

Andreas Holtschulte

# **PRAXIS- LEITFADEN** **IoT und** **Industrie 4.0**

Methoden, Tools und Use Cases  
für Logistik und Produktion



HANSER

HANSER

Andreas Holtschulte

# **Praxisleitfaden IoT und Industrie 4.0**

Methoden, Tools und Use Cases für Logistik und Produktion

Der Autor:

*Andreas Holtschulte, Ilvesheim*

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor und Verlag die Gewähr dafür, dass beschriebene Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2021 Carl Hanser Verlag München, [www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Julia Stepp

Herstellung: Björn Gallinge

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Titelmotiv: © [stock.adobe.com/spainter\\_vfx](https://stock.adobe.com/spainter_vfx)  
Coverrealisation: Max Kostopoulos

Print-ISBN: 978-3-446-46683-8

E-Book-ISBN: 978-3-446-46895-5

ePub-ISBN: 978-3-446-47015-6

# Inhalt

## Titelei

## Impressum

## Inhalt

## Vorwort

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

## 1.1 Dinge in der Wolke: Was ist IoT?

## 1.2 Wie alles begann

### 1.2.1 Die erste Kaffeemaschine im Netz

### 1.2.2 Funktechnik als Wegbereiter

### 1.2.3 Die vier industriellen Revolutionen

1.2.3.1 Maschinenzeitalter – Industrie 1.0

1.2.3.2 Industrialisierung – Industrie 2.0

1.2.3.3 Digitales Zeitalter – Industrie 3.0

1.2.3.4 Digitale Transformation – Industrie 4.0

## **1.3 Beispiele für IoT-Anwendungen**

1.3.1 Use Cases aus dem Consumer-Bereich

1.3.2 Use Cases aus dem industriellen Bereich

## **1.4 Potenziale und Entwicklungen im IoT-Umfeld**

1.4.1 Wo steht IoT in Deutschland?

1.4.2 Was sagen die Zahlen?

# **2 Bauplan für IoT-Systeme**

## **2.1 IoT-Komponenten und -Begrifflichkeiten**

2.1.1 Sensoren und Aktoren

2.1.2 Hot, Warm und Cold Storage

2.1.3 Digital Twin

2.1.4 DevOps

## **2.2 Merkmale und Anforderungen nach ISO 30141**

2.2.1 Sicherheit von IoT-Systemen (Normabschnitt 7.2)

2.2.2 Architekturanforderungen von IoT-Systemen  
(Normabschnitt 7.3)

2.2.3 Funktionen von IoT-Systemen (Normabschnitt 7.4)

## **2.3 Architektur von IoT-Systemen nach ISO 30141**

2.3.1 IoT-konzeptionelles Modell

2.3.2 IoT-Referenzmodell

2.3.3 IoT-Referenzarchitektur

# **3 IoT-Plattformen**

## **3.1 IoT ohne Internet**

3.1.1 Edge Computing

3.1.2 Fog Computing

## **3.2 Cloud Computing**

3.2.1 Software as a Service (SaaS)

3.2.2 Infrastructure as a Service (IaaS)

3.2.3 Platform as a Service (PaaS)

## 3.3 Das Internet der Dinge – ein wachsender Markt

3.3.1 IoT-Anbieter im Wettbewerb

3.3.2 IoT als eigenes Marktsegment

## 3.4 Auswahlkriterien für IoT-Plattformen

3.4.1 Fraunhofer-Studie als Entscheidungshilfe

3.4.2 Integrierte versus separate Sensoren

3.4.3 Daten- und IT-Sicherheit

## 3.5 Multi-Cloud-Strategien

# 4 IoT und Unternehmenssoftware

4.1 Generelle Tipps zur Softwareanschaffung

4.2 Enterprise Resource Planning (ERP)

4.3 Lagerverwaltungssystem (LVS)

4.4 Transport Management System (TMS)

4.5 Manufacturing Execution System (MES)



## **5 Interaktion von IoT mit anderen Technologien**

### **5.1 Big Data**

### **5.2 Künstliche Intelligenz (KI)**

### **5.3 Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR)**

### **5.4 3D-Druck**

## **6 IoT-Projekte erfolgreich vorbereiten**

### **6.1 Designdenken nach Rams**

### **6.2 Design Thinking – besser als Brainstorming**

#### **6.2.1 Design Thinking-Phasen im Überblick**

#### **6.2.2 Tipps für die erfolgreiche Umsetzung**

### **6.3 Realitätscheck für Use Cases**

### **6.4 Partner und Support für IoT-Projekte**

### **6.5 Neu kaufen oder upgraden?**

# **7 Use Cases für das Internet der Dinge**

## **7.1 Fahrerlose Transportfahrzeuge in der Produktion und Logistik**

7.1.1 Ausgangssituation

7.1.2 FTS-Leitstand – Marke Eigenbau in der Cloud

7.1.3 Erfolg durch Vereinfachung

7.1.4 Architektur und Komponenten

## **7.2 Containermanagement in Echtzeit**

7.2.1 Problemstellung

7.2.2 Lösungsdesign mit Design Thinking

7.2.3 Lösung

7.2.4 Architektur und Komponenten

## **7.3 Corona-Warn-App**

## **7.4 Track & Trace in der Logistik und Produktion**

7.4.1 IoT in der Intralogistik

7.4.2 Diebstahlüberwachung im Lager mit IoT

7.4.3 Nachverfolgung in globalen Lieferketten

7.5 Intelligente Datenbrillen im Lager und in der Produktion

7.6 Objekterkennung mit IoT

7.7 Wartung und Instandhaltung in der Produktion

7.8 IoT-Geschäftsmodelle im Maschinenbau

## 8 Vom Projekt zur IoT-Strategie

8.1 Projekte agil umsetzen

8.1.1 Scrum

8.1.2 Kanban

8.1.3 Rapid Prototyping und Minimum Viable Product

8.2 Aufbau eines digitalen Geschäftsmodells

8.3 Strategische Partnerschaften für IoT

8.4 Innovation und Transformation

# Vorwort

Sind Sie bereit für die digitale Revolution der Logistik, Produktion und Supply Chain in Ihrem Unternehmen? Dieser Praxisleitfaden liefert Ihnen eine konkrete Anleitung, wie Sie mithilfe des Internets der Dinge (Internet of Things, IoT) zum Unternehmen 4.0 gelangen. Möglicherweise denken Sie jetzt: Der nimmt den Mund ja ganz schön voll. Das mag sein, doch ich bin davon überzeugt, dass IoT der zentrale Treiber der digitalen Transformation ist. Keine andere Technologie steht in ihrer Gesamtheit für Industrie 4.0 wie das industrielle Internet der Dinge. Im Zusammenspiel mit Technologien wie Analytics oder Machine Learning ist IoT in der Lage,

- Abläufe in Unternehmen zu digitalisieren,
- Abteilungen und Unternehmen miteinander zu verbinden,
- Geschäftsabläufe zu automatisieren,
- neue Geschäftsmodelle umzusetzen und
- Unternehmensprozesse intelligenter zu machen.

Durch die Interaktion von IoT mit anderen Innovationstechnologien und durch die Integration von IoT-Systemen in die klassische Unternehmenssoftware zur Planung,

Steuerung und Überwachung lassen sich Prozessinnovationen und Zusammenarbeitsmodelle über die komplexen Wertschöpfungsketten der Supply Chain abbilden und umsetzen.

Industrie 4.0 und das Industrial Internet of Things (IIoT) verändern die Supply Chain bereits heute substanziell – und wir stehen gerade erst am Anfang. Insbesondere Deutschland als Logistikweltmeister und als Heimatland des Maschinen-, Anlagen- und Automobilbaus kann von den Innovationen im Bereich IIoT profitieren. Im industriellen Internet der Dinge können Maschinen, Anlagen und Bauteile über einen digitalen Zwilling abgebildet werden. Die Informationen in Echtzeit zu Position, Geschwindigkeit und Zustand von Objekten eröffnen Chancen für neuartige Dienstleistungen und Geschäftsmodelle.

Durch die über die komplette Supply Chain erfassten und gesammelten Maschinen-, Bestands- und Transportdaten werden die Prozesse in der Kette transparenter, schneller, flexibler und sicherer. Produkte können individualisierter und zu günstigeren Stückkosten hergestellt werden. Ganze Produktionsanlagen werden dadurch autonom. Supply Chain-Netzwerke werden vorhersagbar und transparent für alle Parteien, die in der Logistik- und Produktionskette partizipieren.

Konnte ich mit meinen Aussagen Ihr Interesse wecken? Wollen Sie Ihre internen und nach außen gerichteten Prozesse mithilfe von IoT optimieren und verschlanken? Wollen Sie erfahren, wie Sie – basierend auf Ihrem derzeitigen Geschäftsmodell – mit IoT neue Chancen und Bereiche, zum Beispiel in Form eines digitalen Service, erschließen? Wollen Sie lernen, wie Sie ein IoT-Projekt durchführen, welches sich in seiner Komplexität von typischen IT- und Innovationsprojekten unterscheidet? Wollen Sie herausfinden, wie vergleichbare Projekte von anderen umgesetzt

wurden und was deren Erfolgsfaktoren waren? Dann ist dieses Buch wie für Sie gemacht, denn es wird Sie dabei unterstützen, Ihr Unternehmen im Bereich Logistik, Produktion und Supply Chain mit Hilfe von IoT auf die nächste Entwicklungsstufe zu heben.

In [Kapitel 1](#) erläutere ich, was unter dem Internet der Dinge zu verstehen ist und welches Potenzial in der Technologie steckt. Alles begann mit einer Kaffeemaschine, deren Video im Intranet veröffentlicht wurde. Sie werden lernen, dass das Internet der Dinge zwar auch im privaten Bereich an Bedeutung gewinnt, dass IoT aber vor allem in der Industrie, insbesondere im Bereich Produktion und Logistik, enorme Chancen eröffnet – und das speziell für den Wirtschaftsstandort Deutschland mit seinen tiefen Kenntnissen im Bereich Maschinen- und Anlagenbau.

In [Kapitel 2](#) gebe ich Ihnen die technische Basis an die Hand, die notwendig ist, um IoT-Systeme zu planen, zu bauen und zu betreiben. Wir werfen einen Blick auf den internationalen Standard zur IoT-Referenzarchitektur (ISO/IEC 30141:2018) und beleuchten weitere Grundlagen, die für die IoT-Welt von Bedeutung sind.

Was ist ein IoT-System ohne Cloud-Plattform? Wahrscheinlich würde ohne sie das Internet im Internet der Dinge fehlen. Daher werfen wir in [Kapitel 3](#) einen detaillierten Blick auf die am Markt verfügbaren Cloud-Plattformen und ich zeige Ihnen, worauf Sie bei der Auswahl achten sollten.

Im Kontext von Industrie 4.0 ist nicht nur die IoT-Applikation, das IoT-System oder die Cloud-Plattform entscheidend, sondern auch das digitale Rückgrat des Unternehmens, in welches die Informationen aus dem IoT-System eingebunden werden sollen. Deshalb schauen wir uns in [Kapitel 4](#) die für IoT relevanten

Unternehmenssoftware-Systeme und die Verarbeitung der IoT-Informationen in diesen Systemen an. Dies ist eine wichtige Grundlage dafür, dass IoT einen Wertbeitrag zu einer ganzheitlich integrierten Supply Chain leisten kann.

IoT ist die Kerntechnologie in der Industrie 4.0. Sie steht aber nicht isoliert da – weder in Bezug auf das digitale Rückgrat der Software eines Unternehmens noch bezogen auf andere Innovationstechnologien unserer digitalen Welt. Aus diesem Grund widme ich mich in [Kapitel 5](#) der Interaktion von IoT mit Technologien wie Big Data, Künstliche Intelligenz, Augmented Reality, Virtual Reality und 3D-Druck.

IoT-Projekte sind komplex. Das liegt unter anderem am Zusammenspiel von Netzwerktechnik, Elektrotechnik, Steuerungs- und Regelungstechnik, Cloud-Technologie, On-Premise-Software, integrierten Informationssystemen sowie Informatik. Zum anderen drängen sich für das Design einer IoT-Lösung moderne Methoden geradezu auf. Insbesondere im Umfeld von Industrie 4.0 ist die Fokussierung auf den User und die Prozesseffizienz durch dessen Einsatz erfolgskritisch. In [Kapitel 6](#) zeige ich Ihnen, wie Sie bereits in der Design-Phase das Maximum aus der Lösung herausholen.

In [Kapitel 7](#) stelle ich konkrete IoT-Anwendungsfälle aus der Industrie vor, die von realen Kunden aus dem Logistik- und Produktionsbereich stammen. Ich erläutere, wie die Kunden zu der Lösung gekommen sind und beschreibe dabei auch die technischen Komponenten.

Vergessen Sie nicht die ganzheitliche Strategie Ihres Unternehmens. Machen Sie sich und Ihr Unternehmen startklar für eine Zeit, die von größeren Umwälzungen und Veränderungen geprägt sein wird als alles, was wir uns heute vorstellen können.

Wie Sie darauf reagieren können und wie Sie sich für die Zukunft aufstellen, wie Sie strategische Partnerschaften aufbauen und pflegen, verrate ich Ihnen in [Kapitel 8](#). Hier lernen Sie auch, wie Sie durch den Einsatz und die Festigung agiler Methoden in Ihrem Unternehmen aus einem Projekt eine IoT-Strategie entstehen lassen. IoT ermöglicht es Ihnen, Ihr traditionelles Geschäftsmodell zu erweitern oder komplett zu transformieren.

Ohne eine Danksagung kommt kein gutes Buch aus. Besonderer Dank gilt meiner Frau Gitti und meinen beiden Kindern Marlene und Kurti für ihre Geduld und Unterstützung während des Verfassens dieses Werkes, das in Zeiten von Corona-Pandemie, von Home Schooling sowie der Gründung und des Aufbaus meiner Unternehmen in 2020 entstand. Für die Hilfe meines Freundes und Redakteurs Dirk Nordhoff ([deutschmitdirk.de](http://deutschmitdirk.de)), mit dem ich bereits seit Ende der 90er Jahre zusammenarbeite, möchte ich mich ebenfalls bedanken. Wir starteten beide unsere berufliche Laufbahn als Journalisten bei der Westdeutschen Allgemeinen Zeitung in der Funke Mediengruppe. Ohne ihn und die hervorragende Unterstützung und Engelsgeduld meiner Lektorin Julia Stepp wäre dieses Buch nicht in der vorliegenden sprachlichen Qualität entstanden. Ein großer Dank gilt auch den Unternehmen, die mit Use Cases und Interviews zur Entstehung dieses Buches beigetragen haben: Zolitron Technology GmbH, IdentPro GmbH, Huawei, Cisco, IoT Analytics, Fraunhofer-Institut, PAC Deutschland, digit-ANTS GmbH und iloT.institute.

Ilvesheim, Februar 2021

*Andreas Holtschulte*



# 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 Vorgeschichte, 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-Kaffeemaschine 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“.<sup>1</sup> 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.

Technologiehistorisch 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) 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 Barcodescanner 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