

Künstliche Intelligenz ist ein Sammelbegriff für verschiedene Technologien, die seit den 1950er Jahren entstanden sind

KI-Technologien	Erläuterung	Beispiele
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Statistical Machine Learning 	Algorithmen lernen aus Daten und machen Vorhersagen	Marketinganalysen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neural Networks 	Beobachtungsdaten werden ähnlich wie bei einem biologischen Nervensystem verarbeitet	Wettervorhersagen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deep Learning 	Training eines vielschichtigen neuronalen Netzwerks	Bildererkennung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rule-based Expert Systems 	Ableitung von logischen Regeln aus der Erfahrung von Experten	Kreditprüfungen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Natural Language Processing (NLP) 	Statistisches NLP basierend auf Machine Learning oder Semantisches NLP	Spracherkennung, Chatbots, intelligente Agenten
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Physical Robots 	Automatisierung physischer Aktivitäten	Produktion, Lagerhäuser
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Robotic Process Automation 	Automatisierung strukturierter Abläufe und Aufgaben	Ersatz von Kreditkarten

Abb. 1.1 KI-Technologien

für Produktivitätssteigerungen. Künstliche Intelligenz verwendet man dabei meist als Sammelbegriff für mehrere KI-Technologien, die wir kurz erläutern [10] (Abb. 1.1).

Die erste dieser KI-Technologien ist das Statistical Machine Learning. Dabei lernen Algorithmen aus Daten und machen auf dieser Grundlage Vorhersagen, ohne dass sie programmiert werden müssen. Den Begriff maschinelles Lernen prägte Arthur Samuel 1959 im Rahmen seiner Tätigkeit bei IBM. Ein Anwendungsbeispiel sind Marketinganalysen ausgehend von großen Datenmengen. Eine komplexere Form des maschinellen Lernens sind Neural Networks. In einem neuronalen Netzwerk lernt ein Algorithmus aus Beobachtungsdaten und verarbeitet die Informationen ähnlich wie ein biologisches Nervensystem. Ein erstes derartiges Modell entwickelte Frank Rosenblatt 1957 an der Cornell Universität. Ein Anwendungsbeispiel sind Wettervorhersagen. Hieraus hat sich das Deep Learning entwickelt, bei dem man ein vielschichtiges neuronales Netzwerk trainieren kann. Dabei werden Daten in mehreren Schichten weiterverarbeitet. Jede Schicht nutzt den Output der vorherigen als Input, wobei die Möglichkeit besteht, dass die Daten zwischen den Schichten hin und her fließen. Hierauf basieren Anwendungen wie die Bildererkennung.

Von den Anfängen der neuronalen Netzwerke war es ein langer Weg bis zur Ankündigung von Tesla im Jahr 2016, Fahrzeuge mit KI-Software auszustatten. Trainiert wird diese Software durch die Daten, die Fahrer unter Praxisbedingungen liefern.

Seit den 1970er-Jahren gibt es Rule-based Expert Systems, bei denen man aus der Erfahrung menschlicher Experten logische Regeln ableitet. Eine Anwendung sind z. B. Kreditprüfungen. Eine weitere KI-Technologie ist das Natural Language Processing, dass zur Spracherkennung, bei Chatbots und intelligenten Agenten eingesetzt wird. Immer intelligenter werden Physical Robots, mit denen man physische Aktivitäten z. B. in der Produktion und in Lagerhäusern automatisiert. Davon zu unterscheiden ist die Robotic Process Automation, bei der strukturierte digitale Aufgaben wie der Ersatz von Kreditkarten automatisiert werden. Im Zuge der weiteren Entwicklung werden diese KI-Technologien stärker zusammenwachsen.

Die Produktivitätswirkung von Künstlicher Intelligenz verläuft evolutionär, indem immer mehr Aufgaben menschlicher Arbeitskräfte von KI übernommen oder gemeinsam mit KI durchgeführt werden. Der Beitrag von KI-Technologien im Rahmen von digitalen Geschäftsmodellen liegt vor allem darin begründet, dass KI bei Anwendungen des Internets der Dinge eine entscheidende Rolle spielt, um eine neue Form von Kundennutzen zu erzielen. Deutlich wird dies z. B. bei intelligenten Lautsprechern und Assistenten wie Echo und Alexa von Amazon, die das Einkaufsverhalten vieler Menschen verändern.

1.3 Das Internet der Dinge und seine Technologien

Der Begriff Internet of Things (IoT) wurde 1999 von Kevin Ashton am Auto-ID-Center des Massachusetts Institute of Technology (MIT) geprägt. Er entwickelt die in den 1990er-Jahren entstandene Vorstellung von einem Ubiquitous (allgegenwärtigen) Computing weiter. Als Internet der Dinge bezeichnet man die Verknüpfung von identifizierbaren physischen Objekten untereinander und mit Nutzern über eine Internet-ähnliche Struktur [11]. Ein IoT-System besteht aus verschiedenen Technologien und deren Anwendungen, die man in Multi-Layer-Modelle gliedert [12]. Entlang dieser Schichten oder Ebenen verläuft der Datenfluss von der Datenerfassung bis zur Anwendung. Ein solches IoT-Referenzmodell mit 7 Ebenen (Levels) hat Cisco 2014 beschrieben [13]. Im Folgenden erläutern wir eine Weiterentwicklung mit 8 Ebenen, die deutlicher zwischen Ebenen und Technologien unterscheidet (Abb. 1.2).

Die Perception-Ebene enthält die physischen Objekte im Internet der Dinge wie Maschinen, Feldgeräte und intelligente Produkte. Mithilfe von Sensor- und Aktor-Technologien werden die Daten aufgenommen. Sensoren sind die Augen und Ohren der Dinge, und Aktoren verwandeln elektrische Signale in Bewegung, z. B. von Motoren.

Die Connectivity-Ebene stellt die Anschlussfähigkeit und Kommunikation der Geräte-Ebene mit der Edge- und der Data-Storage-Ebene her. Hier werden je nach Industrie und Anwendungsfall unterschiedliche Netzwerktechnologien wie Wireless, Narrowband IoT und die 5. Generation des Mobilfunks (5G) verwendet.

Die Edge-Ebene ermöglicht eine lokale Vorverarbeitung der IoT-Daten. Hier laufen z. B. Analysen, Streaming und Algorithmen mithilfe von Edge Computing am Rand

Ein Internet of Things (IoT-) System kann man in 8 Ebenen gliedern

8-Ebenen-Modell	Erläuterung	Technologien
8. Business Model	Bausteine eines IoT-Geschäftsmodells	IoT-Plattformen
7. Collaboration and Processes	Menschliche Interaktion und Integration der IoT-Daten in Geschäftsprozesse	API-Management
6. Application	Anwendungen (mobil und stationär), Auswertungen und Reporting sowie Steuerungsanwendungen	App-Technologien
5. Data Abstraction	Datenverarbeitung, Zusammenfassung von Datenströmen, Aggregation und Vorverarbeitung	Big Data, KI und Cloud Computing
4. Data Storage	Speicherung von großen Datenmengen	Big Data und Cloud Computing
3. Edge	Lokale Datenspeicherung und -verarbeitung	Edge Computing
2. Connectivity	Anschlussfähigkeit von Geräten und Kommunikation	Netzwerktechnologien
1. Perception	Objekte (Things) und Datenaufnahme	Sensorik und Aktorik

Abb. 1.2 IoT-Referenzmodell mit 8 Ebenen

eines Automatisierungsnetzwerks [14]. Die Daten werden nicht erst in eine Cloud übertragen, sondern lokal verarbeitet, beispielsweise an der Maschine, in der Fabrik oder einem Gebäude. Edge ist eine optionale Ebene, die vom Anwendungsfall abhängt.

Die Data-Storage-Ebene speichert und verwaltet die großen IoT-Datenmengen, die durch die Dinge erzeugt werden, mithilfe von Big-Data-Technologien und Cloud Computing, sodass sie für unterschiedliche Anwendungsfälle wie den schnellen Zugriff zur Entscheidungsfindung und das Trainieren von Algorithmen genutzt werden können.

In der Data-Abstraction-Ebene werden Daten aus unterschiedlichen Quellen (z. B. betriebswirtschaftliche Systeme, Wetter- und Datendienste) zusammengefasst und für die Nutzung durch Applikationen und KI-Technologien in den übergeordneten Ebenen vorbereitet. Hier ist auch das Berechtigungs- und Zugriffskonzept ansässig. Genutzt werden die Technologien Big Data, KI und Cloud Computing.

Die Application-Ebene greift auf die darunterliegenden Ebenen zu. Dort laufen die unterschiedlichen Apps und Analysen, die von den Kunden von IoT-Systemen verwendet werden.

In der Collaboration- and Process-Ebene findet die Integration in die betrieblichen Prozesse wie Wartung, Instandhaltung, Service, Qualitätsprüfung und Produktion statt. Diese Ebene stellt die Integration mit API-Technologien in die betrieblichen Systeme außerhalb des IoT-Systems dar.

Die Business-Model-Ebene ist eine nicht-technische Ebene. Sie beschreibt die Bausteine eines IoT-Geschäftsmodells mit Wertversprechen, Schlüsselprozessen, strategischen Partnern sowie Kostenstruktur und Umsatzströmen. Diese wirtschaftliche Ebene entscheidet darüber, ob ein Unternehmen mit seinem IoT-Geschäftsmodell erfolgreich ist. Hierzu benötigen die meisten Unternehmen IoT- und KI-Plattformpartner, die eigene IoT- und KI-Technologien und solche von Dritten auf einer Plattform integrieren.

Ausgehend vom Konzept der IT-Architektur [15] beschreibt der Begriff IoT- und KI-Architektur die Ebenen, technischen Komponenten, Schnittstellen und Integrationspunkte, Datenstrukturen und den Regelrahmen (z. B. Standards) von IoT-Systemen.

Zur Erschließung der Vielzahl der IoT-Anwendungsgebiete haben in den letzten Jahren große IT-Unternehmen wie Amazon, Microsoft und SAP sowie Industrieunternehmen wie Siemens, Bosch und General Electric (GE) IoT- und KI-Plattformen realisiert. Diese Plattformen bilden die digitale Infrastruktur, mit der die Plattformanbieter alleine oder gemeinsam mit ihren Kunden datenbasierte IoT-Geschäftsmodelle gestalten. Dabei liegt die Herausforderung darin, ausgehend von den gesammelten Daten wirtschaftliche Erfolge zu erzielen [16].

Daneben gibt es Versuche, mit IoT- und KI-Plattformen einzelne Branchen zu besetzen. Hierzu zählt die Plattform Adamos, mit der Maschinenbauer wie DMG Mori und die Software AG anstreben, einen Standard für den Maschinenbau zu etablieren [17].

Viele IoT-Ansätze und -Implementierungen unterschätzen die Bedeutung der Prozess-Ebene. Aus Sicht der Autoren wird so das große Potenzial von IoT aber nicht ausgeschöpft. Beispielsweise kann man bei der Instandhaltung einer Maschine anhand der IoT-Daten mithilfe von KI-Technologien ein Fehlermuster erkennen und daraus den optimalen Wartungszeitpunkt voraussagen. Ein Mehrwert wird erst dann generiert, wenn der betriebswirtschaftliche Zusammenhang bekannt ist. Hierzu müssen das Objekt identifizierbar und die Verknüpfung im Instandhaltungssystem gegeben sein. Dann kann die genaue Asset-Struktur mit den einzelnen Bauteilen und ihre Verknüpfung mit den Wartungszyklen im Instandhaltungsplan abgeleitet werden. Sobald ein Fehler auftritt, kann das System beispielsweise automatisch die richtigen Ersatzteile und Verbrauchsmaterialien bestellen.

Dabei kommen die betriebswirtschaftlichen Daten aus den betrieblichen Instandhaltungssystemen und die IoT-Daten aus der IoT- und KI-Plattform. Eine Zusammenführung beider Datenströme ist daher essenziell, um das IoT-Potenzial vollständig zu nutzen.

1.4 Wachstum der IoT- und KI-Märkte

Der IoT-Markt wird auch in den kommenden Jahren durch ein starkes Wachstum geprägt sein. Bain prognostiziert für das Jahr 2021 ein weltweites Marktvolumen für IoT-Hardware, -Software, -Systemintegration sowie Daten- und Telekom-Services von 520 Mrd. US\$. Damit hätte sich das Marktvolumen gegenüber dem Jahr 2017 mehr

als verdoppelt. Noch deutlich über dem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 20 % liegen die Segmente Systemintegration sowie Datencenter und Datenanalyse. Besonders stark von diesem Wachstum werden voraussichtlich Cloud-Service-Anbieter profitieren [18].

So geht Gartner davon aus, dass der weltweite Umsatz mit Dienstleistungen in der Cloud von 182,4 Mrd. US\$ im Jahr 2018 auf 331,1 Mrd. US\$ im Jahr 2022 wachsen wird. Den größten Anteil an diesem Markt haben Cloud-Anwendungen (Software as a Service, SaaS) und Cloud-Infrastrukturen (Infrastructure as a Service, IaaS). Klarer Marktführer ist Amazon Web Services (AWS) gefolgt von Microsoft und Google. Ein wichtiger Treiber dieses Marktwachstums sind Kooperationen zwischen Industrieunternehmen und großen IT-Konzernen wie die Zusammenarbeit von BMW mit Microsoft beim Aufbau einer Open Manufacturing Plattform [19].

Begrenzt wird dieses Marktwachstum allerdings durch einige Barrieren. Hierzu zählen vor allem die IoT-Sicherheit, die Integration von Informationstechnik und operativer Technik sowie Unsicherheiten bezüglich des erzielbaren Return on Investment (ROI).

Nach einer Umfrage von Bitkom Research in Deutschland nannten 57,7 % der Befragten Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit und -integrität als wichtigstes Argument gegen IoT- und KI-Plattformen [20]. Die Anbieter stehen also vor der Aufgabe, Sicherheitsbedenken auszuräumen.

Im Rahmen dieses Marktwachstums werden neue Anwendungsfelder wie das automatisierte Fahren an Bedeutung gewinnen. Einer der ersten attraktiven IoT Use Cases war die vorausschauende Wartung. Hier haben inzwischen viele Unternehmen Erfahrungen gesammelt, aber nicht immer die erwarteten ROI-Werte erreicht.

Das automatisierte Fahren ist ein Beispiel dafür, wie neue Geschäftsmöglichkeiten durch eine Integration von KI-Technologien in IoT-Systeme entstehen. Anders als in der Entstehungsphase des IoT-Hypes ist es nicht mehr die reine Anzahl der über das Internet der Dinge verknüpften Geräte, die das Wachstum des IoT-Marktes prägt. Der große Wachstumstreiber heute sind die Anwendungsgebiete, die sich aus der Schnittmenge von IoT- und KI-Technologien ergeben. Eine Studie von MarketsandMarkets zeigt, dass sich das KI-in-IoT-Marktvolumen von 5,1 Mrd. US\$ im Jahr 2019 auf 16,2 Mrd. US\$ im Jahr 2024 erhöhen wird. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 26 % [21]. Man kann daher bei Plattformen, Software-Lösungen und Services von einer Konvergenz der IoT- und KI-Märkte sprechen.

Die Wachstumsdynamik des KI-Marktes hat später begonnen und ist gegenwärtig noch größer als die des IoT-Marktes. Allied Market Research prognostiziert eine Zunahme des Marktvolumens von 4,1 Mrd. US\$ im Jahr 2016 auf 169,4 Mrd. US\$ im Jahr 2025. Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum im Zeitraum von 2018 bis 2025 von 55,6 %. Das größte Technologiesegment innerhalb dieses Marktes ist das Machine Learning [22].

Der Game-Changer-Effekt von IoT und KI entfaltet sich gegenwärtig in einer Reihe von industriellen Anwendungsgebieten.