

1

Vernetzte Dinge: Menschen, Maschinen und Anlagen im Internet der Dinge (IoT)

Wenn wir uns das Wort „Allesnetz“ einmal auf der Zunge zergehen lassen, klingt es stark nach Science-Fiction und nicht nach Normalität – für mich jedenfalls, möglicherweise geht es Ihnen da anders. Fakt ist aber: Das „Allesnetz“, besser bekannt als Internet der Dinge (Internet of Things, IoT), ist keine Fiktion mehr. Es ist Realität.

Dieses Kapitel zeigt, wie es dazu kam, dass wir uns heute ganz konkret mit dem Internet der Dinge befassen. Es resümiert die historische Entwicklung des Internets der Dinge und geht der Frage nach, warum im Zusammenhang mit den heutigen Möglichkeiten der Industrie 4.0 häufig von einer Revolution gesprochen wird. Warum ist IoT so bedeutsam? Und wie hat das alles angefangen? Außerdem schauen wir uns einige Anwendungsbeispiele aus dem privaten und industriellen Bereich an. An welchen Stellen in unserem Leben begegnet uns das Internet der Dinge? Wie beeinflusst es unser Wohn- und Freizeitverhalten? Welche Rolle spielt es in unseren Fabriken, Lagern und Logistiksystemen? Zum Schluss werfen wir noch einen Blick auf die Potenziale und Entwicklungen, bevor wir dann in Kapitel 2 in die technischen Details einsteigen.

■ 1.1 Dinge in der Wolke: Was ist IoT?

Das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) ist die Kombination von physischen Dingen und deren digitalen Abbildern. Bei dieser Verbindung entsteht ein sogenanntes cyber-physisches System (CPS). Dieses CPS vereint Bestandteile der Informatik und Software mit denen der Elektronik und Mechanik. Damit wir ein cyber-physisches System im Zusammenhang mit dem Internet der Dinge nennen dürfen, muss die Kommunikation des CPS über das Internet laufen. Komplexe cyber-physische Systeme sind beispielsweise innerhalb einer Produktionshalle über kabelgebundene und kabellose Netzwerkverbindungen verknüpft und senden bestimmte Informationen über das Internet in die entsprechende Cloud. Dort

werden beispielsweise die Informationen vieler CPS aus anderen Produktionsanlagen zusammengeführt. Durch dieses Geflecht an cyber-physischen Systemen, die sich im Internet verbinden, entspringen neue Dimensionen globaler Netze von Produktionsanlagen. Diese sind in der Lage, einerseits hochflexibel auf neue Anforderungen aus der Produktion, aber auch auf Einflüsse von außen zu reagieren. Im Bereich der Logistik bedeutet dies, dass hochdynamisch neue Versorgungsketten eröffnet werden, sollte es in der geplanten Weise zu Lieferengpässen oder Problemen im Verlauf des Transports kommen. Durch IoT wird die Vernetzung von Dingen und CPS untereinander über das Internet möglich, und so können die Dinge im Netzwerk weitgehend eigene Entscheidungen treffen.

Wenn Sie sich dieses Buch zugelegt haben, um zu verstehen, was das Internet der Dinge ist, dann können Sie es jetzt zur Seite legen und sich anderen Themen widmen. Sollten Sie jedoch verstehen wollen, wie Sie das Internet der Dinge für den Aufbau neuer Geschäftsmodelle, die weltweite Verfolgung von Waren und Maschinen sowie die vollständige Automatisierung ganzer Fabriken und Lieferketten nutzen können, werden Sie in diesem Buch die Antworten darauf finden. Sie werden auch erfahren, wie andere Unternehmen die Chancen von IoT nutzen.

IoT-Systeme stellen äußerst komplexe Software- und Hardwarearchitekturen dar. Keine andere Technologie vereint so viele Disziplinen. Ein IoT-System ist ein komplexes Zusammenspiel folgender Technologien und Disziplinen:

- Netzwerktechnik
- Elektrotechnik
- Steuerungs- und Regeltechnik
- Cloud-Technologie
- On-Premise-Software
- integrierte Informationssysteme
- Informatik

Daher wird ein breites Spektrum an Fähigkeiten und Kompetenzen benötigt, um ein IoT-System zu planen, aufzubauen und zu betreiben. Glücklicherweise müssen Sie dabei nicht bei null anfangen, denn die international tätigen Gremien der International Organization for Standardization (ISO) und der International Electrotechnical Commission (IEC) haben im Jahr 2017 mit der ISO/IEC 30141 erstmalig eine internationale Norm erarbeitet, welche eine Referenz für IoT-Architekturen, -Konzepte und -Modelle darstellt. Eine IoT-Architektur muss aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden, um alle Aspekte zu berücksichtigen und einen nachhaltigen Betrieb zu gewährleisten. Die Norm gibt Hinweise zu den entsprechenden Perspektiven bezüglich Funktionen, System, Netzwerk, Betrieb und Nutzern. In Kapitel 2 werde ich die technischen Komponenten, Merkmale und Anforderungen an ein IoT-System beschreiben.

■ 1.2 Wie alles begann

Aller Anfang ist schwer und sieht insbesondere im Innovationbereich häufig nach Bastelei und Spielerei verschrobener Technikfreaks aus. Doch es sind oft diese sehr speziellen Anwendungen, die einer Technologie oder Technologiekonzepten zum Durchbruch verhelfen, auch wenn zunächst viele fragen: „Wofür soll *das* bitte gut sein?“ Die ersten Anwendungsfälle von IoT haben durchaus diesen Charakter. An unterschiedlichen Orten auf der Welt hatten einige Menschen innovative Ideen, die das Leben etwas leichter machen und Prozesse vereinfachen. Über Funkchips und eine relativ einfache Kameraüberwachung sparten sich technikverliebte Wissenschaftler zum Beispiel den Weg zur Kaffeemaschine, und Getränkeautomaten meldeten automatisch, wann sie wieder gefüllt werden sollten.

Wann hat das mit dem Internet der Dinge eigentlich genau angefangen? Die offensichtliche Antwort darauf lautet: mit dem Internet. Je nachdem, ob man sich auf das frühe Internet als Netz einiger Großrechner oder auf das daraus resultierende Internet als Massenmedium bezieht, könnte man also auf die 1970er Jahre verweisen, in denen beispielsweise Universitäten ihre Computer vernetzten, oder auf die 1990er Jahre, in denen die Vorläufer der heutigen Browser für alle ihren Durchbruch hatten.

Nicht wenige Stimmen bezeichnen das Internet der Dinge als eine Wendepunkt-Technologie, die die Welt flächendeckend und für immer verändern wird. Wenn man IoT und Industrie 4.0 als vierte industrielle Revolution betrachtet, kann man bei den drei vorangegangenen Revolutionen ansetzen, um die heutige Entwicklung einzuordnen. Dann redeten wir nicht nur über 30 bis 50 Jahre unmittelbare Vorgesichte, sondern würden einen Bogen bis zur Entstehung der ersten Großindustrien im 18. Jahrhundert spannen. Der Begriff IoT ist jedoch deutlich jünger. Die meisten datieren die englische Wortschöpfung auf das Jahr 1999 zurück. Allerdings gab es schon lange, bevor das Internet Realität wurde, Überlegungen zu einer Art Internet der Dinge im Kontext von Maschinenvernetzung, Systemen und Kommunikationsmöglichkeiten, die auf andere, zeitgenössische Worte zurückgriffen.

Wie auch immer Sie zur historischen Entwicklung stehen mögen: An zwei Meilensteinen sollten wir auf jeden Fall kurz innehalten, um die Dynamik der heutigen IoT-Welt zu verstehen. Das ist zum einen die Funktechnik RFID und zum anderen der Moment, als die erste Kaffeemaschine ins Netz ging.

1.2.1 Die erste Kaffeemaschine im Netz

Unabhängig davon, ob Sie ein klassisches Gerät verwenden, das vom Internet abgekoppelt ist, oder eine moderne Version des mit dem Internet verbundenen

Geräts, bleiben die Grundfunktionen und Anwendungsoptionen normalerweise gleich. Selbst wenn die intelligente Kaffeemaschine automatisch Kaffee brüht und Ihre Vorlieben außerhalb des Tages und der Woche berücksichtigt, müssen Sie doch selbst Kaffeepulver kaufen und nachfüllen und den Filter oder andere Teile reinigen. Gut, in Hightech-Regionen wie der südkoreanischen Hauptstadt Seoul könnten Sie sich noch etwas mehr Maschinenunterstützung holen, indem Sie in ein futuristisches Café wie B;eat gehen, um sich von einem 5G-fähigen Roboter-Barista bedienen zu lassen. Wenn Sie das einmal selbst ausprobieren und zusätzlich noch in Marc-Uwe Klings Satire *Quality Land* nachlesen, warum Roboterkellner keinen Kaffee servieren können, ohne zu schlabbern, haben Sie eine Idee davon, dass Kaffee – auch technologisch gesehen – nicht gleich Kaffee ist.

Trojan Room-Kaffeemaschine hieß die Maschine, die das erste dokumentierte Ding im Internet gewesen sein soll. Einige von Ihnen werden diese Kaffeemaschine sicher kennen. Wenn ich mich recht erinnere, hatten meine Eltern in den frühen 1990er Jahren auch so ein Modell. Was aber soll dieser einfache Brühautomat aus den späten 1980ern, der von Krups unter dem Markennamen ProAroma verkauft wurde, mit dem Internet zu tun haben? Er hatte weder einen Netzwerkanschluss noch einen Wireless LAN-Adapter verbaut. Das brauchte die ProAroma aber auch gar nicht.

1991 hatten es die Wissenschaftler des Instituts für Computerwissenschaft der University of Cambridge satt, ständig mehrere Gänge zu durchstreifen, um – im Trojan Room (der Teeküche des Instituts) im ersten Stock des Instituts angekommen – festzustellen, dass der Kaffee noch nicht vollständig durch den Filter in die Kanne gelaufen war. Kaffeedurstig und frustriert waren die Forscher jahrzehntelang wieder den beschwerlichen Weg ins Büro zurückgelaufen, ohne einen Schluck des schwarzen Goldes in der Tasse. Jeder Gang macht schlank, sagt man, aber der Ärger über die Zeitverschwendung war doch zu groß.

So machten sich die IT-Mitarbeiter um Quentin Stafford-Fraser Gedanken, wie sie die unnötigen und frustrierenden Wege zum Trojan Room vermeiden könnten. Sie wollten aus der Ferne Informationen über den Fortschritt im Brühprozess erhalten, um im richtigen Moment den Weg zum warmen Getränk anzutreten. Wie bei vielen anderen großen Erfindungen der Menschheitsgeschichte auch, etwa der Erfindung des Automobils, war der Treiber für eine neue Technologie, die die Welt verändern würde, schlicht Faulheit. Also stellten die Forscher eine Kamera auf, die die Menge der schwarzen Flüssigkeit in der Kanne filmte und die bewegten Bilder in das lokale Netzwerk der Universität übertrug. Gespannt verfolgten die Erfinder an ihren Computermonitoren nun den Fortschritt des Brühprozesses – und das in Echtzeit.

Ungefähr zeitgleich mit der Kaffeemaschinen-Kamera nahm das frühe Internet Gestalt an, das nicht nur lokale Vernetzung, sondern größtmögliche, weltweite Rechnerverbindungen ermöglichen sollte. Ab 1993 war die Trojan Room-Kaffee-

maschine der IT-Spezialisten im World Wide Web zu sehen. Die Kamera war die erste Webcam im Internet und die Kaffeemaschine somit das erste Ding im Internet der Dinge.

Die intelligente Kaffeemaschine von heute würde sich nicht schnöde abfilmen lassen, sondern selbstständig durch eingebaute Sensoren den Füllstand messen und uns auf direktem Wege über Fertigstellung des Brühprozesses oder etwaige Wartungsmaßnahmen wie Entkalken und Reinigen informieren – zum Beispiel über Push-Nachrichten auf das Smartphone. Die eigentlichen Komponenten der Maschine müssten dabei nicht einmal verändert werden. Es müssten lediglich einige Sensoren, Aktoren und Netzwerkverbindungen nachgerüstet werden.

Noch ein paar Jahre älter als die Trojan Room-Kaffeemaschine ist übrigens ein Cola-Automat mit einer ganz ähnlichen Geschichte: In einer Uni in Pittsburgh, Pennsylvania, arbeiteten und forschten ebenfalls einige Computerspezialisten, die sich mit Cola statt mit Kaffee wachhielten. Auch hier waren die Wege lang, und oft waren alle gekühlten Dosen vergriffen, wenn man endlich am Automaten ankam. Was die Tüftler sich ausdachten, nennt man heute zum Beispiel bei IBM „the world’s first IoT device“.¹ Sie installierten in dem Automaten ein Board, das dessen Lichtanzeigen über ein Gateway an den Hauptcomputer weiterleitete. Mit ein bisschen Programmierarbeit führte das zu einer Anwendung, die es allen Computernutzern im lokalen Netz der Uni ermöglichte, aus der Ferne zu überprüfen, welche Dosen gerade im Angebot waren und wie lange sie schon kühlten. Da das genutzte Gateway auch mit dem damaligen Internetvorläufer, dem Arpanet mit seinen maximal 300 Computern, verbunden war, stand diese 1980er-Jahre-App auch außerhalb des Uninetzes zur Verfügung.

1.2.2 Funktechnik als Wegbereiter

Wenn die physische Welt und die Dinge in ihr ein Abbild in der digitalen Welt finden, sprechen wir vom Internet der Dinge. Entstanden ist dieses Bild um das Jahr 2010, denn zu dieser Zeit veränderten Cloud-Plattformen, -Architekturen und -Anwendungen die Welt, in der Digitales mit Realem verschmilzt. Was das genau bedeutet und wie sich das Internet vom Internet der Dinge unterscheidet, darauf gehe ich im Laufe des Buches noch ein. Bleiben wir aber noch einen Moment bei der historischen Entwicklung.

Technologehistorisch war der Urvater des Internets der Dinge die RFID-Technologie. RFID steht für Radio Frequency Identification. Das bedeutet, dass Objekte, Waren und Ladeeinheiten, die mit Funkwellen aktiviert werden (passive Tags)

¹ Teicher, Jordan: The little-known story of the world’s first IoT device. Blogbeitrag vom 07.02.2018. <https://www.ibm.com/blogs/industries/little-known-story-first-iot-device> (abgerufen am 14.05.2020)

oder von sich aus ein Funksignal senden (aktive Tags), ihre Identität per Funk senden. So werden die Objekte identifiziert, und es kann beispielsweise beim Durchfahren durch ein Tor oder Portal automatisch ein Wareneingang gebucht werden. Der Empfänger weiß also, dass die Ware nun in seinem Lager angekommen ist, ohne dass seine Lagermitarbeiter die Labels scannen oder Wareneingangsscheine in einem Warenwirtschaftssystem verbuchen müssen.

Im Zusammenhang mit dem Begriffspaar IoT und RFID trifft man bei der Recherche immer wieder auf den Namen Kevin Ashton. Er gilt als Erfinder des Begriffs „Internet of Things“. Der Brite soll die Formulierung gewählt haben, als er 1999 an einer Präsentation arbeitete. Er war zu dieser Zeit als Experte für RFID-Themen am damaligen Auto-ID Center des Massachusetts Institute of Technology (MIT) tätig. Genau genommen braucht es für die Nutzung von RFID kein Internet, da die Vorteile der berührungslosen und scannerlosen Vereinnahmung (ohne Sichtkontakt) bereits einen enormen Mehrwert bieten, selbst wenn die Technologie direkt an einem Warenwirtschaftssystem angeschlossen ist.

Die RFID Technologie basiert auf dem Konzept, dass Daten wie der Produktcode, die Seriennummer, die Charge etc. auf sogenannten RFID-Tags gespeichert und am Paket, an der Gitterbox oder dem Ladungsträger befestigt werden. Dazu ein Beispiel: Werden auf dem RFID-Tag die Materialnummer, die Chargennummer und das Herstellungsdatum abgespeichert, trägt das Produkt, an dem das Tag angebracht ist, über den kompletten Lebenszyklus diese Informationen auf seinem Chip mit sich. So lässt sich auch später noch feststellen, von wem, wo und wann es hergestellt wurde. Was aber ist der Unterschied zu einem einfachen Barcodelabel, das diese Informationen auch speichern kann, die wiederum durch einen Barcode-scanner ausgelesen werden können? An den verschiedenen Stationen eines Trägers dieses Tags können je nach Speicherkapazität zusätzliche Informationen auf dem RFID-Chip gespeichert oder Informationen aktualisiert werden. Über die so entstehende digitale Spur ist es möglich, Güter und Waren über den Globus zu verfolgen, was heute unter dem Begriff Track & Trace oder bei der Chargenverfolgung Global Batch Traceability genannt wird.



Bild 1.1

Aufbau eines RFID-Chips (© Syrma Technology)

Zudem ergibt sich bei diesem Ansatz die Möglichkeit der Automatisierung, und so nutzen viele Unternehmen die Technologie zur Optimierung der Supply Chain. Buchungen in Echtzeit und eine hohe Transparenz führen in der Logistik zu höherer Warenverfügbarkeit, schnelleren Abläufen, Bestandsreduktion und so zu geringeren Prozesskosten sowie weniger Kapitalbindung im Lager.

IoT entstand also durch die Weiterentwicklung der RFID-Technologie und ihrer Kombination mit kabellosen Sensoren, die über ein Netzwerk kommunizieren. In dieser Zwischenetappe waren die Sensoren aber nicht über das Internet verbunden. Daher wäre der Begriff IoT noch etwas unpassend, da die zentrale Zutat – das Internet – noch fehlte.

In den frühen 1990er Jahren nannte man diese Technologie Wireless Sensor Network (WSN). Das Grundkonzept des Internets der Dinge wurde durch WSN bereits verwirklicht – nur eben ohne das Internet. Solche drahtlosen Sensornetzwerke wurden beispielsweise bei der Gesundheitsüberwachung in Krankenhäusern oder der Prozessüberwachung in Fabriken eingesetzt.

Stand zu Beginn noch die Verfolgung und automatische Identifizierung von Vermögenswerten (Assets) in Gebäuden im Mittelpunkt, wurden die Use Cases zunehmend komplexer. So wurden durch die Identifikation von Gegenständen und Objekten betriebswirtschaftliche Buchungsprozesse in Warenwirtschafts-, Lagerverwaltungs- und Produktionssteuerungssystemen ausgelöst. Mehr und mehr trat die Überwachung von Maschinen, Anlagen und ganzer Fabriken in den Mittelpunkt. Das, was wir heute unter dem Buzzword Predictive Maintenance (Vorausschauende Instandhaltung) verstehen, war bereits im WSN möglich. So war es bereits durch Erreichen definierter Sensorwerte bezüglich Temperatur, Vibration, Drehzahl oder Ausdehnung möglich, bevorstehende Reparaturen vorherzusagen oder Wartungsservices anzustoßen.

Mit der Zeit entwickelten sich neben den kabellosen Netzwerken innerhalb der Fabrik- und Lagergebäude auch die Mobilfunknetze massiv weiter. So ist es über 3G, 4G (LTE) bis zur heutigen 5G-Mobilfunktechnik möglich, immer größere Datenpakete in deutlich kürzeren Zeiten zu übertragen. Die 5G-Technologie bildet damit einen Meilenstein in der Weiterentwicklung des Internets der Dinge. Pkws, die sich autonom im öffentlichen Straßenverkehr bewegen, übermitteln x MB pro Sekunde, was sich mit der derzeit maximal verbreiteten Mobilfunktechnologie nicht bewältigen lässt, wollte man die Informationen in Echtzeit in das Internet hochladen und in der Cloud verarbeiten. Inzwischen wurden neue Konzepte entwickelt, um die Datenmenge, die in Echtzeit in der Cloud verarbeitet werden soll, zu begrenzen. Die Konzepte nennen sich Edge Computing (engl. für Rand) und Fog Computing (engl. für Nebel). Daten werden hier sprichwörtlich am Rand oder im Nebel des lokalen Netzwerks verarbeitet, und es werden nur die wirklich notwendigen Daten in die Cloud hochgeladen und dort verarbeitet. Ich gehe auf diese Konzepte der Industrie 4.0 in Kapitel 3 detailliert ein.

1.2.3 Die vier industriellen Revolutionen

Wie vorangehend bereits angesprochen, lässt sich das Internet der Dinge auch in einen größeren Zusammenhang stellen, gerade wenn man sich mit der sozialen und gesellschaftlichen Dimension auseinandersetzen möchte. Haben Sie schon einmal etwas von der vierten industriellen Revolution gehört? Während Industrie 4.0 eine originär deutsche Wortschöpfung ist, hat sich der Begriff „vierte industrielle Revolution“ inzwischen auch international als Bezeichnung für eine ganzheitliche Digitalisierung der Produktion und Lieferketten etabliert. Das liegt daran, dass er an eine gängige und gut nachvollziehbare Fortschrittserzählung anknüpft, die die meisten von uns aus dem Schulunterricht kennen. Was aber hat der Begriff Industrie 4.0 und dessen Bedeutung mit dem Internet der Dinge gemeinsam? Warum vierte industrielle Revolution und nicht zehnte oder zweite? Warum widme ich diesem Thema einen kompletten Abschnitt?

Industrie 4.0 ist die industrielle Ausprägung von IoT. Im Gegensatz zu anderen Wirtschaftsbereichen haben wir es in der Industrie mit realen, physischen Dingen zu tun, die produziert, transportiert, gelagert, gewartet und repariert werden. Somit ist die Verbindung dieser physischen Dinge mit dem Internet und die Ausstattung mit Sensoren und Servomotoren der Weg zur Industrie 4.0. Im Bereich Internet der Dinge hat man deshalb eine Erweiterung des Begriffs vorgenommen: Das Industrial Internet of Things (IIoT) ist gleichzusetzen mit Industrie 4.0. Ohne IoT-Technologie wäre das, was wir heute unter Industrie 4.0 verstehen, lediglich eine leere Worthülse. Alle zusätzlichen Technologien wie Big Data, Analytics, Virtual Reality, Augmented Reality sind im Bereich der Industrie wichtige Zusatztechnologien, die immer auf den Dingen und den von ihnen erzeugten Daten aufsetzen.

1.2.3.1 Maschinenzeitalter – Industrie 1.0

Folgen wir nun aber erst einmal dem Lauf der Geschichte über alle industriellen Revolutionen hinweg bis zum heutigen Stand der Technologie. Den Anfang machte die erste und entscheidende industrielle Revolution, die Industrialisierung Ende des 18. Jahrhunderts, angefeuert durch die massive Förderung von Steinkohle und die Erfindung und massenhafte industrielle Nutzung der Dampfmaschinen. Erstmals verrichteten Maschinen, angetrieben durch Wasserkraft oder Dampf, in großem Umfang mechanische Arbeiten und lösten damit den Menschen in diesen Arbeitsbereichen ab. Das Maschinenzeitalter war angebrochen. Maschinen und Geräte werden Ihnen in diesem Buch immer wieder begegnen. Sie sind die wohl wichtigsten „Dinge“ im Internet der Dinge.

Die Wirtschaft, das Arbeiten und das Leben der Arbeiter veränderte sich nachhaltig und heftig. Durch Erfindung des mechanischen Webstuhls und anderer Maschinen im Textilsektor verloren die zum Teil hochqualifizierten und gut verdienenden Textilberufsgruppen Tuchscherer, Weber und Strumpfwirker ihren Status und wurden weitgehend durch Maschinen ersetzt.

Ein weiterer entscheidender Faktor, der diese Phase geprägt hat, war die Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie. So kooperierten viele Industrieunternehmen mit Bildungseinrichtungen und Universitäten oder gründeten direkt interne Forschungs- und Entwicklungsabteilungen.

Es war aber auch eine Zeit, in der diejenigen, die durch die Maschinen ihre Jobs gefährdet sahen, massiven Protest und offene Gewalt gegen die neuen Maschinen und Produktionsverfahren anwendeten. Diese Gruppe nannte man „Maschinenstürmer“. Nicht nur die Textilbranche war davon betroffen, sondern auch die Landwirtschaft und die metallverarbeitende Industrie.

1.2.3.2 Industrialisierung – Industrie 2.0

Nachdem im Maschinenzeitalter kräftig auf den Einsatz von Maschinen statt menschlicher Kraft gesetzt wurde, wurde es zunehmend erforderlich, Prozesse konsequent zu standardisieren und zu automatisieren. So kam es in Deutschland ab den 1870er Jahren der Industrialisierung vermehrt zum Einsatz von Fließbändern in der Massenfertigung. Ein bedeutender und herausragender Name der Zeit der Massenfertigung, der aufkommenden Fließbandproduktion und der zugrunde liegenden Standardisierung im Automobilsektor war Henry Ford. Mit seinem legendären Model T perfektionierte er die Produktionsprozesse mithilfe des Fließbandes derart, dass sich die Produktionszeit des Fahrzeugs von 12 Stunden auf 93 Minuten verringerte. Durch die massive Steigerung der Produktivität in seinen Fabriken sank der Preis des Autos von 780 US\$ im Jahr 1911 auf 490 US\$ im Jahr 1914. So wurde das Automobil für weitere Teile der Bevölkerung erschwinglich und das Model T millionenfach in Amerika und später auch im Rest der Welt verkauft. Eine weitere Maßnahme, die die Produktionskosten massiv senkte, war die radikale Standardisierung. Das Model T wurde lediglich in einer einzigen Farbe angeboten. „Sie können jede Farbe haben, solange diese Farbe nur Schwarz ist“, sagte er damals zu seiner Kundschaft. Revolutionär ist dies unter dem Gesichtspunkt, dass bis zum Ende des 19. Jahrhunderts noch jedes Fahrzeug komplett in einer Art Werkstattfertigung vollständig zusammengebaut wurde, bevor ein neues Fahrzeug gefertigt werden konnte. Daher waren die frühen Automobile nur für sehr reiche Menschen erschwinglich.

Neben der Automobilindustrie waren insbesondere die Chemie-, Elektro-, Maschinenbau- und die optische Industrie Pioniere dieser Entwicklung.

Was aber verhalf dieser Revolution auf die Sprünge und machte diesen enormen Wandel neben dem starken Optimierungsdrang überhaupt möglich? In dieser Zeit war es die Elektrizität, mit deren Hilfe man Generatoren, Glühlampen und Elektromotoren betreiben konnte – und das dezentral. Die örtliche Verbindung zwischen Dampfmaschine, Schwungrad und Werkzeugmaschine wurde aufgelöst, und man konnte mit vielen kleinen Elektromotoren arbeiten, die ihre Wirkkräfte bei Bedarf am Ort des Verbrauchs erzeugen konnten.

Ab 1880 wurde der Telegraf durch das Telefon abgelöst, das von Alexander Graham Bell zur Marktreife gebracht wurde. Die Kommunikationsindustrie entstand. Zunehmend gewannen in dieser Zeit Forschung und Entwicklung und ihre Verzahnung mit der Wirtschaft an Bedeutung, was sich erstmals in der Geschichte durch firmeneigene Forschungs- und Entwicklungsabteilungen zeigte.

1.2.3.3 Digitales Zeitalter – Industrie 3.0

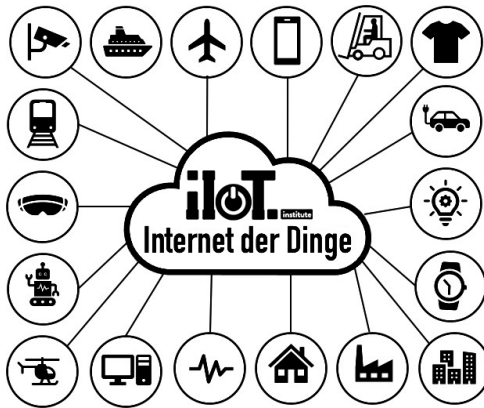
Machen wir nun einen Sprung von rund 100 Jahren, landen wir im Informationszeitalter, der dritten industriellen Revolution ab den 1970er Jahren. Diese digitale Revolution war geprägt von der Automatisierung der Produktion vor allem durch den Einsatz speicherprogrammierbarer Steuerungen (SPS) und weiterer Elektronik und vom Aufkommen der Informationstechnologie (IT). Sie ermöglichten die Herstellung sowie den Einsatz von Industrierobotern und modernen Werkzeugmaschinen, die durch moderne Steuerungstechnik kontrolliert wurden. Wie war dies möglich? Die Basis für die Errungenschaften im digitalen Zeitalter war die Erfindung der Mikrochips und der integrierten Schaltkreise (Integrated Circuit, IC).

Just in dieser Zeit begann auch die Erfolgsgeschichte des Personal Computers (PCs). Dieser fand seinen Platz zunächst in der Industrie und wurde bald auch zum Standard im privaten Umfeld. Die Verbreitung von Internet und Mobilfunk hatten zusätzlichen Einfluss auf fast alle Entwicklungen, die wir mit dieser Revolution in Verbindung bringen.

Zu den Innovationen² in diesem Zeitalter zählen:

- 1967: Taschenrechner
- 1969: Internet
- 1976: Personal Computer
- 1977: Datenbanken
- 1984: analoges C-Mobilfunknetz
- 1992: digitales D-Mobilfunknetz
- 2001: Das erste kleine UMTS-Netz der Welt wird auf der Isle of Man in Betrieb genommen.
- 2006: Die erste LTE-Verbindung wird in Hongkong zur Verfügung gestellt.
- 2010: Die LTE-Mobilfunktechnik startet in Deutschland mit der Versteigerung von Frequenzen.
- 2012: Die LTE-Technik steht über 50% der deutschen Haushalte zur Verfügung.

² <https://www.telespiegel.de/wissen/mobilfunk-geschichte> (abgerufen am 15.06.2020)

**Bild 1.2**

Verlauf der Errungenschaften und technischen Neuerungen, die sich zum heutigen IoT zusammensetzen (Quelle: iIoT.institute)

Die Entwicklung der Mobilfunktechnologie im 21. Jahrhundert hat einen massiven Einfluss auf die Entwicklung im Bereich IoT, da wir über sie Güter, Fahrzeuge und Maschinen auf dem gesamten Erdball verfolgen, deren Zustand überwachen und Maßnahmen einleiten können.

Eine andere wichtige Facette dieser dritten industriellen Revolution sind nachhaltige Energiekonzepte, etwa in Bezug auf erneuerbare Energien.

Auch wenn wir heute stark von den Errungenschaften wie der Erfindung der Mikrochips profitieren, war auch das digitale Zeitalter geprägt von Aufständen und Protesten durch Arbeiter, Angestellte und Gewerkschaften, die durch den Einsatz der neuen Technologien, Maschinen und Verfahren um Arbeitsplätze fürchteten. Die sogenannten modernen Maschinenstürmer protestierten gegen Innovationen in der Druckindustrie und im Maschinenbau (CNC- und NC-Maschinen), denn sie sahen die modernen Maschinen als Konkurrenz zu ihrer eigenen Arbeitskraft und hatten folglich Angst, ihre Arbeitsplätze zu verlieren. Daher gingen sie auf die Straße und forderten sozialverträgliche Lösungen.



Sind Digitalisierung, Automatisierung und der Einsatz von Maschinen moderne Jobzerstörer?

Langfristig gesehen stimmt diese Aussage mit Sicherheit nicht. Kurzfristig kam es in der Geschichte bei Innovationen und der Nutzung neuer Entwicklungen immer mal wieder dazu, dass diese Innovationen Arbeiten von Angestellten und Menschen übernahmen. Jedoch stieg die Qualität, und die Produktivität erhöhte sich, was zu geringeren Einzelkosten führte. Dadurch erhöhte sich auch der gesellschaftliche Wohlstand. Was die Arbeitsplätze betrifft, führte die Einführung von Innovationen und Prozessverbesserungen stets zu sinkender Arbeitszeit und höheren Löhnen. Arbeitsplätze entstanden dann oft an anderer Stelle neu, wobei für die neu geschaffenen Stellen eine etwas höhere Qualifikation erforderlich war.

1.2.3.4 Digitale Transformation – Industrie 4.0

Wir beschreiten gerade die Phase der vierten industriellen Revolution. Was aber unterscheidet die vierte von den vorangegangenen industriellen Revolutionen? Die ersten drei Revolutionen kamen durch grundlegende Innovationen zustande. Durch die Erfindung und Implementierung dieser neuen Grundlagentechnologien konnten neue Produkte und Innovationen geschaffen werden. Heute stehen uns gleich mehrere neue transformative Basistechnologien zur Verfügung, die sich gegenseitig befeuern. Dies könnte zu einem massiven Umbruch in der Gesellschaft, dem Arbeitsleben, dem Alltag und der Beschäftigungssituation führen. Roboter könnten bald viele unserer Aufgaben übernehmen und diese deutlich gewissenhafter, schneller und ohne Flüchtigkeitsfehler erledigen.

Die Automatisierung wird durch Algorithmen und Künstliche Intelligenz (KI) angetrieben und ermöglicht. Besonders leicht können Maschinen Aufgaben mit einem sehr hohen Standardisierungsanteil sowie Routineaufgaben übernehmen. Das Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB) der Bundesagentur für Arbeit veröffentlichte im August 2019 einen Bericht, der beschreibt, dass der Anteil an Tätigkeiten, die von Maschinen übernommen werden können, durch die Innovation in der Technologie seit 2013 fortlaufend ansteigt. Das bedeutet, dass Jobs, deren Tätigkeitsprofile sehr stark standardisiert und von Wiederholungen geprägt sind, sehr bald von Maschinen übernommen werden. Der Anteil der Mitarbeiter in diesem standardisierbaren Umfeld bildet sich erfahrungsgemäß seltener fort als in Bereichen, die deutlich weniger standardisierbar sind, wie beispielsweise der kreative oder soziale Bereich. Was auf der Ebene des einzelnen Unternehmens als Innovation, Marktanpassung oder „mit der Zeit gehen“ betrachtet werden kann, birgt somit gesamtgesellschaftlich einen gewissen Sprengstoff, wenn sich eine Innovation durchsetzt und von allen genutzt wird.

Muss man sich heutzutage genauso vor der Digitalisierung und dem Internet der Dinge fürchten, wie die Weber die Maschinenstürmer fürchteten? Sind sie nicht die Jobkiller von morgen, auch wenn sie immer wieder als Chance, als Zukunft und als unumgänglich beschrieben werden? Dieses Buch ist nicht dazu gedacht, ethische, moralische oder philosophische Fragen dieser Art auszudiskutieren. Wie Sie sehen werden, tangieren wir sie aber im Rahmen von Aspekten wie der Unternehmenskultur und IoT-Projekten zumindest indirekt immer wieder.

Es ist jedoch keine Alternative, Innovationen im Zusammenhang mit der Industrie 4.0 zu ächten und zu stoppen, um Arbeitsplätze und veraltete Verfahren zu schützen, denn:

- Insbesondere in der Kombination digitaler und physischer Welten werden neue Jobs entstehen.
- Deutschland könnte weltweit bezüglich der Digitalisierung noch weiter ins Hintertreffen geraten, was sehr bald deutlich mehr Arbeitsplätze vernichten oder gar nicht erst in Deutschland entstehen lassen würde.

- IoT ist aus deutscher Sicht ein Thema, das Ingenieure mit ihrem tiefen Wissen im Maschinen- und Anlagenbau mit Digitaltechnologie verbinden und exportieren sollten.

■ 1.3 Beispiele für IoT-Anwendungen

Was für frühere Generationen noch undenkbar und für Pioniere nur als entfernte, oft neblige Vision vorstellbar war, ist für uns mittlerweile Alltag: das komplett vernetzte Leben. Jeder von uns trägt sein Smartphone Tag und Nacht mit sich herum, benutzt es knapp 4 Stunden am Tag³ und entsperrt es mehr als 50-mal täglich. Mit diesem Gerät erzeugen wir stetig IoT-Daten, die wir dann an Google, Apple und Co. senden. Wenn wir es nicht ausgeschaltet haben, senden wir stetig unsere Positionsdaten. Die Cloud-Anbieter, wie Google und andere, konsolidieren die einzelnen Nutzerdaten, die ihnen die vielen Smartphones zusenden, und berechnen damit Stauwahrscheinlichkeiten, Straßenengpässe oder das Besucheraufkommen in Hotels, Geschäften und Restaurants.

Bleiben wir einen Moment bei den Smartphones und ihrer Bedeutung für den Menschen. Machen Sie doch einmal das folgende Experiment: Notieren Sie sich eine Woche lang jede Funktion und App, die Sie mindestens einmal nutzen. In der Regel ist das ja viel mehr als nur zu telefonieren. Wenn die Liste fertig ist, überlegen Sie sich: Was davon könnten Sie auch mit einem nicht internetfähigen Telefon machen? Die Antwort wird lauten: so gut wie nichts.

Mit was vernetzt sich das Telefon für die smarten Funktionalitäten eigentlich genau? Meist handelt es sich um ortsabhängige Dienste, was sie im Sinne von Industrie 4.0 zu einem Asset und das Smartphone zu einem Tag macht. Wenn Sie so wollen, werden Sie durch Ihr Smartphone zu einem cyber-physischen System.

Eine andere spannende Frage ist: Was bedeutet es für die Industrie, dass sich mittlerweile nicht nur Computer und Netzwerke, sondern auch industrielle Geräte, Maschinen, Anlagen vernetzen lassen? Darauf gehe ich in Abschnitt 1.3.2 näher ein.

1.3.1 Use Cases aus dem Consumer-Bereich

Im Folgenden nenne ich Ihnen einige typische Einsatzbeispiele für IoT im Consumer-Bereich. Genauer gesagt schauen wir uns das Phänomen Smart Home an, also das Wohnen in Räumen und Gebäuden, die vernetzte Maschinen und Geräte bein-

³ <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/nutzer-verbringen-im-schnitt-3-7-stunden-am-smartphone-16582432.html>

halten. Es würde mich sehr überraschen, wenn Sie davon selbst überhaupt nichts nutzen.

Vielleicht haben Sie bereits zur Kenntnis genommen, dass es heute quasi unmöglich ist, einen „dummen“ Fernseher zu kaufen, der das leistet, was wir grundsätzlich von ihm erwarten: ein bewegtes Bild anzuzeigen, dazu einen guten Ton abzuspielen und die notwendigen Schnittstellen für den Anschluss von Antenne, Satelliten und externen Geräten bereitzustellen. Wenn Sie sich heutzutage für den Kauf eines TV-Geräts entscheiden, kommen Sie an einem intelligenten, einem smarten Fernseher nicht mehr vorbei. Eingebaute Mikrofone, Kameras und andere Sensoren sowie die Fähigkeit, sich mit dem Internet zu verbinden, machen die Intelligenz dieser Geräte aus. Damit sind diese in der Lage, das Nutzerverhalten, also die konsumierten Sendungen, zu tracken und gegebenenfalls die Gespräche und Signalwörter zu verstehen. Grundsätzlich steht technologisch kein Hindernis im Weg, die gesammelten Daten an Dienste wie Netflix, Amazon Prime, Google, Apple und Co. zu senden und zielgerichtete Werbung über alle Kanäle des Nutzers zu schalten. Allein die Tatsache, dass diese Geräte mit dem Internet verbunden werden können und teilweise müssen, um sie zu nutzen, machen sie zu einem Device im Internet der Dinge.

Ein anderes Beispiel aus dem Bereich Hausautomation ist das smarte Thermostat. Dieses ist in der Lage, Ihren Energieverbrauch signifikant zu senken, wenn Sie das Haus verlassen. Integrieren Sie die Heizungssteuerung noch in Ihren Kalender, den Sie online pflegen, schaltet die Anlage daheim in den Absenkmodus, sobald Sie in Urlaub oder auf Reisen sind. Gewähren Sie der meist mitgelieferten mobilen App auf unserem Smartphone Zugriff auf Ihren Aufenthaltsort und die Entfernung nach Hause, schaltet die Anlage die Heizung frühzeitig wieder ein, sodass Sie beim Heimkommen ein wohlig warmes Wohnzimmer haben.

Auch der intelligente Kühlschrank ist – na, raten Sie mal – mit dem Internet verbunden und registriert über Ihre Geoinformationen, dass Sie gerade im Supermarkt sind. Haben Sie mal wieder vergessen, eine Einkaufsliste zu schreiben? Kein Problem. Die App, die mit dem Kühlschrank über die Cloud verbunden ist, erscheint auf dem Home-Bildschirm und meldet Alarmstufe Rot. Der Vorrat an Sojamilch geht zur Neige. Glück gehabt. Schöne neue Welt.

Ist Ihre Kaffeemaschine noch dumm oder schon intelligent? Der intelligente Brühautomat von heute würde über das vorangehend vorgestellte Trojan Room-Modell nur laut lachen: „Eine Videoübertragung zur Status- und Füllstandsüberwachung? Wie niedlich!“ Die smarte Kaffeemaschine ist natürlich mit dem Internet verbunden und brüht den Kaffee automatisch nach Bedarf. Dabei prüft sie im Onlinekalender oder Wecker des Besitzers, wann dieser aufzustehen gedenkt, und berechnet, wann der Kaffee fertig zu sein hat. Dabei kann sie natürlich die individuellen und auch wechselnden Tagesabläufe des Besitzers mit in die Kalkulation und den Brühvorgang einbeziehen.

Smarte Lichtschalter und Glühbirnen, die mit dem Internet auf der Hersteller-Cloud verbunden sind, lassen sich über eine App auf dem Smartphone steuern und natürlich auch anhand der Kalenderangaben des Besitzers die Helligkeit in der Wohnung regulieren.

Was das intelligente Zuhause angeht, zeigt Bild 1.3, dass die Vor- und Nachteile von den Nutzern sehr differenziert betrachtet werden.

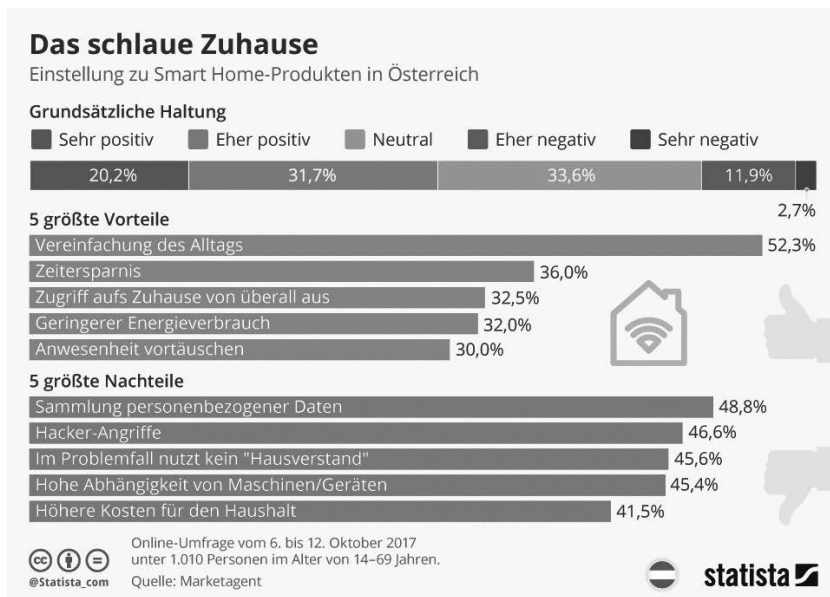


Bild 1.3 Vor- und Nachteile des intelligenten Zuhauses

Im Folgenden möchte ich Ihnen eine kurze Geschichte erzählen, die zeigt, was passieren kann, wenn sich Ihr Smart Home selbstständig macht.



Wenn das Smart Home verrückt zu spielen scheint

An Heiligabend war es kalt in meiner Wohnung. Mein Kaffeevollautomat hatte mir nicht wie üblich um 6:30 Uhr meinen Caffè Crema zubereitet. Er wäre ohnehin kalt geworden, da mich mein Smartphone nicht geweckt hatte. Ich wachte am 24. Dezember 2020 um 9:12 Uhr überrascht von selbst auf, und es schien, als stünde die Welt still. Die Lichter waren aus, die Rollläden waren unten, es war ruhig – und kalt. Das war alles ein bisschen unheimlich. Ich nahm mein Smartphone und schaltete das Licht im Schlafzimmer ein. Okay, der Strom war da. Die Rollläden fuhren nach oben, nachdem ich diese in meiner Smart Home-App manuell ansteuerte.

Ich entschloss mich, eine warme Dusche zu nehmen, um aufzutauen. Doch – oh nein – das Wasser war fürchterlich kalt. Was war hier los? War die Heizung defekt?

Index

Symbole

3D-Druck 164, 167
3D-Drucker 169
5G-Technologie 7

A

ABC-Analyse 150
AcceleratedSAP (ASAP) 256
Additive Fertigung 164, 167
Agil 257, 264
Aktoren 33, 65
Alexander Graham Bell 10
Algorithmus 152
AlphaGo 155
Anbieterliste 131
Anwendungs- und Servicedomäne 71, 75, 78
API 68, 138
API-Spezifikationen 68
Arbeitsplätze 12
Arpanet 5
Artificial Intelligence (AI) 151
Augmented Reality (AR) 159, 234
Ausbildungsanforderungen 79
Ausschreibung 129, 203, 212
Authentizität 59
Automatische Bildverarbeitung 53
Automatische Konfiguration 54
Automatisiertes Hochregallager 36

B

Backlog 261, 263
Barcodesysteme GS1-128 52
Belastbarkeit 43
Benutzer 66
Benutzerdomäne 71, 78
Benutzerfreundlichkeit 111
Benutzernetzwerk 78
Bestandsanlage 191
Best Practice 127
Betriebs- und Verwaltungsdomäne 71, 75, 78
Beziehungswissen 56
Big Data 146
Big Data Strategist 147
Biometrische Informationen 52
Bioprinting 165
Blockchain 232, 233
Bluetooth Low-Energy (BLE) 216
Bounding Boxes 238
Bundesdatenschutzgesetz 62
Business Intelligence-Software (BI) 108

C

Challenge 180
Charaktere 181
Cloud 83
Cloud Connectivity 96
Cloud-Plattform 210
Cloud Security Alliance (CSA) 102
CNC-Maschine 168
Coach 258

- COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology) 102
- Container 206
- Containerfüllstand 211
- Convolutional Layers 237
- Convolutional Neural Networks (CNN) 237
- Corona-Pandemie 213
- Cross-Border-Allianzen 276
- Customer Journey 181
- Customer Relationship Management (CRM) 108
- Customizing 111
- Cyber-Angriffe 47
- Cyber-physisches System (CPS) 18

- D**
- Data-driven 268
- Datenaustauschdomäne 71
- Datenbrille 234
- Datenschutz 105
- Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) 41, 105
- Datenschutzvorfälle 42
- Datenspeicher 68
- Deep Learning 159
- Deployment-Sicht 76
- Design 175
- Design Thinking 174
- Design Thinking-Challenge 207
- Detektionsfunktion 75
- Developer Team 260
- Diebstahlüberwachung 228
- Dienstanbieter 79
- Dieter Rams 175
- Digitale Entitäten 66
- Digitaler Nutzer 66
- Digitaler Zwilling 19, 168
- Digitales Abbild 36
- Digitalkamera 29
- digit-ANTS GmbH 251
- Disponenten 133
- Disruptiv 203
- Distributed Denial of Service 102
- doks. innovation GmbH 127
- Domäne 70
- Domäne der physischen Entitäten 71, 78
- Doppelspiel 226
- Dynamik 48

- E**
- EAN128 52
- Echtzeitfähigkeit 61
- Echtzeit-Navigation 224
- Edge 83, 227
- Edge Computing 83, 96, 100
- Einwilligung 42
- Einwurfcontainer 206
- Embedded Software Developer Kit (SDK) 96
- Endpunkt 58, 67
- End-to-End Visibility 230
- Energiemanagement 254
- Enterprise Resource Planning-System (ERP) 82
- Entitäten 65
- Entitätenbasiertes Modell 69
- Entscheidungskompetenz 253
- Entsorgungskosten 212
- ERP 108
- ERP-Markt 119
- ERP-System 137
- Erschütterungen 230

- F**
- Fabrik 49
- Fahrerloses Transportfahrzeug (FTF) 36
- Fahrerloses Transportsystem (FTS) 196
- Fahrzeugentwicklung 162
- Feature Maps 237
- Feldbusprotokoll 60
- Fertigungsschritte 137
- fischertechnik 239
- Flexibilität 58
- Flurförderzeug 124
- Fog 83
- Fog Computing 83

Frachtführer 133
 FTS Control Tower 200
 FTS-Leitstand 199
 Füllstandsmessung 210
 Füllstandsmessverfahren 211
 Funktionale Sicht 73
 Funktionsebene 46
 Fused Deposition Modeling (FDM) 166

G

Gartner 122, 137
 Gateway 100
 Gefahrstofflager 57
 Genauigkeit 53
 Geschäftsmodell 171, 248, 267
 Geschäftsprozessmodellierung 179
 Getränke Logistik 243
 Global Batch Traceability 6
 Global Positioning System 20
 Globals 282

H

Hacker 47
 Handling Unit 146
 Healthtech 244
 Hermes Barometer 124
 Heterogenität 47
 Hybrid Cloud 104
 Hype Cycle 88, 121
 Hyperscaler 104

I

Identifikationsnummer 125
 Identifizierung 52
 IFS 120
 IIoT-Lösungen 94
 Industrial Internet of Things (IIoT) 19, 94
 Industrie 4.0-Anwendungsfall 73
 Industrielle Kontrollsysteme (ICS) 94
 Industrieroboter 53
 Infektions-Hotspot 154
 Information Security Forum (ISF) 102

Informationssicherheit 42
 Infrastructure as a Service (IaaS) 85, 106
 Insellösung 222
 Integrität 59
 Intelligente Brille 235
 Intelligente Palette 20
 Intelligenter Brühautomat 14
 Intelligenter Kühlschrank 14
 Internet 32
 Intralogistik 222
 Intrapreneurship 278
 IoT-Anwendung 32
 IoT-Benutzer 68, 79
 IoT-Cloud 49
 IoT-Gateway 67, 69, 83
 IoT-Gerät 65
 IoT mit SAP 92
 IoT-Plattform 97
 IoT-Referenzmodell 68
 IoT-System 31
 IoT-Überwachungssystem 228
 IPv4 50
 IPv6 50
 ISO-Container 47
 ISO/IEC 27001 102
 ISO/IEC 27018:2019 41

J

Just in sequence 197
 Just in time 197

K

Kameratechnik 237
 Kameraüberwachung 42
 Kampmann Logistik 57
 Kanban 262
 Kanban-Board 263
 Klimaschutz 244
 Kollaborationsmodelle 274
 Kommissionierung 157, 162
 Kommunikationsanbieter 48
 Kommunikationsnetzwerke 78
 Kontext 56

Konturbasierte Laserlokalisierung 224
 Konzeptionelle Modell 64
 Konzern-IT 121
 Kosten pro Sendung 222
 Kreativität 156
 KRITIS 101
 Kühlkette 230
 Kunstanalyse 156
 Künstliche Intelligenz (KI) 95, 151

L

Lageraufgaben 146
 Lagerbestand 126
 Lagertechnik 124
 Lagerverwaltungssystem (LVS) 82, 123
 LAN 50, 60
 Latenzen 164
 Legacy-Komponenten 49
 Leitstandsebene 199
 Leitsteuerung 198
 Lese- oder Schreibvorgänge 35
 Lichtsteuerung 51
 Lieferkette 134, 220
 Lock-in-Effekt 110
 Logistikdienstleister 145
 Logistik-Service-Provider 49
 LVS-Lösung 129

M

Machine Learning-Verfahren 92
 Magic Quadrant 88
 Manufacturing Execution System (MES) 82, 137
 Maschinen-Finanz-Leasing 248
 Maschinen- und Anlagenbau 95
 Materialfluss-Steuerrechner (MFS) 124
 Material Resource Planning (MRP) 112
 Menschlicher Nutzer 66
 Mensch-Maschine-Schnittstelle 36
 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) 246
 Mess- und Kontrolldomäne 71, 78
 Metadaten 55

Microsoft Dynamics 365 120
 Mikrocontroller 46
 Minimierung der Daten 42
 Minimum Viable Product (MVP) 51, 265, 266
 Mitarbeiter 79
 Mittelstand 89, 254
 Mobiler Roboter 223
 Mobiler Scanner 124
 Modularität 44
 Monitoring 157
 Montagelinie 49
 Mooresches Gesetz 22
 Morton Heilig 160
 Multi-Cloud 103
 Multi-Cloud-Architektur 104
 Multi-Cloud-Strategie 97, 106
 Multi-Temperature Data Management 33

N

Nachrüsten 192
 Nachschub 202
 Netzwerk 66, 78
 Netzwerkinfrastruktur 32
 Nischenanbieter 122

O

Objekterkennung 236
 On-Board Diagnostics Standard (OBD) 100, 134
 On-Premise 107
 Open Information Security Management Maturity Mode (O-ISM3) 102
 Operationale Technologie (OT) 22
 Operative Systeme (OT) 94
 Optoelektronik 233
 Oracle Netsuite 120

P

Palette 101
 Partnerschaften (strategisch) 271, 273

- Patente (IoT) 25
 - Persona 181, 207
 - Personalmangel 197
 - Personenbezogene Daten 41
 - Physische Entitäten 65
 - Pick by Vision 234
 - Platform as a Service (PaaS) 86, 106
 - Platzierung am Lagerplatz 53
 - Plug & Play 45, 54
 - Pokemon Go 159
 - Predictive 158
 - Predictive Analytics 243
 - Predictive Maintenance 7, 243, 244
 - Pricing 63
 - Privacy by Default 215
 - Privacy Shield 105
 - Private Cloud 104
 - Privatsphäre 41
 - Product Owner 260
 - Produktionslogistik 157
 - Prognosen 157
 - Programmable Automation Controller (PAC) 84
 - Proof of Concept (POC) 117
 - Protokoll 58, 101, 214
 - Prototyping 184
 - Prozessleitsystem 94
 - Psychologische Fragen 251
 - Public Cloud 104
- Q**
- Quality of Service (QoS) 50
 - Quentin Stafford-Fraser 4
- R**
- Rapid Prototyping 265
 - Rauchmelder 59
 - Real-Time Locating System 20, 49, 227
 - Realtime-Tracking 221
 - Real-Time Track & Trace 49
 - Recycling 192
 - Referenzarchitektur 73
 - Reifegrad 188
 - Ressourcenzugriff 71
 - Ressourcenzugriffs- und Datenaustauschdomäne 78
 - Retrofitting 100, 191
 - RFID (Radio Frequency Identification) 5, 52, 128
 - Roboter 157
 - Roboter-Künstlerin 157
 - Robotic Process Automation (RPA) 115
 - Röntgenbild 159
- S**
- Salesforce 120
 - SAP 107, 112, 120
 - SAP Activate 256
 - SAP Extended Warehouse Management (SAP EWM) 132
 - SAP Stock Room Management 132
 - SAP Warehouse Management 132
 - Schachcomputer 155
 - Schnittstellen 68
 - Scrum 259
 - Scrum Master 258, 260
 - Security, Trust and Assurance Registry (STAR) 102
 - Selbstbeschreibung 61
 - Selbstfahrende Autos 16
 - Selbstfahrende Ladestation 128
 - Selektives Lasersintern (SLS) 166
 - Sender-Empfänger-Systeme mit RFID 233
 - Sendungsverfolgung 146
 - Sensordaten 74
 - Sensoreinheit 212
 - Sensoren 33, 65
 - Separate Sensorsysteme 100
 - Servicemitarbeiter 162
 - Servicenetzwirk 78
 - Services 67
 - Sharing Economy 247
 - Shelfware 111
 - Sicherheit 102
 - Sicherheitsmaßnahmen 102

- Skalierbarkeit 51
 - Smarte Lichtschalter/Glühbirnen 15
 - Smarter Fernseher 14
 - Smartes Thermostat 14
 - Smart Factory 92, 138
 - Smart Glasses 234
 - Smart Metering 18, 245
 - Smartphone 13, 214
 - Smart Products 271
 - Smart Services 271
 - Smart Watch 156
 - Social Distancing 154, 237
 - Softwareanwendung 67
 - Software as a Service (SaaS) 85, 106, 120, 136, 268
 - Softwareausschreibung 109
 - Speditionsoftware 135
 - Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 100, 124
 - Speichertemperaturen 34
 - Sprachassistent 155
 - Stand-up Meeting 260
 - Staplerterminal 124
 - Stereolithografie (SLA) 166
 - Steuerung der Kühlung 41
 - Subskriptionen 62
 - Super Cockpit 160
 - Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) 94, 100
 - Supply Chain-Netzwerke 51
- T**
- Tags 66
 - Telematiksystem 100, 133
 - Textverarbeitungssoftware 156
 - TH Data 121
 - Thermostat 46, 59
 - Timeboxing 257
 - Track & Trace 6, 146, 221, 232
 - Track- und Trace-Anwendung 192
 - Transportaufgaben 67
 - Transportmanagement 135
 - Transport Management System (TMS) 133, 134
- Transportprozess 126
 - Trojan Room-Kaffeemaschine 4
- U**
- Überwachung von Motoren 246
 - Umgebungsnetzwerk 78
 - Unternehmensinkubatoren 278
 - Unternehmenssoftware 111
 - Upcycling 192
 - Use Case 173, 195
 - User Experience (UX) 268
 - User Interface (UI) 76, 175, 184
 - User Story 181, 209
- V**
- VDI-Richtlinie 3601 123
 - VDI-Richtlinie 5600 139
 - VDMA OPC UA Robotics 200
 - Vendor Lock-in 96
 - Verarbeitungsparameter 61
 - Verkehrsmanagement 243
 - Vernetzte Lieferkette 126
 - Vernetzte Maschinen 19
 - Vernetzte Supply Chain 84
 - Versandsoftware 57
 - Verschiedenartigkeit 47
 - Vertraulichkeitsstufen 40
 - Verwaltung 59
 - Verwaltungsebene 46
 - Vibrationssensor 210
 - Virtual Reality (VR) 159
 - Visualisierung 263
 - VITAL (Validating Investment Tool for Advancing Life Sciences) 154
 - Vorausschauende Wartung 254
 - Vorschriften 55
 - VR-Brille 160, 234
- W**
- Wahlfreiheit 42
 - WAN 60

- Warehouse Management System (WMS) 123
- Wareneingangsprozess 67
- Wartungspläne 157
- Wasserfallmethode 255
- Watson 154
- Wearables 235
- Weltbevölkerung 144
- Wiederverwertbarkeit 51
- Wireless Sensor Network (WSN) 7
- WLAN 50
- Y
- YOLO-Architektur 238
- Z
- Zertifizierungsstellen 42
- Zugriffsdatenfluss 75
- Zugriffsnetzwerk 78
- Zukunftstechnologien 143
- Zusammensetzbarkeit 44
- Zustandsüberwachung 19, 47
- Zweck (IoT) 42