

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/274372169>

Künstliche Intelligenz zwischen Anspruch und Wirklichkeit

Conference Paper · December 2012

CITATIONS

0

READS

723

1 author:



[Arne Fellien](#)

Fraunhofer Institute for Software and Systems Engineering ISST

5 PUBLICATIONS 9 CITATIONS

SEE PROFILE

Künstliche Intelligenz zwischen Anspruch und Wirklichkeit

Arne Fellien
arne@fellien.com

*Einer Invasion von Armeen kann man Widerstand leisten, aber keiner Idee, deren Zeit gekommen ist.
Victor Hugo*

Abstract

Die Erschaffung künstlicher Wesen von Menschenhand, die über menschliche Fähigkeiten und Fertigkeiten verfügen und diese sogar noch übertreffen, ist ein Menschheitstraum, den schon die alten Griechen träumten und der in der Geschichte immer neu geträumt wurde. In der Rolle von Helfern, mystischen Figuren oder Monstern erscheinen ihre Inkarnationen in Gestalt von Mythen, menschlichen Abbildern oder technischen Konstruktionen. Mit der Erfindung und Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien wurde die Frage nach technischen Wesen mit menschlichen und sogar übermenschlichen Fähigkeiten erneut aktuell und avancierte hauptsächlich durch die Vertreter der Informatik im Umfeld der „Künstlichen Intelligenz“ (KI) zum Gegenstand von Forschung und Entwicklung. Der mit dem Terminus „Künstliche Intelligenz“ verbundene Anspruch und die mit eben diesem Anspruch geweckten Erwartungen auf verschiedenen gesellschaftlichen Ebenen stehen allerdings im krassen Gegensatz zu den real erreichten Ergebnissen. Die Diskussionen der Visionäre als Vertreter der oft überhöhten Ansprüche und der Kritiker als Repräsentanten realistischer Zielstellungen fanden in den vergangenen 60 Jahren in einer großen thematischen Breite statt und gipfelt in neuester Zeit in der Diskussion über das mögliche Ende des anthropozentrischen Zeitalters. Der Autor stellt diese Entwicklung an historischen Beispielen bis in die Gegenwart dar und skizziert zugleich ausgewählte Ergebnisse der KI-Forschung und –Entwicklung.

Die zweite Schöpfung – ein uralter Traum der Menschheit

In verschiedensten Formen haben Menschen seit dem Altertum die Vision von künstlichen von Menschenhand geschaffenen Wesen gehabt. Bekannte Beispiele dafür sind der Pygmalion, Golem, Frankenstein, Homunkulus und zahlreiche andere fantastische Gebilde. Der Begriff des Golems bezeichnet in der jüdischen Sprachtradition etwas Hilflozes, Dummes, eine ungebildete Person oder auch einen Embryo. Also etwas Unfertiges künstlich Geschaffenes mit wenig Verstand. In der Geschichte wurde die Erschaffung eines Golems stets als aus Lehm geformt beschrieben, wobei die Schöpfer stets als besonders weise, gelehrte oder sogar heilige Personen galten. Interessant an der Geschichte des Golems ist, dass in verschiedenen Legenden auch die Rückverwandlung des Golems in seine ursprüngliche Gestalt als Lehmbrocken beschrieben wird. Ein Hinweis darauf, dass es den Schöpfern letztendlich gelingen sollte, die Schöpfung insoweit zu beherrschen, als sie die Macht über deren Existenz behalten und mögliche Ausartungen unterbinden können. Anders stellt sich die Geschichte von Frankenstein dar, die auf einen Roman von Mary Shelley zurückgeht. Sie ist zwar auch die Geschichte eines künstlich geschaffenen menschenähnlichen Wesens. Dieses Wesen/Monster/Kreatur ist zunächst neugierig und friedlich, entwickelt sich aber zu einer Gefahr für seinen Schöpfer. Die Geschichte von Frankenstein ist so auch eine indirekte Warnung an die Menschen.

Im Unterschied zu den sonst eindeutig als aus der Fantasie geborenen Gebilden, tritt Paracelsus in seiner 1538 publizierten Schrift *De natura rerum* mit der Behauptung auf, das Rezept zu kennen, durch dessen Anwendung gewissermaßen jedermann in der Lage wäre, einen Homunkulus zu erzeugen:

„Man müsse menschliche Spermen 40 Tage in einem Gefäß im (wärmenden) Pferdemist verfaulen lassen. Was sich dann rege, sei „einem Menschen gleich, doch durchsichtig“. 40 Wochen lang müsse man dieses Wesen dann bei konstanter Wärme mit dem *Arkanum* des

Menschenbluts nähren, und schließlich werde ein menschliches Kind entstehen, jedoch viel kleiner als ein natürlich geborenes Kind“¹

Spätestens seit dem 18. Jahrhundert und mit der Herausbildung der bürgerlichen Gesellschaft, die der Gesellschaft zunehmend den Charakter einer Maschine aufprägt und den Menschen selbst zu einem funktionalen Element in diesem Mechanismus degradiert, kristallisiert sich neben der Fragestellung nach dem Unterschied zwischen Mensch und Tier auch die Frage nach dem Unterschied zwischen Mensch und Maschinen heraus. Eine Auffassung, die La Mettrie 1748 in seinem Werk *L'homme machine* explizit formulierte und damit eine breite Diskussion auslöste. Eine Diskussion, die bis heute nicht beendet ist und deren damalige prominente andersdenkenden Vertreter auch seine sonst verbündeten Kritiker wie Voltaire, Diderot und Rousseau waren. Eine kurze gelungene Darstellung findet sich bei Coy², der die Thematik auch in Hinsicht auf die seinerzeit (1985) erkennbare Entwicklung der Robotertechnik diskutiert.

Letztlich verbirgt sich hinter den mechanistischen Auffassungen der Philosophen, Physiker und Mathematiker der Anspruch, Schritt für Schritt die Formalisierung von Prozessen soweit zu treiben, dass schließlich jeder Prozess und alle Entwicklungen sich durch hinreichend komplexe Schlussfolgerungsmechanismen determinieren lassen. Eine Auffassung, die sich in den verschiedensten Erscheinungsformen immer wieder herausbildet. Insbesondere zieht sich diese Diskussion mit stoischer Konstanz durch die verschiedenen Phasen der künstlichen Intelligenz.

Zugleich warnen führende Wissenschaftler wie Weizenbaum vor der wissenschaftlichen Euphorie des Machbaren, die sich anmat, Wesen oder Dinge zu schaffen, die, wenn sie einmal existieren, ihre Potentiale gegen den Menschen richten und nicht mehr beherrschbar sind. Eine Schlüsselrolle spielt bei den Kritikern der KI der Hinweis auf die missbräuchliche Nutzung der Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologien für militärische Zwecke und für die geheimdienstliche Überwachung der Bürger.

Die Kybernetik - eine Wegbereiterin der Künstlichen Intelligenz

Einen neuen Impuls erhielt die Fragestellung nach dem Verhältnis von Mensch zu Maschine durch die Entwicklung der Computertechnologie in den 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts. Gerade während des zweiten Weltkrieges wurden einige Erfindungen auf dem Gebiet der Elektronik gemacht, durch die spektakuläre Fortschritte in der Nutzung dieser Technologie möglich wurden. Es war deshalb naheliegend, dass sich aus der Vielfalt der erkennbaren Möglichkeiten auch neue Wissenschaftszweige herausbildeten. Dazu gehörte insbesondere die hier im Fokus der Konferenz stehende Kybernetik, deren Bedeutung von Georg Klaus frühzeitig erkannt wurde und dem das Verdienst zukommt, die Kybernetik in der DDR bedeutend gefördert zu haben. Bemerkenswert ist in diesem Kontext der „Versuch von Georg Klaus, mit Hilfe einer dialektisch interpretierten Kybernetik und einem konkreten Humanismus, den Dogmatismus in der Philosophie, in der Politik, aber auch im kybernetischen Denken selbst, entgegen den äußeren Umständen, zu überwinden“.³

Dass dieses nicht selbstverständlich war, zeigt die Ablehnung der Kybernetik durch die politische Führung und zahlreiche konformistische Wissenschaftler in der Sowjetunion, die die Kybernetik als Pseudowissenschaft, imperialistische Utopie und technokratische Theorie⁴ angriffen. Erst nach Stalins Tod im Jahre 1953 schlug die Situation um und die Kybernetik wurde zu einem Hoffnungsträger in Wissenschaft und Gesellschaft. Trotz der Verunglimpfung der Kybernetik in der Sowjetunion warnten US-amerikanische Informatiker vor einem Vorsprung der sowjetischen Kybernetik als Instrument in den Händen der Kommunisten, dessen Anwendung den Wettbewerb der Systeme klar zugunsten des „Kommunismus“ entscheiden könnte. Wie wir heute wissen, war das eine der Übertreibungen im

¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/Homunkulus>

² Coy, Wolfgang: Industrieroboter - Zur Archäologie der zweiten Schöpfung, Rotbuch Verlag, Berlin 1985

³ Klaus Fuchs-Kittowski/Siegfried Piotrowski (Hg.) Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften. Georg Klaus zum 90. Geburtstag. Gemeinsames Kolloquium der Leibniz-Sozietät und der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik im November 2002 in Berlin. Berlin: trafo verlag 2004 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Bd. 11)

⁴ Gerovitch, Slava: Die Beherrschung der Welt – Die Kybernetik im kalten Krieg, In: Osteuropa 59. Jahrgang Heft 10/2009 ISBN: 978-3-8305-1706-1

Anspruchsdenken einiger Informatiker, die von der Realität schnell ad absurdum geführt wurde. Auf der anderen Seite haben führende Wissenschaftler wie Georg Klaus die realistischen Potentiale der modernen I&K-Technologien frühzeitig erkannt und wesentliche Züge der künstlichen Intelligenz vorhergesagt.⁵ Wenn wir heute also über Anspruch und Wirklichkeit der künstlichen Intelligenz diskutieren, so sollte gerade im Kontext der Konferenz zu Ehren des 100. Geburtstages von Georg Klaus die Rolle der Kybernetik als eine konstruktive Wegbereiterin der KI hervorgehoben werden. Zahlreiche Ideen und Denkansätze der Kybernetik finden wir an späterer Stelle in den Herangehensweisen und Metaphern der KI wieder. So formulierte Norbert Wiener bereits 1948 mit dem Titel seines Buche „Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine“⁶ den Anspruch eine Analogie zwischen den Informations- und Kommunikationsprozessen von natürlichen biologischen Wesen und potentiell konstruierbaren Maschinen nachweisen zu können. Damit stand eine Vision des Machbaren im Raum, die an späterer Stelle auch von den Vertretern der KI beansprucht wurde. Folgerichtig entwickelten sich im Umfeld der Kybernetik eine Reihe von Mensch-Maschine-Analogien⁷, wie die des Körpers als über Rückkopplung gesteuerten Servomechanismus, ..., des Menschen als Informationsquelle (später die Metapher der Wissensverarbeitung), menschliche Kommunikation als Übertragung kodierter Mitteilungen (später die Verarbeitung der natürlichen Sprache), das menschliche Hirn als logisches Netzwerk (später semantische Netze). Und der menschliche Geist als Computer. Die Kybernetik versprach durch Übersetzung realer Prozesse in „Cyberspeak“ eine Vielzahl von biologischen, technischen und soziologischen Prozessen zu modellieren, und darauf bezogene bereichsspezifische Probleme zu lösen. Die gesellschaftliche Dimension der Kybernetik wurde von Norbert Wiener als „zweite industrielle Revolution“ prognostiziert – eine Prognose die wir aktuell in der Metapher der Informations- und Wissensgesellschaft wieder finden. Während in der Sowjetunion die Kybernetik nach dem Tod von Stalin immer mehr an Bedeutung gewann, wurde in der westlichen Welt zunehmend die künstliche Intelligenz als Teilgebiet der Informatik entwickelt und gefördert.

Turings Prognosen

Die Entwicklung der Computertechnologie brachte parallel zur Herausbildung der Kybernetik zahlreiche Lösungen zum Nutzen der Volkswirtschaft wie auch Experimente mit „intelligenten“ Programmen z.B. bei Spielen hervor, dass es naheliegend wurde, die Frage nach den Grenzen der Computer im Verhältnis zu Leistungen menschlicher Intelligenz zum Gegenstand von Untersuchungen und Experimenten zu machen.

Bereits 1950 stellte Allan Turing die Frage, wann eine Maschine als intelligent zu bezeichnen ist und versuchte zugleich eine Antwort darauf zu geben. Der von ihm postulierte Test besteht darin, dass ein menschlicher Fragesteller über ein Eingabegerät ohne Sicht- oder Hörkontakt mit zwei Partnern einen Dialog führt. Dabei ist einer der Partner ein Mensch und der andere eine Maschine/Computer. Beide Partner sollen den Dialog so führen, dass der menschliche Fragesteller vermutet, dass beide Partner Menschen sind. Wenn der Fragesteller am Ende des Dialogs nicht unterscheiden kann, welcher von beiden Mensch bzw. Maschine ist, dann hat die Maschine den Turingtest bestanden und es wird ihr ein Denkvermögen unterstellt, das dem des Menschen als gleichwertig zu betrachten ist.

Nach Auffassung von Alan Turing sollte die Programmierung von Computern bis in das Jahr 2000 so weit fortgeschritten sein, dass der durchschnittliche menschliche Nutzer höchstens eine Chance von 70% hat, die Maschine erfolgreich als solche zu identifizieren, nachdem er 5 Minuten in der vorgegebenen Konstellation den Dialog mit ihr und dem menschlichen Partner geführt hat:

⁵ Dittmann, Frank: Menschenhirn und Elektronengehirn – Georg Klaus und der Beginn der Forschung zur Künstlichen Intelligenz. In: Klaus Fuchs-Kittowski/Siegfried Piotrowski (Hg.) Kybernetik und Interdisziplinarität in den Wissenschaften. Georg Klaus zum 90. Geburtstag. Gemeinsames Kolloquium der Leibniz-Sozietät und der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik im November 2002 in Berlin. Berlin: trafo verlag 2004 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Bd. 11), S. 199-213

⁶ Wiener, Norbert: Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris, (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press), 1948 ISBN 978-0-262-73009-9; 2nd revised ed. 1961

⁷ Gerovitch, Slava: Die Beherrschung der Welt – Die Kybernetik im kalten Krieg, In: Osteuropa 59. Jahrgang Heft 10/2009 ISBN: 978-3-8305-1706-1

„in about fifty years of time it will be possible to programme computers, with a storage capacity of about 10^9 to make them play the imitation game so well that an average interrogator will not have more than 70% chance of making the right identification after five minutes of questioning“⁸

Wir wissen heute, dass sich diese Prognose so nicht erfüllt hat und allgemein wird darin eine Bestätigung für die Unterschätzung der Komplexität natürlicher Intelligenz gesehen. Dennoch hat Turing mit diesem Test eine Diskussion eingeleitet, die noch bis heute geführt wird. Ein Aspekt dieser Diskussion ist die Fragestellung, ob Intelligenz rein phänomenologisch zu ermitteln ist, also unabhängig von dem Objekt/Subjekt, das die Leistung vollbringt.

Eine weitere Prognose, die sich allerdings mehr auf die Terminologiebildung der gerade im Entstehen begriffenen Wissenschaft bezieht, drückt Turing so aus:

„The original question „Can machines think?“ I believe to be too meaningless to deserve discussion. Nevertheless, I believe that at the end of the century the use of the words and general educated opinion will have altered so much that one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted“⁹.

Tatsächlich hat die Diskussion darüber ob Maschinen denken können noch kein Ende gefunden. Sie tritt in der einen oder anderen Form immer wieder auf. Nicht zuletzt auch deshalb, weil der Mensch das Denken und die Sprache selbst innerhalb der biologischen Welt als seine exklusiv in Anspruch genommene Fähigkeiten betrachtet. Die Ein- oder Überholung des Menschen durch Computer und Roboter würde sich dann einreihen in die von Freud so genannten „narzistischen Kränkungen“, womit er die Aufgabe des geozentrischen Weltbildes wie auch des „Schöpfungsvorrechtes“ durch die Darwins Lehre meinte.

Die Dartmouth-Konferenz – die Geburtsstunde der künstlichen Intelligenz

In den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts entstanden immer weitere computerbasierte Lösungen in der Wirtschaft wie auch für den normalen Konsum, deren Leistungsspektrum alles bis dahin Bekannte überstieg und damit die Erwartungen an die zukünftige Entwicklung regelmäßig übertraf. Es war deshalb naheliegend, dass führende Wissenschaftler von einem fast unbegrenzten stetigen Anstieg der Computerfähigkeiten sowohl quantitativ (Rechenleistung, -geschwindigkeit) als auch qualitativ hinsichtlich der zunehmenden Komplexität der Lösungsverfahren ausgingen. Vor diesem Hintergrund formulierten in „A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence“ vom 31. August 1955¹⁰ die Autoren John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester and Claude E. Shannon ihre Erwartungen und damit den Anspruch an die Leistungen des Fachgebietes wie folgt:

We propose that a 2 month, 10 man study of artificial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find *how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves.*

Mit diesem visionären Konzept war sowohl der Begriff der *künstlichen Intelligenz* für das neue Wissensgebiet innerhalb der Informatik kreiert, als auch der Grundstein für die Herangehensweise in Forschung und Entwicklung in der Folgezeit gelegt. Zwar war auch schon in den 40er Jahren mit der Konstruktion der ersten hochleistungsfähigen Computer von den „Superhirnen“ die Rede, so wurde jetzt die menschliche Intelligenz zum Maßstab der weiteren Entwicklung „Intelligenz“ der I&K-Technologie erhoben. Die Diskussion um das Verhältnis von natürlicher zu künstlicher Intelligenz wurde ebenfalls aufs Neue initiiert. Schließlich wurde auch die Frage nach dem Nutzen der neuen

⁸ Computers and Thought, ed by Edward A. Feigenbaum and Julian Feldman. McGraw-Hill Book Company, Inc. : New York, San Francisco,..., 1963

⁹ ebenda

¹⁰ John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester, Claude E. Shannon:
A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 1955
(<http://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/viewArticle/1904>)

Forschungsrichtung für die interdisziplinäre Forschung gestellt. Es sind insbesondere die Fachwissenschaften wie die Psychologie, Linguistik, Kognitionswissenschaft, Soziologie und andere Wissensgebiete aus denen die künstliche Intelligenz Impulse bezieht. Umgekehrt sind es die Modellbildungen der KI, durch die im Gegenzug den Fachwissenschaften Instrumente der wissenschaftlichen Forschung, wie zum Beispiel Simulationsmodelle, geliefert werden. Zugleich ist auch kritisch festzustellen, dass es Beispiele dafür gibt, dass Vertreter der KI mit Thesen auftreten, die von Fachwissenschaftlern - oft zu recht – heftig als reduktionistisch angefochten werden, weil sie einer Überprüfung unter den realen Verhältnissen nicht standhalten.

Thesen der Symbolverarbeitung - Starke und schwache KI

Mit der weiteren Entwicklung der Computer wurden in Wissenschaft und Technik immer neue Lebensbereiche modelliert und damit formal erschlossen. Eine scheinbar unerschöpfliche Vielfalt von Möglichkeiten der Programmierung und Symbolverarbeitung legte es nahe, dass dieser Prozess fast alle Bereiche von Intelligenzleistungen erfassen wird, die bis dahin dem Menschen vorbehalten waren.

Schon die frühe Phase der KI war deshalb durch das Bestreben und den Anspruch geprägt, Computer zu konstruieren, die in ihren kognitiven Fähigkeiten denen des Menschen gleichkommen oder diese sogar übertreffen. Die paradigmatische Grundlage war der damals von Vertretern wie Allen Newell und Herbert Simon vertretene Ansatz der „Physical Symbol Hypothesis“ wonach Denken Informationsverarbeitung im Sinne der Symbolverarbeitung ist und die Beschaffenheit des Verarbeitungssystems dabei keine Rolle spielt. Die Auffassung der Intelligenz als unabhängig von der Trägersubstanz wird als die starke KI-These bezeichnet und wurde von zahlreichen Repräsentanten der KI-Gemeinde geteilt. Damit verbunden war folgerichtig der bereits erwähnte Anspruch, dass früher oder später künstliche symbolverarbeitende Gebilde geschaffen werden, die den Menschen in seinen Fähigkeiten überflügeln. Es entstand die Vision eines posthumanen Zeitalters, in dem der denkende Mensch seine ausgezeichnete Stellung verliert, von Computern verdrängt wird und schließlich überflüssig ist¹¹.

Der These der starken KI widersprechen Geisteswissenschaftler vehement. So konstatiert Penrose¹² :

"Begriffe wie Geist und Psyche wären wenig nützlich, wenn der Geist keinen Einfluss auf den Körper hätte und auch von ihm nicht beeinflusst werden könnte. Wäre der Geist lediglich ein Epiphänomen - eine zwar spezifische, aber völlig passive Eigenschaft des Gehirnzustandes, dann könnte dieser Zustand als bloßes Nebenprodukt des Körpers nicht auf ihn zurückwirken, und dem Geist käme offensichtlich nur eine ohnmächtige und unbedeutende Nebenrolle zu."

Und auch schon die Weisen des Altertums betonten die Einheit von Körper und Geist¹³

„Buddha erläuterte, dass der Geist, obwohl er formlos ist, trotzdem zur Form dazugehört. Demnach gehört unser Geist zu unserem Körper und ist über den ganzen Körper verteilt "ansässig". Dies ist im Kontext dessen zu verstehen, wie das Bewusstsein der fünf Sinne und das geistige Bewusstsein entstehen."

Die Annahme, dass formalisierbare und auf reiner Datenverarbeitung beruhende Leistungen durch den Computer besser und schneller erbracht werden können, stand zu keinem Zeitpunkt, auch bei den Skeptikern der KI, außer Zweifel. Jeder Taschenrechner ist schneller und leistungsfähiger in den Grundrechenarten als der Mensch. Mit der weiteren formalen Erschließung von Gegenstandsbereichen und der immer höheren Rechengeschwindigkeit und Speicherkapazität wurden und werden immer neue Problemstellungen mittels Computern bearbeitet.

Dennoch führte oft mangelnde Einsicht in die Komplexität des Gegenstandsbereiches dazu, dass Computerleistungen für Zeitpunkte prognostiziert wurden, die sich dann als unrealistisch herausstellten. Eines der bekanntesten Beispiele ist die Behauptung, dass Computer den Menschen früher oder später im Schach schlagen werden. So prognostizierte Herbert Simon 1957, dass innerhalb

¹¹ 1958 in einem Gespräch mit Stanislaw Ulam äußert John von Neumann die Vision der Singularität – in: http://de.wikipedia.org/wiki/Technologische_Singularit%C3%A4t

¹² Penrose, Roger: Schatten des Geistes: Wege zu einer neuen Physik des Bewusstseins. - Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1995

¹³ Understanding the Mind: The Nature and Power of the Mind, Tharpa Publications (2nd. ed., 1997) ISBN 978-0-948006-78-4

der nächsten zehn Jahre, also bis 1967, ein Computer Schachweltmeister werden und einen wichtigen mathematischen Satz entdecken und beweisen würde, Prognosen, die nicht zutrafen und die Simon 1990, allerdings ohne Zeitangabe, wiederholte. Immerhin gelang es 1997, also 30 Jahre später als von Simon prognostiziert, mit dem von IBM entwickelten System Deep Blue, den Schach-Weltmeister Garri Kasparov in sechs Partien zu schlagen¹⁴.

Noch deutlich weiter von der Realität entfernt stellt sich die Ansicht von Simon im Jahr 1965 dar, dass Maschinen innerhalb der nächsten zwanzig Jahre – also bis 1985 – in der Lage sein werden jede Tätigkeit auszuüben, die bis dahin exklusiv dem Menschen vorbehalten war. Die Realität sah aber bereits damals anders aus und Kritiker der KI wie Hubert Dreyfus und später auch Joseph Weizenbaum wiesen frühzeitig darauf hin, dass Intuition und Expertise des Menschen durch die damals und auch in nächster Zukunft entwickelten Computer und Roboter unerreichbar ist. Dennoch war die Zeit nach der Dartmouth-Konferenz eine hochproduktive hinsichtlich der Entwicklung zahlreicher Anwendungen, die mehrheitlich unter dem Begriff Symbolverarbeitung zusammengefasst werden können.

Euphorie und Ernüchterung

Ebenso wie es allen Grund gibt, die euphorischen und zum Teil anmaßenden Prognosen der Vertreter der KI zu kritisieren, muss auch anerkannt werden, welche gewaltigen wissenschaftlichen und technischen Fortschritte die KI-Gemeinde hervorgebracht hat. Ganz besonders hervorzuheben ist ihr Beitrag zur Modellbildung in den mit ihr eng verbundenen Einzelwissenschaften wie Mathematik, Linguistik, Psychologie, Soziologie und anderen. Angesichts des hohen Grades der Formalisierung der Mathematik, wurden durch die Forscher der KI zahlreiche Versuche unternommen, die Methodik und Theorienbildung der Mathematik in Software zu „gießen“. So waren es die Beweistechniken, die Bildung von mathematischen Hypothesen und ganz allgemein die Implementierung von Lösungen auf Basis formaler Logiken.

Bereits 1956 implementierten Newell und Simon den „Logic Theorist“. Ein Programm, das in der Lage war, Theoreme zu beweisen und dieses am Beispiel von 38 Theoremen der *Principia Mathematica* von Bertrand Russell und Alfred North Whitehead nachgewiesen hat. Das Programm war eine Meisterleistung und ein Meilenstein für die künstliche Intelligenz, zeigt es doch, dass hochkomplexe selbst innerhalb der menschlichen Gesellschaft ausschließlich von Mathematikern beherrschte Vorgehensweisen, auf den Computer übertragbar sind. Dennoch wurden die ursprünglichen Erwartungen von Newell und Simon nicht erfüllt und beide begaben sich in eine weitere Sackgasse. Ihr nächstes Ziel war der 1957 entwickelte General Problem Solver (GPS), der den Anspruch Probleme im Allgemeinen zu lösen, nicht erfüllte.

Waren Newell und Simon noch selbst die Verkünder hochtrabender Leistungen der von ihnen implementierten Systeme, so war Joseph Weizenbaum mit seinem 1960 geschaffenen Programm ELIZA wesentlich zurückhaltender und geriet damit in Widerspruch zu seinen Kollegen. ELIZA simuliert in einem Dialog zwischen Patient und Psychiater die Rolle des Psychiaters. Es benutzte syntaktische Transformationen, die aus den vom Patienten gestellten Fragen die Antworten des simulierten Psychiaters generierten. Tatsächlich suggerierten die generierten Antworten des Programmes in vielen Fällen ein beachtliches „Einfühlungsvermögen“ in die vom Patienten vorgetragenen Probleme. Aber Dreyfus¹⁵ und Kollegen „verdarben den Spass“, indem sie anlässlich eines Besuches im MIT dem Programm Fragen stellten, die den - wie Dreyfus sagt – „Trickbetrug“ offensichtlich machten. Die Übertreibungen seiner Kollegen führten schließlich dazu, dass Weizenbaum sich von seinem Programm ELIZA distanzierte¹⁶ und in der Folgezeit zu einem der prominenten Kritiker der künstlichen Intelligenz wurde.

¹⁴ Aber auch hier gelang es nicht dem Computer den Weltmeister zu schlagen. Es waren die Teams, die den Rechner konstruierten und so programmierten und mit Daten versorgten, dass er die jeweils günstigsten Strategien und Züge berechnen konnte.

¹⁵ Dreyfus, Hubert L.; Dreyfus, Stuart E.: Von den Grenzen der Denkmachine und dem Wert der Intuition. - Rohwolt Taschenbuchverlag GmbH: Reinbeck bei Hamburg, April 1987 S.104

¹⁶ Schanze, Jens: Plug&Pray; Farbfilm Home Entertainment GmbH, 2011

Beispielhaft für Lösungen und Leistungen der Symbolverarbeitung war auch das von Lenat 1977 entwickelte Programm AM¹⁷, von dem er behauptete, dass es die Goldbach-Hypothese und das Theorem von der Eindeutigkeit der Primzahlzerlegung fand. Kritiker hielten Lenats Aussagen zur Leistung von AM schon für sehr „überinterpretiert“. Und er selbst musste auch feststellen, dass sein methodischer Ansatz sehr schnell an Grenzen stieß¹⁸

“AM had some difficulties. As it ran longer and longer, the concepts it defined were further and further from the primitives it began with; while the general set-theoretic heuristics were technically valid for dealing with primes and arithmetics, they were simply too general, too weak to guide effectively. The key deficiency was AM's inability to create and modify new specific heuristics.”

Aber Lenat ließ sich davon nicht beirren, immer neue Visionen und Übertreibungen zu propagieren, zugleich aber auch erfolgreiche Anstrengungen unternahm, die erkannten Beschränkungen konstruktiv zu überwinden. So entwickelte er in der Folgezeit das Programm EURISKO, das bereits Heuristiken nutzte und selbst generierte, mit denen der Prozess der Bildung neuer Hypothesen durch das Programm befördert wurde. Etwa 1984 stellt Lenat als Verbesserung von EURISKO das Programm CYC vor. CYC stellt alle Inhalte als logische Aussagen in der „Ontologiesprache“ CycL¹⁹ dar, die auf der Prädikatenlogik basiert. Es vollzieht mittels einer Inferenzmaschine logische Schlussfolgerungen und Plausibilitätskontrollen „über Sachverhalte des gesunden Menschenverstandes“. Der interessierte Leser kann für wissenschaftliche Zwecke eine kostenfreie Variante namens ResearchCyc¹⁹ nutzen. Auch an der Humboldt-Universität zu Berlin wurde relativ früh mit Forschungen auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz begonnen. Unter der Bezeichnung „Wissenschaftlerarbeitsplatz“²⁰ untersuchte eine kleine interdisziplinäre Gruppe von Mitarbeiter der Mathematik, Wissenschaftstheorie, Informatik und Linguistik Verfahrensweisen der Unterstützung wissenschaftlicher Forschung durch den Computer. Der Rückstand der DDR in technologischer Hinsicht bewirkte, dass diese Untersuchungen nur selten zu Implementierungen führten und im Praxiseinsatz erprobt wurden. In theoretischer Hinsicht waren sie jedoch wegweisend und fortgeschritten²¹. Besonders hervorzuheben sind die Beiträge der Sektion Wissenschaftstheorie und Organisation, wo unter der Leitung von Prof. Klaus Fuchs-Kittowski durch seinen Mitarbeiter Arne Fellien²² Prozesse der automatischen Hypothesen- und Theorienbildung sowie automatische Lernverfahren erforscht wurden. Die Anwendung der Ergebnisse erfolgte durch Simulation der Verkehrsdynamik in urbanen Räumen infolge von Veränderungen der Bebauungsstrukturen²³. Aber auch hier mussten die Beteiligten frühzeitig feststellen, dass die angestrebten Ziele zwar experimentell erfolgreich aber für einen Praxiseinsatz noch nicht hinreichend ausgereift waren. So beschränkten sich weitere Forschungen auf Lernverfahren der induktiven Inferenz, Anwendung algebraischer Spezifikationen für die Wissensrepräsentation, Verfahren zum Lösen algebraischer Gleichungen sowie die Modellierung der Hypothesenbildung mittels logischer Programmiersprachen.

In der Diskussion um überhöhte Ansprüche und nicht erfüllte Erwartungen müssen auch die frühen Entwicklungen der Expertensysteme kritisch in die Betrachtung einbezogen werden. Obwohl diese Systeme grundsätzlich großartige wissenschaftliche Leistungen darstellen, ist schon in der Begriffsbildung „Expertensystem“ ein Anspruch formuliert, dem selbst neuere Systeme nicht standhalten können. Eine sachlich kritische Auseinandersetzung mit den Begriffen des „Experten“ und

¹⁷ Lenat, D.B., (1976), AM: An artificial intelligence approach to discovery in mathematics as heuristic search, Ph.D. Thesis, AIM-286, STAN-CS-76-570, and Heuristic Programming Project Report HPP-76-8, Stanford University, AI Lab., Stanford, CA.)

¹⁸ Lenat, Douglas: On automated scientific theory formation: a case study using the AM program.- Machine Intelligence, 9(1979)

¹⁹ <http://research.cyc.com/>

²⁰ Dahn, B.; Fellien, A.; Grabowski, J. et al: Aktuelle Aufgaben der Wissensverarbeitung in der rechnergestützten Forschung. Informatik Skripte Heft IV: Humboldt-Universität zu Berlin/ORZ, 1986

²¹ Kobsa, Alfred: KI in der DDR. KI 2. (1988) S.28-31, English Translation in: AI Communications 1(3), 20-25.

²² Fellien, Arne: Ansätze der Informatik zur Modellierung von Prozessen der Theorienbildung.- In: Expertensysteme in Wissenschaft und Technik/ Akademie der Wissenschaften der DDR (Kolloquien, 65) Berlin, 1988

²³ Fellien, Arne: Informatik in der DDR am Beispiel von Projektvorhaben.-In: Coy, Wolfgang; Schirnbacher, Peter (Hrsg.): Informatik in der DDR – Tagung Berlin 2010.- Berlin, 2010

der „Expertise“ haben hierzu die Brüder Dreyfus²⁴ geliefert. Aber der Begriff konnte sich trotz aller Kritik in der Praxis schon deshalb durchsetzen, weil er sich als ausgezeichnetes Marketinginstrument erwies und von nun an auch für die simpelste EDV-Lösung in Anspruch genommen wurde.

In seiner ursprünglichen Bedeutung wurde das Expertensystem als echter Ersatz für Leistungen von Experten angepriesen. Seine wichtigsten Komponenten waren die für die Akquisition von Wissen, eine Wissensbasis, eine Schlussfolgerungskomponente und schließlich die Erklärungskomponente. Aufsehen erregte das von Shortliffe 1970 vorgestellte MYCIN, das für Diagnose und Therapie von Blutkrankheiten auf Basis von etwa 450 Regeln. Technisch hob sich MYCIN von sonstigen Expertensystemen insofern hervor als es eine Komponentenarchitektur vorgab, die zur Referenz für viele weitere Expertensysteme wurde. Die Experimente mit MYCIN zeigten, dass mit seiner Hilfe tatsächlich sehr gute Ergebnisse bei Diagnose und Therapie im Diskursbereich erreichbar sind. Eine Ernüchterung trat aber ein, als klar wurde, dass die inhaltliche Beschränkung auf ein Spezialgebiet nur dann nützlich war, wenn der Fall von Anfang an als Blutkrankheit bekannt war. In Grenzgebieten versagte das System. Bereits hier zeigten sich die auch später erkannten Beschränkungen, die aus der sogenannten *closed world assumption* resultierten. Auch die Leistungen der Erklärungs- oder Rechtfertigungskomponente entsprach nicht den in sie gestellten Erwartungen, denn eine „Erklärung“ bestand aus einem Protokoll des Schlussfolgerungsprozesses, der meist sehr langwierig war. Und schließlich war das System - wie fast alle diese Systeme - nicht lernfähig. Sein einmal implementiertes „Wissen“ wurde im Verlaufe der Zeit nicht aktualisiert. Es stellte sich auch sehr schnell heraus, dass die Expertensysteme unabhängig von ihren potentiellen Fähigkeiten von den Experten selbst nicht akzeptiert wurden. Ein Umstand, der daraus resultierte, dass Experten nicht bereit waren ihr Expertenwissen als Input für die Systeme explizit zu machen. Bei ihnen machte sich die Befürchtung breit, dass das System sie von ihrem Arbeitsplatz verdrängt. Eine Sorge, die Dreyfus für unnötig hielt, denn nach seiner Auffassung kann die Expertise, die den Experten ausmacht, der Experte meist selbst nicht explizit machen, was erst recht eine Formalisierung ausschließt. So entzieht sich Expertise auch der Nutzung durch den Computer.

Die Ernüchterung, die auch hier wieder der ursprünglichen Euphorie gewichen ist, bedeutete aber nicht das Ende der Entwicklung. Die kritische Analyse der Expertensysteme führte zu der produktiven Erkenntnis, dass große Anteile menschlichen Wissens sich in Gestalt von Fakten und Regeln formal darstellen lassen. Dadurch gewannen regelbasierte Systeme unter der Bezeichnung *wissensbasierte Systeme* an Bedeutung und setzten sich unter dieser Bezeichnung auch bis in unsere Zeit durch. In den Mittelpunkt traten Methoden der formalen Darstellung von Wissen sowie Verfahren zu dessen Verarbeitung.

Neue Metaphern und Forschungsfelder der KI

Wenn sich die KI in ihrer Entstehungsphase hauptsächlich auf die Modellierung reiner Denkprozesse und Verfahren auf Basis der Symbolverarbeitung konzentrierte, so blieb doch das langfristige und anspruchsvollste Ziel, die Entwicklung menschenähnlicher Wesen mit künstlicher Intelligenz zum Erfolg zu bringen. Also Wesen mit Gliedmaßen, einem Nervensystem, der Fähigkeit zur Kommunikation, die sich autonom in der Welt bewegen, aus Erfahrungen lernen und nützliche Tätigkeiten ausführen. Wesentliche Impulse erhielten diese Überlegungen durch die fortschreitende Automatisierung in der Industrie²⁵. So bildete sich parallel zur kognitivistisch geprägten Hauptströmung der KI die Robotik als komplexes Anwendungsgebiet für die Lösungen der künstlichen Intelligenz heraus. Trotz spektakulärer Erfolge auf diesem Gebiet ist es unübersehbar, dass dieses Feld im wissenschaftlichen Sinne und mit dem Anspruch der Schaffung künstlicher intelligenter Wesen eher noch in den Kinderschuhen steckt. Anders verhält es sich in der Industrie, in der die Automatisierung von kompletten Produktionsanlagen durch Robotertechnik weit fortgeschritten ist. Auch die Nutzung von Robotern für Erkundungen und den Einsatz in für Menschen gefährlichen Umgebungen kann auf große Fortschritte verweisen. So konnten Roboter im Jahre 2012 in den Ruinen der Kernkraftwerke in Japan eingesetzt werden, um genauere Informationen über die Situation an verstrahlten Orten zu bekommen. Und auf dem Mars ist es der Marsroboter Curiosity von Rodney

²⁴ Dreyfus, Hubert L.; Dreyfus, Stuart E.: Von den Grenzen der Denkmachine und dem Wert der Intuition.- Rohwolt Taschenbuchverlag GmbH: Reinbeck bei Hamburg, April 1987

²⁵ Coy, Wolfgang: Industrieroboter-Zur Archäologie der zweiten Schöpfung, Rotbuch Verlag, Berlin 1985

Brooks aktiv unterwegs, um wissenschaftliche Experimente zur Oberflächenerkundung durchzuführen. Erfolge, die uneingeschränkt anzuerkennen sind und einen hohen Stand der Technik demonstrieren. Weniger begrüßenswert stellen sich die Dinge im militärischen Bereich dar. Zu kritisieren ist in jedem Fall der Missbrauch des hohen Standes wissenschaftlich-technischer Ergebnisse für die Entwicklung von Tötungsmaschinen ganz generell. Übertriebene Erwartungen werden von den Militärs einerseits hinsichtlich der Präzision der eingesetzten Technik geweckt. Andererseits werden Leistungen vorgegeben, die zurzeit praktisch nicht erfüllbar sind. Beides dient der Akquisition von finanziellen Mitteln für die weitere Forschung und Entwicklung oder zur Begründung von Produktionskosten. Egal wie man zu den Drohnen und Cruise Missiles steht, die propagierte Treffgenauigkeit dieser Waffen wird von ihnen nicht erfüllt. Die Folgen sind katastrophal, wenn man die tatsächlich getroffenen militärischen Ziele ins Verhältnis zu den zivilen Opfern – den zynisch als Kollateralschaden bezeichneten Kindern, Frauen und Unbeteiligten – setzt. Auch die Entwicklung von Kampfrobotern und automatischen Tötungsmaschinen verschlingt riesige Ressourcen. Bis 2030 plant das US-Militär Ausgaben in Höhe von 160 Milliarden Dollar für die Entwicklung der „Future Combat Force“. Diese Entwicklung wird mit großer Besorgnis von der Friedensforschung beobachtet und kritisiert. Leider nur mit bescheidenen Mitteln ausgestattet, sieht sie ihr Hauptbetätigungsfeld in Öffentlichkeitsarbeit und in der Einflussnahme auf die nationale und internationale Gesetzgebung²⁶. Ebenfalls sehr engagiert äußert sich noch zu Lebzeiten Joseph Weizenbaum zu den Gefahren der Roboterentwicklung für militärische Zwecke in der Dokumentation Plug&Pray²⁷. Der Film auch deshalb sehenswert, dokumentiert er doch die Arroganz mit der Militärs, die gigantische Mittel für technische Entwicklungen von der Gesellschaft fordern, ohne die dafür versprochenen Leistungsmerkmale der Technik zu erbringen. Der Film Plug&Pray zeigt unter anderem das Versagen der für das Militär entwickelten und demonstrierten Technik im Rahmen einer Manöver-Präsentation in München.

Mit den Fortschritten in der Robotertechnik und den Methoden der Wissensverarbeitung rückte auch die Frage in den Mittelpunkt, wie sich einerseits Menschen mit Robotern aber auch Roboter untereinander „unterhalten“ und ihr Verhalten abstimmen. Vor diesem Hintergrund wurde schon frühzeitig ein weiteres Gebiet der künstlichen Intelligenz – die verteilte künstliche Intelligenz (VKI) – ins Leben gerufen. An der Humboldt-Universität zu Berlin hat Dieter Burkhard²⁸ für die VKI bedeutende international beachtete Beiträge geliefert. Sein Team konnte unter anderem 1997 bereits den Weltmeistertitel beim Robocup erringen. RoboCup ist eine internationale Initiative mit dem Ziel, die Weiterentwicklung intelligenter Roboter durch die Veranstaltung von Wettbewerben zu fördern.

Das ursprüngliche Ziel der 1997 etablierten RoboCup Federation war es, mit humanoiden Fußballrobotern bis zum Jahr 2050 gegen den dann amtierenden menschlichen Weltmeister gewinnen zu können. Ein Anspruch, der sich in die Folge der Prognosen einreicht, deren Eintretenswahrscheinlichkeit eher als gering zu bewerten ist.

Als spezielles Arbeitsgebiet hat sich im Kontext der VKI die *Sozionik* etabliert, die Verhaltensweisen von Roboter-Gemeinschaften wie auch von gemischten Gemeinschaften bestehend aus Robotern und Menschen zum Gegenstand hat. Sozionik ist ein Kunstwort aus Soziologie und Informatik.

Im Umfeld der Sozionik hat sich auch die Memetik – die auf Richard Dawkins²⁹ zurückgeht – herausgebildet, die solche Modelle für Verhaltensweisen von Gemeinschaften künstlicher Wesen entwickelt, die sich an Analogien der Soziologie orientieren. Zwischen Soziologen und Vertretern der Sozionik wird schon seit längerer Zeit ein heftiger Streit ausgetragen. Dieser Streit entfacht sich hauptsächlich an dem Anspruch von Vertretern der Sozionik, die Soziologie belehren zu können. Wir kennen diese Art der Auseinandersetzung auch aus der Zeit, als Vertreter der künstlichen Intelligenz meinten, die besseren Linguisten oder Psychologen zu sein. Das reale Verdienst der künstlichen Intelligenz, wie auch der Sozionik³⁰, ist ohne Zweifel die Bereitstellung von Mitteln und Methoden

²⁶ Erklärung des Expertenworkshops 2010 über die Begrenzung bewaffneter ferngesteuerter und autonomer Systeme, Humboldt-Universität zu Berlin, 22. September 2010

²⁷ Schanze, Jens: Plug&Pray; Farbfilm Home Entertainment GmbH, 2011

²⁸ Burkhard, H.D.: Theoretische Grundlagen (in) der Verteilten Künstlichen Intelligenz.

In H.J.Müller, Ed., Verteilte Künstliche Intelligenz und Anwendungen, BI-Verlag 1993, pp.157-189.

²⁹ Dawkins, Richard: The Selfish Gene. Oxford: Oxford University Press, 1976

³⁰ Thomas Malsch Die Provokation der „Artificial Societies“ Ein programmatischer Versuch über die Frage, warum die Soziologie sich mit den Sozialmetaphern der Verteilten Künstlichen Intelligenz beschäftigen sollte – in: Zeitschrift für Soziologie, Jg. 26, Heft 1, Februar 1997, S. 3-21

der Modellierung für die Fachwissenschaften. Sie – die KI - entlehnt umgekehrt für ihre eigenen Bedürfnisse solche Fachbegriffe, die sie zur Definition von Analogien zu den realen Prozessen benötigt. Das ist ihr gutes Recht, denn solche „Anleihen“ sind Teil der Terminologiebildung, wie sie für jede Wissenschaft als Kommunikationsbasis bedeutsam ist. Thomas Malsch³¹ setzt sich in seinem Artikel zum Thema „Die Provokation der Artificial Societies“ konstruktiv mit der Frage dieser *Metaphernmigration* auseinander und plädiert für eine sachliche Auseinandersetzung indem er schreibt:

„Um die konventionellen Argumente zu unterlaufen, ist jenseits der angeblichen sozialwissenschaftlichen (Un)zulänglichkeit der Metaphern anzusetzen und zu untersuchen, ob sich die offenkundige Repräsentationsschwäche [der entlehnten Begriffe] vielleicht als die heimliche Kurationsstärke der VKI entpuppen könnte. Damit fragen wir nach dem Innovationspfad der „Metaphernmigration“, der schrittweisen Transformation von Sozialmetaphern in Technik. Aus techniksoziologischer Sicht geht es dann nicht mehr um die soziologische Angemessenheit der VKI-Modelle, sondern um die technologische Exploitierbarkeit sozialer Metaphern und soziologischer Konzepte für die Entwicklung verteilter Computersysteme“.

Ihren Höhepunkt hat die VKI in der Implementierung von Systemen des „Artificial Life“ (AL), die inzwischen mit den sozialen Netzwerken ein breites Anwendungsspektrum darstellen. Ihre Entwicklung befindet sich in einer dynamischen Phase, deren zukünftige Ausprägung(en) noch nicht absehbar sind. Hauptanwendungsgebiet sind aktuell Computerspiele und Modellierung von biologischen Prozessen. Unter den künstlichen Lebewesen des AI sind es die Computerwürmer und -viren, die die dunkle Seite des AL repräsentieren.

Die Singularität oder der Mensch Version 2.0

Die wohl mutigste und zugleich umstrittenste These, die als Schlussfolgerung aus den rasanten Fortschritten auf dem Gebiet der Computertechnik aufgestellt wird, ist die Prognose, dass diese Technik in den kommenden Jahrzehnten quantitativ und qualitativ die Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirns einholen und überholen wird. Und in letzter Instanz vollbringt der Mensch die Umkehrung dessen, was Gordon Childe in seinem Buch „Der Mensch schafft sich selbst“³² beschreibt: *er schafft sich selbst ab*. Im Verständnis der Wissenschaftler wird der Zeitpunkt, zu dem dieses der Fall sein könnte, als Singularität bezeichnet. Von den historisch relevanten Äußerungen zu diesem Thema sei hier nur die Notiz eines Gesprächs von Stanislaw Ulam mit John von Neumann aus dem Jahr 1958 zitiert, die die wahrscheinlich erste bekannte Erwähnung der *technischen Singularität* darstellt:

„Ein Gespräch drehte sich um den sich stets beschleunigenden technologischen Fortschritt und um die Veränderungen in der Art und Weise menschlichen Lebens, die den Anschein machen, auf eine unumgängliche Singularität in der Geschichte der Menschheit hinauszulaufen, nach der das Leben der Menschen, so wie wir es kennen, nicht weitergehen kann.“

Inzwischen wird von Vertretern dieser These nicht mehr vom „Anschein“ gesprochen, sondern davon, dass die Singularität mit Sicherheit eintritt. Prominentester Vertreter dieser Auffassung ist der US-amerikanische Informatiker Ray Kurzweil³³, der in seinen Schlussfolgerungen so weit geht, dass mit der Singularität auch die Unsterblichkeit der Menschen erreichbar wird. Er stützt seine Behauptung auf das Gesetz der beschleunigten Erträge³⁴, wonach besonders für die Informationstechnologie dauerhaft exponentielle Fortschritte weiterhin zu erwarten sind. Ebenso auf die neuesten Entwicklungen der Nanotechnologie und Fortschritte auf dem Gebiet der Neurowissenschaften, die in den letzten Jahren bedeutende Ergebnisse bei der Analyse der Funktionsweise des Gehirns erzielt haben. Letztendlich kommt Kurzweil zu dem Schluss, dass alle quantitativen Merkmale der technischen und wissenschaftlichen Entwicklung darauf hinweisen, dass etwa 2050 die technische Singularität erreicht sein wird.

³¹ ebenda

³² Childe, Gordon: Der Mensch schafft sich selbst. Fundus-Bücher 2; Verlag der Kunst, Dresden, 1959

³³ Kurzweil, Ray: Der Mensch, Version 2.0.- In: Spektrum der Wissenschaft, Heft 1.2006, S. 100-105

³⁴ <http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>

Ob die Singularität jemals erreicht wird, ist nur spekulativ zu beantworten. Aber es ist sicher marktschreierisch und anmaßend, wenn Kurzweil in einer öffentlichen Veranstaltung für Sponsoren wie dem UBS Philantropie Forum, verkündet, dass

- nur Technologie den drängenden Problemen unserer Zeit gewachsen und
- die Biologie komplex und clever aber nicht so gut wie die Nanotechnologie ist.

Als eines der langfristigen Ziele der Nanotechnologie prognostiziert er die „veraltete“ hardware – also den Körper - der Menschen - zu modernisieren, indem sie *Millionen von computerbasierten Maschinen im Blut haben werden, die ihre roten Blutzellen ersetzen*.

Schließlich formuliert er als letztendliches Ziel der technischen Entwicklung die daraus resultierende Unsterblichkeit der Menschen.

Sehr viel sachlicher setzen sich seriöse Wissenschaftler mit den Fragen der Singularität auseinander. So äußern sich Paul Allen³⁵ und Mark Graves in ihrem Beitrag „Maschinenintelligenz – eine unrealistische Vision“³⁶ eher skeptisch zu der Frage der Singularität. Auch wenn nach seiner Auffassung die Singularität nicht völlig undenkbar ist, so ist doch einerseits der von Kurzweil anvisierte Zeitraum sicher unrealistisch und Fortschritte auf dem technologischen Gebiet notwendig, die allein mit quantitativen Zuwächsen höchstwahrscheinlich nicht erreicht werden. Er weist damit zugleich eine Richtung, in der sich die weitere Entwicklung von Computertechnik bewegen muss, damit signifikante Fortschritte in der Leistung der Computer erreicht werden – die Erforschung qualitativ neuartiger Architekturen, wie sie zum Beispiel im Gehirn zu finden sind. Wegweisend sind dafür auch die Forschungen zum Allen Brain Atlas³⁷.

Cognitive Computing – Neurowissenschaft, Nanowissenschaft und Supercomputing

Die Erkenntnis, dass die von Neumann Architektur irgendwann auf unüberwindliche Grenzen stoßen wird, ist nicht neu. In jüngster Zeit wird deshalb im Rahmen des cognitiv computing an neuen Architekturen von Computern gearbeitet, die den biologischen Verarbeitungsmechanismen nachempfunden sind³⁸. Signifikante Fortschritte in Richtung der Herausbildung einer qualitativ hochwertigen neuen Rechnergeneration können darum auf dem Feld des *cognitive computing* erwartet werden. Im Mittelpunkt dieser Entwicklung, die Erkenntnisse der Neurowissenschaften mit denen der Nanowissenschaften, Supercomputing, Elektronik und der künstlichen Intelligenz verbindet, steht die Analyse und konstruktive Synthese von Funktionsweisen des Gehirns. Sowohl in Europa als auch in den USA werden beachtliche Ressourcen für das cognitive computing aufgewandt. In Europa ist es das Human Brain Projekt³⁹ und in den USA das Projekt SyNAPSE (Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics). Im Projekt Synapse haben nach eigenen Aussagen Wissenschaftler von IBM in Kooperation mit Wissenschaftlern verschiedener Universitäten bereits 2006 eine Struktur erzeugt, die 40% des Gehirns einer Maus darstellt. 2007 folgte die Simulation eines kompletten Rattengehirns und 2009 die Simulation des cerebral cortex einer Katze was in etwa 1% des cerebral cortex des Menschen entspricht.

Nach der erfolgreichen Beendigung der Phase 0 erhielten IBM und seine universitären Partner etwa 16 Mio \$ an Fördermitteln durch die Defense Advanced Research Agency (DARPA) zur Fortsetzung von SyNAPSE. Das Ziel des Projectes beschrieb DARPA-Manager Toss Hylton wie folgt:

“The goal of the SyNAPSE program is to create new electronics hardware and architecture that can understand, adapt and respond to an informative environment in ways that extend traditional computation to include fundamentally different capabilities found in biological brains”

Dharmendra Modha, Leiter des Bereichs „Cognitive Computing“ bei IBM Research, sagte gegenüber der Presse, man habe „ein Gehirn größer als das einer Katze nahezu in Echtzeit“ simuliert. Die

³⁵ Paul Allan ist Mitbegründer von Microsoft und Mark Greaves entwickelt im *Allan Institute for brain science* den *Brain Atlas*

³⁶ <http://www.heise.de/tr/artikel/Maschinenintelligenz-eine-unrealistische-Vision-1363868.html>

³⁷ <http://www.brain-map.org/>

³⁸ ebenda

³⁹ The Human Brain Project A Report to the European Commission (http://www.humanbrainproject.eu/files/HBP_flagship.pdf)

Präsentation auf der SC09⁴⁰ trug dem entsprechend den Titel: „The Cat is out of the Bag: Cortical Simulations with 10^9 Neurons and 10^{13} Synapses“. Eine relativ rationale Einschätzung der Ergebnisse von SyNAPSE gab Dharmendra Modha an anderer Stelle. Im Rahmen eines Interviews mit Technology Review räumte er ein, dass seine Simulation mit relativ einfach strukturierten Neuronen läuft.

„Im vergangenen Jahr haben wir Hirngewebe simuliert, das etwa so groß ist, wie das einer Ratte. Aber um das klar zu sagen: Das war nicht das Gehirn einer Ratte – es war neuronales Gewebe, dessen Größe dem eines Rattenhirns entspricht. Jede Simulation ist nicht mehr als eine Skizze – eine Art Cartoon – der Realität, die ungeheuer komplex ist. Unter dieser gegebenen Voraussetzung haben wir die Neuronen so komplex modelliert wie möglich. Aber letztendlich bin ich ein Ingenieur und kein Neurologe. Ich will sehr irdische Probleme lösen – ich will IBM helfen, bessere Services für seine Kunden anzubieten.“

Ohne Zweifel sind die Herausforderungen dieser Thematik von großem wissenschaftlichen Interesse und Wert. Aber auch der militärische Aspekt spielt für diese Forschung erneut eine zentrale Rolle. So werden die Forschungsmittel hauptsächlich von der DARPA bereitgestellt und neben der IBM und Universitäten werden die Firmen HRL und Hewlett Packard finanziert. Während die IBM 42 Mio Dollar erhielt, bekam gleichzeitig HRL 34 Mio Dollar an Forschungsmitteln. HRL ist die Forschungseinrichtung der Hughes Aircraft, die sich ihrerseits im Eigentum von General Motors und Boeing befindet. Es ist deshalb naheliegend, dass die SyNAPSE-Forschung in erster Linie für die Anwendung in Waffensystemen der Luftwaffe genutzt werden sollen⁴¹.

Unter der Überschrift „*Cognitive Computing Chips ahmen Fähigkeiten des menschlichen Gehirns nach*“ teilt IBM in einer Pressemitteilung vom 18. August 2011 mit, dass erstmalig in ihren Labors Computerchips produziert wurden, deren Struktur und Funktionsweise denen des Gehirns nachempfunden sind. Solche „neurosynaptischen Computerchips“ enthalten Silizium-Schaltkreise und Algorithmen, deren Aufbau der Neurobiologie entnommen sind und ähnliche Abläufe ermöglichen wie sie zwischen Neuronen und Synapsen im Gehirn auftreten. Zwei erste Prototypen wurden bereits gefertigt und befinden sich derzeit in der Testphase. Beide Prozesskerne wurden in 45-nm-SOI-CMOS hergestellt und enthalten 256 Neuronen. Ein Testchip enthält 262.144 programmierbare Synapsen, der andere 65.536 lernende Synapsen⁴². Auch erste Anwendungen aus dem Bereich Navigation, maschinelles Sehen, Mustererkennung, sowie assoziative Speicherung und Klassifizierung wurden bereits demonstriert.

Das Human Brain Project – ein europäisches Projekt des cognitive computing

Das derzeit anspruchsvollste europäische Projekt als Pendant zum SyNAPSE-Projekt in den USA ist das „Human Brain Project“ der Europäischen Gemeinschaft.⁴³

Unter der Koordination von Henry Makram wird von den Beteiligten das Ziel der „Implementierung eines technischen Systems nach dem Vorbild des menschlichen Gehirns“ verfolgt. In der Einleitung zum Report⁴⁴ werden zugleich die daraus resultierenden Beiträge für die Fachwissenschaften wie folgt skizziert:

⁴⁰ Ananthanarayanan, Rajagopal; Esser, Steven K.; Simon, Horst D; Dharmendra, S. Modha: The Cat is Out of the Bag: Cortical Simulations with 10^9 Neurons, 10^{13} Synapses.- Super Computing Conference; Oregon, 11.2009

⁴¹ Eine solche militärische Applikation ist beispielsweise das in 2007 von der DARPA ausgeschriebene „Cognitive Technology Threat Warning System“ (CTWS), das ein visuelles Warnsystem für Soldaten darstellt, das, wie in der Ausschreibung gefordert, unter Anwendung von Methoden und Techniken der *künstlichen Intelligenz* entwickelt wird, *kognitive visuelle* Verarbeitungsalgorithmen benutzt und auf *neuronalen* Prinzipien basierende Zielerkennungskomponenten besitzt. (<http://www.darpa.mil/baa/BAA07-25.html>). Das Ziel der Entwicklung wird in der Ausschreibung wie folgt beschrieben: „The final objective of the DARPA CT2WS program is the development of prototype soldier-portable digital imaging threat queuing systems capable of effective detection ranges of 1-10 km against dismounts and vehicles while simultaneously surveying a 120-degree or greater field of view (FOV)“.

⁴² <http://www-03.ibm.com/press/de/de/pressrelease/35254.wss>

⁴³ The Human Brain Project A Report to the European Commission (http://www.humanbrainproject.eu/files/HBP_flagship.pdf)

⁴⁴ ebenda

- **In neuroscience**, neuroinformatics and brain simulation can collect and integrate our experimental data, identifying and filling gaps in our knowledge, prioritizing and enormously increasing the value we can extract from future experiments.
- **In medicine**, medical informatics can identify biological signatures of brain disease, allowing diagnosis at an early stage, before the disease has done irreversible damage, and enabling personalised treatment, adapted to the needs of individual patients. Better diagnosis, combined with disease and drug simulation, can accelerate the discovery of new treatments, speeding up and drastically lowering the cost of drug discovery.
- **In computing**, new techniques of interactive supercomputing, driven by the needs of brain simulation, can impact a vast range of industries, while devices and systems, modelled after the brain, can overcome fundamental limits on the energy-efficiency, reliability and programmability of current technologies, clearing the road for systems with brain-like intelligence.

Zugleich wird auch auf die Gefahren des Missbrauchs der erhofften Ergebnisse hingewiesen⁴⁵:

„Military and police applications Neuromorphic and neurobotic technologies have obvious applications in autonomous or semi-autonomous weapons systems, and as controllers for such systems. As has been pointed out in debates on military drones, the deployment of such systems raises delicate issues of morality and of international criminal law. Other questionable applications might include deployment of cognitive technologies for automated mass surveillance (analysis of images from CCTV cameras, automated transcription, translation and interpretation of phone calls, automated analysis of emails). In all these cases, public debate is essential, ideally before the technologies become available.”

Das Human Brain Project soll nicht nur helfen, die Geheimnisse des Gehirns zu lüften. Es soll auch dazu beitragen, die mehr als 500 bekannten Hirnkrankheiten zu verstehen. "Das ist ein ernstes Problem", sagt Markram. Die Pharmabranche ziehe sich mehr und mehr aus der Forschung zurück, weil das Gehirn zu komplex sei und die Entwicklung neuer Medikamente zu riskant und zu teuer. Etwa 100.000 wissenschaftliche Fachaufsätze würden pro Jahr in der Hirnforschung publiziert. Markram nennt das einen "Daten-Tsunami". Er will der Flut der Papiere mit dem avisierten Hirnsimulator begegnen, an dem Forscher ihre Hypothesen testen können. Und an dem sie womöglich die Mechanismen von Alzheimer und anderen Krankheiten entdecken. Im Bericht wird der finanzielle Aufwand geschätzt⁴⁶:

“We estimate that the total cost would amount to Eur 1,190 million, spread over a period of ten years. Of this sum, Eur 643 million would come from the European Commission, the remainder from other sources.”

Markrams lautstarkes Werben um die EU-Forschungsmilliarde stößt manchen Forschern angesichts der dürftigen Ergebnisse übel auf. Viel PR, wenig Substanz – lautet der Vorwurf. Heftige Kritik musste Markrams Team von Kollegen aus Zürich einstecken, die in dem Vorhaben in erster Linie die Verschwendung öffentlicher Gelder sehen. ETH-Forscher Richard Hahnloser nannte es "ungeheuerlich", dass für ein Projekt mit derart ungewissem Ausgang Hunderte von Millionen ausgegeben werden sollen. Skeptisch äußert sich auch der Berliner Informatiker Raúl Rojas. Er glaubt, dass die Forscher die Komplexität des Gehirns schlicht unterschätzen. "Markram und Modha versuchen zum Mond zu fliegen, dabei ist gerade eben erst das Rad erfunden worden." Man wisse nicht, wie viel man immer noch nicht wisse. Generell sieht Lippert, der Verantwortliche für den Bereich Supercomputing im Human Brain Project, die Herausforderungen bei der Hirnsimulation als wichtigen Motor für die Informatik: "Die Rechner sind über Anwendungen entwickelt worden – das war schon immer so. Das Human Brain Project soll zeigen, wie man solche Rechner bauen kann".

Womöglich bringt das Human Brain Project die Menschheit ja tatsächlich der sogenannten Singularität ein großes Stück näher. Kurzweil hat 2006 die Prognose abgegeben, dass die Singularität

⁴⁵ ebenda, S.92

⁴⁶ ebenda S. 3

im Jahr 2045/2050 erreicht wird. Markram und seine Kollegen steuern nach eigenen Verlautbarungen auf 2020 zu. Wir werden sehen.

Der Mensch auf dem Weg zum Ende des anthropozentrischen Zeitalters?

Im Rückblick auf die Entstehung und Entwicklung der künstlichen Intelligenz als eigenständiges Forschungs- und Entwicklungsgebiet der Informatik ist festzustellen, dass sich zahlreiche Erwartungen in ihrer ursprünglichen Form nicht erfüllt haben. Der Anspruch führender Vertreter der KI die Intelligenzleistung des Menschen zu übertreffen, wurde nicht annähernd erreicht.

Ein großer Teil der Auseinandersetzungen, denen sich die KI ausgesetzt sah, wurde von den Vertretern der KI geradezu provoziert, indem sie bedenkenlos Fachbegriffe wie z.B. *Intelligenz* aus anderen Wissenschaften adaptierten ohne deutlich zu machen, dass der Gebrauch der gleichen Termini in der KI nur den Charakter einer Metapher hat und dass die Konstrukte der KI nur Analogien zu ihren realen Pendanten darstellen. Die bereits erwähnte Zulässigkeit und Kreativität solcher Metaphernmigrationen beschreibt Thomas Malsch am Beispiel der Sozionik⁴⁷

Inzwischen hat sich diese Form der Auseinandersetzung „abgenutzt“ und weicht zunehmend einer gewissen Toleranz, wie sie bereits von Allan Turing in seiner zweiten These vorausgesagt wurde.

Obwohl moderne Computer inzwischen Leistungen vollbringen, die zuvor exklusiv von Menschen erbracht wurden, so beschränkt sich dieses Leistungsspektrum auf Aufgaben, die durch lebendige menschliche Intelligenz soweit formalisiert wurden, dass die zugehörigen Lösungsverfahren in Software und Hardware „gegossen“ werden konnten. Insofern kommt der KI wie auch der Informatik im Allgemeinen das Verdienst zu, in einem rasanten Tempo Instrumentarien geschaffen zu haben, die den Menschen in seiner Kreativität unterstützen, indem sie ihn von formalisierbarer Routinearbeit befreien und Raum für die weitere Ausbildung seiner natürlichen Intelligenz schaffen.

Die Fakten und Argumente der Visionäre sind nicht völlig von der Hand zu weisen, die mit der Singularität einen Umschlag von Quantität in Qualität prognostizieren. In seinem Buch über die „zweite Schöpfung“ hat Coy den Satz geprägt: *„Das Ziel ist vorgegeben: Die Natur soll verbessert werden, die Schöpfung wiederholt und den Bedürfnissen der menschlichen Sozietät und ihren Herrschaftswünschen untergeordnet werden“*. Voraussichtlich wird es auch in Zukunft gelten, dass dort, wo sich künstliche Intelligenz gegen die Interessen der Menschen richtet, dieses vor dem Hintergrund einer missbräuchlichen Nutzung – wie beispielsweise der militärischen – geschieht. Sie verliert dann ihre Neutralität und wird ein Instrument zur Durchsetzung von Herrschaftsinteressen.

Das ist eine Perspektive, der wir uns stellen müssen. Schon unsere Generation, aber erst recht nachfolgende Generationen. Wenn es machbar ist, eine (Super-)Intelligenz zu schaffen, die übermenschliche Fähigkeiten in jeder Hinsicht besitzt, dann kann man annehmen, dass findige Wissenschaftler und Techniker dieses auch tun. Unabhängig davon, dass wahrscheinlich einzelne Wissenschaftler und Teams dieses ablehnen, so zeigt die Wissenschaftsgeschichte, dass sich andere finden, die der Herausforderung und Neugierde folgend alles daran setzen, diese „Intelligenz“ zu schaffen, auch wenn warnende Stimmen die Befürchtung äußern, dass diese durch ihre Schöpfer nicht mehr beherrschbar sein wird.

Ob eine solche Intelligenz die Menschheit dann toleriert oder ihr feindlich gegenübersteht und nach deren Vernichtung trachtet, bleibt offen. Sie könnte natürlich auch den Menschen als dienstbaren Geist für die Umsetzung ihrer Ziele einsetzen. Einen humoristisch zu verstehenden Ausflug in dieser Richtung macht Rodney Brooks in einer Rede im Jahre 2003:⁴⁸

And here the standard scenario is that we create these things, they grow, we nurture them, they learn a lot from us, and then they start to decide that we're pretty boring, slow. They want to take over from us. And for those of you that have teenagers, you know what that's like.

Sicher ist schon heute, dass der Mensch in der jetzigen Konstellation physisch und psychisch den Anforderungen an die Erkundung und Besiedlung des Weltraumes nicht genügt. So erscheint es schon aus diesem Grund sinnvoll, intelligente künstliche Objekte zu schaffen, die auf der Erde wie auch im

⁴⁷ Thomas Malsch Die Provokation der „Artificial Societies“ Ein programmatischer Versuch über die Frage, warum die Soziologie sich mit den Sozialmetaphern der Verteilten Künstlichen Intelligenz beschäftigen sollte - in: *Zeitschrift für Soziologie*, Jg. 26, Heft 1, Februar 1997, S. 3-21

⁴⁸ Rodney Brooks says robots will invade our lives;
(http://www.ted.com/talks/rodney_brooks_on_robots.html#19000#19000)

Weltraum den Menschen ersetzen, dadurch seinen Wirkungsbereich erweitern und der Zukunft des Menschen neue Perspektiven eröffnen. Gerade in diesen Tagen und Wochen, da die Presse immer neue Meldungen über Entdeckungen von Exoplaneten publiziert und Millionen bis Milliarden solcher Sterne prognostiziert, ist die Frage nicht mehr, ob die Menschheit den Weg zu anderen Planeten findet, sondern wann und mit welchen Mitteln. Objekte mit künstlicher Intelligenz werden sicher eine Hauptrolle spielen – Curiosity auf dem Mars ist da schon ein guter Anfang.

Thesen, Meilensteine und Prognosen

- 1950 Alan Turing schlägt als Kriterium für Intelligenz einen Test vor, bei dem ein Proband entscheiden soll, welcher seiner beiden versteckten Antwortgeber eine Maschine ist und welcher ein Mensch. Zugleich prognostiziert er, dass in 20 Jahren dieser Test zugunsten der Maschine ausfällt.
- 1956 The “Dartmouth Summer Research Conference on Artificial Intelligence”. Einen Monat lang treffen sich die Pioniere der KI unter Leitung von John McCarthy und etablieren die künstliche Intelligenz als Forschungsfeld. Prognostiziert werden die Mensch-Maschine-Kommunikation in natürlicher Sprache, automatische Begriffsbildung, allgemeine Problemlösungsfähigkeit und die Selbstverbesserung der Computer.
- 1957 Herbert Simon sagt voraus, dass innerhalb der kommenden 20 Jahre – also 1977 - der Schachweltmeister durch Computer geschlagen wird.
- 1958 in einem Gespräch mit Stanislaw Ulam äußert John von Neumann die Vision der Singularität.
- 1960 Joseph Weizenbaum stellt sein System ELIZA vor, das dem Nutzer den Dialog mit einem Psychiater suggeriert. Sein Umfeld übertreibt die Fähigkeiten von ELIZA, was Weizenbaum veranlasst, fortan als Kritiker der KI in Erscheinung zu treten.
- 1970 Shortliff stellt sein Expertensystem Mycin vor, DENDRAL, u.a..
- 1980 FGCP und SDI/SCI KI im Fahrwasser militärisch strategischer Initiativen⁴⁹. Innerhalb der nächsten Jahre soll der Computer die Raketenabwehr vollautomatisch entscheiden.
- 1997 IBM schlägt mit seinem Computer Deep Blue den Schachweltmeister Garry Kasparow. Kasparow verlangt eine Revanche, die ihm aber nicht gewährt wird.
- 1997 propagiert die RoboCup Federation das Ziel, mit humanoiden Fußballrobotern bis zum Jahr 2050 gegen den dann amtierenden menschlichen Weltmeister zu gewinnen.
- 2006 Ray Kurzweil sagt die „Singularität“ und damit das Ende des antropozentrischen Zeitalters für das Jahr 2045 voraus
- 2007 Foscher von IBM und US-Universitäten geben die Simulation eines Rattenhirns im Rahmen des von der DARPA geförderten Projektes SyNAPSE bekannt
- 2009 IBM simuliert den cerebral cortex einer Katze mit 10^9 Neuronen und 10^{13} Synapsen
- 2011 Watsons Computer Watson besiegt in dem Quiz-Spiel Jeopardy zwei menschliche Mitspieler! Die Antworten gab Watson in natürlicher Sprache.
- 2012 Alexander Kluge im Deutschlandradio Kultur⁵⁰: „Und wenn wir irgendetwas mal auf einen fremden Planeten schicken würden, einen extrasolaren Planeten, um zu erkunden, ob dort Lebensmöglichkeiten sind, dann werden das auch sehr flexible Roboter sein. Und das sind Gesandte unseres Geistes.“

Danksagung

Abschließend sei an dieser Stelle Prof. Klaus Fuchs-Kittowski dafür gedankt, dass durch seine Initiative die Konferenz zum 100. Geburtstag von Georg Klaus zustande kam. Sie bot den Teilnehmern ein ausgezeichnetes Forum, Gedanken auszutauschen und Anregungen zu geben und zu empfangen.

⁴⁹ Franck, Reinhard: SDI – Eureka – Japans Computerprogramm. Unterschiedliche Modelle?.-In: Wissenschaft & Frieden, 1.1987

⁵⁰ <http://www.dradio.de/dkultur/sendungen/thema/1875852/>