



Die Vision des Metaversums verspricht eine neue Stufe der digitalen Gesellschaft. Damit diese nicht nur ein kleiner Teil der Bevölkerung erreicht, müssen einige Herausforderungen bewältigt und eine ganze Menge an Anforderungen erfüllt werden.

Zu Beginn noch belächelt, hat sich das Internet seit seiner Entstehung zu einem integralen Bestandteil unseres Lebens entwickelt. Während das Internet heute zwar allgegenwärtig ist und wir es über verschiedene Endgeräte nutzen können, geht das Metaverse deutlich darüber hinaus. Es ist nicht weniger als das Versprechen, dass der virtuelle Raum mit der physischen Realität verschmilzt. Unter Nutzung von Technologien wie Virtual Reality und Augmented Reality werden multimodale digitale Inhalte nahtlos in unser Leben integriert. Die Vision des Metaverse bietet das Potenzial, unser Leben fundamental zum Positiven hin zu verändern: klimafreundliche Team-, Mobile-, und Heimarbeit, bewusster Konsum, und neue Freizeitaktivitäten sind nur einige der Vorteile. Um diese einer breiten Bevölkerungsschicht zur Verfügung zu stellen, sind jedoch drei zentrale Herausforderungen zu bewältigen: Erstens muss das Metaverse, ähnlich wie das Internet, interoperabel und skalierbar sein und eine Konsistenz wie auch die Persistenz der Inhalte ermöglichen. Hierfür ist es essenziell, offene Schnittstellen, Protokolle und Standards zu etablieren. Zweitens muss der Zugang multimodal, multisensorisch und barrierearm möglich sein. Eine einfache Übertragung bisheriger 2D-Inhalte in immersive Umgebungen ist unzureichend. Es erfordert neuartige Benutzungsschnittstellen, die nicht nur alle Sinne ansprechen, sondern mindestens so einfach nutzbar sind wie heutige Techniken im Internet. Drittens muss Informationssicherheit von Anfang an integriert sein. Die Architektur des Metaverse sollte daher bereits von Grund auf so konzipiert sein, dass sowohl Sicherheit als auch Privatsphäre integrale Bestandteile sind.

Die Informatik als verantwortlich gestaltende Forschungs- und Anwendungsdisziplin kann und muss sich an der Bewältigung aller drei Herausforderungen aktiv beteiligen, um die Potenziale des Metaverse für unsere Gesellschaft nutzbar zu machen und damit die nächste Stufe unserer digitalen Gesellschaft einzuleiten.

Das ist die Challenge

Das Metaverse beschreibt nach unserem Verständnis eine umfassende und flexible Verbindung der Realität mit der Virtualität, in der Mischformen wie Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) wie auch die Virtuelle Realität (VR) selbst enthalten sind. Die Realität kann als digitaler Zwilling im Metaverse existieren und durch digitale Elemente ergänzt werden. Doch das Metaverse enthält auch einzigartige virtuelle Inhalte. Im Metaverse können alle Arten von Aktivitäten stattfinden, sei es Arbeit, Freizeit, Dienstleistungen, Einkauf, Urlaub und vieles mehr. Diese Aktivitäten können entweder in der Realität, virtuell oder in einer gemischten Wirklichkeit stattfinden. Eine solche hybride Umgebung wird unseren Alltag fundamental verändern, indem sie für Menschen als allgegenwärtige Computing-, Governance-, Handels- und Social-Media-Plattform agiert. Wie alle Technologien bringt das Metaverse vielfältige Chancen, aber auch Risiken mit sich. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen und werden durch die Grand Challenge aufgegriffen:

Cross-plattform, Interoperabilität, Skalierbarkeit und Persistenz

Um das volle Potenzial des Metaverse zu nutzen, muss es – ähnlich dem Internet – grundlegende Voraussetzung erfüllen. Dazu gehören unter anderem die Möglichkeit, mit unterschiedlichen Geräten wie zum Beispiel Smartphones und Head-Mounted-Displays im Metaverse zu interagieren. Ebenso ist es notwendig, dass unterschiedliche Plattformen und Services, die Zugang zum Metaverse bieten, miteinander interagieren und plattformunabhängige und damit übergreifende Interaktion zulassen. Das sollte auch einen einfachen Übergang von einer Plattform zur anderen einschließen. Diese müssen dementsprechend mit der Nutzeranzahl energieeffizient skalieren und ihre Daten konsistent und persistent in einem standardisierten Format speichern, welches den Zugriff und Austausch mit und durch andere Metaverse-Plattformen und -Services sicherstellt und ermöglicht.

Multimodale, multisensorische und barrierearme Nutzung

Das heutige Internet sowie aktuelle AR- und VR-Anwendungen basieren hauptsächlich auf audiovisuellen Inhalten. Die Forschung arbeitet an der Integration anderer Modalitäten (zum Beispiel Haptik und Geruch) um die Bandbreite der Interaktionsmöglichkeiten zwischen Menschen und digitalen Systemen zu erweitern. Im Metaverse werden multimodale und multisensorische Benutzungsschnittstellen eine wichtigere Rolle spielen, da nur mit Ihnen die vollkommene, nahtlose Verbindung von Virtualität und Realität möglich ist. Diese Benutzungsschnittstellen müssen weiterhin bereits bei der Entwicklung inklusiv und barrierefrei gestaltet werden, um möglichst allen Menschen Zugang zu ermöglichen.

Security und Privacy by Design

Im heutigen Internet sind Daten (insbesondere Zugangsdaten, personenbezogene Daten und Zahlungsmittelinformationen) Grundlage für viele Geschäftsmodelle, aber auch Überwachungsmöglichkeiten und kriminelle Aktivitäten. Es ist davon auszugehen, dass dies im Metaverse ähnlich sein wird. Daher muss bereits bei der Entwicklung von Protokollen, Standards, Austauschformaten und Plattformen darauf geachtet werden, dass die Datenhoheit möglichst gesichert ist sowie Missbrauch erschwert wird. Eine Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, insbesondere Rechtswissenschaften, ist hier notwendig, um den Gesetzgeber zu beraten und vorzubereiten, damit dieser proaktiv agieren kann.

Auf diesen Grundlagen kann das Metaverse neue Möglichkeiten der Kommunikation, Kreativität, Zusammenarbeit und des Erlebens ermöglichen. Es kann zu einer Erweiterung der Realität werden, in der Menschen ihre Fantasie entfalten und innovative Ideen entwickeln und ausprobieren können. Durch die Integration von kommerziellen und nicht kommerziellen Anbietern sowie staatlichen Einrichtungen kann das Metaverse zu einem vielfältigen und dynamischen Ökosystem heranwachsen, das für alle zugänglich ist und das menschliche Leben auf umfassende Weise bereichert. Damit diese Vision Realität wird, müssen jedoch die Herausforderungen dieser Grand Challenge gelöst werden.

Darum ist es wichtig, das Problem jetzt anzugehen

Die Lösung für die Herausforderungen der Grand Challenge – eine plattformübergreifende, interoperable, skalierbare und persistente Umgebung, multimodale, multisensorische und barrierefreie Benutzungsschnittstellen, sowie Security und Privacy by Design – erfordert

koordinierte Anstrengungen unterschiedlicher Disziplinen der Informatik und darüber hinaus.

Virtuelle Inhalte im Metaverse persistent, zusammenhängend und gleichzeitig auch erweiterbar, änderbar und skalierbar zu speichern oder zusammenzusetzen, setzt plattformunabhängige und interoperable Lösungen in Software- und Datenbankdesign voraus. Diese gehen über den heute verfügbaren Stand der Forschung hinaus. Solche Systeme existieren zwar in Ansätzen in Videospielen – sie setzen aber oft auf proprietäre Datenaustauschformate sowie Kommunikationsprotokolle und können nicht miteinander kommunizieren. Auch skalieren diese Systeme nicht zu Nutzerzahlen, wie sie beispielsweise bei Events auf Online-Live-Plattformen wie *Twitch* oder *YouTube* üblich sind. Die Schwierigkeit liegt also darin, eine zukunftssichere technologische Basis sowie Standards für die Vernetzung und Integration verschiedener Instanzen zu gestalten und zu etablieren. Unter der Berücksichtigung von Nachhaltigkeit und Energieeffizienz werden diese Herausforderungen noch schwerer zu lösen sein, da nicht unbegrenzt Ressourcen verbraucht werden können.

Das Metaverse bietet ein großes Potenzial für Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft. Dieses Potenzial zeigt sich unter anderem in Form von Trainings und Simulationen, weniger Reisen durch realitätsnahe virtuelle Meetings und dem einfachen Zugang zu multimodalem Wissen. Es lässt sich nur nutzen, wenn möglichst viele Menschen unkompliziert Zugang zum Metaverse haben und es sich somit einfach und angenehm nutzen lässt. Analog zum Internet besteht somit die Herausforderung, den Zugang barrierefrei zu gestalten und ein gutes Nutzungserlebnis zu bieten. Gerade XR-Technologien versprechen durch Multimodalität und Immersion eine intuitive und inklusive Nutzung. Allerdings müssen deren Benutzungsschnittstellen noch weiterentwickelt werden, um eine hohe Akzeptanz bei breiten Bevölkerungsgruppen zu erreichen, Gefahren für Nutzende zu vermeiden und die potenziellen Vorteile zu nutzen. Neben weiterer Forschung ist hierbei auch die Vermittlung der notwendigen Medienkompetenz von zentraler Bedeutung. Die enorme Heterogenität und Geschwindigkeit in der Weiterentwicklung von Aus- und Eingabe-Hardware erschweren die Entwicklung solcher inklusiven und intuitiven sowie gleichzeitig plattformunabhängigen und interoperablen Benutzerschnittstellen zusätzlich.

Das Metaverse soll auf der einen Seite fair, dezentral und offen sein, also am besten ohne mächtige Akteure instanziiert und betrieben werden. Auf der anderen Seite ist es schwierig, ohne sie Sicherheit zu gewährleisten. Dieser Konflikt ist auch im Internet für keines der beiden Ziele zufriedenstellend gelöst: Einzelne Akteure stellen heute die nötige Infrastruktur bereit, können also zum Beispiel theoretisch Teile des Netzes jederzeit einschränken oder abschalten. Sie sind jedoch andererseits nicht in der Lage, einen rechtskonformen Raum zu schaffen. Trotz der Kritik an solchen Akteuren sind diese dennoch oft notwendig. Wenn das Metaverse zum Beispiel für die Verarbeitung sensibler privater, Unternehmens- oder Forschungsdaten genutzt werden soll, wird der Bedarf an kontrolliertem und sicherem Zugang essenziell. Einen solchen ohne die Installation von vertrauenswürdigen Instanzen zu gewährleisten, ist Gegenstand aktueller Forschung im Bereich Kryptographie. Diese scheinbaren Widersprüche technologisch aufzulösen, ist eine schwierige interdisziplinäre Problemstellung für ein freies Metaverse.

Das Metaverse kann sein volles Potenzial nur entfalten, wenn die einzelnen Herausforderungen parallel, koordiniert und hinreichend gut gelöst werden.

In diesem Zeithorizont ist eine Lösung zu erwarten

Das Metaverse entsteht jetzt, wie sich an vielen kommerziellen und nicht kommerziellen Aktivitäten festmachen lässt. Das Metaverse Standards Forum etwa hat aktuell bereits über 2.400 Mitglieder. Dennoch wird es sicherlich noch zehn Jahre dauern, bis sich aus existierenden Insellösungen ein weltumspannendes, integriertes Metaverse herausbilden kann.

Diese Anstrengungen wurden bereits in die Lösung investiert

Öffentlich wahrgenommen wird aktuell insbesondere die zunehmende Zahl kommerzieller Anbieter, die primär proprietäre Lösungsansätze vorantreiben. Während diese den zuvor skizzierten Anforderungen zumindest teilweise zuwiderlaufen, existieren jedoch auch eine Vielzahl übergreifender Anstrengungen, um zu einheitlichen und offenen Standards zu gelangen. Die nachfolgende Liste mit Initiativen und Organisationen gibt einen Überblick über die Aktivitäten wichtiger Akteure:

1. Standards

Verschiedene Akteure bemühen sich auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene, das Metaverse beziehungsweise dessen technische Grundlagen zu standardisieren (*Metaverse Standards Forum, Khronos Group, DIN, VDE, CENELEC*) um unter anderem Interoperabilität, Skalierbarkeit und Persistenz zu gewährleisten.

2. Aufklärung, Forschung und Steuerung

NGOs, Netzwerke und Verbände weisen auf gesellschaftliche und wirtschaftliche Herausforderungen und Chancen hin (*EFF, Bitkom, XR4All, XR4EU, EuroXR*).

Regierungsorganisationen diskutieren das Thema, um proaktiv zu agieren und Entwicklungen zu antizipieren und zu steuern (*Bundestags-Ausschuss für Digitales, Europäische Union*).

Welche Disziplinen an dieser Challenge zusammenarbeiten müssen

Unterschiedliche Fachbereiche der Informatik und andere wissenschaftliche Disziplinen arbeiten an Teilaspekten des Metaverse, mit dem Ziel, die Grand Challenge zu lösen.

Innerhalb der Informatik sind dies zum Beispiel:

- VR/AR, Mensch-Computer-Interaktion, Medieninformatik
- Verteilte Systeme, Green Computing
- Datenbanken, Wissensmanagement, Big Data
- Geoinformationssysteme
- Informationssicherheit
- KI/Machine Learning
- Hardware-Design

Andere beteiligte Disziplinen sind etwa:

- Rechtswissenschaften (Informatik & Gesellschaft, Datenschutz, ELSI/ELSA)
- Kommunikationswissenschaft
- Psychologie

- Architektur
- Soziologie

Um die zuvor genannten Herausforderungen zu bearbeiten, sind jedoch gemeinsame und vor allem inhaltlich und geografisch koordinierte Anstrengungen erforderlich .

So könnte das Ziel aussehen

Ein Freitagmorgen im Jahr 2035: Wade bereitet für seine beiden Töchter das Frühstück. Ein holographischer Hinweis – geliefert von seinem privaten Metaverse-Server – erinnert ihn daran, dass die Ältere heute Wandertag hat. Derweil unterhalten sich die Kinder über den geplanten Wochenendausflug in einen Dinosaurierpark. Man kann diesen Park zu Fuß durchwandern und dabei lebensechten, rein virtuellen Dinosauriern begegnen. Bei schlechtem Wetter bietet sich auch die rein virtuelle Variante an. Bereitgestellt werden diese und ähnliche Parks auf den Metaverse-Servern des Betreibers, die dieser jedoch auch nur angemietet hat. Nachdem die erste Tochter sich auf den Weg in die Schule gemacht hat, bringt Wade die Jüngere in den Kindergarten. Er ist spät dran für sein Meeting. Als er wieder nach Hause kommt, sitzen seine Gesprächspartner*innen bereits virtuell an seinem Tisch. In der Wohnung herrscht wie häufig das totale Chaos, das ist jedoch zum Glück egal, denn jeder Teilnehmende sieht die anderen Gesprächspartner jeweils in seiner lokalen Umgebung, ohne etwas über das reale Umfeld der anderen zu erfahren.

Wade fährt mittlerweile nur noch selten ins Büro – das spart Zeit und Fahrtkosten, und schont darüber hinaus die Umwelt. Seine Firma stellt allen Mitarbeiter*innen Metaverse-Services über die firmeneigenen Server zur Verfügung. Wades Blick schweift zum großen Fenster mit Aussicht in den Garten. Er ist nicht real, sondern verdeckt nur den Blick auf die Wand des Nachbarhauses. Nachmittags hat Wade einen Vortrag auf einer Fachtagung, die mittlerweile allesamt hybrid sind. Da diese jedoch nur eine Stunde entfernt stattfindet, möchte er persönlich hinfahren. Plötzlich ein Anruf aus dem Kindergarten: Das besorgte Gesicht einer Erzieherin erscheint als Hologramm vor ihm. Seine Tochter ist krank und muss abgeholt werden. Auf der Tagung wird er nun durch einen KI-gesteuerten Avatar vertreten, der seinen Vortrag halten wird. Sich bei der Veranstaltung einzuwählen und zu authentifizieren, geschieht automatisch über biometrische Merkmale. Die anderen realen wie virtuellen Konferenzteilnehmenden erkennen am grünen Zertifikatssymbol sofort, dass es sich weder um die echte Person noch deren Avatar, sondern um einen autorisierten KI-gesteuerten Repräsentanten handelt.

Nachdem er seine Tochter abgeholt hat und sie schläft, trifft sich Wade von zu Hause im Metaverse mit anderen auf der Konferenz. Das Zertifikatssymbol seines Avatars wechselt hierbei auf blau, um allen anzuzeigen, dass dieser jetzt eine tatsächliche, authentifizierte Person repräsentiert. Er unterhält sich mit einer Reihe von Kolleg*innen, als ob sie tatsächlich alle vor Ort wären, obwohl dies nicht einmal auf die Hälfte zutrifft. Plötzlich verschüttet einer davon seinen Kaffee. In dem Moment ist Wade froh, dass er nur virtuell vor Ort ist. Eine Kollegin hat weniger Glück: Ihre weiße Bluse ist voller Kaffeefflecken. Doch dank des Metaverse können diese nicht nur für die virtuellen, sondern auch die realen Teilnehmenden unsichtbar gemacht werden. Später am Nachmittag kommt auch seine Frau erschöpft aus dem Büro zurück und legt sich erst einmal eine halbe Stunde virtuell an den Strand – das ist eine der vielen Umgebungen, die der Hörbuchanbieter über seine App gleich mit bereitstellt. Anschließend machen sie noch eine virtuelle Wohnungsbesichtigung. Die

Bereitstellung eines digitalen Zwillings einer zu vermietenden oder zu verkaufenden Wohnung ist schon längst Standard. Zum Abendessen kommen die Großeltern aus Florida zu Besuch. Selbstverständlich rein virtuell – die Kinder finden das sehr schön, da man gemeinsam am Tisch sitzt und sich unterhalten kann. Auch für sie ist die Nutzung nicht aufwändiger als früher ein Telefonanruf. Als die Kinder schlafen, entspannen seine Frau und er zum Abschluss der Woche noch mit dem neuesten immersiven Film.

Welche sozialen, gesellschaftlichen oder ökonomischen Probleme sich mit der Grand Challenge adressieren lassen

Ein freies und offenes Metaverse kann dazu beitragen, verschiedene soziale, gesellschaftliche und ökonomische Probleme zu lösen. Ausgewählte Probleme sind zum Beispiel:

- **Soziale Integration:** Das Metaverse als inklusive virtuelle Begegnungsplattform ermöglicht es Menschen aus verschiedenen Teilen der Gesellschaft und der Welt – auch solchen mit Mobilitätseinschränkungen –, miteinander zu interagieren, soziale Bindungen zu knüpfen, Freundschaften zu pflegen und Gemeinschaften aufzubauen. Dies fördert den interkulturellen Austausch und verringert soziale Isolation.
- **Zugang zu Bildung:** Ein offenes Metaverse wird Bildungsmöglichkeiten erweitern und den Zugang zu hochwertigen, immersiven Bildungsinhalten demokratisieren. Es können virtuelle Klassenzimmer, interaktive Lernumgebungen und immersive Simulationen geschaffen werden, die das Lernen erleichtern und bereichern.
- **Wirtschaftliche Transformation:** Das Metaverse bietet eine Plattform für virtuelle Unternehmen, Handel und Dienstleistungen. Es können auch neue Beschäftigungsmöglichkeiten in Feldern wie dem Kunst- und Kreativmarkt, virtuellem Design und der Programmierung entstehen.
- **Erhalt von Kultur und kreativen Innovationen:** Das Metaverse ist eine Plattform für kreative Zusammenarbeit und künstlerischen Ausdruck. Kunschtchaffende, Designer*innen und Musiker*innen können neue virtuelle Welten schaffen, digitale Kunstwerke präsentieren und virtuelle Performances durchführen. Dies eröffnet neue Möglichkeiten, Kunst und Kultur zu erleben und zu fördern.
- **Nachhaltigkeit:** Ein virtueller Raum reduziert physische Reisen und den Bedarf an materiellen Ressourcen. Menschen können virtuell Veranstaltungen besuchen und Geschäfte tätigen, ohne lange Strecken zurücklegen oder physische Infrastruktur schaffen zu müssen. Dies führt zu einer Verringerung des CO₂-Ausstoßes und des ökologischen Fußabdrucks.

Über die Autor*innen

Prof. Dr. Wolfgang Broll des GI-Fachbereichs Grafische Datenverarbeitung (FB GDV) ist Professor für Virtuelle Welten und Digitale Spiele an der TU Ilmenau, Gründungsmitglied und derzeit Sprecher der Fachgruppe VR&AR.

Prof. Rolf Kruse, FB GDV, ist Professor für Digitale Medien und Gestaltung an der FH Erfurt und Mitglied des Leitungsgremiums der Fachgruppe VR&AR.

Dr. Florian Weidner, FB GDV, ist Juniorprofessor für Mensch-Computer-Interaktion an der University of Glasgow und Mitglied im erweiterten Leitungsgremium der GI-FG VR&AR.

Dr. Daniel Zielasko, FB GDV, ist Postdoc mit Forschungsschwerpunkten der Interaktion, Ergonomie und Wahrnehmungspsychologie von Extended Reality an der Universität Trier und Mitglied im erweiterten Leitungsgremium der GI-FG VR&AR.

Prof. Dr. Paul Grimm, FB GDV, ist Professor für Extended Reality an der Hochschule Darmstadt und Mitglied im Leitungsgremium der GI-FG VR&AR.

Prof. Dr. André Hinkenjann, FB GDV, ist Professor für Computergrafik und Interaktive Systeme an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg und ist Gründungsmitglied der FG VR&AR.

Unterstützende GI-Gliederungen

Fachbereich Graphische Datenverarbeitung

Fachbereich Mensch-Computer-Interaktion

Fachgruppe Virtuelle Realität und Augmented Reality