



Tom Taulli

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Eine nichttechnische Einführung

SACHBUCH



Springer

# GRUNDLAGEN DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ

EINE NICHTTECHNISCHE EINFÜHRUNG

---

*Tom Taulli*

 Springer

# ***Grundlagen der Künstlichen Intelligenz: Eine nichttechnische Einführung***

Tom Taulli  
Monrovia, USA

ISBN-13 (pbk): 978-3-662-66282-3  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-66283-0>

ISBN-13 (electronic): 978-3-662-66283-0

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an APress Media, LLC, ein Teil von Springer Nature 2022

Dieses Werk unterliegt dem Urheberrecht. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Wiedergabe von Abbildungen, des Vortrags, der Sendung, der Vervielfältigung auf Mikrofilm oder in sonstiger Weise sowie der Funksendung, der Speicherung und Wiedergabe von Informationen, der elektronischen Verarbeitung, der Funksoftware und ähnlicher Verfahren, gleichgültig ob diese Verfahren bereits bekannt sind oder erst noch entwickelt werden, sind dem Verlag vorbehalten.

In diesem Buch können markenrechtlich geschützte Namen, Logos und Bilder vorkommen. Anstatt bei jedem Vorkommen eines markenrechtlich geschützten Namens, Logos oder Bildes ein Markensymbol zu verwenden, verwenden wir die Namen, Logos und Bilder nur in redaktioneller Weise und zum Nutzen des Markeninhabers, ohne die Absicht einer Verletzung der Marke.

Die Verwendung von Handelsnamen, Warenzeichen, Dienstleistungsmarken und ähnlichen Begriffen in dieser Veröffentlichung, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind, ist nicht als Meinungsäußerung darüber zu verstehen, ob sie Gegenstand von Eigentumsrechten sind oder nicht.

Obwohl die Ratschläge und Informationen in diesem Buch zum Zeitpunkt der Veröffentlichung als wahr und richtig angesehen werden, können weder die Autoren noch die Herausgeber noch der Verlag eine rechtliche Verantwortung für eventuelle Fehler oder Auslassungen übernehmen. Der Herausgeber übernimmt keine Garantie, weder ausdrücklich noch stillschweigend, in Bezug auf das hier enthaltene Material.

Geschäftsführender Direktor, Apress Media LLC: Welmoed Spahr  
Editor für Akquisitionen: Shiva Ramachandran  
Entwicklungsredaktion: Rita Fernando  
Koordinierender Redakteur: Rita Fernando

Umschlag gestaltet von eStudioCalamar

Titelbild entworfen von Pixabay

Weltweit an den Buchhandel vertrieben von Springer Science+Business Media New York, 233 Spring Street, 6th Floor, New York, NY 10013. Telefon 1-800-SPRINGER, Fax (201) 348-4505, E-Mail [orders-ny@springer-sbm.com](mailto:orders-ny@springer-sbm.com) oder [www.springeronline.com](http://www.springeronline.com). Apress Media, LLC ist eine kalifornische LLC und das einzige Mitglied (Eigentümer) ist Springer Science + Business Media Finance Inc (SSBM Finance Inc). SSBM Finance Inc ist eine Gesellschaft nach **Delaware**.

Informationen zu Übersetzungen erhalten Sie per E-Mail an [rights@apress.com](mailto:rights@apress.com) oder unter <http://www.apress.com/rights-permissions>.

Apress-Titel können in großen Mengen für akademische Zwecke, Unternehmen oder Werbezwecke erworben werden. Für die meisten Titel sind auch eBook-Versionen und -Lizenzen erhältlich. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Webseite für Print- und eBook-Massenverkäufe unter <http://www.apress.com/bulk-sales>.

Jeglicher Quellcode oder anderes ergänzendes Material, auf das der Autor in diesem Buch verweist, steht den Lesern auf GitHub über die Produktseite des Buches zur Verfügung, die sich unter [www.apress.com/978-3-662-66282-3](http://www.apress.com/978-3-662-66282-3) befindet. Ausführlichere Informationen finden Sie unter <http://www.apress.com/source-code>.

Gedruckt auf säurefreiem Papier

# Vorwort

---

Wie dieses Buch zeigt, wird die Einführung der künstlichen Intelligenz (KI) ein wichtiger Wendepunkt in der Geschichte der Menschheit sein. Wie bei anderen ähnlich bahnbrechenden Technologien wird die Art und Weise, wie sie verwaltet wird und wer Zugang zu ihr hat, die Gesellschaft für die kommenden Generationen prägen. KI unterscheidet sich jedoch von den anderen transformativen Technologien des 19. und 20. Jahrhunderts – man denke nur an die Dampfmaschine, das Stromnetz, die Genomik, den Computer und das Internet –, weil sie nicht ausschließlich auf eine sehr teure physische Infrastruktur angewiesen ist, um eingesetzt werden zu können. Schließlich kann auf viele ihrer Vorteile über die bereits vorhandene Hardware zugegriffen werden, die wir alle in unseren Taschen mit uns herumtragen. Stattdessen ist der grundlegende limitierende Faktor für die Masseneinführung der KI-Technologie unsere gemeinsame intellektuelle Infrastruktur: Bildung, Verständnis und Vorstellungsvermögen.

Dies ist ein entscheidender Unterschied, denn wenn richtig gehandhabt, kann die KI eine durchschlagende demokratisierende Wirkung haben. Sie hat und wird die Plackerei der Vergangenheit aus unserem Leben verbannen und eine enorme Menge an menschlicher Energie und Kapital freisetzen. Aber dieses „wenn“ ist alles andere als sicher. Unverantwortlich eingesetzte KI hat das Potenzial, große Teile der Weltwirtschaft zu destabilisieren, indem sie, wie von vielen befürchtet, eine schrumpfende Erwerbsbevölkerung, eine geringere Kaufkraft der Mittelschicht und eine Wirtschaft ohne breite und stabile Basis verursacht, die durch eine endlose Schuldenspirale angetrieben wird.

Bevor wir jedoch dem Pessimismus in Bezug auf KI erliegen, sollten wir einen Blick zurück werfen. So historisch die transformative Fähigkeit der KI auch sein mag – und sie ist historisch –, so sind doch dieselben Probleme in der wirtschaftlichen Landschaft seit Jahrzehnten, ja, sogar seit Jahrhunderten vorhanden. KI ist schließlich eine Fortsetzung eines Trends zur Automatisierung, der seit Henry Ford seinen Lauf nimmt. Zoho selbst wurde im Spannungsfeld zwischen Automatisierung und egalitären Wirtschaftsprinzipien geboren. In den frühen 2000er-Jahren kamen wir zu einer Erkenntnis, die unseren Ansatz in Bezug auf Technologie geprägt hat: Normale Menschen – im Besitz von kleinen Unternehmen, hier und im Ausland – sollten Zugang zu denselben fortschrittlichen Geschäftsautomatisierungen haben wie die Fortune-500-Unternehmen; andernfalls würde ein großer Teil der Bevölkerung von der Wirtschaft ausgeschlossen werden.

Zu dieser Zeit war leistungsstarke digitale Software fast ausnahmslos durch starre Verträge, exorbitante Gebührenstrukturen und komplizierte Vor-Ort-Implementierungen abgeschottet. Große Unternehmen konnten die Kosten und den Aufwand solcher Systeme schultern, während kleinere Betriebe davon ausgeschlossen waren, was für sie einen enormen Nachteil darstellte. Wir wollten diese Situation ändern, indem wir das Versprechen der Technologie einem immer breiteren Publikum zugänglich machten. In den letzten zwei Jahrzehnten haben wir uns bemüht, den Wert unserer Produkte zu steigern, ohne den Preis zu erhöhen, indem wir uns die Skalierbarkeit der Cloud-Technologie zunutze gemacht haben. Unser Ziel ist es, Menschen auf allen Ebenen der Gesellschaft zu unterstützen, indem wir die Preise für Unternehmenssoftware senken und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit der Tools erhöhen. Der Zugang zu Kapital sollte den Erfolg nicht einschränken; Unternehmen sollten auf der Grundlage ihrer starken Zukunftsvisionen an Wert gewinnen oder verlieren.

So gesehen ist die KI die Erfüllung des Versprechens der Technologie. Sie befreit den Menschen von zeitlichen Zwängen, indem sie ihn von mühsamen oder unangenehmen Routinearbeiten entlastet. Sie hilft ihnen, Muster auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene zu erkennen, für die der Mensch von Natur aus nicht gut geeignet ist. Sie kann Probleme vorhersagen und Fehler korrigieren. Sie kann Geld und Zeit sparen und sogar Leben retten.

In dem Bestreben, diese Vorteile zu demokratisieren, wie wir es bei der allgemeinen Unternehmenssoftware getan haben, hat Zoho KI in unser gesamtes Anwendungspaket integriert. Wir haben die letzten sechs Jahre damit verbracht, im Stillen unsere eigene interne KI-Technologie zu entwickeln, die auf dem Fundament unserer eigenen Prinzipien aufbaut. Das Ergebnis ist Zia, ein KI-Assistent, der „smart“, also intelligent, ist, aber nicht schlau. Dies ist ein entscheidender Unterschied. Ein intelligentes System verfügt über die Informationen und Funktionen, um die einzigartige Vision und Intuition eines aktiven Bedienenden zu unterstützen. Ein schlaues System verschleiert die internen Abläufe des Prozesses und reduziert den Menschen auf einen passiven Nutzenden, der die von der Maschine gelieferten Erkenntnisse einfach konsumiert. Die künstliche Intelligenz sollte ein Werkzeug sein, das wir nutzen können, und nicht eine Brille, durch die wir die Welt betrachten. Um ein so mächtiges Werkzeug zu steuern, müssen wir mit dem Wissen ausgestattet sein, es zu verstehen und zu bedienen, ohne die menschlichen Eigenschaften unserer menschlichen Systeme zu untergraben.

Die Notwendigkeit, in dieser Technologie auf dem Laufenden zu bleiben, ist genau der Grund, warum ein Buch wie *Grundlagen der Künstlichen Intelligenz* in der heutigen Welt so wichtig ist. Es ist die intellektuelle Infrastruktur, die es den Menschen – normalen Menschen – ermöglicht, die Möglichkeiten der KI zu nutzen. Ohne diese Art von Initiativen wird die KI das Gleichgewicht der Kräfte zugunsten von Großunternehmen mit hohen Budgets verschieben. Es

ist von entscheidender Bedeutung, dass sich die Bevölkerung mit den Fähigkeiten ausstattet, KI-Systeme zu verstehen, denn diese Systeme werden zunehmend bestimmen, wie wir mit der Welt interagieren und uns in ihr bewegen. Schon bald werden die in diesem Buch enthaltenen Informationen nicht mehr nur ein interessantes Thema sein, sondern eine Voraussetzung für die Teilnahme an der modernen Wirtschaft.

So kann der Durchschnittsmensch die Früchte der KI-Revolution genießen. In den kommenden Jahren wird sich ändern, wie wir Arbeit definieren und welche Tätigkeiten einen wirtschaftlichen Wert haben. Wir müssen uns mit der Tatsache abfinden, dass die Zukunft der Arbeit für uns so fremd sein könnte wie ein Schreibtischjob für unsere entfernten Vorfahren. Aber wir müssen – und sollten – Vertrauen in die menschliche Fähigkeit haben, neue Formen der Arbeit zu entwickeln, auch wenn diese Arbeit nicht so aussieht wie die uns vertraute. Der erste Schritt ist jedoch, mehr über diese neue, aufregende und grundlegend demokratisierende Technologie zu erfahren.

– Sridhar Vembu, Mitbegründer und CEO von Zoho

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Vorwort</b> .....	III
<b>Über den Autor</b> .....	XI
<b>Einführung</b> .....	XIII
<b>Kapitel 1 KI-Grundlagen</b> .....	1
Alan Turing und der Turing-Test.....	2
Das Gehirn ist eine ... Maschine?.....	5
Kybernetik.....	6
Die Entstehungsgeschichte.....	6
Goldenes Zeitalter der KI.....	8
KI-Winter.....	12
Aufstieg und Fall der Expertensysteme.....	14
Neuronale Netze und Deep Learning.....	15
Technologische Triebkräfte der modernen KI.....	17
Struktur von KI.....	17
Schlussfolgerung.....	18
Wichtigste Erkenntnisse.....	18
<b>Kapitel 2 Daten</b> .....	21
Daten-Grundlagen.....	22
Arten von Daten.....	23
Big Data.....	25
Volume.....	26
Variety.....	26
Velocity.....	26
Datenbanken und andere Tools.....	27
Datenprozess.....	31
Schritt 1 – Geschäftsverständnis.....	33
Schritt 2 – Datenverständnis.....	35
Schritt 3 – Vorbereitung der Daten.....	36
Ethik und Governance.....	38
Wie viele Daten brauchen Sie für KI?.....	40
Weitere Datenbegriffe und -konzepte.....	40
Schlussfolgerung.....	42
Wichtigste Erkenntnisse.....	42

<b>Kapitel 3</b>	<b>Maschinelles Lernen</b> .....	<b>45</b>
	Was ist maschinelles Lernen? .....	47
	Standardabweichung .....	49
	Die Normalverteilung .....	49
	Bayes-Theorem .....	50
	Korrelation .....	51
	Merkmalsextraktion .....	52
	Was können Sie mit maschinellem Lernen erreichen? .....	53
	Der Prozess des maschinellen Lernens .....	56
	Schritt 1 – Datenreihenfolge .....	56
	Schritt 2 – Auswahl des Modells .....	56
	Schritt 3 – Training des Modells .....	56
	Schritt 4 – Bewertung des Modells .....	57
	Schritt 5 – Feinabstimmung des Modells .....	57
	Anwendung von Algorithmen .....	57
	Überwachtes Lernen .....	58
	Unüberwachtes Lernen .....	59
	Verstärkendes Lernen .....	61
	Teilüberwachtes Lernen .....	62
	Gängige Arten von Algorithmen für maschinelles Lernen .....	62
	Naiver Bayes-Klassifikator (Überwachtes Lernen/Klassifizierung) .....	63
	k-Nearest Neighbor (Überwachtes Lernen/Klassifizierung) .....	66
	Lineare Regression (Überwachtes Lernen/Regression) .....	66
	Entscheidungsbaum (Überwachtes Lernen/Regression) .....	68
	Ensemble-Modellierung (Überwachtes Lernen/Regression) .....	69
	k-Means-Clustering (Unüberwacht/Clustering) .....	71
	Schlussfolgerung .....	74
	Wichtigste Erkenntnisse .....	75
<b>Kapitel 4</b>	<b>Deep Learning</b> .....	<b>79</b>
	Der Unterschied zwischen Deep Learning und maschinellem Lernen .....	80
	Was ist Deep Learning? .....	81
	Das Gehirn und Deep Learning .....	82
	Künstliche neuronale Netze (Artificial Neural Networks, ANNs) .....	83
	Backpropagation .....	85
	Die verschiedenen neuronalen Netze .....	86
	Rekurrentes neuronales Netz (RNN) .....	87
	Convolutional Neural Network (CNN) .....	88
	Generative Adversarial Network (GAN) .....	89
	Deep-Learning-Anwendungen .....	91
	Anwendungsfall: Erkennung der Alzheimer-Krankheit .....	91
	Anwendungsfall: Energie .....	92
	Anwendungsfall: Erdbeben .....	93

	Anwendungsfall: Radiologie .....	94
	Deep-Learning-Hardware .....	94
	Wann sollte man Deep Learning einsetzen? .....	96
	Nachteile von Deep Learning .....	98
	Schlussfolgerung .....	101
	Wichtigste Erkenntnisse .....	101
<b>Kapitel 5</b>	<b>Robotic Process Automation (RPA)</b> .....	<b>103</b>
	Was ist RPA? .....	105
	Vor- und Nachteile von RPA .....	106
	Was können Sie von RPA erwarten? .....	108
	Wie man RPA implementiert .....	110
	Bestimmung der richtigen zu automatisierenden Funktionen .....	110
	Bewertung der Prozesse .....	111
	Auswahl des RPA-Anbietenden und Einsatz der Software .....	112
	Einrichten eines Teams für die Verwaltung der RPA-Plattform .....	112
	RPA und KI .....	113
	RPA in der realen Welt .....	114
	Schlussfolgerung .....	115
	Wichtigste Erkenntnisse .....	115
<b>Kapitel 6</b>	<b>Natural Language Processing (NLP)</b> .....	<b>117</b>
	Die Herausforderungen des NLP .....	119
	Verstehen, wie KI Sprache übersetzt .....	120
	Schritt 1 – Bereinigung und Vorverarbeitung .....	121
	Tokenisierung .....	121
	Stemming .....	122
	Lemmatisierung .....	123
	Schritt 2 – Sprache verstehen und generieren .....	124
	Spracherkennung .....	125
	NLP in der realen Welt .....	126
	Anwendungsfall: Verbesserung der Verkäufe .....	127
	Anwendungsfall: Bekämpfung von Depressionen .....	128
	Anwendungsfall: Erstellung von Inhalten .....	128
	Anwendungsfall: Körpersprache .....	130
	Voice Commerce .....	131
	Virtuelle Assistenten .....	133
	Chatbots .....	135
	Zukunft des NLP .....	139
	Schlussfolgerung .....	139
	Wichtigste Erkenntnisse .....	140
<b>Kapitel 7</b>	<b>Physische Roboter</b> .....	<b>141</b>
	Was ist ein Roboter? .....	142
	Industrielle und kommerzielle Roboter .....	145
	Roboter in der realen Welt .....	150
	Anwendungsfall: Sicherheit .....	150

Anwendungsfall: Roboter, die Böden schrubben . . . . .	151
Anwendungsfall: Online-Apotheke . . . . .	151
Anwendungsfall: Roboter-Wissenschaftler . . . . .	152
Humanoide und Haushaltsroboter . . . . .	153
Die Drei Gesetze der Robotik . . . . .	154
Cybersecurity und Roboter. . . . .	155
Programmierung von Robotern für KI. . . . .	156
Die Zukunft von Robotern . . . . .	158
Schlussfolgerung . . . . .	159
Wichtigste Erkenntnisse . . . . .	159
<b>Kapitel 8 Implementierung von KI . . . . .</b>	<b>161</b>
Ansätze zur Implementierung von KI . . . . .	162
Die Schritte zur KI-Implementierung. . . . .	165
Identifikation eines zu lösenden Problems. . . . .	165
Zusammenstellung des Teams . . . . .	168
Die richtigen Tools und Plattformen . . . . .	169
Python-Sprache . . . . .	170
KI-Frameworks. . . . .	171
Einsatz und Überwachung des KI-Systems . . . . .	176
Schlussfolgerung . . . . .	177
Wichtigste Erkenntnisse . . . . .	178
<b>Kapitel 9 Die Zukunft der KI . . . . .</b>	<b>181</b>
Autonome Autos. . . . .	183
USA gegen China. . . . .	187
Technologische Arbeitslosigkeit. . . . .	189
Die Nutzung der KI als Waffe . . . . .	191
Entdeckung von Medikamenten. . . . .	192
Regierung . . . . .	194
Künstliche Allgemeine Intelligenz (Artificial General Intelligence, AGI) . . . . .	195
Soziales Wohl. . . . .	197
Schlussfolgerung . . . . .	197
Wichtigste Erkenntnisse . . . . .	198
<b>Anhang A. KI-Ressourcen. . . . .</b>	<b>201</b>
<b>Anhang B. Glossar . . . . .</b>	<b>203</b>

# Über den Autor

---



**Tom Taulli** entwickelt seit den 1980er-Jahren Software. Im College gründete er sein erstes Unternehmen, das sich auf die Entwicklung von E-Learning-Systemen konzentrierte. Er gründete auch andere Unternehmen, darunter Hypermart.net, das 1996 an InfoSpace verkauft wurde. Im Laufe seiner Karriere hat Tom Kolumnen für Online-Publikationen wie [businessweek.com](http://businessweek.com), [techweb.com](http://techweb.com) und [Bloomberg.com](http://Bloomberg.com) geschrieben. Er schreibt auch Beiträge über künstliche Intelligenz für [Forbes.com](http://Forbes.com) und ist Berater für verschiedene Unternehmen im

Bereich der künstlichen Intelligenz. Sie können Tom auf Twitter ([@ttaulli](https://twitter.com/ttaulli)) oder über seine Website ([www.taulli.com](http://www.taulli.com)) erreichen.

# Einführung

---

Auf den ersten Blick ist die Uber-App einfach. Mit nur ein paar Klicks können Sie innerhalb weniger Minuten einen Fahrer oder eine Fahrerin anrufen.

Doch hinter den Kulissen verbirgt sich eine fortschrittliche Technologieplattform, die sich stark auf künstliche Intelligenz (KI) stützt. Hier sind nur einige der Möglichkeiten:

- Ein System zur Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP), das Unterhaltungen verstehen kann und so für ein optimiertes Erlebnis sorgt.
- Bildverarbeitungssoftware zur Überprüfung von Millionen von Bildern und Dokumenten wie Führerscheinen und Speisekarten.
- Sensorverarbeitungsalgorithmen, die zur Verbesserung der Genauigkeit in dicht besiedelten städtischen Gebieten beitragen, einschließlich der automatischen Erkennung von Unfällen durch die Wahrnehmung unerwarteter Bewegungen auf dem Telefon von Fahrenden oder Beifahrenden.
- Ausgefeilte Algorithmen für maschinelles Lernen, die Fahrtenangebot, Fahrtennachfrage und Ankunftszeiten vorhersagen.

Solche Technologien sind definitiv erstaunlich, aber sie sind auch notwendig. Ohne KI hätte Uber sein Wachstum – das die Abwicklung von mehr als 10 Mrd. Fahrten umfasst – auf keinen Fall bewältigen können. Vor diesem Hintergrund sollte es nicht überraschen, dass das Unternehmen mehrere hundert Millionen für diese Technologie ausgibt und eine große Gruppe von KI-Fachleuten beschäftigt.<sup>1</sup>

Aber KI ist nicht nur etwas für schnell wachsende Start-ups. Die Technologie erweist sich auch für traditionelle Unternehmen als von entscheidender Priorität. Schauen Sie sich nur McDonald's an. Im Jahr 2019 gab das Unternehmen 300 Mio. US\$ für die Übernahme des Tech-Start-ups Dynamic

---

<sup>1</sup>[www.sec.gov/Archives/edgar/data/1543151/000119312519120759/d647752ds1a.htm#toc647752\\_11](http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1543151/000119312519120759/d647752ds1a.htm#toc647752_11).

Yield aus. Es war der größte Deal des Unternehmens seit dem Kauf von Boston Market im Jahr 1999.<sup>2</sup>

Das 2011 gegründete Unternehmen Dynamic Yield ist ein Pionier bei der Nutzung von KI zur Erstellung personalisierter Kundeninteraktionen im Web, in Apps und per E-Mail. Zur Kundschaft gehören der Hallmark Channel, IKEA und Sephora.

McDonald's durchläuft eine digitale Transformation – und KI ist ein wichtiger Teil der Strategie. Mit Dynamic Yield plant das Unternehmen, die Technologie zu nutzen, um seinen Drive Thru, der einen Großteil der Einnahmen ausmacht, neu zu gestalten. Durch die Analyse von Daten wie Wetter, Verkehr und Tageszeit werden die digitalen Menüs dynamisch verändert, um die Umsatzmöglichkeiten zu verbessern. Es sieht auch so aus, als würde McDonald's Geofencing und sogar Bilderkennung von Nummernschildern einsetzen, um die Zielgruppenansprache zu verbessern.

Aber das wird nur der Anfang sein. McDonald's plant den Einsatz von KI für Kioske und Beschilderung in den Filialen sowie für die Lieferkette.

Das Unternehmen ist sich bewusst, dass die Zukunft sowohl vielversprechend als auch gefährlich ist. Wenn Unternehmen nicht proaktiv mit neuen Technologien umgehen, könnten sie letztendlich scheitern. Denken Sie nur daran, wie langsam sich Kodak auf Digitalkameras eingestellt hat. Oder denken Sie daran, wie das Taxigewerbe sich nicht veränderte, als es mit dem Ansturm von Uber und Lyft konfrontiert wurde.

Andererseits können neue Technologien fast wie ein Elixier auf ein Unternehmen wirken. Dazu bedarf es jedoch einer soliden Strategie, eines guten Verständnisses der Möglichkeiten und der Bereitschaft, Risiken einzugehen. In diesem Buch gebe ich Ihnen Werkzeuge an die Hand, die Ihnen bei all dem helfen.

Also gut, wie groß wird die KI werden? Laut einer Studie von PWC wird sie das globale BIP bis 2030 um schwindelerregende 15,7 Bio. US\$ steigern – das ist mehr als die Wirtschaftsleistung von China und Indien zusammen. Die Autoren des Berichts stellen fest: „KI berührt fast jeden Aspekt unseres Lebens. Und sie fängt gerade erst an“.<sup>3</sup>

Es stimmt, wenn es um die Vorhersage von Trends geht, kann es eine Menge Hype geben. Bei der KI könnte es jedoch anders sein, denn sie hat das Potenzial, sich zu einer Allzwecktechnologie zu entwickeln. Eine Parallele dazu ist das, was im 19. Jahrhundert mit dem Aufkommen der Elektrizität geschah, die die ganze Welt verändert hat.

---

<sup>2</sup> <https://news.mcdonalds.com/news-releases/news-release-details/dynamic-yield-acquisition-release>.

<sup>3</sup> [www.pwc.com/gx/en/issues/data-and-analytics/publications/artificial-intelligence-study.html](http://www.pwc.com/gx/en/issues/data-and-analytics/publications/artificial-intelligence-study.html).

Ein Zeichen für die strategische Bedeutung der KI ist, dass Technologieunternehmen wie Google, Microsoft, Amazon.com, Apple und Facebook erhebliche Investitionen in diese Branche getätigt haben. Google beispielsweise bezeichnet sich selbst als „AI-first“-Unternehmen und hat Milliarden in den Kauf von Unternehmen in diesem Bereich sowie in die Einstellung von Tausenden von Forschenden der Datenwissenschaft investiert.

Mit anderen Worten: Immer mehr Arbeitsstellen werden Kenntnisse über KI erfordern. Zugegeben, das bedeutet nicht, dass man Programmiersprachen lernen oder Statistik für Fortgeschrittene verstehen muss. Aber es wird entscheidend sein, ein solides Fundament an Grundlagenwissen zu haben.

Das Ziel dieses Buches ist es, umsetzbare Ratschläge zu geben, die einen großen Unterschied für Ihr Unternehmen und Ihre Karriere machen können. Sie werden keine tiefgehenden technischen Erklärungen, Codeschnipsel oder Gleichungen finden. Stattdessen geht es in *Grundlagen der Künstlichen Intelligenz* um die Beantwortung der wichtigsten Fragen, die sich Menschen im Management stellen: Wo ist KI sinnvoll? Was sind die Fallstricke? Wie kann man die Technologie bewerten? Wie kann man ein KI-Pilotprojekt starten?

In diesem Buch wird die Technologie auch aus der Praxis heraus betrachtet. Ein großer Vorteil, den ich als Autor für Forbes.com und als Berater in der Tech-Welt habe, ist, dass ich mit vielen talentierten Menschen im Bereich der KI sprechen kann – und das hilft mir, zu erkennen, was in der Branche wirklich wichtig ist. Außerdem erfahre ich von Fallstudien und Beispielen davon, was funktioniert.

Dieses Buch ist so aufgebaut, dass es die wichtigsten Themen der Künstlichen Intelligenz abdeckt – und Sie müssen nicht jedes Kapitel der Reihe nach lesen. *Grundlagen der Künstlichen Intelligenz* ist als Handbuch gedacht.

Hier finden Sie kurze Beschreibungen der einzelnen Kapitel:

- *Kap. 1 – KI-Grundlagen*: Dies ist ein Überblick über die ereignisreiche Geschichte der KI, die bis in die 1950er-Jahre zurückreicht. Sie werden etwas über brillante Forschende und Fachkundige der Informatik wie Alan Turing, John McCarthy, Marvin Minsky und Geoffrey Hinton erfahren. Es werden auch Schlüsselkonzepte wie der Turing-Test behandelt, mit dem sich feststellen lässt, ob eine Maschine echte KI erreicht hat.
- *Kap. 2 – Daten*: Daten sind das Lebenselixier der KI. Sie ermöglichen es Algorithmen, Muster und Korrelationen zu entdecken und Erkenntnisse zu gewinnen. Aber es gibt auch Stolpersteine bei Daten, wie Qualität und Verzerrungen. Dieses Kapitel bietet einen Rahmen für die Arbeit mit Daten in einem KI-Projekt.

- *Kap. 3 – Maschinelles Lernen:* Dies ist ein Teilbereich der KI und umfasst traditionelle statistische Verfahren wie Regressionsanalyse. In diesem Kapitel werden wir aber auch die fortgeschrittenen Algorithmen wie k-Nearest Neighbor (k-NN) und den Naiven Bayes-Klassifikator behandeln. Außerdem wird ein Blick darauf geworfen, wie man ein maschinelles Lernmodell zusammenstellt.
- *Kap. 4 – Deep Learning:* Hierbei handelt es sich um eine weitere Untergruppe der KI, die in den letzten zehn Jahren eindeutig die meisten Innovationen hervorgebracht hat. Beim Deep Learning geht es um die Verwendung neuronaler Netze, um Muster zu erkennen, die das Gehirn nachahmen. In diesem Kapitel werden wir einen Blick auf die wichtigsten Algorithmen wie rekurrente neuronale Netze (RNN), Convolutional Neural Networks (CNN) und Generative Adversarial Networks (GAN) werfen. Außerdem werden Schlüsselkonzepte wie Backpropagation erklärt.
- *Kap. 5 – Robotic Process Automation:* Hierbei werden Systeme eingesetzt, die sich wiederholende Prozesse automatisieren, z. B. die Eingabe von Daten in ein CRM-System (Customer-Relationship-Management). Die roboterassistierte Prozessautomatisierung (RPA) hat in den letzten Jahren aufgrund des hohen ROI (Return on Investment) ein enormes Wachstum erfahren. Die Technologie war auch ein Einstieg für Unternehmen, KI zu implementieren.
- *Kap. 6 – Natural Language Processing (NLP):* Diese Form der KI, bei der es um das Verstehen von Gesprächen geht, ist am weitesten verbreitet, wie man an Siri, Cortana und Alexa sieht. Aber NLP-Systeme, wie Chatbots, sind auch in der Unternehmenswelt wichtig geworden. In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie diese Technologie effektiv genutzt werden und wie man heikle Probleme vermeiden kann.
- *Kap. 7 – Physische Roboter:* Die künstliche Intelligenz beginnt, einen großen Einfluss auf diese Branche zu haben. Mit Deep Learning wird es für Roboter immer einfacher, ihre Umgebung zu verstehen. In diesem Kapitel werfen wir einen Blick auf Haushalts- und Industrieroboter mit einer Vielzahl von Anwendungsfällen.
- *Kap. 8 – Implementierung von KI:* Wir gehen Schritt für Schritt an die Entwicklung eines KI-Projekts heran, vom

ersten Konzept bis zur Implementierung. In diesem Kapitel werden auch die verschiedenen Tools wie Python, TensorFlow und PyTorch behandelt.

- *Kap. 9 – Die Zukunft der KI:* Dieses Kapitel befasst sich mit einigen der wichtigsten Trends im Bereich der KI, wie autonomes Fahren, die Nutzung der KI als Waffe, technologische Arbeitslosigkeit, Arzneimittelentwicklung und Regulierung.

Im hinteren Teil des Buches finden Sie außerdem einen Anhang mit weiterführenden Informationen und ein Glossar mit gängigen Begriffen zum Thema KI.

## Begleitendes Material

Alle Aktualisierungen werden auf meiner Website unter [www.Taulli.com](http://www.Taulli.com) veröffentlicht.

# KI-Grundlagen

## Unterricht in Geschichte

---

*„Künstliche Intelligenz wäre die ultimative Version von Google. Die ultimative Suchmaschine, die alles im Web verstehen würde. Sie würde genau verstehen, was man will, und einem das Richtige liefern. Davon sind wir heute noch weit entfernt. Aber wir können uns diesem Ziel schrittweise nähern, und daran arbeiten wir.“*

—Larry Page, Mitbegründer von Google Inc. und CEO von Alphabet (Gründer und CEO von Google Inc.)  
Interview mit der Academy of Achievement,  
[www.achievement.org](http://www.achievement.org), 28. Oktober 2000.)

In Fredric Browns Kurzgeschichte „Answer“ aus dem Jahr 1954 wurden alle Computer auf den 96 Mrd. Planeten des Universums zu einer einzigen Supermaschine verbunden. Auf die Frage: „Gibt es einen Gott?“, antwortet sie: „Ja, jetzt gibt es einen Gott.“

Zweifellos war Browns Geschichte clever – und auch ein bisschen witzig und gruselig! Science-Fiction ist eine Möglichkeit, die Auswirkungen neuer Technologien zu verstehen, und künstliche Intelligenz (KI) ist ein wichtiges Thema. Einige der denkwürdigsten Figuren in der Science-Fiction sind Androiden oder Computer, die sich ihrer selbst bewusst werden, wie in *Terminator*, *Blade Runner*, *2001: Odyssee im Weltraum* und sogar *Frankenstein*.

Aber mit dem unaufhaltsamen Tempo neuer Technologien und Innovationen wird Science-Fiction allmählich zur Realität. Wir können jetzt mit unseren Smartphones sprechen und Antworten erhalten; unsere Konten in den sozialen Medien zeigen uns die Inhalte, die uns interessieren; unsere Banking-Apps senden uns Reminder und so weiter und so fort. Diese personalisierte Inhaltserstellung scheint fast magisch, wird aber schnell zur Normalität in unserem Alltag.

Um KI zu verstehen, ist es wichtig, sich mit ihrer ereignisreichen Geschichte vertraut zu machen. Sie werden sehen, wie die Entwicklung dieser Branche von Durchbrüchen und Rückschlägen geprägt war. Es gibt auch eine Reihe brillanter Menschen der Forschung und akademischen Wissenschaft, wie Alan Turing, John McCarthy, Marvin Minsky und Geoffrey Hinton, die die Grenzen der Technologie verschoben haben. Aber trotz allem gab es einen kontinuierlichen Fortschritt.

Fangen wir an.

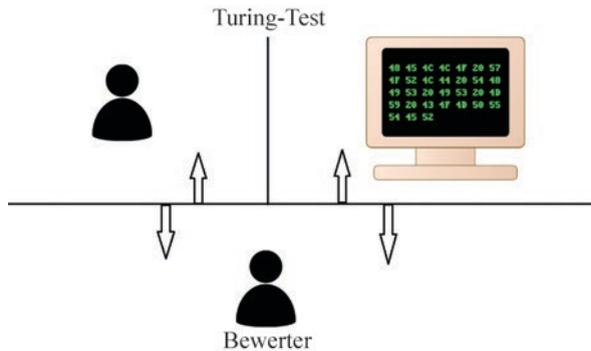
## Alan Turing und der Turing-Test

Alan Turing ist eine herausragende Persönlichkeit in der Computerwissenschaft und der KI. Er wird oft als der „Vater der KI“ bezeichnet.

Im Jahr 1936 schrieb er eine Arbeit mit dem Titel „On Computable Numbers“. Darin legte er die grundlegenden Konzepte für einen Computer dar, der als Turing-Maschine bekannt wurde. Beachten Sie, dass echte Computer erst mehr als ein Jahrzehnt später entwickelt werden sollten.

Dennoch war es seine Arbeit mit dem Titel „Computing Machinery and Intelligence“, die für die KI von historischer Bedeutung werden sollte. Er konzentrierte sich auf das Konzept einer Maschine, die intelligent ist. Doch dazu musste es eine Möglichkeit geben, Intelligenz zu messen. Was ist Intelligenz – zumindest für eine Maschine?

An dem Punkt hat er den berühmten „Turing-Test“ entwickelt. Es handelt sich im Wesentlichen um ein Spiel mit drei Teilnehmenden: zwei Menschen und ein Computer. Der bewertende Mensch stellt den beiden anderen (einem Menschen und einem Computer) offene Fragen mit dem Ziel, herauszufinden, welcher der beiden der Mensch ist. Wenn der bewertende Mensch keine Entscheidung treffen kann, wird davon ausgegangen, dass der Computer intelligent ist. Abb. 1-1 zeigt den grundlegenden Ablauf des Turing-Tests.



**Abb. I-1.** Der grundlegende Arbeitsablauf des Turing-Tests

Das Geniale an diesem Konzept ist, dass nicht geprüft werden muss, ob die Maschine tatsächlich etwas weiß, ob sie sich ihrer selbst bewusst ist oder ob sie überhaupt korrekt ist. Vielmehr zeigt der Turing-Test, dass eine Maschine große Mengen an Informationen verarbeiten, Sprache interpretieren und mit Menschen kommunizieren kann.

Turing glaubte, dass eine Maschine seinen Test erst um die Jahrhundertwende bestehen würde. Ja, das war eine von vielen Vorhersagen zur KI, die nicht eintrafen.

Wie hat sich der Turing-Test im Laufe der Jahre bewährt? Nun, er hat sich als schwer zu knacken erwiesen. Denken Sie daran, dass es Wettbewerbe wie den Loebner-Preis und den Turing-Test-Wettbewerb gibt, um Menschen zu ermutigen, intelligente Software-Systeme zu entwickeln.

Im Jahr 2014 gab es einen Fall, bei dem es tatsächlich so aussah, als ob der Turing-Test bestanden worden wäre. Es ging um einen Computer, der sagte, er sei 13 Jahre alt.<sup>1</sup> Interessanterweise wurden die menschlichen Beurteilenden wahrscheinlich getäuscht, weil einige der Antworten Fehler enthielten.

Im Mai 2018 präsentierte Google-CEO Sundar Pichai auf der I/O-Konferenz den Google Assistant in einer beeindruckenden Präsentation.<sup>2</sup> Vor einem Live-Publikum benutzte er das Gerät, um einen Friseursalon in der Nähe anzurufen und einen Termin zu vereinbaren. Die Person am anderen Ende der Leitung verhielt sich so, als ob sie mit einem Menschen sprechen würde!

Erstaunlich, oder? Auf jeden Fall. Und doch hat das Gerät den Turing-Test wahrscheinlich nicht bestanden. Der Grund dafür ist, dass sich das Gespräch auf ein Thema konzentrierte und kein offenes Ende hatte.

<sup>1</sup> [www.theguardian.com/technology/2014/jun/08/super-computer-simulates-13-year-old-boy-passes-turing-test](http://www.theguardian.com/technology/2014/jun/08/super-computer-simulates-13-year-old-boy-passes-turing-test).

<sup>2</sup> [www.theverge.com/2018/5/8/17332070/google-assistant-makes-phone-call-demo-duplex-io-2018](http://www.theverge.com/2018/5/8/17332070/google-assistant-makes-phone-call-demo-duplex-io-2018).

Es dürfte nicht überraschen, dass der Turing-Test immer wieder kontrovers diskutiert wird, da einige Leute glauben, dass er manipuliert werden kann. Im Jahr 1980 schrieb der Philosoph John Searle einen berühmten Aufsatz mit dem Titel „Minds, Brains, and Programs“, in dem er sein eigenes Gedankenexperiment, das sogenannte „Chinese Room Argument“, aufstellte, um die Schwachstellen aufzuzeigen.

Das funktioniert folgendermaßen: Angenommen, John befindet sich in einem Raum und versteht die chinesische Sprache nicht. Er verfügt jedoch über Handbücher, die einfach zu verwendende Regeln für die Übersetzung der Sprache enthalten. Außerhalb des Raums befindet sich Jan, die die Sprache versteht und John Schriftzeichen vorlegt. Nach einiger Zeit erhält sie dann von John eine genaue Übersetzung. Daher kann man davon ausgehen, dass Jan glaubt, dass John Chinesisch sprechen kann.

Searles Schlussfolgerung:

„Der Kern des Arguments ist folgender: Wenn der Mann im Raum kein Chinesisch versteht, obwohl er das entsprechende Programm zum Verstehen von Chinesisch implementiert hat, dann versteht auch kein anderer digitaler Computer allein basierend auf dieser Grundlage Chinesisch, weil kein Computer, qua Computer, etwas hat, was der Mann nicht hat.“<sup>3</sup>

Das war ein ziemlich gutes Argument – und ist seitdem ein heiß diskutiertes Thema in KI-Kreisen.

Searle glaubte auch, dass es zwei Formen von KI gibt:

- *Starke KI*: Dies ist der Fall, wenn eine Maschine wirklich versteht, was vor sich geht. Sie kann sogar Emotionen und Kreativität entwickeln. Meistens handelt es sich um das, was wir in Science-Fiction-Filmen sehen. Diese Art von KI wird auch als künstliche allgemeine Intelligenz (Artificial General Intelligence, AGI) bezeichnet. Es gibt nur eine Handvoll Unternehmen, die sich auf diese Kategorie konzentrieren, wie z. B. DeepMind von Google.
- *Schwache KI*: Bei dieser Art von KI ist eine Maschine auf den Abgleich von Mustern ausgerichtet und konzentriert sich in der Regel auf bestimmte Aufgaben. Beispiele hierfür sind Siri von Apple und Alexa von Amazon.

Die Realität ist, dass sich die KI in der Anfangsphase der schwachen KI befindet. Es könnte leicht Jahrzehnte dauern, bis wir den Punkt der starken KI erreichen. Einige Forschende glauben, dass es vielleicht nie dazu kommen wird.

---

<sup>3</sup><https://plato.stanford.edu/entries/chinese-room/>.

In Anbetracht der Einschränkungen des Turing-Tests haben sich Alternativen herauskristallisiert, zum Beispiel die folgenden:

- *Kurzweil-Kapor-Test*: Dieser Test stammt vom Zukunftsforscher Ray Kurzweil und dem Technologieunternehmer Mitch Kapor. Ihr Test verlangt, dass ein Computer zwei Stunden lang ein Gespräch führt und dass zwei von drei Beurteilenden glauben, dass es sich um einen Menschen handelt. Kapor glaubt, dass dies nicht vor 2029 erreicht werden kann.
- *Coffee Test*: Dieser Test stammt vom Apple-Mitbegründer Steve Wozniak. Gemäß dem Kaffeetest muss ein Roboter in der Lage sein, in das Haus von Fremden zu gehen, die Küche zu finden und eine Tasse Kaffee zu brühen.

## Das Gehirn ist eine ... Maschine?

1943 lernten sich Warren McCulloch und Walter Pitts an der Universität von Chicago kennen und wurden schnell Freunde, obwohl ihre Herkunft und ihr Alter sehr unterschiedlich waren (McCulloch war 42 und Pitts 18 Jahre alt). McCulloch wuchs in einer wohlhabenden Familie des „Eastern Establishment“ auf und besuchte angesehenere Schulen. Pitts hingegen wuchs in einem Viertel mit geringem Einkommen auf und war als Jugendlicher sogar obdachlos.

Trotz alledem sollte die Partnerschaft zu einer der folgenreichsten in der Entwicklung der KI werden. McCulloch und Pitts entwickelten neue Theorien zur Erklärung des Gehirns, die oft gegen die konventionelle Weisheit der Psychologie nach Freud verstießen. Beide waren jedoch der Meinung, dass die Logik die Leistung des Gehirns erklären kann, und griffen auch auf die Erkenntnisse von Alan Turing zurück. Auf dieser Grundlage verfassten sie 1943 gemeinsam eine Arbeit mit dem Titel „A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity“, die im *Bulletin of Mathematical Biophysics* erschien. Die These lautete, dass die Kernfunktionen des Gehirns wie Neuronen und Synapsen durch Logik und Mathematik erklärt werden könnten, beispielsweise mit logischen Operatoren wie Und, Oder und Nicht. Mit diesen könnte man ein komplexes Netzwerk aufbauen, das Informationen verarbeiten, lernen und denken kann.

Ironischerweise fand der wissenschaftliche Artikel bei akademischen Fachleuten der Neurologie keinen großen Anklang. Aber er erregte die Aufmerksamkeit derjenigen, die sich mit Computern und KI beschäftigen.

## Kybernetik

Norbert Wiener entwickelte verschiedene Theorien, doch seine berühmteste war die der Kybernetik. Sie konzentrierte sich auf das Verständnis von Kontrolle und Kommunikation mit Tieren, Menschen und Maschinen und zeigte die Bedeutung von Rückkopplungsschleifen auf.

Im Jahr 1948 veröffentlichte Wiener *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Obwohl es sich um ein wissenschaftliches Werk mit komplexen Gleichungen handelte, wurde das Buch ein Bestseller und landete auf der entsprechenden Liste der *New York Times*.

Es war definitiv sehr umfangreich. Einige der Themen waren Newtonsche Mechanik, Meteorologie, Statistik, Astronomie und Thermodynamik. Dieses Buch sollte die Entwicklung der Chaostheorie, der digitalen Kommunikation und sogar des Computerspeichers vorwegnehmen.

Aber auch für die künstliche Intelligenz sollte das Buch einflussreich sein. Wie McCulloch und Pitts verglich auch Wiener das menschliche Gehirn mit dem Computer. Außerdem spekulierte er, dass ein Computer in der Lage sein würde, Schach zu spielen und schließlich Großmeister zu schlagen. Der Hauptgrund dafür ist, dass er glaubte, dass eine Maschine beim Spielen lernen könnte. Er glaubte sogar, dass Computer in der Lage sein würden, sich selbst zu replizieren.

Aber auch *Cybernetics* war nicht utopisch. Wiener erkannte in weiser Voraussicht auch die Schattenseiten von Computern, wie etwa das Potenzial zur Entmenschlichung. Er dachte sogar, dass Maschinen den Menschen überflüssig machen würden.

Die Botschaft war definitiv widersprüchlich. Aber die Ideen von Wiener waren wirkungsvoll und haben die Entwicklung der KI vorangetrieben.

## Die Entstehungsgeschichte

John McCarthys Interesse an Computern wurde 1948 geweckt, als er an einem Seminar mit dem Titel „Cerebral Mechanisms in Behavior“ teilnahm, das sich mit der Frage beschäftigte, wie Maschinen irgendwann einmal denken können würden. Zu den Teilnehmenden gehörten die führenden Wegbereitenden auf diesem Gebiet wie John von Neumann, Alan Turing und Claude Shannon.

McCarthy tauchte weiter in die aufstrebende Computerindustrie ein – er arbeitete unter anderem in den Bell Labs – und organisierte 1956 ein zehnwöchiges Forschungsprojekt an der Universität Dartmouth. Er nannte es eine „Studie über künstliche Intelligenz“. Es war das erste Mal, dass dieser Begriff verwendet wurde.