

# HANSER



## Leseprobe

zu

## „KI-Kompass für Entscheider“

von Ulrich Sendler

Print-ISBN: 978-3-446-46295-3  
E-Book-ISBN: 978-3-446-46590-9  
ePub-ISBN: 978-3-446-46639-5

Weitere Informationen und Bestellungen unter  
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-46295-3>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	IX
<b>1 Einführung</b> .....	1
1.1 Worüber reden wir? .....	1
1.2 Das Besondere an der industriellen KI .....	6
1.3 Theorie und Praxis .....	9
<b>2 Eine kurze Geschichte der Künstlichen Intelligenz</b> .....	11
2.1 Begriffsklärung: Intelligenz vs. Künstliche Intelligenz .....	12
2.2 Starke und schwache KI, Expertensysteme ....	16
2.3 Künstliche neuronale Netze (KNN) .....	21
<b>3 Die jüngste Geschichte der Industrialisierung</b> .....	27
3.1 Deutschland: Von SPS zu Industrie 4.0 .....	28
3.2 USA: Silicon Valley und Industrial Internet ....	34
3.3 China: Die verlängerte Werkbank wird zur ernsthaften Konkurrenz .....	41

<b>4</b>	<b>Stand der KI-Technik</b> .....	49
4.1	Datenwissenschaft (Data Science) .....	51
4.2	Wie Maschinen lernen .....	56
4.3	Künstliche neuronale Netze: Auswahl der passenden Netzstruktur .....	64
4.4	Was Maschinen lernen .....	68
<b>5</b>	<b>Industrielle KI</b> .....	73
5.1	Warum und wofür KI in der Industrie? .....	75
	5.1.1 KI in Produktion und Produktentstehung	77
	5.1.2 KI für produktbasierende Dienste .....	85
5.2	KI in Cloud und Edge Cloud, KI auf dem Chip ..	90
5.3	Safety First .....	93
5.4	Eine Frage der Ethik .....	100
<b>6</b>	<b>Industrieplattformen</b> .....	105
6.1	Neue Ökosysteme .....	106
6.2	B2B-Plattformen .....	111
6.3	Die Schichten einer Industrieplattform .....	115
	6.3.1 Die Plattform als Basis .....	116
	6.3.2 Managed Services .....	118
	6.3.3 Cloud Infrastructure as a Service .....	119
	6.3.4 IT, Systemintegration und Beratung ....	120
6.4	Plattform-Communities .....	124
<b>7</b>	<b>Industrie und industriennahe Forschung betreten das Feld der KI</b> .....	127
<b>8</b>	<b>ABB – von der Automatisierung zur Autonomisierung der Industrie</b> .....	133
	<i>Dr. Christopher Ganz, Head of Strategic Solutions and Standardization, ABB Future Labs</i>	
8.1	ABB Ability .....	139
8.2	Das Beispiel Anlagenbetrieb .....	142

8.3	Das Beispiel Robotereinsatz .....	145
8.4	Das Eigentum an Daten und KI-Systemen .....	150
8.5	Die Safety hat absolute Priorität .....	154
8.6	Vertrauenswürdige KI aus Europa .....	156
8.7	Die Herausforderung für die Industriekunden ..	158
<b>9</b>	<b>Dassault Systèmes: Eine durchgängige Datenkette</b> .....	<b>161</b>
	<i>Ulrich Sandler</i>	
9.1	Von der CAD-Software zum Lösungsangebot ...	162
9.2	Finden und Wiederverwenden .....	164
9.3	Zusammenhänge verstehen, Lösungen bieten ..	167
9.4	KI im Labor .....	169
9.5	Anwendungsfälle und Datenbeschaffung .....	174
<b>10</b>	<b>it's OWL: Der Mittelstand vernetzt sich für KI</b> .....	<b>181</b>
	<i>Prof. Dr. Roman Dumitrescu, Geschäftsführer it's OWL Clustermanagement GmbH</i>	
10.1	Gelbe Seiten für KI in der Produktentstehung ..	186
10.2	Vertrauenswürdiger Datenraum .....	191
10.3	App Store für KI Engineering-Lösungen .....	193
10.4	Selbst konfigurierbare Industrie-Apps .....	196
<b>11</b>	<b>Siemens – ein Vorreiter der Digitalisierung</b> .....	<b>199</b>
	<i>Klaus Helmrich, Mitglied des Vorstands der Siemens AG und CEO Digital Industries</i>	
11.1	Erfahrung ist die Basis für Innovationen .....	200
11.2	Von Forschungsprojekten zum produktiven Einsatz .....	204
11.3	Integration von Prozesswissen und Data Science .....	208
11.4	Die industrielle Cloud-Plattform MindSphere ..	212
11.5	Siemens als verantwortungsbewusster KI-Vorreiter .....	216

<b>12</b>	<b>Benchmarking-Studie der RWTH Aachen: „Künstliche Intelligenz in der F&amp;E“</b>	219
	<i>Dr.-Ing. Christian Dölle, Jan Koch, Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen</i>	
12.1	Studienschwerpunkte	221
12.2	Studienablauf	222
12.3	Fragebogenaufbau	225
12.4	Studienauswertung	227
12.5	Fallstudien und Unternehmensbesuche	238
12.6	Erfolgsfaktoren	241
12.7	Successful Practice Insight: Dürr Systems AG	244
	<i>Dr.-Ing. Annabel Linsel, Dr.-Ing. Simon Alt, Kristin Roth, Dürr Systems Aktiengesellschaft</i>	
12.8	Successful Practice Insight: Airbus S.A.S.	249
	<i>Guillaume Alléon, Leiter KI-Forschung, Airbus S.A.S.</i>	
12.8.1	Automatisierung in der zivilen Luftfahrt	249
12.8.2	Autonomes Fliegen	251
12.8.3	Künstliche Intelligenz im Flugbetrieb	252
12.8.4	Bordseitige Künstliche Intelligenz	255
12.8.5	Fazit	257
12.9	Successful Practice Insight: 3M Deutschland GmbH	258
	<i>Dr. Katja Hansen, Andreas Kassner, Klaus Bohle, 3M Deutschland GmbH</i>	
12.9.1	Integration von Künstlicher Intelligenz bei 3M	258
12.9.2	Produkte für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz im Automotive-Sektor	260
12.9.3	Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen	261
<b>13</b>	<b>Internet of Production (IoP)</b>	265
	<i>Dr.-Ing. Christian Dölle, Stefan Perau, Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen</i>	
	<b>Index</b>	273

# Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

jetzt haben Sie ihn in der Hand, den KI-Kompass für Entscheider, einen Leitfaden, der Ihnen als Orientierungshilfe beim Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Industrie dienen soll. Das Thema ist höchst aktuell. Alle Gespräche, die ich im letzten halben Jahr mit zahlreichen Experten in Industrie und Forschung geführt habe, haben das mehr als bestätigt. Gerade in der Industrie versprechen sich viele wahre Wunder von der KI. Sie soll für einen neuen Schub an Produktivität und Effizienz sowie für innovative Produkte, Prozesse und Dienstleistungsangebote sorgen. Doch dann breitete sich, mitten während der Manuskripterstellung, das Coronavirus in China aus und zog eine explosionsartige, weltweite Verbreitung nach sich.

Wer hätte sich vor etwas über einem halben Jahr, als ich mit den Vorarbeiten für dieses Buch begann, vorstellen können, in welcher Lage sich die Welt heute, Ende März 2020, befindet? Home Office all-überall, strenge Ausgangsbeschränkungen, ein Beinahe-Shutdown großer Teile der Wirtschaft. Noch ist nicht abzusehen, wohin diese Pandemie die Menschheit führt. Genauso wenig lässt sich ahnen, wie unsere Wirtschaft

und eine ihrer wichtigsten Säulen, die Fertigungsindustrie und der Anlagenbau und -betrieb, auch nur im nächsten halben Jahr dasteht, wenn dieses Buch auf dem Markt ist. Welche Folgen sich mittel- und längerfristig ergeben werden, ist völlig offen.

Das Dreieck der wirtschaftlichen Kräfte zwischen Deutschland bzw. Zentraleuropa, den USA und China, wie in Kapitel 3 dargestellt, wird wohl nicht mehr dasselbe sein wie Ende 2019. Angesichts des monatelangen Stillstands der Wirtschaft in weiten Teilen Chinas nach dem Ausbruch der Seuche und der wohl schwersten bevorstehenden Krise der Weltwirtschaft seit dem Zweiten Weltkrieg mit den derzeitigen Epizentren USA und Zentraleuropa wird man die Kräfteverhältnisse neu vermessen müssen. Und doch wird sich dadurch an den wesentlichen Inhalten von Kapitel 3 nichts grundsätzlich ändern. Es ist nämlich nicht zu erwarten, dass irgendeine Seite aus der globalen Seuche ausgerechnet mit völlig neuen Positionen hinsichtlich des industriellen Einsatzes Künstlicher Intelligenz herauskommt. Dass das Thema KI durch die Krise weniger wichtig sein wird, ist erst recht nicht zu erwarten – eher das Gegenteil.

Von Siemens kommt dieser Tage die Meldung: „Zur Unterstützung im Kampf gegen Covid-19 haben wir jetzt unser Additive Manufacturing Network geöffnet für Krankenhäuser und Gesundheitsorganisationen, die dringend medizinische Ersatzteile benötigen. So können deren Design- und Druckanfragen schnell und effizient bearbeitet werden“, so Klaus Helmrich, Mitglied des Vorstands der Siemens AG und CEO von Siemens Digital Industries. Er ist Autor von Kapitel 11, in dem von dieser Art digitaler Vernetzung noch nicht die Rede ist.

Dassault Systèmes, von deren KI-Portfolio Kapitel 9 handelt, gibt bekannt, mit der eigenen Plattform zahlreiche Initiati-

ven gegen das neue Virus zu unterstützen. Dabei geht es etwa darum, kurzfristige Herausforderungen bei klinischen Studien im Bereich Biopharma mit Therapeutika und Protokollen zu lösen und Logistikplattformen zu optimieren. Support-Teams unterstützen gleichzeitig alle Kunden dabei, ihre Ausstattung für die Arbeit im Home Office zu erweitern.

Man darf davon ausgehen, dass digitale Vernetzung und Künstliche Intelligenz schon im Kampf gegen die Ausbreitung der Seuche eine wichtige Rolle spielen werden. Selten haben täglich aktuelle Daten aus unterschiedlichen Bereichen der Gesellschaft und aus aller Welt so im Zentrum der allgemeinen Aufmerksamkeit gestanden. Selten war die industrie- und kontinentübergreifende Anstrengung so groß, verfügbare Technologien und wissenschaftliche Erkenntnisse für einen gemeinsamen Kampf der Menschheit gegen eine weltweite Bedrohung zu nutzen. Als einer der positiven Effekte der aktuellen Krise ist nicht auszuschließen, dass wir alle besser verstehen werden, wie wir unsere technischen Errungenschaften, insbesondere Digitalisierung und Künstliche Intelligenz, zum Nutzen aller einsetzen können.

Ein anderer Aspekt ist vielleicht noch wichtiger. Wenn die Wirtschaft wieder hochgefahren wird, wenn in allen Ländern wieder an die globale Vernetzung der Zeit vor der Krise angeknüpft wird, dann könnte dabei gerade die industrielle Künstliche Intelligenz eine besondere Rolle spielen. Die Beschleunigerkraft der KI und ihre Wirkung als Motor für Innovation und schnelle, qualitativ höherwertige Prozesse, die in diesem Buch aufgezeigt wird, könnte beim Durchstarten der Weltwirtschaft eine große Hilfe sein.

Insofern freue ich mich gerade in diesen Tagen, dass ich das Buch fertiggestellt habe und in die Produktion geben kann. Die große Krise der Menschheit macht es nicht überflüssig oder unnötig. Es ist aller Voraussicht nach umso wichtiger,



## **XII** Vorwort

für die kommenden Monate und Jahre einen Kompass für das zu haben, was bei der Nutzung industrieller KI zu beachten ist.

*Ulrich Sendler, 28. März 2020*

# 1

## Einführung

### 1.1 Worüber reden wir?

Künstliche Intelligenz (KI) ist in aller Munde, doch das bedeutet nicht, dass auch aus jedem Mund Wertvolles dazu beigetragen wird. In den letzten Jahren kam noch der Begriff Maschinenlernen (Machine Learning, ML) hinzu, und auch er wird täglich in den Medien ausgeschlachtet. Die Themen sind breit gefächert und betreffen etwa die Auswirkungen der KI auf den Menschen, ihre Bedeutung für das tägliche Leben und Arbeiten, ihre Chancen und ihre Gefahren. Ein Anwendungsfeld ist dabei sehr selten zu finden und kommt erstaunlich kurz, obwohl es möglicherweise in naher Zukunft mehr Bedeutung haben wird als alle anderen zusammen genommen, und das ist die Industrie, genauer: die Branchen der Fertigungsindustrie und des Anlagenbaus und -betriebs. Das vorliegende Buch beschäftigt sich nur am Rande mit der allgemeinen Debatte über die Künstliche Intelligenz und verweilt nicht lange bei der Begriffsklärung von KI und ML. Thema dieses Buches ist der beginnende und bevorstehende Einsatz von KI in den industriellen Wertschöpfungsprozessen und in deren Ergebnissen, den Produkten – und künftig

auch immer mehr in den Diensten, die nun auf Basis vernetzter Produkte angeboten werden können.

Es ist nicht erstaunlich, dass das Großthema Künstliche Intelligenz gerade in der Industrie relativ spät adressiert wird. Hier sind die Anforderungen an neue Technologien sehr viel höher als beispielsweise bei deren Nutzung auf dem Smartphone, sei es privat oder beruflich. Die Voraussetzungen für einen wirtschaftlich erfolgreichen Einsatz sind in der Industrie noch keineswegs gegeben, wenn etwas schon leidlich gut funktioniert. Es muss sicher sein, es muss industriellen Standards genügen, und es muss vor allem eins: einen Mehrwert erbringen, der über den mit herkömmlichen Technologien erreichbaren hinausgeht. Das war bis vor sehr kurzer Zeit bei Künstlicher Intelligenz nicht der Fall. Jetzt hat die KI für eine Reihe von Anwendungsfällen bereits bewiesen, dass sie ausgesprochen nützlich und wertvoll sein kann. Außerdem ist sie an einer Schwelle zum massenhaften Einsatz, der sie für viele bislang noch gänzlich unerschlossene Anwendungen gerade in der Industrie interessant werden lässt. Dies gab mir den Anstoß, das Buch zu schreiben.

#### Orientierungshilfe für Entscheidungsträger

Da es bis vor wenigen Jahren so aussah, als werde KI vor allem – wenn nicht ausschließlich – für den E-Commerce, für die Konsumenten und die an sie gerichtete Werbung Entscheidendes bieten, haben sich viele Entscheidungsträger in der Industrie, viele IT-Verantwortliche und selbst Softwareingenieure noch kaum damit beschäftigt. Also mangelt es in doppelter Hinsicht an Expertise. Einerseits ist noch wenig Wissenswertes über industrielle KI zu finden, andererseits gibt es nur wenige Experten, die sich damit befassen haben. Zudem sind diese bekanntlich selten im eigenen Haus anzutreffen, sondern meist ausgerechnet bei der Konkurrenz –

und in diesem Fall häufig sogar nur in der Forschung. Deshalb soll dieses Buch vor allem eine Orientierungshilfe sein. Was macht KI für die Industrie wichtig und tatsächlich schon in naher Zukunft wirtschaftlich interessant? Welche Anwendungsgebiete sind denkbar oder werden schon bespielt? Was muss ein Unternehmen berücksichtigen, wenn es KI nutzen will? Welche Player und welche Anbieter spielen hier die Hauptrolle?

Eine kurze Geschichte der Industrie – nicht nur für Historiker ■

Der Einstieg ins Buch ist – nach einem kurzen Rückblick auf die Geschichte der KI und auf die jüngsten Entwicklungen der Industrialisierung – eine Analyse des aktuellen Stands der Technik, die erklärt, warum Künstliche Intelligenz für die Industrie brandheiß und hoch aktuell ist und möglicherweise schon in wenigen Jahren zum „Game Changer“ wird, wie man es neuerdings gerne nennt. Warum es also wettbewerbsentscheidend sein kann, ob ein Unternehmen sich auf KI einlässt und darin investiert oder nicht, und was dafür sorgt, dass KI und ML in den Augen vieler Experten zum voraussichtlich wichtigsten Treiber industrieller Innovation werden.

Der Begriff Künstliche Intelligenz ist schon mehr als 60 Jahre alt, aber wie vom ersten Tag an bewegt er die Gemüter. Im letzten Jahrzehnt hat die KI sich nicht grundsätzlich gewandelt. Vieles von dem, was uns heute auf Schritt und Tritt unter diesem Kürzel begegnet, hat seinen Ursprung in technologischen Erfindungen und wissenschaftlicher Forschung, die schon seit mehreren Jahrzehnten verfügbar sind. Künstliche neuronale Netze etwa standen in der Mitte des letzten Jahrhunderts ganz am Anfang der Entwicklung. So wie sie heute eingesetzt werden, gibt es sie seit dem Ende der Neunzigerjahre. Was also ist geschehen, dass sie jetzt eine gera-

dezu revolutionäre Rolle spielen? Bei genauer Betrachtung verliert diese Fragestellung alles Mysteriöse. Es ist nämlich eigentlich eher eine Frage der Quantität – generell an verfügbaren Daten, an Rechenleistung und Speicherkapazität, aber auch an Geld, das in Forschungsprojekte gesteckt wurde – als eine Frage der Qualität, was KI derzeit zu einem der wichtigsten Treiber gerade auch industrieller Innovation macht.

USA, China, Zentraleuropa – wer macht das Rennen? ■

Noch vor einigen Jahren wäre kaum jemand auf die Idee gekommen, dass solch ein Einsatz überhaupt möglich ist. Jetzt stehen die KI-Anbieter auf der größten Industriemesse der Welt in Hannover, weil sie offenbar davon überzeugt sind, in den Industrieunternehmen gerade auch am industriell wichtigen Standort Deutschland ihren wohl zentralen Markt für die kommenden Jahre und vielleicht Jahrzehnte zu finden, denn ihr Thema ist das Internet der Dinge oder Internet of Things (IoT). Zunehmend tummeln sich in Hannover auch alle möglichen Partner und Beteiligten der neuen Art von Ökosystem. Die Messe ist ein Spiegel der industriellen Entwicklung. Nach der globalen Erweiterung des Industrieunternehmens durch Zulieferer und Partner in den letzten Jahrzehnten entsteht nun eine Erweiterung der industriellen Wertschöpfungskette hin zu einem Ökosystem, in dem der Anbieter eines Produktes tatsächlich nur einer unter vielen Beteiligten ist – und die Rollen in der zukünftigen Industrielwelt sind beileibe noch nicht verteilt.

Haben uns die USA und ihr Silicon Valley längst abgehängt und können wir nur noch schauen, in welchen Nischen wir wenigstens eine erträgliche Nebenrolle spielen dürfen? Diese Frage wird landauf, landab diskutiert, und von der Antwort hängt ab, ob wir uns grundsätzlich um unsere Fortexistenz als bedeutender Industriestandort Sorgen machen müssen.

Dazu ist es wichtig zu verstehen, dass sich die westliche Industrielwelt im Verlaufe der letzten Jahrzehnte einerseits in mehr auf die Optimierung der Fertigungsindustrie und andererseits in unmittelbar auf den Computer und die Entwicklung der Informationstechnologie orientierte Richtungen aufgespalten hat.

Für die hardwareorientierte Seite spielt Deutschland heutzutage vor allem mit seinem Maschinen- und Anlagenbau, mit seiner umfassenden Automatisierungsbranche, mit den Geräteherstellern in der Medizintechnik und mit dem Automobilbau durchaus eine Vorreiterrolle in der Welt. Wie weit trägt dieser Vorsprung, wenn es nun um den Einzug der KI auch in diese Branchen geht?

Bei den anderen, mehr Softwareorientierten, waren bis vor gar nicht langer Zeit die großen Internetkonzerne der USA diejenigen, die den Weltmarkt angeführt haben. Was bedeutet dieser Vorsprung, wenn KI und digitale Vernetzung ein Internet der Dinge ermöglichen, bei dem es nicht mehr um Dienste auf dem Smartphone oder Computer, sondern um Dienste auf Basis beliebiger industrieller Produkte und unendlich vieler anderer Dinge geht?

Wenn man KI sagt, ist mittlerweile auch sehr schnell von China die Rede; von den auf vielen Feldern der Digitalisierung und des Internets an den USA vorbeiziehenden Konzernen im Reich der Mitte; von den finanziellen und politischen Anstrengungen der chinesischen Regierung, die neuesten Technologien nicht nur zur Festigung ihrer Macht und Kontrolle, sondern möglicherweise auch zur Eroberung einer neuen Weltmachtposition zu nutzen. Die künftige Rolle des Industriestandorts Deutschland ist – insbesondere hinsichtlich der KI – also nicht mehr nur in Bezug auf die USA, sondern mindestens genauso gründlich auch in Bezug auf das aufstrebende China zu bestimmen. All dies ist Gegenstand von Kapitel 2 bis 4 dieses Buches.

## 1.2 Das Besondere an der industriellen KI

Natürlich interessieren die Entscheidungsträger in der Industrie und ihre IT- und Engineering-Experten nicht nur diese grundsätzlichen, globalen, historisch und technologisch wichtigen Einordnungen von Künstlicher Intelligenz und Maschinenlernen. Besonders interessant wird es für sie alle erst, wenn sie die Technologie in ihre Bestandteile zerlegt vor sich haben, wenn sie wissen, was es zu kaufen gibt und was sie selbst entwickeln müssen, und welche Rolle dabei welche Komponenten spielen. Das ist der zweite Themenkomplex, den das Buch in Kapitel 5 und 6 behandelt.

### Das Neue an Industrieplattformen und Plattformökosystemen

In den letzten Jahren haben sich viele Industrieplattformen gebildet, die Apps von der Industrie für die Industrie anbieten. Meist stehen dahinter große Industriekonzerne oder in der jeweiligen Industrie führende Unternehmen. Oft haben sich aber auch im selben Bereich tätige Firmen zu einem Netzwerk zusammengeschlossen, das nun als Betreiber einer solchen Plattform auftritt. Fast immer ist die KI bei diesen Industrieplattformen ein zentraler Baustein, ohne den wichtige Dienste gar nicht angeboten werden können. Für Anwender und Kunden solcher Plattformen ist dabei nicht unwichtig, welche Bestandteile des Plattformangebots vom Betreiber selbst stammen und welche von anderen Anbietern. Für den Anwender stellt sich darüber hinaus auch die Frage, ob er sich einem bestehenden Netzwerk solcher Plattformen anschließt und auf diese Weise unter Umständen auf die Entwicklung der Plattform selbst Einfluss nehmen kann.

Das Buch zeigt auch, warum nahezu jede neue Industrieplattform mit KI im Zentrum des Angebots schon bei ihrem

ersten öffentlichen Auftreten in der Regel mit einer erklecklichen Liste von Partnern und Mitwirkenden überrascht. Denn neben der Plattform selbst als Infrastruktur für Industrie-Apps braucht es zunächst eine Basis-Infrastruktur für Cloud und KI, und darauf positionieren sich IT-Anbieter, Berater, Systemintegratoren und Softwareentwickler mit ihren jeweiligen Produkten und Diensten. Niemand kann ein solches Angebot mehr aus eigener Kraft oder gar im eigenen Haus stemmen. Dazu waren die Kosten, die weltweit in den letzten Jahren bereits in die Vorarbeiten gesteckt wurden, viel zu hoch. Die Basistechnologie wird kaum jemand neu zu erfinden versuchen. Jeder konzentriert sich vielmehr auf sein Spezialgebiet.

Künstliche Intelligenz mit der Cloud, an der Edge oder auf dem Chip

KI und die Cloud werden fast immer in einem Atemzug genannt, als gäbe es die KI nur aus der Cloud und als seien bald ausnahmslos alle Daten – auch aus den Fabriken hierzulande – in die Cloud hochzuladen, wenn über ihre Analyse neue Geschäfte generiert werden sollen. Dabei wird nicht nur die Leistungsfähigkeit der Serverfarmen in der Cloud sowie die der Übertragungstechnik überschätzt. Es ist auch für etliche Aufgabenstellungen gerade in der industriellen Anwendung viel besser, die KI näher an die Maschine, an die Anlage, an das Produkt oder das Gerät zu bringen. Edge-KI (also KI-Einsatz am Rande der Anwendung, zum Beispiel auf einem Server in der Fabrik oder in deren Nähe) kann sehr viel wirtschaftlicher, schneller und sinnvoller sein. Und schließlich gibt es noch einen weiteren Trend, der ganz am Anfang steht: KI kann auch unmittelbar auf einen Chip gebracht werden, der dann – in ein Produkt integriert – tatsächlich beinahe in Echtzeit seine Aufgaben der Analytik



erfüllt. Welche Methode unter all diesen Möglichkeiten die richtige für welche Aufgabenstellung ist, wird eine sehr zentrale Frage für den industriellen KI-Einsatz sein und ist deshalb natürlich Gegenstand dieses Buches.

Auch wenn keineswegs alle Daten in der Cloud analysiert werden müssen, ist der breite Einsatz von KI in industriellen Prozessen ohne die Nutzung einer Cloud-Infrastruktur kaum denkbar. Insbesondere wenn es um neue Geschäftsmodelle jenseits des Produktverkaufs geht, etwa um die Nutzung von Funktionen ohne den Kauf der die Funktion liefernden Maschine (also um das Prinzip „Pay per Use“), ist die Cloud als Basis nicht durch irgendeine individuelle Anlage vor Ort zu übertreffen: weder hinsichtlich der Flexibilität noch hinsichtlich der Skalierbarkeit sowie der zu bietenden Sicherheit für Daten und Anwendungen.

#### Serviceorientiert und Microservice-Orientierung

Neben der Cloud-Technologie hat sich auch das Prinzip „Software as a Service“ (SaaS) in einem Maße weiterentwickelt, dass es die herkömmliche Programmierung in vielen Bereichen regelrecht in den Schatten stellt. So wie nun auch im Maschinenbau darüber nachgedacht wird, ob ein Unternehmen den Kompressor kaufen muss, wenn es die Druckluft genauso gut als Service nutzen kann, so denken immer mehr IT-Verantwortliche darüber nach, welche Software sie wirklich noch selbst installieren und warten wollen, wenn deren Funktionalität auch als Service zu haben ist.

Microservices sind in diesem Zusammenhang winzige Programmschnipsel, die beispielsweise eine einzelne Funktion bieten, die dann in Verbindung mit vielen anderen Funktionen zu einer Anwendung zusammengesetzt werden. Gerade beim Einsatz von KI werden diese Microservices immer wichtiger, denn sie sind ein zentrales Mittel für die Skalier-

barkeit, Flexibilität und Schnelligkeit der Lösungen, wie sie insbesondere die Industrie benötigt.

Für all diese Basis-Komponenten von KI haben sich eine Reihe von Anbietern herauskristallisiert, die nun bereits über langjährige Erfahrung und Kompetenz verfügen. Es sind nicht immer dieselben, die schon für die IT der vergangenen Jahrzehnte führende Positionen hatten. Oft kommen sie aus Bereichen, die wir vor wenigen Jahren noch gar nicht als industrienah gesehen haben, wie die der Suchmaschinen oder des Online-Handels. Für zukunftsfähige Lösungen müssen die Entscheider in der Industrie wissen, wer hier welche Schwerpunkte hat und von wem welche Lösungen jetzt oder in nächster Zeit zu haben sind. Deshalb ist auch diese Frage ein wichtiger Bestandteil des vorliegenden Buches.

## 1.3 Theorie und Praxis

Damit sind – in Kapitel 2 bis 6 dieses Buches – die wichtigsten Komponenten behandelt, ohne die der Einsatz von KI in der Industrie nicht funktionieren kann. Dass ein bedeutender Aufwand durch die Anforderungen an bestimmte Daten entsteht, die akquiriert und dann auch zum Trainieren der KI-Systeme, zum Maschinenlernen, benötigt werden, ist noch wenig in die Öffentlichkeit durchgesickert. Dies ist gleichzeitig der Punkt, an dem sich für alle KI-Anwendungen herausstellt, ob eine Anwendung rein auf KI beruhen soll, ob sie für entscheidende, sicherheitsrelevante Funktionen durch herkömmliche Algorithmen ergänzt werden muss oder ob sie sich überhaupt nicht für die KI eignet. Denn die Behauptung, dass KI alles ermögliche und vor allem alles besser könne als der Mensch, ist schlechterdings eine sehr in die Irre führende These, die schon an vielen Stellen eindrücklich wider-

legt wurde. Autonom ist der Mensch und sollte es bleiben. Wie weit und an welchen konkreten Stellen auch Maschinen teilweise autonom agieren können sollten, das muss sich – unter der weisen Gestaltungshoheit verantwortlicher Menschen – in den nächsten Jahren erweisen.

Was an Künstlicher Intelligenz schon real ist

In Kapitel 8 bis 13 stelle ich bzw. stellen sich Unternehmen und Organisationen vor, die an vorderer Stelle in Sachen KI unterwegs sind, kräftig in entsprechende Forschung investieren und teilweise schon erste Produkte und Dienste auf dem Markt haben. Diese Unternehmen und Institute haben sich bereit erklärt, nicht nur ihre KI-Strategie zu erläutern, sondern auch an konkreten Praxisbeispielen zu zeigen, wie groß das Potenzial der industriellen KI ist, aber auch, was noch fehlt, um die KI für die Industrie in größerem Umfang wirtschaftlich nutzbar zu machen. Es sind eher Pilotprojekte, also noch kaum in produktivem Einsatz befindliche Lösungen. Doch sie lassen ahnen, was auf uns zukommt, und deshalb sind sie für alle interessierten Entscheidungsträger und Verantwortlichen in den Unternehmen wie in der Forschung gute Beispiele, die zu eigenen Initiativen anregen.

Diesen Unternehmen und Institutionen möchte ich für ihre Beiträge besonders danken. Sie decken sich nicht unbedingt mit meinen eigenen Einschätzungen, sondern geben die Position der jeweiligen Autoren wieder. Sie waren entscheidend dafür verantwortlich, dass das Buch nicht nur theoretische Grundlagen liefert, sondern auch die Praxisrelevanz des Themas herausstellen kann. Es hat auch Input von zahlreichen weiteren Experten aus anderen Unternehmen und Instituten gegeben, der zwar nicht an den Umfang eines eigenen Kapitels herankommt, aber dennoch Aspekte beleuchtet, die sonst im Dunkeln geblieben wären. Auch dafür mein herzlicher Dank.

den hohen Anforderungen, die an die Experten zu stellen waren, die solche Systeme bauten. Hier mussten sich die Besten der Besten zusammentun und waren sich doch am Ende immer sicher, dass ihr System unmöglich alle Eventualitäten und Sonderfälle berücksichtigen würde.

Viele dieser Systeme schwacher KI waren durchaus erfolgreich und führten zum technisch gewünschten Ergebnis. Mir ist aber von keinem Fall bekannt, dass daraus eine in der Breite wirtschaftlich erfolgreiche Anwendung geworden wäre.

KI-Systeme bekamen insgesamt einen eher schlechten Ruf, je länger sich die Forschung hinzog, ohne zu sichtbarem wirtschaftlichem Erfolg zu führen. Zuletzt wollten die Hersteller entsprechender Software schon gar nicht mehr mit KI in Verbindung gebracht werden. Nicht einmal, als die künstlichen neuronalen Netzwerke einen so hohen Reifegrad erreicht hatten, dass mit ihnen größere Aufgaben angegangen werden konnten.

## 2.3 Künstliche neuronale Netze (KNN)

Was wir heute unter Künstlichen neuronalen Netzen (KNN) verstehen, sind im Grunde nichts anderes als Expertensysteme mit expliziten Zielvorgaben. Nur können sie statt manueller Eingabe heute weitgehend automatisiert mit Terabyte von Daten gefüttert werden.

Die späteren Erkenntnisse zu neuronalen Netzen vorausgeahnt

Diese spezielle Technik nahm ihren Anfang mit einem mathematischen Modell biologischer Neuronen. Doch dieses

Modell wurde nicht etwa gebaut, um damit KI-Lösungen zu entwickeln, sondern um zu erklären, wie das menschliche Gehirn vermutlich funktioniert, und das zu einem Zeitpunkt, als dies kaum erforscht und mit bildgebenden Verfahren überhaupt noch nicht darstellbar war. Zu jenem Zeitpunkt gab es übrigens, wie wir in Abschnitt 2.2 gesehen haben, noch nicht einmal den Begriff Künstliche Intelligenz.

1943 nämlich – im selben Jahr, als mit Mark I der erste elektromechanische Computer in den USA fertiggestellt wurde – lieferten der US-amerikanische Neurophysiologe und Kybernetiker Warren McCulloch und sein Landsmann, der Logiker Walter Pitts, der auf dem Gebiet der kognitiven Psychologie arbeitete, das erste Modell eines künstlichen Neurons, das deshalb McCulloch-Pitts-Neuron heißt. Sie gingen davon aus, dass die biologischen Neuronen in den Gehirnen von Säugetieren Informationen aufnehmen, verarbeiten und ein Ergebnis an andere Neuronen weiterreichen. Nach ihrem Modell hieß Informationsverarbeitung im Neuron das Umlegen eines Schalters auf null oder eins. Informationen einer unbestimmten Anzahl (1–n) führten demnach in einem einzelnen Neuron zu einem eindeutigen Ergebnis, zu einer eindeutigen Schalterstellung [Se2016].

Milliarden von Neuronen sind dabei im Gehirn lose miteinander „verdrahtet“. Sie tauschen untereinander Informationen aus und bilden ununterbrochen neue Verknüpfungen, die Synapsen. Ebenso ununterbrochen lassen sie Synapsen wieder absterben. Was etwa der Mensch in einer konkreten Situation entscheidet, ist also das Endergebnis einer unbekannt Anzahl von Einzelschaltungen von vernetzten Neuronen, die im Resultat eben zu dieser Entscheidung führen.

Heutzutage wissen wir, dass die damaligen Annahmen der US-Wissenschaftler und ihr Modell weitgehend der Realität entsprachen. Doch es dauerte rund 50 Jahre, bis die Künst-

lichen neuronalen Netze, die derzeit die Grundlage wohl der meisten KI-Anwendungen bilden, ihre heutige Form annehmen konnten. Ähnlich verhielt es sich übrigens nach der Erfindung der Dampfmaschine durch Thomas Newcomen im Jahr 1712, als es 57 Jahre dauerte, bis James Watt 1769 mit seiner Version den wirtschaftlichen Durchbruch schaffte, der als einer der Grundbausteine der ersten industriellen Revolution gilt [Se2016].

Long Short-Term Memory (LSTM) – ein Verfahren mit immenser Wirkungskraft

Erst in den Neunzigerjahren des 20. Jahrhunderts entwickelte ein Team um Jürgen Schmidhuber, Direktor des schweizerischen Forschungsinstituts für Künstliche Intelligenz, mit Long Short-Term Memory (LSTM) ein Verfahren, das dann 1997 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde und laut Schmidhuber heute den Kern der meisten Anwendungen von KI in Form Künstlicher neuronaler Netze auf den Smartphones dieser Welt darstellt [Se2018].

Ein ganzes Netzwerk künstlicher Neuronen ahmt dabei die Funktionsweise eines Säugetiergehirns nach. Daten – zum Beispiel Bilder von Tieren – werden von einer ganzen Schicht von Neuronen aufgenommen, bewertet oder „gewichtet“, wie dies genannt wird, und das Ergebnis wird an eine nächste Schicht von Neuronen weitergereicht. Zusammen mit weiteren Daten und vorausgegangenen Gewichtungen werden sie erneut analysiert, bewertet, gewichtet und wiederum weitergereicht. Am Ende des künstlichen neuronalen Netzes, das gigantische Ausmaße annehmen kann, steht ein Output, ein Endergebnis, das die Grundlage einer Entscheidung oder eine Entscheidung selbst sein kann. Es könnte heißen: Bei einem analysierten Bild handelt es sich um das Bild einer Katze.

Nach der öffentlichen Vorstellung der Methode LSTM dauerte es noch einmal 15 Jahre, bis sie als neue Technologie ins öffentliche Bewusstsein drang. Das lag daran, dass einige zentrale Voraussetzungen und Randbedingungen nicht früher gegeben waren. Es fehlte beinahe noch an allem.

#### **Warum die KI nicht früher bereit für die Industrie war**

- Die Daten sind für Künstliche neuronale Netze der Dreh- und Angelpunkt, waren aber noch nicht in solchem Übermaß vorhanden, dass sie für eine breitere Palette von Anwendungsfällen hätten genutzt werden können.
- Es fehlte an funktionstüchtigen Algorithmen und Softwaretechnologien zur Analyse extrem großer Datenmengen, was heute unter dem Begriff Big Data Analytics bekannt ist.
- Es fehlte an Rechen- und Speicherkapazitäten, um mit solchen Datenmengen umzugehen, sowie an Methoden, entsprechende Kapazitäten dann auch effizient und sinnvoll einzusetzen.

Google investierte im Rahmen des Großprojektes Google Brain massiv in diese Entwicklung und brachte Tausende Rechner und Graphical Processing Units (GPU) parallel zum Einsatz, um Künstliche neuronale Netze erstmals in einem Umfang anwenden zu können, der zumindest mit einem kleinen Säugetiergehirn vergleichbar war. Die Ergebnisse waren erstaunlich. In zahlreichen Einsatzfeldern, etwa der Spracherkennung von Google im Rahmen der Eingabe von Text am Smartphone, wurden innerhalb eines einzigen Jahres Fortschritte erzielt, für die der Hersteller sonst zehn Jahre angesetzt hätte.

Schon etwas früher hatte Amazon begonnen, für Amazon Web Services (AWS) die gesamte Softwarefunktionalität auf winzige Services herunterzubrechen und entsprechend neu

zu programmieren. Nun konnten auch Microservices für Künstliche neuronale Netze entwickelt werden, mit denen eine umfangreiche Bibliothek von Anwendungstools entstand, die jetzt den Kunden zur Verfügung stehen, um eigene KI-Anwendungen zu bauen.

Für Big Data Analytics hat ein Spin-off der Technischen Universität Dortmund eine Standardsoftware entwickelt. Rapid Miner mit Sitz in Dortmund und Boston und mittlerweile vielen Standorten weltweit bietet seit 2007 mit der gleichnamigen Software eine führende Technik, um aus Daten aller Art statistisch relevante Ergebnisse abzuleiten [Se2016].

Erst jetzt waren die Voraussetzungen geschaffen, um schwache KI so stark werden zu lassen, dass heute wieder ernsthaft darüber gestritten wird, ob und wann die KI den Menschen an Intelligenz übertrifft. Jetzt war der Umfang an Daten, Speicher und Rechenleistung so groß, dass die Expertensysteme den Sprung von der Quantität zur Qualität schafften. Es war also keine neue Technologie hinzugekommen, sondern nur genug von dem, was das längst Bekannte zu seiner Entfaltung brauchte.

Von Ausnahmen abgesehen, kamen die Anstöße wie die ursprünglichen Erfindungen aus den USA. Deshalb gibt es heute nicht nur eine Debatte über den Sieg der KI über die menschliche Intelligenz, sondern es wird auch die Frage gestellt, ob „uns“ – also Zentraleuropa oder ganz Europa – die USA hinsichtlich der KI nicht inzwischen hoffnungslos abgehängt haben. Oder ob China, das lange Jahrzehnte als verlängerte Werkbank der westlichen Industrieländer fungierte, mit seiner Auf- und Überholjagd mittlerweile sogar noch weiter ist als das Silicon Valley. Deshalb lohnt sich ein Blick auf die weltweite Entwicklungsgeschichte der Industrialisierung, die die Entstehungsgeschichte der Künstlichen Intelligenz und der Künstlichen neuronalen Netze begleitet hat.



mittelständisches Familienunternehmen lohnten. Bei der KI wird diese Vorgehensweise nicht funktionieren.

Deshalb wird dieses Kapitel nun anders aufgebaut sein als ursprünglich geplant. Ich versuche zu erklären, warum und inwiefern es bei der KI-Technik eigentlich (fast) nur um Statistik geht und warum dabei in den letzten Jahren immer mehr von Data Scientists die Rede ist. Ich will die wichtigsten Begriffe aus dem KI-Einsatz erläutern, denn wie in allen Fachdisziplinen hat sich auch hier längst eine eigene Fachsprache mit den entsprechenden Akronymen entwickelt – eine Sprache, von der wir zumindest die wichtigsten Vokabeln lernen müssen. Die wichtigsten Methoden des KI-Trainings sind ebenso Gegenstand wie die verschiedenen Netzstrukturen, und auch auf die Anwendungsfelder der KI, die wir heutzutage schon kennen, werfen wir einen Blick.

## 4.1 Datenwissenschaft (Data Science)

Je tiefer man in das Thema Künstliche Intelligenz eintaucht, desto klarer wird, dass es sich im Wesentlichen um nichts anderes als um eine moderne, auf digitale Vernetzung gestützte Art von Statistik und Mathematik handelt. Dieses Fachgebiet war über Jahrhunderte nichts anderes und konnte nichts anderes sein als das Beschreiben gesammelter Daten und aus ihnen berechneter beziehungsweise geschätzter Werte – etwa der Durchschnittswert oder die prozentualen Verhältnisse zwischen Datengruppen. Man spricht von geschätzten Werten, da die Statistik nie mehr als eine Annäherung an wahre Werte ist. Das unterscheidet sie von der reinen Mathematik und auch von der herkömmlichen Informatik, bei denen es um die eindeutige Lösung von Problem-

stellungen geht. Als ein typisches, frühes Beispiel für statistische Schätzung kann die Bestimmung des Längenmaßes „1 Fuß“ gelten: 16 erwachsene Männer stellten ihre Füße möglichst exakt hintereinander, und die Gesamtlänge wurde durch die Zahl der Beteiligten dividiert.

#### Die Umbenennung der Statistik in Datenwissenschaft

1997 aber wurde die Statistik in einer Antrittsrede mit dem Titel „Statistics = Data Science?“ von Professor Jeff Wu an der Universität von Michigan zu einem neuen Gebiet der Wissenschaft erklärt. Zufall oder nicht, im selben Jahr machten Jürgen Schmidhuber und sein Team in der Schweiz mit Long Short-Term Memory die Methode öffentlich zugänglich, mit der Künstliche Neuronale Netze für die Verarbeitung von Daten effizient genutzt werden konnten (vergleiche Abschnitt 2.3).

Bereits 1992 waren auf einem japanisch-französischen Statistiksymposium in Montpellier die Weichen gestellt worden. Dort wurde nämlich die Entstehung einer neuen Fachdisziplin beschrieben, die sich auf die wissenschaftliche Bearbeitung von Daten unterschiedlicher Herkunft und Dimension, verschiedenen Typs und verschiedener Struktur konzentriert und dafür eben etablierte Prinzipien und Methoden der Statistik mit Hilfe neuester Computertechnologien einsetzt. Jeff Wu ging einen Schritt weiter und nannte diese neue Disziplin explizit Data Science (Datenwissenschaft). Er definierte sie als die Wissenschaft zur Erfassung, Modellierung und Analyse von Daten mit dem Ziel der Entscheidungsfindung. Das sei eben mehr als die bis dato vorherrschende beschreibende Statistik, und entsprechend sollten Statistiker auch in Datenwissenschaftler (Data Scientists) umbenannt werden. Damit bekam dieser Begriff die heutige

Bedeutung, nachdem er jahrzehntelang höchstens als Synonym für Informatik verwendet worden war [JeWu1997].

Wenn also heutzutage in vielen Unternehmen und Forschungseinrichtungen von Data Scientists geredet wird, die sich um KI-Projekte kümmern und die entscheidenden – und am schmerzlichsten fehlenden – Fachkräfte dafür sind, dann ist damit im Umkehrschluss gesagt: KI in ihrer aktuellen Form ist nichts anderes als statistische Berechnung – ohne freilich damit die große Bedeutung dieser nun zu völlig neuen Ufern strebenden wissenschaftlichen Richtung schmälern zu wollen. Es nimmt jedoch eine Menge mysteriösen Ballast aus dem Begriff Künstliche Intelligenz, der unnötig Verwirrung stiftet. Überdies lässt es einen besser verstehen, welche Art von Problemen hier gelöst werden können und welche nicht. Menschliches Denken wird die KI nicht lernen, Empathie zu entfalten auch nicht, menschliche Intuition, Kreativität und Gefühle ebenso wenig. Sie hilft uns, Statistik auf wissenschaftlich fundierte Art auf Probleme anzuwenden, die mit Daten unterschiedlicher Art zu tun haben.

Statistische Methoden sind vielfältig. Es gab ja bereits eine ganze Wissenschaft innerhalb der Mathematik, die sich damit beschäftigt hat, bevor sich die Datenwissenschaft etablierte. Schon für die Erfassung von Daten und ihre statistische Beschreibung und Berechnung waren unzählige Wege beschrritten sowie Methoden und Werkzeuge entwickelt worden. Mit Data Science und der gesamten KI ist es nicht anders. Es gibt nicht die eine Technologie und Methode, nicht das eine Hauptwerkzeug, sondern ihrer sehr viele, und jeden Tag kommen neue hinzu.

Das Künstliche neuronale Netz ist eine der Methoden und Techniken, die dabei zur Anwendung kommen. Mag es auch derzeit die am meisten genutzte und beliebteste Methode sein, es ist nicht die einzige, und ob es die wichtigste und am

weitesten verbreitete bleibt, ist keineswegs absehbar. Das Künstliche neuronale Netz hat den Charme, dass seine Struktur der von Säugetiergehirnen nachempfunden ist, und diese – insbesondere die menschlichen – haben eben Strukturen, die mit Zahlen und Mathematik umgehen können.

Was aber ist geschehen, dass statistische Methoden heutzutage für ganz andere Aufgaben herangezogen werden als für die Annäherung an einen Durchschnittswert oder die Bestimmung der Stärke einer Abweichung von einem zu erwartenden Normalwert? Der erste und durchaus zentrale Punkt betrifft die Daten selbst.

Wer sagt, es mangelt an Daten, sieht den Wald vor lauter Bäumen nicht.

Einerseits sind Sensoren, digitale Kameras und Mikrophone so klein und günstig herzustellen, dass sie beinahe überall eingebaut werden können. Tatsächlich werden sie auch mittlerweile in einer Unzahl von Geräten verbaut. Seit ein paar Jahren gibt es deshalb Daten aller Art, an die wir vor zehn Jahren noch nicht gedacht haben und die es nicht gab. Terabyte an Messdaten von laufenden Maschinen, Bilder von Produkten, Fabrikhallen und Menschen, Videos von allen erdenklichen Ereignisabläufen, Audioaufnahmen von Stimmen, Maschinengeräuschen und Hallenlärm wie Tonaufzeichnungen von Tiergeräuschen und Flugzeugen – es ist sinnlos zu versuchen, alle Arten von Daten, die heute für Analysen herangezogen werden, aufzulisten. Es gibt fast nichts, von dem nicht Datenmassen (Big Data) zur Verfügung stehen oder zumindest stehen könnten.

Diese ungeheure Menge an Daten macht es möglich, mit mathematischen und informationstechnischen Methoden an ihre Untersuchung heranzugehen. Und weil sie vorhanden sind, haben erste Unternehmen schon vor etlichen Jahren da-

mit begonnen, sie auf ihre Nutzbarkeit zu untersuchen. Es waren vor allem und zuallererst jene Unternehmen, die nicht nur wussten, dass es die Daten gab, sondern die auch direkten und bis heute kaum eingeschränkten Zugriff darauf hatten: Amazon, Google, Microsoft, Apple – um einige wichtige Player zu nennen. Die Verfügung über die unterschiedlichen Nutzungsdaten ihrer Nutzer – von der Suche nach einem Produkt oder Begriff über das Kaufverhalten vor Weihnachten bis zu den beliebtesten Urlaubsorten der männlichen Angehörigen der Mittelschicht – setzten die großen Internetkonzerne ein, um ihren Kunden (den werbenden Produzenten oder Anbietern) und sich selbst noch bessere Geschäfte zu ermöglichen. Sie setzten die Daten natürlich auch dafür ein, ihre für die Nutzer kostenlos erscheinenden Dienste immer weiter zu optimieren, denn das war eine Voraussetzung für Ersteres. Wie wir wissen, waren sie dabei in einigen Feldern sehr erfolgreich, in anderen lässt der Erfolg noch auf sich warten.

Die anderen – bereits in Kapitel 2 erwähnten – Gründe, warum sich vor allem in den letzten Jahren die Datenwissenschaft zu einem Renner entwickeln konnte, sind die nun ausreichenden Rechnerleistungen und Speicherkapazitäten, die Reife der Cloud-Technologie, aber auch Softwaremethoden und Systeme, die diese neuen Potenziale der Big Data-Analyse auszuschöpfen vermögen. Erst dadurch konnte es zu einer Situation kommen, in der Künstliche neuronale Netze und mit ihnen erreichte Leistungen den Eindruck zu erwecken vermögen, sie seien besser als die natürlichen neuronalen Netze des Menschen. In Wahrheit ist es nur die unvorstellbare Geschwindigkeit, mit der eine ungeheure Datenmenge so berechnet und geschätzt werden kann, wie es kein natürliches Gehirn je könnte. Die Fähigkeiten und Besonderheiten des menschlichen Gehirns liegen nicht im Tempo und in der Massendatenverarbeitung. Darin ist ihm

der Computer überlegen. Ansonsten behält mein Elektronik-Professor aus dem Ingenieurstudium recht: Der Computer bleibt auch mit KI ein Hochgeschwindigkeitsidiot.

## 4.2 Wie Maschinen lernen

Wie eingangs versprochen, sollen einige Vokabeln aus dem inzwischen schon recht verbreiteten KI-Slang erläutert werden. Ich nutze dazu ein Thema, das bei der KI eines der wichtigsten überhaupt ist: das Trainieren von KI-Systemen.

Auf das richtige Training kommt es an. ■

*Maschinenlernen (Machine Learning)* ist der Begriff, mit dem das Trainieren der KI mittels erfasster Daten bezeichnet wird. Es ist – wie viele Begriffe in der KI – meist eher ein Marketingslogan. Die Maschine lernt nämlich nicht, sondern sie wird trainiert. Sie schaut sich keine Daten an und lernt wie ein kleines Kind, mit was sie es da zu tun hat. Was wie Lernen aussieht, ist in Wirklichkeit ein Vorgang, der viel besser mit dem Einstellen der Parameter eines komplexen Programms oder Algorithmus oder eben einer Rechenmaschine zu beschreiben wäre. Nur dass diese Parametereinstellung nicht mehr wie bei einem herkömmlichen Algorithmus vom Menschen manuell vorgenommen werden muss. Niemand steht an einem Computer und dreht Regler in die eine oder andere Richtung wie bei einem Verstärker von E-Gitarren. Die KI-Technik ist heutzutage vielmehr auf dem Stand, dass sie – natürlich nach vom Menschen vorgegebenen Regeln und ausgehend von vorher festgelegten Anfangswerten – die Parameter zur Erreichung eines konkreten Ziels immer wieder selbst einstellt. Bei diesem „Lernvorgang“ geht es in sehr

# Index

## Symbole

3M Deutschland 258  
5G-Technologie 138

## A

ABB Ability 139  
Advanced Analytics 244  
Aiken 28  
Airbus S.A.S. 249  
AlphaGo 17  
Application Programming Interface  
(API) 214  
App Store für KI Engineering-  
Lösungen 193  
Assess 69  
Automatisierte Optische Inspektion  
(AOI) 82  
Autonom 60  
Autonomes Fliegen 251  
Autonomisierung der Industrie 133

## B

B2B-Plattform 111  
BIOVIA 169  
Branchenverteilung der Studienteil-  
nehmer 228

## C

Clickworker 127  
Cloud-Agnostik 214  
Computer Vision 259  
Connected Roads 260  
Connected Solutions 258  
Conversational AI-Plattform 262  
CRISP-DM 207  
Cross Industry Standard Process for  
Data Mining 207  
Customer Interactions 258  
Customer Journey 76  
Cyber-physisches System 265

## D

Dartmouth Summer Research Project  
on Artificial Intelligence 16  
Data Aquisition 168  
Data Cleansing 168  
Data Lakes 83  
Data Science 52  
Dateneigentum 151  
Datenschutz 93  
Datenwissenschaft 52  
Deep Learning 60  
Definition für Systeme der Künstlichen  
Intelligenz 15  
Deutsche Akademie der Technik-  
wissenschaften (acatech) 31

Digital Enterprise 203  
 Digitaler Zwilling 201  
 Digitale Transformation der Industrie  
 201  
 Discovery Studio 170  
 Dürr Systems AG 244  
 DXQAnalyse 245

## E

Edge Cloud 92  
 Eigentumsrechte an Daten 94  
 Elektronikwerk Amberg 208  
 Erstläuferquote 248  
 Ethik-Richtlinien der EU-Kommission  
 101  
 Ethikrichtlinien für vertrauenswürdige  
 KI 15  
 EU-Kommission 15  
 Evolution 14  
 EXALEAD Asset Quality 167  
 EXALEAD OnePart 165  
 Experience 76  
 Expertensystem 14  
 Exploitation 63  
 Exploration 62

## F

Features 57  
 Flugverkehrsmanagement 253

## G

Gelbe Seiten für KI 186  
 Generatives Design 221  
 Geschäftsmodelle 158  
 Gewichtung 59  
 Google Brain 24  
 Google DeepMind 17

## H

Hidden Layer 59  
 High Level-Expertengruppe 15

## I

IBM Watson 19  
 Industrial Internet Consortium (IIC)  
 32  
 Industrie 4.0 31  
 Industriekonsortium 240  
 Industrieroboter 145  
 Infer 69  
 Intelligenzquotient 12  
 Internal Analytics 258  
 Internet der Dinge und Dienste 85  
 Internet of Production (IoP) 266  
 In vitro 172  
 In vivo 172  
 IPv4 33  
 IPv6 33

## J

Jeopardy 19  
 John McCarthy 16

## K

KI-Algorithmus „Isolation Forest“ 210  
 KI-Chips 137  
 KI-fähige Datenmodelle 248  
 KI-gestützte Abfallsortierung 147  
 KI in der Produktentstehung 190  
 KI-Marktplatz 185  
 KI-Toolboxen 231  
 KI-Training 57  
 Konecranes 212  
 Kontextualisierung 177  
 Korrelation 65  
 Künstliche Intelligenz 12  
 Künstliche neuronale Netze (KNN) 21

## L

Label 58  
 Latenzzeit 92  
 Long Short-Term Memory (LSTM) 23,  
 66



## M

- Made in China 2025 44
- Mainstream-KI 136
- Managed Services 118
- Manufacturing Belt 35
- Maschinenlernen (Machine Learning) 56
- Materials Studio 170
- McCulloch-Pitts-Neuron 22
- Mendix 215
- Mensch-Maschine-Kollaboration 222
- Microservice 8
- Middleware+ 266
- MindSphere 204
- Mustererkennung (Pattern Recognition) 57

## N

- Natürliche Intelligenz 12
- Nicht-unterstütztes Lernen (Unsupervised Learning) 57

## O

- Ökosystem 106

## P

- Pipeline Pilot 170
- Plattform 3DEXPERIENCE 162
- Plattformökonomie 105
- PLM 202
- Prädiktive Wartung 246
- Predix 109
- Produktionsoptimierung 78
- Produktlebenszyklus-Management (PLM) 82
- Produkt-Roadmaps 193

## R

- RapidMiner 25
- Raw Data 266
- Reifegrad notwendiger technologischer Voraussetzungen 233
- Relationalismus 46

- Respond 69
- Rust Belt 39

## S

- Schaufelräder für eine Gasturbine 211
- Schwache KI 16
- Selbst konfigurierbare Industrie-Apps 196
- Serviceorientiert 8
- Sicherheit der KI-Anwendung 97
- Single Aisle-Flugzeuge 249
- Smart City 163
- Smart Data 266
- Smart Expert 266
- Software as a Service (SaaS) 8
- Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 29
- Spitzencluster 181
- Starke KI 16
- Statistik 51
- Strudel der Digitalisierung 182
- Stufen der Autonomisierung 142
- Successful Practice-Unternehmen 224
- Systems Engineering 182

## T

- TensorFlow 231
- Trainierter Roboter 205
- Training eines KI-Algorithmus 205
- Transparent Operation 203
- Turing 28

## U

- Unterstützte Lernen (Supervised Learning) 57
- Urbane Mobilität in der Luft 251

## V

- Value Engagement 163
- Verstärkendes Lernen (Reinforcement Learning) 57
- Vertrauenswürdige KI 101, 156
- Vertrauenswürdiger Datenraum 191