

Ulrich Sendler

KI-Kompass für Entscheider

Künstliche Intelligenz in der Industrie:
Strategien - Potenziale - Use Cases



HANSER

Sendler
KI-Kompass für Entscheider



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Ulrich Sendler

KI-Kompass für Entscheider

Künstliche Intelligenz in der Industrie:
Strategien – Potenziale – Use Cases

HANSER

Der Autor:

Ulrich Sendler, München, ist seit Ende der Achtzigerjahre als freier Fachjournalist, Buchautor, Redner und Moderator im Umfeld von Industriesoftware aktiv (Website: www.ulrichsendler.de). Er betreibt ein Nachrichtenportal zu Digitalisierung, Industrie 4.0 und PLM (www.PLMportal.org).

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. Autoren 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 Autoren 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.

© 2020 Carl Hanser Verlag München, www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Julia Stepp

Herstellung: Björn Gallinge

Titelmotiv: © shutterstock.com/Zenzen

Coverrealisation: Max Kostopoulos

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: Friedrich Pustet GmbH & Co. KG, Regensburg

Printed in Germany

Print-ISBN: 978-3-446-46295-3

E-Book-ISBN: 978-3-446-46590-9

ePub-ISBN: 978-3-446-46639-5



Inhalt

Vorwort	IX
1 Einführung	1
1.1 Worüber reden wir?	1
1.2 Das Besondere an der industriellen KI	6
1.3 Theorie und Praxis	9
2 Eine kurze Geschichte der Künstlichen Intelligenz	11
2.1 Begriffsklärung: Intelligenz vs. Künstliche Intelligenz	12
2.2 Starke und schwache KI, Expertensysteme	16
2.3 Künstliche neuronale Netze (KNN)	21
3 Die jüngste Geschichte der Industrialisierung	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

4	Stand der KI-Technik	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
5	Industrielle KI	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
6	Industrieplattformen	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
7	Industrie und industriennahe Forschung betreten das Feld der KI	127
8	ABB – von der Automatisierung zur Autonomisierung der Industrie	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
9	Dassault Systèmes: Eine durchgängige Datenkette	161
	<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
10	it's OWL: Der Mittelstand vernetzt sich für KI	181
	<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
11	Siemens – ein Vorreiter der Digitalisierung	199
	<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

12	Benchmarking-Studie der RWTH Aachen: „Künstliche Intelligenz in der F&E“	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
13	Internet of Production (IoP)	265
	<i>Dr.-Ing. Christian Dölle, Stefan Perau, Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen</i>	
	Index	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 Industrielandwelt 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 Maschinlernen, 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.

2

Eine kurze Geschichte der Künstlichen Intelligenz

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklung der KI seit der Mitte des letzten Jahrhunderts. Die Kenntnis der vielen jahrzehntelangen Versuche und Ansätze, neben der Programmierung „normaler“ Algorithmen auch so etwas wie Selbstlernen, Wissen und Gedächtnis in die Software zu packen, und vor allem die Kenntnis des aus wirtschaftlicher Sicht jahrzehntelangen Scheiterns dieser Versuche unterstützt beim Einordnen und Verstehen dessen, was heute mit KI und Maschinenlernen auf dem Weg in die Industrie ist. Außerdem hilft es dabei, den Unterschied der jüngsten Entwicklung zu diesen ersten Gehversuchen zu erkennen.

Neben dem Begriff Künstliche Intelligenz selbst gibt es einige weitere Begriffe, deren Bedeutung diejenigen kennen sollten, die sich an die Nutzung der KI im Unternehmen oder in einem industriellen oder industrienahen Projekt machen. Auch das ist Gegenstand dieses Kapitels.

2.1 Begriffsklärung: Intelligenz vs. Künstliche Intelligenz

Das Wortpaar „Künstliche Intelligenz“ legt nahe, dass damit das künstliche Pendant zu natürlicher Intelligenz beschrieben wird. Weil es aber viele verschiedene Auffassungen darüber gibt, was unter KI zu verstehen sei, kann es so einfach wohl doch nicht sein. Schauen wir uns das Begriffspaar etwas genauer an.

Da natürliche Intelligenz – zumindest in vergleichbarem Umfang und ähnlicher Vielseitigkeit – bisher von keinem anderen Lebewesen auf Erden bekannt ist, sollte es sich bei der künstlichen wohl um das Pendant zur menschlichen Intelligenz handeln. Künstlich heißt, dass diese Art von Intelligenz nicht natürlich entstanden ist, sondern bewusst und gezielt hergestellt wurde. Dieser Teil des Begriffspaares ist eindeutig. Für den zweiten Teil, für das Wort Intelligenz, trifft das nicht zu.

Der Mensch, das intelligente Wesen

Die Erfindung eines Intelligenzquotienten zur Messung menschlicher Intelligenz vor über hundert Jahren hat die Sache nicht einfacher gemacht. Nicht einmal, welchen Teil der menschlichen Intelligenz dieser Quotient eigentlich misst, ist eindeutig. Die Fachwelt ist sich nur darin einig, dass auf keinen Fall die gesamte Intelligenz damit gemessen werden kann, sondern lediglich ein sehr kleiner Teil davon.

Mit der Einkreisung des Begriffs und der Erforschung der Intelligenz befassen sich neben der Psychologie heute auch die Neurologie, die Biologie und viele andere Fachgebiete. Doch je weiter unsere Wissenschaften ins Gehirn und seine Funktionen und Aktivitäten vordringen, desto komplexer

und komplizierter wird das Bild, das sie uns von der Intelligenz zeichnen. Mittlerweile gibt es – je nach Sichtweise und Fachgebiet – sieben, zehn oder sogar deutlich mehr sogenannte Intelligenzdimensionen. Man unterscheidet beispielsweise sprachliche von musikalischer Intelligenz, kognitive von emotionaler oder kreative von verarbeitender Intelligenz, um nur einige sehr grundsätzliche Unterschiede herauszugreifen [ZiHe2000].

Mit dieser ungeheuren Vielfalt geistiger und seelischer Eigenschaften des Menschen kann keine der Spielarten der heutigen KI verglichen werden. Was sie im Einzelnen neuerdings vermag, ist dennoch erstaunlich und verändert unseren Horizont fast schlagartig. In den Gebieten, in denen sie etwa seit Beginn der Zehnerjahre verstärkt weiterentwickelt wurde, ist sie inzwischen in der Lage, Aufgaben zu lösen, die der Mensch ohne sie niemals lösen wird.

Vom Übertreffen menschlicher Muskeln – und grauer Zellen

Die Dampfmaschine und alle ihr nachfolgenden Geräte, mechanischen Produkte und Anlagen seit dem Beginn der Industrialisierung haben dem Menschen körperliche Arbeit abgenommen, das heißt seine Körperkraft und seinen Muskeleinsatz ersetzt. Sie können beinahe beliebige Arbeiten übernehmen, die mit menschlicher Körperkraft überhaupt nicht zu schaffen sind – man denke nur an Tunnelbauten der heutigen Zeit, bei denen ein Koloss von einer Maschine ein Loch in der Größe des Tunnels kilometerweit durch Berge bohrt.

Was ist demgegenüber die Künstliche Intelligenz? Sie nimmt dem Menschen geistige Arbeit ab und entlastet ihn von der Nutzung seiner grauen Zellen. Sie kann ebenfalls unzählige Aufgaben übernehmen, zu denen die menschliche Geisteskraft nicht ausreicht. Milliarden von Bildern oder Texten in

Bruchteilen einer Sekunde zu durchsuchen – dafür ist das menschliche Gehirn nicht geeignet. Die von ihm geschaffene Künstliche Intelligenz schafft das jedoch spielerisch.

Wenn Quantität in Qualität umschlägt

Dabei folgt ihre Entwicklung dem Muster, das wir von vielen Evolutionen sowohl in der Natur als auch in der vom Menschen geschaffenen Technik gut kennen: Da wächst etwas, nimmt an Umfang zu und eine reife Gestalt an, und irgendwann schlägt Quantität in Qualität um. Die Blüte wächst und wird zum Apfel. Der Apfel wächst und reift, bis er als Frucht verzehrt werden kann oder aber verfault und zum Abfall wird. Auch die KI ist schon seit Jahrzehnten in der Entwicklung und hat sich auf sehr unterschiedliche Themen ausgedehnt. Im Laufe der Zeit wurden immer mehr sogenannte Expertensysteme gebaut, wie KI-Lösungen über einen langen Zeitraum genannt wurden. Oft konnten sie für den jeweiligen Spezialfall sehr gute Ergebnisse liefern – mal in der Medizin, mal bei den Versicherungen oder Banken, mal in der industriellen Produktentwicklung. Für den Einsatz in der Breite ließ sich aber nie der Nachweis erbringen, dass das Verhältnis von investiertem Aufwand an Zeit und Mitteln zu dem mit der Lösung erzielten Nutzen wirtschaftlich sinnvoll sei.

Zu Beginn der Zehnerjahre hat sich hier grundlegend etwas geändert, aber eben nicht, weil eine neue Technologie hinzugekommen wäre, sondern weil ein Punkt erreicht wurde, an dem Quantität in Qualität umschlagen konnte. Die KI wird heute nicht nur öffentlich wahrgenommen und beherrscht geradezu die Debatte. In der Welt der Smartphones und darauf laufender Apps wird sie schon wie selbstverständlich von beinahe jedermann genutzt. Nun gibt es auch erste Anwendungen in der Industrie, die sinnvoll und wirtschaftlich machbar erscheinen und obendrein das Zeug dazu haben,

einen Wettbewerbsvorteil gegenüber herkömmlichen Lösungen zu versprechen oder gar völlig neue Potenziale aufzutun, die mit traditionellen Mitteln gar nicht zu heben wären.

Die EU definiert Künstliche Intelligenz.

Seit dem April 2019 gibt es eine gewissermaßen offizielle Definition für Systeme der Künstlichen Intelligenz, die von der EU-Kommission veröffentlicht wurde. Verfasst von einer durch die EU-Kommission zusammengerufenen High Level-Expertengruppe, die im selben Monat auch die von der EU veröffentlichten Ethikrichtlinien für vertrauenswürdige KI herausgegeben hat. Die Kurzfassung der sechsseitigen Definition lautet (eigene Übersetzung):

„Systeme der künstlichen Intelligenz (KI) sind vom Menschen entworfene Software- (und möglicherweise auch Hardware-) Systeme, die angesichts eines komplexen Ziels in der physischen oder digitalen Dimension agieren, indem sie ihre Umgebung durch Datenerfassung wahrnehmen, die gesammelten strukturierten oder unstrukturierten Daten interpretieren, auf der Grundlage des Wissens argumentieren oder die aus diesen Daten abgeleiteten Informationen verarbeiten und über die beste(n) Maßnahme(n) zur Erreichung des gegebenen Ziels entscheiden. KI-Systeme können entweder symbolische Regeln verwenden oder ein numerisches Modell erlernen, und sie können auch ihr Verhalten anpassen, indem sie analysieren, wie die Umwelt durch ihre bisherigen Aktionen beeinflusst wird.

Als wissenschaftliche Disziplin umfasst die KI verschiedene Ansätze und Techniken wie maschinelles Lernen (wofür tiefes Lernen und verstärkendes Lernen spezifische Beispiele sind), maschinelles Denken (welches Planung, Terminierung, Wissensrepräsentation und Schlussfolgerung, Suche und Optimierung umfasst) und Robotik (welche die Steuerung,

Wahrnehmung, Sensoren und Aktoren sowie die Integration aller anderen Techniken in cyber-physische Systeme umfasst).“ [HLEG_12019]

Diese Definition umfasst alle wichtigen Aspekte der KI, auf die im Buch im Einzelnen eingegangen wird, insbesondere in Kapitel 4 und 5, in denen die Technik der KI und ihre Einsatzmöglichkeiten in den industriellen Prozessen vertieft wird. Die Ethikrichtlinien der EU-Kommission sind Hauptgegenstand von Abschnitt 5.4.

2.2 Starke und schwache KI, Expertensysteme

Die Väter der KI

Der Begriff Künstliche Intelligenz wurde in einem Antrag zur Förderung eines Forschungsprojektes mit dem Titel „A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence“ vom August 1955, verfasst von John McCarthy und anderen, geprägt. Der Workshop selbst fand im Sommer 1956 statt. John McCarthy, der Vater der KI, wie er danach genannt wurde, erfand später unter anderem die Programmiersprache LISP und war beinahe 40 Jahre in der KI- und IT-Forschung vor allem an der Stanford University in Kalifornien tätig [McCa1955].

In den folgenden Jahrzehnten gab es eine Aufspaltung der Forschung in eine starke und eine schwache KI. Starke KI zielt darauf, menschliche Intelligenz in mehr oder weniger vollem Umfang durch den Computer nachzubilden. Schwache KI dagegen begnügt sich damit, einzelne, sehr konkret eingegrenzte Aufgaben zu lösen.