

Ray Kurzweil

Das Geheimnis des menschlichen Denkens

Einblicke in das Reverse Engineering
des Gehirns



lola
books



RAY KURZWEIL

Das Geheimnis des menschlichen Denkens

Einblicke in das Reverse Engineering des Gehirns

Mit einem Vorwort von
Bernd Vowinkel

Mit dem Vorwort zur spanischen Ausgabe von
José Luis Cordeiro

Aus dem Englischen von
Jens Ole Beckers und Jan Schenkenberger

**lola
books**

Copyright © Lola Books GbR, Berlin 2014

www.lolabooks.eu

Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt und darf in keinerlei Form ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Titel der englischen Originalausgabe:

How to create a mind: the secret of human thought revealed

Copyright © Ray Kurzweil, 2012

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.

This edition published by arrangement with Viking, a member of Penguin Group (USA) Inc.

Alle Rechte vorbehalten

Umschlagdesign: Christine Wenning

Copyright © Christine Wenning

Druck: Clausen & Bosse, Leck

ISBN 978-3-944203-06-5

eISBN 978-3-944203-16-4

Erste Auflage 2014

Inhalt

Vorwort

Vorwort zur spanischen Ausgabe

Danksagung

Einleitung

KAPITEL 1

Gedankenexperimente über die Welt

KAPITEL 2

Gedankenexperimente über das Denken

KAPITEL 3

Ein Modell des Neokortex:
Die Mustererkennungstheorie des Geistes

KAPITEL 4

Der biologische Neokortex

KAPITEL 5

Das Althirn

KAPITEL 6

Transzendente Fähigkeiten

KAPITEL 7

Der biologisch inspirierte digitale Neokortex

KAPITEL 8

Der Geist als Computer

KAPITEL 9

Gedankenexperimente über den Geist

KAPITEL 10

Das Gesetz vom steigenden Ertragszuwachs angewandt auf das Gehirn

KAPITEL 11

Entgegnungen

Epilog

Endnoten

Index

Vorwort

Ray Kurzweil genießt im englischsprachigen Raum hohes Ansehen. So erhielt er 19 Ehrendokortitel und eine ganze Reihe von Auszeichnungen, darunter die „National Medal of Technology“. Er gilt als eine der Leitfiguren des Trans- und des Posthumanismus. Er ist Pionier der optischen Texterkennung, der Sprachsynthese, der Spracherkennung, der Flachbettscannertechnologie und der elektronischen Musikinstrumente (insbesondere Keyboards) und hat in diesen Bereichen eine Reihe von Firmen gegründet. Seit 2012 arbeitet er als leitender Ingenieur bei Google. Sein 2005 veröffentlichtes Buch *The Singularity Is Near* war ein Bestseller. Im Lola Books Verlag erschien im Mai 2013 eine deutsche Übersetzung unter dem Titel *Menschheit 2.0: Die Singularität naht*.

Mit dem vorliegenden allgemeinverständlichen Werk konzentriert sich Kurzweil auf die Fortschritte der Erforschung sowohl des menschlichen Denkens als auch der auf diesen Erkenntnissen aufbauenden künstlichen Intelligenz. Das menschliche Denken galt von jeher als wissenschaftlich unergründbar. Gerade auch in der deutschen Philosophie war der Dualismus von Geist und Körper lange Zeit die unabdingbare Grundlage des Menschenbildes. Nach Kurzweil haben die gewaltigen Fortschritte der Naturwissenschaften – und hier insbesondere der Neurowissenschaft – dieses Menschenbild mittlerweile als haltlose Wunschvorstellung

entlarvt. Er zeigt, dass menschliches Denken vollständig auf Algorithmen basiert. Es bedarf zu seiner Erklärung, entgegen älteren philosophischen Positionen, weder Religion noch Esoterik noch Metaphysik. Auch die von dem bekannten Physiker Roger Penrose geforderte neue nichtalgorithmische Physik erscheint keineswegs notwendig. Dennoch werden viele konservative Wissenschaftler erst dann ihre lieb gewordenen Vorstellungen aufgeben, wenn der erste Computer philosophische Abhandlungen schreibt. Wenn Kurzweil Recht behält, wird das wohl nicht mehr allzu lange dauern.

In der ersten Hälfte des Buches gibt Kurzweil einen zusammenfassenden Überblick über den gegenwärtigen Stand der Hirnforschung. Die grundlegenden Funktionseinheiten des Gehirns sind die Nervenzellen (Neuronen). Sowohl ihre biochemische Funktion als auch der daraus resultierende Prozess der Informationsverarbeitung sind weitestgehend erforscht und es gibt gute Simulationsmodelle dafür. Da als Grundlage dieser Modelle die klassische Physik und die sich daraus ableitende Biochemie ausreichend sind und beide sich vollständig algorithmisch beschreiben lassen, ist damit zwangsläufig auch die Funktion der Neuronen vollständig algorithmisch beschreibbar. Das häufig vorgebrachte Gegenargument, dass Neuronen teilweise analog arbeiten und somit mit einem Digitalcomputer nicht ausreichend simuliert werden können, entkräftet Kurzweil mit dem Hinweis, dass z. B. die analoge Größe der Leitfähigkeit in den Synapsen der Neuronen völlig ausreichend mit 8 Bit verschlüsselt werden kann. Analoge Vorgänge können grundsätzlich mit jeder gewünschten Präzision in Digitalcomputern simuliert werden.

Unser Denken besteht im Wesentlichen aus der Erkennung und der Manipulation von Mustern. Insgesamt

können wir bis zu 300 Millionen verschiedene Muster unterscheiden. Zur Speicherung und Verarbeitung werden jeweils ungefähr 100 Neuronen in Anspruch genommen. Obwohl die Verarbeitungsfrequenz in unserem Gehirn nur zwischen 100 und 1000Hz liegt und damit mehr als eine Million Mal niedriger als in unseren Computern ist, schafft unser Gehirn einen Mustererkennungsvorgang innerhalb von Sekundenbruchteilen. Der Grund dafür ist, dass die Datenverarbeitung im Gehirn extrem parallel erfolgt. Nach Kurzweil ist der Algorithmus, nach dem dies geschieht, optimal mit dem sogenannten „hierarchical hidden Markov model“ (HHMM) zu beschreiben. Es handelt sich dabei um ein neuronales Netz, das mit zum Teil statistischen Methoden aus einer Datenmenge bestimmte Muster herausfiltern kann.

Das Material unserer Nervenzellen wird im Zeitrahmen von einigen Monaten vollständig ausgetauscht. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Fähigkeiten zur Informationsverarbeitung der Zelle. Denken ist auf der untersten Hierarchieebene nichts anderes als Symbolverarbeitung, so wie sie auch in Computern stattfindet, und ist dabei unabhängig von einer bestimmten Materie. Nach der Church-Turing-These ist die Fähigkeit zur Lösung von algorithmischen Problemen unabhängig vom konkreten Aufbau einer Hardware, solange es sich um eine universelle Rechenmaschine mit genügend Speicherplatz handelt. Daraus und aus der erwähnten Tatsache, dass sich die Abläufe innerhalb der Neuronen algorithmisch beschreiben lassen, resultiert, dass das menschliche Gehirn grundsätzlich nicht mehr Probleme lösen kann als jede andere universelle Rechenmaschine. Im Umkehrschluss heißt das wiederum, dass es prinzipiell möglich sein sollte, einen Computer mit sämtlichen

geistigen Fähigkeiten auszustatten, über die der Mensch verfügt, einschließlich eines Bewusstseins.

Naturwissenschaftliche Theorien gewinnen insbesondere dann an Überzeugungskraft, wenn man mit ihrer Hilfe neue Dinge schaffen kann, die in der Wirklichkeit gut funktionieren. Daher zeigt der Autor im zweiten Teil des Buches, wie nun die Erkenntnisse der Hirnforschung dazu genutzt werden können, Computerprogramme zu erstellen, die wie das menschliche Denken funktionieren und auch dessen Leistungsfähigkeit erreichen bzw. sogar überschreiten. Die Hauptanwendungsgebiete liegen derzeit in der Mustererkennung. So basiert das Spracherkennungsprogramm Siri, das auf dem iPhone 4S und dem iPhone 5 installiert ist, auf einem künstlichen neuronalen Netz, das lernfähig ist und sich mit der Zeit auf seinen Nutzer einstellt. Eines der derzeit am weitesten fortgeschrittenen Programme in Bezug auf die Simulation menschlichen Denkens ist Watson von der Firma IBM. Es ist in der Lage, ganze Sätze zu verstehen und darauf sinnvolle Antworten zu geben. Bei der im amerikanischen Fernsehen beliebten Quizshow *Jeopardy!* hat Watson im Jahr 2011 die besten menschlichen Kandidaten übertroffen. Bei *Jeopardy!* muss auf einen Satz, der eine Antwort darstellt, die dazugehörige richtige Frage gefunden werden. Watson spielt aber nicht nur *Jeopardy!*: das Programm kann durch einen Lernprozess für die unterschiedlichsten Aufgaben optimiert werden.

Ray Kurzweil selbst hat jahrzehntelange Erfahrung im Programmieren von lernfähigen Mustererkennungsprogrammen. Nach seiner Erfahrung arbeiten diese Programme dann am besten, wenn man sie in ihrem Aufbau als neuronalem Netz dem menschlichen Gehirn nachempfiehlt. Für die jeweilige Aufgabe kann man

gewisse Grundregeln einprogrammieren. Die Feinheiten erlernt das Programm in der Praxis dann selbstständig. Zusätzlich kann man noch einen evolutionären Optimierungsvorgang einbauen, der die Verschaltung des Netzes für die jeweilige Aufgabe optimiert, so wie das auch im menschlichen Gehirn geschieht. Auf die Frage, wann es gelingt, Computer mit allen geistigen Fähigkeiten des Menschen einschließlich des Ich-Bewusstseins auszustatten, gibt Kurzweil das Jahr 2029 an. Zu diesem Zeitpunkt wird seiner Meinung nach das erste Computerprogramm den sogenannten Turing-Test bestehen. Was danach geschieht, hat er in seinem Buch *Menschheit 2.0* ausführlich beschrieben. Es wird zu einer explosionsartigen Vervielfachung der Rechenleistung und der Fähigkeiten der künstlichen Intelligenz kommen, die gewaltige Auswirkungen auf unsere Gesellschaft haben wird.

Wie nicht anders zu erwarten, gibt es auch heftige Kritik an den Positionen von Kurzweil, zumal für viele die mögliche Machbarkeit von künstlichem Bewusstsein eine Kränkung ihres Menschenbildes darstellt. Insbesondere im deutschsprachigen Raum gibt es eine tief greifende Aversion gegen die Ideen von Ray Kurzweil und gegen den Transhumanismus und den Posthumanismus im Allgemeinen. Wahrscheinlich ist einer der Gründe darin zu finden, dass die meisten immer noch einer christlichen Ethik und einem Menschenbild verbunden sind, die ihre Ursprünge in der Bronzezeit haben. Daneben gibt es ein tiefes und zum Teil irrationales Misstrauen gegenüber neuen Technologien. So glauben religiös oder metaphysisch inspirierte Intellektuelle nach wie vor an den Dualismus von Leib und Seele bzw. Geist und Körper. Sie können aber keine wirklich nachvollziehbaren rationalen Argumente für ihre Position anführen. Insofern ist das eine reine

Glaubensfrage. Den Naturwissenschaften etwas mehr zugeneigte Geisteswissenschaftler vertreten häufig die Position, dass man zwar womöglich alle geistigen Fähigkeiten des Menschen mit einem Computer simulieren kann, aber die Simulation immer noch etwas anderes ist als die Wirklichkeit, ähnlich wie die Simulation des Wetters etwas anderes ist als das Wetter selbst. Prominenter Vertreter dieser Position ist der amerikanische Philosoph John Searle. In seinem Buch *Die Wiederentdeckung des Geistes* geht er zwar davon aus, dass das menschliche Gehirn im Rahmen des Naturalismus als eine Art Bio-Computer vollständig beschrieben werden kann, dass aber die Fähigkeiten künstlicher Intelligenz nichtsdestotrotz nicht an die des Menschen heranreichen werden. Der Denkfehler, der dieser Position zugrunde liegt, ist die Ansicht, dass unsere geistigen Fähigkeiten an eine bestimmte Materie gebunden sind. Im Kern aber ist Denken nichts anderes als Informationsverarbeitung. Diese geschieht auf der untersten Ebene als reine Symbolverarbeitung und stellt damit schon hier einen vollständig abstrakten Vorgang dar. Ray Kurzweil schreibt dazu: „Wenn das Verstehen von Sprache und anderer Phänomene über statistische Analysen (wie z. B. bei moderner Spracherkennungssoftware) nicht als wahres Verstehen zählt, dann verfügen auch Menschen nicht über wahres Verstehen.“

Fachleute der künstlichen Intelligenz an deutschen Hochschulen und Universitäten bezeichnen die Ansichten von Kurzweil häufig als überzogen optimistisch in Bezug auf die Machbarkeit der künstlichen Intelligenz und ihrer Auswirkungen auf die Menschheit. Dem steht das Argument gegenüber, dass Kurzweil mit seinen bisherigen Vorhersagen, wie er sie beispielsweise in seinem 1999 erschienenen Buch *The Age of Spiritual Machines* machte,

zu über 86 % richtig lag. Angesichts dieser Tatsache stellt sich die Frage, wer von den Kritikern oder anderen Experten eine bessere Statistik seiner eigenen Vorhersagen vorlegen kann. Microsoft-Gründer Bill Gates meint jedenfalls dazu: „Ray Kurzweil ist von allen Personen, die ich kenne, am besten geeignet die Zukunft der künstlichen Intelligenz vorauszusagen“.

Notorische Apokalyptiker, die sich insbesondere in deutschen Medien zahlreich zu Wort melden, werden sich fragen, wie man diese technische Entwicklung aufhalten kann. Ray Kurzweil meint dazu, dass sich die neuen Technologien, wenn überhaupt, nur in totalitären Staaten aufhalten lassen. Wir werden die durch die Fortschritte in Wissenschaft und Technik hervorgerufenen zukünftigen Herausforderungen nur meistern, wenn wir ein wissenschaftsfundiertes Weltbild anerkennen und uns von einem metaphysischen bzw. religiösen Menschenbild endlich befreien. Ray Kurzweil hat mit seinen Büchern und seinen Arbeiten einen erheblichen Beitrag dazu geleistet und sich damit als großer Pionier verdient gemacht.

Vom Philosophen Jerry A. Fodor stammt die Erkenntnis: „Manche Philosophen sehen Philosophie als das an, was man mit einem Problem macht, bevor es klar genug ist, um es mit Wissenschaft lösen zu können“. Genau dies trifft auf das Problem des menschlichen Geistes zu. Die Zeit ist nun reif für eine wissenschaftliche Erforschung und Erklärung, und Kurzweil hat dazu mit diesem Buch einen wichtigen Meilenstein gelegt.

Bernd Vowinkel

Dr. Bernd Vowinkel ist Physiker und war bis 2010 als Wissenschaftler am 1. Physikalischen Institut der Universität Köln im Fachgebiet Radioastronomie tätig.

Daneben hat er sich intensiv mit den naturwissenschaftlichen und philosophischen Aspekten der künstlichen Intelligenz auseinandergesetzt und dazu 2006 ein Buch mit dem Titel „Maschinen mit Bewusstsein“ veröffentlicht. Der Inhalt dieses Buches deckt Themen ab, die auch Ray Kurzweil in seinen Büchern anspricht. Aufgrund seines Buches und öffentlicher Vorträge gilt Vowinkel im deutschsprachigen Raum als einer der bekanntesten Vertreter des Transhumanismus und des Posthumanismus. Weiterhin ist er aktiver Mitarbeiter und Mitglied des Stifterkreises der Giordano-Bruno-Stiftung, die sich die Verbreitung eines modernen, naturalistisch fundierten Humanismus zum Ziel gesetzt hat.

Vorwort zur spanischen Ausgabe

Ray Kurzweil ist gegenwärtig wahrscheinlich der einflussreichste Futurist der Welt. Darüber hinaus ist Ray aber auch Ingenieur, Erfinder, Unternehmer, Musiker, Erzieher und Schriftsteller. Alle seine Bücher über Technologie waren Bestseller: *The Age of Intelligent Machines* (1990), *The Age of Spiritual Machines* (1999) und *The Singularity is Near* (2005; *Menschheit 2.0*, Lola Books 2013). Ray veröffentlichte sein neues Buch *How to Create a Mind* (*Das Geheimnis des menschlichen Denkens*, Lola Books 2014) im Dezember 2012 und die vorliegende spanische Fassung mit dem Titel *Cómo crear una mente* erschien im Oktober 2013. Jedes seiner Bücher war zu seiner Zeit beeindruckend, da sie alle wichtige Voraussagen zu großen Ereignissen und Möglichkeiten in der Zukunft machten.

Rays persönliche Geschichte ist erstaunlich, reich an Erfolgen, an Erfindungen und Zukunftsvisionen. Seine Erfindungen reichen von verschiedenen Arten von Scannern und Synthesizern bis hin zu Lesemaschinen für Blinde und Spracherkennungsgeräten. Ray erzählt, dass er seit seinem 5. Lebensjahr Erfinder werden wollte. 1998 wurde er vom Massachusetts Institute of Technology (MIT), seiner Alma Mater, zum Erfinder des Jahres ernannt. Ray erhielt Ehrungen von drei Präsidenten der USA, um die zwanzig Ehrendokortitel von verschiedenen Universitäten

auf der ganzen Welt und die Nationale Medaille der Technologie der Vereinigten Staaten. Überdies findet sich sein Name in der *Hall of Fame* der Erfinder der Vereinigten Staaten. Zur Unterstützung der kommenden Generationen gründete Ray zusammen mit Peter Diamandis die *Singularity University* auf dem Gelände des Nasa-Forschungszentrums Ames im berühmten *Silicon Valley*. Überdies wurde Ray nach der Veröffentlichung von *How to Create a Mind* zu Googles Engineering-Vizepräsidenten ernannt. Bei Google konzentriert er sich auf die natürliche Sprachverarbeitung, wobei er Computerlinguistik mit künstlicher Intelligenz kombiniert.

Ich verfolgte Rays Ideen über drei Jahrzehnte hinweg und habe das Vergnügen ihn seit fast zwei Jahrzehnten persönlich zu kennen. Als Berater und Gründungsprofessor der *Singularity University* habe ich seit nunmehr fünf Jahren die Ehre mit ihm zusammen zu arbeiten. Außerdem war ich bei der Nachbearbeitung seiner Vorhersagen für das Jahr 2009 tätig. Die Präzision seiner Vorhersagen ist mit einer Trefferquote von beinahe 90 % tatsächlich beeindruckend. Unter seine berühmtesten Vorhersagen fallen der Zusammenbruch der Sowjetunion, das Entstehen des Internets und die Entwicklung eines Computers mit der Fähigkeit, den Schachweltmeister zu schlagen. In diesem letzten Punkt erwies sich Ray sogar als konservativ. Er prognostizierte dieses Ereignis für das Jahr 1998, aber tatsächlich schlug Deep Blue Kasparow bereits im Jahr 1997.

How to Create a Mind, Rays neuester *New York Times*-Bestseller, erläutert die atemberaubenden Fortschritte der künstlichen Intelligenz und zeigt auf, wie bereits in wenigen Jahren ein vollständiges Reverse Engineering des Gehirns möglich sein wird. Ray meint, dass im Jahr 2029 eine künstliche Intelligenz den Turing-Test bestehen wird.

Dieser auf der Idee des englischen Wissenschaftlers Alan Turing basierende Test zeigt, ob ein Mensch fähig ist zu entscheiden, ob er sich - schriftlich oder mündlich - gerade mit einem anderen Mensch oder doch mit einer Maschine unterhält. Ray erklärt, dass die künstliche Intelligenz ihr Niveau sogar verringern werden muss, um nicht sogleich als eine dem Menschen überlegene Intelligenz erkannt zu werden. Sollte sich eine Maschine in jeder Hinsicht intelligent (oder intelligenter als Menschen) verhalten, dann muss diese Maschine als intelligent betrachtet werden.

Ray beginnt sein neues Buch mit einer Reihe von Gedankenexperimenten zum besseren Verständnis des menschlichen Denkens. Danach stellt er ein Modell des Neokortex vor und entwirft seine Mustererkennungstheorie des Geistes (engl. „Pattern Recognition Theory of Mind“; PRTM). Daraufhin fährt Ray mit der Untersuchung der verschiedenen biologischen Teile des Gehirns und dessen Evolution fort. Das führt zur Erörterung der Möglichkeit eines digitalen Neokortex als Ergebnis des sich beschleunigenden technologischen Wachstums.

Das Geheimnis des menschlichen Denkens vertritt die Meinung, dass der menschliche Geist eine emergente Eigenschaft des Gehirns ist. Insofern wird die Schöpfung digitaler Gehirne zur Schöpfung von digitalem Geist führen. Tatsächlich kann das Gehirn, das gegenwärtig das biologische Substrat des menschlichen Geistes bildet, durch sorgfältig designte und weit fortschrittlichere nichtbiologische Substrate wesentlich verbessert werden. Wie der große englische Futurist Sir Arthur C. Clarke sagen würde: Wir Menschen sind lediglich auf Kohlenstoff basierende Zweibeiner (engl. „carbonbased bipeds“). Das Substrat, ob biologisch oder nicht, ist nicht von Bedeutung. Wichtig ist der Geist, und mit Hilfe neuer Technologien

verbesserter Geist wird den nicht verbesserten menschlichen Geist von heute weit übertreffen. Ray betrachtet nicht nur den Geist als eine direkte Folge des Gehirns, sondern meint auch, dass künstliche Intelligenz Verstand, Willensfreiheit und eine eigene Identität besitzen wird.

Dieses neue Buch ist vielleicht Rays bestes und wichtigstes Werk, weil es gezielt und ausführlich das menschliche Gehirn bespricht, welches die komplexeste Struktur des bekannten Universums darstellt. Das ist zumindest die Meinung von Marvin Minsky, Pionier der künstlichen Intelligenz am MIT. Vielleicht taucht morgen ein Außerirdischer auf, dessen Gehirn entwickelter ist als das unsere. Aber bis dahin bildet das menschliche Gehirn die komplexeste uns bekannte Struktur. Das menschliche Gehirn ist wiederum nicht so komplex, als dass wir es dank den Fortschritten in der Wissenschaft und dem exponentiellen Wachstum der Technologie und mithilfe des Reverse Engineerings nicht in den nächsten Jahren nachbilden, simulieren und überwinden könnten.

Trotz der enormen Komplexität des menschlichen Gehirns mit seinen hunderttausend Millionen Neuronen, die untereinander durch Billionen von Synapsen verbundenen sind, meint Ray: „Ziel dieses Buches ist es ganz entschieden nicht, in den Chor derjenigen unzähligen Stimmen einzustimmen, die dem Gehirn eine ungeheure Komplexität bescheinigen. Im Gegenteil, ich will zeigen, von welcher überraschender Einfachheit es ist. Das hoffe ich durch die Erklärung zu tun, wie ein grundlegender, ausgeklügelter Mechanismus für das Erkennen, das Erinnern und das Vorhersagen von Mustern – im Neokortex Hunderte von Millionen Mal wiederholt – für die großartige Differenziertheit unseres Denkens verantwortlich ist.“

Für diejenigen, die noch heute nicht glauben, dass eine geringere Intelligenz sich in Richtung einer größeren Intelligenz fortentwickeln kann, stellen wir selbst den Beweis, dass dies möglich ist. Vor Millionen von Jahren entwickelten wir uns aus unseren weniger intelligenten Vorfahren, den Affen. Diese wiederum stammten von anderen, noch weniger intelligenten Säugetieren ab (wiewohl Intelligenz in diesem Zusammenhang vielleicht nicht der korrekte Ausdruck ist). Unsere biologischen Gehirne sind bis heute das Ergebnis der zufälligen biologischen Evolution, die willkürlich gute und schlechte Resultate liefert. Die digitalen Gehirne, die wir zukünftig produzieren, werden das Produkt eines Designprozesses sein. Sie werden nicht das zufällige Resultat der biologischen Evolution, sondern auf unserer technologischen Evolution beruhende intelligente Schöpfungen darstellen.

In den wenigen Monaten, die seit der Veröffentlichung der englischen Originalausgabe von *How to Create a Mind* im Dezember 2012 vergangen sind, haben zwei bedeutende Projekte hinsichtlich des Gehirns ihre Arbeit aufgenommen. Auf einer Seite steht das *Human Brain Project*. Dieses von der Europäischen Union finanzierte Projekt verbindet unter der Leitung des südafrikanischen Forschers Henry Markram von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne in der Schweiz Arbeiten aus dem Bereich der Medizin, der Wissenschaft und der Technik. Mit einem Budget von mindestens einer Milliarde Euro verteilt über die nächsten zehn Jahre versucht dieses Projekt das menschliche Gehirn mithilfe von Supercomputern zu simulieren um seine charakteristischen Merkmale technologisch nachzubilden. Auf der anderen Seite steht die BRAIN-Initiative (engl. „Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies“). Sie

wurde vom US-Präsidenten Barack Obama mit dem Ziel, jedes Neuron im menschlichen Gehirn zu kartieren, vorgestellt. Die BRAIN-Initiative beruht auf dem erfolgreichen Humangenomprojekt und sieht über ein Jahrzehnt hinweg finanzielle Mittel von mehr als 300 Millionen Dollar jährlich vor.

Die millionenschweren Forschungen, die in Europa mit dem *Human Brain Project* und in den Vereinigten Staaten mit der BRAIN-Initiative einsetzen, werden im kommenden Jahrzehnt beeindruckende Resultate zeitigen. Darüber hinaus fährt Japan mit seiner fortgeschrittenen Gehirnforschung am RIKEN-Institut fort, und auch China, Russland und andere Länder verfolgen wichtige Forschungsprogramme betreffend das Gehirn, Neurowissenschaft und künstliche Intelligenz. Große Technologieunternehmen wie zum Beispiel Amazon, Apple, Ericsson, Facebook, Google, IBM, Microsoft, Nokia, Samsung und Sony verfügen in diesen und ähnlichen Bereichen bereits über Produkte bzw. Projekte. Darüber hinaus existieren neue Start-ups, die sich gleichermaßen mit grundlegenden Aspekten des Gehirns und der Intelligenz, sei sie natürlich oder künstlich, beschäftigen. Aufgrund all des nationalen und internationalen, des öffentlichen und privaten Interesses am Verständnis und der Verbesserung des menschlichen Gehirns habe ich nicht den geringsten Zweifel daran, dass wir in den kommenden Jahren wunderbare Sachen entdecken werden.

Ray erklärt: „Ziel des Projektes ist es, die Funktionsweise des menschlichen Gehirns genauer zu verstehen und die auf diese Weise aufgedeckten Arbeitsweisen zu einem besseren Verständnis unserer selbst zu nutzen. Also etwa dazu, bei Bedarf das Gehirn wieder in Ordnung zu bringen und – für den Gegenstand dieses Buches am wichtigsten – immer intelligentere

Maschinen herzustellen.“ Laut Ray werden wir mit unserer Technologie weiter fusionieren und eine sich fortlaufend entwickelnde Mensch-Maschine-Zivilisation bilden.

Wenn auch einige Ideen Science-Fiction zu sein scheinen, sollte man nicht vergessen, dass die Science-Fiction von heute des öfteren zur Wissenschaft von morgen wird. Die Wissenschaft eröffnet dem menschlichen Verständnis kontinuierlich neue Zugänge und Möglichkeiten. Tatsächlich kann, was früher unmöglich schien, zu einem späteren Zeitpunkt Wirklichkeit werden. Die ersten Telefone, Autos, Flugzeuge, Antibiotika, künstliche Satelliten, Rechner oder Computer, Internet, Mobiltelefone - all das schien früher Zauberei zu sein. Heute werden diese Entdeckungen und Erfindungen glücklicherweise von einer neuen Generation als normal wahrgenommen.

Manchmal gelangen die Ideen der Science-Fiction tatsächlich in die reale Wissenschaft. Sir Arthur C. Clarke, ein Ingenieur, der als Autor von Science-Fiction bekannt wurde, schrieb vor einem halben Jahrhundert seine drei berühmten Gesetze der Zukunft:

1. Wenn ein angesehener, aber älterer Wissenschaftler behauptet, dass etwas möglich sei, hat er mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit recht. Wenn er behauptet, dass etwas unmöglich sei, hat er höchstwahrscheinlich unrecht.
2. Der einzige Weg, die Grenzen des Möglichen zu finden, ist, ein klein wenig über diese hinaus in das Unmögliche vorzustoßen.
3. Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist von Magie nicht zu unterscheiden.

Kurzum: Was heute noch Zauberei zu sein scheint, wird vielleicht schon bald Realität sein. Vom Standpunkt der Informatik haben wir bereits mit der Nachbildung der Komplexität des menschlichen Gehirns begonnen. Es ist tatsächlich möglich, dass wie von Ray prognostiziert im Jahr 2029 eine künstliche Intelligenz den Turing-Test bestehen wird (obwohl dieses Ereignis wahrscheinlich schon früher eintreten wird, wie es die rasanten Fortschritte zweier IBM-Computer nahelegten: Deep Blue im Jahr 1997 und Watson im Jahr 2011). Zu diesem Zeitpunkt wird es unmöglich sein, zwischen einer künstlichen und einer menschlichen Intelligenz zu unterscheiden. Bereits kurz darauf wird die sich weiter verbessernde künstliche Intelligenz die nicht modifizierte menschliche Intelligenz weit übertreffen. Auf dem Weg in die Zukunft wird die Mehrheit der Menschheit die Technologie benutzen, um ihre eigenen Fähigkeiten zu vergrößern, sowie wir das bis heute auch getan haben (von der Brille bis zur Prothese). Später wird es möglich sein, alle unsere Kenntnisse, Erinnerungen, Erfahrungen, Liebschaften und sogar Gefühle auf Rechner oder Computer (im Internet oder in der Cloud) upzuloaden, deren Speicherkapazität ausbaubar und dem aktuellen menschlichen Gedächtnis weit überlegen ist. Der künstliche Speicher wird weiter kontinuierlich besser und größer, ebenso wie die Verarbeitungskapazität und -geschwindigkeit der künstlichen Intelligenz. Dank der kontinuierlichen technologischen Evolution wird all das Teil des beschleunigten Prozesses der Verbesserung der menschlichen Intelligenz sein.

Die Menschheit hat eben erst die ersten Schritte auf dem faszinierenden Weg von der biologischen Evolution hin zur technologischen Evolution unternommen. Diese neue Evolution geht bewusst und intelligent vonstatten. Sowie

Ray darstellt, besitzt ein Kilogramm „Computronium“ die theoretische Kapazität um ungefähr 5×10^{50} Berechnungen in der Sekunde durchzuführen (es gibt verschiedene Meinungen hierzu). Das heißt wir besitzen ein enormes Potential von vielen Größenordnungen um erst die menschliche und später die posthumane Intelligenz weiter zu steigern. In diesem Prozess werden wir unsere nicht verbesserten biologischen Gehirne gegen verbesserte postbiologische Gehirne eintauschen. Rays abschließende Folgerung: „Das Universum zu erwecken und - indem wir es mit unserer menschlichen Intelligenz in ihrer nichtbiologischen Form durchdringen - über sein Schicksal zu entscheiden, das ist unsere Bestimmung.“

José Luis Cordeiro, MBA, PhD
(www.cordeiro.org)

Direktor, Standort Venezuela, The Millennium Project
(www.Millennium-Project.org)

Gründungsprofessor, Singularity University, NASA
Ames, Silicon Valley, California
(www.SingularityU.org)

Mitgründer, Asociación Transhumanista
Iberoamericana
(www.TransHumanismo.org)

Gründer, Sociedad Mundial del Futuro Venezuela
(www.FuturoVenezuela.net)

*Für Leo Oscar Kurzweil.
Du betrittst eine außergewöhnliche Welt.*

Danksagung

Ich möchte meinen Dank aussprechen:

Meiner Frau Sonya, für ihre liebevolle Geduld während all der Wechselfälle des kreativen Prozesses;

meinen Kindern Ethan und Amy, meiner Schwiegertochter Rebecca, meiner Schwester Enid und meinem neuen Enkel Leo, für ihre Liebe und Inspiration;

meiner Mutter Hannah für ihre Unterstützung meiner frühen Ideen und Erfindungen, die mir die Freiheit gab, schon in jungen Jahren zu experimentieren, und dafür, dass sie meinen Vater während seiner langen Krankheit am Leben erhielt;

meinem langjährigen Verleger bei Viking, Rick Kot, für seine Betreuung, seine zuverlässige und einsichtsvolle Beratung und sein sachkundiges Lektorat;

Loretta Barrett, meiner Literaturagentin seit zwanzig Jahren, für ihre scharfsinnigen und enthusiastischen Ratschläge;

Aaron Kleiner, meinem langjährigen Geschäftspartner, für hingebungsvolle Zusammenarbeit in den letzten zwanzig Jahren;

Amara Angelica für ihre aufopfernde und einzigartige Unterstützung bei der Forschung;

Sarah Black für ihre herausragenden Erkenntnisse und Ideen in der Forschung;

Laksman Frank für seine exzellenten Illustrationen;

Sarah Reed für ihre engagierte Unterstützung in Organisationsfragen;

Nanda Barker-Hook für die gekonnte Organisation meiner öffentlichen Auftritte zu diesem und anderen Themen;

Amy Kurzweil für Ihre Unterweisung in das Handwerk des Schreibens;

Cindy Mason für ihre Forschungsarbeit und Ideen über künstliche Intelligenz und die Geist-Körper-Verbindung;

Dileep George für seine scharfsichtigen Ideen und anregenden Diskussionen via E-Mail und auf anderem Wege;

Martine Rothblatt für ihre Hingabe an all die Technologien, mit denen ich mich in diesem Buch auseinandersetze, und für ihre Zusammenarbeit bei der Entwicklung von Technologien in diesem Bereich;

dem KurzweilAI.net-Team, das in Forschung und Logistik dieses Projekt maßgeblich unterstützt hat, namentlich Aaron Kleiner, Amara Angelica, Bob Beal, Casey Beal, Celia Black-Brooks, Cindy Mason, Denise Scutellaro, John Walsh, Giulio Prisco, Ken Linde, Laksman Frank, Maria Ellis, Nanda Barker-Hook, Sandi Dube, Sarah Black, Sarah Brangan und Sarah Reed;

dem engagierten Team bei Viking Pinguin für ihr umsichtiges Geschick, namentlich Clare Ferraro (Präsidentin), Carolyn Coleburn (Leiterin der Öffentlichkeitsarbeit), Yen Cheong und Langan Kingsley (Publizisten), Nancy Sheppard (Leiterin des Marketings), Bruce Giffords (Verlagslektor), Kyle Davis (Verlagsassistent), Fabiana Van Arsdell (Produktionsdirektorin), Roland Ottewell (Korrektor), Daniel Lagin (Designer) und Julia Thomas (Designerin des Umschlags);

meinen Kollegen an der Singularity University für ihre Ideen, ihren Enthusiasmus und ihre unternehmerische Energie;

meinen Kollegen, die mir ihre inspirierenden Ideen für diesen Band zur Verfügung gestellt haben, namentlich Barry Ptolemy, Ben Goertzel, David Dalrymple, Dileep George, Felicia Ptolemy, Francis Ganong, George Gilder, Larry Janowitch, Laura Deming, Lloyd Watts, Martine Rothblatt, Marvin Minsky, Mickey Singer, Peter Diamandis, Raj Reddy, Terry Grossman, Tomaso Poggio und Vlad Sejnoha;

meinen sachverständigen Begutachtern, namentlich Ben Goertzel, David Gamez, Dean Kamen, Dileep George, Douglas Katz, Harry George, Lloyd Watts, Martine Rothblatt, Marvin Minsky, Paul Linsay, Rafael Reif, Raj Reddy, Randal Koene, Dr. Stephen Wolfram und Tomaso Poggio;

meinen Lektoren, deren Namen oben aufgeführt sind;
schließlich all den kreativen Denkern in der Welt, die mich tagtäglich inspirieren.

Das Geheimnis des menschlichen Denkens

Einleitung

Weiter als Himmel — ist das Hirn —
Denn — leg sie Seit an Seit —
Nimmt dieses jenen leicht noch auf
Und Dich — wie nebenbei —

Das Hirn ist tiefer als das Meer —
Denn — halt sie Blau an Blau
Wie Schwämme — Eimer absorbieren
Saugt eins das andre auf —

Das Hirn wiegt grad soviel wie Gott —
Denn — stemm sie — Gramm für Gramm
Das kontrastiert wenn überhaupt —
Wie Silbe hier und Klang —

EMILY DICKINSON

Intelligenz - das wichtigste Phänomen im Universum - kann natürliche Grenzen überwinden und die Welt nach ihrem Bilde umgestalten. In der Hand des Menschen, als menschliche Intelligenz, hat sie uns in die Lage versetzt, die Beschränkungen unseres biologischen Erbes zu überwinden und uns selbst in diesem Prozess zu verändern. Wir sind die einzige Spezies, die dies tut.

Die Geschichte menschlicher Intelligenz beginnt mit einem Universum, das mit der Fähigkeit ausgestattet ist, Informationen zu verschlüsseln. Diese Eigenschaft erst erlaubt es der Evolution, ihren Lauf zu nehmen. Wie das Universum zu dieser Fähigkeit gelangte, ist selbst eine interessante Geschichte. Das Standardmodell der Physik