

VDI

Technologiezentrum

VDI RESEARCH

DIGITALE ZWILLINGE - HEUTE SCHON
WEIT VERBREITET, MORGEN ALLERORTEN



Digitale Zwillinge: Verbindung von realer und virtueller Welt

Immer häufiger begegnet uns der Begriff „Digitaler Zwilling“, meistens im Kontext von industrieller Produktion oder Medizin. Allgemein formuliert steht der Begriff für ein digitales Echtzeit-Ebenbild – zum Beispiel für einen Produktionsprozess, ein menschliches Organ oder auch eine ganze Stadt. Digitale Zwillinge dienen dem besseren Verständnis komplexer Systeme jeglicher Art, ermöglichen durch Modellierung die Steuerung real ablaufender Prozesse in Echtzeit und sind in der Lage, Aussagen über das zukünftige Verhalten des realen Systems zu machen. Digitale Zwillinge gehören gemäß dem Beratungsunternehmen Gartner zu den Top Ten der strategischen Technologietrends¹ mit Erwartungen eines mittelfristigen, weltweiten Marktolumens von bis zu 100 Milliarden Euro jährlich.² Die folgenden Ausführungen zeigen, wie vielfältig digitale Zwillinge bereits heute eingesetzt werden und warum ein Blick auf zukünftige Entwicklungen aufschlussreich sein kann.

Der Begriff „**Digitaler Zwilling**“ steht für ein **Digitalisierungskonzept, zu dem verschiedene Definitionen existieren**. Geprägt wurde der Ausdruck von Michael Grieves und John Vickers im Rahmen einer Vorlesung zum Produktlebenszyklusmanagement im Jahr 2003. Sie verstanden digitale Zwillinge als „digitale Repräsentanzen von Dingen aus der realen Welt“. Als solche bestehen sie aus Modellen, die anhand von Daten, Simulationen und Algorithmen in der Lage sind, sowohl physische Objekte als auch nicht physische Systeme wie Dienste zu beschreiben.³ Charakteristisch für den von Grieves und Vickers geprägten Begriff „Digitaler Zwilling“ ist vor allem die Möglichkeit, die **reale und virtuelle Welt** über den Austausch von Daten und Informationen zu **verbinden**.^{4,5}

Einer etwas breiteren Öffentlichkeit bekannt dürfte die seit Beginn der 2010er Jahre gestiegene Bedeutung des digitalen Zwillings für die **industrielle Produktion** sein – dies insbesondere im Rahmen des industriellen Internets der Dinge (Industrial Internet of Things, IIoT) als **Wegbereiter für die Industrie 4.0**. In dem im September 2020 vom Industrial Internet Consortium (IIC)

und der Plattform Industrie 4.0 gemeinsam veröffentlichten White Paper wird der digitale Zwilling als „*eine formelle digitale Repräsentation eines Assets⁶, Prozesses oder Systems, die Attribute und Verhalten dieser Entität erfasst, die für die Kommunikation, Speicherung, Interpretation oder Verarbeitung in einem gewissen Kontext geeignet sind*“.⁷ Die Objekte, die mit dem digitalen Zwilling virtuell „gedoubelt“ werden, können Produkte, Geräte, Werkzeugmaschinen, eine ganze Produktionslinie oder nur Teile davon, ein Mensch, eine Gruppe oder auch eine ganze Organisation sein. Welche Funktionen und Eigenschaften konkret digital dargestellt werden, hängt von der Verwendung ab. Wie die folgenden Anwendungsbeispiele verdeutlichen, unterscheiden sich Komplexität und Attribute der in der industriellen Produktion genutzten oder angestrebten digitalen Zwillinge. Die in der physischen Welt erzeugten Daten werden aggregiert und anschließend für die Schaffung der virtuellen Abbilder (physischer oder nicht physischer Entitäten) verarbeitet, um damit zu experimentieren. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden zwecks Optimierung der Anlage oder des Produktionsprozesses als aktualisierte Konfiguration in die physische Welt zurückgespielt.⁸

Beispiele für **Anwendungen digitaler Zwillinge in der intelligenten Fertigung** sind die Echtzeit-Simulation, die Optimierung sowie die Verfolgung der Produktqualität von Produktionsprozessen und die vorausschauende Wartung von Maschinen und Anlagen sowie ihre virtuelle Inbetriebnahme oder auch die Optimierung der Energieeffizienz. In der **Automobilindustrie** können von der Entwicklung über den Einsatz bis hin zur Verwertung sowohl einzelne Komponenten als auch das Fahrzeug als Ganzes mit digitalen Zwillingen virtuell abgebildet werden. Dadurch sind prädiktive Wartungsdienste im laufenden Betrieb möglich, die Schäden am Fahrzeug vor ihrem Eintritt erkennen. Es können zudem virtuelle Crashtests so oft wie nötig durchgeführt werden, was hilft, teure Experimente zu reduzieren hilft. Auch kann über den digitalen Zwilling eine Schnittstelle zur Interaktion mit autonomen Fahrzeugen geschaffen werden.⁹

¹ <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018/>, Abruf am 23.08.2021.

² Goldman Sachs, <https://www.youtube.com/watch?v=AtYEpnvEpp0>, Abruf am 23.08.2021.

³ Kuhn, T., (2017). Digitaler Zwilling. Informatik Spektrum: Vol. 40, No. 5. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. (S. 440-444).

⁴ Boes, A. (2021). Informationsräume und Digital Twins. IdGuZdA Berichte aus der Forschungswerkstatt, ISF München, 03/2021.

⁵ Grieves, M. (2014). Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication. https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication, Abruf am 11.08.2021.

⁶ Als „Asset“ bezeichnet wird im Kontext der Industrie 4.0 ein „Gegenstand, der einen Wert für eine Organisation hat und der auf Grund dessen individuell verwaltet wird“. Quelle: Wiki - FA7.21 Begriffe - Allgemein (fraunhofer.de), Abruf am 31.08.2021.

⁷ Digitaler Zwilling: Aufbau der Industrie 4.0-IT-Infrastruktur - Blog des Fraunhofer IESE, Abruf am 12.08.2021.

⁸ Digitaler Zwilling: Aufbau der Industrie 4.0-IT-Infrastruktur - Blog des Fraunhofer IESE, Abruf am 12.08.2021.

⁹ Architecture Alignment and Interoperability (plattform-i4.0.de), Abruf am 12.08.2021.

Für die Nutzung digitaler Zwillinge im jeweiligen industriellen Umfeld muss eine passende IT-Infrastruktur geschaffen werden, um die Integration verschiedener digitaler Zwillinge und deren einfache Handhabung zu ermöglichen. Außerdem erschweren unterschiedliche Datenformate bei digitalen Zwillingen die Umsetzung. Hier setzt das Konzept der **von der Plattform Industrie 4.0 spezifizierten Verwaltungsschale („Asset Administration Shell – AAS“)** an, mit der alle Daten und Informationen der verschiedenen Assets in einem möglichst standardisierten Format dargestellt werden. Die „Verwaltungsschale“ stellt somit die Umsetzung des digitalen Zwillings in der Industrie 4.0 dar und schafft die Schnittstelle zwischen physischen Produkten und digital vernetzter Welt.^{10,11} Angesichts grenzüberschreitender Wertschöpfungsketten ist es außerdem notwendig, die **Interoperabilität** digitaler Zwillinge unternehmens- und länderübergreifend sicherzustellen. Neben der Plattform Industrie 4.0 sind in diesem Zusammenhang die beiden Open-Source-Initiativen „Open Manufacturing Platform“ (OMP) und die aus der Plattform Industrie 4.0 heraus gegründete Nutzerorganisation „Industrial Digital Twin Association“ (IDTA) zu erwähnen. Die IDTA ist ein Zusammenschluss der Branchenverbände ZVEI, VDMA und Bitkom sowie von ca. zwanzig Unternehmen aus Maschinenbau und Elektroindustrie, die sich zum Ziel gesetzt hat, die „Verwaltungsschale“ in die breite industrielle Praxis zu bringen.¹²

Noch ist die industrielle Produktion das wichtigste Anwendungsgebiet des digitalen Zwillings. Allerdings findet das Konzept inzwischen auch in weiteren Branchen Anwendung. **Digitale Zwillinge von Liefernetzen in der Logistik** helfen, Liefer- und Produktionsschwierigkeiten rechtzeitig vorherzusagen und dazu beizutragen, richtig und schnell auf spontane Probleme beispielsweise in Verbindung mit Transportschwierigkeiten, Naturkatastrophen, Epidemien oder auch politischen Unruhen zu reagieren. Im **Transportbereich** hat die Deutsche Bahn ein Modellprojekt gestartet, bei dem ein digitaler Zwilling eines Triebzugs helfen soll, Klimaanlage, Türen und Radsätze zu modellieren und deren Verhalten zu simulieren, um eine rechtzeitige Wartung zu ermöglichen. Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit könnten auf diesem Wege gesteigert werden.¹³

Das sogenannte „Building Information Modelling“ (BIM) bildet die Grundlage für die Nutzung von **digitalen Zwillingen in der Baubranche**. Alle für den Bau eines Gebäudes relevanten Projektinformationen

werden den Projektbeteiligten über den digitalen Zwilling zur Verfügung gestellt und über diesen koordiniert. Diese Zusammenführung soll ein effizienteres Risikomanagement und eine Qualitätssteigerung von Bauprojekten einschließlich Zeitplänen und Baukostenentwicklung ermöglichen. Architekten können so zeitnah die Bauplanung an Veränderungen anpassen. Neben der Phase der Bauplanung und -durchführung kann das Konzept des digitalen Zwillings auch in weiteren Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes Vorteile bieten: beispielsweise in der Betriebsphase einer Immobilie. Die dafür notwendigen (Betriebs-)Daten werden durch intelligente Sensoren (IoT) erfasst und übermittelt. Sie ermöglichen Eigentümern wie Betreibern, **Funktionalität, Automatisierung und Nachhaltigkeit von Gebäuden zu optimieren und somit** eine effizientere Verwaltung ihrer Immobilien.¹⁴ Der digitale Zwilling kann auch eingesetzt werden, um Effizienz und Sicherheit beim Rückbau von Kernkraftwerken zu steigern.¹⁵ In diesen Fällen wird der digitale Zwilling allerdings nur für einen bestimmten Zeitraum bzw. für eine klar definierte Phase im Gebäudelebenszyklus erstellt und genutzt. Die Vision eines digitalen Zwillings, der in der Lage wäre, für ein und dasselbe Gebäude alle Phasen des Gebäudelebenszyklus abzudecken – von der Planung des Gebäudes über den Bau, die Inbetriebnahme und die Betriebsphase bis hin zu Wartung, Renovierung und Rückbau – stellt dagegen eine große Herausforderung dar. Zuverlässigkeit und Wartung der nötigen intelligenten Sensorsysteme, ihre Verbindung zueinander (Kompatibilität) und die Verarbeitung der dazugehörigen Daten müssten über einen längeren Zeitraum sichergestellt werden, was mit hohen Kosten verbunden sein dürfte. Ob ihre Umsetzung in Zukunft gelingt und ob sich die Investitionen in einen solchen digitalen Zwilling langfristig auszahlen, ist daher aus heutiger Sicht noch unklar.

Übertragen auf **Städte und Infrastrukturen** kann der **digitale Zwilling einer Stadt**, d. h. das virtuelle Abbild ihrer Gebäude, Straßen, Gewässer sowie von immateriellen Informationen und Prozessketten wie Verwaltungsabläufen, Bürgerbeteiligungen, auch für Verkehrssteuerung und Energieversorgung ein wertvolles Instrument einer nachhaltigen Stadt- und Mobilitätsplanung darstellen. Motivation dabei ist es, Personen in Politik und Verwaltung in die Lage zu versetzen, auf der Grundlage dieser Informationen **Infrastrukturen für Mobilität und Energie- bzw. Wasserversorgung zu optimieren** oder **Sicherheitskonzepte zu erproben**. Ferner können Auswirkungen und Risiken in

¹⁰ Plattform Industrie 4.0 - Der digitale Zwilling in der Industrie 4.0 (plattform-i40.de), Abruf am 13.08.2021.

¹¹ Verwaltungsschale im Detail - 2018 - DE (plattform-i40.de), Abruf am 13.08.2021.

¹² Plattform Industrie 4.0 (2021): Industrie 4.0 gestalten. Wenn Vision Realität wird. Fortschrittsbericht 2021. Hrsg.: BMWi, Berlin. Fortschrittsbericht 2021 - Industrie 4.0 gestalten. Wenn Vision Realität wird. (plattform-i40.de), Abruf am 13.08.2021.

¹³ Digitaler Zwilling: Deutsche Bahn setzt auf virtuelles Zug-Abbild - Digitalisierung und Vernetzung (allg.), Ersatzteillogistik | News | LOGISTIK HEUTE - Das deutsche Logistikmagazin (logistik-heute.de), Abruf am 13.08.2021.

¹⁴ <https://www.bauen-aktuell.eu/bim-projekte-der-digitale-zwilling-fuer-gebäude-und-anlagen/>, Architecture Alignment and Interoperability (plattform-i40.de); BuildHeat; Abruf am 13.08.2021.

¹⁵ <https://www.dreso.com/de/unternehmen/presse/presseinformationen/details/10-jahre-atomausstieg-rueckbau-der-kernkraftwerke>, Abruf am 06.09.2021.

Zusammenhang mit neuen Bau- und Infrastrukturprojekten mithilfe digitaler Zwillinge modelliert werden. Dies bietet eine Diskussionsgrundlage für Stadtplaner, Bauunternehmer und Bürger.

„Der Digitale Zwilling ist DIE digitale Grundlage für Herausforderungen einer Zukunftsstadt/Smart City.“ (Markus Mohl, Landeshauptstadt München)¹⁶

Eine große Herausforderung bei der Erstellung des digitalen Zwillings einer Stadt liegt in der Verarbeitung und Verknüpfung der zahlreichen Sensordaten unterschiedlicher Quellen und Qualitäten. Zudem ist eine offene IT-Infrastruktur nötig, gepaart mit klar definierten Zugangs- und Nutzungsrechten für die eingespeisten Sensordaten und Informationen.¹⁷ Als Forschungs- bzw. Modellprojekte können hier beispielsweise das bereits abgeschlossene Reallabor „Stadt:quartiere 4.0“ in Herrenberg und Stuttgart¹⁸ oder auch das aktuell laufende Projekt der Stadt München angeführt werden. Seit Anfang 2019 arbeitet die Stadt München im Rahmen der BMWi-Förderrichtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ des Sofortprogramms „Saubere Luft 2017 bis 2020“ an einem digitalen Zwilling der Stadt. Fokus des Projekts sind Luftreinhaltung und Verkehrsgestaltung, dementsprechend wurde zunächst am Beispiel des Stachus untersucht, inwiefern Verkehrsinformationen und Schadstoffwerte in Echtzeit digital abgebildet werden können. Ziel ist beispielsweise zu identifizieren, welche Maßnahmen zur Steigerung der Luftqualität – ob eine veränderte Ampelschaltung, eine zusätzliche Fahrradspur oder auch der Neubau eines Straßentunnels – besonders effektiv sind und umgesetzt werden sollten.¹⁹

Interessant ist auch ein aktuelles Projekt des neuen Kompetenzzentrums Digitale Verwaltung der Hochschule Hof, bei dem der digitale Zwilling einer deutschen Behörde erschaffen werden soll. Dieses Abbild soll sowohl für die angewandte Forschung genutzt als auch als virtueller Lernort für die Studierenden sowie als virtuelle Testumgebung für den Einsatz neuer digitaler Technologien in öffentlichen Verwaltungen dienen.²⁰

Der Einsatz digitaler Zwillinge eröffnet auch Potenziale, schonender mit der **Umwelt** umzugehen und nachhaltiger zu wirtschaften. Sie sollen helfen, Prozesse nachhaltiger zu gestalten, indem sie vorausschauend deren Auswirkungen auf die Umwelt transparent ma-

chen. Potenzielle Anwendungen könnten zum Beispiel in der (regionalen) Optimierung von Wasserressourcen sowie der Vorhersage von Extremereignissen liegen.²¹ Mit der Initiative „Destination Earth“ (DestinE) treibt die Europäische Kommission die Entwicklung eines hochpräzisen digitalen Modells der Erde voran. Ziel ist, vor dem Hintergrund des Europäischen „Green Deal“ den Zustand der Erde und die Folgen menschlicher Aktivitäten für die Umwelt zu antizipieren sowie die Effizienz umweltpolitischer Maßnahmen zu überprüfen. Das angestrebte digitale Modell der Erde soll insbesondere die Aspekte Wettervorhersage und Auswirkungen des Klimawandels, Lebensmittel- und Wassersicherheit, globale Ozeanzirkulation und Biogeochemie der Ozeane abbilden. Das System soll beginnend im Jahr 2021 über die nächsten sieben bis zehn Jahre aufgebaut werden.²²

In der **Medizin** könnten digitale Zwillinge dabei helfen, Krankheiten besser zu verstehen, zu diagnostizieren und zu therapieren sowie verbesserte medizintechnische Geräte zu bauen. Das Konzept des digitalen Zwillings könnte insbesondere – so die Hoffnung von Experten und Expertinnen – die Realisierung einer **tatsächlich personalisierten Medizin unterstützen**. Ziel der seit 2018 existierenden internationalen und von der EU geförderten Forschungsinitiative „DigiTwins“ ist es, die Entwicklung virtueller Abbilder von Patientinnen und Patienten soweit voranzutreiben, dass eine optimierte, auf die individuelle DNA des Einzelnen abgestimmte Behandlung, und zwar insbesondere in der Krebsbehandlung, möglich wird. Somit könnte ein Beitrag zur Reduzierung der jährlich anfallenden ca. 200.000 Todesfälle sowie der auf ca. 20% des gesamten europäischen Gesundheitsbudgets geschätzten Kosten geleistet werden, die direkt und/oder indirekt darauf zurückzuführen sind, dass Nebenwirkungen von Arzneimitteln für die einzelnen Patienten und Patientinnen entstehen.²³ Damit die Vision des digitalen Zwillings in der Medizin ihr volles Potenzial entfaltet, dürfte es allerdings nach aktuellen Experteneinschätzungen erforderlich sein, genetische Daten des Einzelnen mit phänotypischen Daten (z. B. physischen Daten, medizinischen Befunden etc.) zu kombinieren.²⁴ **Aus heutiger Sicht sind solche digitale Zwillinge von Individuen noch visionär.** Dabei ist auch noch unklar, welche Körperfunktionen tatsächlich abgebildet werden können. In erster Annäherung wird in verschiedenen Forschungsprojekten im In- und Ausland an der Entwicklung virtueller Abbilder für

¹⁶ <https://www.cassini.de/interview/digitaler-zwilling-muenchen>, Abruf am 12.08.2021.

¹⁷ <https://www.lll.tum.de/de/certificate/digital-city/>; <https://www.cassini.de/interview/digitaler-zwilling-muenchen>; Architecture Alignment and Interoperability (plattform-i40.de). Abruf am 12.08.2021.

¹⁸ Ergebnisse des Reallabors „Stadt:quartiere 4.0“ veröffentlicht | News | 22.11.2019 | ZIRIUS - Zentrum für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung | Universität Stuttgart (uni-stuttgart.de), Abruf am 13.08.2021.

¹⁹ <https://www.cassini.de/interview/digitaler-zwilling-muenchen>, Abruf am 12.08.2021.

²⁰ Home - KDV (kompetenzzentrum-digitale-verwaltung.de), Abruf am 10.09.2021.

²¹ The Digitisation of the Watershed to Monitor and Predict Water Resources | AZO - Space of Innovation (space-of-innovation.com), Abruf am 10.09.2021.

²² Destination Earth | Shaping Europe's digital future (europa.eu), Abruf am 26.08.2021.

²³ <https://www.digitwins.org/about-the-initiative>, Abruf am 06.09.2021.

²⁴ <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00328-0>, Abruf am 06.09.2021.

einzelne Organe gearbeitet: zum Beispiel am Herzen (Living Heart Project²⁵ um den französischen Softwarehersteller Dassault Systems, Universitätsklinikum Heidelberg in Zusammenarbeit mit Siemens Healthineers²⁶), der Haut (Forschungsgruppe in Sankt Gallen/Schweiz²⁷) oder der Leber (z. B. Forschungsnetzwerk Liver Systems Medicine (LiSyM)²⁸). Im Rahmen des Projekts Med2ICIN entwickeln sieben Fraunhofer-Institute ein ganzheitliches digitales Patientenmodell.²⁹ Auch große Unternehmen wie Hewlett Packard, IBM, Microsoft, General Electric oder auch Philips arbeiten an der Simulation eines Menschen.³⁰

Bei allem Enthusiasmus für digitale Zwillinge sei deutlich darauf hingewiesen, dass das Wort „Zwilling“ einen Grad an Ununterscheidbarkeit zwischen physischem Urbild und digitalem Abbild suggeriert, der in der Praxis kaum erreichbar sein wird. Dies beruht zunächst auf den bekannten, prinzipiellen Grenzen der Digitalisierung von Informationen, deren Genauigkeit sich nicht beliebig steigern lässt.³¹ Daneben ist zu beachten, dass digitale Zwillinge nur die Dimensionen des Urbildes umfassen, die auch erfasst wurden. Wenn sich später neue Erkenntnisse ergeben oder andere Dimensionen wichtig werden, muss der digitale Zwilling angepasst werden. Daraus ergibt sich schließlich die Frage, wie groß die unvermeidliche Abweichung zwischen dem digitalen Zwilling und dem physischen Urbild höchstens sein darf, damit der digitale Zwilling nützlich bleibt. Diese Faktoren erfordern jeweils eigene Kosten-Nutzen-Abwägungen, weil mit steigenden Anforderungen an die Genauigkeit des digitalen Zwillinges und der Anzahl der berücksichtigten Dimensionen auch der Ressourcenaufwand für Aufbau und Betrieb der digitalen Zwillinge steigt. Dieser Aufwand ist dann jeweils mit dem erhofften Effizienzgewinn durch den digitalen Zwilling abzugleichen.

Gleichwohl lassen die in diesem Beitrag aufgezeigten Vorteile digitaler Zwillinge eine weitere Zunahme ihres Einsatzes in der Wirtschaft erwarten. In den nächsten fünf Jahren wird mit einer deutlichen Steigerung der unternehmensübergreifenden Nutzung von digitalen Zwillingen gerechnet.³² Hierfür müssen neue Plattformen geschaffen und noch offene Fragen zur Standardisierung, Datenhoheit, Datensicherheit, zu Nutzungsrechten, Gewährleistungsansprüchen etc. geklärt werden. Ein geregelter Datenverkehr ist die Voraussetzung für neue Formen der Wertschöpfung.

Digitale Zwillinge von Menschen sind zwar in den nächsten Jahren noch nicht zu erwarten, jedoch sind virtuelle Kopien einzelner Organe oder des Gehirns (Human Brain Project) etc. bereits in Arbeit. Im Zusammenhang mit dem Einsatz des digitalen Zwillinges in der Medizin sind – neben den auch in anderen Bereichen vorhandenen Herausforderungen bezüglich der Verknüpfung und Verarbeitung großer Mengen an unterschiedlichen (Gesundheits-)Daten³³ – gegenwärtig allerdings zahlreiche Datenschutzprobleme und ethische Fragen ungeklärt. Was ist beispielsweise, wenn die Daten des digitalen Zwillinges in die Hände Unbefugter geraten? Welche Auswirkungen hat es für den Einzelnen, wenn Krankenkassen oder Arbeitgeber von den Daten des digitalen Zwillinges Kenntnis erlangen? Ist es wünschenswert oder problematisch, wenn der Einzelne die Daten seines digitalen Zwillinges der Forschung oder für Umfragen bzw. statistische Erhebungen zur Verfügung stellt? Wie sieht es mit dem Recht auf Nichtwissen aus, wenn der digitale Zwilling den zukünftigen Gesundheitszustand eines Menschen simulieren und damit den medizinischen Lebensweg vorzeichnen kann?

In einigen Kontexten werden auch Avatare als digitale Zwillinge bezeichnet. Im informationswissenschaftlichen Kontext versteht man bisweilen unter dem Begriff „Digitaler Zwilling“ die **Gesamtheit aller Spuren, die ein Mensch im Internet hinterlässt** – ob bei der Nutzung sozialer Medien, von Online-Handel oder von Musik- und Video-Streaming-Diensten etc.³⁴ Die mögliche Verknüpfung aller verfügbaren Daten unterschiedlicher Quellen und deren Verarbeitung durch künstliche Intelligenz führt zu dem faszinierenden Gedanken, dass digitale Zwillinge neben einer Spiegelung der Realität auch **virtuelle Parallelwelten** aufspannen, die sich sukzessive zu einem „Second Life“ vernetzen könnten. Geht man einen Schritt weiter, wäre es denkbar, dass zwischenmenschliche Kommunikation und Handeln zumindest teilweise **in die digitale Welt verlagert werden**: Statt mit Mitmenschen auf direktem Wege zu kommunizieren, könnten die digitalen Zwillinge realer Personen miteinander kommunizieren und interagieren und das Ergebnis dieser Kommunikation in das „reale“ Leben rückgekoppelt werden. „Real“ und „virtuell“ können immer weiter konvergieren.

²⁵ <https://www.3ds.com/products-services/simulia/solutions/life-sciences/the-living-heart-project/>

²⁶ <https://www.siemens-healthineers.com/de/news/digitaler-zwilling.html>, Abruf am 13.08.2021.

²⁷ https://www.deutschlandfunk.de/computer-als-testperson-digital-ausprobieren-wie-mittel-und-676.de.html?dram:article_id=460963, Abruf am 13.08.2021.

²⁸ <https://lisym.org/de>.

²⁹ <https://websites.fraunhofer.de/med2icin/?p=85>

³⁰ <https://www.serapion.de/quantencomputer-in-der-mezizin-ein-blick-vorwaerts/>

³¹ S. hierzu das Abtast- oder Nyquisttheorem, z. B. dm2a (lmu.de), Abruf am 06.09.2021.

³² Studie Digital Twin (defecon.com), Abruf am 10.09.2021.

³³ Zu dieser Frage s. auch: Schwarz, D.; Zweck, A. (2021): Prinzipien und Potenziale digitaler Selbstvermessung. VDI Research Paper. Hrsg.: VDI TZ GmbH.

³⁴ Boes, A. (2021). Informationsräume und Digital Twins. IdGuZdA Berichte aus der Forschungswerkstatt, ISF München, 03/2021.

VDI Research

VDI Research versteht sich als Informationsdienstleister, Impulsgeber und Vernetzer zu neuen Themen, Methoden und längerfristiger Vorausschau.

Ihre Ansprechpersonen

VDI Research
Prof. Dr. Dr. Axel Zweck
Dr. Matthias Braun
Dr. Sylvie Rijkers-Defrasne
E-Mail: rijkers@vdi.de

VDI Technologiezentrum GmbH
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf

www.vditz.de
 @technikzukunft · 