MIT NEUEM NACHWORT
Aktualisierte Auflage 2024

MIT Technology Review Insights

Erstellt in Partnerschaft mit

SIEMENS

Diese Schnittstelle zwischen realer und digitaler Welt wird grundlegend verändern, wie wir arbeiten, leben und interagieren

Spielfeld der Zukunft: Das industrielle Metaverse

Einführung und Danksagung

Der Report „The emergent industrial metaverse“ oder „Spielfeld der Zukunft: Das industrielle Metaverse“, ist eine von Siemens gesponserte Studie von MIT Technology Review Insights. Sie wurde auf der Basis von Interviews mit Technologen, Branchenanalysten und Akademikern in aller Welt vom September und Oktober 2022 erstellt.

Die Studie untersucht die Entstehung des industriellen Metaverse, seine Anwendungsmöglichkeiten, künftigen Herausforderungen und Chancen sowie die Auswirkungen, die es auf Unternehmen und unser tägliches Leben haben wird. Dieser Report wurde von Cindy Waxer erstellt, von Teresa Elsey editiert und von Nicola Crepaldi veröffentlicht. Die Studie ist redaktionell unabhängig und die hierin geäußerten Ansichten sind die von MIT Technology Review Insights.

Wir bedanken uns für die Mitwirkung insbesondere bei:

Veronika Bienert, Chief Executive Officer, Siemens Financial Services

Ian Fisher, Head of Product Management Visualization, Siemens Digital Industries Software

Michael Grieves, Executive Director and Chief Scientist, Digital Twin Institute

Annika Hauptvogel, Head of Technology and Innovation Management, Siemens

Stefan Kögl, General Manager, Siemensstadt Square

Selim Köklü, Digitalization Lead, Siemens Mobility Turnkey

Danny Lange, Senior Vice President, Artificial Intelligence, Unity Technologies

Kevin O’Donovan, Co-Chair, VR/AR Association, Industrial Metaverse & Digital Twin Committee

Hemdat Sagi, Chief Strategy and Business Development Officer, Konnect Volkswagen Group

Leslie Shannon, Head of Trend and Innovation Scouting, Nokia

Landry Signe, Executive Director and Professor, Thunderbird School of Global Management, and Senior Fellow, Brookings Institution

Matthias Ziegler, Managing Director, Technology Innovation, Accenture

INHALT

01 Executive Summary 5

02 Das nächste Kapitel der Industrie: Das Metaverse 8

03 Das industrielle Metaverse in Aktion: Anwendungsfälle 10

04 Digitale Zwillinge: Bausteine des industriellen Metaverse 12

05 Verändertes Erleben unserer Welt: Über Wirkung und Nutzen des Metaverse 15

Wie wir unsere Umgebung erleben und verbessern 15

Den Arbeitsplatz der Zukunft gestalten 16

Nachhaltigkeit im Fokus 16

06 Voraussetzungen für das industrielle Metaverse 18

07 Schlussbetrachtung: Wie wir uns die virtuelle Zukunft erschließen. 20

Nicht abschotten 20

Klare Ziele definieren 20

Menschen mitnehmen und qualifizieren 21

Partnerschaften und starke Ökosysteme aufbauen 21

08 Nachwort: Interoperabilität und Ökosysteme: Wie sie das industrielle Metaverse zusammensetzen 23

Die reale mit der digitalen Welt verbinden 23

Der Aufbau des industriellen Metaverse: Ein schrittweiser Ansatz 25

Interoperabilität und Ökosysteme: eine strategische Notwendigkeit 26

Vorwort

Unser heutiges Leben wird von zentralen Megatrends bestimmt: Wir müssen Emissionen reduzieren und den Verbrauch wertvoller Ressourcen verringern, um das Fundament unserer Zivilisation zu sichern und gleichzeitig neue Möglichkeiten und Chancen für die wachsende Weltbevölkerung und ein besseres Leben in immer größeren Städten und Metropolen schaffen. Eine paradoxe Herausforderung: Mehr zu schaffen – mit weniger Ressourcen! Und dies in einer Zeit, in der sich die politische und wirtschaftliche Weltordnung fundamental verändert. Glücklicherweise hilft uns die Digitalisierung als weiterer Megatrend genau diese Herausforderungen zu bewältigen und unsere Zukunft effizienter zu gestalten. Das industrielle Metaverse wird dabei im besonderen Maße die Zukunft unserer Wirtschaft und Gesellschaft prägen. Während viele Menschen den Begriff „Metaverse“ mit einer bunten virtuellen Welt für Unterhaltung und Konsum verbinden, hat das industrielle Metaverse das Potenzial, die reale Welt auf eine Art und Weise zu revolutionieren, wie es nur wenige Technologien vermögen. In der digitalen Welt des industriellen Metaverse können Maschinen, Fabriken, Gebäude, Städte, Fahrzeuge und ganze Verkehrssysteme gespiegelt und simuliert werden. Das ermöglicht die virtuelle, also ressourcenschonende Erprobung aller möglichen Szenarien und Optimierungsmöglichkeiten. So wird das industrielle Metaverse dabei helfen, nachhaltigere Produkte sowie effizientere und nachhaltigere Fabriken, Gebäude und Städte zu entwickeln. Es wird die Demokratisierung der technischen Entwicklung vorantreiben und dafür sorgen, dass jeder von uns Innovationen entwickeln kann, ohne Risiken oder hohe Zusatzkosten fürchten zu müssen. Durch die Verzahnung von digitalen Zwillingen mit ihren realen Gegenstücken können Unternehmen ihre Produktion und ihre Prozesse in einer kontinuierlichen Feedbackschleife optimieren. Diese Konvergenz der digitalen und der realen Welt wird grundlegend verändern, wie wir arbeiten und kooperieren, und eine Interaktion mit anderen Menschen und Maschinen in Echtzeit genau wie in der realen Welt ermöglichen.

In diesem Bericht wird das industrielle Metaverse eingehend untersucht und erläutert, wie es sich als Weiterentwicklung und Konvergenz heutiger Technologien wie Digitaler Zwilling, künstliche Intelligenz, Cloud Computing und Edge Computing darstellt. Er beschreibt die Herausforderungen und Entscheidungen, vor denen Gesellschaften und Unternehmen stehen, um diese Vision zu verwirklichen und ein wirklich nachhaltiges und offenes industrielles Metaverse zu schaffen. Interoperabilität und starke Ökosysteme sind für den Aufbau des industriellen Metaverse ebenso entscheidend wie für den Erfolg der Digitalisierung heute. Dieser Bericht erhebt nicht den Anspruch, alle Antworten darauf zu kennen, wie der Weg zum industriellen Metaverse erfolgreich beschritten werden kann. Aber er gibt wertvolle Hinweise, wie Unternehmen und Gesellschaften ihre Reise in die Zukunft angehen können. Angesichts einer Entwicklung, die unser tägliches Leben vollständig transformieren wird, will er als Ausgangspunkt für weitere Diskussionen verstanden werden. In diesem Sinne ist dieser Report vor allem eine Einladung miteinander darüber zu sprechen, wie wir diese Zukunft gemeinsam gestalten können.

Peter Körte, Chief Technology & Strategy Officer, Siemens

01 Executive Summary

Das industrielle Metaverse – also der Bereich des Metaverse, der reale Maschinen, Fabriken, Städte, Verkehrsnetze und andere hochkomplexe Systeme umfasst – wird den Teilnehmenden vollständig immersive, interaktive, persistente und synchrone Darstellungen und Simulationen der realen Welt bieten.

Bestehende und neue Technologien wie digitale Zwillinge, künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen, extended Reality (XR), Blockchain sowie Cloud- und Edge-Computing werden die Bausteine des industriellen Metaverse sein. Sie werden zu einer leistungsfähigen Schnittstelle zwischen der realen und der digitalen Welt zusammenwachsen, die mehr ist, als die Summe ihrer Teile.

Annika Hauptvogel, Leiterin Technologie- und Innovationsmanagement bei Siemens, beschreibt das industrielle Metaverse als „immersiv, so dass man das Gefühl hat, sich in einer realen Umgebung zu befinden, kollaborativ in Echtzeit, offen genug, dass verschiedene Anwendungen nahtlos interagieren können, und vertrauenswürdig für die teilnehmenden Personen und Unternehmen“, also weit mehr als nur eine digitale Welt.

Das industrielle Metaverse wird unsere Art zu arbeiten grundlegend verändern und gleichzeitig wichtige neue Wertschöpfungsmöglichkeiten für Unternehmen und Gesellschaften erschließen. In dieser digitalen Welt können Unternehmen Dutzende, Hunderte oder sogar Millionen von Design-Iterationen in Echtzeit und in einer immersiven, physikbasierten Umgebung modellieren, Prototypen entwickeln und testen, bevor sie physische und personelle Ressourcen für ein Projekt binden. Diese Anwendungen werden eine neue Ära der digitalen Lösung realer Probleme einleiten.

„Die reale Welt ist sehr chaotisch, unübersichtlich und manchmal schwer zu begreifen.“, sagt Danny Lange, Senior Vice President für künstliche Intelligenz bei Unity Technologies, einer führenden Plattform für die Erstellung und Erweiterung von Echtzeit 3D-Inhalten. „Die Idee des industriellen Metaverse ist es, eine klarere Verbindung zwischen der realen und der virtuellen Welt zu schaffen, da es sich in der virtuellen Welt viel einfacher und kostengünstiger arbeiten lässt“.

Sektoren des Metaverse

Auch wenn das Metaverse häufig als eine, alles umfassende digitale Welt dargestellt wird, lässt es sich in drei unterschiedliche Sektoren gliedern: das industrielle Metaverse, das Enterprise-Metaverse und das Verbraucher-Metaverse.
Noch lässt sich nicht sicher sagen, wie schnell sich jeder dieser Sektoren entwickeln wird, aber alle Analysen prognostizieren ein schnelles Wachstum für das industrielle Metaverse und die es ermöglichenden Technologien noch in diesem Jahrzehnt.

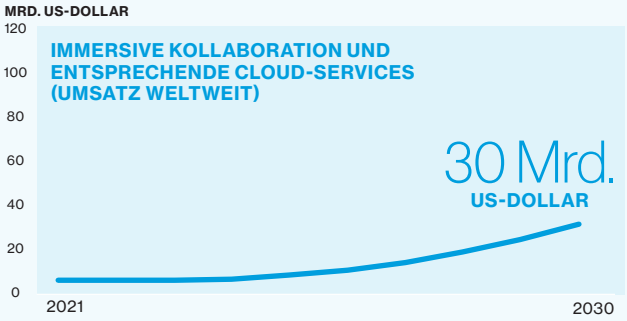
Industrie

Simulierte Maschinen, Fabriken, Transportnetze und weitere komplexe Systeme, die reale Problemlösungen in Industrie und Fertigung ermöglichen.

MARKTPROGNOSEN (ABI RESEARCH)

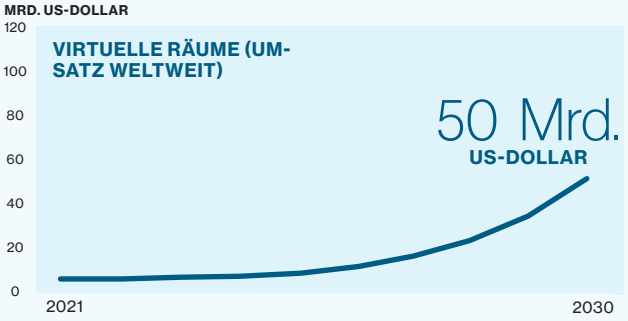
Enterprise

Technologien, die eine immersive Kollaboration von Unternehmen ermöglichen, einschließlich Produktivitätstools und virtuelle Arbeitsbereiche.

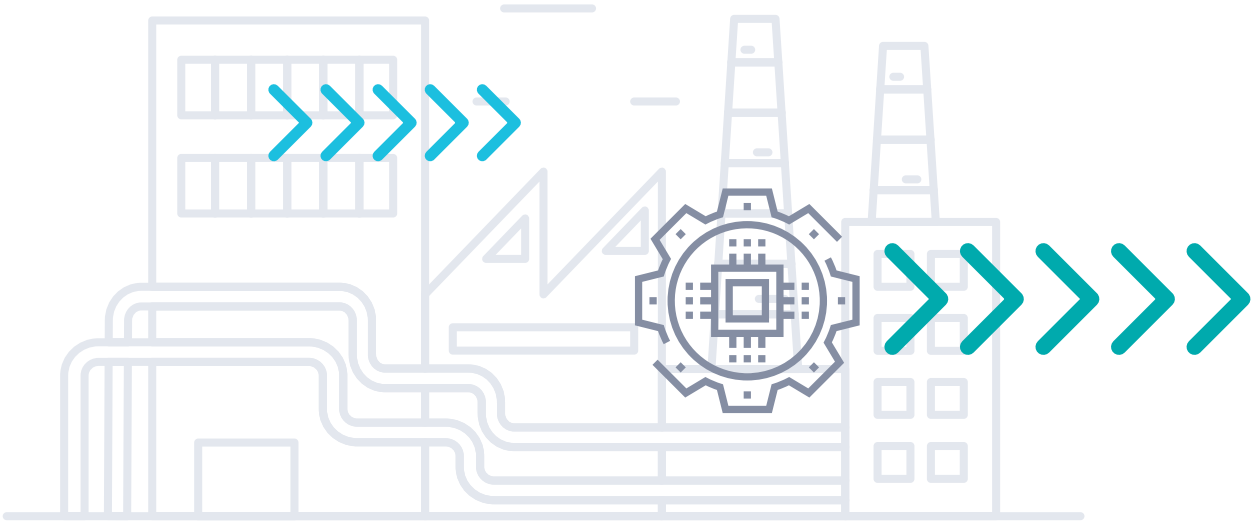


Verbraucher

Digitale Welten und immersive Räume für Konsum, Spielen, Kontaktpflege und Unterhaltung.



Quelle: Zusammengestellt durch MIT Technology Review Insights, inkl. Daten von VentureBeat and ABI Research, 2022.



Während reale Anwendungen des Metaverse für Verbraucher noch entwickelt werden, sind die Use Cases im industriellen Metaverse bereits zweckorientiert und gut auf reale Probleme und geschäftlichen Anforderungen abgestimmt. Industrielle Metaverse-Lösungen ermöglichen eine Ressourceneffizienz, die die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen steigern kann. Gleichzeitig lassen sich damit auch entscheidende Fortschritte bei der Zielerreichung in Sachen Nachhaltigkeit, Resilienz, Dekarbonisierung und Dematerialisierung erzielen, die für das Wohlergehen der Menschheit entscheidend sind.

Dieser Bericht untersucht, was alles nötig ist, um ein industrielles Metaverse zu realisieren. Er beschäftigt sich auch mit den potenziellen Auswirkungen auf Unternehmen und Gesellschaft, mit den Herausforderungen, die es mit sich bringt, und mit innovativen Use Cases, die unsere Zukunft prägen werden.

Dies sind die wichtigsten Erkenntnisse:

- **Das industrielle Metaverse wird die reale und die digitale Welt zusammenführen.** Es wird einen kontinuierlichen Austausch von Informationen, Daten und Entscheidungen ermöglichen und Industrien in die Lage versetzen, hochkomplexe Probleme der realen Welt digital zu lösen. So wird es die Betriebsabläufe in Unternehmen verändern und einen erheblichen gesellschaftlichen Nutzen erzielen.

- **Der digitale Zwilling ist ein zentraler Baustein des Metaverse.** Diese virtuellen Modelle simulieren Objekte der realen Welt im Detail. Die nächste Generation digitaler Zwillinge wird fotorealistisch, physikbasiert, KI-fähig und im Ökosystem des Metaverse vernetzt sein.

- **Das industrielle Metaverse wird alle Industrien transformieren.** Die derzeit existierenden digitalen Zwillinge veranschaulichen heute bereits das Potenzial des industriellen Metaverse, unsere Verfahren für Design und Engineering, Testen, Betrieb und Weiter bildung zu revolutionieren.

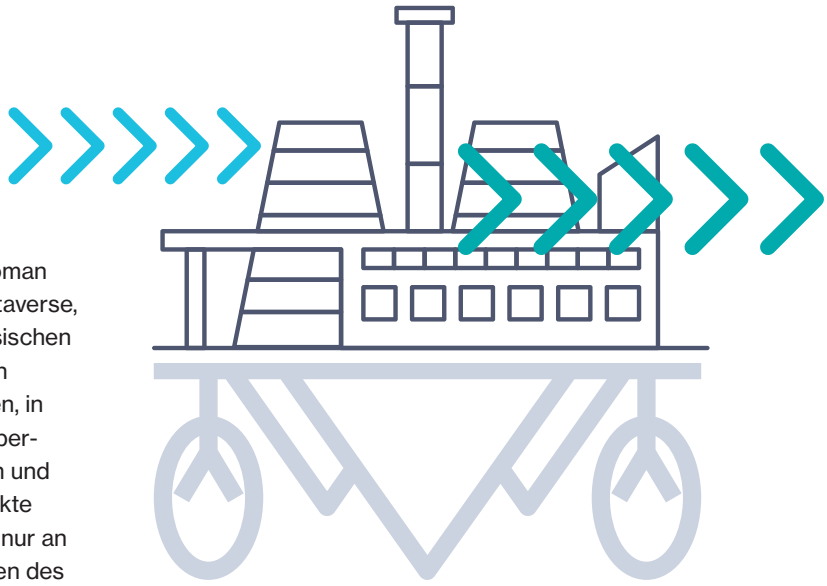
- **Das tägliche Leben wird sich grundlegend verändern.** Das industrielle Metaverse wird die Art und Weise verändern, wie wir unsere Umwelt erleben können, wie wir arbeiten, leben, Güter herstellen und reisen. Es wird uns helfen, reale Probleme zu lösen und unsere Welt nachhaltiger zu gestalten.

- **Wichtige Fähigkeiten und Ökosysteme für das Metaverse sind noch im Entstehen.** Dazu gehören Konnektivität, Rechenleistung, die Detailtreue digitaler Zwillinge, Interoperabilität sowie Datenschutz und Sicherheit. Auch Marktplätze, Bezahlsysteme und rechtliche Rahmenbedingungen für Metaverse-Werkzeuge und -Anwendungen müssen noch konzipiert und aufgebaut werden.

- **Ohne Partnerschaften wird es nicht funktionieren.** Um das industrielle Metaverse zum Leben zu erwecken, müssen wir branchenübergreifend bei Standards und Infrastrukturen zusammenarbeiten. Unternehmen können mit Lieferanten, Mitbewerbern oder Kunden kooperieren, um die komplexen Technologie-Stacks zusammenzustellen, die die Grundlage für die Teilnahme am Metaverse bilden. Dabei werden unterschiedlichste Metaverse-Akteure, von etablierten Unternehmen bis hin zu Start-ups, von Regierungen bis hin zu einzelnen Enthusiasten neue Ideen und Sichtweisen in das industrielle Metaverse einbringen.

02

Das nächste Kapitel der Industrie: das Metaverse



Wie aus einem Science-Fiction-Roman entsprungen, verspricht das Metaverse, die Grenzen zwischen dem Physischen und dem Digitalen zu verwischen und eine digitale Welt zu schaffen, in der sich Menschen in einer hyper-immersiven, hyper-personalisierten Umgebung treffen, Waren kaufen und verkaufen und an Events teilnehmen. Einige Aspekte dieses Metaverse existieren bereits – man denke nur an die Legionen von Teenagern, die sich in den Welten des Videospiels Fortnite tummeln. Andere leben noch im Reich der Fantasie – Landry Signe, Executive Director und Professor an der Thunderbird School of Global Management und Senior Fellow an der Brookings Institution, beschwört „ein Netzwerk miteinander verbundener virtueller Welten, die eine dreidimensionale Plattform nutzen. Menschen werden mit digitalen Inhalten und miteinander interagieren und ein Ökosystem verschmelzender Technologien formen, das die Grenzen zwischen physischer, biologischer und digitaler Welt verschwimmen lässt."

Aber das wohl größte Potenzial für diese immersiven, interaktiven Räume liegt im industriellen Metaverse. Als Integration bestehender Technologien einschließlich High-Fidelity-Simulationen, extended Reality, künstlicher Intelligenz, maschinellem Lernen, dem Internet der Dinge, Blockchain, Cloud, und 5G/6G mit denen, die noch in Entwicklung sind, wird das industrielle Metaverse vollständig immersive und simultane Echtzeitdarstellungen der realen Welt bieten.

„Menschen werden mit digitalen Inhalten und miteinander interagieren und ein Ökosystem verschmelzender Technologien formen, das die Grenzen zwischen physischer, biologischer und digitaler Welt verschwimmen lässt."

Landry Signe, Executive Director, Thunderbird School of Global Management

„So wie Mobiltelefone revolutioniert haben, wie wir Medien nutzen, wird das Metaverse unsere Interaktion mit der realen und der virtuellen Welt verändern."

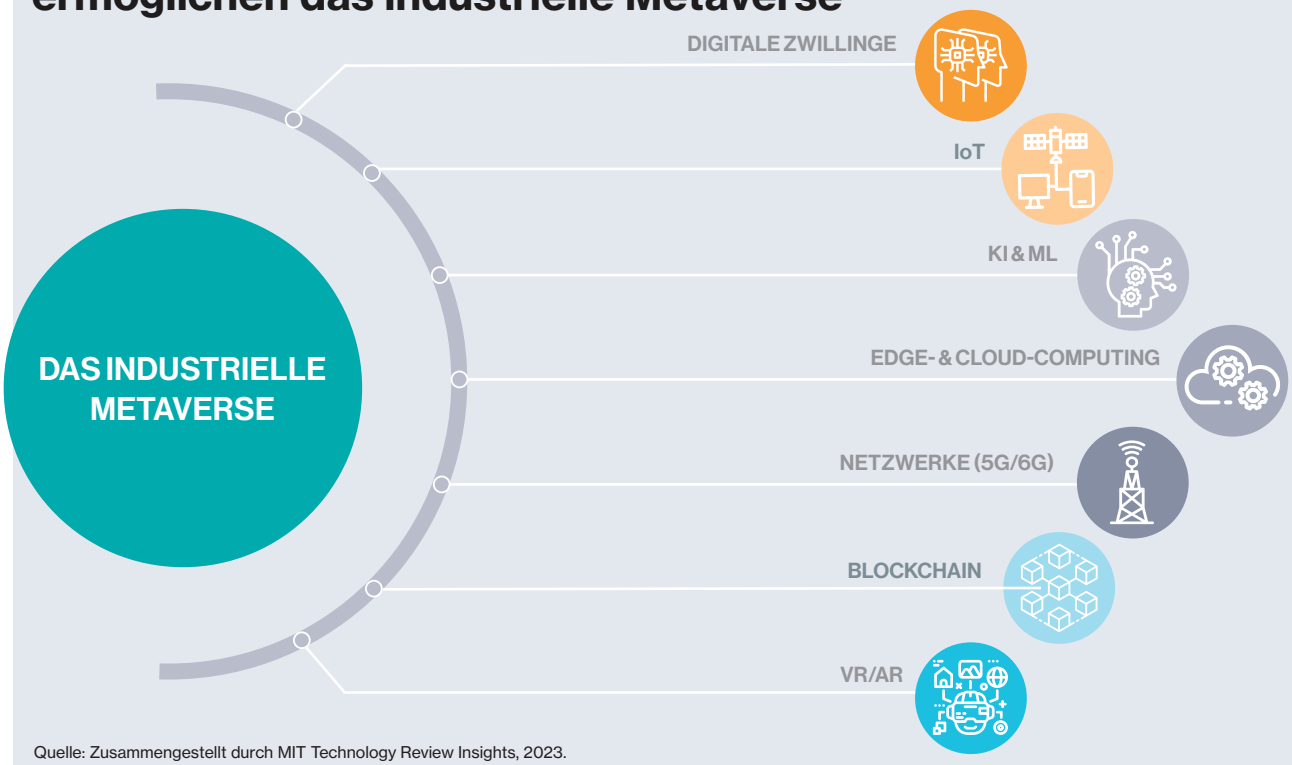
Hemdat Sagi, Chief Strategy and Business Development Officer, Konnect Volkswagen Group Innovation Hub

Analysten definieren die Größe dieses aufstrebenden Marktes unterschiedlich. Einig sind sie sich über das schnelle Wachstum der Investitionen in Digital-Twin-Technologie, einem wichtigen Baustein des Metaverse. Der weltweite Markt für digitale Zwillinge wird laut Allied Market Research für 2021 auf 6,5 Milliarden Dollar geschätzt und soll bis 2030 ein Volumen von 125,7 Milliarden Dollar erreichen. Gartner prognostiziert ein Wachstum dieses Marktes auf 183 Milliarden Dollar bis 2031[2]. Darüber hinaus stellt Gartner fest, dass die VC-Investitionen in Digital-Twin-Startups von 2020 bis 2021 um 20% gestiegen sind.[3]

In vielerlei Hinsicht ist das industrielle Metaverse der nächste Schritt auf der Jahrzehnte langen Reise zur industriellen Digitalisierung, oder Industrie 4.0, also der vierten industriellen Revolution, in der physikbasierte, datengetriebene und autonome Systeme durchgehend in Produktionsanlagen integriert und in wichtige Prozesse eingebettet werden, und so eine höhere Geschwindigkeit und Agilität erreichen.

„So wie Mobiltelefone revolutioniert haben, wie wir Medien nutzen, wird das Metaverse unsere Interaktion mit der realen und der virtuellen Welt verändern.", sagt Hemdat Sagi, Chief Strategy and Business Development Officer bei Konnect Volkswagen Group Innovation Hub in Tel Aviv. „Auf industrieller Ebene wird uns das mehr Flexibilität bei der Integration neuer Technologien und Innovationen bringen."

Evolution und Konvergenz von Schlüsseltechnologien ermöglichen das industrielle Metaverse



Quelle: Zusammengestellt durch MIT Technology Review Insights, 2023.

03 Das industrielle Metaverse in Aktion: Anwendungsmöglichkeiten

Das industrielle Metaverse wird die hart umkämpften Märkte von heute grundlegend verändern. Durch die Spiegelung und Simulation realer Maschinen, Fabriken, Städte und anderer komplexer Systeme in der digitalen Welt werden ganze Branchen – von der Automobilindustrie bis hin zum Gesundheitswesen – in die Lage versetzt, hochkomplexe reale Probleme digital zu lösen. Diese neue Phase der Digitalisierung wird virtuelle Sensoren hervorbringen, die Geräteausfälle vorhersagen können, autonome LKWs, die die Logistik verbessern, kollaborative Roboter, die die Produktivität steigern und komplexe Lieferkette optimieren. Ihre Bedeutung wird weit über Produktentwicklung und Wartung hinausgehen und etwa die ortsunabhängige Zusammenarbeit verschiedener Nutzer erleichtern oder dabei helfen, das Design und die Herstellung neuer Produkte zu verbessern. „Überall im industriellen Lebenszyklus finden sich Anwendungsfälle, die sich mit dem Metaverse verbessern lassen.“, meint Ian Fisher, Head of Product Management Visualization bei Siemens Digital Industries Software.

Es zeichnet sich ein beeindruckendes Spektrum von Anwendungsbereichen für das industrielle Metaverse ab. Viele der neuen Fähigkeiten werden für eine Vielzahl von Branchen von der Fertigungsindustrie über das Transportwesen bis hin zu Versorgungsunternehmen sowie für die Stadtentwicklung relevant sein. Ein paar Beispiele für den Einsatz des Metaverse in der Industrie sind:

Verbesserte Konstruktion und Entwicklung: Teammitglieder aus verschiedenen Abteilungen, Standorten und sogar Branchen werden mit Kunden in Kontakt treten, neue Produkte entwerfen und in Echtzeit Einblicke in eine kollaborative Situation erhalten, ohne dass dazu zeitraubende, kostspielige und ressourcenintensive Reisen oder die Entwicklung mehrerer physischer Prototypen erforderlich sind. Darüber hinaus schafft das industrielle Metaverse gleiche Voraussetzungen für alle, indem verteilte Teams über verschiedene Disziplinen hinweg gleichberechtigt zu einem Projekt beitragen können. Alle Beteiligten können zu Innovator*innen werden, ohne die Risiken und Kosten fürchten zu müssen, die mit Fehlschlägen in der realen Welt verbunden sind.

Intensivere Tests und Validierung: Durch die Kombination fotorealistischer Umgebungen mit Multiphysik-Simulationen kann die Industrie eine Vielzahl von Szenarien testen und dabei autonome Systeme durch maschinelles Lernen und synthetische Daten trainieren und befähigen. Dadurch könnten neue Produkte schneller entwickelt, neue Anlagen effizienter geplant und Prinzipien der Kreislaufwirtschaft früher ins Produktdesign eingebunden werden.

„Überall im industriellen Lebenszyklus finden sich Anwendungsfälle, die sich mit dem Metaverse verbessern lassen“

Ian Fisher, Head of Product Management Visualization, Siemens Digital Industries Software

Virtuelle Inbetriebnahme: Virtuelle Modelle können dabei helfen, Produktionsanlagen resilienter zu machen und Fehler in Design und Software frühzeitig aufzudecken, ohne laufende Produktionsabläufe zu beeinträchtigen oder physische Ressourcen zu vergeuden.

Verbesserter Betrieb: Durch die Simulation einer Fabrik oder anderer Anlagen können Mitarbeitende Daten in einer digitalen Welt sammeln. Diese Informationen können zahlreiche KI-gestützte Anwendungsfälle ermöglichen, etwa virtuelle Fabrikplanung, autonome Roboter, vorausschauende Wartung und Big-Data-Analysen. Darüber hinaus werden immersive Echtzeit-Simulationen die Menschen vor Ort unterstützen und helfen, ihre Arbeitsabläufe effizienter zu machen.

Zugang zu Talenten und Weiterbildungsmöglichkeiten: Angesichts des angespannten Arbeitsmarktes können Unternehmen es sich nicht leisten, Talente mangels entsprechender Weiterbildungsmöglichkeiten und Entwicklungspfade zu verlieren. Glücklicherweise sind auch „die Perspektiven, die das Metaverse für Weiterbildung und Qualifizierung bietet, ziemlich einzigartig“, so Signe. Das liegt daran, dass das Metaverse Beschäftigten unabhängig von ihrem physischen Standort den Fernzugriff auf Expertenwissen und Schulungsmodule bietet. So haben diese Technologien auch das Potenzial, den Arbeitskräftemangel in einer alternden Gesellschaft zu lindern.

Im industriellen Metaverse werden digitale Zwillinge der nächsten Generation alles – von ganzen Fertigungsanlagen und Transportnetzen, bis hin zu wachsenden Städten und hochkomplexen menschlichen Systemen – darstellen können. Durch die Verknüpfung der physischen mit der digitalen Welt wird das industrielle Metaverse nicht nur verändern, wie Unternehmen agieren und Beschäftigte arbeiten, sondern auch erhebliche Vorteile für die Gesellschaft mit sich bringen, die für mehr Nachhaltigkeit sorgen und das Leben der Menschen verbessern.

Zeitleiste der industriellen Revolutionen

Erste industrielle Revolution
ab 1760
Übergang von menschlicher Arbeit bzw. dem Einsatz von Arbeitstieren für Arbeiten zur Nutzung von Dampf für Anwendungen wie Webstühle, Spinnmaschinen, Dampfschiffe und Lokomotiven.

Zweite industrielle Revolution
ab 1880
Übergang zu Elektrifizierung und Mechanisierung, wodurch Produktivität und Konnektivität durch Technologien wie Fließband, elektrische Eisenbahn und Telegraf verbessert wurden.

Dritte industrielle Revolution
ab 1947
Übergang zu Computern, Automatisierung und Digitalisierung mit dem Aufkommen von Transistor, integriertem Schaltkreis, Home-Computing und Internet.

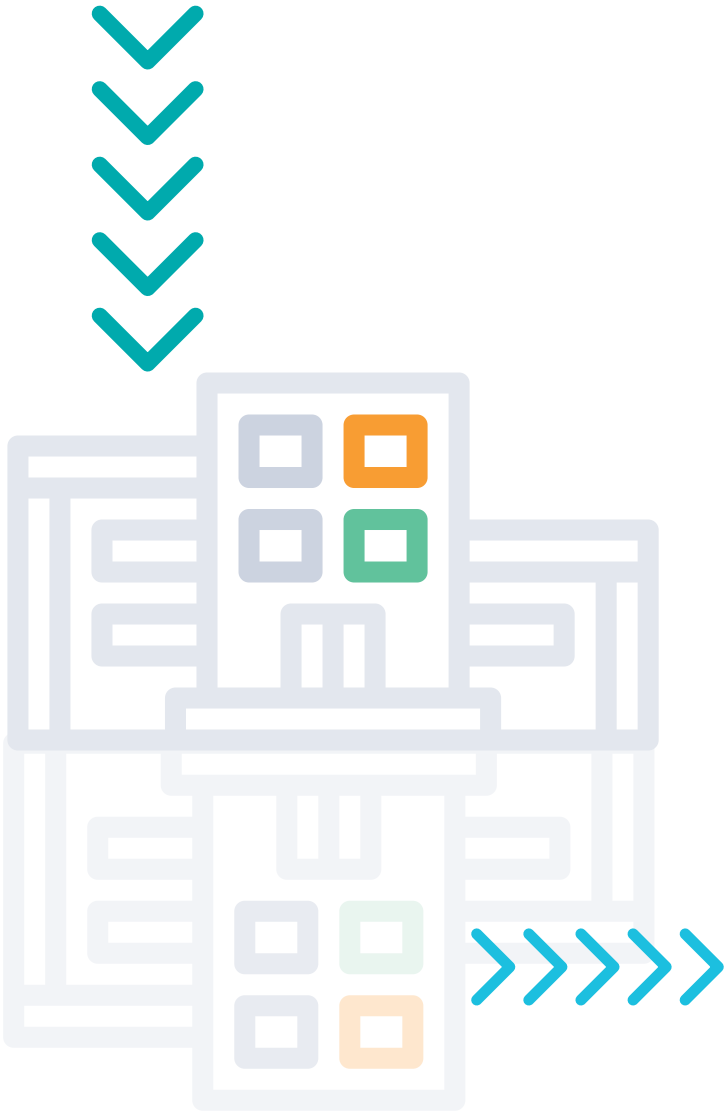
Vierte industrielle Revolution
ab 2000
Übergang zu einem immersiven und integrierten Einsatz von Technologien, ermöglicht durch das Internet, Daten und KI sowie digital-physische Verbindungen über IoT und digitale Zwillinge.

Quelle: Zusammengestellt durch MIT Technology Review Insights, 2023.

04 Digitale Zwillinge: Bausteine des industriellen Metaverse

Das Herzstück des industriellen Metaverse wird der digitale Zwilling sein. Er ist ein virtuelles Modell, das ein exaktes Abbild eines realen Objekts darstellt. Ein digitaler Zwilling integriert alle Daten eines physischen Objekts über seinen gesamten Lebenszyklus. Digitale Zwillinge können Objekte sogar so detailliert simulieren, dass sie jeden Aspekt eines Objekts so abbilden, als wäre es real.

Und während die Fundamente des industriellen Metaverse noch gelegt werden, verändern digitale Zwillinge bereits heute unsere Arbeitswelt. So hat zum Beispiel Siemens die Technologie des digitalen Zwillings genutzt, um den Aufbau einer 73.000 Quadratmeter großen Fabrik im chinesischen Nanjing zu planen und zu simulieren. Durch die Kombination von Fabrik-, Produktionslinien- und Leistungsdaten sowie Gebäudeinformationen konnte Siemens die Leistung und Effizienz des Werks testen und validieren, noch ehe der erste Stein gelegt wurde. Heute wird der digitale Zwilling dazu genutzt, den Betrieb der Fabrik zu optimieren: Das neue Werk ist 20 Prozent produktiver als herkömmliche Fabriken, das Fertigungsvolumen 30 Prozent und die Flächeneffizienz 40 Prozent höher.



„Der Bau einer digitalen Version eines physischen Objekts ist eigentlich erst der Anfang.“

Danny Lange, Senior Vice President Artificial Intelligence, Unity Technologies

Der Mars-Rover der NASA, Perseverance, ist ein weiteres Produkt der digitalen Zwillingstechnologie. Bevor das Raumfahrzeug mit mehr als 12.000 Meilen pro Stunde in die Marsatmosphäre eintauchte, nutzte man seinen digitalen Zwilling, um etwaige Probleme des Designkonzepts zu erkennen und andere Schwierigkeiten vorauszusehen, die eine sichere Landung des Rovers auf dem Mars verhindern konnten.

Trotz aller Vorteile, die ein digitaler Zwilling, der sich genau wie das physische Objekt verhält, mit sich bringt, gibt es immer noch Potential für Innovation. „Der Bau einer digitalen Version eines physischen Objekts ist eigentlich nur der Anfang", sagt Lange.

Mit digitalen Zwillingen können die Teams „Was wäre wenn?"-Szenarien durchspielen, Simulationen durchführen und damit detailliertere Erkenntnisse für anspruchsvollere Business Cases gewinnen. So könnten autonome Fahrzeuge in simulierten fotorealistischen Umgebungen trainiert werden und dann während des Betriebs Daten aus der realen Welt sammeln, um ihr ursprüngliches Trainingsmodell zu verbessern.

Lange führt hier das hypothetische Beispiel eines autonomen Fahrzeugs an, das „kontinuierlich Sensordaten an einen digitalen Zwilling liefert, während der digitale Zwilling diese Daten ständig analysiert, lernt, verbessert und die Aktualisierungen zurück in die physische Welt spielt".

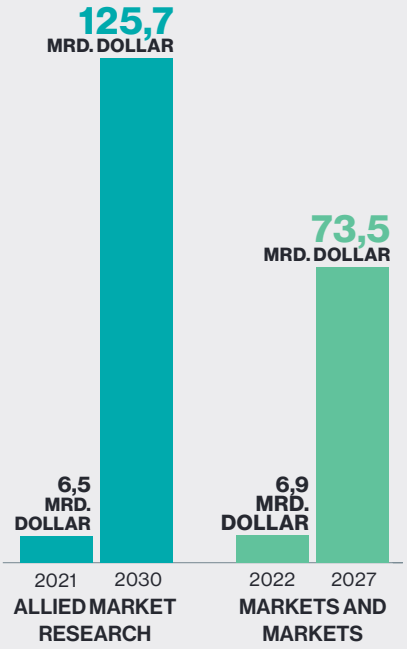
Ein weiterer Fortschritt in der Technologie des digitalen Zwillings wird die Erstellung schneller, fotorealistischer, physikbasierter digitaler Zwillinge sein. Dies wird den Teilnehmern ein noch realistischeres Erlebnis mit Echtzeit-Feedback auf ihre Interaktionen mit digitalen Assets oder anderen Teilnehmern bieten.

Bei der Arbeit in einer digitalen Welt, die sich real anfühlt, werden die Teilnehmer das nötige Vertrauen gewinnen, um schnelle Entscheidungen zu treffen.

Und schließlich werden Unternehmen mehrere digitale Zwillinge in einer einheitlichen Umgebung miteinander verknüpfen und so das Rückgrat des industriellen Metaverse bilden. Capgemini hat diese nächste Phase, die die Zusammenarbeit zwischen Menschen, digitalen Zwillingen und simulierten Umgebungen kennzeichnet, „Internet der Zwillinge" benannt.[4] Diese Vernetzung Dutzender digitaler Zwillinge, die die komplexen Beziehungen zwischen verschiedenen Objekten simulieren und damit die Kluft zwischen dem Digitalen und dem Physischen überbrücken, etabliert schlussendlich das industrielle Metaverse.

Globaler Digital-Twin-Markt im Aufwind

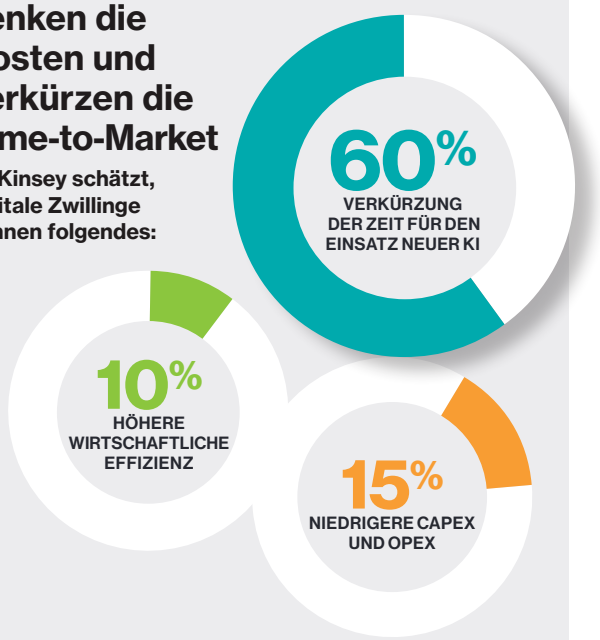
Zwei Forschungsunternehmen prognostizieren für dieses Jahrzehnt ein massives Wachstum des Digital-Twin-Markts.



Quelle: Zusammengestellt von MIT Technology Review Insights auf Basis von Daten von Allied Market Research und Markets and Markets, 2022.

Digitale Zwillinge senken die Kosten und verkürzen die Time-to-Market

McKinsey schätzt, digitale Zwillinge können folgendes:



Quelle: Zusammengestellt von MIT Technology Review Insights auf Basis von Daten aus „Digital twins: The foundation of the enterprise metaverse," McKinsey, 2022.

Anwendungen für digitale Zwillinge

Siemens-Referenzen mit digitalen Zwillingen zeigen, was die Verbindung der realen mit der digitalen Welt leisten kann.

DIE MASCHINE Heller, ein führender Hersteller von CNC-Maschinen, nutzt einen sogenannten „Executable Digital Twin", um die Effizienz seiner Maschinen noch weiter zu verbessern. „Das Unternehmen brauchte eine Lösung, um mögliche Ausrichtungsfehler seiner Werkzeuge zu erkennen, die an allen Standorten eingesetzt werden konnte", erklärt Hauptvogel. „Der Siemens Executable Digital Twin konnte diese Anforderung erfüllen." Mit dieser Lösung konnte Heller Ausrichtungsfehler von bis zu 20 Mikrometern in weniger als 400 Millisekunden erkennen, ohne dafür zusätzliche Hardware zu benötigen. So kann das Unternehmen die Effizienz seines automatischen Werkzeugwechslers drastisch verbessern und die Vibrationen an der Maschine begrenzen.

DAS SCHIENENSYSTEM Siemens Mobility erstellt einen digitalen Zwilling für den Bau eines 2.000 Kilometer langen Hochgeschwindigkeitsbahnnetzes in Ägypten, der durch eine End-to-End-Datenintegration über das gesamte Projekt realisiert wird. Bis zu 300 Projektmitarbeitende werden diesen digitalen Zwilling nutzen. „Er wird sie zum Beispiel dabei unterstützen, die Auswirkungen technischer Änderungen zu erkennen und zu verfolgen, die Umsetzung zu überwachen und Berichte zu automatisieren, die Fehler aufdecken, bevor sie sich auf das Projekt auswirken können", sagt Selim Köklü, Digitalization Lead für Siemens Mobility Turnkey. Künftig sollen außerdem KI-gestützte Prognosen, die im digitalen Zwilling simuliert werden, weitere Erkenntnisse für die Projektsteuerung liefern.

DIE FERTIGUNGSLINIE Unilever, ein weltweit tätiger Hersteller kosmetischer Pflegeprodukte, muss häufig neue Fläschchen für neue oder aktualisierte Produkte testen und herstellen. Dabei muss das Design auch oft für unterschiedliche Märkte angepasst werden. Die Anpassung der Produktionslinien für neue Designs ist zeitaufwendig und teuer, insbesondere, wenn kleine Losgrößen getestet werden. Durch den Einsatz digitaler Zwillinge der neuen Produkte und Maschinen kann Unilever schnell notwendige Modifikationen an Teilen identifizieren und sie mittels 3-D-Druck innerhalb weniger Stunden herstellen. Das hat nicht nur den Prozess signifikant beschleunigt und die Produkteinführung von neun auf fünf Monate verkürzt, sondern auch den Kapitalaufwand um 70% gesenkt.

DIE STADT Die gemeinsam mit Siemens für die Expo 2020 in Dubai entwickelte Smart-City-App diente der Überwachung und dem Betrieb des vernetzten und digitalisierten Dubai-Expo-Geländes mit seinen über 130 Gebäuden. Die App basiert auf einem digitalen Zwilling, der mit Echtzeitdaten versorgt wird. Die Smart-City-App sammelte, überwachte, korrelierte und analysierte Daten von Sensoren an über 200.000 Datenpunkten, z. B. zu Energie, Wasserverbrauch und Luftqualität, und stellte die Daten in Echtzeit zur Verfügung. Außerdem konnte man mit der App virtuell durch das Expo-Gelände wandern und die vernetzten Bereiche im Rahmen eines AR/VR-Erlebnisses besuchen.

05

Verändertes Erleben unserer Welt: Über Wirkung und Nutzen des Metaverse

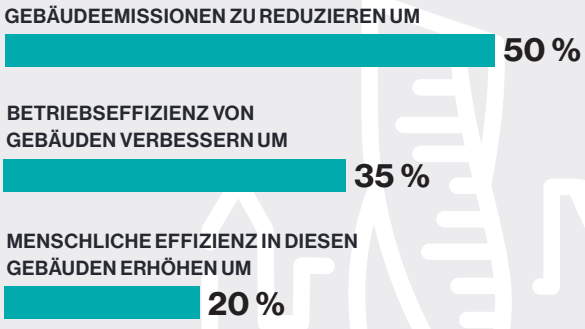
Ohne Zweifel wird das industrielle Metaverse unsere Wirtschaft umgestalten. Genau wie es das Internet zuvor getan hat, wird dies auch das tägliche Leben der Menschen auf der ganzen Welt grundlegend verändern. Es ist zu erwarten, dass das industrielle Metaverse erheblich beeinflussen wird, wie wir unsere physische Umwelt erleben, wie wir arbeiten und wie sich unser Handeln auf den Planeten auswirkt.

Wie wir unsere Umgebung erleben und verbessern

Im Jahr 2022 hat Google Maps Immersive View eingeführt, eine Funktion, die Milliarden von Street Views und Luftbilder zu einem digitalen Zwilling der Welt integriert.
Dabei nutzt Immersive View Fortschritte im Bereich Computer Vision und künstliche Intelligenz, um den Menschen eine multidimensionale Ansicht etwa einer Stadt oder eines berühmten Wahrzeichens zur Verfügung zu stellen, und zwar zusammen mit wichtigen Details wie Wetter- und Verkehrsprognosen – was uns eine ganz andere Erfahrung der physischen Welt ermöglicht.
Die Fortschritte im industriellen Metaverse werden sich sogar auf die Straßen, auf denen wir unterwegs sind; und auf öffentliche Dienste auswirken. Das Projekt Siemensstadt Square in Berlin soll ein geschlossenes 76 Hektar großes Industriegebiet bis 2030 in ein futuristisches und CO2-neutrales Stadtquartier verwandeln. Für eine optimierte Entwicklung und den Betrieb erfasst und kombiniert ein einzigartiges Ökosystem digitaler Zwillinge statische und dynamische Daten zu Freiflächen, Gebäuden, Infrastruktur, Energie und Transportwesen.

Gebäudenachhaltigkeit

Digitale Zwillinge können genutzt werden, um...



Quelle: Zusammengestellt von MIT Technology Review Insights auf Basis von Daten aus „Metaverse: Could creating a virtual world build a more sustainable one?" EY, 2022.

Wenn die digitalen Zwillinge des Bezirks noch weiter in ein immersives Metaverse integriert werden, können die Nutzer*innen noch intuitiver auf diese Daten zugreifen. So entsteht eine kollaborative Umgebung, die den physischen Raum, wie wir ihn kennen, erweitert. „Datenmodelle sind die notwendige Grundlage, um den ökologischen und ökonomischen Herausforderungen von heute und morgen begegnen zu können", sagt Stefan Kögl, General Manager Siemensstadt Square. „Digitale Zwillinge bilden dafür das Rückgrat, während das Metaverse die Vielzahl sich überlagernder Daten in Echtzeit transparent und nutzbar macht. Das wird uns eine noch engere Zusammenarbeit über räumliche Grenzen hinweg ermöglichen, die wir uns heute noch gar nicht vorstellen können".

Den Arbeitsplatz der Zukunft gestalten

Zukünftige Metaverse-Anwendungsfälle können das Kundenerlebnis verändern. Sagi beschreibt eine Zeit, in der „Kunden in einem virtuellen Showroom ein Auto aussuchen und kaufen können," und den gesamten Kauf, samt Probefahrt, Ausstattungswahl und Finanzierung abschließen können, ohne das Haus zu verlassen.

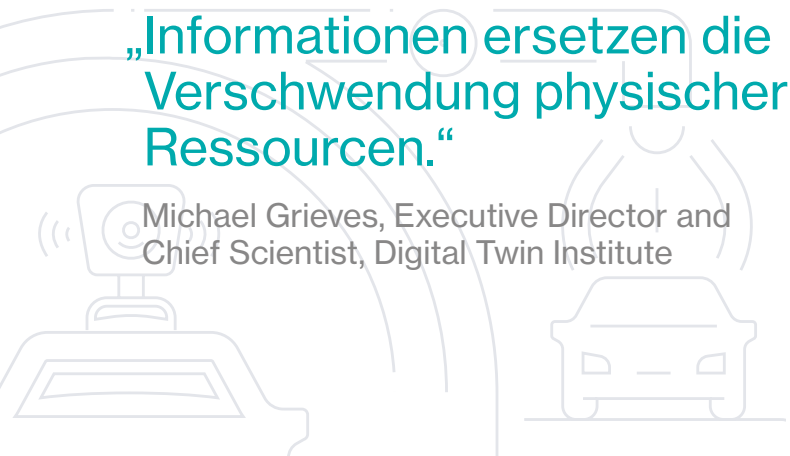
Aber weit über virtuelle Autohäuser hinaus werden sich Arbeitsplätze durch das Metaverse verändern. Schon die Covid-Pandemie hat unsere Arbeitsplätze grundlegend verändert und mit der weiten Verbreitung von Web-Konferenzen Büroangestellte zu Heimarbeitenden gemacht. Dennoch, sagt Fisher, bleibt die Frage: „Wie kann man Menschen dazu bringen, virtuell zusammenzuarbeiten und dabei reale Erfahrungen zu machen, ohne reisen zu müssen. Er sagt: „Das wird eine der wichtigsten Veränderungen sein, die wir im Metaverse sehen: Menschen, die viel enger zusammenarbeiten, ohne reisen müssen".

Darüber hinaus wird das industrielle Metaverse die Arten von Arbeit vermehren, die von überall aus erledigt werden können, womit sich Beschäftigung noch mehr von Geografie abkoppeln wird und es auch für Berufe, die derzeit persönliche Interaktion oder physische Infrastruktur erfordern, viel mehr Möglichkeiten geben wird, von zu Hause aus zu arbeiten. Gleichzeitig wird das industrielle Metaverse unternehmerische Berechnungsmodelle verändern, wenn zu entscheiden ist, wo ein neues Werk gebaut werden soll.

Auch die Arbeitssicherheit wird sich grundlegend verändern: Stellen Sie sich vor, Sie schulen Ingenieur*innen in einer sicheren und realitätsnahen digitalen Welt, gefährliche Maschinen zu warten oder einem Außendienstteam bei der Behebung potenziell lebensbedrohlicher Probleme zu helfen. Auch potenzielle Gefahren wie Feuer oder Verletzungen lassen sich intuitiver erkennen, wenn man die Umgebung wirklich sehen und erleben kann.

Das Metaverse wird auch ein Experimentierfeld sein: „Denn Unternehmen müssen den Nachweis erbringen, dass sie Dinge wirklich sicher tun können, bevor sie etwa den Gabelstapler im Lager einsetzen oder das autonome Fahrzeug auf die Straße bringen", sagt Lange.

> „Informationen ersetzen die Verschwendung physischer Ressourcen."
>
> Michael Grieves, Executive Director and Chief Scientist, Digital Twin Institute



„Ist das im Metaverse wirklich möglich? Dort gibt es eine Vielzahl von Nutzer*innen, die diese Szenarien durchspielen und ausprobieren, ob sie ihre Arbeit tatsächlich in einer digitalen Welt erledigen können."

Matthias Ziegler, Managing Director Technology Innovation bei Accenture, sagt, dass es entscheidend darauf ankommen wird, dass diese digitalen Welten die persönliche Natur der physischen Interaktionen erfassen können. „Wenn man sich durch einen Raum bewegt und eine Person in der Nähe hören und genau feststellen kann, ob sie hinter oder vor einem steht, dann schafft das ein viel intensiveres Erlebnis. Dies gibt uns als Mensch die nötigen Anhaltspunkte, um Vertrauen zu entwickeln und in einer virtuellen Umgebung natürlicher miteinander zu interagieren", sagt er.

Nachhaltigkeit im Fokus

Ein mit erneuerbaren Energien betriebenes, energieeffizientes Metaverse kann den Übergang zur Nachhaltigkeit beschleunigen, indem es Unternehmen das Potenzial von Daten voll ausschöpfen lässt.

Digitale Zwillinge machen Bauprojekte weitaus ressourceneffizienter, und zwar sowohl in der Bauphase als auch während der gesamten Nutzungsdauer des Gebäudes. Ein Unternehmen, das Daten aus einer digitalen Welt sammelt und darauf basierend strukturelle Änderungen am digitalen Zwilling einer Fabrik umsetzt, kann so Ressourcen und Materialien einsparen und die Umweltauswirkungen eines Standorts bereits vor dem Bau reduzieren. Außerdem können Hersteller Daten zwischen Entwicklung, Fertigung und Dienstleistungen in Echtzeit integrieren und so den Betrieb effizienter und nachhaltiger gestalten.

„Informationen ersetzen die Verschwendung physischer Ressourcen", sagt Michael Grieves, Executive Director und Chief Scientist am Digital Twin Institute. Digitale Welten können Menschen dabei unterstützen, physische Ressourcen optimal zu nutzen und zusätzlich den Wandel zur Entmaterialisierung vorantreiben, indem sie ehemals physische Produkte durch digitale Objekte oder Dienstleistungen ersetzen. Verbraucher*innen können ihren eigen Nachhaltigkeitsbeitrag erhöhen, indem sie die Produkte und Dienstleistungen, die sie erwerben wollen, in einer digitalen Welt testen und validieren – oder sogar ganz durch deren digitale Äquivalente ersetzen. „Ehe sie etwas kaufen, können sie zuerst prüfen, ob es wirklich das Richtige für sie ist", meint Lange. „Als Gesellschaft werden wir damit viel effizienter sein und weniger Abfälle produzieren."

Schlüsselfaktor: Nachhaltigkeit ermöglichen

Die Statistiken sind alarmierend: Die Weltbevölkerung wird voraussichtlich von heute acht Milliarden auf über neun Milliarden Menschen im Jahr 2050 wachsen. Damit geht ein steigender Bedarf an Energie, sauberem Wasser und anderen Ressourcen einher. Wollen wir das menschliche Wohlergehen für die Zukunft sichern, müssen wir unsere Lebensweise ändern.

Die Industrie gehört aktuell zu den größten Verursachern von CO2-Emissionen und Abfall. Indem es Industrieprozesse effizienter machen kann, hilft das Metaverse daher auch dabei, die Welt nachhaltiger zu machen. Außerdem kann das industrielle Metaverse den Fortschritt zu einer CO2-neutralen Wirtschaft und besserer Ressourceneffizienz beschleunigen, indem es auf unbegrenzt verfügbare Daten zurückgreift, anstatt endliche natürliche Rohstoffe und fossile Energien zu nutzen.

Die Rechenleistung hinter dem industriellen Metaverse, verbraucht allerdings selbst erhebliche Mengen an Energie und die Deckung dieses Bedarfs ist eine enorme Herausforderung, die wir nicht ignorieren bzw. unterschätzen dürfen. Dazu ist es notwendig, dass die Nutzer*innen ihre Energiebilanz völlig transparent gestalten, um die Auswirkungen ihres Handelns nachvollziehbar zu machen.

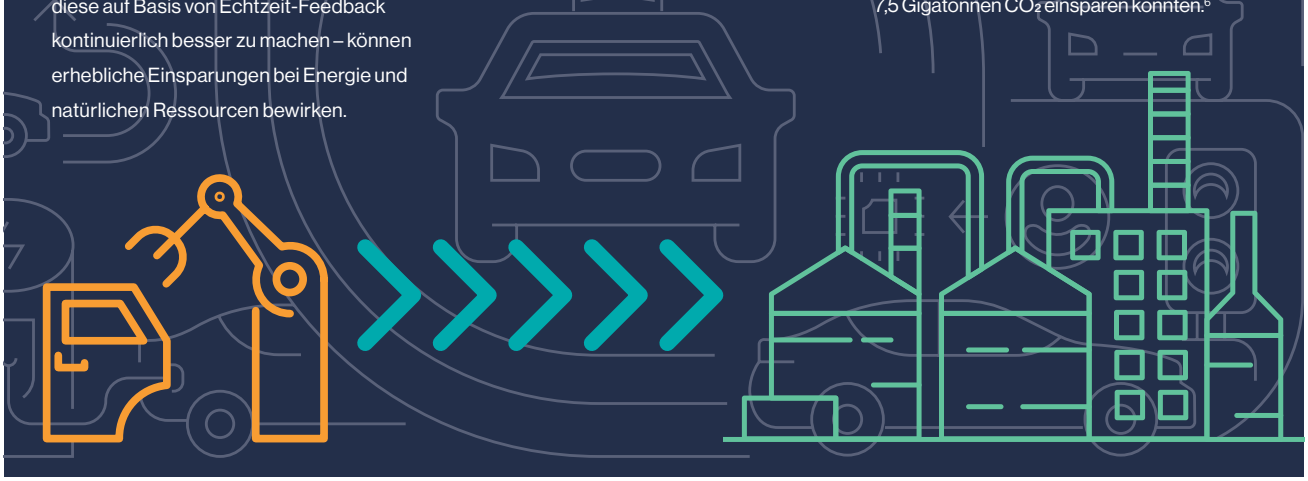
Hier sind einige Beispiele dafür, wie das industrielle Metaverse dabei helfen kann, die Welt nachhaltiger zu machen:

- Das industrielle Metaverse **könnte den Übergang zu einer geringeren Nutzung umweltschädlicher und nicht wiederverwertbarer Stoffe unterstützen** und Verschwendung am Bau und in der industriellen Produktion reduzieren. Zudem kann es neue Geschäftsmodelle ermöglichen, die im Ergebnis die Produktion und das Lifecycle-Management physischer Objekte durch digitale Dienstleistungen und Assets ersetzen.

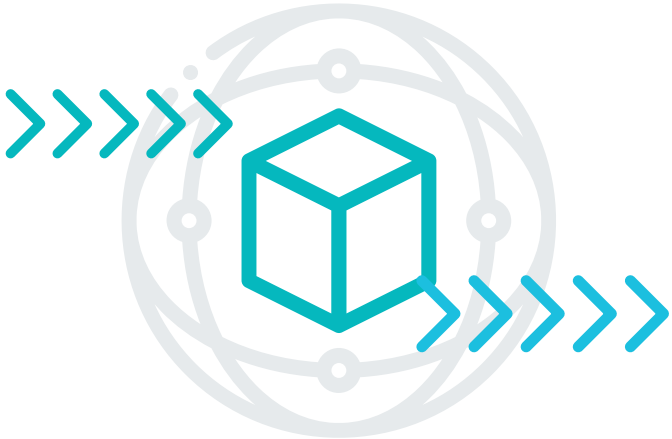
- Digitale Zwillinge **könnten intelligentere und schnellere Entscheidungen in der realen Welt ermöglichen,** Prozesse optimieren und Kosten senken. Diese optimierten Prozesse – und die Fähigkeit, diese auf Basis von Echtzeit-Feedback kontinuierlich besser zu machen – können erhebliche Einsparungen bei Energie und natürlichen Ressourcen bewirken.

- Experimente sind eine Vorstufe zur Innovation, aber sie können kostspielig und aufwendig sein. In einer digitalen Welt hingegen **können Unternehmen neue Materialien und Prozesse ausprobieren, ohne dafür reale Ressourcen zu nutzen.** Schnellere und einfachere Innovation nutzt der nachhaltigen Entwicklung auch dadurch, dass neue Ideen für Biowerkstoffe, effizientere Windturbinen und Elektrofahrzeuge somit schneller und einfacher auf den Markt kommen. Neue Produkte können zudem von Anfang an so entwickelt werden, dass ihr gesamter Lebenszyklus berücksichtigt und die Wiederverwendung und Umnutzung gefördert wird.

Es ist außerordentlich wichtig, unsere Energiequellen von fossilen Brennstoffen auf erneuerbaren Strom umzustellen. Das industrielle Metaverse könnte entscheidend dazu beitragen, die Emissionen einiger besonders abgaserzeugender Bereiche zu senken, indem es beispielsweise dabei hilft, den Verkehr effizienter zu organisieren, die Energieeffizienz von Gebäuden zu steigern und industrielle Prozesse zu optimieren. Das industrielle Metaverse besitzt hohes Potenzial, der Menschheit zu helfen, ihr Nachhaltigkeitsproblem zu lösen. Eine Accenture-Studie zeigt, dass digitale Zwillinge schon bei ihrem heutigen technischen Stand über einen Zeitraum von etwa 10 Jahren weltweit 7,5 Gigatonnen CO_2 einsparen könnten.[6]



06 Voraussetzungen für das industrielle Metaverse



Obwohl seine Grundbausteine bereits bekannt sind und ihren Nutzen bereits unter Beweis stellen, werden entscheidende Elemente noch entwickelt, um Echtzeit-Feedback zu ermöglichen und das industrielle Metaverse wirklich immersiv und nachhaltig zu gestalten.

Konnektivität: Um die Interaktion und Kollaboration im Internet der Dinge auf die nächste Stufe zu heben und eine kohärente Einheit zu werden, benötigt das industrielle Metaverse nicht nur die richtige Hard- und Software, sondern diese muss auch vernetzt werden, betont Annika Hauptvogel.

Sie sagt, „ein digitaler Zwilling, künstliche Intelligenz und reale Daten, die in eine digitale Anwendung übertragen werden, sind Schlüsselkomponenten des Metaverse. Dringend benötigt werden aber auch Konnektivitätsstandards wie 5G oder 6G. Ebenso Edge Computing und Blockchain, weil es eine sichere Umgebung sein muss. Alle diese Technologien gibt es bereits – jetzt stehen wir vor der Herausforderung, sie alle zusammenzubringen und zu verknüpfen."

Rechenleistung: Eine weitere Herausforderung ist die Entwicklung der benötigte Recheninfrastruktur, die für immersive Echtzeit-Erlebnisse erforderlich ist. „Man braucht massive Rechenkapazitäten", um das industrielle Metaverse zu unterstützen, sagt Grieves. Glücklicherweise, ergänzt er, „kommen enorme Fortschritte auf uns zu, die uns eine unglaubliche Rechenleistung bescheren werden. Als ich am ersten Supercomputer gearbeitet habe, hatte der eine Leistung von 25 Megaflops. Das Oak Ridge National Lab hat jetzt kürzlich einen Supercomputer mit 40 Milliarden Mal so viel Verarbeitungskapazität installiert – die Welt verändert sich ziemlich dramatisch."

Detailgetreue digitale Zwillinge: Die Industrie muss zudem Wege finden, extrem detailgetreue Modelle zu entwickeln und zu überprüfen. Denn um zuverlässige Voraussagen treffen zu können, müssen sich digitale Zwillinge exakt so verhalten wie ihre realen Gegenstücke: „Es ist extrem wichtig, dass unsere gesamte Physik [in diesen Simulationen] stimmt", sagt Grieves. Dazu müssen die Unternehmen auch die Umgebungsdaten der physischen Gegenstücke zu ihrem digitalen Zwilling vollständig erfassen und Echtzeitinformationen aus der realen Welt einbeziehen. Köklü ergänzt: „Ein 3-D-Modell, das einfach nur gut und vollständig aussieht, ist noch lange kein digitaler Zwilling. Es geht um die Daten dahinter – wenn es zum Beispiel um ein Teil geht, das zu einer bestimmten Infrastruktur gehört, wollen Sie wissen, wie seine Seriennummer lautet. Welche Funktion hat es? Wie wird es mit anderen Assets verbunden? Welche Prozesse sind davon abhängig? Ansonsten ist es nicht mehr als ein Marketing-Rendering für einen Katalog."

> „Alle diese Technologien gibt es bereits – jetzt stehen wir vor der Herausforderung, sie alle zusammenzubringen und zu verknüpfen."
>
> Annika Hauptvogel, Head of Technology and Innovation Management, Siemens

Interoperabilität: Wenn Unternehmen das industrielle Metaverse aufbauen und pflegen wollen, benötigen sie offene und interoperable Lösungen, die eine nahtlose, parallel ablaufende Kollaboration in Echtzeit ermöglichen. Dazu sind unter anderem offene APIs, kompatible Datenformate und Protokolle wie die aktuelle Internet-Protocol-Suite erforderlich. Ziel muss es sein, das industrielle Metaverse mittels einer gemeinsamen Sprache zu integrieren. Dann können Benutzer*innen ihre digitalen Zwillinge mit Dutzenden, wenn nicht mit Hunderten von anderen digitalen Zwillingen einfach per Drag-and-Drop-Prozess verbinden.

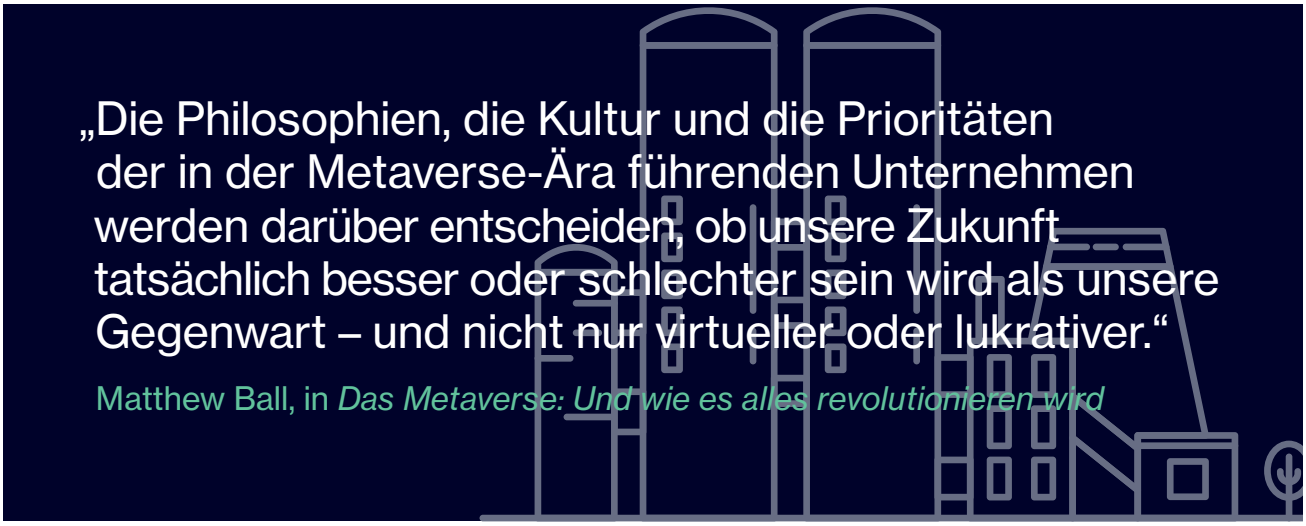
Das ist nicht einfach, da die meisten digitalen Zwillinge heute im Rahmen eines langen und komplizierten Design- und Entwicklungsprozesses kundenspezifisch erstellt werden. Aber mit interoperablen, offenen Systemen und Standardplattformen wird die Industrie in der Lage sein, ihre digitalen Zwillinge mit den digitalen Zwillingen ihrer Partner und Lieferanten zu vernetzen und so größere Ökosysteme zu erschaffen, die tiefere Einblicke ermöglichen. Gerade auch kleine und mittelständische Unternehmen werden von Interoperabilität und Standardisierung profitieren, da dies die Entwicklung kostengünstiger Plug-and-Play-Lösungen befeuern wird und sie so schneller am Metaverse teilhaben können.

Die Wirtschaft der Zukunft: Das industrielle Metaverse wird auch neue Arten Geschäfte zu machen erfordern und hervorbringen. „Eine der wichtigsten Anforderungen an das industrielle Metaverse wird sein, dass es das Vertrauen von Einzelpersonen wie von Unternehmen genießt," so Hauptvogel. Eine entsprechende Regulierung muss Kollaboration und Interoperabilität also nicht nur sicherstellen, sondern auch dazu anregen. Gleichzeitig muss sie auch Datenschutz- und Sicherheitsbedenken berücksichtigen und für den Schutz geistigen Eigentums an digitalen Assets sorgen. Daher mahnt Signe an, dass „sowohl die Politik als auch die Verantwortlichen in der Wirtschaft sich sehr bewusst mit der Zukunft auseinandersetzen sollten, die sie mit dem Metaverse schaffen wollen."

Blockchain ist möglicherweise ein Schlüsselelement des Metaverse, wenn es darum geht, mehr Sicherheit und Datenschutz zu gewährleisten. Nach Ansicht von Ziegler können Blockchain-basierte Technologien, die digitale Identitäten sicher feststellen, der Industrie helfen, besser zu verstehen, „mit wem sie interagieren, sei es als Unternehmen, das seine Dienstleistungen und Produkte an Menschen verkaufen möchte, oder bei den Interaktionen zwischen verschiedenen Maschinen und digitalen Komponenten." Darüber hinaus können Non-Fungible Tokens (NFTs), die auf Blockchain basieren, eine Möglichkeit sein, Existenz und Authentizität von und Eigentum an Inhalten und Assets im industriellen Metaverse nachzuweisen. Dies wird eine Wertschöpfung über den gesamten Lebenszyklus von digitalen Assets hinweg ermöglichen und den Weg für neue Geschäftsmodelle wie „Digital Twin Trading" bereiten.

Eine wichtige Voraussetzung für das industrielle Metaverse sind auch digitale Plattformen und Marktplätze, die Unternehmen jeder Größe den Zugang zu umfassenden, offenen und flexiblen digitalen Lösungen ermöglichen. Nicht minder wichtig ist auch die Entwicklung neuer Finanzierungswerkzeuge, die speziell auf die digitale Welt zugeschnitten sind. „Häufig stellen wir fest, dass es nicht die Technologie ist, die Unternehmen daran hindert, sich schnell genug zu transformieren", erläutert Veronika Bienert, CEO von Siemens Financial Services. „Oft sind es finanzielle Hindernisse, die den Fortschritt in hohem Maße behindern."

Die umfassende Bereitstellung der erforderlichen Finanzierungsprodukte erfordert eine Mischung aus Finanz- und Technologie-Know-how sowie eine reibungslose Zusammenarbeit zwischen Finanzinstituten, Maschinenbauern, Endkunden sowie Technologie- und Service-Partnern im gesamten Ökosystem.



„Die Philosophien, die Kultur und die Prioritäten der in der Metaverse-Ära führenden Unternehmen werden darüber entscheiden, ob unsere Zukunft tatsächlich besser oder schlechter sein wird als unsere Gegenwart – und nicht nur virtueller oder lukrativer."

Matthew Ball, in *Das Metaverse: Und wie es alles revolutionieren wird*

07

Schlussbetrachtung: Wie wir uns die virtuelle Zukunft erschließen

Trotz aller Herausforderungen: Das industrielle Metaverse dürfte kurz vor dem Durchbruch stehen. „Es ist an der Zeit, dass das Metaverse abhebt und wirklich den Durchbruch schafft, auf den wir in den letzten Jahren hingearbeitet haben“, sagt Ziegler.

„Das industrielle Metaverse ist einfach die nächste Phase der Digitalisierung“, sagt Kevin O‘Donovan, Co-Vorsitzender des Industrial Metaverse and Digital Twin Committee der VR/AR Association. „Tun Sie es nicht ab, als wäre es nur der neueste Hype“, sagt er. „Sie brauchen einen Plan!“ Während viele Organisationen auf die Herausforderung nur reagieren, werden einige Empfehlungen den frühen Anwendern helfen, die Vorteile zu nutzen.

Nicht abschotten

Interoperabilität und Offenheit digitaler Lösungen sind nicht nur Voraussetzung für den Aufbau des industriellen Metaverse und die Teilhabe daran, sondern auch schon für eine erfolgreiche Digitalisierung in der Gegenwart. Unternehmen, die versuchen andere auszuschließen, sperren sich nur selbst ein. Dennoch, so Ziegler, „sehen wir immer noch viele siloartige Landschaften und Ansätze. Es fehlt an Schnittstellen und Interoperabilität, ja sogar an Standards.“ Glücklicherweise unternehmen einige Institutionen jetzt wichtige Schritte, um universelle Standards und Protokolle für die Teilnahme am Metaverse zu entwickeln. So will beispielsweise das Metaverse Standards Forum „Interoperabilitätsstandards für ein offenes Metaverse fördern“, indem es zur Zusammenarbeit zwischen Standardisierungsgremien und Unternehmen ermutigt. Auch das Weltwirtschaftsforum arbeitet daran, die Zusammenarbeit zwischen wichtigen Interessengruppen zu fördern, um „das Metaverse auf integrierte und offene Weise aufbauen“.

> „Es ist an der Zeit, dass das Metaverse endlich abhebt und den Durchbruch schafft, auf den wir in den letzten Jahren hingearbeitet haben.“
>
> Matthias Ziegler, Managing Director, Technology Innovation, Accenture

Obwohl es eine Herausforderung ist, offene Standards zu etablieren und Interoperabilität für das Metaverse zu gewährleisten, bietet genau dies eine einzigartige Möglichkeit, sinnvolle technologische und gesellschaftliche Veränderungen herbeizuführen. „Politische Entscheidungsträger haben jetzt die einmalige Gelegenheit, aus früheren technologischen Entwicklungen und disruptiven Innovationen zu lernen, um eine bessere Welt, ein besseres Metaverse, zu schaffen – nämlich so wie die Welt, die wir uns alle wünschen“, sagt Signe.

Klare Ziele definieren

Selbst angesichts fehlender universeller Standards müssen Unternehmen sich entscheiden, wie sie eine klare Strategie für das industrielle Metaverse entwickeln und umsetzen wollen. Dazu gehören beispielsweise die Investition in die zugrunde liegende Technologie einschließlich Edge-Hardware, industrielle 5G-Netze, Digital-Twin-Technologien sowie künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen, oder die Zusammenarbeit mit einem Anbieter von Metaverse-Services bzw. -Anwendungen. Zudem müssen Unternehmen ein Leistungsversprechen bzw. einen Use Case für ihre Initiativen im industriellen Metaverse definieren.

Wie bei jeder neuen Technologie gibt es viel Wirbel rund um das Metaverse und sein Potenzial das Leben der Menschen und die Arbeit von Unternehmen zu revolutionieren. Durch die Fokussierung auf ein klar definiertes Ziel – beispielsweise mehr Ressourceneffizienz oder beschleunigte Produktentwicklungszyklen – können Unternehmen laut Grieves „ein Verständnis dafür entwickeln, was real ist und was nicht – und was einfach nur ein Hype ist“, wenn es um das industrielle Metaverse geht.

Menschen mitnehmen und qualifizieren

Unternehmen müssen auch die Reaktionen ihrer Mitarbeitenden auf ihre Metaverse-Strategie berücksichtigen. Zum Beispiel, warnt Sagi: „können Mitarbeitende befürchten, dass ihr Arbeitsplatz durch Metaverse-Technologien oder -Lösungen wegfällt“. In Reaktion dazu können Unternehmen betonen, wie das industrielle Metaverse ganz neue Möglichkeiten schafft: Niemand braucht mehr ein Ingenieurstudium, um zum Beispiel an hochkomplexen Maschinen zu arbeiten, oder wenn Mixed-Reality-Technologie und Live-Feeds von Expert*innen bei der Wartung komplexer Systeme anleiten. Oder noch besser, wenn Mitarbeitende durch Schulung und Fortbildung auf neue Aufgaben vorbereitet werden und neue Karrierewege einschlagen können.

Eine weitere Strategie, um die Akzeptanz des industriellen Metaverse zu fördern, ist die konkrete Auseinandersetzung mit den Ängsten vor Unbekanntem. „Es handelt sich um eine neue Technologie, daher rührt die natürliche Skepsis“, sagt Lange. „Wird das wirklich funktionieren? Man muss die Beschäftigten davon überzeugen, Dinge auf eine neue Art und Weise zu tun“.

Die richtigen Talente für Metaverse-Projekte zu finden, bedeutet auch neue Quellen für qualifizierte Arbeitskräfte zu erschließen. „Unternehmen müssen sich intensiv mit der großen Spieleentwicklergemeinde auseinandersetzen, um sich Unterstützung für das industrielle Metaverse zu sichern“, so Lange. „Die haben bereits 3-D-Inhalte für Spiele entwickelt. Das Know-how, das diese Community aufgebaut hat, lässt sich auch auf industrielle Anwendungen anwenden. Arbeiten wie zum Beispiel die Animation eines Roboters im Metaverse, sind etwas, das für Spieleentwickler bereits zum Alltag gehört.“ Auch die verschiedenen Mitglieder eines Teams werden ihr Wissen und ihr Know-how kombinieren müssen, um in diesem neuen Umfeld erfolgreich bestehen zu können. „Um aussagekräftige digitale Zwillinge zu schaffen, muss man das volle Potenzial von Daten und Fachwissen nutzen“, sagt Köklü. „Dateningenieur*innen müssen unbedingt neben Fachexpert*innen sitzen, damit sie voneinander lernen und zu nützlichen Erkenntnissen für das Geschäft kommen können.“

Partnerschaften und starke Ökosysteme aufbauen

Um Innovation im Metaverse voranzutreiben, müssen Unternehmen auch zunehmend auf externe Partner zurückgreifen. So unterstützt beispielsweise die Konnect Volkswagen Group in Tel Aviv den deutschen Automobilgiganten bei der Zusammenarbeit mit israelischen Unternehmern und Startups, um autonome Fahrzeuge sowie Elektrifizierungs-, Dekarbonisierungs- und Industrie-4.0-Technologien zu entwickeln. „Startups wissen, wie man Lösungen an Kundenanforderungen anpasst“, sagt Sagi. „Das ist einer der Schlüssel zum Erfolg.“ So hat die Konnect Volkswagen Group untersucht, wie sich Mixed-Reality-Technologie für Anwendungen wie Fertigung, Schulung und Teileentwicklung in einer virtuellen Umgebung einsetzen lässt.

Leslie Shannon, Head of Trend and Innovation Scouting bei Nokia: „Wir prüfen für die Zukunft Multiplayer-Partnerschaften. Denn eines der wichtigsten Elemente für eine Teilhabe am industriellen Metaverse ist geschäftliche Agilität.“ Sie ergänzt: „Solange große Unternehmen nicht agiler werden, werden sie nicht in der Lage sein, sich effektiv in diese partnerschaftsbasierten Ökosysteme einzubringen,

„Kollaboration und Offenheit sind für jede künftige Strategie unerlässlich.“

Annika Hauptvogel, Head of Technology and Innovation Management, Siemens

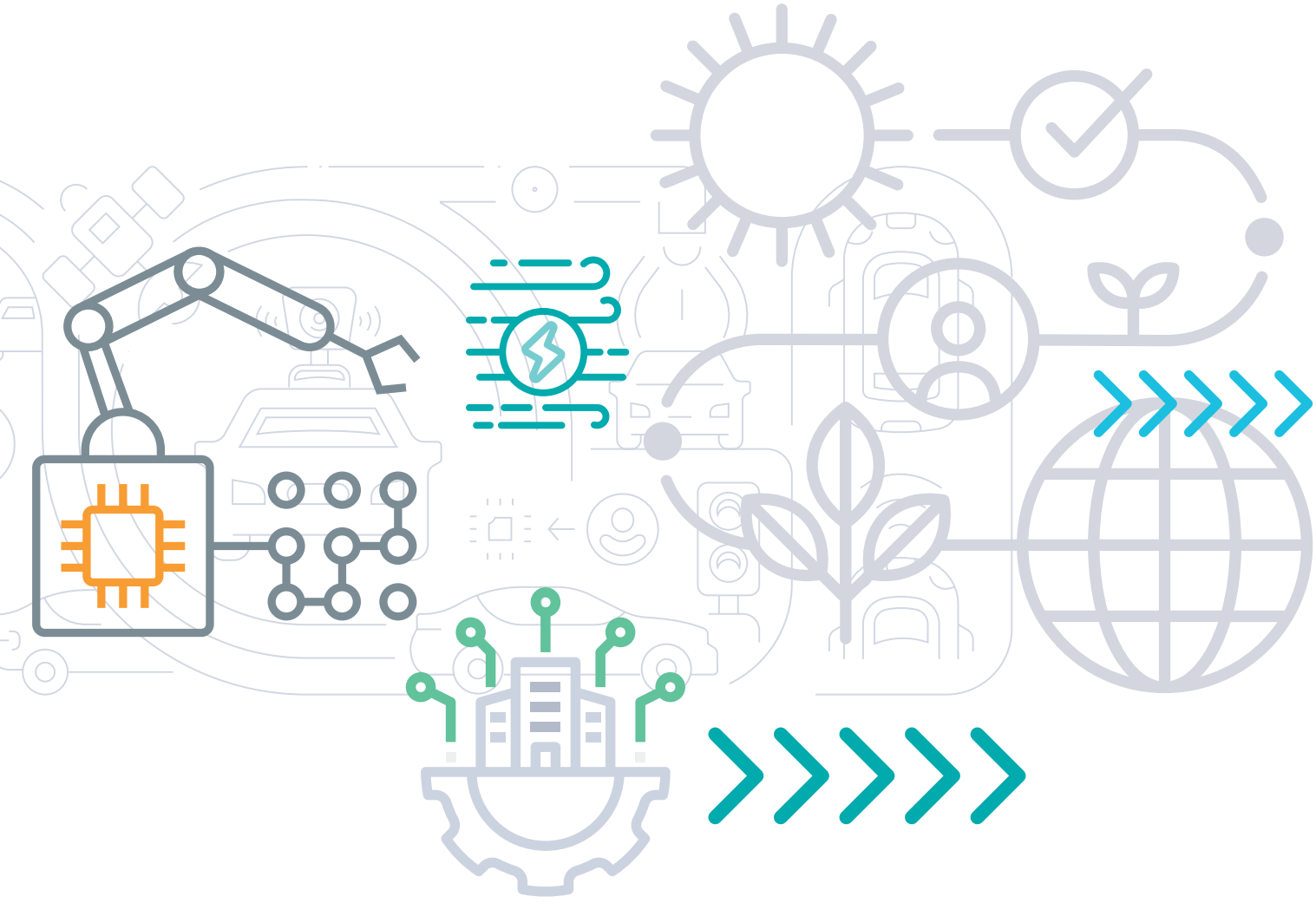
die wirklich leistungsfähige Lösungen schaffen können.“ Auch für Siemens sind starke Partnerschaften essentiell. „Niemand kann das alleine schaffen“, sagt Hauptvogel. „Kollaboration und Offenheit sind für jede künftige Strategie unerlässlich.“

Über das einzelne Projekt hinaus setzt Siemens auf Partnerschaften und Ökosysteme auf Plattform-Ebene. Die im Juni 2022 vorgestellte digitale Business-Plattform Siemens Xcelerator hilft anderen Unternehmen beim Zugang zum industriellen Metaverse, indem sie Kunden, Entwickler und Serviceanbieter zusammenbringt und Lösungen verschiedener Partner ermöglicht, die offen, interoperabel, flexibel und leichter zu skalieren sind.

Im Moment jedenfalls entwickeln sich Metaverse-Technologien immer mehr zum Mainstream. Und Unternehmen können schon heute damit beginnen, das Potenzial dieser Fortschritte für sich zu nutzen und die Talente, Technologien und Strategien zusammenzustellen, die sie benötigen werden, um am industriellen Metaverse teilzuhaben. Es ist absehbar: Mit der zunehmenden Vernetzung der realen und digitalen Welt wird sich die Welt für Verbraucherinnen und Verbraucher, Beschäftigte, Unternehmen und die Menschen insgesamt für immer verändern.

„Eines der wichtigsten Elemente für eine Teilhabe am industrielle Metaverse ist geschäftliche Agilität. Solange große Unternehmen nicht agiler werden, werden sie nicht in der Lage sein, sich effektiv in diese partnerschaftsbasierten Ökosysteme einzubringen, die wirklich leistungsfähige Lösungen schaffen können.“

Leslie Shannon, Head of Trend and Innovation Scouting, Nokia



08

Nachwort: Interoperabilität und Ökosysteme: Wie sie das industrielle Metaverse zusammensetzen

Dieses Kapitel ist ein Beitrag von Siemens.

Beim Aufbau des industriellen Metaverse geht es nicht nur um die Verfügbarkeit der richtigen Technologien. Sie nahtlos zu integrieren ist oft alles andere als einfach. Peter Körte, Chief Technology und Strategy Officer bei Siemens, hebt hervor, wie wichtig die Kollaboration in diesem Prozess ist: „Es geht darum, verschiedene Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen mit ihren jeweiligen Stärken zusammenzubringen – seien es Rechenleistung, KI, Cloud- und Edge-Computing, Spatial-Content-Erstellung, Software oder spezielles Domänen Know-how." Dieses komplexe Puzzle wird nur durch Interoperabilität, Standardisierung, offene APIs für die Datenintegration und in Ökosystemen gelöst werden können.

Die reale mit der digitalen Welt verbinden

Die Grundvoraussetzung für das industrielle Metaverse ist die Entwicklung und Visualisierung der digitalen Zwillinge von Objekten in der realen Welt. Diese dynamischen Systeme erfordern kontinuierliche Feedback-Schleifen, die Daten integrieren und analysieren und damit die realen Objekte überwachen und managen. So ermöglichen digitale Zwillinge interaktive Bewertungen, Simulationen und Vorhersagen. Grundlage dafür ist ein komplexes Zusammenspiel zwischen Informationstechnologie (IT) und Betriebstechnologie (OT, Operational Technology). Dabei werden physische Daten, die von Sensoren und IoT-Geräten erfasst werden, mit den analytischen Fähigkeiten modernster Software, einschließlich Datenanalysen und KI-Modellen, zusammengeführt.

„Es geht darum, verschiedene Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen mit ihren jeweiligen Stärken zusammenzubringen – seien es Rechenleistung, KI, Cloud- und Edge-Computing, Spatial-Content-Erstellung, Software oder spezielles Domänen Know-how."

Peter Körte, Chief Technology und Strategy Officer, Siemens

Interoperabilität ermöglicht Innovation und Effizienz: Je komplexer die Systeme der realen Welt und ihre digitalen Zwillinge werden, desto größer werden die Herausforderungen bei der Interoperabilität, also bei der Integration verschiedener Systeme. Das ist wichtig, weil durch Interoperabilität und Offenheit neue Chancen für Innovation und Effizienz entstehen. So verbessern zum Beispiel vernetzte digitale Zwillinge die Zusammenarbeit in der Lieferkette. Sie ermöglichen auch jederzeit die Nachverfolgung und Echtzeit-Optimierung – von der Beschaffung der Rohstoffe über die Herstellung und Lieferung bis hin zum Recycling oder der Weiterverwendung von Produkten.

Ein gutes Beispiel liefert Bentley Systems mit seinen digitalen Zwillingen für Infrastruktur. Diese ermöglichen es, Daten aus verschiedenen Systemen und Quellen zu integrieren, um Infrastruktureinrichtungen optimiert zu betreiben. So verwendet Singapur einen nationalen digitalen Zwilling, der auf Bentley-Technologie basiert. Dies verbessert die Verfügbarkeit von Daten, Informationsgewinnung und Stadtplanung. Digitale Zwillinge für Infrastruktur bieten einen einheitlichen Überblick über die reale Situation, also einen „Single View of Truth". Sie ermöglichen es, den aktuellen Zustand und zukünftige Entwicklungen in Bereichen wie Verkehr und Energie zu visualisieren, zu simulieren und zu überwachen", erklärt Mike Campbell, Chief Product Officer bei Bentley Systems. „Indem sie die physische mit der virtuellen Welt verknüpfen, helfen sie Ingenieurunternehmen und Eigentümern von Infrastrukturen, auf Basis von Daten bessere Entscheidungen zu treffen."

Die Zukunft standardisieren: Wichtige Akteure arbeiten branchenübergreifend an der Vereinfachung und Verbesserung der Integration von IT und OT – und damit an der Ermöglichung des industriellen Metaverse, indem sie Standards entwickeln, verfeinern und optimieren. „So wie das Internet von offenen Standards wie HTML und TCP/IP profitierte, sind solche Bemühungen notwendig, um eine nahtlose Interoperabilität und Integration verschiedener Industriesysteme zu ermöglichen", meint Rev Lebaredian, Vice President Omniverse and Simulation Technology bei NVIDIA.

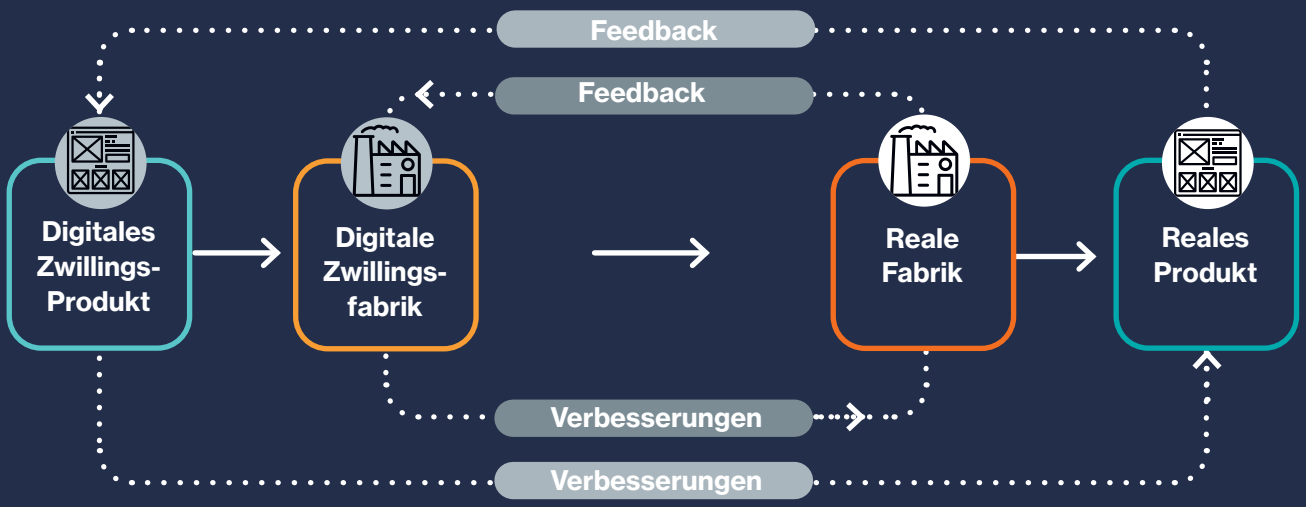
Eine dieser Initiativen ist die Alliance for Open USD, die den Universal Scene Description Standard (USD) weiterentwickelt. Ursprünglich wurde USD für die Filmindustrie entwickelt und später von der Gaming-Industrie übernommen. Heute wird der Standard für Industrieanwendungen erweitert. Dabei werden 3D-Objekten unter anderem physikalische Eigenschaften wie Dichte und Verhalten bei physischer Belastung eingeschrieben. Darüber hinaus bringt die Industrial Metaverse Interoperability Group im Rahmen des Metaverse Standards Forum unterschiedliche Unternehmen zusammen, die an einer einheitlichen und standardisierten Umgebung für das industrielle Metaverse arbeiten.

Der Aufbau des industriellen Metaverse: Ein schrittweiser Ansatz

Während unterschiedliche Branchen zusammenarbeiten, um IT- und OT-Systeme zu standardisieren und zu integrieren, beschäftigen sich Unternehmen auch mit der Frage, wie man das industrielle Metaverse in der Praxis aufbauen kann.

Mit dem vollständigen digitalen Zwilling schließt sich der Kreis

Der digitale Zwilling eines Produkts bildet den Ausgangspunkt, um Anforderungen für den digitalen Zwilling der Fabrik zu definieren. Auf diese Weise wird eine reale Fabrik entworfen, in der später das echte Produkt gefertigt wird. Rückmeldungen und neue Bedürfnisse aus der realen Welt – sowohl vom Produkt als auch von der Fabrik – fließen zurück in die digitalen Zwillinge. So werden der digitale Zwilling des Produkts und der der Fabrik stetig verbessert, womit die reale Fabrik und das reale Produkt kontinuierlich optimiert werden.



Quelle: Zusammengestellt durch MIT Technology Review Insights, 2024.

"So wie das Internet von offenen Standards wie HTML und TCP/IP profitiert hat, ist dies auch für die Interoperabilität und Integration unterschiedlicher industrieller Systeme erforderlich."

Rev Lebaredian, Vice President, Omniverse and Simulation Technology, NVIDIA

Das Potenzial ist riesig. Schließlich „produziert der Industriesektor die größten Datenmengen", meint Douglas Bellin, Global Lead of Business Development for Smart Factories bei AWS, „aber oft wird nur ein Bruchteil dieser Daten aktiv genutzt." Der Schlüssel zum Erfolg liegt in einem schrittweisen Ansatz, bei dem zunächst die Grundlage für Interoperabilität geschaffen wird: eine solide Datenintegration.

Offene APIs und Datenmanagement nutzen: Der Weg zu einem interoperablen industriellen Metaverse führt über eine eine robuste Datenintegration. „Die Nutzung offener APIs ist unabdingbar", so Selim Köklü, Digitalization Lead bei Siemens Mobility Turnkey. „Sie sind wie Türen, die den Zugang zu Daten ermöglichen. Aber dann muss man mit dem arbeiten können, was man hinter diesen Türen vorfindet. Darum sind Standardisierung und robuste Daten-Governance von so entscheidender Bedeutung, um Datenqualität, Sicherheit und Compliance über alle Systeme hinweg sicherzustellen."

Für Unternehmen, die mit Bestandssystemen agieren, ist es entscheidend, eine solide Datenstrategie zu entwickeln. Diese bildet das Fundament für ein effizientes Datenmanagement durch Data Lakes oder Warehouses. Das wird die Entwicklung von Analysen, KI-Modellen, digitalen Zwillingen und Anwendungen für das industrielle Metaverse wesentlich erleichtern, was dem gesamten Unternehmen zugutekommt.

Ökosysteme und Plattformen nutzen: Damit Unternehmen einfacher und schneller von Interoperabilität profitieren können, sollten sie sich zudem in offene, kollaborative Ökosysteme integrieren. Diese Ökosysteme sind häufig in robusten, offenen Plattformen verankert und legen die Basis für branchenübergreifende Kollaboration und rekombinante Innovation.

Marshall Van Alstyne, Digital Fellow der MIT Initiative on the Digital Economy und Questrom Chair an der Boston University, unterstreicht den Mehrwert solcher Plattformen: „Plattformen bringen nicht nur Kosten- und Geschwindigkeitsvorteile, sie eröffnen auch neue Wege für rekombinante Innovationen. Sie ermöglichen es, unterschiedliche Komponenten und Unterkomponenten völlig neu zu rekombinieren und werden so zu einem mächtigen Werkzeug für zukünftige Innovationen.

Siemens Xcelerator steht beispielhaft für diesen Ökosystemansatz. Diese offene digitale Business-Plattform stellt flexible Lösungen bereit, die in bestehende Systeme integriert werden können. Das Marktplatz- und Entwicklerportal der Plattform hilft nicht nur dabei, Technologien schneller zu integrieren und zu skalieren. Es schafft auch eine kollaborative Umgebung für Innovationen und bietet Zugang zu einem umfangreichen Ökosystem an Know-how, Ressourcen und offenen APIs.

Das Softwareunternehmen Youl Systems hat beispielsweise die offenen APIs von Siemens Xcelerator genutzt, um kundenspezifische digitale Zwillinge zu entwickeln. Diese hochmodernen Lösungen werden heute von KHNP eingesetzt, einem der führenden Energieversorger Südkoreas. Das Unternehmen deckt etwa ein Viertel des nationalen Energiebedarfs.

Interoperabilität und Ökosysteme: eine strategische Notwendigkeit

Bei der Gestaltung des industriellen Metaverse sind Interoperabilität und kollaborative Ökosysteme nicht nur von Vorteil. Sie sind das Fundament, auf dem diese digitale Welt gebaut wird. Dieses Fundament ermöglicht es, verschiedene Technologien und Prozesse zusammenzuführen.
Diese Prinzipien zu verinnerlichen, ist zwingend für jede Digitalisierungsstrategie, die eine Teilhabe am industriellen Metaverse ermöglichen soll – wie an den Innovationen, der Effizienz und den Wettbewerbsvorteile, die dadurch erreichbar sind.

Das Potenzial rekombinanter Innovation

Innovationen entstehen oft nicht aus einem einzigen technologischen Durchbruch, sondern aus der kreativen Verschmelzung bestehender Konzepte. Dieser als rekombinante Innovation bekannte Prozess bringt Ideen aus verschiedenen Bereichen oder Kontexten zusammen und schafft so etwas völlig Neues.

Diese Innovationen reichen von alltäglichen Dingen wie Fast Food (das die Logik der Fließband-Produktion in Restaurants brachte) über den Rollkoffer (der Verbindung von Gepäckstücken und Rädern) bis zu einigen der bahnbrechendsten technologischen Neuerungen unserer Zeit: Beim Smartphone ging es nicht nur darum, Funktionen wie Audiosystem, Uhr und Kamera in einem Gerät zu vereinen. Vielmehr ist es aus der Integration von Schlüsseltechnologien wie miniaturisierten Prozessoren, Hochleistungsakkus, Touchscreen-Displays und schnellen, zuverlässigen Telekommunikationsnetzen entstanden. Es hat nicht nur die Kommunikation grundlegend verändert, sondern auch die Art und Weise revolutioniert, wie wir alle mit Informationen umgehen.

In der Industrie ist rekombinante Innovation seit der ersten industriellen Revolution, die die Verschmelzung von Dampfkraft und mechanischer Fertigung mit sich brachte, eine transformative Kraft. Das 20. Jahrhundert brachte zum Beispiel Elektrizität und Fließbandtechniken zusammen und begründete so die Ära der Massenproduktion. Diese Revolution setzte sich fort mit der Kombination von Computertechnologie und Automatisierung, was wiederum den Aufstieg von Robotik und digitaler Fertigung einleitete.

Heute stehen die Weiterentwicklung und Konvergenz von Technologien wie digitaler Zwilling, künstliche Intelligenz und das Internet der Dinge (IoT) kurz davor, mit dem industriellen Metaverse die nächste Welle rekombinanter Innovation auszulösen. Umfassende Interoperabilität und das Aufkommen kollaborativer Ökosysteme werden dazu beitragen, diese neue digitale Welt zusammenzusetzen und ihr Potenzial freizusetzen.

Über MIT Technology Review Insights

MIT Technology Review Insights ist die Division für kundenspezifische Veröffentlichungen von *MIT Technology Review*, dem weltweit ältesten Technologiemagazin, das von der weltweit führenden Technologie-Institution unterstützt wird. Die Einrichtung organisiert Live-Veranstaltungen und führt Forschungsarbeiten zu den führenden technologischen und geschäftlichen Herausforderungen der Gegenwart durch. Insights führt qualitative und quantitative Forschungen und Analysen in den USA und im Ausland durch und veröffentlicht ein breites Spektrum an Inhalten wie Artikel, Berichte, Infografiken, Videos und Podcasts. Durch das wachsende MIT Technology Review Insights Global Panel verfügt Insights rund um den Globus über einen einzigartigen Zugang zu hochrangigen Führungskräften, Innovatoren und Thought Leaders für Umfragen und ausführliche Befragungen.

Über Siemens

Die Siemens AG (Berlin und München) ist ein Technologieunternehmen mit Fokus auf die Felder Industrie, Infrastruktur, Mobilität und Gesundheit. Ressourceneffiziente Fabriken, widerstandsfähige Lieferketten, intelligente Gebäude und Stromnetze, emissionsarme und komfortable Züge und eine fortschrittliche Gesundheitsversorgung – das Unternehmen unterstützt seine Kunden mit Technologien, die ihnen konkreten Nutzen bieten. Durch die Kombination der realen und der digitalen Welten befähigt Siemens seine Kunden, ihre Industrien und Märkte zu transformieren und verbessert damit den Alltag für Milliarden von Menschen. Siemens ist mehrheitlicher Eigentümer des börsennotierten Unternehmens Siemens Healthineers – einem weltweit führenden Anbieter von Medizintechnik, der die Zukunft der Gesundheitsversorgung gestaltet. Darüber hinaus hält Siemens eine Minderheitsbeteiligung an der börsengelisteten Siemens Energy, einem der weltweit führenden Unternehmen in der Energieübertragung und -erzeugung.

SIEMENS

Fußnoten:

1. J. Pankaj, M. Neha und V. Vitika, „Digital Twin Market: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2030“, Allied Market Research, Juli 2022.
2. Alfonso Velosa und Peter Middleton, „Emerging Technologies: Revenue Opportunity Projection of Digital Twins“, Gartner, Inc., 16. Februar 2022.
3. Alfonso Velosa, „Emerging Tech: Venture Capital Growth Insights for Digital Twins“, Gartner, Inc., 21. September 2022.
4. Jacques Bacry, „What Is the Industrial Metaverse?“ Capgemini, 6. Februar 2023.
5. “OECD-Umweltausblick bis 2050: Die Konsequenzen des Nichthandelns — Zahlen und Fakten“, OECD-Umweltausblick, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 5. April 2001.
6. Simon Bentley und Tony Murdzhev, “Accelerating sustainability with virtual twins,” Accenture, 26. Januar 2021.

Bildmaterial:
Alle Abbildungen wurden von Chandra Tallman Design erstellt. Alle Icons wurden von The Noun Project zur Verfügung gestellt.

Obwohl alle Anstrengungen unternommen wurden, um die Richtigkeit dieser Informationen zu überprüfen, kann MIT Technology Review Insights keine Verantwortung oder Haftung für die Abhängigkeit von einer Person in diesem Bericht oder einer der in diesem Bericht dargelegten Informationen, Meinungen oder Schlussfolgerungen übernehmen.

© Copyright MIT Technology Review Insights, 2023. Alle Rechte vorbehalten.

MIT Technology Review Insights

www.technologyreview.com

insights@technologyreview.com