

Wie Maschinen lernen

Kristian Kersting ·
Christoph Lampert ·
Constantin Rothkopf
(Hrsg.)

Wie Maschinen lernen

Künstliche Intelligenz
verständlich erklärt



Springer

Hrsg.

Kristian Kersting
Technische Universität Darmstadt
Darmstadt, Deutschland

Christoph Lampert
Institute of Science and Technology
Klosterneuburg, Österreich

Constantin Rothkopf
Technische Universität Darmstadt
Darmstadt, Deutschland

ISBN 978-3-658-26762-9 ISBN 978-3-658-26763-6 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-26763-6>

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

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 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 allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

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.

Bildnachweis Umschlag: © Nanina Föhr.
Mit Abbildungen von Nanina Föhr.

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Geleitwort

Grußwort Matthias Kleiner, Präsident der Leibniz-Gemeinschaft und Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirates der KI-Kompetenzzentren in Deutschland

Liebe Leserinnen und Leser – oder einfach: Dear All!

Ob es wohl stimmt, dass jedes Buch schließlich die Leserinnen und Leser findet, die es verdient? Für das vorliegende Buch hoffe ich, dass die Menge der Leserschaft rasch gen 100 % strebt – eben alle, einfach jede und jeder seine Leserinnen und Leser werden. Warum? Weil seine Inhalte alle angehen. Weil es sich zur Aufgabe gemacht hat, für alle zu sein. Das vorliegende Buch haben angehende Expertinnen und Experten für künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen geschrieben, um beides zugänglich zu machen, um beides nicht nur in den Alltag des Nutzens und Benutzens, sondern in den Alltag des Verstehens zu rücken, um zu informieren, Schlagworte zu konkretisieren und Chancen und Risiken zu diskutieren – für mehr

VI Geleitwort

Bewusstsein, mehr Entscheidungskompetenz und am Ende sicher auch für weniger Ängste und Hysterie.

Das ist gut, das ist wichtig. Denn im Verhältnis zwischen unserer Gesellschaft und künstlicher Intelligenz ist wissenschaftliche Sachlichkeit ebenso nötig wie umgekehrt beherzte Dialogbereitschaft wie die vorliegende dem Verhältnis von Gesellschaft und Wissenschaft wohl bekommt: Künstliche Intelligenz ist kein Wesen mit Eigenleben oder eigenständigen Vitalfunktionen, das jegliches menschliche Handeln übernehmen kann oder soll. Künstliche Intelligenz bezeichnet im Grunde genommen ein Bündel von Technologien, oder besser noch, Algorithmen, also Rechen- oder Handlungsanweisungen, die verschiedene Prozesse des Erschließens und Aneignens, des Anwendens und Transformierens, gerichtet auf bestimmte Funktionalitäten und Ergebnisse, umsetzen können.

Dem kommt eine gewisse Lisa – also eine junge Dame aus unserer Mitte – auf den folgenden Seiten mit, Dir, mit Euch, mit allen, liebe Leserinnen und Leser, auf die Spur. Viel Vergnügen!

Matthias Kleiner

Vorwort

Wir sehen sie vielleicht nicht, aber Künstliche Intelligenz ist überall um uns herum. Sie hat längst unser Leben erobert und hilft uns, den Alltag bequemer und besser informiert zu gestalten. Sie hilft uns beim Suchen im Internet, sie übersetzt uns im Urlaub die Straßenschilder, und sie erlaubt es uns, in natürlicher Sprache unser Smartphone zu bedienen. KI, so die populäre Abkürzung für Künstliche Intelligenz, ermöglicht es der Feuerwehr im Notfall schneller durch den Verkehr zu kommen, sie hilft der Landwirtschaft optimal zu düngen und zu säen, sie verbessert Aussagen über den Klimawandel und sie hilft, das Zusammenspiel von neuen Medikamenten mit tausenden möglicher Nebenwirkungen vorauszusagen. KI erlaubt aber auch personalisierte Werbung im Internet, sie ermöglicht die rund-um-die-Uhr Kameraüberwachung von öffentlichen Plätzen, und überhaupt übernimmt sie mehr und mehr Tätigkeiten, die vorher Menschen vorbehalten waren.

Diese Entwicklungen kann man begrüßen oder kritisieren, aber man sollte sie nicht ignorieren. Klar ist, dass mit der immer schnelleren Entwicklung solcher KI-Systeme auch das Potenzial wächst, dass der Alltag von Bürgerinnen und Bürgern massiv beeinträchtigt wird. Insofern überrascht es nicht, dass in den letzten Jahren eine öffentliche Debatte über die Auswirkungen von KI auf unsere Gesellschaft entstanden ist. Was passiert, wenn manche Staaten KI nutzen, um ihre Bürgerinnen und Bürger zu überwachen? Welche Informationen kann KI aus den Daten gewinnen, die große Konzerne über ihre Milliarden von Nutzern sammeln? Wie verändert KI die Kommunikation oder die Arbeitswelt? Welche Auswirkungen hat KI für jeden Einzelnen und für das Zusammenleben in der Gesellschaft? Welche Grenzen sollte es für KI geben?

Fassen wir zusammen: Künstliche Intelligenz ist die wohl spannendste Zukunftstechnologie unserer Zeit. Leider ist KI für viele unter uns ein Buch mit sieben Siegeln. Man hört Sensationsmeldungen in den Nachrichten oder im Internet, doch was verbirgt sich hinter den Schlagzeilen, was ist Wirklichkeit und was ist Fiktion? Um heute gemeinsam die Weichen dafür zu stellen, wie die Welt von morgen aussehen wird, braucht jeder ein grundlegendes Verständnis darüber, was KI ist und wie sie funktioniert. Nur so kann eine Diskussion stattfinden, die die ganze Gesellschaft erreicht.

Aufzuklären und einen bescheidenen Beitrag zur Öffnung der Diskussion zu leisten, das war auch unser Ziel, als wir vor gut zwei Jahren das wissenschaftliche Kolleg „Künstliche Intelligenz – Fakten, Chancen, Risiken“ der Studienstiftung des deutschen Volkes ins Leben riefen – Danke für die Chance und die finanzielle und logistische Unterstützung an die Studienstiftung. In zahlreichen Treffen mit einer Gruppe von 25 Studierenden haben wir uns

informiert, gestaunt, diskutiert und gelacht. In dem Buch, das Sie gerade in den Händen halten, präsentieren wir Ihnen unsere Ergebnisse: einen Einblick in den aktuellen Stand der Künstlichen Intelligenz, aufbereitet in allgemeinverständlicher Weise ohne zu viele technische Details, aber auch ohne zu starke Vereinfachungen, denn in ihrer Essenz sind die zugrunde liegenden Techniken bereits einfach genug.

Der Motor, welcher die moderne KI antreibt, ist das Konzept des maschinellen Lernens. Dieses erlaubt, Computern neue Fähigkeiten beizubringen, einfach indem man ihnen passende Daten zur Verfügung stellt. Statt vieler spezialisierter Verfahren benötigt man nur eine kleine Anzahl von Lernalgorithmen, von denen wir Ihnen die wichtigsten in diesem Buch vorstellen. Sie sind alles, was Sie wirklich wissen müssen, um zu verstehen, wie das maschinelle Lernen die Welt verändert. Weit entfernt von Esoterik und ganz abgesehen von ihrem Einsatz in Computern sind sie Antworten auf Fragen, die uns alle angehen: Wie lernen Maschinen? Wo liegen ihre Grenzen? Können wir dem, was Maschinen gelernt haben, wirklich vertrauen? Und wie lernen wir?

Diese und andere Fragen beantwortet die Heldin unseres Buches, Lisa. Die wahren Helden sind aber die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Kollegs. Ihr habt das Buch geschrieben. Ihr habt Lisa ins Leben gerufen und so nahbar und liebevoll gestaltet, wie wir das niemals geschafft hätten. Danke!

Darmstadt, Deutschland
Wien, Österreich
Darmstadt, Deutschland

Kristian Kersting
Christoph Lampert
Constantin Rothkopf

Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundlagen

1	Einleitung	3
	<i>Jannik Kossen, Fabrizio Kuruc und Maike Elisa Müller</i>	
2	Algorithmen	11
	<i>Nicolas Berberich</i>	
3	Maschinelles Lernen	21
	<i>Michael Krause und Elena Natterer</i>	
4	Daten	29
	<i>Alexandros Gilch und Theresa Schüler</i>	
5	Regression	39
	<i>Jannik Kossen und Maike Elisa Müller</i>	

XII Inhaltsverzeichnis

6	Klassifikation	45
	<i>Jana Aberham und Jannik Kossen</i>	

7	Clusteranalyse	53
	<i>Jana Aberham und Fabrizio Kuruc</i>	

Teil II Lernverfahren und mehr

8	Lineare Regression	61
	<i>Jannik Kossen und Maike Elisa Müller</i>	

9	Ausreißer	69
	<i>Jannik Kossen und Maike Elisa Müller</i>	

10	k-Nächste-Nachbarn	73
	<i>Michael Neumann</i>	

11	k-Means-Algorithmus	81
	<i>Dorothea Müller</i>	

12	Fluch der Dimensionalität	89
	<i>Jannik Kossen und Fabrizio Kuruc</i>	

13	Support Vector Machine	95
	<i>Jana Aberham und Fabrizio Kuruc</i>	

14	Logistische Regression	105
	<i>Theresa Schüler</i>	

15	Entscheidungsbäume	111
	<i>Jannik Kossen, Maike Elisa Müller und Max Ruckriegel</i>	

16	Verzerrung-Varianz-Dilemma	119
	<i>Jannik Kossen und Maike Elisa Müller</i>	
17	Hauptkomponentenanalyse	125
	<i>Christian Hölzer</i>	
18	Eine kurze Geschichte der künstlichen Intelligenz	135
	<i>Ina Kalder</i>	
19	Big Data	141
	<i>Christian Hölzer und Elena Natterer</i>	
20	Künstliche neuronale Netze	149
	<i>Leon Hetzel und Frederik Wangelik</i>	
21	Faltungsnetze	163
	<i>Jannik Kossen und Maike Elisa Müller</i>	
22	Gradientenabstiegsverfahren	171
	<i>Wolfgang Böttcher, Charlotte Bunne und Johannes von Stetten</i>	
23	No Free Lunch Theorem	181
	<i>Maike Elisa Müller</i>	
24	Bayesregel	185
	<i>Justin Fehrling und Michael Krause</i>	
25	Generative gegnerische Netzwerke	195
	<i>Jannik Kossen und Maike Elisa Müller</i>	
26	Verstärkendes Lernen	203
	<i>Thomas Herrmann und Lars Frederik Peiss</i>	

**Teil III Künstliche Intelligenz und
Gesellschaft**

27	Über die Mystifizierung von KI	215
	<i>Nicolas Berberich und Christian Hölzer</i>	
28	Künstliche Intelligenz und Sicherheit	223
	<i>Nicolas Berberich und Ina Kalder</i>	
29	Künstliche Intelligenz und Ethik	229
	<i>Nicolas Berberich</i>	
30	Schlusswort	241
	<i>Jannik Kossen, Maike Elisa Müller und Elena Natterer</i>	