

JERRY KAPLAN



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

EINE EINFÜHRUNG





Hinweis des Verlages zum Urheberrecht und Digitalen Rechtemanagement (DRM)

Der Verlag räumt Ihnen mit dem Kauf des ebooks das Recht ein, die Inhalte im Rahmen des geltenden Urheberrechts zu nutzen. Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Der Verlag schützt seine ebooks vor Missbrauch des Urheberrechts durch ein digitales Rechtemanagement. Bei Kauf im Webshop des Verlages werden die ebooks mit einem nicht sichtbaren digitalen Wasserzeichen individuell pro Nutzer signiert.

Bei Kauf in anderen ebook-Webshops erfolgt die Signatur durch die Shopbetreiber. Angaben zu diesem DRM finden Sie auf den Seiten der jeweiligen Anbieter.

Künstliche Intelligenz

Jerry Kaplan

*Übersetzung aus dem Englischen
von Guido Lenz*

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.

ISBN 978-3-95845-633-4

1. Auflage 2017

www.mitp.de

E-Mail: mitp-verlag@sigloch.de

Telefon: +49 7953 / 7189 - 079

Telefax: +49 7953 / 7189 - 082

© 2017 mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen

Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, 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.

Authorized German translation from the English language edition, entitled
„ARTIFICIAL INTELLIGENCE. What Everyone Needs to Know“,

First Edition by Jerry Kaplan

ISBN 9780190602390

Copyright © Oxford University Press 2016

„ARTIFICIAL INTELLIGENCE“ was originally published in English in 2016. This translation is published by arrangement with Oxford University Press. mitp Verlag is solely responsible for this translation from the original work and Oxford University Press shall have no liability for any errors, omissions or inaccuracies or ambiguities in such translation or for any losses caused by reliance thereon.

Lektorat: Sabine Schulz

Sprachkorrektorat: Maren Feilen

Coverbild: © ktsdesign @ fotolia.com

Satz: III-satz, www.drei-satz.de

Inhalt

Danksagung	10
Einleitung	11
1 Künstliche Intelligenz – eine Definition	15
Was ist Künstliche Intelligenz?	15
Ist KI echte Wissenschaft?	19
Kann ein Computer wirklich jemals intelligenter sein als ein Mensch?	23
2 Die Geistesgeschichte der Künstlichen Intelligenz.	27
Woher stammt der Begriff »Künstliche Intelligenz«?	27
Was war das Ziel der Konferenzteilnehmer in Dartmouth?	29
Welchen Ansatz haben frühe KI-Forscher gewählt?	32
Was ist die »Physical Symbol System Hypothesis«?	36
Was sind (oder waren) Expertensysteme?	38
Was ist Planung?	40
Was ist Machine Learning?	43
Was sind künstliche neuronale Netze?	45

6 ■ Künstliche Intelligenz

Wie lernten die Maschinen zu lernen?	49
Ist die symbolische Argumentation oder das Machine Learning der bessere Ansatz?	53
Was gehört zu den wichtigsten Meilensteinen in der Geschichte der KI?	57
3 Grenzen der Künstlichen Intelligenz	63
In welchen Bereichen erfolgen die KI-Forschung und -Entwicklung hauptsächlich?	63
Was ist die Robotik?	63
Was ist Computer Vision?	69
Was ist Spracherkennung?	73
Was ist die Verarbeitung natürlicher Sprache?	76
4 Philosophie der Künstlichen Intelligenz.	81
Was ist die Philosophie der KI?	81
Wie unterscheiden sich starke und schwache KI?	82
Können Computer »denken«?	83
Können Computer einen freien Willen haben?	90
Haben Computer ein Bewusstsein?	97
Haben Computer Gefühle?	98
5 Künstliche Intelligenz und das Recht	105
Wie wird sich die KI auf Recht und Gesetz auswirken?	105
Wie wird die KI die Rechtspraxis verändern?	106
Wie kann die KI Anwälten helfen?	111
Was ist rechnergestütztes Recht?	112
Kann ein Computerprogramm Vereinbarungen und Verträge schließen?	115
Sollten intelligente Agenten nur bestimmte Dinge tun dürfen?	116

	Sollten Menschen die volle Verantwortung für ihre intelligenten Agenten übernehmen müssen?	119
	Sollten KI-Systeme Eigentum besitzen dürfen?	122
	Können KI-Systeme Verbrechen begehen?	124
	Können wir Computer nicht einfach so programmieren, dass sie die Gesetze einhalten?	126
	Wie können KI-Systeme für strafbare Handlungen zur Rechenschaft gezogen werden?	127
6	Die Auswirkungen der Künstlichen Intelligenz auf die Arbeitswelt	129
	Nehmen Roboter uns die Arbeitsplätze weg?	129
	Welche neuen Aufgaben werden KI-Systeme automatisieren?	133
	Welche Berufe sind am stärksten gefährdet, welche am wenigsten?	135
	Wie wird sich die KI auf Arbeiter auswirken?	136
	Wie wird sich die KI auf Angestellte auswirken?	140
7	Die Auswirkungen der Künstlichen Intelligenz auf die soziale Gerechtigkeit	143
	Wer wird von dieser technologischen Revolution profitieren?	143
	Sind die katastrophalen Auswirkungen unvermeidlich?	144
	Was ist falsch an einer auf der Arbeitskraft basierenden Wirtschaft?	145
	Können wir ohne florierende Mittelschicht überhaupt die Nachfrage ankurbeln?	148
	Gibt es Alternativen zu einer Gesellschaft auf Basis der Arbeitskraft?	150
	Wie können wir künftige Vermögenswerte gerechter verteilen?	151

Wie können wir Arbeitslosen ohne staatliche Förderungen helfen? 153

Warum sollten Menschen überhaupt arbeiten, wenn auch ohne Arbeit ein komfortables Leben möglich wäre? 155

8 Mögliche künftige Auswirkungen der Künstlichen

Intelligenz 157

Macht die KI zunehmend schnellere Fortschritte? 157

Was ist die Singularität? 158

Wann könnte die Singularität stattfinden? 161

Gibt eine unkontrollierbare Superintelligenz berechtigten Anlass zur Sorge? 163

Werden künstlich intelligente Systeme jemals außer Kontrolle geraten und Amok laufen? 167

Wie können wir das künftige Risiko reduzieren? 169

Welche Vor- und Nachteile haben Computer und Roboter, die sich wie Menschen verhalten? 171

Was werden unsere Kinder (vermutlich) von KI-Systemen halten? 174

Wird es irgendwann möglich sein, das eigene Ich auf einen Computer zu übertragen? 175

Quellen und Anmerkungen 177

Index 197

*Für meine Mutter, Mickey Kaplan
Nur noch ein Weilchen und dein persönlicher Pflegeroboter steht bereit!*

Danksagung

Ich möchte mich bei einigen Lesern und Kritikern bedanken, die durchdachte Anmerkungen und Anregungen gemacht haben, allen voran Nils Nilsson, Michael Steger und Peter Hart.

Ich möchte meinem Lektor Jeremy Lewis und der Lektoratsassistentin Anna Langley von Oxford University Press dafür danken, dass sie mich gebeten haben, dieses Buch zu schreiben. Mein Dank geht auch an Prabhu Chinnasamy, der in Indien als Projektleiter bei Newgen Publishing & Data Services tätig ist.

Meine Literaturagentin Emma Parry und ihre Kollegen bei Janklow & Nesbit Associates in New York haben hervorragende Arbeit bei den Vertragsverhandlungen geleistet und auch sonst wertvolle Tipps gegeben. Der bereits erwähnte Michael Steger hat als Contracts Director eine frühe Fassung des Manuskripts gelesen und kommentiert.

Meine Lektorin Robin DuBlanc hat fabelhafte Arbeit geleistet und dem Text sprachlichen Schliff verliehen. Sie ist eine wahre Sprachkünstlerin. Keine Abkürzungen – ich habe es begriffen.

Ich danke außerdem Anna Zhang, Senior Vice President und Mitgründerin, sowie Kelly Zheng als Rights Manager bei Cheers Publishing in Peking dafür, dass sie meine Bücher in China anbieten möchten.

Rodney Brooks und Sue Sokoloski von Rethink Robotics, Inc. haben mir freundlicherweise erlaubt, ein Foto ihres faszinierenden Roboters Baxter für den Umschlag der amerikanischen Originalausgabe zu verwenden.

Und natürlich gebührt mein Dank meiner wunderbaren Ehefrau Michelle Pettigrew Kaplan für ihre Geduld, wenn ich mich im stillen Kämmerlein diesem Manuskript gewidmet habe!

Einleitung

Dieses Buch gibt Ihnen die wichtigsten Informationen zu einem komplexen Thema an die Hand, ohne sich dabei zu sehr in Details zu verzetteln oder aber wichtige Punkte zu vernachlässigen. Im Frage-Antwort-Format wird auf den folgenden Seiten die gegenwärtige und künftige Bedeutung des Themas Künstliche Intelligenz für unsere Gesellschaft aufgezeigt. Die Künstliche Intelligenz, oder kurz KI bzw. AI vom englischen »Artificial Intelligence«, ist heute in immer mehr Bereichen anzutreffen. Nach über fünf Jahrzehnten Forschungsarbeit sorgt die KI aktuell und in naher Zukunft für einen umfassenden Wandel in unserer Welt: Unsere Lebensweise, Arbeit, Gesellschaft und sogar unser Platz im Universum werden dadurch neu definiert.

Die meisten Bücher zum Thema KI sind allgemeine Einführungen, Betrachtungen zu einem bestimmten Teilbereich oder einer Einrichtung, oder aber sie enthalten die Vorhersagen einzelner Wissenschaftler oder Zukunftsforscher (wie ich einer bin). Im Gegensatz dazu möchte ich mit diesem Buch kurz und bündig einige der komplexen gesellschaftlichen, rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekte sowie deren Auswirkungen behandeln, die sich aller Voraussicht nach in den nächsten Jahrzehnten in unserer Gesellschaft zeigen werden.

Technologische Details bleiben hier außen vor. Ich versuche stattdessen, eine umfassende Übersicht über die grundlegenden Themen und Argumente zu bieten, in der alle Standpunkte berücksichtigt werden. Dazu gehören Fragen wie diese: Werden Maschinen einmal klüger als der Mensch sein? Wie könnte man Maschinen ihr verbrieftes Recht gewähren? Wie wirken sich lernende, flexible Roboter auf den Arbeitsmarkt und die Einkommensungleichheit aus? Zugegeben, das sind kontroverse Themen. Und zu all diesen Fragen gibt es lebhaft und umfangreiche Diskussionen in Gelehrtenkreisen. Deshalb werde ich gar nicht erst versuchen, eine vollständige Literaturliste zu erstellen oder jedem der zig Standpunkte denselben Raum zu geben. Es ist auch klar, dass meine eigenen Ansichten nicht der Weisheit letzter Schluss sind. Damit Sie als Leser ganz klar erkennen können, wenn Sie es mit meiner persönlichen Meinung zu tun haben, werde ich die entsprechenden Passagen stets in der ersten Person Singular formulieren.

An einigen Stellen verweise ich auf aktuelle Projekte oder Anwendungsgebiete, um die Diskussion zu erhellen und zu beleben. Bedenken Sie jedoch bitte, dass die Künstliche Intelligenz rasante Fortschritte macht und es daher nicht möglich ist, den aktuellen Stand der Technik umfassend darzulegen. Stets gäbe es dabei Lücken und schnell wäre eine solche Aufstellung überholt – schon allein wegen des zeitlichen Abstands zwischen dem Schreiben dieser Zeilen und ihrer Veröffentlichung. Also weise ich auf die hervorstechenden Persönlichkeiten und Projekte hin, die Sie als Einstieg in Ihre eigenen Nachforschungen nutzen können. Theoretiker und Praktiker aus diesem Fachgebiet werden vielleicht feststellen, dass ich anstelle der ihnen von Fachzeitschriften und Fachforen gewohnten Sachlichkeit in diesem Buch eher zu einer zwangloseren Präsentation tendiere. Dafür bitte ich bereits jetzt um Entschuldigung.

Kurz gesagt ist dieses Buch nicht als Forschungsgrundlage gedacht. Auch will ich darin keine ausgewählten Themen bis ins kleinste Detail behandeln oder es als Fachbuch für angehende Fachleute verstanden wissen. Vielmehr ist es gut geeignet, den Wissensdurst eines

fachfremden Publikums zu stillen – es soll als kompakte und zugängliche Einführung in das Sachgebiet dienen und die möglichen künftigen Auswirkungen dieser bedeutenden Technologie aufzeigen.

Nachdem diese Punkte klargestellt sind, legen wir gleich mit der ersten Frage los: Warum sollten Sie dieses Buch lesen?

Wir sehen heute eine neue Generation von Systemen, die auf der Grundlage jüngerer Fortschritte in der Robotik, der Wahrnehmung und des Machine Learnings sowie der immer schnelleren Entwicklung der Computertechnologie insgesamt in der Lage sind, in bestimmten Bereichen oder bei bestimmten Aufgaben mit den menschlichen Fähigkeiten Schritt zu halten oder diese sogar zu überflügeln. Derartige Systeme sind viel autonomer, als die meisten Menschen denken. Sie können aus ihren eigenen Erfahrungen lernen und Aktionen durchführen, die von ihren Konstrukteuren niemals vorgesehen waren. Die gängige Auffassung, dass Computer nur das tun können, was der Mensch ihnen sagt, gilt heute nicht mehr.

Fortschritte im Hinblick auf die intellektuellen und physischen Fähigkeiten der Maschinen werden die Art und Weise, wie wir leben, arbeiten, spielen, eine Partnerin oder einen Partner suchen, unsere Kinder erziehen und unsere älteren Mitbürger pflegen, verändern. Sie werden auch bestimmte menschliche Betätigungsfelder am Arbeitsmarkt überflüssig machen, einen gesellschaftlichen Wandel verursachen und private ebenso wie öffentliche Institutionen bis an ihre Belastungsgrenze bringen. Dabei ist es völlig egal, ob wir diese Maschinen als bewusst oder geistlos betrachten, sie als neue Lebensform würdigen oder einfach nur als clevere Apparate ansehen: Sie werden aller Voraussicht nach eine immer wichtigere Rolle spielen und mit vielen Bereichen unseres täglichen Lebens untrennbar verbunden sein.

Das Aufkommen von Systemen, die unabhängig denken und handeln können, bringt ernsthafte Fragen mit sich: Wessen Interessen sollten sie dienen? Welche Grenzen muss oder sollte unsere Gesellschaft bezüglich ihrer Erschaffung und Nutzung festlegen? Tiefschürfende ethische Fragen, mit denen Philosophen sich schon ewig pla-

gen, werden plötzlich vor Gericht beantwortet werden müssen: Kann man eine Maschine für ihre Handlungen verantwortlich machen? Sollten intelligente Systeme unabhängige Rechte und Verantwortlichkeiten genießen? Oder sind es einfach nur Sachobjekte, bloße Besitzer? Wer ist verantwortlich dafür, wenn ein Fußgänger durch einen selbstfahrenden Pkw zu Tode kommt? Darf Ihr persönlicher Roboter für Sie einen Platz in der Warteschlange freihalten? Darf er als Zeuge gegen Sie aussagen? Wenn es einmal möglich wäre, den eigenen Verstand und die eigenen Erinnerungen in eine Maschine zu übertragen – sind das dann noch Sie? Die Antworten werden Sie möglicherweise überraschen.

Es ist gewiss nicht leicht, sich mit diesen Themen zu befassen, denn die öffentliche Wahrnehmung und Meinung ist stärker durch Hollywood-Blockbuster geprägt als durch die praktische Realität. Da ist es besser, sich der Vergangenheit zuzuwenden und in der Geschichte nach Antworten zu suchen, zum Beispiel darin, wie wir mit Sklaven, Tieren und Unternehmen umgegangen sind. Auch die im Laufe der Zeit geänderten Ansichten in Bezug auf die Behandlung von Frauen, Kindern und Personen mit Beeinträchtigungen oder Behinderungen können uns als Leitlinie dienen.

In den nächsten Jahrzehnten wird die KI unser soziales Gefüge an seine äußersten Grenzen bringen. Ob uns ein neues Zeitalter noch nie dagewesenen Wohlstands und einer Freiheit wie in Star Trek oder ein immerwährender Kampf der Menschen gegen die Maschinen wie in Terminator erwartet, hängt nicht zuletzt von unserem eigenen Handeln ab. Und mit diesem Buch eignen Sie sich das Wissen an, mit dem Sie Ihre – und unsere – Zukunft formen können.

1

Künstliche Intelligenz – eine Definition

Was ist Künstliche Intelligenz?

Die Antwort auf diese einfache Frage fällt gleich aus zwei Gründen schwer: Erstens gibt es keine einheitliche Meinung darüber, was *Intelligenz* eigentlich ist. Und zweitens gibt es – zumindest bisher – kaum einen Grund zu glauben, dass Maschinenintelligenz viel mit menschlicher Intelligenz zu tun hat.

Es gibt unterschiedliche Definitionen für den Begriff der *Künstlichen Intelligenz (KI)*, die jeweils eigene Tendenzen aufweisen, aber grob darin übereinstimmen, dass es um die Schaffung von Computerprogrammen oder Maschinen geht, die ein Verhalten an den Tag legen können, das wir als »intelligent« bezeichneten, wenn es einem Menschen zugeschrieben würde. John McCarthy, einer der Gründerväter dieses Wissensgebiets, hat 1955 über den zugehörigen Prozess gesagt, dass es darum geht, »Maschinen zu entwickeln, die sich verhalten, als verfügten sie über menschliche Intelligenz«.¹

Der Ansatz erscheint auf den ersten Blick vernünftig, aber leider gibt es eine große Schwachstelle. Bedenken Sie nur einmal das Problem, das wir bereits bei der Definition der menschlichen Intelligenz haben, – geschweige denn ihrer Messung. In unserer Kultur haben wir eine Vorliebe dafür, Dinge auf einen Messwert zu reduzieren, der einen direkten Vergleich ermöglicht. Das bringt häufig einen falschen

Anschein von Objektivität und Genauigkeit mit sich. Und jeder Versuch, etwas so Subjektives und Abstraktes wie Intelligenz zu quantifizieren, fällt ohne jeden Zweifel in diese Kategorie. Der IQ der kleinen Marie ist sieben Punkte höher als der von Peter? Ich bitte Sie – den letzten noch freien Platz im Kindergarten muss man doch auf bessere Weise vergeben können. Als ein Beispiel, das die Sinnlosigkeit einer derartigen Übereinfachung zeigt, können Sie sich mit der umstrittenen Arbeit des Entwicklungspsychologen Howard Gardner befassen, der eine achtdimensionale Theorie der Intelligenz vorschlägt, in der die Einstufungen von »musikalisch-rhythmischer Intelligenz« über die »körperlich-kinästhetische Intelligenz« bis hin zur »naturalistischen Intelligenz« reichen.²

Nichtsdestotrotz ist es in vielen Situationen durchaus nützlich, eine Person als intelligenter als eine andere Person bezeichnen zu können. Es gibt auch bestimmte Merkmale von Intelligenz, die gemeinhin akzeptiert werden und die stark mit anderen Anzeichen korrelieren. So wird die Fähigkeit, Zahlenlisten schnell und genau zu addieren und zu subtrahieren, gerne zum Bewerten der logischen und quantitativen Fähigkeiten verwendet, aber auch zum Beurteilen der Aufmerksamkeit. Doch lässt sich eine Maschine anhand desselben Standards bewerten? Bereits der günstigste Taschenrechner ist bei dieser Aufgabe jedem Menschen überlegen. Vor dem Zweiten Weltkrieg wurden erfahrene Fachleute im englischsprachigen Raum mit dem Begriff »calculator« bezeichnet, und auch im Deutschen kennt man den Begriff des Kalkulators für eine Person, die Berechnungen anstellt. Interessanterweise waren hauptsächlich Frauen als Kalkulatorinnen beschäftigt, denn man war davon überzeugt, dass sie diese mühevollen Arbeit sorgfältiger als die meisten Männer erledigen könnten. Ist also die Geschwindigkeit, mit der eine Maschine Berechnungen ausführt, ein Anzeichen dafür, dass sie eine überlegene Intelligenz besitzt? Natürlich nicht.

Und es gibt noch einen weiteren Aspekt, der das Vergleichen von menschlicher und Maschinenintelligenz verkompliziert: Die meisten KI-Forscher stimmen überein, dass die Art, *wie* ein Problem gelöst

wird, ebenso wichtig ist, wie die Frage, *ob* es gelöst wird. Ein Beispiel gefällig? Nehmen wir ein einfaches Computerprogramm für das Spiel Tic-Tac-Toe. Bei diesem Spiel setzen die Spieler abwechselnd ihr Zeichen (Kreuz oder Kreis) in ein drei mal drei Felder großes Spielfeld. Der Spieler, der als Erster drei seiner eigenen Zeichen in einer Zeile, Spalte oder Diagonalen platziert, hat gewonnen. Sind alle neun Felder gefüllt, ohne dass ein Spieler dies schafft, endet das Spiel mit einem Unentschieden.

Bei Tic-Tac-Toe gibt es genau 255 168 unterschiedliche Spielverläufe. Für einen modernen Computer ist es kein Problem, alle möglichen Verläufe zu ermitteln und jene herauszusuchen, die mit einem Sieg enden – insofern lässt sich durch einfaches Nachschlagen der Züge in einer Tabelle problemlos ein perfektes Spiel spielen.³ Für die meisten Menschen verkörpert ein so triviales Programm kein Beispiel für Künstliche Intelligenz. Was aber wäre, wenn ein Computerprogramm ohne vorherige Kenntnis der Regeln allein durch das Beobachten der menschlichen Spieler nicht nur lernt, was ein Sieg ist, sondern auch, welche Strategien erfolgreich sind? Ein solches Programm könnte lernen, dass der Gegenspieler stets ein Feld blockiert, sobald der andere Spieler zwei Zeichen in einer Reihe erreicht. Oder es lernt, dass es häufig zum Sieg führt, wenn ein Zeichen in drei Ecken platziert wird, und die Felder dazwischen frei sind. Hier stufen die meisten Menschen das Programm als KI ein, und zwar in erster Linie aufgrund der Tatsache, dass es sich ohne Anleitung oder Regelkenntnis das nötige Wissen angeeignet hat.

Es ist klar, dass nicht alle Spiele – und gewiss nicht alle interessanten Problemstellungen – durch eine einfache Aufstellung wie beim Tic-Tac-Toe gelöst werden können.⁴ Beim Schach gibt es beispielsweise ungefähr 10^{120} unterschiedliche Spielverläufe. Das sind mehr Möglichkeiten, als es Atome im Universum gibt.⁵ Ein Großteil der KI-Forschung versucht daher auch, annehmbare Lösungen für Probleme zu finden, die sich nicht für eine endgültige Analyse oder Aufstellung anbieten, sei es aus theoretischen oder praktischen Erwägungen

heraus. Und doch genügt auch diese Beschreibung noch nicht, denn viele statistische Methoden erfüllen das Kriterium, ohne als KI zu gelten.

Nichtsdestotrotz besteht eine nicht intuitive und doch sehr praktische Äquivalenz zwischen dem Auswählen einer Antwort aus einer enorm großen Fülle von Möglichkeiten und der intuitiven Beantwortung durch Einsicht und Kreativität. Ein gängiges Gleichnis für dieses Paradoxon kennen Sie gewiss: Wenn nur genügend Affen auf genügend Tastaturen herumhacken, entstehen irgendwann Shakespeares gesammelte Werke. Oder moderner ausgedrückt: Jedes denkbare Musikstück einer Länge x lässt sich als MP3-Datei aus einer endlichen Sammlung von Dateien darstellen. Ist nun die Fähigkeit, diese bestimmte Musikdatei aus der Liste auszuwählen, dem Aufnehmen dieser Auswahl in puncto Kreativität ebenbürtig? Gewiss ist es nicht dasselbe, doch möglicherweise haben beide Fertigkeiten auf ihre Weise unseren Beifall verdient.

Beim Benoten der Additionskünste in der Schule verschwenden wir keinen Gedanken daran, wie das Ergebnis zustande gekommen ist. Wir gehen davon aus, dass neben dem eigenen Kopf nur Stift und Papier genutzt worden sind. Warum also spielt es plötzlich eine Rolle, ob eine Maschine anstelle eines Menschen rechnet? Weil wir voraussetzen, dass ein Mensch für diese Aufgabe bestimmte angeborene oder erlernte Fähigkeiten einsetzt, die prinzipiell für eine Vielzahl von ähnlichen Problemen genutzt werden können. Dieses Zugeständnis möchten wir bei einer Maschine, die dieselbe Aufgabe genauso gut oder sogar besser erledigt, jedoch nicht machen.

Aber menschliche Fähigkeiten als Maßstab für KI zu nutzen, bringt noch ein weiteres Problem mit sich. Maschinen können viele Aufgaben übernehmen, zu denen der Mensch gar nicht in der Lage ist. Häufig sieht es so aus, als wäre Intelligenz im Spiel. Ein für die Sicherheit verantwortliches Programm kann aufgrund ungewöhnlicher Datenzugriffsmuster in nur 500 Millisekunden entscheiden, dass möglicherweise ein Cyberangriff vorliegt. Ein Tsunami-Warnsystem löst möglicherweise aufgrund kaum wahrnehmbarer Änderungen des Meeresspiegels, die wiederum das Ergebnis komplexer Veränderun-

gen am Meeresgrund sind, Alarm aus. Und ein medizinisches Analyseprogramm kann aufgrund bisher unbemerkter Muster im molekularen Aufbau erfolgreicher Krebsmedikamente einen neuartigen Zusatzstoff vorschlagen. Derartige Systeme werden schon bald eine immer größere Rolle spielen, dennoch verbietet sich ein Vergleich ihres Verhaltens mit menschlichen Fähigkeiten. Trotzdem würden wir wohl dazu tendieren, diese Systeme als Künstliche Intelligenzen anzusehen.

»Schönes Scheitern« ist ein weiteres Merkmal für Intelligenz. Wir alle machen Fehler. Das gilt auch für intelligente Maschinen. Aber einige Fehler sind verständlicher als andere. Seine eigenen Grenzen zu kennen und zu berücksichtigen oder nachvollziehbare Fehler zu machen sind Anzeichen für Fachwissen. Ein schönes Beispiel ist das Niederschreiben des gesprochenen Wortes: Steht im Gerichtsprotokoll anstelle von »Der Zeuge sah ein rotes Auto« versehentlich »Der Zeuge sah ein totes Auto«, sorgt das für Lacher, ist aber verzeihlich.⁶ Doch wenn Google Voice für »Spracherkennung mit gesundem Menschenverstand« den Text »sprach er keinen und mit gesunden Menschen er stand« ausgibt, ist das nur noch lachhaft, vor allem weil es um den eigentlichen Zweck des Programms geht.⁷

Ist KI echte Wissenschaft?

In den letzten Jahrzehnten ist die KI den Kinderschuhen entwachsen: Statt sich mit Spielen wie Tic-Tac-Toe und Schach zu befassen, hat sie sich aufgemacht, unbekannte Gebiete zu erforschen, sich neue Fertigkeiten anzueignen, die echte Welt zu entdecken und die eigenen Grenzen zu suchen. Doch ist KI tatsächlich auf dem Weg zu einer wissenschaftlichen Disziplin?

Zeit für ein wenig Spekulation. Viele Bereiche wurden erst erwachsen oder machten wesentliche Fortschritte, nachdem ein mathematischer Formalismus eine feste theoretische Grundlage gelegt hatte. So bereitete die nichteuklidische Geometrie von Bernard Riemann die Bühne für Einsteins Theorien zur Raumzeitkrümmung. Oder nehmen

wir Claude Shannon, der in seiner bemerkenswerten Masterarbeit am MIT 1937 erstmals anregte, elektronische Schaltkreise anhand der booleschen Algebra (besser bekannt als Binärarithmetik) zu modellieren. Damit schuf er die Grundlage für die moderne Informatik.⁸ (Ihm verdanken wir die »Nullen und Einsen«, die wir Computerberechnungen zuschreiben.) Bis zu diesem Zeitpunkt hatten Elektrotechniker meist diverse Bauteile zu Schaltkreisen zusammengestöpselt und das Ergebnis gemessen: »Mein Dingens kann Wechselstrom besser in Gleichstrom gleichrichten, aber frage nicht, warum.«

Diese Aussage könnte in ähnlicher Weise auch auf heutigen KI-Konferenzen vorkommen, bei denen die unterschiedlichen Gruppen Jahr um Jahr daran arbeiten, die Algorithmen der anderen zu übertrumpfen. Doch lässt sich Intelligenz überhaupt mithilfe einer theoretischen Analyse greifen? Wird es diesen einen Heureka-Moment geben, eine Eingebung eines mathematisch begabten Ingenieurs? Diese Frage entscheidet darüber, ob KI eine eigenständige Wissenschaft oder einfach nur die Lady Gaga der Informatik ist, eine wild und farbenfroh kostümierte Dame, die sich der populären Vorstellungskraft und großer Summen aus den Fördertöpfen bedient, um uns nach einer grellen Show, die hin und wieder für Profitmacherei und Hybris anfällig ist, mit diesem Gefühl zurückzulassen, bei dem wir uns fragen, ob das gerade echt oder doch nur ein Taschenspielertrick war ...

Und damit kommen wir zu meiner persönlichen Meinung hinsichtlich der Bedeutung der KI. Das Wesen der KI – und wohl auch das Wesen der Intelligenz – liegt darin, anhand einer begrenzten Datenmenge rasch passende Schlüsse zu ziehen oder Verallgemeinerungen zu formulieren. Je größer der Einsatzbereich und je schneller auf einem Mindestmaß an Informationen basierende Rückschlüsse gezogen werden, desto intelligenter ist das Verhalten. Wenn das eine Programm, das Tic-Tac-Toe lernt, *jedes beliebige* Brettspiel erlernen kann, ist das großartig. Wenn es außerdem lernen kann, Gesichter zu erkennen, medizinische Diagnosen zu stellen und Musik wie Bach zu komponieren, dann würden wir wohl alle von einer künstlichen Intelligenz sprechen. (Es gibt Programme, die jeweils eine der genannten Aufga-

ben für sich ganz gut beherrschen.) Ob ein solches Programm dabei ebenso vorgeht wie ein Mensch und ob es sich seiner selbst bewusst ist, wäre dann wohl irrelevant.

Damit wir sinnvolle Schlüsse ziehen können, kommt es darauf an, einen möglichst breiten Kontext mit einzubeziehen. Ein Beispiel: Wenn Sie ans Meer fahren möchten und sich gegen die eigentlich optimale Strecke entscheiden, weil dort immer viel los, heute überdies ein Feiertag und noch dazu das Wetter schön ist, haben Sie eine solche Verallgemeinerung getroffen. Wenn ein E-Mail-Programm anhand einer empfangenen E-Mail anbietet, einen Telefontermin in den Kalender einzutragen und dabei berücksichtigt, dass der Absender in einer anderen Zeitzone lebt, dass der »nächste Dienstag« der Dienstag in acht Tagen und nicht der morgige Tag ist und es diesen Kalendereintrag dann noch mit den Kontaktdaten des Absenders verknüpft, ist auch das eine Verallgemeinerung, bei der Informationen aus mehreren Quellen miteinander kombiniert werden. Und wenn das Programm keine solchen Vorschläge mehr macht, weil Sie den Eintrag immer ablehnen, hat es anhand des Kontextes verallgemeinert. Tatsächlich kann man das Lernen als das Durchführen zeitlich aufeinanderfolgender Verallgemeinerungen betrachten, wobei frühere Erfahrungen in zukünftigen Analysen berücksichtigt werden. Auch bei Analogieschlüssen werden Kenntnisse aus einem Bereich qua Verallgemeinerung auf einen anderen Bereich in einen neuartigen Kontext übertragen. Manchmal begegnen wir neuen Herausforderungen auf eine Weise, die mit dem Problem nichts zu tun haben zu scheint – doch wenn wir dabei vernünftig sind, können die Ergebnisse sehr intelligent erscheinen. Es gibt unübersehbare Hinweise darauf, dass ein breiterer Kontext möglicherweise die Grundlage unseres eigenen Bewusstseins darstellt, auf die ich später noch zurückkommen werde. Vielleicht braucht Genialität eine solche Breite.

Viele Forscher beschäftigen sich mit der Auslotung der Tiefen des menschlichen Geistes – oder zumindest mit seiner Oberfläche –, indem sie die detaillierten Strukturen des Gehirns untersuchen. Dabei möchten sie unter anderem herausfinden, wie wir in der Lage