



Peter Hoffmann

Next Generation Internet

Die Verschmelzung von Realität und
Virtualität im Metaversum

 Springer Vieweg



Next Generation Internet

Peter Hoffmann

Next Generation Internet

Die Verschmelzung von Realität und
Virtualität im Metaversum

Peter Hoffmann
Rorschach, Schweiz

ISBN 978-3-658-43028-3 ISBN 978-3-658-43029-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-43029-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: David Imgrund

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen einen herzlichen Dank aussprechen, die sich von meiner Begeisterung für immersive Welten und für den Begriff Metaversum haben anstecken lassen. Dies sind insbesondere die vielen Studierenden der FOM Hochschule für Oekonomie und Management am Studienzentrum München, mit denen ich in vielen Diskussionen viele der oben besprochenen Teilaspekte zum Teil sehr kontrovers besprechen konnte und die sich durch diese Diskussionen nicht haben abschrecken lassen und Hausarbeiten im Kontext Metaversum auszuarbeiten. Noch größerer Dank gilt darüber hinaus den Studierenden, die dann auch noch ihre Abschlussarbeiten im erweiterten Kontext geschrieben haben (und zum Teil immer das Thema auch weiterhin bearbeiten):

- Antje Bärmann
- Dustin Bos
- Jasmin Böhm
- Natascha Ilmberger
- Timon Linke
- Tobin Schneider-Pungs
- Elaine Yasargil

Und zu guter Letzt dürfen natürlich meine beiden iTiger Oskar und Paul nicht unerwähnt bleiben, die mir als die Vor- und Abbilder für die reale Realität dienen und die mich oft aus der manchmal hochimmersiven Schreibwelt wieder in die Wirklichkeit zurückholten. Und mir dabei die Erkenntnis brachten, dass Katzen, Katzenbilder und Katzenvideos auch im Next Generation Internet eine wesentliche Rolle spielen werden 😊

Inhaltsverzeichnis

1 Metaversum?	1
Literatur	5
2 Woher ... wohin ... oder: was überhaupt	7
2.1 Realität	9
2.2 Virtualität	9
2.3 Augmented Reality	13
2.4 Augmented Virtuality	16
2.5 Mixed and other Realities	17
2.6 Und das Metaversum?	20
Literatur	23
3 Das Verschmelzen von Welten und ... versen	27
3.1 Sensorisches Verschmelzen	31
3.2 Räumliches Verschmelzen	34
3.3 Semantisches Verschmelzen	37
3.4 Temporales Verschmelzen	42
3.5 Das Verschmelzen der Interaktion	49
3.6 All-together – Der Weg zum Sozio-kulturellen Verschmelzen	55
3.6.1 Der Real-Life-Connector – eine neues Interaktionsparadigma? ...	56
3.6.2 Das soziale und gesellschaftliche Verschmelzen	62
3.6.3 Die Verschmelzung im Alltag: Freizeit, Kultur, Kunst	69
3.6.4 Die Verschmelzung im Alltag: Arbeitswelt	77
3.6.5 Oder das Gegenteil: Die Entschmelzung von	78
Literatur	79
4 Eine andere Dimension: Ökonomisches Verschmelzen	87
4.1 Die analoge Ökonomie der „klassischen Wertschöpfungskette“	90
4.2 Erste Verschmelzungsgedanken: Prosumtion	91
4.3 Die Verschmelzung in der Web-Ökonomie: Producersage	94

4.4	Die verschmolzene Cross-Economy des Metaversums: Modusage.	97
4.5	Die Digital 49ers: Neue Geschäftsmodelle und Anwendungsfelder	100
4.5.1	Werbung & Marketing	108
4.5.2	Shopping	111
4.5.3	Gaming & Spiele	113
4.5.4	Kunst & Kultur.	115
4.5.5	Social Events	117
4.5.6	Tourismus.	121
4.5.7	Bildung.	123
4.5.8	Das Metaversum und die Medizin	125
4.5.9	Das Business internal Metaverse	128
4.5.10	Metaverse Service Providing	131
4.5.11	Back into the real world.	134
4.5.12	Die „Gott-Rolle“	134
4.5.13	DAOs und das Metaversum	136
4.5.14	The yet to be imagined.	138
4.6	Und wie soll das gehen?	140
4.7	Eine Erfolgsgeschichte?	145
4.8	(Nicht nur) Ökonomische Befürchtungen: Metaverse-Hopping!	148
4.8.1	Ein einheitliches Metaversum?	149
4.8.2	Vielfältige Metaversen?	152
4.9	Das erweiterte ökonomische Umfeld.	155
	Literatur.	161
5	Was nicht fehlen darf: Kritik.	175
5.1	Die allgemeinen Themen der Kritik.	176
5.2	Die Verschmelzung der politischen Welt?	180
5.3	Oder doch eher die Spaltung der politischen Welt?.	181
5.4	Aber: Ein Blick aus einer anderen Perspektive	184
	Literatur.	185
6	Die wirkliche Vision	189
6.1	Die institutionelle Sicht auf das Metaversum	189
6.1.1	ITU und IEEE	190
6.1.2	World Wide Web Consortium W3C.	192
6.1.3	World Economic Forum.	194
6.1.4	Metaverse Standards Forum.	196
6.2	Die Perspektive von Fachleuten und Benutzern	197
6.2.1	Matthew Ball	199
6.2.2	Cathy Hackl	203
6.2.3	Amy Webb	204
6.2.4	Steve Mann	206

6.3 Das Metaversum – das Betriebssystem der Zukunft ?	209
Literatur	212
7 Jetzt ist die Zeit zum Bauen!	215
Literatur	216
8 Nachtrag 1 – Weil es so aktuell ist: Künstliche Intelligenz im Metaversum?	219
Literatur	224
9 Nachtrag 2 – Fast noch aktueller: Ist der Hype etwa schon vorbei?	227
Literatur	231
Glossar	233

Abkürzungsverzeichnis

AR	Augmented Reality
AV	Augmented Virtuality
BIM	Building Information Modeling
CAVE	Cave Automatic Virtual Involvement
DID	Decentralized Identifier
EU	Europäische Union
GAN	Generative Adversarial Network
GPT	Generative Pre-trained Transformer
GUI	Graphical User Interface
HCI	Human Computer Interaction
HMD	Head-mounted Display
KI/ AI	Künstliche Intelligenz/ Artificial Intelligence
ML	Machine Learning
MR	Mixed Reality
MUI	Metaverse User Interface/ Interaction
NPC	Non-Player Character (Nicht-Spieler-Charakter)
NLP	Natural Language Processing
NUI	Natural User Interface
PVR	Persistent Virtual Reality
RVK	Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum
VC	Verifiable Credential
VR	Virtual Reality
WEF	World Economic Forum (Weltwirtschaftsforum)
WIMP	Window, Icon, Menu, Pointer (Interaktionsparadigma)
WWW	World Wide Web
XR	Extended Reality

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram und Kishino. (In Anlehnung an [MIL95])	8
Abb. 2.2	Das Extrem der reinen Realität im RVK. (In Anlehnung an [MIL95])	9
Abb. 2.3	Das Extrem der reinen Virtualität im RVK. (In Anlehnung an [MIL95])	10
Abb. 2.4	Patentzeichnung des Sensorama von Morton Heilig. (Morton Heilig: The Sensorama, from U.S. Patent #3050870)	12
Abb. 2.5	Unterschied der Darstellung von VR: Headset vs. CAVE. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	12
Abb. 2.6	Die augmentierte Realität (AR) im RVK. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	13
Abb. 2.7	Vereinfachte Systemarchitektur für AR. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	15
Abb. 2.8	Die augmentierte Virtualität (AV) im RVK. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	16
Abb. 2.9	Klassifikationsschema für Head-Mounted-Displays. oben links: monokular, see-through. oben rechts: monokular, non-see-through. unten links: binokular, see-through. unten rechts: binokular, non-see-through. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	19
Abb. 2.10	Digitale Artefakte vs. die reale Welt: Mixed Reality. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	21
Abb. 2.11	Die Verortung des Metaversum im RVK. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	23
Abb. 3.1	Logik und Spannung der Handlung vs. Freiheit der Interaktion. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	29
Abb. 3.2	Die Dimension der Narrativen Realität. (N) – Narratem (atomare Handlungseinheit); (P) Präsentationsobjekt; (A) (Benutzer-) Aktion. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	29

Abb. 3.3	Technische Teilaspekte der Verschmelzung. (In Anlehnung an [BIT22])	30
Abb. 3.4	Eine Systematik der Wahrnehmung im HCI. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	31
Abb. 3.5	Semantisches Verschmelzen als Location Based Service. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	37
Abb. 3.6	Screenshots von den mobilen Apps der DB und der SBB	38
Abb. 3.7	Teilaspekte der Kontextbildung. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	39
Abb. 3.8	Multimodale Interaktion: „Put that there“ [BOL80]	52
Abb. 3.9	Der Real-Life-Connector. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	57
Abb. 3.10	Immersion der Interaktionsparadigmen: Metaverse User Interaction (MUI). (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	62
Abb. 3.11	Das Decentraland Metaverse Music Festival 2022. (Screenshots: DMMF 2022, Peter Hoffmann, Invisible Cow)	73
Abb. 4.1	Web 1–2–3. (Nach [SCHm21a])	88
Abb. 4.2	Vereinfachte Wertschöpfungskette. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	90
Abb. 4.3	Feedback als Erweiterung der vereinfachten Wertschöpfungskette: Prosumtion. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	92
Abb. 4.4	Die Veränderung der Wertschöpfungskette: Produsage. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	95
Abb. 4.5	Die Wertschöpfungskette im Metaversum: Modusage. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	98
Abb. 4.6	Branchenaktivitäten im RVK. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	102
Abb. 4.7	Geschäftsmodelle rund um das Metaversum. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)	108
Abb. 4.8	Verbrauchererwartungen für das Shopping der Zukunft. (In Anlehnung an [PAV23])	113
Abb. 4.9	Reisen im zukünftigen Metaversum. (In Anlehnung an [BIT22b])	122
Abb. 4.10	Hotels im Metaversum (hier: M Social). ([MUL23, TEO22])	123
Abb. 4.11	Das Metaversum und dafür relevante Technologien. (In Anlehnung an den Gartner Hype Cycle [PER22])	147
Abb. 6.1	Sieben Regeln für das Metaversum. (Nach: Tony Parisi [PAR21])	199
Abb. 6.2	Der Informationsfluss im Paradigma des Wearable Computing. (In Anlehnung an [MAN98])	208
Abb. 6.3	Ein Architekturbild für das Metaversum. (In Anlehnung [JAB22, DED09])	210



Das Metaversum – ein Begriff, der allgemein bekannt ist und von vielen Menschen verwendet wird. Dennoch zeigt sich in Diskussionen häufig, dass jeder Benutzer seine eigene individuelle Vorstellung davon hat, was der Begriff bedeutet. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, den Begriff Metaversum sowie alle damit verbundenen Begriffe wie Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), Mixed Reality (MR) und Extended Reality präzise zu definieren und zu betrachten.

Eine Hauptursache für die Popularität des Begriffs Metaversum liegt vermutlich darin, dass Marketingabteilungen großer und kleiner Unternehmen schnell auf dieses neue Buzzword aufgesprungen sind, ohne wirklich zu verstehen, was damit gemeint ist. Diese Unternehmen versuchen nun, den Begriff für ihre eigenen Zwecke zu nutzen, was angesichts der Wichtigkeit des Begriffs verständlich ist, aber den Umgang mit dem Begriff und der Thematik erschwert.

Es gibt viele Versuche, das Wesen des Metaversums zu beschreiben. Solche Beschreibungen klingen in der Regel griffig und interessant, sind aber bei genauerem Hinsehen mindestens ungenau und häufig auch falsch:

„Das Metaversum ist der Moment, in dem unser digitales Leben mehr wert ist als unser physisches Leben“

sagt Shaan Puri, Tech-Gründer und ehemaliger Twitch-Manager [ERL23].

Was für ein Satz und was für eine Aussage! Es stellt sich allerdings die Frage, ob wir als physische Menschen unser physisches Leben tatsächlich hinter uns lassen möchten, um uns ausschließlich in der digitalen Welt zu bewegen. Obwohl solche Definitionsansätze für eine philosophische Auseinandersetzung mit dem Metaversum nützlich sein können, sind sie für die Realisierung des Metaversums nicht unbedingt hilfreich. Zumindest sind sie missverständlich ausgedrückt. Was Puri meint ist, dass sich „in den nächsten zehn bis 20 Jahren“ die Aufmerksamkeit der Benutzer mehr und mehr auf die

digitale Welt als auf die reale Welt fokussieren wird. Dies liegt daran, dass die Benutzer noch mehr als heute am Bildschirm arbeiten oder mit dem Bildschirm leben werden. Oftmals scheint ein maximaler Grenzwert dafür allerdings schon erreicht zu sein, denn nicht zuletzt die Nutzung von Social Media auf mobilen Geräten wie Smartphone und Tablet lassen die Menschen heute schon die Umwelt häufig vergessen.

„Das Metaversum ist eine der populärsten virtuellen Welten, die es heute gibt. Es ermöglicht Benutzern eigene Avatare zu gestalten und damit viele verschiedene Umgebungen zu erkunden. Die Plattform bietet hunderte Spiele, die die Benutzer spielen können, sowie Tausende verschiedene Geschäfte in denen sie einzigartige Dinge kaufen können.“

Solche und ähnliche Definitionen, die ganz offensichtlich aus der Marketingperspektive entwickelt werden, sind für den Implementierungsansatz nicht hilfreich und sind auch inhaltlich ungenau.

Das Metaversum als eine der populärsten virtuellen Welten zu bezeichnen kann auf jeden Fall kritisiert werden, da das Metaversum als eigenständige Entität noch gar nicht existiert. Es gibt lediglich einige eigenständige virtuelle Welten wie Fortnite, World of Warcraft und andere, die sich einer äußerst hohen Popularität erfreuen. Darüber hinaus sind die Merkmale des Metaversums, wie zum Beispiel die Möglichkeit, eigene Avatare zu erstellen und Umgebungen zu erkunden, nicht einzigartig, sondern seit langem bekannt und mittlerweile in zahlreichen virtuellen 3D-Plattformen etabliert.

Auch der Aussage, dass das Metaversum Hunderte von Spielen und Tausende von Geschäften anbietet, ist kritisch gegenüberzustehen, da dies nicht als wirkliche Besonderheit betrachtet werden kann. Diese Möglichkeiten eröffnen sich seit langem, ganz banal allein schon durch das Internet.

An dieser Stelle muss fairerweise darauf hingewiesen werden, dass nicht nur Marketingabteilungen den Begriff „Metaversum“ für sich beanspruchen. Sowohl kleine als auch große Technologieunternehmen springen auf den Begriff an und behaupten oft vorschnell, dass sie nun und in Zukunft „Metaversum-Unternehmen“ seien und daran arbeiten, Metaversen zu schaffen, um die digitale und physische Realität der Menschen zu verbessern oder zu erweitern. Natürlich müssen auch diese Unternehmen wirtschaftlichen Erfolg erzielen, und dies sei ihnen gegönnt. Bei genauerer Betrachtung fällt jedoch auf, dass diese Unternehmen zumeist bereits vorher schon in den Bereichen 3D-Computing, Virtual Reality oder angrenzenden Gebieten tätig waren und lediglich ein neues Label in ihr Portfolio aufnehmen. Dies ist zwar erlaubt, aber sie müssen sich nun auch der Kritik stellen, dass sie den Begriff des Metaversums rein definitorisch auf diese Weise nicht weiterbringen.

Es könnten nun zweifelsohne und problemlos noch viele weitere, ebenso unzureichende Definitionskonzepte und -perspektiven identifiziert werden, die auf ähnlich unverbindliche Weise mit dem Begriff umgehen. Um jedoch eine verlässliche Kommunikation und Diskussion zum Thema zu ermöglichen, wird in den nachfolgenden Abschnitten zunächst versucht, das Umfeld dieses geplanten Metaversums zu definieren. Ziel ist es, am Ende eine konkrete, greifbare und beständige Definition zu präsentieren.

Dazu soll allerdings hier zunächst ein Schritt zurück gemacht werden. Ein Schritt, der in das heutige Internet zurückführt.

Das Internet zählt zu den am weitesten verbreiteten Innovationen der jüngeren Geschichte auf globaler Ebene. In den 1960er Jahren von der ARPA, einer Institution des US-Verteidigungsministeriums, als dezentrales und ausfallsicheres Kommunikationsnetzwerk konzipiert, nahm es 1969 seinen Anfang im akademischen Forschungsbereich. Das damalige ARPANET fungierte als Austauschplattform für wissenschaftliche Ergebnisse und erfuhr sukzessive Erweiterungen durch zusätzliche Knotenpunkte sowie passende Kommunikationsprotokolle und Applikationen. In den 1980er Jahren wandelte sich das ARPANET zu einem globalen Kommunikationsnetzwerk. Mit der Entwicklung des World Wide Web durch Tim Berners-Lee 1989 und der darauffolgenden Kommerzialisierung, avancierte das Internet zu einem omnipräsenten Phänomen. Im Laufe der Jahre durchlief das Internet diverse Entwicklungsphasen und wurde kontinuierlich um neue Anwendungen erweitert, etwa „User generated Content“ oder soziale Netzwerke. Ein Zeitpunkt der nächsten revolutionären Weiterentwicklung bleibt noch abzuwarten. [BRA10] Möglicherweise steht er mit „dem Metaversum“ ja vor der Tür. Im Vergleich zum gegenwärtigen Internet, das seine wirtschaftliche, gesellschaftliche und kulturelle Relevanz allmählich über eine Zeitspanne von drei Jahrzehnte aufgebaut hat, durchläuft auch das Metaversum eine stetige und fortschreitende Entwicklung. Es könnte durchaus das trojanische Pferd sein, dass altbekannten Technologien in neuer Form den Durchbruch in eine neuartige virtuelle Welt ermöglicht [SCHm21a].

Ist aber diese neue virtuelle Welt, die noch deutlich vernetzter und (an-) greifbarer sein wird als die heutige, wirklich erstrebenswert? Ein Vergleich mit der Veränderung unserer geopolitischen Welt könnte hier vielleicht hilfreich sein. Ein Vergleich zwischen den aktuellen jüngeren Generationen europäischer Bürgerinnen und Bürger offenbart, dass sie ein Leben ohne die Europäische Union (EU) und ein vereintes Europa nicht kennen. Obwohl die EU sicherlich nicht vollkommen ist, so hat sie dennoch einen signifikanten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Raum kreiert, der aus miteinander verbundenen, jedoch sehr unterschiedlichen Einzelwelten besteht. In der EU ist es möglich und nahezu alltäglich, von Hamburg nach Lissabon zu fahren oder zu fliegen sowie in Rom, Dublin oder Athen einzukaufen, ohne Zollgebühren entrichten oder Grenzkontrollen passieren zu müssen. Die gemeinsame Währung ist sowohl am nördlichsten Punkt Finnlands als auch in einer Bergtaverne auf Kreta gültig. Das Schengen-Abkommen hat ein wirtschaftliches Ökosystem erschaffen, das größer ist als die Summe seiner Bestandteile.

Das alte, fragmentierte Europa mit Schlagbäumen, zahllosen Währungen und komplexen Zollvorschriften ist für die Jüngeren kaum noch vorstellbar. Ebenso verhält es sich mit dem heutigen Internet. Dienste wie Amazon, Google, Zoom, Twitter, Netflix, Minecraft und viele andere werden einfach benutzt, aber diese Anwendungen stehen, wie die Mitgliedsländer der EU, jede für sich und sind voneinander getrennt. Für jeden dieser Orte benötigen wir eine neue digitale Identität und nutzen überwiegend den zweidimensionalen Raum unserer Bildschirme.

Das Konzept des Metaversum zielt darauf ab, die verschiedenen isolierten Elemente miteinander zu verbinden und ein Internet zu entwickeln, das fähig ist, den realen und den virtuellen Raum nahtlos miteinander zu verknüpfen. Das Metaversum soll in Echtzeit und parallel zur physischen Welt stattfinden. Zudem soll es ein eigenständiges Wirtschaftssystem aufweisen, das ein beispielloses Maß an persönlicher Entfaltung ermöglicht. Es soll sich darüber hinaus zu einer Plattform entwickeln, auf der digitale Daten und Güter ohne Einschränkungen und unabhängig von Grenzen ausgetauscht werden können.

Nun stellt sich die Frage, welche Bedeutung dies in der Praxis haben sollte. Cathy Hackl, die im Folgenden noch häufiger Erwähnung finden wird, hat dazu ein Gedankenexperiment am Beispiel einer jungen Frau als Benutzerin des Metaversums der nahen Zukunft formuliert. Hackl sieht in ihrer Vision die junge Frau morgens von ihrem virtuellen, sprachbasierten Assistenten geweckt. Sie beginnt dann ihre morgendliche Routine. Anschließend geht sie zu ihrem Schrank und betrachtet ihre volumetrische Darstellung in der Form eines Avatars oder eines Hologramms. Sie probiert virtuell Kleidungsstücke an, indem sie die volumetrische Darstellung nutzt, die all ihre Maße berücksichtigt, und wählt dann das aus, was sie an diesem Tag tragen möchte. Die tatsächliche Kleidung, die sie ihrem physischen Selbst überstreift, besitzt eine digitale Komponente, die sich auf ihr digitales Ebenbild überträgt. Je nachdem, in welchem virtuellen Umfeld sie sich befindet, kann sie das Erscheinungsbild ihres Outfits anpassen. Vielleicht sind sogar digitale, haptische Nanopartikel in ihren Lippenstift eingearbeitet, sodass sie ihren Partner, der in einem anderen Land unterwegs ist, begrüßen und dessen Umarmung fühlen kann. [[HAC22](#)]

Solche – und ähnliche – Visionen des Lebens in und mit dem Metaversum gibt es viele. Die interessante Frage ist daher, wie die jeweiligen Visionärinnen und Visionäre eigentlich zu diesen Vorstellungen kommen. Möglicherweise plappern sie unreflektiert Aussagen anderer lautstarker Consultants und Agenturen wie zum Beispiel Axel Springers hy nur einfach nach: [[SCHm21a](#)]

„Fünf Charakteristika sind besonders wichtig. Das Metaverse ist vor allem durch folgende [...] Charakteristika definiert:

1. werden Realität und Virtualität nahtlos miteinander verbunden,
2. läuft das Metaverse unaufhörlich und synchron zur realen Welt in Echtzeit,
3. spannt ein eigenes Wirtschaftssystem über analoge und digitale Welt,
4. wird individuelle Verwirklichung ermöglicht wie nie zuvor und
5. sind digitale Daten und Güter über alle Grenzen hinweg reibungslos übertragbar.“

Welche Bedeutung dies technisch und auch gesellschaftlich hat, bleibt bei solch vagen Aussagen aber leider unbeantwortet.

Immerhin scheint es aber auch eine geerdete Gegeneuphorie zu geben, die ein wenig nüchterner in das Metaversum der Zukunft blickt: „Ein Besuch in einer der vielen NFT-Galerien klingt zwar zunächst interessant, dort angekommen wird aber schnell klar, dass zweidimensionale Kunstwerke eben nicht von der 3D-Welt profitieren. Auf einer Website

lassen sich JPG und AVI am Ende eben doch deutlich sinnvoller ausstellen. Auch eine virtuelle Bar, die von der US-Brauerei Miller Lite im Rahmen des Super Bowls in Decentraland eröffnet wurde, funktioniert bestenfalls als Kuriosum. Nach spätestens fünf Minuten ist der begehbare Werbespot erkundet und auch virtuelles Freibier ist kein wirklich überzeugender Grund dafür, auch nur eine Minute länger in der überraschend ranzig gestalteten Kaschemme zu verbringen.“ [RIX22]

Soviel durchaus herbe Kritik an dem Umgang mit dem Begriff „Metaversum“ bedeutet allerdings nicht, dass dieser Kontext nur negativ zu bewerten sei. Technik entwickelt sich beständig weiter. Daher soll dieser einleitende Abschnitt mit der Aussage von Yu Yuan, dem derzeitigen Direktor des IEEE, als einer positiven Überleitung zu den nachfolgenden Betrachtungen abgeschlossen werden: [BAL22]

„Im engeren Sinne kann das Metaversum einfach als Persistent Virtual Reality (PVR) definiert werden. Im weiteren Sinne ist Metaversum das fortgeschrittene Stadium und die langfristige Vision der digitalen Transformation.“

Denn genau deshalb ist die Auseinandersetzung mit dem Begriff, der Theorie und der möglichen praktischen Implementierung des Metaversums so wichtig.

Literatur

- [BAL22] Ball, Matthew; Furness, Thomas; Inbar, Ori; Kalinowski, Caitlin; Lange, Danny; Lebedarian, Rev; Mann, Steve; Miralles, Evelyn; Rosedale, Philip; Trevett, Neil; Yuan, Yu (14.06.2022): Metaverse decoded by top experts. In: VerseMaker: Metaverse Landscape & Outlook Series. Online: <https://versemaker.org/download> (abgerufen am: 10.05.2023).
- [BRA10] Braun, Torsten (2010). Geschichte und Entwicklung des Internets. Informatik-Spektrum: Vol. 33, No. 2. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. (S. 201–207). <https://doi.org/10.1007/s00287-010-0423-9>.
- [ERL23] Erl, Josef; Bastian, Matthias (03.09.2022): Hier sind 10 Metaverse-Definitionen, sucht euch eine aus. In: mixed.de. Online: <https://mixed.de/metaverse-definitionen/> (abgerufen am: 10.05.2023).
- [HAC22] Hackl, Cathy (29.03.2022): What is the metaverse - and what does it mean for business? Podcast: „At the Edge“, McKinsey’s Technology Council, hosted by: Mina Alaghband. Online: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinseydigital/our-insights/what-is-the-metaverse-and-what-does-it-mean-for-business>.
- [RIX22] Rixecker, Kim (23.02.2022): Metaverse-Selbstversuch: Wir waren da – und schwer gelangweilt. In: t3n. Online: <https://t3n.de/news/metaverse-selbstversuch-decentraland-1451407/> (Abgerufen: 17.05.2023).
- [SCHm21a] Schmidt, Cord (2021): Wie das Internet zum Metaverse wird. In: hy – the Axel Springer Consulting Group. Online: <https://hy.co/2021/12/01/into-the-metaverse-oder-die-naechste-ara-des-internets/#1> (abgerufen am: 10.05.2023).



Nicht selten findet sich als Synonym für das Metaversum die Bezeichnung Post-Internet-Ära. Dieser Begriff „Post-Internet“ bezieht sich allerdings nicht auf eine Zeit nach dem Internet, sondern auf unser aktuelles Zeitalter, in dem das Internet derart allgegenwärtig und alltäglich geworden ist, dass es den Menschen kaum noch auffällt. Das Metaversum repräsentiert eine Innovation, die es erlaubt, Online-Räume zu kreieren, in denen Anwender multidimensional miteinander agieren können. Statt ausschließlich digitale Inhalte passiv zu konsumieren, sollen sich Benutzer in Besucher des Metaversums verwandeln, in dem sie in eine Welt eintauchen können, in der das Digitale und das Physische zu einer völlig neuen Erfahrung verschmelzen [SMA20].

Obwohl das Konzept des Metaversums noch relativ neu ist, stellt es zuallererst allerdings lediglich eine Weiterentwicklung von Augmented Reality, Virtual Reality und anderen Technologien dar. Im Unterschied zu diesen technologischen Ansätzen bietet das Metaversum jedoch einen neuen Spiel-, Bewegungs- oder Interaktionsraum für die Menschheit, der auf eine höhere Ebene des Virtuellen vordringt [JIA22].

Der Enthusiasmus rund um das Metaversum ist nicht auf denjenigen zurückzuführen, der den Begriff erstmalig geprägt hat. Tatsächlich stammt der Begriff „Metaversum“ ursprünglich aus dem Science-Fiction-Roman „Snow Crash“, verfasst von Neal Stephenson im Jahr 1992. [STE92] Aber auch, wenn dieses Buch den Ausdruck einführte, löste es nicht den Hype aus, den wir heute im Zusammenhang mit dem Metaversum erleben. Es sind vielmehr Aussagen wie die von Mark Zuckerberg, der das Metaversum als das zukünftige „embodied internet“, also als ein „verkörperlichtes Internet“ bezeichnet und in diesem Zusammenhang voraussagt, dass in der Zukunft der Unterschied zwischen der realen und der virtuellen Welt im Metaversum nicht mehr erkennbar sein wird. Dies würde eine Verschmelzung von Realität und Virtualität bedeuten. Bei Aussagen wie der zuvor zitierten sollte allerdings zunächst einmal untersucht werden, wie Benutzer reale und virtuelle Welten überhaupt wahrnehmen. Denn ohne ein solches Verständnis kann

das angestrebte Verschmelzen dieser Welten sicherlich nicht erfolgreich realisiert werden [BIT22].

„Konsens bei allen Diskussionen ist, dass das Metaverse eine Form der virtuellen Welt oder des virtuellen Erlebnisses darstellt.“

Es ist allerdings von Bedeutung zu beachten, dass sich gegenwärtig der Charakter und das Selbstverständnis von virtuellen Welten wandelt. Diese virtuellen Welten existieren schon seit geraumer Zeit. Computerspiele stellen ein gutes Beispiel hierfür dar. Es wäre jedoch ein Fehlschluss anzunehmen, dass das Metaversum einfach nur das nächste Computerspiel sei. Insbesondere bei der Betrachtung der jüngeren Generation haben virtuelle Welten wie Minecraft, Fortnite oder Roblox schon lange eine neue Bedeutung erlangt. Sie dienen nicht nur als Unterhaltungsmedium, sondern auch als soziale Treffpunkte. Es ist nicht ungewöhnlich, dass Menschen sich in Minecraft verabreden, um gemeinsam an einem Projekt wie dem Bau eines Bahnhofs für Oberursel zu arbeiten, wie es das Beispiel der Plattform „Oberurselcraft“ zeigt. [OBE20, KOM17, BOGoJ].

Ein Ansatz, der an dieser Stelle durchaus hilfreich sein könnte und auf den hier bewusst zurückgegriffen wird, ist das von Paul Milgram und Akira Kishino 1994 entwickelte und vorgestellte Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (RVK), das in Abb. 2.1 gezeigt wird. [MIL95] Hiermit beschreibt Milgram, der nicht mit dem bekannten Psychologen Stanley Milgram verwechselt werden darf, aus der Sicht der Mensch-Maschine-Schnittstelle die menschliche Wahrnehmung beziehungsweise das Spektrum dieser Wahrnehmung. Er unterscheidet darin die Extreme der hundertprozentigen Realität und der hundertprozentigen Virtualität, die durch ein breites Spektrum des Übergangs zwischen diesen beiden Aspekten getrennt sind. Damit wird beschrieben, wie der Mensch seine jeweilige Umwelt wahrnimmt und was dies in Bezug auf die jeweilige Technologie und Technik bedeutet.

Bevor also im Weiteren das Augenmerk auf das Metaversum an sich gerichtet wird, soll zunächst einmal betrachtet werden, wie der Mensch und damit letztlich auch die

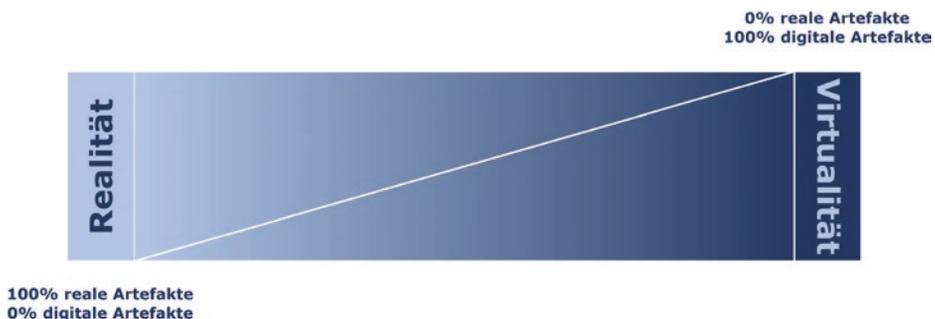


Abb. 2.1 Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum nach Milgram und Kishino. (In Anlehnung an [MIL95])

Technik ihre jeweilige Umwelt wahrnimmt. Es geht hierbei noch gar nicht um die ebenfalls häufig erwähnte Immersivität virtueller Welten; diese soll erst später mit den hier zunächst vorgestellten Grundlagen verknüpft werden.

2.1 Realität

Das von Milgram und Kishino aufgespannte Kontinuum weist an seinen Endpunkten jeweils ein Extrem auf. Eines dieser Extreme ist die Realität. Hierbei ist nicht eine philosophische Auseinandersetzung mit dem Realitätsbegriff gemeint, sondern vielmehr geht es in diesem Kontext und im gesamten Konstrukt des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums um die aktuelle Wahrnehmung des Menschen und seiner Umwelt.

Realität im Sinne des Kontinuums nach Milgram und Kishino bedeutet hier, dass der Mensch ausschließlich reale Artefakte auf allen seinen ihm zur Verfügung stehenden Sinneskanälen empfängt. (siehe Abb. 2.2) An dieser Stelle könnte sicherlich noch eine Betrachtung eingefügt werden, welche Sinneskanäle dem Menschen für die Wahrnehmung seiner Umwelt zur Verfügung stehen und wie diese auf die technische Anwendungswelt abgebildet werden könnten. Dies soll jedoch erst im Abschn. 3.1 „Sensorisches Verschmelzen“, geschehen.

2.2 Virtualität

Am anderen Ende des aufgestellten Kontinuums befindet sich nach Milgram das genau entgegengesetzte Extrem, nämlich die hundertprozentige Virtualität. Gemeint ist auch hier wieder, dass der Mensch auf all seinen ihm zur Verfügung stehenden Sinneskanälen ausschließlich virtuelle beziehungsweise digitale Artefakte wahrnimmt. Das heißt, auf dieser Seite des Kontinuums sieht der Mensch ausschließlich digital erzeugte und gerenderte Objekte und er hört ausschließlich digital erzeugte Audioinformationen.

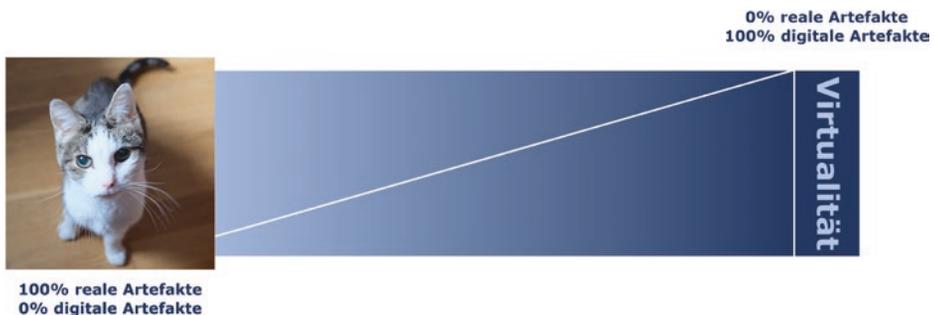


Abb. 2.2 Das Extrem der reinen Realität im RVK. (In Anlehnung an [MIL95])

Allerdings ist dies nur ein kleiner Teil dieser Extremsichtweise; vielmehr muss der Gedanke hier weitergeführt werden, dass der Mensch auf dieser Seite des Kontinuums auch ausschließlich digital erzeugte Eindrücke fühlt, riecht und schmeckt. Eine solche extreme Betrachtung muss zu dem Schluss kommen, dass der Mensch mit seiner Wahrnehmung vollkommen und vollständig von der realen Umwelt entkoppelt ist.

Während das Extrem der Realität technisch sehr leicht zu realisieren ist, indem zum Beispiel ganz einfach alle digitalen Geräte ausgeschaltet und aus dem Wahrnehmungsbereich entfernt werden, ist der technische Aufwand für das Extrem der Virtualität ausgesprochen hoch, wie es ansatzweise in Abb. 2.3 zu sehen ist. Zwar können Bild und Ton hochqualitativ und auch in sogenannter Echtzeit künstlich erzeugt werden, dies gilt jedoch nicht für alle anderen Sinneskanäle. Sicherlich ist es vorstellbar, durch den Einsatz von zum Beispiel ätherischen Ölen, die einem Benutzer vor seiner Nase zugeführt werden, einen künstlich erzeugten Geruch zu präsentieren. [SCH23a, LIU23] Und sicherlich ist es rein theoretisch auch vorstellbar, den gustatorischen Sinn des Menschen auf technischem Wege anzusprechen, indem die Geschmacksrezeptoren auf der Zunge und im Mundbereich adressiert werden. Ob allerdings eine technische Implementierung vonseiten des Benutzers akzeptiert würde, darf durchaus bezweifelt werden. Tatsächlich gibt es derzeit nur sehr wenige Projekte, die sich diesem Problem überhaupt stellen. Ausgeklammert wird hier natürlich eine in Zukunft eventuell mögliche sensorische Aktivierung über Brain Interfaces. Aber auch hier würde sich die Frage stellen, ob solche Formen von Interaktionsgeräten durch den Benutzer akzeptiert würden. Ebenso sind die bei der Entwicklung von Brain-Interfaces auftretenden ethischen Fragen durchaus noch nicht ausdiskutiert.

Weitaus einfacher anzusprechen sind hingegen die haptischen Sinneskanäle. Datenhandschuhe und sogar ganze Datenanzüge, die mechanische beziehungsweise taktile Eindrücke vermitteln, gibt es bereits seit geraumer Zeit. Insbesondere aktuell erfährt die Entwicklung solcher technischer Geräte einen erheblichen Schub. Neue Materialien eröffnen hier die Möglichkeit, die bis vor kurzem noch ausgesprochen klobigen Gerätschaften erheblich zu miniaturisieren und somit den Tragekomfort dieser Geräte deutlich zu verbessern. Damit dürfte letztlich auch die Akzeptanz aufseiten des Benutzers steigen.

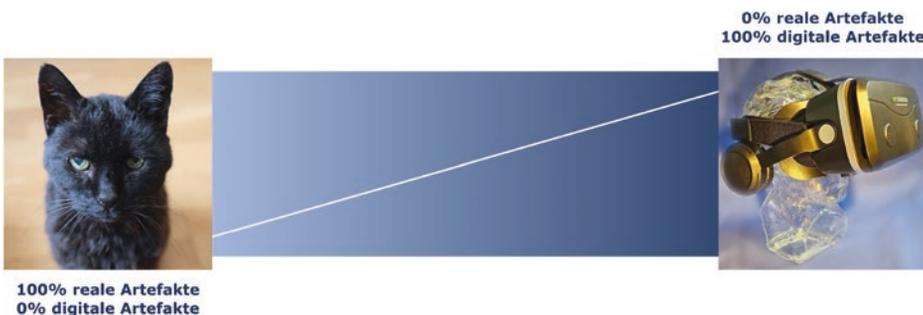


Abb. 2.3 Das Extrem der reinen Virtualität im RVK. (In Anlehnung an [MIL95])

In solche Anzüge lassen sich ohne Weiteres auch Heiz- und Kühlelementen integrieren, sodass auch die Temperaturwahrnehmung des Menschen künstlich beziehungsweise technisch angesprochen werden kann.

Ein einziger Sinneskanal allerdings bleibt, zumindest derzeit, künstlich noch nicht abbildbar. Gemeint ist die Wahrnehmung der Schwerkraft, die wohl auch in absehbarer Zeit nicht durch technische Geräte verändert werden kann. Ausdrücklich ausgeklammert bleibt hier die eventuelle technische Möglichkeit durch den Einsatz der oben schon kurz erwähnten Brain Interfaces.

Das gezielte Ansprechen menschlicher Sinnesmodalitäten ist nur durch eine intensive technische Unterstützung möglich. Dafür müssen zahlreiche technische Geräte in einem System zusammengeführt werden, um eine hundertprozentige Virtualität zu erreichen. Unter dem Oberbegriff „Virtual Reality“ bekannt, lässt der hohe Technisierungsgrad vermuten, dass die Idee dieser Technologie und die realisierte Technik neuartig seien. Dies ist jedoch ein Fehlschluss, denn erste Ideen dazu lassen sich bereits auf den Beginn des 20. Jahrhunderts zurückführen.

Nicht nur die Ideen, sondern auch die Implementierungen von Virtual-Reality-Systemen sind deutlich älter. Schon in den Jahren 1957 bis 1962 entwickelte Morton Heilig, eigentlich ein Filmmacher und Kinotechniker, das sogenannte „Sensorama“, den Vorläufer aller heute bekannten Virtual-Reality-Systeme. [HEI62, WIKoJ] Allerdings war dieses System einerseits viel zu klobig und andererseits von einer zu niedrigen Darstellungsqualität, als dass es ein echter Erfolg auf dem Massenmarkt hätte werden können. (siehe Abb. 2.4).

Seitdem gab es mehrere Versuche, Virtual Reality für den Massenmarkt tauglich zu machen. Insbesondere in den 1980er und 1990er Jahren präsentierten namhafte Firmen wie Sony eine ganze Reihe von Geräten, die den Homecomputer- oder Personalcomputer-Markt erobern sollten. Keiner dieser Versuche war jedoch wirklich erfolgreich. Im professionellen Bereich entwickelten sich hingegen für bestimmte Anwendungsfälle eine Vielzahl von Virtual Reality-Lösungen, die ihre Tauglichkeit und Stabilität durchaus beweisen konnten. Zahlenmäßig war ihre Verbreitung allerdings recht überschaubar.

Ob der aktuelle neue Anlauf mit Geräten wie der Oculus Rift, Quest oder anderen diesmal ein Erfolg auch auf dem Massenmarkt sein wird, kann aktuell noch nicht wirklich beantwortet werden. Der Markt scheint allerdings auch heute noch ein schwieriger zu sein, wie ein Blick in die Regale der großen Elektronik- und Mediengeschäfte zeigt. Hier findet sich in aller Regel kein einziges VR-Headset im Angebot zu Verkauf, was eine eher geringe Nachfrage vermuten lässt.

Auch in technischer Hinsicht muss hier nochmals differenziert werden. (siehe Abb. 2.5) Einerseits gibt es den Ansatz, die hundertprozentige Virtualität durch den Einsatz von Geräten wie der bereits erwähnten Oculus Rift und ähnlichen unter der Bezeichnung „VR-Headsets“ zu erreichen, die ausschließlich die Kopfsinne ansprechen. In Kombination mit einem Anzug für die körperlichen Sinne könnte dies tatsächlich ein Weg sein, um die Virtualität nach Milgram zu erreichen. Andererseits gibt es den Ansatz der sogenannten CAVE [CRU92, CRU93], welcher erstmals 1992 vorgestellt wurde.

Abb. 2.4 Patentzeichnung des Sensorama von Morton Heilig. (Morton Heilig: The Sensorama, from U.S. Patent #3050870)

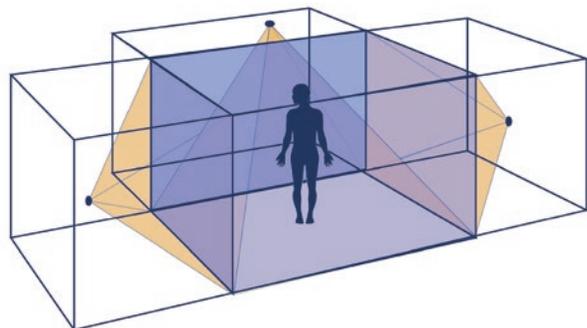
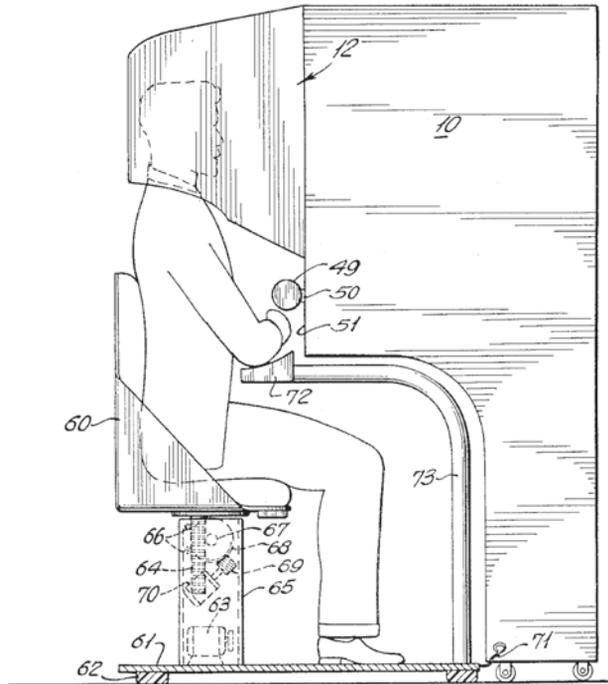


Abb. 2.5 Unterschied der Darstellung von VR: Headset vs. CAVE. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)

Der Name CAVE, ein Akronym für „Cave Automatic Virtual Involvement“, ist dabei Programm. Ähnlich wie in einer echten Höhle befindet sich der Benutzer in einem vollständig geschlossenen Raum, auf dessen sechs Innenseiten künstlich erzeugte visuelle Informationen projiziert werden. Der Benutzer kann sich in diesem Raum frei bewegen, ohne klobige und bewegungsstörende technische Geräte wie bei einem Headset mit sich tragen zu müssen. Dies ist einerseits für den Benutzer sicherlich komfortabel; allerdings

erscheint es eher unwahrscheinlich, dass sich die CAVE-Technologie für den Consumer- und Massenmarkt etablieren wird, da sie in irgendeiner Form in das Wohnumfeld des Menschen integriert werden müsste, was wiederum deutlich aufwendiger und schwieriger ist als die Benutzung eines VR-Headsets.

Am Beispiel der CAVE wird jedoch nochmals deutlich, dass hundertprozentige Virtualität automatisch die fast vollständige Entkopplung des Menschen von seiner realen Umwelt bedeutet.

2.3 Augmented Reality

Zwischen den beiden Extremen der Wahrnehmung, einerseits ausschließlich reale Artefakte und andererseits ausschließlich digitale Artefakte, ließen Milgram und Kishino in ihrem Kontinuum ausreichend Raum für ein breites Spektrum unterschiedlicher, fließender Abstufungen. Ausgehend vom Extrem der hundertprozentigen Realität, wird die Wahrnehmung zunehmend überlagert und angereichert durch digitale Artefakte, wie es in Abb. 2.6 dargestellt ist.

Diesen mittleren Teil des Kontinuums gliedern Milgram und Kishino in zwei Bereiche. Der bekanntere davon ist der Bereich der Augmented Reality, bei dem in der Wahrnehmung die realen Eindrücke und Artefakte gegenüber den digitalen überwiegen. Dabei bleibt unberücksichtigt, welche semantische Bedeutung den digitalen Artefakten zugeschrieben werden kann oder sollte. In ihrer Beschreibung gehen Milgram und Kishino einfach davon aus, dass die Wahrnehmung der Realität durch künstlich erzeugte digitale oder virtuelle Informationen und Artefakte angereichert wird.

Die Idee des hier vorgestellten Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums ist daher eng mit dem Konzept von Augmented Reality verbunden, wie er heute im Bereich der Informatik verstanden wird. Obwohl die Historie weiter zurückreicht, wurde die Beschreibung



Abb. 2.6 Die augmentierte Realität (AR) im RVK. (Eigene Darstellung: Peter Hoffmann, Invisible Cow)

der technischen Grundlagen erstmals 1993 von Ronald T. Azuma publiziert. [AZU93] Laut seiner Vorstellung bedeutet Augmented Reality, dass digitale Objekte präzise in das Sichtfeld des menschlichen Benutzers eingefügt werden. Präzise bedeutet in diesem Kontext, dass sich ein eingefügtes Objekt nahtlos und ohne erkennbaren Übergang in die Wahrnehmung der ansonsten realen Umgebung einfügt. Azuma denkt dabei insbesondere an dreidimensional modellierte digitale Objekte [AZU95, AZU97].

Aus dieser Vorstellung heraus muss der Begriff der Passgenauigkeit spezifiziert werden:

- Geometrische Passgenauigkeit bezieht sich auf das digitale Objekt selbst, da dieses in Form und Größe der Realität entsprechen muss.
- Geografische Passgenauigkeit, die sich aus der geometrischen Passgenauigkeit ableitet, bezieht sich auf die Position des einzufügenden Objekts. Dieses muss nicht nur in seiner Form und Größe passen, sondern auch exakt an der Stelle eingefügt werden, die der Benutzer erwartet oder die sich aus der Logik ergibt.
- Die geografische Passgenauigkeit führt unmittelbar zu einem dritten Punkt, da auch Position, Perspektive und (Sicht-) Winkel des Benutzers berücksichtigt werden müssen. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, weil Azuma davon ausgeht, dass der Benutzer durch eine Brille in die Realität schaut und die digitale Ergänzung bzw. Anreicherung in der Brille erfolgt. Diese Brille bewegt sich mit dem Benutzer und seinem Kopf, was bedeutet, dass Körperbewegung und -haltung Einfluss auf die Orientierung der Displays in der Brille haben.
- Temporale Passgenauigkeit, oder einfacher gesagt, die Synchronisierung des Renderings des digitalen Artefakts mit der Bewegung des Benutzers und seiner Wahrnehmung. Diese wird durch zwei Aspekte beeinflusst: Zum einen müssen Position und Körperhaltung des Benutzers mit hoher Geschwindigkeit erfasst werden, zum anderen muss das Rendering des zu ergänzenden Objekts ebenso schnell berechnet werden.

Schon kleinste Abweichungen in einem Aspekt der oben aufgeführten Passgenauigkeiten können leicht zur Irritation des Benutzers führen und somit zum Akzeptanzverlust. Dies lässt sich gut vergleichen mit der Wahrnehmung von Filmen oder Videos, in denen beispielsweise die Montage eines Schauspielers in eine Szenerie nicht optimal gelingt oder in denen eine zeitliche Asynchronität zwischen Video- und Audiospur eines Films zum Verlust der Lippensynchronität führt.

Ein interessanter Gedanke in Bezug auf die „angereicherte“ Realität ist die Negierung des Verständnisses. Typischerweise wird davon ausgegangen, dass bei AR die Wahrnehmung um digitale Artefakte erweitert wird. Dies kann allerdings auch genau andersherum gedacht werden. Wenn nämlich ein digitales Artefakt an einer feste Koordinate in der Wahrnehmung eingebracht wird, so bedeutet dies zugleich, dass ein Teil der Realität überlagert und somit nicht mehr wahrgenommen wird. Dieser Gedanke führt zu dem Begriff der Diminished Reality, also der „verminderten“ Realität. Was zunächst wie