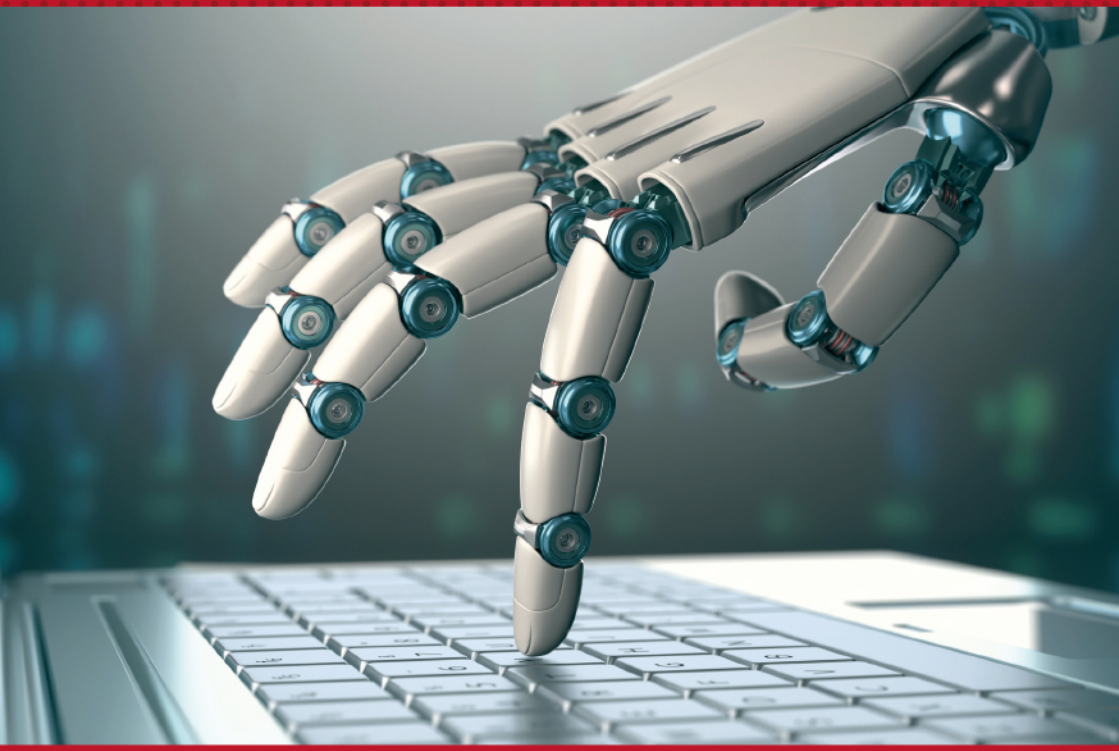
JERRY KAPLAN



KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

EINE EINFÜHRUNG

mitp

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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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.

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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 lebhafte 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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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-

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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 Besitztümer? 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.

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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 Übervereinfachung 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 mühevolle 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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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-

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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 Worts: 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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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-

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

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

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

sind, derart bemerkenswerte kognitive Kunststücke vollbringen. Die Schwierigkeit besteht darin zu ergründen, wie relativ einfache und einheitliche biologische Objekte (Neuronen) durch Querverbindungen eine solche Bandbreite an Aufgaben erledigen können, darunter das Speichern von Erinnerungen, das Verarbeiten visueller Informationen, das Steuern der Körperfunktionen, das Ausdrücken von Emotionen, das Anleiten unseres Verhaltens und das Bewusstmachen unseres eigenen Selbst. So unerklärlich das auch scheinen mag, dürfte darin aber der Schlüssel liegen. Wer weiß schon, ob ein vergleichsweise einfaches Computerprogramm nicht dasselbe tun könnte, wenn es freien Zugriff auf ausreichende Rechenpower und Eingabedaten hätte?

Müssen wir damit rechnen, dass künstlich intelligente Computer plötzlich »erwachen«, wie wir es aus Büchern oder Filmen kennen? Ich würde nicht darauf wetten. Obwohl ich so viel Zeit meines Lebens in immer komplexere KI-Programme eingetaucht bin, habe ich noch nicht den Hauch eines Beweises dafür gesehen, dass es demnächst so weit sein könnte. Wahrscheinlich ist es eher so, dass Aufgaben, von denen wir glauben, für deren Erledigung sei menschliche Genialität erforderlich, anfälliger für eine Automatisierung sind, als wir denken. Intelligenz als kohärentes Konzept im Rahmen einer formellen Analyse, Messung und Vervielfältigung ist vielleicht nur eine Illusion.

Es mag sein, dass die KI derzeit noch keine echte Wissenschaft ist wie die Physik oder die Chemie, in der Theorien und Hypothesen durch objektive Bestätigung bewiesen werden – aber wer weiß schon, was die Zukunft bringt.[9] Es lässt sich trefflich darüber streiten, wo der Unterschied zwischen KI auf der einen und cleverer Programmierung oder Technik auf der anderen Seite liegt. Aber wir dürfen uns bei dieser Diskussion nicht von einer wichtigen Wahrheit ablenken lassen: Diese neue Technologie wird vieles, das uns lieb und teuer ist, in hohem Maße verändern – angefangen bei unserer Lebensführung bis hin zu unserer Selbstwahrnehmung. Schon möglich, dass wir die KI als solche noch nicht lückenlos definieren können – aber ich bin mir sicher, dass die meisten Menschen Richter Potter Stewart vom U.S. Supreme

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Court zustimmen, der – wenn auch im Zusammenhang mit Pornografie – sagte: »Ich erkenne sie, wenn ich sie sehe.«[10]

Kann ein Computer wirklich jemals intelligenter sein als ein Mensch?

Die kurze Antwort lautet »Ja«, allerdings vermutlich nur in einem sehr begrenzten Kontext. Es ist möglich, dass sich die öffentliche Meinung irgendwann in der Zukunft so weit gewandelt hat, dass der Gedanke, Computer könnten in einigen recht weit gefassten intellektuellen Bereichen grundsätzlich dem Menschen überlegen sein, als annehmbar gilt. Aber wie ich noch zeigen werde, müssen wir keine Angst haben, dass die Maschinen über uns herrschen oder uns überflüssig machen werden. Autos bewegen sich schneller fort als wir, Geldautomaten zählen Geld schneller als wir, Kameras können im Dunkeln sehen – aber fühlen wir uns deswegen von ihnen bedroht? Computerprogramme können bereits heute genauso gut wie wir oder sogar besser Spiele spielen, in einer Menschenansammlung nach bekannten Gesichtern suchen und Filmtipps geben. Aber nur wenige Menschen fürchten sich davor. Falls oder wenn Roboter chirurgische Eingriffe am Gehirn vornehmen, Häuser anstreichen, Haare schneiden oder uns bei der Suche nach den verlegten Schlüsseln helfen können, dann vermute ich, dass wir darin unglaublich nützliche Werkzeuge sehen werden, die Aufgaben erledigen, die bisher der menschlichen Intelligenz bedurften – und da liegt es nahe, sie ebenfalls als intelligent oder clever zu bezeichnen.

Allerdings müssen wir sorgfältig definieren, was wir damit meinen. Maschinen zugeschriebene Intelligenz dürfte sich auf genau definierte Tätigkeiten beziehen, deren Ziele problemlos bestimmt und gemessen werden können: Ist der Rasen gemäht? Bin ich pünktlich angekommen? Wird es morgen regnen? Ist meine Steuererklärung korrekt ausgefüllt? Auf der anderen Seite gibt es aber auch viele Bereiche, in denen Erfolg oder Misserfolg subjektiv bewertet werden: Welches Kleid steht mir besser? Für welche Universität oder Fachhochschule soll ich mich

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

entscheiden? Ist Paul der Richtige für mich? Was wäre, wenn die Nazis den Zweiten Weltkrieg gewonnen hätten? Wie kann ich meine Tochter aufmuntern, wenn ihre Mannschaft das Fußballspiel verloren hat?

In der Vergangenheit wurden jede Menge falsche Vorhersagen über Dinge gemacht, die Computer niemals tun könnten – ich begebe mich mit meinen Beispielen also auf dünnes Eis. Ganz ohne Zweifel lassen sich Programme schreiben, die zumindest plausible Versuche unternehmen, derartige subjektive oder bewertende Fragen zu beantworten. Aber ich vermute, dass ihre Antworten nicht höher bewertet oder als einsichtiger oder klüger erachtet werden als die anderer Menschen.

Vom heutigen Standpunkt aus mag die Vorstellung, dass wir eines Tages Maschinen als intelligenter als Menschen bezeichnen, Unwohlsein hervorrufen. Wenn es jedoch erst mal so weit ist, wird es wahrscheinlich keine große Sache mehr sein. Denken Sie an viele andere technische Fortschritte, die mit Schrecken erwartet wurden, zum Beispiel die künstliche Befruchtung (Retortenbabys), die betäubenden und verdummenden Auswirkungen des Fernsehens auf Kinder und – mein Lieblingsbeispiel – die Bedrohung durch aufgezeichnete Musik.[11] Doch auch KI-Forscher müssen sich Kritik gefallen lassen: Sie neigen zu überzogenem Optimismus – ein häufiger Kritikpunkt, der zum Beispiel vom Philosophen Hubert Dreyfus herausgestellt wird.[12]

Beachten Sie, dass sich diese Frage von der unterscheidet, ob Computer den Menschen in allen (nicht in vielen) aktuellen Berufen und Tätigkeiten ersetzen werden.[13] Es gibt viele Dinge, die wir tun, weil wir Spaß daran haben. Oft gehört auch die Arbeit dazu. Als ich einmal als Thema für einen Aufsatz nach dem Grund dafür fragte, warum wir Schachprogramme schreiben, erhielt ich die (hoffentlich) sarkastisch gemeinte Antwort: »Damit uns die Schinderei erspart bleibt, es selbst spielen zu müssen.«

Wer wissen will, warum Computer höchstwahrscheinlich in einer Reihe praktischer Aufgabenfelder die menschliche Intelligenz überflügeln werden, sollte sich zunächst bewusst machen, dass Computer dem Menschen bereits heute auf vielen Gebieten voraus sind. Dazu zählen auch Bereiche, von denen wir dachten, dass ohne menschliche

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Intelligenz nichts ginge: Autos lenken, in Quizsendungen mitspielen, Kriege vorhersagen und Pressemitteilungen zusammenfassen sind nur einige Beispiele dafür.[14] Warum halten wir diese Dinge überhaupt für gesonderte Fähigkeiten? Wenn eine Person genug davon beherrscht, erscheint sie uns dann nicht als grundsätzlich intelligent, selbst wenn sie andere Dinge (noch) nicht gut beherrscht, zum Beispiel einen Roman schreiben?[15] Natürlich trügt der Schein.

Werden Maschinen im menschlichen Sinne intelligenter, wenn wir diese Liste um weitere Fähigkeiten erweitern? Bevor Sie lange nachdenken, nehmen Sie doch einmal Ihr Smartphone zur Hand. Es kann eine ganze Reihe von Dingen, für die Sie früher unterschiedliche Geräte benötigten: eine Kamera, ein Mobiltelefon, ein Musikwiedergabegerät, ein Navigationssystem und sogar eine Taschenlampe und eine Lupe. Aber sind Sie der Meinung, dass Ihr Smartphone »intelligenter« wird, wenn Sie eine neue App herunterladen? Vermutlich nicht. Was immer Sie auch damit tun können, es bleibt doch nichts anderes als das digitale Pendant zum Schweizer Taschenmesser – jede Menge praktische Werkzeuge, die durchdacht in einem Immer-dabei-Paket gebündelt sind.

Gewiss dürfen wir nicht vernachlässigen, dass viele dieser Funktionen zusammenwachsen. Die Methoden und Techniken hinter den einzelnen Fortschritten können zu einer immer kleineren Ansammlung von Techniken verschmelzen, die einen immer größeren Anwendungsbereich abdeckt. Diese Tendenz der Technologien zur Konsolidierung mag überraschen, wenn man die endlose Zahl von neuen Dingen bedenkt, die tagtäglich um unsere Aufmerksamkeit buhlen, doch ein Großteil des Prozesses geschieht unbemerkt hinter den Kulissen. Derselbe Trend ist im Übrigen aus dem Softwarebereich bekannt: Früher musste zum Beispiel jedes Unternehmen, das Daten auf einem Computer speichern wollte, ein eigenes Datenbanksystem für die entsprechenden Informationen schreiben. Doch schon bald zeigten sich Gemeinsamkeiten und es entwickelten sich mehrere miteinander konkurrierende Standards (allen voran der Netzwerk- und der hierarchische

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Ansatz), die schließlich durch das heute in der Geschäftswelt verbreitete relationale Datenbankmodell verdrängt wurden.[16]

Wie bereits erwähnt, legt nichts davon den Schluss nahe, dass Computer in der Zukunft dieselben Aufgaben wie wir erledigen werden. Im weiteren Verlauf dieses Buches werde ich das Machine Learning (oder Maschinenlernen) noch genauer behandeln, aber eine der größten Überraschungen in den letzten Jahren bestand darin, dass relativ einfache statistische Methoden in Verbindung mit einer ausreichend großen Menge an Beispielen in der Lage sind, Aufgaben zu lösen, für die normalerweise Verständnis und Einsicht erforderlich ist. Ein Beispiel: Die maschinelle Übersetzung von einer menschlichen Sprache in eine andere zeitigte viele Jahre lang eher schlechte Ergebnisse. Mittlerweile sind jedoch viele erfolgreich übersetzte Texte verfügbar und das hat in der Folge zu einem Quantensprung in diesem Bereich geführt.[17] Und die Erkenntnis, dass Sie mit jeder Suchanfrage die Computer, die die Antworten liefern, ein wenig intelligenter machen und ihnen das menschliche Denken näherbringen, mag durchaus etwas beunruhigend sein.

Computer sind schneller, genauer und haben jede Menge Speicher zur Verfügung. Das versetzt sie zwar in die Lage, Schach zu spielen oder Texte mithilfe einer Suche zu übersetzen, der Mensch kann durch die Anwendung anderer Techniken allerdings mitunter zu besseren Ergebnissen kommen. Doch automatisierte Methoden setzen Punkt für Punkt weitere Haken in der langen Liste von Fähigkeiten, die wir bisher nur und ausschließlich uns Menschen zutrauten. So verwischt die Grenzlinie zwischen menschlicher und Maschinenintelligenz nach und nach, bis sie für die meisten von uns irrelevant wird. Manchmal ist die beste Person für eine Aufgabe vielleicht eine Maschine.

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Index

A

ABA *siehe* American Bar Association
Abstrakte Algebra 187
Acceleration Watch 161
Agenten
  Einschränkungen 119
  Moralkompass 124
  Unternehmen 120
  Verantwortung 116
AGI *siehe* Artificial General Intelligence
Ägypten 145, 149
AI *siehe* Künstliche Intelligenz
Aibo 173
Alchemy and Artificial Intelligence (Dreyfus) 33
Allen, Paul 149, 161
allgemein intelligentes Handeln 36
allgemeine Problemlösungsmaschine *siehe* General Problem Solver
AlphaGo 62
Altenpflege 65
alternative Streitbeilegung 110
American Bar Association 106
Angestelltenberufe
  Definition 140
  durch die Automatisierung gefährdet 141
  durch die Automatisierung nicht gefährdet 141
  soziale Berufe 142
Anwälte
  e-Discovery 111
  Verfahrensvorhersage 112
Anwaltempfehlungsdienst 109
Apokalypse 160–161
Arbeit
  Angestelltenberufe 140
  Arbeiter 136
  Arbeitsplätze in der Landwirtschaft 130
  Big Data 134
  Computer-Vision 132
  Dequalifizierung 132
  Fertigkeiten und Qualifikationen 135
  gefährdete Berufe 138
  Kassierer 131
  nicht gefährdete Berufe 139
  Oxford-Studie 135
  Routinearbeiten 134
  soziale Berufe 142
  Wettbewerb 129
  Wissensarbeiter 140
  Zerlegung 136
Arbeiter
  Definition 137
  durch die Automatisierung gefährdete Berufe 138
  durch die Automatisierung nicht gefährdete Berufe 139
  gesellschaftlicher Umgang 139
  Zerlegung in Teilschritte 136
Artificial General Intelligence (AGI) 165
autonome Fahrzeuge
  autonomes Fahren 184
  behördliche Genehmigungen 170
  Entschädigung 128
  Erklärung 64
  Gesetzestreue 126
  Grand Challenge 59
  moralisches Verhalten 171
  Shakey 34
  Straftat 124
  Urban Challenge 60

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Wiedergutmachung 128

B

Bedeutung 85
behördliche Genehmigungen
als Sicherheitsmechanismus 170
autonome Fahrzeuge 170
Berufe
gefährdete 135
Qualifikationen 129
Routinearbeiten 135
Wettbewerb 129
Berufe *siehe auch* Arbeit
Bestrafung, Ziele der 127
Bewusstsein 97
Bezos, Jeff 149
Big Data 44, 134
Binärarithmetik 20
Bitcoin 167
Blaze Advisor, Managementsystem für Entscheidungsregeln 40
Bostrom, Nick 158
Breasted, J. H. 39
Breazeal, Cynthia 172

C

CalFile 113
Čapek, Karel 82
Cast Away 173
Chomsky Noam 76
Cognicor 110
Computer
Bewusstsein 97
denken 83
freier Wille 90
Gefühle 98
Mensch 23
Computer Vision
Dinge sehen, die wir nicht sehen können 71
Erklärung 69
ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 70
Modell 70
praktischer Nutzen 71
Computerprogramme
ganze Zahlen 188
Gesetzestreue 126
Moral 125
Vereinbarungen und Verträge 115
Computer-Vision
Gesichtserkennung 133, 172
Computing Machinery and Intelligence (Turing) 83
Curbside Valet 168

D

Damespiel 32
DARPA 33
Ellie 173
Forschung 33
Fukushima 65
Grand Challenge 59
Spracherkennung 75
Urban Challenge 60
Dartmouth Conference
Förderung 27
mathematische Logik 28
symbolische Logik 28
Ziel 29
Deep Blue 58
Deep Learning 51
Defense Advanced Research Projects Agency *siehe* DARPA
Denken
biologische Ähnlichkeit 195
Computer 83
Imitation Game 83
Searle 87
Semiotik 85
Simulation 88
Dequalifizierung 132
Deskilling *siehe* Dequalifizierung
Disney 159, 194
Dr.Fill 56

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Dreiecksungleichung 186
Dreyfus, Herbert 33
Drohnen 167

E

e-Discovery 111
Eigentum 122
    an sich selbst 123
    beschränkte Rechte 124
    Vermögenswerte 122
Ellie (virtuelle Therapeutin 173
emotionale Systeme 171
Emotionen 173
Emotionen *siehe auch* Gefühle
emotionsbewusster Avatar 172
Entscheidung 92
Equivio 112
Erbadel 145
Expertensysteme 38
exponentielle Trends 162

F

FairDocument 109
Fertigkeiten
    Computer-Vision 132
    Dequalifizierung 132
    Stellen 134
Flugzeuge 31
Ford, Henry, II 148
Forschung 33
Freaky Freakend (Disney-Serie) 194
Free File Alliance 113
freier Wille
    Computer 90
    Entscheidungen 90
    Halteproblem 93
    Schlussfolgerungen 96
    unentscheidbare Probleme 93
    Vorhersehbarkeit 90
    Was ist 90
Fukushima 65
Fukuyama, Francis 158
Furby 173
Future of Humanity Institute 161

G

Gallant, Jack 52
ganze Zahlen 188
Gardner, Howard 16
Gefühle
    Computer 98
    emotionale Systeme 171
    Tiere 103
Gehirn
    künstliche neuronale Netze 45
    Rekonstruktion 52
    Verallgemeinerungen 20
General Game Playing 42
General Problem Solver 32
Generelle Künstliche Intelligenz
    siehe Artificial General Intelligence
genetische Programmierung 56
Geraci, Robert 160
Geschichte
    Dartmouth Conference 27
    Expertensysteme 38
    frühe Forschung 32
    Landwirtschaft 130
    Machine Learning 43
    Meilensteine 57
    neuronale Netze 45
    Physical Symbol System Hypothesis 36
    Planung 40
Gesichtserkennung 133, 172
Gesten 76
Gewissen 124
gierige Heuristik 42
Go 62
Goodenough, Oliver 107
Google-Suche 165
Grundbesitz 146

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

H

Haftungsbeschränkung 121
Halteproblem 93, 188
Hanks, Tom 173
Hanson, David 172
Harris, Sam 94, 96
heuristische Argumentation 41
Hidden Markov Model (HMM) 75
Hilfen für Arbeitslose 153
HMM *siehe* Hidden Markov Model
Hypothese der somatischen Marker 97

I

IBM 52, 58
ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 70
Imitation Game 83
Inferenzmaschine 38
Intelligenz
- AGI 165
- Computing Machinery and Intelligence 83
- genau definierte Tätigkeiten 23
- IQ 16
- kreative und soziale 135
- menschliche und Maschinenintelligenz 16
- Messen von 164
- Tic-Tac-Toe 17, 177
- unkontrollierbare Superintelligenz 163
- Wesen der 20

Intelligenz *siehe* auch Künstliche Intelligenz
Intelligenzquotient *siehe* IQ
Intuit 113
IQ 16

J

Jennings, Ken 61
Jeopardy 60
Justinian 120

K

Kalkulator 16
Kasparow, Garri 58
KI *siehe* Künstliche Intelligenz
Kismet (Roboter) 172
Konfliktbeilegung *siehe* alternative Streitbeilegung
Konzertkarten 117
Körperschaften
- Ursprünge 120

Korpora 79
kreative Intelligenz 135
künftige Auswirkungen
- emotionale Systeme 171
- künftige Generationen 174
- Risikoreduzierung 169
- schnellere Fortschritte 157
- Singularität 158
- Übertragung des eigenen Ichs 175
- unkontrollierbare Superintelligenz 163
- wild gewordene Systeme 167

künftige Vermögenswerte
- auf Basis der Mittel 150
- Verteilung 151
- Wohlstand 151

Künstliche Intelligenz (KI)
- Alchemy and Artificial Intelligence 33
- Definition 15
- Erfolg des Begriffs 30
- Kontroversen 81
- starke und schwache KI 82
- Verallgemeinerungen 20
- Widerstand 32–33, 179
- Wissenschaft 19

künstliche neuronale Netze
- Gehirn 45
- Schichten 46

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Schlussfolgerungen 48
Überblick 45
unüberwachtes Lernen 46
Kurzweil, Ray 158, 161
Kybernetik 28, 179

L

Landwirtschaft, Arbeitsplätze in der 130
Lebensstandard 151
LegalZoom 109
Lernen
Deep Learning 51
überwachtes Lernen 46
unüberwachtes Lernen 46
Verallgemeinerungen 20
Lernen *siehe auch* Machine Learning
Li, Fei-Fei 62
Lickel, Charles 61
Lincoln, Abraham 107
LISP 29, 51
Logic Theory Machine 32
Luftfahrt 31

M

Machine Learning
Deep Learning 51
Erklärung 43
Fortschritte 157
New Navy Device Learns by Doing 50
Perzeptron 50
Sprache 78
symbolische Argumentation 53
Ursprünge 49
maschinelle Übersetzung 79
maschinelles Lernen *siehe* Machine Learning
Maschinenlernen *siehe* Machine Learning
McCarthy, John 15
Begriffsfindung 179
Dartmouth Conference 27
Kybernetik 28
LISP 29
McCulloch, Warren 49
Mediaton 110
Meilensteine 57
Metrik 186
Microsoft 111
militärische Einsatzmöglichkeiten 68
Minsky, Marvin 27
Mittel
Eigentum 122
private Mittel 151
Mittel *siehe auch* künftige Vermögenswerte
mittelalterliches Europa 145
Mittelschicht 148
Modha, Dharmendra 52
Modria 110
Mooresches Gesetz 162
Moralkompass 124
Mord 124

N

Nachahmungsspiel *siehe* Imitation Game
Narrative Science 140
neuronale Netze 44
Neuronen *siehe* künstliche neuronale Netze
Newell, Allen
General Problem Solver 32
Logic Theory Machine 32
Physical Symbol System Hypothesis 36
PSSH 36

O

Online-Voting 117

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

P

Packer 131
Panini 77
Papert, Seymour 51
Parken 116
Paro 65
Pepper 66
Perzeptron 50
Pflegeroboter 65
Philosophie
  starke und schwache KI 82
  Übersicht 81
Physical Symbol System Hypothesis 36
Pitt, Brad 164
Pitts, Walter 49
Planung 40
Polizist auf der Rückbank 114
Posner, Richard 106
prädiktive Kodierung 111
Prävention 127
private Mittel 151
Programmiersprachen
  Ausführen 187
  menschliche Sprachen 77
  Zweck 77
PSSH 36

Q

Qualifikationen *siehe* Fertigkeiten
Quillian, M. Ross 87

R

Rasensprenkleranlage 136
ReadyReturn *siehe* CalFile
rechnergestütztes Recht 114
Recht
  ABA 106
  alternative Streitbeilegung 110
  Automatisierung 108
  Beschränkungen für intelligente Agenten 116
  Bestrafung 127
  Eigentum 122
  Einhaltung programmieren 126
  exemplarische Betrachtung 106
  FairDocument 109
  kostenloser rechtlicher Beistand 107
  rechnergestütztes Recht 112
  Selbsthilfe 108
  technologischer Fortschritt 108
  Unternehmen 120
  Verantwortung für intelligente Agenten 119
  Verbrechen 124
  Vereinbarungen und Verträge 115
Rechtshilfe ohne Rechtsbeistand 108
Reeves, Keanu 164
Rekonstruktion des Gehirns 52
Religion 81, 159
Resozialisierung 127
Reuther, Walter 148
Riemann, Bernard 19
Risiken
  Arbeitsplätze 129
  reduzieren 169
Robotik
  Altenpflege 65
  Anpassung 64
  Erkundung des Weltraums 64
  Gefahren 67
  Konzept 63
  Pflegeroboter 65
  Schädlingsbekämpfung 64
  Schwarmrobotik 66
  Therapieroboter 65
  Unterhaltung 66
  Vorzüge 67
Roomba 66
Rosenblatt, Frank 50
Rossum's Universal Robots 82

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

S

Samuel, Arthur 32
Schach 17, 58–59
Schlichtung 110
Schuldvergeltung 127
Schwarmrobotik 66
Searle, John 30, 87
Seele 159
Semantik 85
Semiotik 85
Seniorenbetreuung *siehe* Altenpflege
Shakey 34
Shannon, Claude 20
SHRDLU 34, 180
sichere Betriebsart 169
Simon, Herbert
  General Problem Solver 32
  Logic Theory Machine 32
  Physical Symbol System Hypothesis 36
  PSSH 36
Singer, Peter 99
Singularität 158
  Entrückung der Nerds 159
  Geraci 160
  Religion 159
  The Coming Technological Singularity 158
  Vorhersagen 161
  Zeitpunkt 161
Sklaverei 123
Smart Contracts 115
Smartphone 33
Smith, Edwin 39
Software
  Fortschritte auf Basis der 157
  Inferenzmaschine 38
  Modria 110
soziale Berufe 142
soziale Gerechtigkeit 143
  Alternativen zu einer Gesellschaft auf Basis der Arbeitskraft 150
  Hilfen für Arbeitslose 153
  Mittelschicht 148
  Verteilung künftiger Vermögenswerte 151
  Warum arbeiten 155
  Wirtschaft auf Basis der Arbeitskraft 145
sozialer Umgang 155
soziales Verhalten 171
Sozialismus 150
Spielzeuge 173
Sprache
  Entwicklung 76
  Gesten 76
  Kodifizierung 77
  Machine Learning 78
  Niederschreiben des gesprochenen Worts 19
  statistische maschinelle Übersetzung 187
  Verarbeitung natürlicher Sprache 76
Sprache *siehe auch* Computersprachen
Spracherkennung 76
  frühe Versuche 74
  HMM 75
  Hürden 74
SRI International 33
starke und schwache KI 82
Staubsauger 66
Steuererklärung 113
Stewart, Potter 22
Stimmabgabe 117
Straftaten *siehe* Verbrechen
Syntax 85

T

Taschenrechner 16

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632

Taxi 121
Teknowledge, Inc. 181
The Coming Technological Singularity (Vinge) 158
Thrun, Sebastian 60
Tic-Tac-Toe 17, 177
Tiere, Gefühle 103
Tononi, Giulio 97
Transhumanismus 158
TurboTax 113
Turing, Alan
  Computing Machinery and Intelligence 83
  Denken 83
  Halteproblem 93, 188
Turing-Test 83, 187
Turkle, Sherry 65

U

Übersetzung 26, 178
überwachtes Lernen 46
UETA *siehe* Uniform Electronic Transactions Act
unentscheidbare Probleme 93
Uniform Electronic Transactions Act (UETA) 115
Universelles Spieleprogramm *siehe* General Game Playing
unkontrollierbare Superintelligenz 163
Unschärferelation 93
Unterhaltung 66
Unternehmen
  Haftungsbeschränkung 121
  moralisches Handeln 125
  Rechte 124
unüberwachtes Lernen 46

V

Verarbeitung natürlicher Sprache 76
Verbrechen 124
Vermögenswerte des Staates
  Geldfluss und Geldmenge 152
  private Vermögenswerte 152
Vermögenswerte *siehe* Mittel
Verschollen *siehe* Cast Away
Verträge 115
Vinge, Vernor 158
Vögel 31
Vorhersagbarkeit 91

W

Watson 61, 135
Wenn-Dann-Regeln 39
Wiedergutmachung 127
Wiener, Norbert 179
wild gewordene Systeme 167
Winograd, Terry 34, 180
Wirtschaft auf Basis der Arbeitskraft
  Alternativen 150
  andere Systeme 145
  Grundbesitz 146
  Mittelschicht 148
  soziale Ungleichheit 148
  Was ist falsch an einer 145
Wirtschaft auf Basis der Mittel
  Hilfen für Arbeitslose 153
  künftige Vermögenswerte 151
  Warum arbeiten 155
  Wechsel zu 150
Wissen
  Teknowledge, Inc. 181
  Wissensarbeiter 140
  Wissensbasis 38
Wissenschaft
  echte 22, 178
  isolierte Betrachtung 33
  KI 20
Wohlstand 150

Z

Zerlegung in Teilschritte 136
Zufälligkeit 29
zwei- und dreidimensionale Modelle 70

© des Titels »Künstliche Intelligenz« (ISBN 9783958456327) 2017 by
mitp Verlags GmbH & Co. KG, Frechen. Nähere Informationen unter: http://www.mitp.de/632