parallel world, digital environment, virtual world, virtual space, alternative reality, simulated world, ecosystem
vast	limitless, endless world, no space limitation, endless worlds
no external reality constraints	moving freely, teleport, no physical constraints, teleportation, no geographical limitations, no physical laws, no time limitation, no time constraint, no space constraint, no physical restrictions, retroactive time, no limits of the real world
virtual economic system	economies, economy, commerce, global online marketplace, economic system
social interaction	social communication, friends, communication, collaboration, collaborative, verbal communication, non-verbal communication, social interactions, synchronous communication, multiuser communication, sociality, social space, social activities, social hub

services	
internet	online, internet4.0, next generation internet, new internet application, internet technologies, future internet
real world depiction	realism, realistic, based on real world, surreal
digital twins	digital twin, smart cities
web3.0	Web3.0 technologies
multiple metaverses	multiple universes, multiple platforms, multiple microverses, multiple worlds/rooms/metaverses, multiple metaverses/platforms
physical-virtuality	virtual-real synchronization, seamless integration, synchronized realities
life	activities, social activities, cultural activities, life long learning
social network	social, social networking, sociability, social networks, social imaginary, social media, social activities, sociality, social space
scalable	
user-centric	FPP, user-centered
edge computing	mobile edge computing
cloud computing	cloud, cloud data storage
handbased input devices	mobile phones, smartphone, mobile devices, mobile smart devices, smart devices
non-handbased input devices	wearables, intelligent wearable devices, smart devices
visualization	motion rendering, rendering, high-resolution, graphic rendering, graphic processing, 360-degree view, 360-degree FoV, high-density displays, display walls, image rendering
materialization	holographic digital media, hologram technology
civilization	virtual society, civility, virtual community, culture, society
iot	
traceable data	data continuity
scene/object recognition/synthesis	computer vision, scene/object recognition/generation, automatic content creation, AI-empowered content generation
sound/speech recognition/synthesis	spatial sound rendering, audio rendering, speech input
scenario generation/population/evaluation	stories/user scenarios
reliable	trust & accountability
utopian	
escape	shelter, neutral area

Tabelle 22: Tabelle zur Zusammenfassung und Reduktion der Keywords aus den Rohdaten

10.3.2 Tabelle zur Kategorisierung der identifizierten

Anwendungsszenarien

Kategorisierung der Anwendungsszenarien in Oberkategorien

Kategorie	Verwandte Keywords
Leisure/Entertainment	Leisure, entertainment
Culture	restoration of cultural relics, cultural activities, museums, time museum, historical events, exhibition, aquarium display space, time travel
Art	VR painting, immersive design, art galleries, immersive art, robotic art, art, paintings, computational arts, digital art
Events	Events, UFC fights, virtual concerts, virtual performances, private event
Tourism	Travel, digital tourism
Consumerism	Fashion, shopping, watching movies
Games	Game, play, play-to-earn games, serious games
Learn	Learn, remote learning, visual learning, schools, education, immersive education,
Teach	Teaching, educational lessons, schools, education, immersive education,
Marketplace	Sell, retail, trading, virtual markets, economics, economic activities, NFT markets, game finance, monetization, marketing, virtual real estate, architecture, create, creator incentives, advertisement, business
Office	Business, work, labor, hybrid work, meetings, gatherings, video conferencing, live streaming, 3D telecommuting, collaborate, remote collaboration, teaming, collaborative working,
Industry	Industry, smart industries, construction industry, broadcasting industry, machinery maintenance
Smart Mobility	Smart mobility, autonomous driving, parallel driving, intelligent transportation
Simulation / Digital Twins	Simulation, recording development of cities, smart city, industrial simulation testing, virtual cities, prediction of power load, business policy formulation, manufacturing system, manufacturing robots, control intelligence, knowledge automatization
Social Media	Share experiences with others, interact, chatting, social networks, social scenes, social media, socializing
Romance	Virtual dating, relationships
Communication	Communicate, interplanetary communication, smart communication, email
Medical Health	Remote surgeries, medical field, health care, hospital virtualization, health care domains
Mental Health	self-reflection on current emotional status via biofeedback, AI treatment of phobia, improving user's self-regulation in stressful situations, digital counselor, wellness, existence
Physical Health	Wellness, dancing, workout games, football
Holography	holographic experiences, holographic telepresence
Brain-Computer-Interface	wireless BCI, brain-to-speech
Crime	Criminal Investigations

Tabelle 23: Tabelle zur Kategorisierung der gefundenen Anwendungsszenarien

10.4 Quellcode und Datenstrukturen

10.4.1 Datenstruktur des verwendeten JSON-Formats für einen Artikel

Key	Datentyp	Inhalt
title	String	Titel der Publikation
doi	String	DOI der Publikation
language	String	Sprache in der Publikation verfasst worden ist
countries	Stringliste	Liste der Herkunftsländer der Autoren
database	String	Name der Datenbank in der die Publikation archiviert ist
type	String	Typ der Publikation z.B. „Review“, „Research Paper“, etc.
meta	Stringliste	Liste der Metainformationen des Inhalts der Publikation z.B. „serious“, „entertainment“, „education“ etc.
variants	Stringliste	Liste der erwähnten Metaversevarianten bzw. Erweiterungen
keywords	Stringliste	Liste der extrahierten Keywords aus den Definitionen

Tabelle 24: Datenstruktur des verwendeten JSON-Formats für einen Artikel

10.4.2 Python-Objekt zur Normalisierung und Weiterverarbeitung der Daten

```
class Paper:
    # dict represents the loaded JSON file of a paper
    def __init__(self, dict):
        # check if a flag exists before storing it
        if dict.get('flag', None):
            self.flag = dict["flag"]

        self.title = dict['title']
        self.doi = dict['doi']
        self.language = dict['language']
        self.countries = dict['countries']
        self.database = dict['database']
        self.type = dict['type']
        self.meta = dict['meta']
        self.variants = dict['variants']
        self.keywords = dict['keywords']

        # normalize the data
        self.normalizeKeywords()

    def normalizeKeywords(self):
        self.keywords = [Paper.normalize(kw) for kw in self.keywords]

    # static methods
    @staticmethod
    def normalize(word):
        return Paper.depluralize(Paper.decapitalize(word))

    @staticmethod
    def decapitalize(word):
        return word.lower()

    @staticmethod
    def depluralize(word)
        return word[:-1] if word[-1:][0] == 's' else word
```

Quelltext 4: Python-Objekt zur Normalisierung und Weiterverarbeitung der JSON-Daten