

Aalener Beiträge zu komplexen Systemen

D. W. Joensen und M. Mahinzaeim  
Herausgeber

G. Duvan, D. W. Joensen und T. Weidner

---

**Betriebliche Anwendungsbereiche von  
Digitalen Zwillingen und Künstlicher  
Intelligenz**

---

Ausgabe 2020-01; Dezember 2020



Aalen University  
Beethovenstraße 1  
73430 Aalen  
Germany

**Autoren:** G. Duvan, D. W. Joenssen und T. Weidner  
**Titel:** Betriebliche Anwendungsbereiche von Digitalen Zwillingen und Künstlicher Intelligenz

Aalener Beiträge zu komplexen Systemen

**ISSN** 2702-1734

urn:nbn:de:bsz:944-opus4-10284

© 2020 Fakultät Maschinenbau und Werkstofftechnik, HS Aalen  
Anschrift: Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft  
Beethovenstraße 1  
73430 Aalen  
Deutschland

**Zusammenfassung:** Die Begriffe künstliche Intelligenz und digitaler Zwilling sind prägende Themen der heutigen Zeit. Zwar beeinflussen beide Themen die Entwicklung der Gesellschaft auf verschiedene Arten und Weisen. Dennoch sind sie als Untersuchungsobjekt schlecht definiert und es herrschen etliche unterschiedliche Verständnisse dieser Begriffe. Der vorliegende Aufsatz nähert sich dem Begriffen künstliche Intelligenz und digitaler Zwilling durch eine Literaturanalyse, um das Verständnis dieser Begriffe in ihrer Nutzung zu schärfen. Im Anschluss der Begriffsbetrachtung wird für jeden der zwei Begriffe betriebliche Anwendungsbereiche aufgezeigt. Folgend den Einzelbetrachtungen werden mögliche Forschungsrichtungen aufgezeigt und diskutiert.

Schlüsselwörter: künstliche Intelligenz, digitaler Zwilling, Industrie 4.0, cyber-physische Systeme

**Abstract:** The terms artificial intelligence and digital twin are formative topics of today's world. Eventhough both topics influence societies development differently, neither topic is well defined and thus unfit to be more closely examined. The following paper discusses different definitions of artificial intelligence and digital twin. A literature analysis is used to achieve a clear understanding of both topics. After this, industrial applications are presented and considered for each. Finaly after individual considerations, possible areas for future research are presented and discussed.

Keywords: artificial intelligence, digital twin, Industry 4.0, IIoT, cyber pyhysical systems

# 1 Einführung

Industrie 4.0 und das neue digitale Zeitalter basieren auf neuen Technologien und der Synthese dieser zu komplexen Systemen (vgl. Kagermann et al., 2011). Nicht mehr sollen lediglich einzelne Automatisierungslösungen unter dem Einsatz von Elektronik und IT zu effizienterer Produktion führen, sondern es sollen ganzheitliche cyber-physische Systeme genutzt werden, um ressourceneffizienter und umweltverträglicher zu produzieren (Kagermann et al., 2013). Echtzeit steuerbare Wertschöpfungsnetzwerke mit eingebetteten Systemen in automatisierte betriebliche Prozesse integriert, sollen traditionelle Wertschöpfungsketten ersetzen (Bauer et al., 2014, S. 9).

Technologiefelder wie Embedded Systems/Cyber-Physical Systems, Smart Factory, robuste Netze, Cloud Computing und IT-Security sollen die Zukunftsvision wahr werden lassen (Bauer et al., 2014, S. 18 ff.). Innerhalb dieser Felder finden sich dann jene einzelnen Technologien, die mit einander verkettet werden müssen, um Wertschöpfung zu betreiben oder ermöglichen. Diese Verkettung muss jedoch zielgerichtet sein, da nicht jede wahllose Kombination von Technologien sinnvoll ist. Schließlich ist auch der Kontext relevant, in dem die Verkettung stattfindet. Beispielsweise eignet sich nicht jedes Produkt zur Anbindung mittels jeder Funktechnologie. Zudem spielt auch zeitabhängig die Wirtschaftlichkeit eine Rolle in der Frage nach Datenerfassung und Auswertung. Somit ergibt sich eine Grundsatzfrage, welche Technologien sich sinnvoll miteinander kombinieren lassen. Diese Frage kann jedoch nicht ganzheitlich beantwortet werden, sondern muss anhand einzelner Beispiele sorgfältig erkundet werden.

Zwei Technologien, die im Kontext Industrie 4.0 Relevanz haben, sind jene der künstlichen Intelligenz (KI, Kagermann et al., 2013, S. 31) und des digitalen Zwillings (engl. *digital twin*, DT, Kagermann et al., 2013, S. 13) im Kontext von Fertigungsprozessen. KI (ein Begriff, dem sich im Abschnitt 2 genähert wird), erlaubt grundsätzlich eine datenbasierte Modellierung von komplexen dynamischen Systemen unter Unsicherheit und die Nutzung dieser Modelle zur Regelung bzw. Entscheidungsfindung. Der DT (ein Begriff, der im Abschnitt 3 näher erläutert wird), ist an sich ein Modell der Funktionen eines Objekts, dessen Komponenten aus dem Produktentstehungsprozess resultieren. Während eine KI vorab reale Daten erfordert, um Entscheidungsmuster von diesen zu extrahieren, kann ein DT Daten generieren, ohne reale Daten gesehen zu haben. Jedoch ist der DT an sich nicht so flexibel und erfordert manuelle Pflege, was ein Nachteil in hoch dynamischen Systemen darstellt.

Fertigungsprozesse sind so mannigfaltig, wie jene Produkte, die durch sie geschaffen werden. Ferner kann die Fertigung von simplen Massenprodukten auch hochgradig spezialisiert sein. Unabhängig von der Beschaffenheit der Endprodukte ist das Umfeld stets dynamisch. Veränderungen von zeitlichen Abläufen, Optimierungen von Fertigungsverfahren und Umstrukturierungen von Hauptprozessen bestimmen das Geschehen mit (Behmel et al., 2019). Auch Faktoren immanent zum Prozess bestimmen die Dynamik. Beispielsweise wechselt das Personal, Komponenten verschleißten oder werden ausgetauscht. Das beeinflusst Fertigungsprozesse unterschiedlich, von schleichend zu plötzlich. Dieser Komplexität ist es auch geschuldet, dass inmitten der Fertigung Information – die zur Steuerung des Prozesses notwendig sind – nicht gänzlich oder zur richtigen Zeit bekannt sind. Das kann zum Beispiel die Qualität des Produktes oder die Effizienz des Fertigungsprozesses selbst sein (Hüster, 2013). Die rechtzeitige Erhebung dieser Daten – mit denen ein Prozess effizienter oder gar effektiv gesteuert werden kann – kann kostspielig oder zu teuer sein. Hierzu können erfasste Fertigungsdaten von einer KI verarbeitet werden (Baumann,

2003). Alternativ können auch die Daten von einem DT verwendet werden.

Im Folgenden werden jeweils die Begriffe künstliche Intelligenz (Abschnitt 2) und digitaler Zwilling (Abschnitt 3) näher betrachtet. Es erfolgt zunächst jeweils eine Begriffsnäherung und Erläuterung (Abschnitte 2.1 und 3.1), sowie einen Überblick an Use-Cases für jede Technologie am Markt (Abschnitt 2.2 und 3.2). Basierend auf dieser Markt-betrachtung erfolgt eine kritische Würdigung und Forschungsausblick im abschließenden Abschnitt 4.

## 2 Künstliche Intelligenz

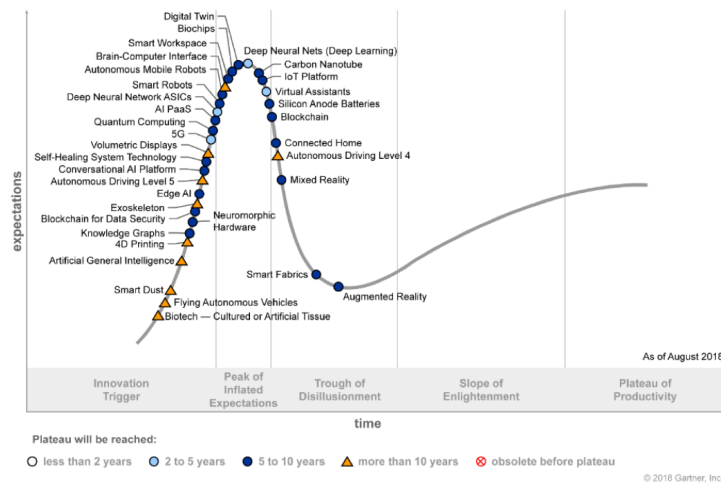


Abbildung 1: Gartner Hype Cycle für Künstliche Intelligenz (Gartner, 2018)

Bereits heute prägen KI-Anwendungen unzählige Konsumentengüter und -dienste (Tegmark, 2016). Zu den bekanntesten gehören mit Machine Learning angereicherte Chat-Bots, die in proprietäre Hardware integriert sind, wie etwa Amazons Echo mit Alexa oder Apples iPhone mit Siri. Aber auch im Industriesektor werden Applikationen mit KI in vielen Bereichen, von der Produktentwicklung über die Instandhaltung bis hin zur Logistik, eingesetzt. Hierdurch wird deutlich, dass die Integration von KI-Applikationen in bestehende Prozesse voranschreitet und sich stetig etabliert (Keane, 2018).

### 2.1 Begriffsdefinition

Das Thema KI gewann in den vergangenen Jahren an Relevanz (Russel und Norvig, 2010). Online-Nachrichtenportale berichten immer häufiger über die Entwicklungen auf diesem Gebiet (Russel und Norvig, 2010). Die Anzahl an veröffentlichten Artikeln über KI nimmt immer weiter zu. Dies zeigt eine Analyse von Joram (2018), wie in Abbildung 2 zu erkennen ist. Hier wurden exemplarisch drei (online)-Zeitschriften heise online, golem.de und Spiegel online betrachtet. An diesem, doch hohem Interesse populärwissenschaftlicher Zeitschriften lässt sich die gestiegene Relevanz – zumindest über KI informiert zu sein – ablesen.

Die KI versteht sich als ein Teilbereich der Informatik (Russel und Norvig, 2010). Laut Richter et al. (2019) wird durch KI „[...] der komplexe menschliche Verstand nachgebaut“.



Abbildung 2: Veröffentlichte Artikel über KI (Joram, 2018)

Daraus ergibt sich das Ziel der KI, einem Computer oder einer Maschine ein intelligentes Verhalten beizubringen, damit es in der Lage ist, menschliche Wahrnehmung und menschliches Verhalten zu simulieren (Richter et al., 2019).

KI ist kein neuer Begriff, sondern wird schon seit Jahrzehnten erforscht und entwickelt (Richter et al., 2019). Bereits 1950 untersuchte der britische Mathematiker Alan Turing in seiner Studie „*Computing Machinery and Intelligence*“ (Turing, 1950) anhand des Turing-Tests die Frage, ob Maschinen in der Lage sind, wie Menschen zu denken (Turing, 1950). Alternativ wird mit KI auch das gemeint, was Rich (1983) darunter versteht: „*Artificial intelligence is the study of how to make computers do things which, at the moment, people do better.*“.

Begibt man sich auf die Suche nach einer allgemeingültigen Definition von KI, so ist festzustellen, dass hierzu derzeit kein Konsens herrscht (Rich, 1983), (Davenport, 2017), (Schmitt, 2017). Das liegt auch daran, dass „*Intelligenz*“ und „*intelligentes menschliches Verhalten*“ selbst nicht eindeutig definiert oder verstanden sind (Schmitt, 2017). Möchte man diesen Begriff dennoch definieren, stößt man auf verschiedene Verständnisse:

- Zum einen wird von KI gesprochen, wenn ein System menschenähnliche (humanoide) Handlungen durchführen kann. Dazu zählen beispielsweise das Beantworten von Nutzerfragen in einem Internetchat (Rich, 1983).
- Einem System dann KI zugesprochen, wenn es menschenähnliche kognitive Fähigkeiten aufweist. Eine Schwierigkeit stellt unter anderem die Komplexität der Erforschung humanoiden Denkens dar. Dies führt zu einer sehr komplizierten technischen Nachbildung eben dieser menschlichen Kognition (Richter et al., 2019).
- Man spricht erst von einer KI, wenn ein System logisch zu denken vermag. Dabei werden auf die Prinzipien der Logik aufgebaut und versucht, Schlussfolgerungen nach korrekten Voraussetzungen zu verbinden (Richter et al., 2019).
- Nicht nur im rationalen Denken, ist die KI zu suchen, sondern auch im rationalen Handeln. Jedes beliebige Computerprogramm führt Befehle und somit in weiterer Folge gewisse Handlungen aus. Im Gegensatz zu solchen Systemen zeigen intelligente

Programme an gewisse Gegebenheiten mehr oder weniger flexibel adaptiertes und zielgerichtetes Handeln (Richter et al., 2019).

- Gemäß Wichert (2000) ist KI ein Konstrukt von Computern, Algorithmen und Robotern, die eine Intelligenz – wie sie in Menschen beobachtbar ist – nachahmt. Entgegen der traditionellen Algorithmen, kann eine KI auch Entscheidungen treffen, die nicht durch Menschen vorprogrammiert wurden.
- Cheater (2017) hingegen setzt den Fokus auf die Fähigkeit einer Maschine menschenähnliche Funktionen – wie wahrnehmen, argumentieren, lernen, interagieren mit der Umgebung, Probleme lösen und Kreativität ausüben um Pläne zu formulieren, Entscheidungen zu treffen und Ziele zu erreichen – auszuführen.
- Nach Russel und Norvig (2010) ist KI die Wissenschaft von wie man Computer dazu bringt Sachen zu machen in denen – momentan – Menschen besser drin sind.
- Hillmann (2018) sieht KI als Eigenschaft eines IT-Systems menschenähnliche, intelligente Verhaltensweisen zu zeigen.

Somit werden durch diese Verständnisse und Zitate auch wieder die von Russell und Norvig (2020) aufgezeigten zwei Dimensionen, an denen sich die Definition für KI aufspannen lässt, bestätigt. Diese zwei Dimensionen sind Verhalten und Leistung. Zum einen Leistung im Sinne dessen, was ein Mensch vermag oder ein rationaler Agent. Zum anderen Verhalten im Sinne dessen, ob Handeln eingeschlossen wird oder lediglich der Gedankenprozess für Intelligenz einer Rolle spielt (vgl. Russell und Norvig, 2020, S. 4).

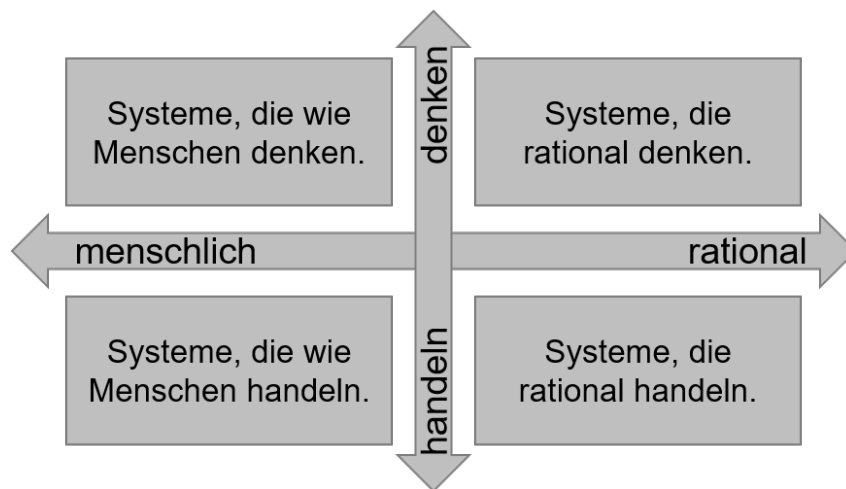


Abbildung 3: Vier KI Kategorien (Russell und Norvig, 2020)

Alle vier Kombinationen von diesen Ausprägungen (vgl. Abbildung 3) stehen gleichwertig nebeneinander in der Literatur. Jedes ist nur situativ den Anderen überlegen und somit in einem gewissen Kontext nützlicher. Das Verständnis einer Menschlich handelnden KI ist beispielsweise überlegen, wenn ein Chat-Bot in der Kundenbetreuung eingesetzt wird. Hier ist eine möglichst Menschliche Interaktion – ja ein gar austricksen des Menschen – von Vorteil für die KI Lösung, und der Turing Test nützlich. Hingegen in einem e-Commerce System, wo eine KI dynamisch Preise anpasst, ist eine KI die möglichst rationale Entscheidungen trifft nützlich. Somit erübrigt sich die Festlegung auf eine spezielle Definition von KI unabhängig vom entsprechenden Kontext.

## 2.2 KI Anwendungen am Markt

KI hat das Potenzial, Probleme zu lösen, welche Menschen und IT-Systeme bisher nicht lösen konnten (Russel und Norvig, 2010). Die Fähigkeit von KI, neue Einsichten zu gewinnen und zu lernen, birgt ein Potenzial, um die Funktionsweise von Unternehmen zu verändern (Hillmann, 2018). Zahlreiche Anwendungen und Produkte wurden durch KI erst möglich. Die Einsatzgebiete der KI sind daher vielseitig. Angefangen mit dem Einsatz in Spielanwendungen, wie beispielsweise DeepBlue oder AlphaGo, reicht die Einflussnahme von KI-Techniken von der Verarbeitung natürlicher Sprache, beispielsweise Apples Siri, bis hin zu Expertensystemen. Diese Expertensysteme sind gerade in der medizinischen Diagnostik weit verbreitet. Auch in autonomen Fahrzeugen wie dem Google self-driving Car, das von dem Technologieunternehmen Waymo entwickelt wurde, werden Techniken der KI angewendet (Russel und Norvig, 2010). Neben jenen genannten Anwendungen sind insbesondere folgende Anwendungen aus dem betrieblichen Umfeld interessant, da sie einen Einblick in den aktuellen Stand der Technik am Markt gewähren. Folgende Use-Cases wurde im Zeitraum Februar bis Mai 2020 über eine umfassende Internetrecherche aufgetan:

**Schaeffler:** Durch den Einsatz von KI entwickelt Schaeffler seine Industrie 4.0-Strategie weiter. Dazu werden alle Wertschöpfungsstufen, von der Produktentwicklung bis hin zum After Sales, umgestaltet. Alle anfallenden Informationen während der Fertigung werden analysiert, um Entscheidungen schneller und effizienter zu treffen (Krzywdzinski, 2019).

**Bosch:** Bosch bietet seinen Kunden Produktionsassistenten, die Daten sammeln und auswerten oder bei der Steuerung von Maschinenparks unterstützen. Diese Assistenten werden dann eingesetzt, wenn es sich um einfache, monotone oder ergonomisch ungünstige Aufgaben handeln. Die mit KI verstärkten Assistenten können sich weitestgehend selbst auf neue Anforderungen in Prozessen einstellen und können bei der Herstellung von Produkten auf spezielle Bedürfnisse der Kunden eingehen (Denner, 2019).

**RWE:** Der Energiekonzern RWE erfasst und verarbeitet Daten durch die KI-Plattform ITyX. ITyX erkennt Muster in unstrukturierten Textpassagen wie E-Mails oder Briefen und analysiert das Anliegen der Kunden. Mit diesem Wissen werden eingehende Service-Anfragen automatisiert in Bestandssysteme übertragen. Die Mitarbeiter der RWE werden von Routinetätigkeiten entlastet (Klug, 2017).

**Telekom:** Die Telekom nutzt KI-Tools im gesamten Konzern. Besonders eingesetzt wird es im Customer Support, mit sogenannte Chat Bots. Chat Bots sind Computerprogramme, die mit Nutzer kommunizieren und Kundenanfragen betreuen. Somit werden auch hier die Mitarbeiter vor Routinetätigkeiten entlastet und können sich komplexeren Anfragen widmen (Vom-Hofe, 2017).

**Zalando:** Der Online-Shop Zalando setzt für die Kommunikation mit ihren Kunden auch auf Chat Bots und auf Einkaufsassistenten. Mit Hilfe von Einkaufsassistenten wird das Kaufverhalten von Kunden, beispielsweise Kleider- und Schuhgröße, Lieblingsmarke oder Retouregünde, analysiert und gespeichert. Anhand von diesen Daten werden dem Kunden zielgruppenspezifische Werbebotschaften oder Kleidungen vorgeschlagen (Krüger, 2019).

**IT-Sicherheit:** IT-Abteilungen von Unternehmen zählen zu den wichtigsten Nutzern von KI. Mit KI werden die Sicherheit der IT-Systeme überwacht. Dadurch werden potenzielle Hackerangriffe entdeckt und im Idealfall verhindert. KI-Lösungen analysieren Verhaltensmuster und lernen in Echtzeit und rund um die Uhr. Werden verdächtige Prozesse oder Bedrohungen detektiert, erhalten IT-Administratoren Alarmhinweise und können dementsprechend Gegenmaßnahmen einleiten (Bawack et al., 2019).



### 3 Digitaler Zwilling

Die fortschreitende Digitalisierung und das damit verbundene Thema Industrie 4.0 werden für Unternehmen immer wichtiger. Ein Teil hiervon ist der sogenannte *digital twin*, zu Deutsch *digitaler Zwilling*, mittels dessen Produkte oder Anlagen über deren Lebenszyklus analysiert werden sollen. Durch den DT können Daten generiert werden, die dann für andere Aufgaben bereitgestellt werden (Liu et al., 2018).

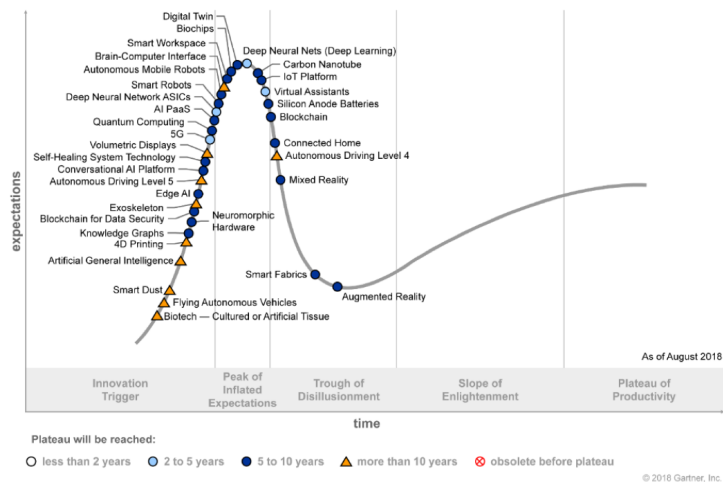


Abbildung 4: Gartner Hype Cycle fuer digital twin (Gartner, 2018)

Aus Abbildung 4 kann entnommen werden, dass sich der DT derzeit im „*Peak of Inflated Expectations (Technologischer Auslöser/ Durchbruch)*“ befindet. Dies bedeutet, dass eine grundsätzliche Akzeptanz im Hinblick auf diese Technologie vorhanden ist, aber bisher eher wenig eingesetzt wird. Der Einsatz von DT beschränkt sich derzeit auf Entwicklung und Nutzung in Forschungsinstituten oder in FuE-Unternehmen. Abbildung 4 zeigt auch, dass das „*Plateau of Productivity (Plateau der Produktivität)*“ in etwa 5 bis 10 Jahren erreicht sein wird. Gartner selbst nimmt an, dass derzeit maximal 5 Prozent aller Produktionsanlagen in einem DT abgebildet sind (Gartner, 2018). In einer Umfrage von 2018 berichtet Gartner, dass, 48 Prozent der Unternehmen, die derzeit IoT-Technologien nutzen, die Implementierung eines DT anstreben. Bis Ende 2020 wollen 50 Prozent aller Hersteller von Produktionsanlagen mindestens ein Projekt zur Einführung eines DT für Produkte oder Anlagen entwickeln (Gartner, 2018).

#### 3.1 Begriffsdefinition

„Ein digitaler Zwilling bietet eine neue Art der Schnittstelle zur realen Welt, indem er ein realitäts- und detailgetreues digitales Abbild der realen Welt erschafft“ (Frei, 2015). Der DT ist somit ein virtuelles Abbild, das eine physikalische Maschine oder ein Produkt hinsichtlich Funktion und Daten digital abzubilden versucht. Dadurch können beispielsweise Maschinen mitsamt ihrer Funktionalität und ihren physikalischen Gegebenheiten digitalisiert werden (Sauer, 2018). Zwischen dem DT und seinem realen Objekt soll ein ständiger Datenaustausch stattfinden (BMW, 2019), so dass das Modell und die Realität stets synchron sind. Mit Hilfe von Sensoren am realen System wird der DT ständig aktualisiert, sodass der Zustand des Systems in Echtzeit überwacht werden kann (Sauer, 2018).

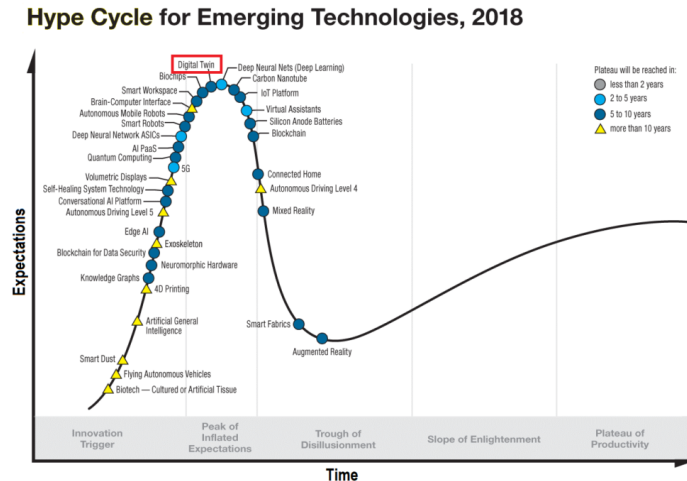


Abbildung 5: Digitaler Zwilling (Gartner, 2018)

Eine Synchronisierung des realen Objekts und seinem DT ist nicht nur für Statusaktualisierung geeignet, sondern kann auch für „Was-wäre-wenn“-Situationen programmiert werden. So kann der DT optimale Parameter situationsbedingt ermitteln (Frei, 2015). Zudem kann mit Hilfe eines DT zahlreiche Informationen für diagnostische oder prognostische Zwecke gewonnen werden (Schuh, 2016). Diese Form von Informationen können dazu verwendet werden, Ausfallzeiten zu reduzieren und die Rentabilität zu steigern. Der Einsatz reicht vom konkreten Betriebs- und Anwendungsfall bis zurück in die Produktentwicklung. Das ermöglicht einen geschlossenen Produktlebenszyklus, in dem zukünftige Produkte kontinuierlich optimiert werden (Frei, 2015).

Laut dem Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK), besteht der DT aus „*einer intelligenten Verbindung einer einzigartigen Instanz eines universalen digitalen Vorlagemodells und des individuellen digitalen Schattens.*“ Diese intelligenten Verbindungen beschreiben in diesem Kontext Algorithmen oder Simulationen. Als Vorstufe zum DT entsteht auch ein digitaler Schatten. Gemäß Klostermeier et al. (2018) bezeichnet der digitale Schatten „[...] die erzeugten Zustands- oder Prozessdaten, also den digitalen Fingerabdruck eines Produktes“. Dieser Begriff des „digitaler Schatten“ wurde in den 90er Jahren das erste Mal benutzt, um die aus der menschlichen Kommunikation im Internet hinterlassenen Daten zu beschreiben (Rumelhart et al., 1986). Aufgegriffen durch Professor Günther Schuh, überführte derselbige den Begriff in den Kontext produzierender Unternehmen. Der digitale Schatten liefert nach Schuh das „*relevante Abbild der Realität in Echtzeit.*“ Während der DT die Verwendung „*möglichst genauer, physikalischer Modelle erfordert*“, benötigt der digitale Schatten nur die für den Prozess relevanten Daten. Dieser Unterschied wird bereits im Namen impliziert. Neben der Datenauflösung sind die beiden Konzepte auch durch die Anwendung der Daten zu unterscheiden. Während der digitale Zwilling die Simulation der realen Welt auf Basis der Daten zum Ziel hat, besteht der digitale Schatten lediglich aus den in der Realität aufgenommenen Daten (Medizintechnologie, 2016).

## 3.2 DT Anwendungen am Markt

DT kommen je nach Anwendungsfall und Branche, in verschiedenen Formen vor. Das gilt für einfache Bauteile, komplexe Maschinen oder gesamte Industrieanlagen genauso wie im medizinischen Umfeld (Medizintechnologie, 2016).

Der Einsatz von DT ist auch in der Medizin vorstellbar. So können Medizinprodukte in Form eines DT nachgebildet werden. Dadurch können DT mit dem virtuellen Abbild eines Patienten an dessen Besonderheiten und Bedürfnisse angepasst werden (Wollschläger, 2018). Dadurch ließe sich zum Beispiel simulieren, wie ein Medizinprodukt auf den Körper des Patienten wirkt. Auch die Ausstattung eines Medizinprodukts kann zunächst virtuell geprüft werden, um zu ermitteln, ob es den erforderlichen Sicherheits- und Leistungsanforderungen entspricht (Wollschläger, 2018).

Zudem kann ein DT in einer Produktionslinie eingesetzt werden. Dieser zeigt den aktuellen Status und kann auftretende Problematiken simulieren (Taökhestani et al., 2017). Ein konkretes Beispiel wäre die Produktion und Montage eines Flugzeugs. Hier würde jede reale Komponente und jedes reale System in ein 3D-Modell gespiegelt (Kugoth, 2018). Möchte man dann wissen, warum beispielsweise das Fahrwerk feststeckt, hilft das digitale Modell, indem man in die entsprechende Ebene betrachtet. Mit Hilfe einer Simulation kann beispielsweise die Steuerfläche des Flugzeugs getestet werden (Kugoth, 2018).

Neben jenen genannten Anwendungen sind insbesondere folgende Anwendungen aus dem betrieblichen Umfeld interessant, da sie einen Einblick in den aktuellen Stand der Technik am Markt gewähren. Folgende Use-Cases wurde im Zeitraum Februar bis Mai 2020 über eine umfassende Internetrecherche aufgetan:

**Deutsche Post (DHL):** Die Deutsche Post setzt seit 2018 auf DT in einer Vielzahl von Anwendungen (Hartmann, 2019). Unter anderem wird der DT entlang der gesamten Wertschöpfungskette eingesetzt, darunter im Management von Containerflotten oder bei der Überwachung von Transporten. Mit Hilfe von IoT-Sensoren werden an einzelnen Containern deren Standort angezeigt und überwacht (Hartmann, 2019).

**MX3D:** Die Firma MX3D in den Niederlanden hat in Kooperation mit Autodesk eine Brücke entworfen, die mit einem 3D-Drucker gefertigt wurde. Sowohl der Prototyp als auch die endgültige Version der Brücke besitzen DT, die für unterschiedliche Zwecke verwendet wurden (Wong, 2017). Auch beim Bau der Kelchstützen von Stuttgart 21 wurden zunächst DT entwickelt (Frei, 2015).

**Siemens:** Ein weiteres Beispiel einer gelungenen Umsetzung des DT im großen Maßstab ist das Siemens-Werk in Amberg (Siemens, 2017). Die Fabrik wird regelmäßig mit Auszeichnungen belohnt. Die Elektronikfertigung der Fabrik ist aber auch für das Thema Digitalisierung qualifiziert. Beispielsweise die Bestückung von Leiterplatten ist durch manuelle Tätigkeiten von Menschen nicht mehr möglich (Siemens, 2017).

**Porsche:** Ein weiteres Beispiel liefert Porsche (Porsche, 2017). Hier werden alle Fertigungsschritte in Echtzeit mit einem DT verglichen. „Dadurch fallen Qualitätsschwankungen noch vor dem Kunden auf“, sagt Detlev von Platen, Vorstand für Vertrieb und Marketing der Porsche AG. Auch Zulieferer befürworten den Einsatz eines DT, bei der Herstellung ihrer Produkte. Die virtuelle Inbetriebnahme von Maschinen und ganzen Produktionslinien stellt weitere Ansätze dar (Porsche, 2017).

## 4 Abschluss

Im Rahmen dieser Arbeit sich mit Themen rund um Industrie 4.0, insbesondere KI und DT, beschäftigt. Betrachtet wurden unterschiedliche Definitionsansätze für beide Begriffe. Zudem erfolgte – exklusiv über das Internet – eine Marktrecherche nach unterschiedlichen Use-Cases bei Unternehmen, in denen KI und DT eingesetzt werden.

Die Untersuchung ergibt, dass die Begriffe KI und DT nicht eindeutig definiert sind und unterschiedlich verwendet werden. Hieraus ist auch klar erkennbar, dass eine a-priori Festlegung auf ein bestimmtes Verständnis notwendig ist, damit keine Missverständnisse über den Untersuchungsgegenstand bzw. Zielbild entstehen. Dieses hat jedoch in Abhängigkeit des vorliegenden Kontexts zu erfolgen. Des Weiteren wurde festgestellt, dass zwar Use-Cases existieren, jedoch wenig konkrete Informationen zur Anwendung im Industriellen Umfeld verfügbar sind. Dies weist darauf hin, dass zwar die Technologien im Hype-Cycle den "Peak of Inflated Expectations" überschritten haben, aber dennoch keine Breite in der Durchdringung herrscht. Auch wurden keine Use-Cases aufgetan, in dem beide Technologien gemeinsam verwendet werden. Die Kombination von DT und KI könnte eine neue Forschungs- und Entwicklungsrichtung darstellen, die einen wissen- und wirtschaftlichen Mehrwert bietet.

Limitationen dieser Arbeit ergeben sich auch aus deren Ziele. Eine umfassende Recherche – insbesondere wissenschaftlicher Literatur – zur Findung unterschiedlicher Definitionen für KI und DT bleibt aus. Diese Aufarbeitung könnte neue Blickwinkel und Dimensionen aufzeigen, nach denen unterschiedliche Definitionsversuche klassifiziert werden können. Ferner wäre eine Recherche von Ansätzen aus der Wissenschaft, hinsichtlich Use-Cases für KI und DT, lohnenswert. Dies ist insbesondere wegen der Transparenz, die im allgemeinen in der wissenschaftlichen Literatur erwartet werden kann, interessant. Die mangelnde Transparenz im industriellen Bereich könnte auch entgegnet werden. Dedizierte Interviews oder strukturierte Fragebögen könnten an Firmen- oder Branchenvertreter gerichtet werden. Eine Aggregation dieser könnte einen Gesamtüberblick liefern.

## Literaturverzeichnis

- Bauer, W., Schlund, S., Marrenbach, D. und Ganschar, O. (2014). *Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland*. Techn. Ber. BitKom.
- Baumann, A. (2003). *produktionsorganisation: mit qualitätsmanagement und produktpolitik*. Haan-Gruiten.
- Bawack, R., Wamba, S. F. und Carillo, K. D. (2019). “implications for is research on ai adoption and use”. In: *From it to ai artifact*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/338102123\\_From\\_IT\\_to\\_AI\\_Artifact\\_Implications\\_for\\_IS\\_Research\\_on\\_AI\\_Adoption\\_and\\_Use](https://www.researchgate.net/publication/338102123_From_IT_to_AI_Artifact_Implications_for_IS_Research_on_AI_Adoption_and_Use).
- Behmel, M., Berger, U., Dambacher, M., Burkhardt, H., Holzwarth, F., Kaufmann, M., Kalhöfer, E., Klein, F., Roller, R., Schäfer, W., Schekulin, K., Schellenberg, G., Schmid, D. und Strobel, P. (2019). *industrielle fertigung: fertigungsverfahren, mess- und prüftechnik*. Europa Lehrmittel.
- BMWi (2019). *Hintergrund zur plattform industrie 4.0*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. URL: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Plattform/Hintergrund/hintergrund.html>.
- Cheater, A. (Mai 2017). *An executive’s guide to ai in supply chain management*. Kinaxis. URL: <https://www.kinaxis.com/en/blog/an-executives-guide-to-ai-in-supply-chain-management>.
- Davenport, T. (Aug. 2017). *What we talk about when we talk about ai*. LinkedIn. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/what-we-talk-when-ai-tom-davenport/>.
- Denner, V. (Apr. 2019). *Künstliche intelligenz*. Bosch Global. URL: <https://www.bosch.com/de/stories/kuenstliche-intelligenz/>.
- Frei, O. (März 2015). *Kelchstützen von stuttgart*. Structure. URL: <https://www.structuremagazin.de/artikel/die-kelchstuetzen-von-stuttgart21-33768/>.
- Gartner (Aug. 2018). “Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018”. In: *Gartner Research*. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-08-20-gartner-identifies-five-emerging-technology-trends-that-will-blur-the-lines-between-human-and-machine>.
- Hartmann, S. (2019). “Dhl trend-report: einatz von digitalen zwillingen verbessert logistikabläufe deutlich”. In: *Deutsche Post DHL*. URL: <https://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2019/dhl-trend-report-einsatz-von-digitalen-zwillingen-verbessert-logistikablaeufe-deutlich.html>.
- Hillmann, L. (2018). *Der tagesspiegel*. URL: <https://www.tagesspiegel.de/themen/gehirn-und-nerven/gesund-leben-intelligentes-leben/13410564.html>.
- Hüster, M. (2013). *Formalisierung von fertigungsprozessen*. VDM.
- Joram, M. (Mai 2018). *Articles about ai per year*. Newsscrafer. URL: <https://github.com/JoramM/news-scraper.jl>.
- Kagermann, H., Lukas, W.-D. und Wahlster, W. (2011). “Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution”. In: *VDI Nachrichten* 13.1.
- Kagermann, H., Wahlster, W. und Helbig, J. (2013). “Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0”. In: *Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.5*.
- Keane, P. (2018). *Digital twins: wo stehen wir heute?* Deutsch engineering. URL: <https://www.engineering.com/deutsch/cadcae/digital-twins-wo-stehen-wir-heute/>.
- Klostermeier, R., Haag, S. und Benlian, A. (2018). *Geschäftsmodelle digitaler zwillinge*. Springer Verlag.

- Klug, A. (2017). "künstliche intelligenz: wie rwe kundenkorrespondenz präzise automatisiert". In: *i-service initiative*.
- Krüger, S. (Feb. 2019). "wettbewerbsfähig nur mit künstlicher intelligenz". In: *Zalando News und Storys*. URL: <https://corporate.zalando.com/de/newsroom/de/stories/wettbewerbsfaehig-nur-mit-kuenstlicher-intelligenz>.
- Krzywdzinski, M. (Juni 2019). "Let?s talk? about future". In: *Schaeffler*. URL: <https://www.schaeffler-tomorrow.com/tomorrow/427/index.html>.
- Kugoth, J. (2018). "Die lufthansa entwickelt einen digitalen zwilling für fahrzeuge". In: *NGIN Mobility*.
- Liu, S., Zhu, Z. und Xu, X. (Dez. 2018). *Machine tool digital twin: modelling methodology and applications*. Researchgate. URL: [https://www.researchgate.net/publication/332606463\\_Machine\\_Tool\\_Digital\\_Twin\\_Modelling\\_Methodology\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/332606463_Machine_Tool_Digital_Twin_Modelling_Methodology_and_Applications).
- Medizintechnologie, B., Hrsg. (2016). *Der lange weg eines medizinprodukts von deridee bis zur anwendung am patienten*. BVMed.
- Porsche (2017). "Digital Machinery Decoded". In: *Porsche Consulting*.
- Rich, E. (1983). *Artificial intelligence*. McGraw-Hill.
- Richter, A., Ga?i?, T., Kölmel, B. und Waidelich, L. (2019). *Künstliche intelligenz und potenzielle anwendungsfelder im marketing*. Hrsg. von D. D. Verband. Springer gabler, wiesbaden.
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E. und Ronland, J. (1986). *Learning representations by back-propagatingerrors*. Natrue.
- Russel, S. und Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence - a modern approach*. Pearson Education.
- Russell, S. und Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4rd. USA: Prentice Hall Press.
- Sauer, O. (2018). *Automobil produktion*. moderne industrie münchen.
- Schmitt, S. (März 2017). *Alpha go - mehr als ein spiel*. Zeit online. URL: <https://www.zeit.de/2017/43/alphago-kuenstliche-intelligenz-spiel>.
- Schuh, G. (2016). *Der digitale schatten in der auftragsabwicklung*. Hanser Verlag.
- Siemens (2017). "Erfolgsfaktor energieeffizienz". In: *Siemens new*.
- Taökhestani, B., Schlögl, W. und M., W. (2017). "Synchronisierung von digitalen Modellen". In: *Researchgate*.
- Tegmark, M. (2016). *Benefits and risks of artificial intelligence*. Future of life. URL: <https://futureoflife.org/background/benefits-risks-of-artificial-intelligence/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1>.
- Turing, A. (1950). "Comuting machinery and intelligence". In: *Paper*.
- Vom-Hofe, K. (Feb. 2017). "Fragen sie tinka". In: *Blog Telekom*. URL: <https://www.telekom.com/de/blog/konzern/artikel/fragen-sie-chatbot-tinka-485982>.
- Wichert, A. (März 2000). *Künstliche intelligenz*. Spektrum. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/kuenstliche-intelligenz/6810>.
- Wollschläger, J. (2018). "Der digitale zwilling". In: *PricewaterhouseCoopers*. URL: <https://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/pwc-studie-der-digitale-zwilling.pdf>.
- Wong, B. (2017). *Smart bridge*. MX3D. URL: <https://mx3d.com/projects/smart-bridge/>.