

Technik im Fokus

Weitere Bände zur Reihe finden Sie unter
<http://www.springer.com/series/8887>.

Klaus Mainzer

Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen?

2., erweiterte Auflage

 Springer

Prof. em. Dr. Klaus Mainzer,
Emeritus of Excellence
Technische Universität München
München, Deutschland

„Konzeption der Energie-Bände in der Reihe Technik im Fokus: Prof. Dr.-Ing. Viktor Wesselak, Institut für Regenerative Energiesysteme, Hochschule Nordhausen“

ISSN 2194-0770

ISSN 2194-0789 (electronic)

Technik im Fokus

ISBN 978-3-662-58045-5

ISBN 978-3-662-58046-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58046-2>

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2016, 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.

Springer 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 zur 2. Auflage

In der 2. Auflage wird auch das Thema Künstliche Intelligenz und Quantum Computing (Abschn. 10.3) berücksichtigt, nachdem diese Technologie absehbar ist. Neben der Innovation von Künstlicher Intelligenz rücken die Herausforderungen von Sicherheit und Verantwortung in den Vordergrund. Sie werden in der 2. Auflage durch die zusätzlichen Kap. 11 und 12 berücksichtigt: Im Machine Learning benötigen wir mehr Erklärung und Zurechnung von Ursachen und Wirkungen, um ethische und rechtliche Fragen der Verantwortung (z. B. beim autonomen Fahren oder in der Medizin) entscheiden zu können. Zudem ist Künstliche Intelligenz bereits eine Schlüsseltechnologie, die den globalen Wettstreit der Gesellschaftssysteme entscheiden wird. Wie sollen wir unsere individuellen Freiheitsrechte in der KI-Welt behaupten? Europa wird sich nicht nur als technischer KI-Standort, sondern auch mit seinem moralischen Wertesystem positionieren müssen.

München
im August 2018

Klaus Mainzer

Vorwort

Künstliche Intelligenz beherrscht längst unser Leben, ohne dass es vielen bewusst ist. Smartphones, die mit uns sprechen, Armbanduhren, die unsere Gesundheitsdaten aufzeichnen, Arbeitsabläufe, die sich automatisch organisieren, Autos, Flugzeuge und Drohnen, die sich selbst steuern, Verkehrs- und Energiesysteme mit autonomer Logistik oder Roboter, die ferne Planeten erkunden, sind technische Beispiele einer vernetzten Welt intelligenter Systeme. Sie zeigen uns, wie unser Alltag von KI-Funktionen bestimmt ist.

Auch biologische Organismen sind Beispiele von intelligenten Systemen, die wie der Mensch in der Evolution entstanden und mehr oder weniger selbstständig Probleme effizient lösen können. Gelegentlich ist die Natur Vorbild für technische Entwicklungen. Häufig finden Informatik und Ingenieurwissenschaften jedoch Lösungen, die anders und sogar besser und effizienter sind als in der Natur. Es gibt also nicht „die“ Intelligenz, sondern Grade effizienter und automatisierter Problemlösungen, die von technischen oder natürlichen Systemen realisiert werden können.

Dahinter steht die Welt lernfähiger Algorithmen, die mit exponentiell wachsender Rechenkapazität (nach dem Mooreschen Gesetz) immer leistungsfähiger werden. Sie steuern die Prozesse einer vernetzten Welt im Internet der Dinge. Ohne sie wäre die Datenflut nicht zu bewältigen, die durch Milliarden von Sensoren und vernetzten Geräten erzeugt werden. Auch Forschung und Medizin benutzen zunehmend intelligente Algorithmen, um in einer wachsenden Flut von Messdaten neue Gesetze und Erkenntnisse zu entdecken.

Seit ihrer Entstehung ist die KI-Forschung mit großen Visionen über die Zukunft der Menschheit verbunden. Löst die „künstliche Intelligenz“

den Menschen ab? Einige sprechen bereits von einer kommenden „Superintelligenz“, die Ängste und Hoffnungen auslöst. Dieses Buch ist ein Plädoyer für Technikgestaltung: KI muss sich als Dienstleistung in der Gesellschaft bewähren.

Seit meinem Studium war ich von den Algorithmen fasziniert, die künstliche Intelligenz erst möglich machen. Man muss ihre Grundlagen kennen, um ihre Leistungen und Grenzen abschätzen zu können. Erstaunlicherweise, das ist eine wesentliche Einsicht dieses Buchs, ändern noch so schnelle Supercomputer nichts an den logisch-mathematischen Grundlagen, die von menschlicher Intelligenz bewiesen wurden. Erst auf der Grundlage dieses Wissens lassen sich auch gesellschaftliche Auswirkungen bewerten. Zu diesem Zweck hatten wir bereits Ende der 1990er Jahre das Institut für Interdisziplinäre Informatik an der Universität Augsburg gegründet. An der Technischen Universität München kam die Leitung der Carl von Linde-Akademie und im Rahmen der Exzellenzinitiative 2012 die Gründung des Munich Center for Technology in Society (MCTS) hinzu. Im Themennetzwerk der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften (acatech) steht ebenfalls „Technik im Fokus – Daten Fakten Hintergründe“, wie diese neue Buchreihe im Springer-Verlag heißt. Als langjähriger Autor im Springer-Verlag habe ich diesen Beitrag gerne geschrieben und danke für die bewährte Unterstützung.

München
im September 2015

Klaus Mainzer

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung: Was ist KI?	1
	Literatur	6
2	Eine kurze Geschichte der KI	7
	2.1 Ein alter Menschheitstraum	7
	2.2 Turing-Test	10
	2.3 Vom „Allgemeinen Problemlöser“ zum Expertensystem	11
	Literatur	13
3	Logisches Denken wird automatisch	15
	3.1 Was heißt logisches Schließen?	15
	3.2 KI-Programmiersprache PROLOG	18
	3.3 KI-Programmiersprache LISP	20
	3.4 Automatisches Beweisen	27
	Literatur	42
4	Systeme werden zu Experten	43
	4.1 Architektur eines wissensbasierten Expertensystems ..	43
	4.2 Programmierung von Wissenspräsentationen	45
	4.3 Eingeschränktes, unsicheres und intuitives Wissen ..	50
	Literatur	54

5	Computer lernen sprechen	55
	5.1 ELIZA erkannte Zeichenmuster	55
	5.2 Automaten und Maschinen erkennen Sprachen	58
	5.3 Wann versteht mich mein Smartphone?	71
	Literatur	79
6	Algorithmen simulieren die Evolution	81
	6.1 Biologische und technische Schaltpläne	81
	6.2 Zelluläre Automaten	87
	6.3 Genetische und evolutionäre Algorithmen	92
	Literatur	96
7	Neuronale Netze simulieren Gehirne	99
	7.1 Gehirn und Kognition	99
	7.2 Neuronale Netze und Lernalgorithmen	104
	7.3 Emotionen und Bewusstsein	125
	Literatur	136
8	Roboter werden sozial	139
	8.1 Humanoide Roboter	139
	8.2 Kognitive und soziale Roboter	142
	8.3 Schwarmintelligenz von Robotern	149
	Literatur	154
9	Infrastrukturen werden intelligent	157
	9.1 Internet der Dinge und Big Data	157
	9.2 Vom autonomen Fahrzeug zum intelligenten Verkehrssystem	165
	9.3 Von Cyberphysical Systems zu intelligenten Infrastrukturen	169
	9.4 Industrie 4.0 und Arbeitswelt der Zukunft	174
	Literatur	181
10	Von der natürlichen über die künstliche zur Superintelligenz?	185
	10.1 Neuromorphe Computer und künstliche Intelligenz	185
	10.2 Natürliche und künstliche Intelligenz	200
	10.3 Quantencomputer und Künstliche Intelligenz	210

10.4 Singularität und Superintelligenz?	221
10.5 Technikgestaltung: KI als Dienstleistung	232
Literatur	241
11 Wie sicher ist Künstliche Intelligenz?	245
11.1 Neuronale Netze sind eine Black Box	245
11.2 Entscheiden unter unvollständiger Information	256
11.3 Wie sicher sind menschliche Institutionen?	259
Literatur	264
12 Künstliche Intelligenz und Verantwortung	267
12.1 Social Score und Neue Seidenstraße	267
12.2 Künstliche Intelligenz und globaler Wettstreit der Wertsysteme	273
Literatur	278
Weiterführende Literatur	281
Personenverzeichnis	285
Sachverzeichnis	287