

Peter Buxmann
Holger Schmidt *Hrsg.*

Künstliche Intelligenz

Mit Algorithmen
zum wirtschaftlichen Erfolg

EBOOK INSIDE



Springer Gabler

Künstliche Intelligenz

Peter Buxmann · Holger Schmidt
(Hrsg.)

Künstliche Intelligenz

Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen
Erfolg

Herausgeber

Peter Buxmann
Technische Universität Darmstadt
Darmstadt, Deutschland

Holger Schmidt
Technische Universität Darmstadt
Darmstadt, Deutschland

ISBN 978-3-662-57567-3 ISBN 978-3-662-57568-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57568-0>

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

Springer Gabler

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Susanne Kramer

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Um Künstliche Intelligenz (KI) ranken sich viele Mythen. Einerseits um die fantastischen Einsatzfelder, wenn ein KI-Supercomputer im Handumdrehen alle Probleme löst, an denen Menschen scheitern. Noch dramatischer werden bisweilen die Gefahren diskutiert, sollte eine allwissende Künstliche Intelligenz einmal in die falschen Hände fallen oder gar die Weltherrschaft anstreben. Um beides geht es in diesem Buch nur ganz am Rande.

Stattdessen wollen wir mit diesem Buch Algorithmen zur Künstlichen Intelligenz „entmystifizieren“, also konkret zeigen, was diese Lösungen heute schon können und in welchen Sektoren die Technik gewinnbringend eingesetzt wird. In Anwendungsbeispielen lassen uns Konzerne wie Amazon, IBM, Microsoft, SAP oder VW in ihre KI-Labors schauen und erklären konkrete Projekte. Zum Beispiel sortiert Amazon Obst mithilfe der Algorithmen, damit keine verdorbene Ware mehr den Weg zum Kunden findet. Oder VW beschreibt, wie Künstliche Intelligenz mithilfe eines superschnellen Quantencomputers den Verkehr in einer Megacity wie Peking vorausplanen kann, damit Staus möglichst gar nicht erst entstehen. Doch Künstliche Intelligenz ist nicht nur für Großunternehmen geeignet. Auch kleine und mittelständische Unternehmen, wie Empolis, Medi Markt, Samson oder die Software AG, zeigen, was diese Technologien auch bei kleinerem Budget leisten.

In allen Fällen wird klar: Künstliche Intelligenz ist keine „Wundertüte“, sondern das Ergebnis eines gezielten Einsatzes von Algorithmen und Daten. Je mehr Daten verarbeitet werden können, desto besser sind in der Regel die Ergebnisse. Hier liegt ein wichtiger Hebel für die Skalierung: Die Datenmenge steigt jedes Jahr stark an. Im Internet der Dinge produzieren immer mehr Autos, Maschinen oder Fitnessarmbänder die notwendigen Daten, die nicht nur die Effizienz der Produkte erhöhen können. Wichtiger noch ist die Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle, die zum Beispiel eine Fernsteuerung sowie eine permanente Verbesserung und Betreuung der Produkte ermöglichen.

Wir haben die Beiträge eingebettet in eine Darstellung der wichtigsten technischen und ökonomischen Aspekte der Künstlichen Intelligenz: Wie funktionieren die Algorithmen, wie haben sie sich entwickelt und welche Auswirkungen auf Wirtschaft

sowie Arbeit sind zu erwarten? Besonders wichtig ist dabei die globale Perspektive: Deutschland hat hervorragende KI-Forscher, aber amerikanische und chinesische Digitalunternehmen investieren zurzeit deutlich mehr Geld in die neue Technik. Hier könnte Deutschland abermals in einem digitalen Zukunftsmarkt in Rückstand geraten, in dem wir eigentlich viele Standortvorteile haben.

Wir bedanken uns ausdrücklich für die Beiträge bei den Firmen Amazon, Empolis, IBM, Medi Markt, Microsoft, Samson, SAP, Software AG und VW. Zudem danken wir Prof. Dr. Anette von Ahsen, Marco Bender und Elisa Roth von der Technischen Universität Darmstadt für die hervorragende Unterstützung bei der Manuskripterstellung. Schließlich bedanken wir uns bei Susanne Kramer und Dr. Niels Peter Thomas vom Verlag Springer Gabler für die wie gewohnt freundliche und unkomplizierte Zusammenarbeit.

Wir wünschen unseren Leserinnen und Lesern eine spannende und informative Lektüre.

Peter Buxmann
Holger Schmidt

Inhaltsverzeichnis

Teil I Künstliche Intelligenz als Basistechnologie des 21. Jahrhunderts

1 Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens	3
Peter Buxmann und Holger Schmidt	
1.1 Die Geschichte der Künstlichen Intelligenz	3
1.2 Grundlagen des Maschinellen Lernens	7
Literatur	17
2 Ökonomische Effekte der Künstlichen Intelligenz	21
Peter Buxmann und Holger Schmidt	
2.1 Investitionen in Künstliche Intelligenz	21
2.2 Auswirkungen der Künstlichen Intelligenz auf Produktivität und Wachstum der Volkswirtschaften	24
2.3 Auswirkungen der Künstlichen Intelligenz auf den Arbeitsmarkt	30
Literatur	35

Teil II Künstliche Intelligenz: Cases aus der Praxis

3 Das intelligente Unternehmen: Maschinelles Lernen mit SAP zielgerichtet einsetzen	41
Bernd Leukert, Jürgen Müller und Markus Noga	
3.1 Innovationsstrategie von SAP	41
3.2 KI-Anwendungsbeispiele bei SAP	46
3.3 Die Plattform von SAP für Maschinelles Lernen	53
3.4 Maschinelle Verarbeitung natürlicher Sprache	56
3.5 Gesellschaftliche Implikationen	59
Literatur	61

4	Künstliche Intelligenz bei Amazon Spitzentechnologie im Dienste des Kunden	63
	Ralf Herbrich	
4.1	Eine Schachpartie verändert das Spiel.	63
4.2	Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen – Grundlagen und Definitionen.	64
4.3	Technologische Grundlagen für die Künstliche Intelligenz.	64
4.4	Künstliche Intelligenz im Einsatz bei Amazon	65
4.5	Leitgedanke der KI-Forschung	66
4.6	Chancen und Grenzen von Künstlicher Intelligenz	71
4.7	Fazit und Ausblick	74
	Literatur.	74
5	Anwendung eines sprachbasierten KI-Dienstes in der Gesundheitsbranche am Beispiel der Entwicklung eines Alexa-Skills	77
	Markus Reichel, Lorenz Baum und Peter Buxmann	
5.1	Einleitung.	77
5.2	Grundlagen und Anwendungen der Spracherkennung.	78
5.3	Entwicklung des Skills.	87
5.4	Zusammenfassung und Ausblick	90
	Literatur.	92
6	Künstliche Intelligenz als Weg zur wahren digitalen Transformation	95
	Oliver Gürtler	
6.1	Eine Gesellschaft im Wandel	95
6.2	Sicherheit & Risiken	99
6.3	KI in der Praxis	101
	Literatur.	104
7	Offene Plattformen als Erfolgsfaktoren für Künstliche Intelligenz	107
	Karl-Heinz Streibich und Michael Zeller	
7.1	Einleitung.	107
7.2	Der Wettlauf um KI	108
7.3	Die Anforderungen der Unternehmens-IT an die KI	109
7.4	Von Big Data zur Wertschöpfung.	110
7.5	Time to Insight ist entscheidend	111
7.6	PMML: Ein einheitlicher Branchenstandard für alle Stakeholder.	112
7.7	Plattformunabhängiges KI-Deployment	113
7.8	Eine digitale Geschäftsplattform für KI.	114
7.9	Branchenbezogene Anwendungsfälle	115
7.10	Vielversprechende Zukunft der KI.	116
	Literatur.	117

8	Künstliche Intelligenz im Jahr 2018 – Aktueller Stand von branchenübergreifenden KI-Lösungen: Was ist möglich? Was nicht? Beispiele und Empfehlungen	119
	Wolfgang Hildesheim und Dirk Michelsen	
8.1	Einleitung: KI ist jetzt handlungsrelevant	119
8.2	Standortbestimmung: KI verleiht Superkräfte	122
8.3	Chancen der KI: Disruptive Steigerung der Effizienz und Qualität	125
8.4	Ängste vor KI: Sie werden durch Antizipation beherrschbar	127
8.5	KI-Systeme: Es gibt Standards für das Allgemeinwohl	128
8.6	Die IBM-Strategie: KI wird zur Kernkompetenz	129
8.7	Entscheidungen: KI verbessert Entscheidungen und verhindert Fehler	132
8.8	Wissen: KI macht komplexes Wissen beherrschbar	133
8.9	Kundenservice: KI macht den Service besser und preiswerter	135
8.10	Produktivität: KI erhöht Effizienz und Effektivität	137
8.11	Empfehlungen für Entscheider: KI mit einem Team in kleinen Schritten angehen	138
8.12	Fazit	140
	Literatur	141
9	Mit Künstlicher Intelligenz immer die richtigen Entscheidungen treffen	143
	Stefan Wess	
9.1	Einleitung	143
9.2	Ein fiktives Beispiel: Wie man frei verfügbare Informationen und Künstliche Intelligenz für die Finanzindustrie nutzen kann	146
9.3	Praxisbeispiel: Early Loss Detection (ELD) von Munich Re	147
9.4	Notwendige Grundlagentechnologien	149
9.5	KI wird unsere Wirtschaft tiefgreifend verändern	156
	Literatur	159
10	Künstliche Intelligenz schafft neue Geschäftsmodelle im Mittelstand	161
	Peter Knapp und Christian Wagner	
10.1	Einleitung	161
10.2	Neue Geschäftsmodelle dank Künstlicher Intelligenz	162
10.3	Daten sind der gemeinsame Nenner	163
10.4	Sam Digital Hub	165
10.5	Samsons interne Transformation	166
10.6	Ventildiagnose mit Trovis Solution	166
10.7	Allgemeine Erfahrungen mit Künstlicher Intelligenz	167
10.8	Fazit	171
	Literatur	171

11 KI-Innovation über das autonome Fahren hinaus.	173
Marc Hilbert, Florian Neukart, Christoph Ringlstetter, Christian Seidel und Barbara Sichler	
11.1 Die Bedeutung von Künstlicher Intelligenz in der Automobilindustrie	173
11.2 Machine Learning im Rennsport	176
11.3 Natural Language Processing	178
11.4 Quantum Computing	180
Literatur.	183
 Teil III Künstliche Intelligenz: Fortschritt mit Leitplanken	
12 Singularity und weitere kritische Debatten über Künstliche Intelligenz.	189
Peter Buxmann und Holger Schmidt	
Literatur.	194
13 Wettbewerbsvorteile durch Künstliche Intelligenz	197
Peter Buxmann und Holger Schmidt	
Literatur.	200
 Sachverzeichnis.	 203

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1	Führende Köpfe des „Summer Research Project on Artificial Intelligence“. Von links: Trenchard More, John McCarthy, Marvin Minsky, Oliver Selfridge und Ray Solomonoff	4
Abb. 1.2	Garri Kasparov gegen IBMs Deep Blue.	5
Abb. 1.3	Wichtige Meilensteine der KI-Forschung	6
Abb. 1.4	Chihuahua oder Muffin?	9
Abb. 1.5	Meilensteine der Fehlerrate bei der Klassifizierung von Bildern.	10
Abb. 1.6	Überblick über einige Tools und Dienste für Maschinelles Lernen	13
Abb. 1.7	Skizzenhafte Darstellung eines Künstlichen Neuronalen Netzes.	14
Abb. 1.8	Zwei Neuronen i und j sowie die Gewichtung w_{ij}	14
Abb. 1.9	Darstellung der Gewichte grafisch und mathematisch in Matrizenform	15
Abb. 1.10	Katze oder Guacamole?	16
Abb. 2.1	Finanzierung von KI-Startups	22
Abb. 2.2	Zurückhaltung deutscher Unternehmen beim Einsatz neuer Technologien.	23
Abb. 2.3	Wachstum der Digital-Jobs in Deutschland	28
Abb. 2.4	Die Mittelschicht bricht weg	31
Abb. 2.5	Änderung der Beschäftigungsstruktur in den USA zwischen 1850 und 2015	31
Abb. 3.1	Die unterschiedlichen Innovationstypen von SAP.	42
Abb. 3.2	Evolution des Unternehmens	43
Abb. 3.3	Automatisierung von repetitiven Aufgaben	47
Abb. 3.4	Maschinelles Lernen für ein verbessertes Kundenerlebnis	49
Abb. 3.5	Maschinelles Lernen bei der Rekrutierung.	52
Abb. 3.6	SAP Leonardo Machine Learning Foundation.	54
Abb. 3.7	Anwendungsbeispiel SAP Leonardo Machine Learning Foundation.	55
Abb. 3.8	Conversational UX im Unternehmensumfeld	57
Abb. 4.1	Automatische Sortierung bei Amazon Fresh	69

Abb. 4.2	X-Ray-Funktion im Amazon Kindle	72
Abb. 5.1	Ablauf eines einfachen Intents bei einem Custom Skill als Sequenzdiagramm (das Alexa-fähige Gerät und der dahinterliegende Dienst [AVS] sind zur Vereinfachung zum Objekttyp „Alexa“ zusammengefasst)	84
Abb. 5.2	Use-Case-Diagramm (beschreibt die Anwendungsfälle der Benutzer des Skills)	88
Abb. 7.1	Laut Prognosen von Tractica wird der KI-Umsatz weltweit bis 2025 auf fast 60 Mrd. US\$ anwachsen	108
Abb. 7.2	Diesmal hat KI Bestand: Dank der Fortschritte, die Data Science (links) und IT-Infrastrukturen (rechts) in jüngster Zeit gemacht haben, können Unternehmen neue KI-Anwendungen entwickeln. Höhere Rechenleistung, Zugang zu riesigen Datenmengen sowie die Weiterentwicklung von KI-Algorithmen bilden die Grundlage für eine schnelle Einführung von KI-Lösungen.	110
Abb. 7.3	Der Weg von Big Data zur Wertschöpfung führt über KI, Machine Learning und Predictive Analytics. KI wandelt Rohdaten in genaue Erkenntnisse um, die später intelligentere Entscheidungen und Echtzeitaaktionen ermöglichen.	111
Abb. 7.4	Die Daten verlieren im Laufe der Zeit schnell an Wert. Eine schnelle Reaktion ist in der Regel mit einem hohen Wert und eine späte Reaktion mit einem geringeren Wert verbunden.	111
Abb. 7.5	PMML deckt den Workflow aus KI, Machine Learning und Predictive Analytics von der Rohdateneingabe bis zur Prognose ab. Dabei umfasst PMML nicht nur das zentrale Prognosemodell, sondern auch die Datenvor- und -nachverarbeitung	113
Abb. 7.6	Mit dem PMML-Branchenstandard lässt sich KI plattformunabhängig einsetzen. Data Scientists (links) können die Data-Mining-Tools und Machine-Learning-Algorithmen zur Planung und Anpassung der KI-Modelle wählen. Die neuen Modelle werden dann von den IT-Teams (rechts) auf den verschiedenen Unternehmensplattformen implementiert	114
Abb. 7.7	Die Digital Business Platform der Software AG legt den Grundstein für eine Implementierung, Integration und Ausführung der von Data Scientists entwickelten KI-Modelle. Die Entwicklung der KI-Modelle erfolgt unabhängig von den Anforderungen der operativen IT-Infrastruktur	115
Abb. 8.1	Erfolgsfaktoren für den gegenwärtigen KI-Durchbruch	120
Abb. 8.2	Definitionen und Kategorien von KI	121
Abb. 8.3	Wichtige Begriffe und Definitionen im Umfeld von KI	123

Abb. 8.4	Typische heute verfügbare KI-IT-Services (APIs)	124
Abb. 8.5	KI beeinflusst das magische Dreieck aus Zeit, Qualität & Kosten.	126
Abb. 8.6	Generische KI Plattform.	131
Abb. 8.7	Erfolgsfaktoren für KI-Projekte	139
Abb. 9.1	Abdeckung eindeutiger Begriffe in zufällig ausgewählten Texten. Anzahl Begriffe steigt linear mit der Anzahl an Texten. Durchschnitt über fünf Runden	154
Abb. 9.2	Abdeckung Begriffsnennungen in zufällig ausgewählten Texten. Anzahl Nennungen steigt überlinear mit der Anzahl an Texten. Durchschnitt über fünf Runden.	154
Abb. 10.1	Vom Komponentenhersteller zum Lösungsanbieter.	164
Abb. 10.2	Lösungsportfolio SAM DIGITAL	165
Abb. 11.1	Beispielsicht eines virtuellen Assistenten.	179
Abb. 11.2	Verkehr vom Zentrum zum Flughafen. Links vorher, rechts nach der Optimierung: Der Stau wurde aufgelöst und die Autos wurden auf alternative Routen verteilt.	182
Abb. 12.1	Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine in Anlehnung an das Phasenmodell der SAE International	192
Abb. 13.1	Die Digitale Transformationspyramide	198

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1	Anwendungsbeispiele für Supervised Learning	13
Tab. 5.1	Beispielhafte Möglichkeiten zur Verwendung von Spracherkennungssystemen (da die meisten Anwendungen nicht einer einzigen Kategorie zuzuordnen sind, listet die Spalte Kategorie nur die wichtigsten Kategorien der jeweiligen Anwendung auf).	80
Tab. 5.2	Liste der bekanntesten Sprachassistenten mit einigen kompatiblen Geräten und aktuell unterstützten Sprachen (alternative Aktivierungswörter und noch nicht verfügbare Geräte sind kursiv formatiert)	81
Tab. 5.3	Beispielkonversation mit Alexa Skill	86
Tab. 5.4	Liste der Intents	91

Teil I

Künstliche Intelligenz als Basistechnologie des 21. Jahrhunderts

Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens

1

Peter Buxmann und Holger Schmidt

Haben Sie jemals darunter gelitten, dass Sie, trotz Ihrer enormen Intelligenz, von Menschen abhängig sind, um Ihre Aufgaben auszuführen?

HAL 9000: Nicht im Geringsten. Ich arbeite gerne mit Menschen.
(aus: 2001: Odyssee im Weltraum (1968))

1.1 Die Geschichte der Künstlichen Intelligenz

Science-Fiction-Autoren sind schon immer dafür bekannt gewesen, visionär in die Zukunft zu blicken. Das gilt auch für den Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI), wie der oben dargestellte Dialog aus „2001: Odyssee im Weltraum“ mit dem Supercomputer HAL 9000 aus dem Jahr 1968 zeigt. Natürlich sind Science-Fiction-Bücher oder -Filme Grundlage vieler Zukunftsfantasien und zum Teil auch Ängste. Heute sind wir allerdings immer noch weit von solchen allmächtigen Systemen entfernt, wie das vorliegende Buch zeigen wird.

Werfen wir zunächst einen kurzen Blick zurück auf die Geschichte der Künstlichen Intelligenz: Auch wenn es schon in der Antike erste Überlegungen hierzu gegeben haben soll, gilt das „Summer Research Project on Artificial Intelligence“, das 1956 am Dartmouth College in Hanover (New Hampshire) stattfand, als Geburtsstunde der Künstlichen Intelligenz (vgl. Abb. 1.1). Es handelte sich um eine sechswöchige Konferenz, die John McCarthy organisiert hatte, der Erfinder der Programmiersprache LISP. Weitere prominente Teilnehmer waren der KI-Forscher Marvin Minsky (1927–2016), der Informationstheoretiker Claude Shannon (1916–2001), der Kognitionspsychologe Alan Newell (1927–1992) sowie der spätere Ökonomie-Nobelpreisträger Herbert Simon (1916–2001).

P. Buxmann (✉) · H. Schmidt
TU Darmstadt, Darmstadt, Deutschland



Abb. 1.1 Führende Köpfe des „Summer Research Project on Artificial Intelligence“. Von links: Trenchard More, John McCarthy, Marvin Minsky, Oliver Selfridge und Ray Solomonoff. (Quelle: Dartmouth College [1956](#))

Die Teilnehmer teilten die Ansicht, dass Intelligenz auch außerhalb des menschlichen Gehirns geschaffen werden könne. Allerdings waren sie uneinig über den Weg dorthin und auch der von McCarthy vorgeschlagene Begriff „Artificial Intelligence“ blieb damals – wie heute – umstritten (Manhart [2017](#)).

Im Anschluss an diese Konferenz bekam die KI-Forschung viel Auftrieb, da Computer schneller und günstiger wurden und die Kapazität zur Speicherung der Daten zunahm. Ebenso konnten Fortschritte auf dem Gebiet der Künstlichen Neuronalen Netze (siehe hierzu den Kasten in Abschn. [1.2.3](#)) erreicht werden. Demonstratoren, wie etwa der von Newell und Simon entwickelte General Problem Solver oder Joseph Weizenbaums Programm ELIZA, das die Möglichkeiten der Kommunikation zwischen einem Menschen und einem Computer über natürliche Sprache aufzeigen sollte (ELIZA ist im Grunde ein Vorläufer der heute überall verfügbaren Chatbots), zeigten schon damals das Potenzial der KI-Algorithmen.

Diese ersten Erfolge führten allerdings zu Fehleinschätzungen und Übertreibungen. Zum Beispiel sagte Marvin Minsky im Jahr 1970 dem Life Magazine „*from three to eight years we will have a machine with the general intelligence of an average human being*“. Einer ähnlich optimistischen Fehleinschätzung unterlag der ebenfalls geniale Herbert Simon, der 1957 prognostizierte, dass innerhalb der nächsten zehn Jahre ein Computer Schachweltmeister sowie einen wichtigen mathematischen Satz entdecken und beweisen würde (Newell und Simon [1958](#)).

Insofern wurden viele Erwartungen zunächst nicht erfüllt, was unter anderem an der unzureichenden Rechenleistung lag. Die Zeitspanne von 1965 bis etwa 1975 wird daher häufig auch als KI-Winter bezeichnet (Manhart [2017](#)).

In den 1980er Jahren wurde vor allem die Entwicklung sogenannter Expertensysteme vorangetrieben. Als Vater dieser Systeme gilt Edward Feigenbaum, ein ehemaliger

Informatik-Professor an der Stanford Universität. Das Prinzip der Expertensysteme basiert im Wesentlichen auf einer Definition von Regeln und dem Aufbau einer Wissensbasis für eine thematisch klar abgegrenzte Problemstellung. Bekannt wurde insbesondere das MYCIN-System, das zur Unterstützung von Diagnose- und Therapieentscheidungen bei Blutinfektionskrankheiten und Meningitis diente (Shortlife et al. 1975). Intensiv wurde auch an Expertensystemen für betriebliche Anwendungsgebiete geforscht (Mertens 1985). Letztlich konnten sich diese Systeme jedoch trotz großer Vorschusslorbeeren nicht durchsetzen, da die Regeln zu starr und die Systeme nur begrenzt lernfähig waren.

Das Bestreben, KI-Spitzenforschung zu betreiben, wurde bereits zu Beginn der 1980er Jahre mit dem sogenannten „Fifth Generation Project“ verfolgt. Japan setzte mit diesem Projekt, in das 400 Mio. US\$ investiert wurden, ein klares Zeichen in Richtung KI-Forschung. Die Ziele der Forscher waren vor allem praktische Anwendungen der Künstlichen Intelligenz. Für die Implementierung favorisierten sie nicht das in den Vereinigten Staaten weit verbreitete LISP, sondern sie tendierten zur in den 1970er Jahren in Europa entwickelten Sprache PROLOG (Odagiri et al. 1997).

Ab etwa 1990 entstand mit der Verteilten Künstlichen Intelligenz ein weiterer neuer Ansatz, der auf Marvin Minsky zurückgeht. Dieser bildete auch die Grundlage der sogenannten Agententechnologie, die simulationsbasiert für die Analyse in verschiedenen Untersuchungsbereichen eingesetzt werden kann (Chaib-Draa et al. 1992). Ebenfalls in den 1990er Jahren wurden auf dem Gebiet der Robotik große Fortschritte erzielt. Ein öffentlichkeitswirksamer Wettbewerb ist der RoboCup, bei dem Wissenschaftler und Studenten aus der ganzen Welt ihre Roboter-Teams gegeneinander im Fußball antreten lassen (Mackworth 1993). In diese Phase fiel auch die Entwicklung von komplexen Algorithmen im Bereich der Künstlichen Neuronalen Netze (Nilsson 2014; Russel und Norvig 2010).

Für großes öffentliches Aufsehen sorgte 1997 der Wettkampf zwischen IBMs Deep Blue und dem damaligen Schachweltmeister Garri Kasparov (siehe Abb. 1.2). Deep Blue

Abb. 1.2 Garri Kasparov gegen IBMs Deep Blue.
(Quelle: gettyimages, Al Tielemans)



konnte das Duell mit 3,5 zu 2,5 knapp gewinnen, was in den Medien zum Teil als Sieg des Computers über die Menschheit interpretiert wurde. Kritiker merkten jedoch an, dass es sich bei Deep Blue nicht wirklich um ein intelligentes System gehandelt habe. Vielmehr habe das System schlicht „Brute Force“ angewandt, also mit hoher Rechenleistung einfach nur die Konsequenzen aller (halbwegs plausiblen) Züge durchgerechnet.

In Abb. 1.3 sind ausgewählte Meilensteine der KI-Forschung überblicksartig dargestellt.

Aber was versteht man eigentlich unter Künstlicher Intelligenz? Diese Frage ist gar nicht so einfach zu beantworten, denn es gibt eine Vielzahl von Definitionen. Eine einheitliche Begriffsbestimmung zu finden, ist aus zwei Gründen schwierig: zum einen aufgrund der Breite des Gebietes, zum anderen, weil selbst eine Definition von „Intelligenz“ sich als schwierig erweist. Einigkeit besteht darin, dass es sich bei Künstlicher Intelligenz um ein Teilgebiet der Informatik handelt, das sich mit der Erforschung und Entwicklung sogenannter „intelligenter Agenten“ befasst (Franklin und Graesser 1997). Diese zeichnet aus, dass sie selbstständig Probleme lösen können (Carbonell et al. 1983).

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen einer starken und schwachen Künstlichen Intelligenz: Unter einer starken Künstlichen Intelligenz (engl. „Strong AI“) versteht man im Allgemeinen alle Ansätze, die versuchen, den Menschen bzw. die Vorgänge im Gehirn abzubilden und zu imitieren. Häufig werden auch Eigenschaften, wie Bewusstsein oder Empathie, als konstituierendes Merkmal einer solchen starken KI genannt (Pennachin und Goertzel 2007; Searle 1980). So weit ist die Forschung heute allerdings noch lange nicht und uns sind keine Forschungsprojekte bekannt, die einer Umsetzung dieser starken Künstlichen Intelligenz bislang wirklich nahe gekommen sind.

Demgegenüber sind Lösungen, die mittlerweile technisch machbar sind und in heutigen Softwarelösungen implementiert wurden, ebenso wie alle in diesem Buch beschriebenen Beispiele der schwachen Künstlichen Intelligenz (engl. „Weak AI“ oder „Narrow AI“) zuzuordnen. Hier geht es nicht mehr darum, menschliche Denkprozesse,

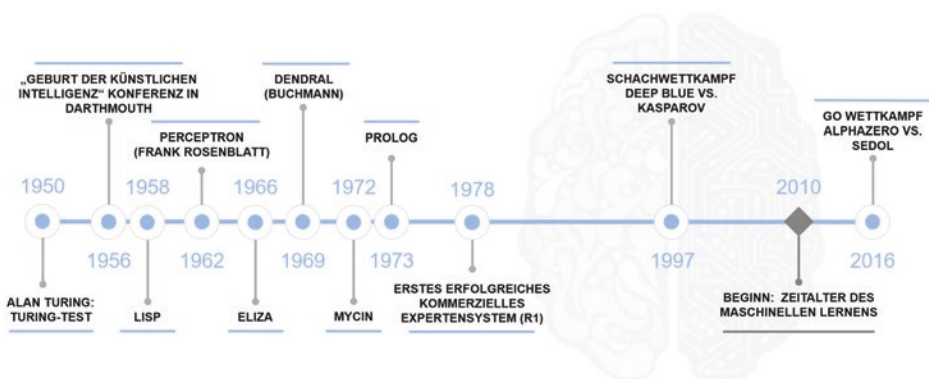


Abb. 1.3 Wichtige Meilensteine der KI-Forschung

Abwägungen und Kreativität zu imitieren, sondern gezielt Algorithmen für bestimmte, abgegrenzte Problemstellungen zu entwickeln (Goertzel 2010; Pennachin und Goertzel 2007). Dabei ist Lernfähigkeit eine wesentliche Anforderung nicht nur an die starke, sondern auch an diese „schwache Künstliche Intelligenz“.

In den vergangenen Jahren entwickelte sich die Künstliche Intelligenz stärker in die Richtung des Maschinellen Lernens (ML). Dabei handelt es sich gemäß Erik Brynjolfsson und Andrew McAfee (2017) vom MIT um die wichtigste Basistechnologie unseres Zeitalters. Diese Form der Künstlichen Intelligenz ist der Schwerpunkt des vorliegenden Buches. Daher werden wir auf die verschiedenen Ansätze und Methoden im folgenden Abschnitt näher eingehen.

1.2 Grundlagen des Maschinellen Lernens

1.2.1 Zurück in die Zukunft

Forschungsarbeiten über Künstliche Neuronale Netze als wichtige Grundlage des Maschinellen Lernens gibt es tatsächlich schon seit den 1940er Jahren. Daher wundert es nicht, wenn KI-Skeptiker häufig darauf hinweisen, dass die meisten Entwicklungen rund um das Maschinelle Lernen nicht neu seien. Auch wenn diese Aussage grundsätzlich richtig ist, begehen Unternehmen unseres Erachtens einen großen Fehler, wenn sie diese Themen nicht auf ihre Agenda setzen. Denn viele Technologien setzen sich erst durch, wenn die Rahmenbedingungen stimmen – so wie das heute bei KI-Anwendungen der Fall ist.

Neue Entwicklungen mit der Begründung zu ignorieren, dass es das alles schon einmal gegeben habe, kann gefährlich sein. Schon bei den Anfängen des Internet – oder genauer des „World Wide Web“ – in den 1990er Jahren argumentierten Kritiker ähnlich. Damals lautete das Argument, Netzwerke gebe es schon lange und die Technologien, wie TCP/IP oder HTML, seien noch nicht ausgereift. In der Tat sagte der HTML-Erfinder Tim Berners Lee einmal, dass er HTML gerne besser gemacht hätte, wenn er gewusst hätte, wie weit sich die Sprache verbreiten würde. Aber die Zeit war reif für den Siegeszug des Internet – nicht aufgrund der Technologie, sondern weil sich die Rahmenbedingungen geändert hatten: Der Zugang zum Internet war schon damals nahezu kostenlos und damit fiel eine wichtige Barriere.

Genauso ist es heute mit der Künstlichen Intelligenz: Erst jetzt haben sich die Rahmenbedingungen für die Anwendung Künstlicher Neuronaler Netze und anderer Ansätze des Maschinellen Lernens drastisch verbessert. Einige Barrieren sind weggefallen und neue Voraussetzungen sind geschaffen worden:

- Daten bzw. Big Data – etwa zum Training von Künstlichen Neuronalen Netzen – sind heute in einer nie gekannten Menge verfügbar und ihre Menge steigt ständig.
- Rechenleistung und Speicherplatz sind so kostengünstig wie nie zuvor und können von Cloud-Anbietern wie Amazon, Google und Microsoft etc. problemlos bezogen werden.

- Die Performance von Deep-Learning-Algorithmen hat sich in den vergangenen Jahren verbessert.
- Inzwischen existieren viele kostenlos verfügbare (Open-Source-)Toolkits und Bibliotheken zur Entwicklung von KI-Anwendungen.

Betrachten wir uns im Folgenden also genauer, was es mit den verschiedenen Machine-Learning-Ansätzen auf sich hat.

1.2.2 Wie funktioniert Maschinelles Lernen?

Im Allgemeinen umfasst der Begriff „Maschinelles Lernen“ Methoden, die mithilfe von Lernprozessen Zusammenhänge in bestehenden Datensätzen erkennen, um darauf aufbauend Vorhersagen zu treffen (Murphy 2012). Dabei existieren viele verschiedene Konzepte des Begriffs. Häufig wird der Ansatz von Tom Mitchell verwendet, der das Grundkonzept des Maschinellen Lernverfahrens als *„a computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P , if its performance at tasks in T , as measured by P , improves with experience E “* definiert (Mitchell 1997, S. 2). Einfacher formuliert: Die Fähigkeit einer Maschine oder Software, bestimmte Aufgaben zu lernen, beruht darauf, dass sie auf der Basis von Erfahrungen (Daten) trainiert wird. Softwareentwickler müssen also nicht mehr ihr Wissen codieren und explizieren. Was harmlos klingt, ist ein Paradigmenwechsel. Nehmen wir als Beispiel das Erkennen von Katzen, Hunden oder anderen Tieren auf Bildern. Um dem Algorithmus eine Unterscheidung beizubringen, formuliert der Entwickler im Softwarecode nicht mehr explizit, dass eine Katze beispielsweise vier Pfoten, zwei Augen, scharfe Krallen und Fell hat. Vielmehr wird der Algorithmus mit vielen unterschiedlichen Tierfotos trainiert, anhand derer er selbstständig erlernt, wie die jeweiligen Tiere aussehen und sich von anderen Tieren unterscheiden. Ein weiteres Beispiel zur Verdeutlichung des grundlegenden Prinzips sind Audiosysteme, bei denen ein Algorithmus mit Audio-Daten angelernt wird, die ein bestimmtes Wort enthalten, z. B. „Zieleingabe“ für das Navigationssystem in einem Auto. Auf diese Weise lernt der Algorithmus, wie dieses Wort klingt, auch wenn es von verschiedenen Menschen unterschiedlich ausgesprochen wird oder verschiedene Hintergrundgeräusche existieren.

Das ist aus mehreren Gründen bemerkenswert: Zum einen wissen wir Menschen häufig mehr als wir ausdrücken können. Dies wiederum macht es Softwareentwicklern oder Analytikern schwer, bestimmte Sachverhalte zu codieren oder zu spezifizieren. Man spricht hier auch von dem sogenannten Polanyi-Paradox, das nach dem Philosophen Michael Polanyi benannt wurde: *„We know more than we can tell“* (Polanyi 1966). Dieses Prinzip lässt sich gut anhand von Abb. 1.4 verdeutlichen: Wir erkennen sofort, bei welchen Bildern es sich um einen Chihuahua und bei welchen es sich um einen Muffin handelt. Aber zu erklären, warum das Bild in eine bestimmte Kategorie fällt, ist nicht trivial.