

Künstliche Intelligenz

Technologischer Traum oder gesellschaftliches Trauma?

Bernhard Irrgang, München/Jörg Klawitter, Würzburg

Wohin treibt die Forschung auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz? Welche gesellschaftlichen Konsequenzen hat sie? Erzeugt die Künstliche Intelligenz ein „neues Bild vom Menschen“?

Es wird berichtet, daß Laotse auf die Frage, was er als erstes tun würde, falls man ihm die Regierungsgeschäfte übertrüge, geantwortet haben soll: „Ich würde zuerst klare Begriffe schaffen.“

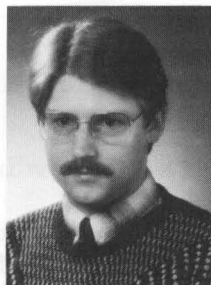
Der Begriff „Intelligenz“ und seine Derivate – vielschichtig und vieldeutig

„Intelligenz ist die allgemeine Fähigkeit eines Individuums, sein Denken bewußt auf neue Forderungen einzustellen; sie ist allgemeine geistige Anpassungsfähigkeit an neue Aufgaben und Bedingungen des Lebens.“¹

So einfach, wie diese Feststellung William Sterns von 1912 noch heute auf uns wirkt, ist der Intelligenzbegriff freilich nicht mehr zu definieren. Seit nahezu 100 Jahren bemühen sich die Wissenschaftler, objektive Methoden zum Nachweis von Intelligenz zu finden, um eine zusammenhängende Intelligenztheorie zu begründen. Psychologen, Philosophen, Mathematiker,

Informatiker, Verhaltensforscher und Sprachwissenschaftler haben ungezählte Thesen aufgestellt, von denen keine dem

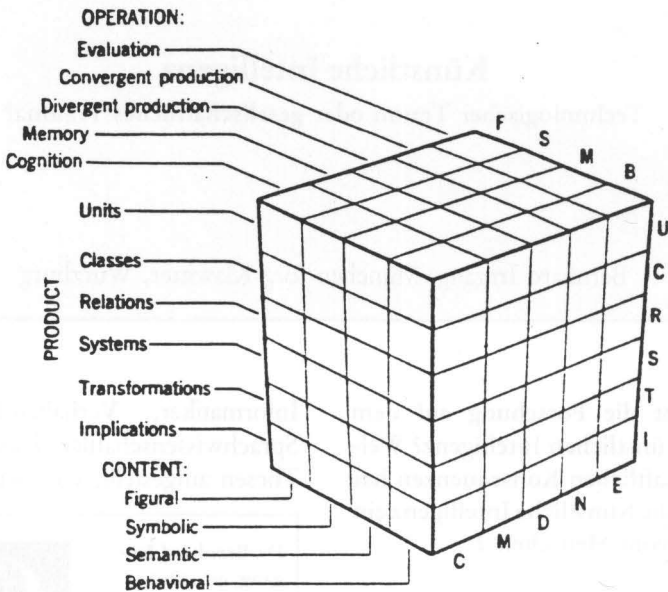
Dr. Bernhard Irrgang, geb. 1953, Akad. Rat a.Z. am Institut für Moralphilosophie der Universität München seit 1986; Studium der Fächer Philosophie, Katholische Theologie, Germanistik und Indologie in Würzburg, der Theologie auch in Passau und München.



Promotion 1982. Tätigkeiten im Fach Philosophie an der Universität Würzburg 1982/83 und an der TU Braunschweig 1985, Gymnasiallehrer in Landshut und Pocking 1983/85. Arbeitsschwerpunkte: Geschichte neuzeitlicher Philosophie, Ethikbegründung, Ökologische Ethik, Technikethik.

Veröffentlichungen, u. a. mit Hans Michael Baumgartner; Am Ende der Neuzeit? Die Forderung eines fundamentalen Wertwandels und ihre Probleme, Würzburg 1985; mit Jörg Klawitter/Klaus Philipp Seif: Wege aus der Umweltkrise, Frankfurt/München 1987; mit Matthias Lutz-Bachmann: Begründung von Ethik, Würzburg 1990; mit Jörg Klawitter/Joachim Schmidt: Denken und Denken lassen. Problemfeld Künstliche Intelligenz, Frankfurt 1990 (i.Dr.).

Dr. Bernhard Irrgang, Universität München, Institut für Moralphilosophie, Geschwister-Scholl-Platz 1, 8000 München 22



komplexen Sachverhalt annähernd gerecht wird.

Was also ist Intelligenz, abgesehen davon, daß sie jedermann beim Individuum respektiert und jeder gern soviel wie möglich davon hätte? Intelligenz leitet sich ab von lat. *intelligere*, das durch Assimilation aus *inter* und *legere* entstanden ist und das gleiche bedeutet wie *einsehen* oder *einsichtig machen*. Gemeint ist die Fähigkeit, sich in bestimmten Situationen einsichtig und umsichtig zurechtzufinden. Intelligenz, lat. *intelligentia*, ist demnach zu verstehen als Erkenntnisvermögen, als Urteilsfähigkeit, als das Erfassen von Möglichkeiten, aber auch als das Vermögen, Zusammenhänge zu begreifen, Einsichten zu haben und geistige Auffassungskraft zu entwickeln.²

Sicher wird Intelligenz am deutlichsten sichtbar bei der Fähigkeit, Probleme zu lösen. Jean Piaget, der große Schweizer Entwicklungspsychologe, bezeichnet ein

„Problem“ als eine „defekte Struktur, die der Mensch über Wahrnehmung, Gewohnheiten und elementare sensomotorische Mechanismen in eine bewegliche, aber dauerhafte Gleichgewichtsform überführen muß: zur Widerspruchslosigkeit“.³ Die Art, die Effizienz und die Geschwindigkeit, mit der sich der Mensch bei dieser Problemlösung an die Umwelt angleicht (Akkommodation) oder sich die Umwelt an ihn anpaßt (Assimilation), ist ein wichtiges Merkmal von Intelligenz. Dabei äußert sich Intelligenz durchaus nicht nur in gedanklichen oder anderen abstrakten Leistungen wie logischem Denken, Rechnen oder Gedächtnis, sondern wird ebenso offenkundig beim Umgang mit Wörtern und Sprachregeln, bei dem Erkennen von Gegenständen, räumlichem Sehen und bei zielgerichteten „weichen“ Bewegungsabläufen.

Einen Versuch, die verschiedenen Ausprägungen von intelligentem Handeln

wenigstens nach Dimensionen zu ordnen hat der Amerikaner John P. Guilford⁴ unternommen:

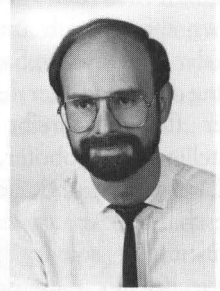
Komplexität von Intelligenz

Er wies darauf hin, daß sich die bisherigen Vorstellungen von Intelligenz auf ein „konvergentes“ Denkmodell beziehen, also auf die Fähigkeit, eine Vielzahl von bekannten Informationen zu kombinieren, um dadurch zu Lösungen zu kommen. Untrennbar damit verbunden sei jedoch das Vermögen, auch völlig außerhalb der gegebenen Information (divergent) liegende Lösungsmöglichkeiten mit einzubeziehen. Diese Fähigkeit bezeichnen wir meist als Kreativität. Demgemäß hat die Intelligenzforschung unzweideutig gezeigt: Die Komplexität der Intelligenz übersteigt alle bekannten Erklärungsversuche, besonders dann, wenn verschiedene Erscheinungsformen der Intelligenz zugleich auftreten. Die Befähigung des Zusammenspiels unterschiedlicher Leistungen für das Zustandekommen einer als intelligent bezeichneten Handlung ist bis heute für die Wissenschaft nicht ganz durchschaubar. Daraus erklären sich u. a. die mannigfaltigen Derivate des Begriffs Intelligenz, die aus derselben Wortwurzel stammen und Teilbereiche jenes Terminus präziser zu fassen, zu vervollständigen oder abzugrenzen vermeinen: intelligibel, Intelligibilität, Intelligenzquotient, Intellekt, Intellektualismus, intellektuell, Intellektualisierung, Intellektueller, Intellektualist, Intelligenzleistung, Intelligenzforschung, Intelligenztheorien, Intelligenztest, natürliche Intelligenz, künstliche Intelligenz, ja sogar „kristalline Intelligenz“.

Zur (Begriffs-) Geschichte der „Artificial Intelligence“ (AI)/ „Künstlichen Intelligenz“ (KI)

Infolgedessen ist erst recht der Ausdruck „Künstliche Intelligenz“ (KI) mißverständlich und sicher ungeschickt gewählt. Das liegt in erster Linie daran, daß der Begriff „Artificial Intelligence“ (AI) wörtlich aus dem Englischen übersetzt wurde. Eine sprachliche Irritation war damit vorprogrammiert, denn sowohl „artificial“ als auch „intelligence“ haben eine wesentlich weitere und andere Bedeutung als „künstlich“ und „Intelligenz“.

Dr. Jörg Klawitter, geb. 1956, wiss. Assistent a.Z. am Lehrstuhl für Politische Wissenschaft der Universität Würzburg seit 1987; Studium der Fächer Philosophie, Politische Wissenschaft und Pädagogik. Promotion 1984.



Lehrbeauftragter für Philosophie an der Universität Würzburg 1985–1987. Hauptamtlicher Mitarbeiter der „Studiengruppe Entwicklungsprobleme der Industriegesellschaft (Steig) e.V.“ 1985–1987 in Würzburg. Arbeitsschwerpunkte: Politische Philosophie, Politische Theorie, Umweltpolitik und -ethik, Technikbewertung und -folgeabschätzung. Veröffentlichungen, u. a.: mit Reiner Kümmel: Natur und Marktwirtschaft, Würzburg 1989; mit Rainer Kümmel und Gerhard Maier-Rigand: Natur und Industriegesellschaft – Beiträge aus interdisziplinärer Sicht, Berlin 1990 (i. Dr.); mit Bernhard Irrgang und Joachim Schmidt: Denken und Denken lassen. Problemfeld „Künstliche Intelligenz“, Frankfurt/München 1990 (i. Dr.). Herausgeber (mit Karin Donhauser und Bernhard Irrgang) der Zeitschrift „Forum für Interdisziplinäre Forschung (FIF)“.

Dr. Jörg Klawitter, Universität Würzburg, Lehrstuhl für Politische Wissenschaft, Wittelsbacherplatz 1, 8700 Würzburg

Der Begriff einer „Denkmaschine“ entstand zirka 2500 v.Chr. im alten Ägypten („sprechende Statuen“). Für den griechischen Mathematiker und Erfinder Heron von Alexandria (150–100 v.Chr.) galt die Erschaffung künstlicher Wesen als die Krönung seines Lebenswerkes. Erst im Zeitalter der Künstlichen -Intelligenz-Forschung nahm man seine Fülle von mechanischen Konstruktionen mit gebührender Anerkennung zur Kenntnis. Bei den Griechen selbst galt er zu seiner Zeit als ein Wunderkünstler (Thaumaturg). Herausragende Werke waren seine pneumatischen Automatentheater, die selbständig ganze Spiele aufführen konnten, zum Beispiel fünf Szenen der Naupliosfabel. Desgleichen spiegelt sich antike Androidenkunst in der griechischen Sagenwelt der Erschaffung des Talos oder der Pandora wieder. In der „Ilias“ beschreibt Homer (800 v.Chr.) intelligente Roboter, vom Schmiede-, Handwerks- und Feuergott Hephaistos geschaffen. Aristoteles bedachte die Auswirkungen solcher „Roboter“ auf das (griechische) Gesellschafts- bzw. Staatsgefüge in der „Politik“: „Denn freilich, wenn jedes Werkzeug auf erhaltene Weisung, oder gar die Befehle im voraus erratend, seine Verrichtungen wahrnehmen könnte, wie das die Statuen des Dädalus oder die Dreifüße des Hephaistos getan haben sollen, von denen der Dichter sagt, daß sie 'von selbst zur Versammlung der Götter erschienen'; wenn so auch das Weberschiff von selber webte und der Zitherschlägel von selber spielte, dann brauchten allerdings die Meister keine Gesellen und die Herren keine Knechte.“⁵

Ebenso berührt die jüdische Golem-Legende (16. Jh.) den uralten Menschheits Traum, den Mythos von der zweiten, der besseren Schöpfung als auch die Hoffnung auf die Überschreitung von Grenzen, deren Natur uns nicht bekannt ist. Die mit-

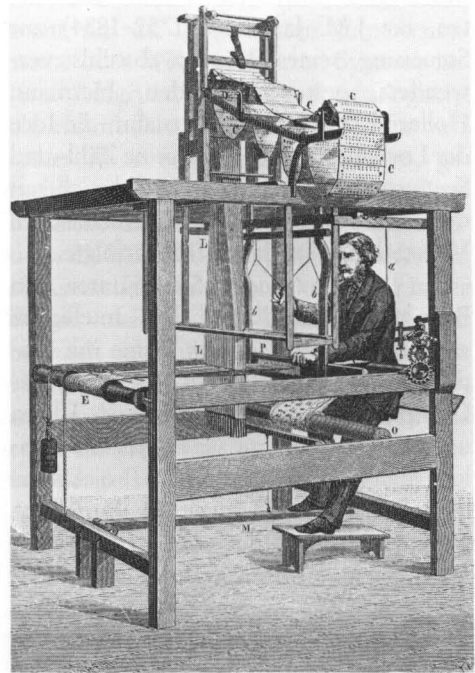
telalterlichen Alchimisten versuchten ihre Golems und dienstbaren Geister mittels technischer Konstruktion herzustellen. Beispielsweise soll der Theologe, Philosoph und Naturforscher Albertus Magnus (1200–1280) dreißig Jahre lang an einem/-r künstlichen Diener/-in gearbeitet haben, den/die sein Schüler Thomas von Aquin als Teufelswerk verbrannt hat. Der Wissenschaftler und Wunderdoktor Paracelsus (1493–1541) verkündete, einen Homunkulus geschaffen zu haben und hinterließ gar eine Rezeptur zu seiner Herstellung. Pieter Bruegel d.J., genannt der „Höllensbrueghel“ (um 1564–1638), entwarf automatische Maschinenwesen in den verschiedensten Metamorphosen. Der toskanische Zeichner und Kupferstecher Giovanni Battista Bracelli widmete 1624 dem Herzog Piero de Medici kubistische Figuren, die als abstrakte irrealen Wesen, halb Mensch, halb Maschine, auftreten. Von Leonardo da Vinci ist bekannt, daß er sich jahrelang damit abmühte, einen Maschinenmenschen zu bauen. Glanzstücke des 18. Jahrhunderts sind die von Pierre (1721–1790) und seinem Sohn Henri-Louis (1752–1791) Jaquet-Droz geschaffenen Automaten, die sowohl mit einem menschenähnlichen Aussehen als auch mit äußerst komplizierten Mechanismen versehen waren.

Dem Prototyp eines künstlich erzeugten Menschen begegnen wir in dem („Horror“-)Roman „Frankenstein oder der moderne Prometheus“ (1818) der Engländerin Mary Wollstonecraft Shelley. Gleichzeitig ist ihr Werk als kritische Auseinandersetzung mit Lord Byrons „Prometheus“ und dem lyrischen Drama „Der entfesselte Prometheus“ ihres Mannes, Percy Shelley, zu verstehen. Alle drei diskutierten während des Sommers 1816 in Genf diesen Problemkreis, wobei Byron und P. Shelley entschieden für das ewige,

jede Grenze überschreitende Forschen eintraten. Mary Wollstonecrafts Roman thematisiert hingegen die alte Streitfrage: Was geschähe, wenn der moderne Prometheus einen Irrtum begeht, den wissenschaftlichen und moralischen Folgen seines Tuns nicht mehr gewachsen ist und die wahren Gründe seines Forscherdrangs gar nicht begreift? Die negative Utopie „R.U.R.“ (1921) – ein Akronym für „Rozums Universal Robota“ (Robota = Fronarbeit; rozum = Verstand) – Karl Capeks konfrontiert die industrielle Produktionsgesellschaft mit dem Mythos des künstlichen Menschen. Zwar gab es die Roboter von heute noch nicht, aber das von Capek geschaffene Wort „Roboter“ ging in alle Sprachen ein. Zuletzt war es Stanislaw Lems Verdienst, die zentralen Fragen in seiner Androiden-Geschichte „Die Maske“ herauszuarbeiten, welche in unseren Tagen die Gemüter in der Diskussion um „intelligente Computer“ und „intelligente Roboter“ erhitzt: Kann eine Maschine denken, hat sie Bewußtsein und einen freien Willen?

Am Schnittpunkt zwischen dem theoretischen Bemühen um das Konzept eines Computers wie seiner Programmierung und der praktischen Realisation standen zwei zunächst gegensätzlich scheinende Menschen: Die englische Gräfin Ada Augusta Lovelace (1815–1851), einzige eheliche Tochter des Romantikers Lord Byron, und der exzentrische Mathematiker Charles Babbage (1792–1871). Nachdem das Universalgenie Babbage mittels einer zehn Jahre dauernden Unterstützung seitens der englischen Regierung vergeblich an einem automatischen Rechner namens „Differenzmaschine“ gearbeitet hatte, gab er dieses Projekt zwar auf, plante daraufhin jedoch etwas viel Gewaltigeres: die „Analytische Maschine“. Er hatte sich einen universal verwendbaren Rechner

ausgedacht, der alle Funktionen heutiger Computer enthalten sollte: einen „Speicher“, ein „Werk“ (Prozessoreinheit) und eine Möglichkeit zum Abarbeiten verschiedener „Aktionsmuster“ (Programm). Auf dem letztgenannten Teilgebiet entwickelte Gräfin Lovelace Charles Babbages' Maschine entscheidend mit; insbesondere ihre Programmierbeispiele brachten ihr später den Ruf ein, die erste Programmiererin der Welt gewesen zu sein. Ironie des Schicksals ist, daß nach ihr das ehrgeizigste Software-Projekt des amerikanischen Verteidigungsministeriums benannt wurde: Ada, die Computersprache für alle Fälle. Sie soll gleichermaßen von der Steuerung einer Cruise Missile über das Antiblockiersystem beim Auto bis zum Erstellen von Betriebssystemen zukünftiger Computer einsetzbar sein. Am nachhaltigsten be-



Jacquardmusterwebstuhl. Mechanische Steuerung nach Falcon (1728) durch Lochkarten, Holzstich, 1805.

(Foto: Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin)

schäftigt und scheidet freilich Lady Ada Augusta Lovelaces' Bemerkung die Geister in der KI-Forschung des 20. Jahrhunderts: „Die analytische Maschine erhebt keinerlei Anspruch, irgend etwas originär zu erschaffen. Sie kann nur all das tun, wozu wir die Befehle formulieren.“⁶ Die Arbeiten der beiden Engländer blieben leider lange Zeit vergessen; zum Beispiel erfuhr der deutsche Computerpionier Konrad Zuse erst Jahre nach der Fertigstellung des ersten funktionierenden digitalen Computers über die amerikanische Patentbehörde von der Existenz ihrer Forschungen. Sicherlich lag das vor allem daran, daß die Feinmechanik zur Zeit von Lady Lovelace und Charles Babbage außerstande war, eine derartig komplizierte Maschine funktionstüchtig und relativ fehlerunanfällig herzustellen. Beispielsweise sollte die „difference“ und insbesondere die „analytical engine“ durch Bänder von Lochkarten, die J.M. Jacquard (1752–1834) zur Steuerung seines Musterwebstuhls verwendete, gesteuert werden. Hermann Hollerith (1860–1929) übernahm die Idee der Lochbänder und baute seine Zähl- und Sortiermaschinen, deren Durchbruch mit dem Einsatz bei der 11. amerikanischen Volkszählung im Jahre 1890 erfolgte.

An hervorragender Stelle unter den Begründern der Künstlichen Intelligenz steht Alan Turing, dessen Name mit fundamentalen theoretischen Aspekten des Computerbaus in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts verknüpft ist; konkret mit der Realisierung eines Projekts aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz hat er sich jedoch nicht beschäftigt. Dennoch arbeitete Turing während des Zweiten Weltkrieges in dem höchst geheimen „Codeknackerzentrum“ der Engländer im viktorianischen Landhaus Bletchley Park mit. Nachdem die Polen eines der rätselhaften Ver- und Entschlüsselungsgeräte



Hermann Hollerith (1860–1929)

(Foto: Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin)

der Deutschen namens „Enigma“ erbeutet und nach England geschmuggelt hatten, erhielten er und sein Team den Auftrag, eine Dechiffriermaschine zu bauen. Dies gelang; ein Gerät mit der Bezeichnung „Colossus“ entschlüsselte die Enigma-Meldungen. Turing begründete mit jenem Apparat nicht nur das Fundament der modernen Datenverarbeitung, sondern er bzw. sein Team retteten möglicherweise Hunderttausenden das Leben und verkürzten vermutlich den Krieg um ein oder zwei Jahre. Anno 1950 ersetzte er innerhalb eines Imitationsspiels – später als Turing-Test berühmt geworden – die Frage, ob eine Maschine denken kann, durch die Frage, ob ein Computer einen Menschen in seinem kommunikativen Verhalten imitieren kann, genauer: inwiefern ein Beobachter in einem Dialog

unterscheiden kann, ob er es mit einem Menschen oder einem entsprechend programmierten Computer zu tun hat (wobei er mit ihm durch ein „neutrales“ Medium, wie einen Fernschreiber, verbunden ist). Mit dem beschriebenen Test läßt sich zwar feststellen, ob ein Computer fähig ist, menschliche Antworten zu imitieren und damit menschliches Denken zu simulieren; jedoch kann nicht festgestellt werden, ob ein Computer innerhalb seiner begrenzten Aktivitätssphäre intelligent handelt, also insbesondere Fragen wie Antworten versteht.

Bei dieser historischen Rückblende darf allerdings keinesfalls die Forschung von Konrad Zuse vergessen werden. Leider war die deutsche Computerforschung gezwungen, sich durch die Ereignisse zum Beginn der dreißiger Jahre dieses Jahrhunderts von den weltweiten Forschungsbemühungen abzukoppeln. Parallel zu den

immer stärker anwachsenden Erkenntnissen und Konstruktionen in den USA und Europa baute Zuse 1941 allein mit privaten Mitteln den ersten frei programmierbaren, elektromechanischen Rechner der Welt, die Z3. Ab 1945 konnte er seine Ideen nicht weiter konstruktionstechnisch realisieren und so begann er über höhere Programmiersprachen nachzudenken. Er entwarf einen Plankalkül, der zwar fern jeder praktischen Umsetzungsmöglichkeit war, jedoch bedeutungsvolle Konzeptionen für die heutzutage angewandten modernen Programmiersprachen enthielt.

Bevor wir auf den „Geburtsort“ der Künstlichen Intelligenz zu sprechen kommen, muß noch kurz eine zweite Entwicklungslinie nachgezeichnet werden, die das Streben des menschlichen Geistes nach formaler Regelerkenntnis widerspiegelt. Nebenbei soll an dieser Stelle erwähnt werden, daß diese Erkenntnisse das Fundament für die sogenannten Expertensysteme oder Wissensbasierten Systeme liefern. Aufgrund ihrer rein formallogisch-algorithmischen Struktur sprechen wir später zwar von Expertensystemen, gemeint sind aber immer regelbasierte Systeme. Zirka 1700 v.Chr. implementierte die Königstochter Adriane den ersten rücksetzenden Suchalgorithmus, der in der Form aus zwei Wenn-dann-Regeln bestand und mit einer entsprechenden Handlungsanweisung versehen war.⁷ Dieser Regelformalismus ermöglichte Theseus einen sicheren Weg zum Minotaurus; der im Vergleich dazu berühmt gewordene Adriane-Faden diente lediglich zu einer schnellen, mühelosen Rückkehr und ist allein ein Hilfsmittel sowie der weniger spektakuläre Teil dieses regelgeleiteten Suchprozesses, denn er ersetzt den erneuten aufwendigen Suchprozeß, um wieder aus dem Labyrinth herauszukommen. Für Philosophie und Logik bis in die Gegen-

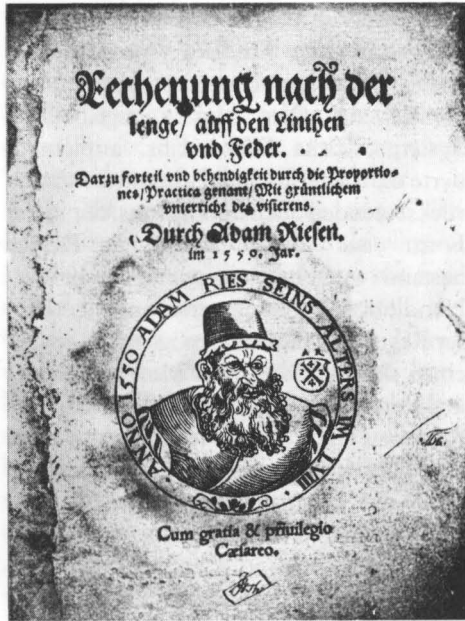


Er gilt als Erfinder des ersten programmgesteuerten Universalrechners: Dr. Konrad Zuse.

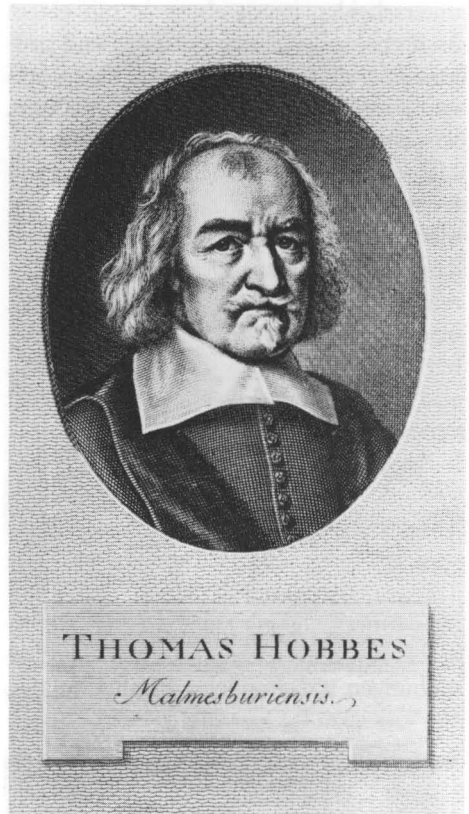
(Foto: Süddeutscher Verlag/teutopress)

wart richtungbestimmend erwiesen sich die Schlußregeln von Aristoteles, die ebenfalls die Form „wenn...dann“ benutzen.

Der Terminus Algorithmus selbst entstammt der latinisierten Fassung Algorithmi des Namens Al-Korezmi, einem überragenden Mathematiker seiner Zeit. Jener Mukhamad ibn Musa abu Abdallah *al-Khorezmi al-Madjudi al-Qutrubulli* wirkte um 815 n.Chr. an einer Art Akademie der Wissenschaften in Bagdad. In seinem umfangreichen Werk, das auch ins Lateinische übersetzt wurde, findet sich ein Buch mit dem Titel „Al Khorezmi über die indische Zahl“. Einer seiner Regeln behandelt zum Beispiel den Subtraktionsvorgang und das dabei oftmals notwendige Setzen der Ziffer „Null“. Bekanntlicherweise wird diese Form des Rechnens mit Zahlen in Stellenschreibweise erst 1533 von A. Riese im deutschen Sprachraum für die praktischen Belange der Kaufleute übertragen.



Adam Riese (1492–1559); Titelblatt eines Rechenbuches aus dem Jahr 1550 (Foto: Ullstein)

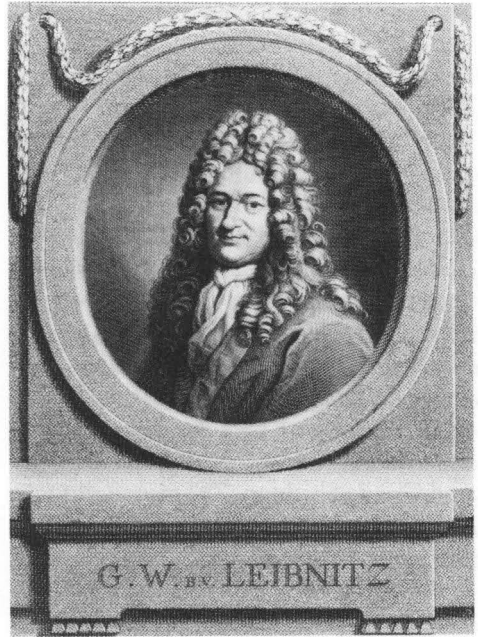


Thomas Hobbes (1588–1679)

(Foto: Ullstein)

Das philosophische Modell einer Vernunft als Rechnen, der „ratio ratiocinans“ findet man bereits bei Th. Hobbes. Er selbst führt diese Konzeption direkt auf die Römer und ihren Hang zu Handel und Buchführung zurück.⁸ Die „ratio ratiocinans“ steht von Anfang an im Horizont ökonomisch-zweckrationaler und instrumenteller Rationalität. Die zweite Traditionslinie verweist nach Hobbes auf die Griechen, die unter dem Begriff „Syllogismus“ ein Zusammenzählen der Folgerungen aus Argumenten verstanden hätten. Daher kommt Hobbes zu folgender Definition: „Denken heißt nichts anderes als sich eine Gesamtsumme durch Addition von Teilen oder einen Rest durch Subtrak-

tion einer Summe vorstellen. [...] Wo Addition und Subtraktion am Platze sind, da ist auch Vernunft am Platze, und wo sie nicht am Platze sind, hat Vernunft überhaupt nichts zu suchen.“⁹ Allerdings führt diese Konzeption zu einem Problem: „Und deshalb müssen die Parteien bei einem Streit über eine Rechnung durch eigene Übereinkunft die Vernunft eines Schiedsrichters oder Richters, zu dessen Urteil sie beide stehen wollen, als rechte Vernunft einführen, oder ihr Streit muß entweder zu Handgreiflichkeiten führen oder unentschieden bleiben.“¹⁰ Die Konsequenz rechnend-instrumenteller Rationalität ist also ein Dezisionismus oder Konventionalismus. G.W. Leibniz wiederum gehört nicht allein durch seine Versuche, Rechenmaschinen zu konstruieren, in die Vorgeschichte der Informationstechnologie und Künstlichen Intelligenz, sondern auch durch seine Wirkungen insbesondere auf Frege und Russell und damit auf die mathematische Logik des 20. Jahrhunderts. Beispielsweise dient seine Kombinatorik einer neuen Logik des Kalküls, entworfen in der Schrift zur „Ars characteristica“, der Vorurteilsverhinderung wie einer mathematisch exakten Beschreibung des Denkens.¹¹ Alle diese Bemühungen gipfeln in der „Scientia generalis“, die eine exakte Verknüpfung alles wissenschaftlichen Wissens nach dem Satz vom Grunde anstrebt, einer mathematischen Verknüpfung als Systematik des Wissens (Kette der Kenntnisse) im Sinne einer mechanischen Veranschaulichung argumentativer Zusammenhänge.¹² Ziel ist der Aufweis mathematischer Ordnungszusammenhänge. Nur wo uns eine vollständige Mathematisierung des Wissens aufgrund der Komplexität nicht möglich ist, greift Leibniz mittels des Gedankens der „petites perceptions“ auf das Lebensweltthema zurück.¹³ Diese formal-strukturelle



Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716). Kupferstich von J.F. Bause, nach dem Gemälde von Andreas Scheits, 1775. (Foto: Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin)

Erkenntnismethodologie begann also weit vor Aristoteles und setzte sich über G.W. Leibniz bis zum Ausgang des vergangenen Jahrhunderts (Ch.S. Peirce; G. Frege; G. Boole) fort; ein wesentlicher Abschluß wurde erst in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts durch die Arbeiten von D. Hilbert und K. Gödel geleistet. Die Logik wurde zum Kalkül.

Es soll nicht verschwiegen werden, daß es auch genügend Mahner angesichts dieser Entwicklung des Denkens gab. Martin Heidegger sieht in der technisch-wissenschaftlichen Weltkonstruktion eine große Gefahr. Sie gebietet ein rechnendes Denken, das wir ohne Besinnung befolgen: „Dieses axiomatische Denken ist bereits dabei, ohne daß wir dies merken [...], das Denken des Menschen so zu verändern, daß es sich dem Wesen der modernen Technik anpaßt.“¹⁴ Widerspruchsfreie

Satzsysteme garantieren aber noch nicht den Gegenstandsbezug.

Als „Geburtsstunde“ bzw. „Geburtsort“ der praktizierenden KI-Forschung im heutigen Sinne gilt die zweimonatige Konferenz des „Dartmouth Summer Research Project of Artificial Intelligence“ im Jahre 1956, die auf dem Campus der Dartmouth Colleges in Hanover, New Hampshire, stattfand. Unter deren zehn ständigen und hochkarätigen Teilnehmern aus Forschung wie Wirtschaft finden sich einige der heute in der Künstlichen Intelligenz führenden Köpfe wie John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester und Claude Shannon. Zu jenem Zeitpunkt war allen der Glaube gemeinsam, daß das, was wir Denken nennen, auch außerhalb des menschlichen Körpers möglich sein müsse, daß Denken mit wissenschaftlichen Methoden formalisiert werden könne und das beste Werkzeug hierfür digitale Rechner seien. Sie hofften, daß dieses von der Rockefeller-Stiftung finanzierte Symposium sie der Verwirklichung ihres Vorhabens einen gewaltigen Schritt näherbringen würde. Eine derartige Erwartung erfüllte sich nicht. Dennoch erbrachte die Konferenz zwei erstaunliche Resultate:

– Auf der Tagung tauchten plötzlich zwei Wissenschaftler, Allen Newell und Herbert Simon, vom Carnegie Institute of Technology in Pittsburgh auf. Sie brachten etwas mit, das bisher niemand sonst besaß, aber alle herbeigesehnt hatten: ein funktionstüchtiges „intelligentes“ Programm. Es hieß „Logic Theorist“ und war in der Lage, Grundgleichungen der Logik zu finden, wie sie Bertrand Russell und Alfred N. Whitehead in der „Principia Mathematica“ definiert hatten. Für eine der Gleichungen übertraf das Programm sogar die Erwartungen seiner Erfinder, indem es einen neuen und besseren Beweis erbrachte. Bezeichnenderweise lehnten die

beiden KI-Pioniere den Ausdruck „Künstliche Intelligenz“ als Umschreibung ihres Arbeitsgebietes strikt ab und benutzten noch Jahre später für ihre Projekte den Begriff „complex information processing“. – John McCarthy führte den Begriff „Artificial Intelligence“ zwar in jener Runde ein, allerdings blieben auch viele andere besagtem Terminus gegenüber skeptisch. Am Schluß dieser Konferenz hatte die Künstliche Intelligenz indes eine Nische in der Wissenschaftswelt gefunden und begann ihr Eigenleben, obwohl sie zu jener Zeit sicher noch kein ausgewiesenes Feld der Forschung gewesen ist.

Im Laufe der Jahre ist angeregt worden, den Ausdruck „Künstliche Intelligenz“ durch Neuprägungen wie „Kognetik“ oder „Intellektik“ zu ersetzen. Ebenso gibt es viele Fachvertreter, die behaupten, daß Künstliche Intelligenz nichts anderes sei als „Theoretische Psychologie“ oder gar „Experimentelle Philosophie“. Jedoch konnte sich keine dieser Benennungen durchsetzen, da der Terminus „Künstliche Intelligenz“ inzwischen einen hohen Grad an wissenschaftlicher Eindeutigkeit erreicht hatte.

Aus heutiger Sicht teilen wir daher die Geschichte der Erforschung der Künstlichen Intelligenz in drei Perioden ein:¹⁵

■ 1950–1970: Es entstehen die ersten Programme zur maschinellen Übersetzung. Gleichfalls wurde das berühmte und später von seinem Schöpfer Joseph Weizenbaum scharf kritisierte Frage-Antwort-System ELIZA, das ein non-direktes psychoanalytisches Gespräch simulierte, entwickelt. Die Kritik gerade an diesem Programm sagt sehr viel über die Einstellung von Menschen zur vermeintlichen „Künstlichen Intelligenz“ bzw. über die amerikanische Psychotherapie und deren „Patienten“ wie dessen gesellschaftlichen Status aus.¹⁶ Für mathematische Aufgabenstel-

lungen realisierte Slagle einen Symbolischen Automatischen Integrator, der ein Vorläuferprodukt des berühmten MAC-SYMA-Programms darstellte. Aufgrund der Verwendung eines falschen Paradigmas mußte das mit großem Enthusiasmus anvisierte Ziel eines „General Problem Solver (GPS)“ wieder aufgegeben werden, was den Weg zur intensiveren Erforschung von Wissensbasen in Computersystemen frei machte. Weiterhin lernen Computer Schach-Spielen und begannen, Muster zu erkennen.

■ *Die siebziger Jahre:* Neue Formen der Wissensdarstellung und die entsprechenden Suchtechniken werden erarbeitet. Terry Winograd erstellt das Programm SHRDLU, das die Interaktion sowohl auf syntaktischer als auch semantischer Ebene mit einem Wissensvorrat in Zusammenhang mit der Computerbildverarbeitung ermöglicht („Bauklötzchenwelt“). Zudem werden Prototypen für das Verstehen von gesprochener Sprache konzipiert.¹⁷ Es ist aber vor allem die Zeit, in der die ersten Expertensysteme (regelbasierten Systeme) entstehen. Diese haben als Ziel, Expertenwissen so aufzuarbeiten, daß bei einer Abfrage das System das Verhalten eines Fachmanns bei der Lösung eines Problems simuliert. MYCIN war zum Beispiel einer der ersten Prototypen im Bereich der medizinischen Diagnose. Mit dem MAC-SYMA-Programmpaket, das am Massachusetts Institute of Technology (MIT) 1974 entwickelt wurde, erreichte die symbolische Mathematik in diesem Jahrzehnt ihren Höhepunkt.

■ *Seit 1980:* Die KI-Forschung beginnt sich zu industrialisieren¹⁸, das heißt, vielfältige industrielle Anwendungen werden in Angriff genommen. Die Japaner arbeiten an einer Fünften Computer-Generation, was wiederum Amerikaner und Europäer zur Beschleunigung ihrer For-

schungsaktivitäten auf diesem Gebiet veranlaßte.

KI-Forschung – worin besteht sie heute?

Die historische Rückblende auf die Geschichte der Künstlichen Intelligenz gibt zu erkennen, daß diese inzwischen wissenschaftlich etablierte Disziplin auf zwei Beweggründe zurückzuführen ist: *zum ersten* beflügelten Phantasie wie Magie die Beschäftigung mit Automaten und mechanischen Menschen, *zum zweiten* versuchten Wissenschaftler, menschliche Gedankengänge wie kognitives Verhalten mittels Computersimulation zu untersuchen und zu beschreiben.

Was wird nun heute unter „Künstlicher Intelligenz“ verstanden? Zwar gibt es ebensoviele Definitionen von Künstlicher Intelligenz wie Menschen, die auf jenem Gebiet arbeiten, trotzdem sollen folgende Begriffsbeschreibungen zur weiteren Orientierung verhelfen:

■ „Künstliche Intelligenz ist der Versuch, Computermodelle von kognitiven Prozessen zu bauen.“¹⁹ Zugrundegelegt wird eine Vorstellung von Intelligenz als der Fähigkeit, „Wechselbeziehungen von vorliegenden Fakten so zu begreifen, daß man ein gewünschtes Ziel erreicht“²⁰. Dieses Vermögen, und hierin besteht die entscheidende Wendung zu früheren Ansichten, sehen die KI-Forscher keineswegs a priori an die Existenz des menschlichen Gehirns gebunden. „Intelligenz wird gerade nicht als ein fest an das Gehirn gebundener Vorgang verstanden, sondern als Ergebnis eines Vorgangs. Eine Tätigkeit wird als intelligent charakterisiert, weil sie gewisse Eigenschaften hat, nicht weil sie aus einem neuronalen Prozeß des menschlichen Gehirns hervorgegangen ist.“²¹

■ „Künstliche Intelligenz ist die Untersuchung von Ideen, die es Computern ermöglichen, intelligent zu sein.“²² Diese Definition basiert auf der These von Winston, daß der Versuch, Computer intelligent zu machen, uns Menschen dazu verhilft, Intelligenz besser zu verstehen. Die herkömmlichen Sichtweisen der Psychologie, Sprachwissenschaften und Philosophie werden nach Ansicht des Wissenschaftlers auf diese Weise durch die KI-Forschung ergänzt. Hierfür liefert er einige Gründe:

– Computermetaphern helfen beim Denkprozeß. Ob dadurch die Arbeit mit dem Computer wirklich zu einer bereicherten neuen Sprache geführt hat, wie dies Winston in den Raum stellt, sei an dieser Stelle undiskutiert.

– Computermodelle erzwingen Genauigkeit. Infolgedessen steigen die Chancen, daß bei der Realisierung einer Theorie Fehler oder nichterkannte Probleme präziser und schneller erkannt werden können.

– Computerimplementierungen zeigen die quantitativen Anforderungen von Aufgaben.

– Computerprogramme zeigen grenzenlose Geduld, weil sie „Geduld“ nicht „kennen“, und zudem sind sie gut für Tests zu verwenden, wie z.B.: es ist einfach, einem Programm einen Teil seines Wissens wegzunehmen, um zu erfahren, wie wichtig dieser Teil wirklich ist. Es ist zudem „erfreulich“, daß es ein Computerfachmann wie Winston für unmöglich hält, mit einem lebenden (menschlichen) Gehirn mit gleicher Präzision zu arbeiten. In der Vergangenheit gab es hinlänglich viele Versuche – oftmals grauenvoller Art – am lebenden „Objekt“.

Winston siedelt seine Überlegungen in einem klar definierten Bereich an: „...die Absicht, Computer intelligent *sein* zu lassen, (ist) nicht das gleiche, wie Computer

Intelligenz *simulieren* zu lassen. [...] Folglich gibt es weder die Besessenheit, menschliche Intelligenz nachzuahmen, noch ein Vorurteil, Methoden anzuwenden, die der menschlichen Intelligenz eigen sind. Statt dessen gibt es eine neue Betrachtungsweise, die eine neue Methodik mit sich bringt und zu neuen Theorien führt.“²³

Im Ergebnis nimmt Winston somit eine deutliche Grenzziehung zwischen dem, was wir als „natürliche (menschliche) Intelligenz“ bezeichnen, und dem Bereich der KI-Forschung vor. Dies trägt zu einer erfreulichen Entemotionalisierung einer oftmals sehr hitzig geführten Auseinandersetzung über die Inhalte, Intentionen wie realistischen Möglichkeiten, Vor- und Nachteile der KI-Forschung bei. Leider herrschten derartige Ein- und Ansichten – wie wir noch sehen werden – nicht immer vor.

■ „Künstliche Intelligenz ist der Zweig der Computerwissenschaften, der sich damit befaßt, Computer so zu programmieren, daß sie Aufgaben ausführen können, die – wenn sie von einem Menschen ausgeführt würden – Intelligenz erfordern.“²⁴

■ „Künstliche Intelligenz stellt Verfahren zu flexiblen, nichtnumerischen Problemlösungen zur Verfügung. Zu diesen Verfahren gehören symbolische Informationsverarbeitung, heuristisches Programmieren, Wissensdarstellung und automatisiertes Schlußfolgern. Es gibt keine anderen Bereiche mit vergleichbaren Fähigkeiten, und fast alle komplizierten Probleme erfordern zur Lösung diese Verfahren. Viele Verfahren zusammengenommen machen Künstliche Intelligenz zur zentralen Technologie der Auswertung. [...] Um eine solche Wahl in wirklich komplexen Situationen zu treffen, muß das System zumindest ansatzweise Phänomene der realen Welt verstehen können.“²⁵

Generell kann KI-Forschung als der Versuch angesehen werden, spezifische menschliche Fähigkeiten, insbesondere die Intelligenz des Menschen, maschinell nachzuahmen bzw. von einer „intelligenten“ Maschine unter Umständen in noch perfektionierterer Form ausführen zu lassen (Ausweitung der Anwendungsbereiche von Computern). Dabei wird versucht, nicht nur die rein rationalen Fähigkeiten des Menschen, sondern auch die mit ihnen verbundenen leiblichen Funktionen des Wahrnehmens, Empfindens, Erkennens und Handelns „im“ Computer bzw. mit seiner Hilfe zu „simulieren“. Daher hat es Künstliche Intelligenz immer mit nicht-numerischen symbolischen Prozessen zu tun, die komplex, ungenau und mehrdeutig sind und für die es keine allgemein bekannten algorithmischen Lösungen gibt. KI-Programmierung stützt sich folglich auf Wissen, das für ihren jeweiligen Anwendungszweck von Interesse ist, benutzt spezielle Methoden, um mit diesem Wissen umzugehen, beinhaltet Steuerstrukturen, um diese passenden Methoden zu finden und verwendet Heuristiken zur Lösungsfindung. Eventuell könnten so auch Computerprogramme als Werkzeuge für das Studium des menschlichen Geistes eingesetzt werden.

Zwei Ziele können daher grob umrissen werden:

Zum einen ist uns daran gelegen, durch „intelligente“ Programmierung Computer wie Roboter besser nutzbar zu machen.

Zum anderen versuchen wir mit dem Instrument Computer, die Prinzipien zu verstehen, die Intelligenz möglich machen.

Das Ziel, eine intelligente Maschine zu bauen, zwingt die Mitglieder der scientific community demzufolge dazu, sich mit den Grundproblemen der wissenschaftlich kaum geklärten menschlichen Intelligenz intensiv auseinanderzusetzen. Infolge der

Komplexität ihres Vorbildes – der menschlichen Intelligenz – ist die KI-Forschung zu einem interdisziplinären Forschungsvorhaben angewachsen. Sie verband sich zunächst mit der von Norbert Wiener entwickelten Kybernetik, aber andere Gebiete wie die Psycho- und Soziolinguistik, die Computerlinguistik, die Neurophysiologie, die Psychologie, Ingenieurwissenschaften, mathematische Logik, Entscheidungstheorie, Informationstheorie, Biologie, Physik, Soziologie, Verhaltensforschung und nicht zuletzt auch die Philosophie (insbesondere Logik, Erkenntnistheorie und Sprachphilosophie) kamen bald hinzu. Als Rahmenbedingung bedurfte und bedarf es bis heute einer entsprechenden Ausbildung des jeweiligen Forschers, einer inhaltlichen wie organisatorischen Auseinandersetzung der zu erforschenden spezifischen Fragestellungen als auch der Bereitschaft zur interdisziplinären Besetzung des Forschungsteams entgegen klassisch-überkommener Wissenschaftsideale.

Anwendungsbereiche der Künstlichen Intelligenz

Wie sich schon andeutungsweise an der notwendigen interdisziplinären Ausrichtung des Forschungsfeldes Künstliche Intelligenz ablesen läßt, war die Komplexität der Realität Grund dafür, daß ein alter Traum der Menschheit, die Konstruktion eines Allgemeinen Problemlösers, eines „General Problem Solver (GPS)“²⁶, bislang nicht in der erhofften Weise in die Wirklichkeit umgesetzt werden konnte. Obwohl der GPS, welcher Probleme in Anlehnung an einen Menschen lösen soll, nicht mehr ganz oben auf der Prioritätsliste der KI-Forscher steht, bleibt er doch insgeheim eine Hoffnung für die Zukunft.

Was ist aber dieses GPS-Programm? Es

wurde von Allen Newell, John C. Shaw und Herbert Simon ab 1957 entwickelt und verwendete als erstes Computerprogramm das Verfahren der Differenzenreduzierung. Aufgabe des Programms ist es, die Differenz zwischen einem Anfangs- und dem gewünschten Zielzustand mittels der geeigneten Prozeduren zu reduzieren, das heißt dem Zielzustand anzunähern, bis es jenen idealerweise erreicht hat. Zuerst betrachteten die drei Forscher Lösungsstrategien von Computern, filterten die universalen Prinzipien und Methoden heraus, die ihrer Meinung nach in allen Problemsituationen Anwendung finden müssen, und gingen im folgenden davon aus, daß diese zur Problemlösung jeder spezifischen Situation herangezogen werden können. Weiterhin sticht das entscheidende Charakteristikum ins Auge: Diese Methode der Differenzenreduzierung, bezeichnet als „means-ends analysis“, ist getrennt von dem zur Lösung eines spezifischen Problems (z.B. einer optimierten Reiseverlaufsplanung) erforderlichen Fachwissen. Auch ohne exemplarische Darlegungen dürfte ersichtlich werden, daß dieses Verfahren bei komplexen Situationen nicht zwangsläufig durch entsprechende Verkettung die notwendigen Schritte zur Planung des weiteren Lösungsweges (Zielannäherung) für diffuse Probleme selbständig „unternimmt“.

Gleichfalls förderte die Komplexität von Welt als auch die Vielgestaltigkeit der KI-Forschung die Aufspaltung in einzelne Denkschulen, die wiederum einer multidimensionalen Forschung Vorschub leisteten. Den Anstoß zum Streit lieferte das folgende Problem: Wie bringt man es fertig, die Summe menschlicher Erfahrungen zusammenzubringen, diese unüberschaubare Wissens- und Erfahrungsmenge zu definieren und zu strukturieren (knowledge representation; Wissensrepräsentation),

sie Schritt für Schritt in einen dem Computer verständlichen Code umzuschreiben und diesen Code so zu organisieren, daß der Computer die eingegebenen Daten nicht einfach hin- und herschiebt, sondern sie auch tatsächlich „versteh“ und daraus „lernt“? Wieder begegnen wir dem mittlerweile nicht mehr unbekanntem Commonsense-Knowledge-Problem, denn gerade nach den mageren Resultaten mit dem GPS erkannte man zurecht, daß Wissen den Schlüssel zu intelligenten KI-Hochleistungssystemen darstellt. John McCarthy war zwar noch der Überzeugung, daß wir nicht genau wissen müssen, wie Menschen handeln und denken, sondern daß eine hochentwickelte Programmiersprache für mathematische Logik schließlich wie der gesunde Menschenverstand wird argumentieren können – gleichgültig, ob Menschen genauso argumentieren oder nicht.

Marvin Minsky glaubt nicht mehr daran. Er lehnt den Ansatz ab, mittels mathematischer Methoden die Funktionsweise des menschlichen Geistes simulieren zu können. Demgemäß hat er eine Alternative entwickelt, die der sogenannten „frames“ (Rahmen).²⁷ In diesen speichert der Informatiker eine ihrerseits programmtechnisch organisierte Menge von Wissen, die benötigt wird, um eine ganz bestimmte Situation zu verstehen. Dann definiert er jeweils, welches Wissen zur Lösung für eine spezielle Situation mit welchen Regeln notwendig ist. Mit der auf diese Weise strukturierten Informationsbasis (besser: Wissensbasis; knowledge base) kann das entsprechende KI-Programm, um Entscheidungen zu treffen, Pläne erstellen, Objekte und Situationen erkennen, Szenen analysieren usw. Wissensdarstellung ist deshalb für das Verstehen natürlicher Sprachen, für Expertensysteme und Bilderkennung von großer Bedeutung. Minskys Rahmen (frames)

sind daher nichts anderes als komplexe Datenstrukturen zur Repräsentation stereotyper Objekte, von Ereignissen oder Situationen, die prozedurale oder deklarative Informationen enthalten können. Im Zuge dessen wurden eine Vielzahl von Programmiersprachen entwickelt, um die Wissensdarstellung zu vereinfachen, z.B. ROSIE (Rand Corp.) oder UNITS (Stanford University). Roger Schank ergänzte die Methode der frames durch die der Skripte. Dies sind rahmenähnliche Strukturen, mit denen stereotype Ereignisfolgen, nicht Situationen wie bei den Rahmen, dargestellt werden können. Er beschritt damit unter anderem den Weg, den Computer zum Verständnis der natürlichen Sprache zu bringen; dies ist für ihn eine Möglichkeit, damit die Maschine überhaupt „versteht“. Eine mehr oder minder zufällig angehäuften und gespeicherte Menge von Wissen, wie das mit den Gesetzmäßigkeiten der formalen Logik erfaßte menschliche Denken, erzeugt ja noch keinen intelligenten Computer. Entwickelt wurde daher eine begriffliche Abhängigkeitstheorie für natürliche Sprachen (geistiger Akt, Handelnder, Begriffarten, Objekt und dessen Zustandsbeschreibung, eine Reihe von Schlußfolgerungen). Vielleicht führt das Verstehen der natürlichen Sprache zu einem maschinellen „Verständnis“ bereits vorhandener Informationen und deren Verarbeitung qua Regeln. Skripte, Rahmen, Wissensbasen, das „Verstehen“ natürlicher Sprache und dergleichen sind eventuell für einfache stereotype Situationen anwendbar, indem sie simulieren, was Menschen tun. Um dieses *was* aber richtig beurteilen zu können, muß der Computer auch ihre Motivationen kennen, muß „verstehen“, *warum* sie *wie* für *was* tun. Ansonsten ist zwar eine alltägliche Situation computertechnisch rekonstruierbar, für das Verständnis der

Bedingungen von Realität taugt sie freilich nichts.

Offensichtlich ist es noch ein sehr weiter und steiniger Weg, bis die Künstliche Intelligenz mittels Computer das zustandebringt, was uns Menschen scheinbar leicht fällt, zum Beispiel das Erlernen der Muttersprache, das Verstehen der Alltagssprache, das Erkennen eines Gegenstandes nebst seiner sprachlichen Umsetzung.

Sicherlich verwundert es jetzt nicht mehr, wenn die nachstehenden Hauptgebiete der KI-Forschung ein zwar statisches Bild vermitteln, aber gleichzeitig die ungeheure Komplexität jenes Fachgebietes verdeutlichen:²⁸

- a) Anwendung der Künstlichen Intelligenz, insbesondere Expertensysteme in Industrie, Medizin, Wissenschaft und Forschung, Militär, Spielen, Büroautomation, Wirtschaft und Finanzen, Lehre und Ausbildung, Bibliothekswesen, Ingenieurwissenschaften;
- b) Automatisches Programmieren: automatische Analyse von Algorithmen, Modifikationen von Programmen;
- c) Deduktion und Verifikation von Theoremen: Programmier-Logik, mathematische Induktion;
- d) Wissensdarstellung: „frames“, Prädikatenlogik, semantische Netzwerke, Abbildungen der physischen Welt, Darstellung der Semantik natürlicher Sprachen;
- e) Programmiersprachen und Software: Sprache für Wissensdarstellungen und Expertensysteme;
- f) Lernen: Analogien, Begriffslernen, Induktion, Wissenserwerb, „knowledge engineering“, Spracherwerb;
- g) Verarbeitung von natürlicher Sprache: Sprachgenerierung, Sprachverstehen, Sprachübersetzung, Spracherkennung, Textanalyse, Lexikologie (Thesauri), Entwicklung von „interfaces“;
- h) Problemlösung, Kontrollmethoden und

Suche: Graphen- und Baum-Suchstrategien, heuristische Methoden;

i) Robotik: Manipulatoren, Propeller, Sensoren;

j) Visuelle Wahrnehmung: Modelle, Photometrie, Bewegung, Gestaltwiedergabe;

k) Erkennungsmodelle und psychologische Analyse von Intelligenz: Analyse von Emotionen, Beweisführung, Entscheidungsmodelle, Erinnerungsvermögen, Bewußtseinsmodelle;

l) Soziale und philosophische Aspekte: KI-Paradigmen; Phänomenologie; Kreativität; Hermeneutik; Erkenntnistheorie; Intentionalität; gesellschaftliche Auswirkungen; Geschichte; Forschungsmethodologie; Modelle der Ökonomie, der Gesellschaft, des Rechts.

Zur besseren Übersichtlichkeit kann man jene Hauptgebiete auf die sechs Teildisziplinen²⁹

- natürlichsprachliche Systeme
- Expertensysteme,
- Deduktionssysteme,
- Robotersteuerung,
- Bildverstehen und
- intelligente Recherche reduzieren.

Expertensysteme – Schrittmacher anwendungs- und produktorientierter Forschung

Freilich lassen sich in den beiden obigen Auflistungen noch zwei Prinzipien finden, auf denen die KI-Forschung bislang fußte: der *produktorientierte* oder *technologische* Ansatz und der *theorieorientierte* oder *wissenschaftliche* Ansatz. Die Unterscheidung zwischen diesen beiden ist bedeutsam, weil gerade beim Debüt der Künstlichen Intelligenz Produkte aus dem ersteren Ansatz in der medienorientierten Arena der Öffentlichkeit Furore gemacht haben. Es handelt sich dabei um die sogenannten Experten-

systeme, die wir jedoch korrekter als „regelgeleitete“ und/oder „wissensbasierte Systeme“ bezeichnen möchten. Sie wurden konzipiert, um die Bedürfnisse bestimmter Industriezweige abzudecken, und nicht, um irgendwessen Theorien über den menschlichen Erkenntnisprozeß zu überprüfen. Expertensysteme sind daher derzeit wohl das „heißeste“ Thema im Bereich der Künstlichen Intelligenz.

Allgemein beschrieben operiert das System mit nicht nur algorithmischen Prozessen unter Verwendung von Daten und Programmen, sondern enthält auch Komponenten, mit denen Wissen von menschlichen Experten wie „fremden“ Datenbanken akquiriert, artikuliert und mittels Heuristiken verarbeitet werden kann.³⁰ Demzufolge besitzt ein Expertensystem eine Wissensbasis, eine Steuerstruktur und eine „globale“ Datenbasis, wobei sein Aufgabengebiet immer einen genau festgelegten Anwendungsbereich haben muß.

Die Programmierer, die diese Systeme entwerfen, befragen daher Experten des jeweiligen Sachgebiets und/oder werden gelegentlich sogar selbst zu Experten, um das System konstruieren zu können. Exakt an dieser Stelle, bei der Erforschung des Wissenserwerbs (knowledge acquisition research)³¹, setzt bereits Kritik ein, die nicht verschwiegen werden darf, da sie zu Konsequenzen enormer Tragweite führt. Bis zum Aufbau derartiger Systeme war man nämlich überzeugt, daß Expertentum aus der Anwendung hochkomplizierter Heuristiken auf Unmengen von Fakten bestand. Solche Regeln seien dem Menschen nur selten zugänglich. Beim Befragen der Experten mußte jedoch Feigenbaum erkennen: Das Wissen von Experten ist oft ungenau festgelegt oder unvollständig, weil der Experte selbst nicht sagen kann, wieviel er über sein Fachgebiet weiß. Der Programmierer, der also ursprünglich

erwartete, ohne Schwierigkeiten von dem Experten dessen Wissen in angewandten Regeln „serviert“ zu bekommen, sah sich plötzlich in der umgekehrten Situation. Er mußte dem Spezialisten in Worte gefaßte Regeln vorlegen, damit dieser in Abwägung mit seinem von ihm selber kaum sicher beurteilbaren Wissenserwerbsvorgang feststellen konnte, ob diese Regel nun auf einen speziellen Fall zutrefte oder nicht, bzw. durch andere Regeln wieder eingeschränkt werden müsse. So trat das ein, was Feigenbaum befürchtet hatte: Der Experte kennt Tausende von Einzelfällen, folgt aber so gut wie keinen Regeln.

Roger C. Schank erkannte infolgedessen ein entscheidendes Kriterium für die Beurteilung von solchen Systemen: „Expertensysteme sind (daher) weder in gleicher Weise innovativ wie richtige Experten, noch können sie ihre eigenen Entscheidungsprozesse reflektieren. Die Konstrukteure von Expertensystemen versuchen, das Wissen eines Experten auf ein Set von Wenn-dann-Regeln in einem Programm zu reduzieren. Das Programm kommuniziert mit dem Benutzer so, daß dieser das Expertensystem durch seine Verkettung von Regeln führt, bis es zu einer Schlußfolgerung kommt.“³² Deshalb sollte man diese Systeme berechtigterweise gemäß den Gebrüdern Dreyfus als „kompetente Systeme“ bezeichnen.

Trotz jener ersten Bedenken möchten wir einen Überblick über die Typen/Anwendungsbereiche sowie einige funktionstüchtige Expertensysteme geben:

Typen/Anwendungsbereiche:

- Interpretation (z.B. Interpretation chemischer Daten, Signalinterpretation, Signalfusion - Situationsinterpretation bei mehreren Sensoren);
- Design und Konstruktion (z.B. Werkzeuge zum Aufbau von Expertensystemen, automatisches Programmieren,

Sprachverständnis, Wahl einer Computerkonfiguration);

- Planung und Vorhersage (z.B. chemische und biologische Analyse, Förderung von Mineralien und Öl, Beurteilung militärischer Bedrohungen, taktische Zielplanung, Verteidigung im Weltraum);
- Diagnose, Fehleranalyse und -behebung (medizinische Diagnose und Verschreiben von Rezepten, Automatisierung von medizinischem Wissen, Schaltkreisdiagnose, Diagnose von Systemfehlern);
- Überwachung und Kontrolle (z.B. Kontrolle des Luftverkehrs, Überwachung komplexer technischer Anlagen, militärische Überwachung auf allen sicherheitsrelevanten Ebenen);
- Computergestütztes Lehren (z.B. intelligente Zugriffe auf und Verwaltung von Wissensbasen gekoppelt mit einem interaktiven Lehr- und Lernsystem);
- Programmierumgebung und Werkzeug zur Systementwicklung (z.B. Entwicklung von Experten-Shells).

Zur kritischen Abwägung der Vor- und Nachteile von Expertensystemen

Allein dieser knappe Überblick dürfte verdeutlichen, daß auf vielen gesellschaftlich relevanten, problemreichen wie sozial brisanten Gebieten regelbasierte Systeme zum Einsatz kommen können. Zuverlässige Quellen, die exakte Angaben über den tatsächlichen Einsatz von Expertensystemen in einer normalen - also nicht mehr labormäßigen - Anwenderumgebung machen, existieren jedoch nicht. Es wird vermutet, daß sich derzeit weltweit 2000 bis 3000 Systeme (zur zivilen Nutzung) in verschiedenen Entwicklungsstadien befinden. Höchstens 100 davon operieren jedoch in der routinemäßigen Anwendung. Desgleichen ist festzustellen: die

Überblick³³ über eine Auswahl von Expertensystemen

Funktion	Anwendungsbereich	System
Diagnose	Medizin	MYCIN PUFF INTERNIST/ CADUCEUS
	Reaktorunfall Computerfehler	REACTOR DART
Datenanalyse und -interpretation	Ölförderung	DIPMETER ADVISOR
	Chemie Geologie	DENDRAL PROSPECTOR
Analyse	Symbolische Mathematik mathematische Beweise militärische Situationen militärische Lageanalyse digitale Schaltkreise	MACSYMA MKRP TECH ANALYST CRITTER
	Entwurf	Systemkonfiguration von Computern
Planung	chemische Synthese Robotertechnik Vorbeiflug an Planeten Molekulargenetik Flugzeugoperationen der Marine	ASTRIPS DEVISER MOLGEN AIRPLANE TATR
	Lernen aus Erfahrung	taktische Zielplanung Simulation von Luft-/ Seegefechten Chemie Lernhilfen bei Computeranwendung Sprachverständnis
Signalinterpretation	Sensoren an Bord von Marineschiffen	STAMMER-2, SU/X, HASP
	Signalinterpretation Benutzungsberater	ALVEN COMEX FOLIO TAXADVISOR

Überblick³³ über eine Auswahl von Expertensystemen (Fortsetzung)

Entwicklung von Expertensystemen		ROSIE, EMCYIN, AGE, OPS5, KL-ONE
Intelligente Assistenten	Medizin	RECONSIDER
	Kernkraftwerke	CSA
	Kampfwaffenzuordnung	BATTLE
Wirtschaft	automatisierte Fabrik	IMS
	Projektmanagement	CALLISTO
	Einsatz von Maschinen	ISIS-II
Automatisches Programmieren		PSI, CHI, DEDALUS, HARPY, PECOS
Bildverständnis		VISIONS, ACRONYM

meisten ausgereiften Systeme sind aus hausinternen Projekten einzelner Industrieunternehmen entstanden und werden einzig für deren firmenspezifische Anwendungszwecke benutzt.

Eingang hat dieser Technologiezweig auch in die Ökosystemforschung gefunden. Ein eindrucksvolles Projekt entstand beispielsweise im Rahmen eines MAB (Man And Biosphere)-Projektes der Vereinten Nationen, bei dem der Lehrstuhl für Landschaftsökologie der TU München/Weihenstephan, die Firma ESRI (Gesellschaft für Systemforschung und Umweltplanung in Kranzberg) sowie die Naturparkverwaltung Berchtesgaden beteiligt waren.³⁴ Ziel dieses Vorhabens sollte es sein, den Entscheidungsträgern in Politik und Planung die Konsequenzen ihres jeweiligen Handelns in Mark und Pfennig aufzuzeigen und ihnen gegebenenfalls Alternativvorschläge zu unterbreiten, wie die vorhandenen Ressourcen umweltschonender genutzt werden könnten. Den Hintergrund für diese Studie bildete die inzwischen durch das Olympische Komitee abgelehnte Bewerbung Berchtesgadens für die Winterspiele 1992. Da sich infolge

eines solchen internationalen sportlichen wie touristischen Spektakels das Leben der Bewohner dieser Region und die Region selbst nicht nur für 14 Tage verändern würden, wurde eine verstärkte Aufmerksamkeit auf die Langzeitveränderungen für die ansässige Wirtschaft, den Tourismus, die Natur, die kommunalen Gesamtfolgeaufwendungen etc. gelegt. Überraschenderweise kam jenes MAB-Projekt zum Ergebnis, daß *dezentral* geplante Olympische Spiele (wie in Berchtesgaden) weder besonders positive noch negative Kurz- wie Langzeitwirkungen hervorriefen. Den Nutzen eines derartigen Informations- und Entscheidungshilfesystems hat dann auch die amerikanische Umweltbehörde EPA erkannt und rüstet derzeit ihre Institutionen mit diesem System aus.

Sogar in Wissenschaftsbereichen wie der Soziologie werden Expertensysteme aufgebaut. In den Jahren 1983 und 1984 wurde zum Beispiel das System INTERDAT für die interaktive Datenerhebung im Bereich der empirischen Sozialforschung an der Universität Frankfurt mit DFG-Mitteln entwickelt.³⁵ Auch wenn dadurch noch keinesfalls die Grundlagen für einen routi-

nemäßigen Einsatz geschaffen worden sind, so vermittelt ein solches System gerade im Bereich der Sozialwissenschaften die Grenzen, die sich einem methodisch-technisch orientierten Forschungszweig entgegenstellen. Ebenso zeigt sich sehr schnell die Komplexität sozialer Strukturen, womit der voreilige Enthusiasmus gedämpft wird, viele menschliche Fähigkeiten systematisch analysieren und rational rekonstruieren zu können oder, wenn die Entwicklung von KI-Instrumenten eines Tages soweit wäre, zu *sollen*.

Weiterhin ist es bei manchen Großforschungsprojekten undenkbar geworden, ohne die Unterstützung eines Expertensystems zu arbeiten. Bei dem NASA-Projekt „Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI)“ gilt es, ein Frequenzspektrum von mehreren hundert Megahertz Weite mit einer Auflösung von bis zu einem Hertz in Realzeit nach den Spuren ungewöhnlicher Impulse zu durchsuchen. Insbesondere aus wirtschaftlichen Interessen heraus entwickelte die „Federal Emergency Management Agency (FEMA)“ der Vereinigten Staaten ein Softwaresystem, das eine umfassende und auf alle kommerziellen Sektoren zugeschnittene Schadensanalyse bei Erdbeben jeglicher Verursachung ermöglicht. Anlaß ist die Gewißheit, daß in den nächsten dreißig Jahren in Kalifornien ein Beben der Größenordnung von 1906 unvermeidbar sein wird. Allein der materielle Schaden dürfte sich in der Größenordnung von bis zu einer Milliarde Dollar bewegen. Die neuen Hochenergiephysik-Experimente am Europäischen Forschungszentrum CERN in der Nähe von Genf benötigen die ständige Überwachung und Datenentnahme von zirka 500000 Komponenten. Ohne ein Fehlerdiagnosesystem würden die Personalkosten mittelfristig solche immens teuren Versuche von vornherein zum Scheitern verurteilen.

Indes ist die kommerzielle Anwendung von Expertensystemen zwar bereits erfolgt, freilich kann noch lange nicht von einem breiten Durchbruch an der Front der Vermarktung gesprochen werden. Für 1991 wird freilich ein Marktvolumen von 2,5 Mrd. US-Dollar, für 1993 von gar 8,5 Mrd. US-Dollar erwartet. Wichtiger als die erhofften Umsatzzahlen ist die Funktion einer Schlüsseltechnologie, die Expertensystemen für das nächste Jahrtausend zugeschrieben wird. Dies bedeutet keinesfalls, daß die Erwartungen, die an solche Systeme geknüpft sind, zu hoch eingeschätzt werden. Die meisten Anwender sind sich oder sollten sich zumindest im klaren sein: Diese Systeme liefern befriedigende, aber keine optimalen Lösungen, geben je nach Qualität und spezifischem Anwendungsgebiet zufriedenstellende oder auch überhaupt keine Antworten. Ihr Einsatz ist zudem teuer und kann bei Anwendung im falschen Bereich zu verheerenden Folgen führen. Regierungen oder Firmen, die Experten für eine spezifische Aufgabenstellung brauchen, sich aber auf den „Rat“ von nur kompetenten Systemen stützen, wird diese Fehlentscheidung aufgrund einer sicherlich manchmal übertriebenen Technikgläubigkeit „teuer“ zu stehen kommen.³⁶ Bestenfalls dürfen sie daher als nützliche Werkzeuge für eine allgemeine „Leistungssteigerung“ angesehen werden.

Weiterhin ist mit diesen Systemen die enorme Gefahr verbunden, daß sich junge Wissenschaftler, also potentielle Experten, an dem großen Wissensniveau eines solchen Systems orientieren und dabei das notwendige kreativ-innovative Moment für die Fortentwicklung von Forschungsarbeiten „übersehen“ oder – härter gesagt – sich aberziehen lassen. Dies wäre zugleich das Ende menschlichen Expertentums und käme einem wissenschaftlichen Rück-

schritt von enormen Ausmaß gleich. Keine Industrienation (und nicht nur diese) sollte sich das leisten wollen.

Desgleichen können sich durch die Konstruktion und Anwendung von zunehmend verschiedenartigen Expertensystemen – möglicherweise unbeabsichtigt – Einfluß- und Machtstrukturen verschieben. Gefahren sind u.a.: Verschleierung und Entpersonalisierung von Entscheidungen und Verantwortlichkeiten, subjektive, situationsspezifische Aspekte werden bei der Entscheidungsfindung zu wenig berücksichtigt, die Risikobereitschaft, etwas Neues ohne Computerberatung anzugehen, sinkt, die Illusion der Objektivität wird vorgegaukelt, das spezifisch Menschliche der Intuition wie die Berücksichtigung sozialer Belange kommt zu kurz, die Auswirkungen im Bereich des Datenschutzes wie die Perfektionierung von Überwachungs- und Kontrollmechanismen werden unübersehbar, militärische Anwendungsmöglichkeiten müssen den Frieden nicht unbedingt sicherer machen.

Abgesehen davon entsteht ein enormes juristisches Problempotential. Schlüsselfragen wären zum Beispiel: Wer oder was ist bei der Hilfestellung durch ein Expertensystem wieweit verantwortlich zu machen? Oder anders gewendet: Kann ein Computer verurteilt werden?

Außerdem verhelfen wir mit Expertensystemen dazu, Maschinen nicht den Schein von Intelligenz zu nehmen; manch einer wird ihnen jedoch diese falsche Kompetenz zuerkennen. Auf diese Weise delegiert der einzelne ein Stückchen menschlicher Freiheit an eine scheinbar (künstlich) intelligente Maschine.

Nunmehr dürfte verständlicher geworden sein, warum folgende Fragestellungen immer wieder die Gemüter erhitzen: Können Menschen einer Maschine menschliches Denken oder menschenähnliche

Denkstrukturen einprogrammieren, um welche Form von Denken würde es sich handeln, ist jene Denkform mit menschlichem Denken gleichzusetzen, zu vergleichen oder nicht, besitzt eine derartige Maschine deswegen schon ein Bewußtsein, gar einen freien Willen bzw. wäre diese als autonom zu bezeichnen?

Zweifelsfrei war es die datenprozessierende Informationstechnologie, die die Voraussetzung für eine intensive KI-Forschung geschaffen hat. Deren Kernstück ist das technische Artefakt und universelle Werkzeug Computer. Jener ist nichts als ein Vehikel, durch das erst das Spannungsfeld zwischen der künstlichen Welt der Symbole, syntaktischen Sprachstrukturen, selbststeuernden Automaten auf der einen Seite und unserer Erlebnisfähigkeit von Wirklichkeit, Verfügung über Bewußtsein und spezifische Qualität von Autonomie auf der anderen Seite erzeugt wurde. Die datenprozessierende Informationstechnologie stellt damit nach Walther Zimmerli³⁷ die einzige Quer- und Kulturtechnologie dar, das heißt eine Technologie, die selbst wiederum fast alle Bereiche der Technologie durchzieht und gleichzeitig eine starke Lebensrelevanz für uns alle aufweist.

Indes können wir nicht jeden Fortschritt der Software oder Robotik als Künstliche Intelligenz etikettieren. Das zentrale Problem der Künstlichen Intelligenz hat ebensowenig mit Expertensystemen, schnelleren Programmen oder größeren Speichern zu tun. Der endgültige Durchbruch in der KI-Forschung wäre einzig der Bau einer Maschine, die lernen oder sich infolge ihrer eigenen Erfahrungen selbst verändern kann.³⁸ Folglich müßten wir derzeitige KI-Systeme aufgrund ihrer Beschränkung der Leistungsfähigkeit auf ein inhaltliches Teilgebiet in Anlehnung an William Stern eher als „talentiert“ denn als „intelligent“ bezeichnen.

■ In Verbindung mit der wissenschaftlichen Neugier, dem Phänomen Leben wenigstens modellhaft auf die Spur zu kommen, wird durch die folgenden Ausführungen vielleicht besser zu verstehen sein, warum KI-Forschung in den Dunstkreis von intellektueller Ignoranz, wissenschaftlicher Hochstapelei oder gar effekt-haschender Geschäftstüchtigkeit geraten ist.

Zur Zukunftsorientierung der KI-Forschung – ein Überblick

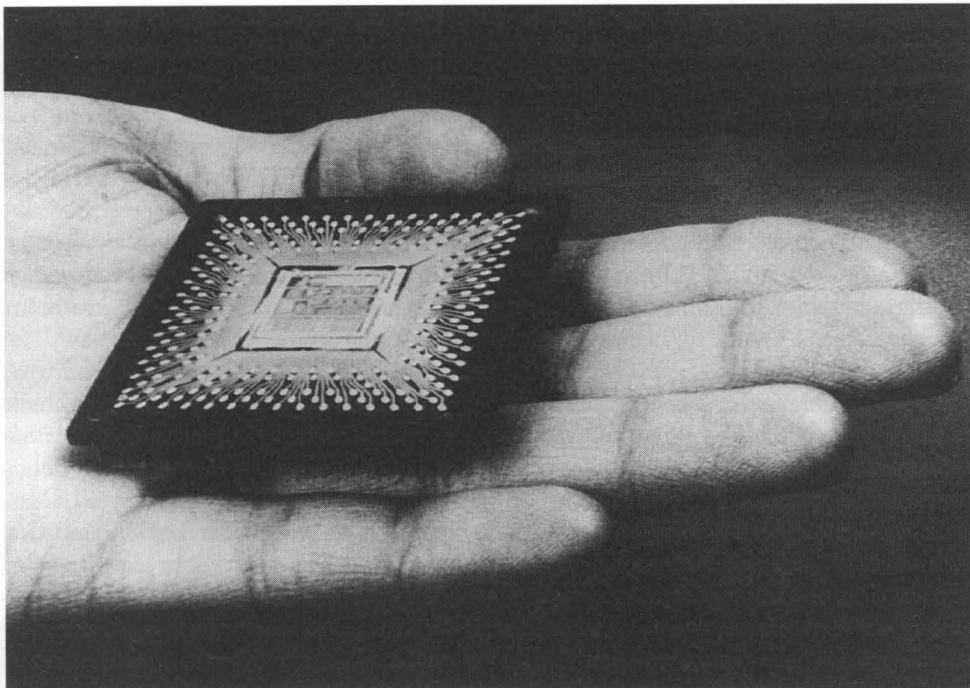
Wie ist es um die Zukunft der KI-Forschung bestellt?

Die Führungsrolle der USA schien unangetastet – solange bis Japan zum „Trendsetter“ in der KI-Forschung avancierte; ins Leben gerufen wurde ein weitgehend staatlich finanziertes Zehn-Jahres-Projekt, das die Entwicklung künftiger Supercomputer, der „Computer der fünften Generation“, vorantreiben soll. Diese Computergeneration wird nach den Vorstellungen des japanischen Ministeriums für Handel und Industrie (MITI) nicht bloß leistungsfähigere, sondern auch mit Künstlicher Intelligenz ausgestattete Computer hervorbringen. Das erklärte Ziel: Übernahme der Spitzenposition in der weltweiten KI-Forschung.

■ Infolge der Hauptaufgabe der „Elitebeamten“ des MITI – langfristige, gründliche, umfassende Erfolgsplanung der japanischen Industrie – erteilte das Ministerium 1978 den Auftrag zu einer entsprechenden Studie. Aufgrund des Resultats schien die Rechnerindustrie wegen der minimalen Material- und Energieanforderungen und der hohen Veredelung sowie durch ein Heer gut ausgebildeter Arbeitskräfte wie kaum ein anderer Zweig geeignet, die Ausrichtung der japanischen Wirtschaft auf veredelungsintensive, exportorientierte

Produkte auszubauen. Die immense Bedeutung jenes Forschungsvorhabens gründete zudem in der Erkenntnis, daß Japan in der Technologie die internationale Führungsrolle übernehmen muß, um Geld für Nahrung, Erdöl und Kohle, schlicht für alle nicht-erneuerbaren Ressourcen zu verdienen. So wurde Ende 1981 anlässlich einer KI-Konferenz jenes gigantisch anmutende Computerprojekt einer erstaunten Weltöffentlichkeit vorgestellt und gleichzeitig die in drei Etappen vorgesehene Realisierung mit einer Laufzeit von April 1982 bis April 1992 gebilligt. Abweichend von den üblichen, konsensorientierten japanischen Kooperationsformen schuf man binnen Monatsfrist ein zentrales Institut, das inzwischen berühmte ICOT (Institute of New Generation Computer Technology), welches die wissenschaftlichen Arbeiten führt, die Koordination ausübt und die Entwicklungen auslöst. Die hierfür eingeplanten Finanzmittel belaufen sich auf mindestens 850 Mio. Dollar, von denen der überwiegende Teil in der dritten Projektphase (1989–1992) aufgewendet werden soll.

Der Leiter des Instituts, Kasuhiro Fuchi, holte die 40 besten, zumeist selbst ausgesuchten Spezialisten Japans unter 35 Jahren ans ICOT; er widersprach damit völlig dem streng auf Dienstalter beruhenden hierarchischen Aufbau japanischer Unternehmen und Forschungszentren. Die Wissenschaftler, die ein interdisziplinäres Forschungsteam bilden, kamen unter anderem auch aus den acht japanischen Firmen, die das Konsortium hinter ICOT bilden: Fujitsu, Hitachi, Nippon Electric Corporation/NEC, Mitsubishi, Matsushita, Oki, Sharp und Toshiba sowie den beiden nationalen staatlichen Forschungslabors Musashino von Nippon Telephone & Telegraph und dem Elektrotechnischen Labor des MITI.



In der japanischen Hauptstadt Tokio wurde von der Hitachi Ltd. der 32-bit-Microprozessor hergestellt; mit maximal 70 Millionen Schaltungen in der Sekunde gilt er als der derzeit „schnellste der Welt“.

(Foto: dpa/epa)

Welcher Leistungsbeschreibung sind nun aber die Computer der Fünften Generation unterworfen? Hierzu einige Stichpunkte:

- Hardware für umfangreiche Expertensysteme;
- Minimierung und Optimierung des Energieverbrauchs;
- Erleichterung der Schadenserkenkung und Reparatur von Maschinen;
- Erhöhung der Produktivität durch intelligente Roboter;
- Überprüfung von Texten auf ihre sachli-

che, grammatikalische und orthographische Richtigkeit

- Sprachübersetzung;
- sogenannte „Altenroboter“ und verbesserte Computersysteme in der Gesundheitsverwaltung zur Hebung der Lebensqualität einer „überalterten“ Gesellschaft.

Zweifellos ist das eben skizzierte japanische Großprojekt das homogenste, ausgewogenste und zugleich das mit dem größten Risiko behaftete. Als Antwort auf dieses Vorhaben hat das amerikanische Verteidigungsministerium im Oktober 1983

die „Strategic Computing Initiative (SCI)“ ins Leben gerufen; jener Zehn-Jahres-Plan bekam schon für die ersten fünf Jahre 600 Mio. Dollar mit dem Ziel zur Verfügung gestellt, zur Beherrschung der „Schlachtfelder der Zukunft“ die Entwicklung von autonomen Kriegerobotern, „intelligenten Assistenten“ für Kampfpiloten („Pilots Associate Program“; PAP) und computergestützten Kampfführungssystemen voranzutreiben.

Beleuchten wir einmal die erste angepeilte Entwicklungsvorgabe genauer. Im Rahmen von SCI ist das Projekt DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) mit einer Finanzspritze von lediglich 10 Mio. Dollar entstanden. Mit Hilfe jener Studie soll bis zirka 1992 ein autonomes Roboterfahrzeug konstruiert werden, dessen Fähigkeiten wie folgt charakterisiert werden: „Eine fahrzeugähnliche Kampfmaschine, die auch unter extremen Bedingungen – sprich Nuklearangriff –, die US-Doktrin des 'deep attack' verwirklichen kann. Nach dem Prinzip 'feuern und vergessen', 'suchen und zerstören', sind sie das, was der moderne Krieg von seinen Soldaten erwartet. Dieses autonome, das heißt völlig selbständig operierende Fahrzeug soll bis 1990 in der Lage sein, bis zu 50 Kilometer tief auf unbekanntem Terrain zu operieren. Auf Straßen soll es bis zu 60 Kilometer pro Stunde (km/h), querfeldein 10 Kilometer pro Stunde erreichen können.

Nötig ist dazu dann lediglich die Zielvorgabe und eine grobe, digital gespeicherte Landkarte, anhand der das Gefährt eine vorläufige Streckenplanung vornehmen kann.“³⁹ Der im Auftrag der DARPA von der Martin Marietta Corporation gebaute selbststeuernde Lkw, das ALV (Autonomous Land Vehicle) kommt diesen Vorstellungen schon ziemlich nahe. Es ist mit einem Laser-Scanner ausgerüstet,

der auch nachts arbeitet, und die optische Kamera des ALV bei der Suche nach dem Weg unterstützt. Allerdings läßt sein Auflösungsvermögen noch sehr zu wünschen übrig. Trotz der 16 parallel arbeitenden Prozessoren im Computer des Versuchswagens benötigt das Gefährt zur Bildauswertung im freien Gelände noch sehr lange, was sich auf die Fahrtgeschwindigkeit enorm auswirkt (lediglich 3 km/h; im Vergleich: Straße 20 km/h).⁴⁰

Allein an diesem vergleichsweise harmlosen Beispiel zeigt sich: Militärtechnik kostet enorm viel Geld, ohne Güter zu produzieren. Welche Folgen ein hoher Militäretat für Volkswirtschaften haben kann, sehen wir an der UdSSR und den USA. Zudem ist die These nicht von der Hand zu weisen, daß diese Technologie Mittel entzieht, die für humanitäre Zwecke dringend benötigt würden. Hinzu kommt, daß atomare Kriege wohl nicht mehr zu führen sind, ohne dabei die Menschheit auszulöschen. Zudem überlassen wir die Entscheidung über Krieg und Frieden im wesentlichen Maschinen, die wir nicht mehr kontrollieren können. So könnten wir uns schließlich auch der Verantwortung für die Auslöschung der Menschheit entziehen wollen, denn die Aufrechterhaltung der atomaren Abschreckung garantieren Expertensysteme, programmiert in so vielen Mannjahren, daß niemand mehr ihre Strukturen voll durchschauen kann.

Zugegebenermaßen war militärische Forschung schon häufig einer der Motoren technologischer Forschung und Entwicklung. Außerdem ist es nicht die Militärforschung, die die Kriege letztlich führt. Trotzdem haben auch die KI-Forscher Verantwortung für ihre Arbeitsergebnisse, insbesondere da Computer keine unfehlbaren Systeme darstellen. Eine Beschränkung von KI-Forschung im militärischen Bereich ist daher zumindest grundsätzlich

in Erwägung zu ziehen, denn die Informatik ist zur kriegsentscheidenden Grundlagenwissenschaft geworden, ähnlich der Kernphysik zur Zeit der ersten Atombomben. Militärforschung müßte andere Wege gehen, eventuell KI-Programme dazu einzusetzen, um alternative, defensive Kriegsstrategien auszurechnen, die ohne Androhung atomarer Vergeltung wirksame Abschreckung ermöglichen, um uns in anderer Weise Sicherheit vor feindlichen Angriffen zu gewährleisten. Denn die meisten der zur Zeit gültigen Konzepte vermitteln letztlich eher das Gefühl der Angst als der Sicherheit.

Mit Blick auf die Militärforschung ist es auch kein Trost, daß die konstruktions-technischen Schwierigkeiten angesichts der erforderlichen Datenverarbeitungsleistungen von 100000 MIPS (1 MIPS = 1 Million Befehle pro Sekunde) zur Zeit unüberwindbar scheinen; heute schaffen nämlich die leistungsfähigsten Computer vom Typ Cray-2 (Stückpreis zirka 70 Mio. DM) „nur“ 20 bis 40 MIPS. Diesem Teilbereich des amerikanischen SCI-Plans widmet sich daher die Forschung über die sogenannte Parallelverarbeitung; hiermit beschäftigen sich derzeit allein ungefähr 50 verschiedene Projekte an Universitäten der USA. Was aber ist Parallelverarbeitung?

Bisher arbeiten Computer normalerweise mit einem Prozessor; demzufolge benötigt ein Rechner lange für die Lösung eines bestimmten Problems. Es existiert aber seit Jahrtausenden ein „biologisches System“, das dem der heutigen Computer in einer Weise überlegen ist, die quantitativ nicht mehr bestimmt werden kann, – das menschliche Gehirn. Die „Leistungsfähigkeit“ des Gehirns besteht unter anderem im Zusammenwirken seiner zahlreichen Komponenten, etwa 10^{10} Neuronen, zwischen denen etwa 10^{13} synaptische Verbindungen existieren. Die zentrale Frage nach

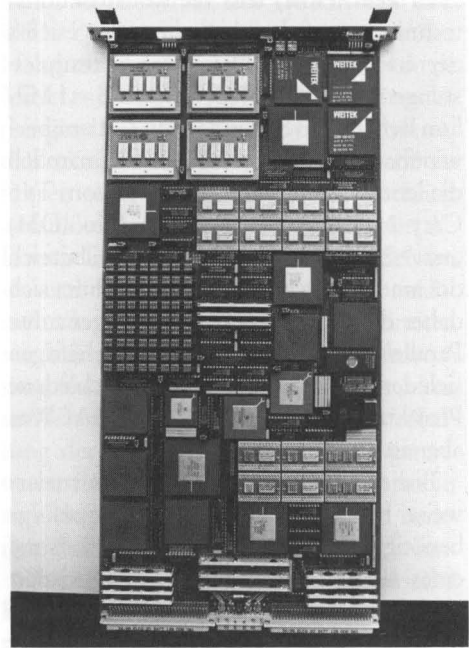
dem Zusammenhang zwischen dem Gesamtverhalten vieler Komponenten und den Eigenschaften einzelner Komponenten stellt sich daher immer wieder neu und wird derzeit mit der Theorie der Selbstorganisation, wie wir sie in der Natur in jeder lebenden Zelle vorfinden, beantwortet. Selbstorganisation repräsentiert ein Prinzip zur Verringerung des Befehlsumfangs, den ein Organismus zur Gestaltbildung oder zum Handeln benötigt. Dies wiederum beruht auf dem Paradigma: Information existiert im Gehirn nur auf viele Nervenzellen verteilt und wird demgemäß verarbeitet. Um dem Computer diese scheinbar enormen Vorteile bei der Informationsverarbeitung ebenfalls zur Verfügung zu stellen, versucht man, Computer wie Nervenzellen zu schalten und zu programmieren.⁴¹ Es sollte nicht mehr eigens betont werden, daß diese Simulation des menschlichen Gehirns mittels einer ähnlich gearteten Computerhard- wie Softwarearchitektur keine künstlich-natürliche Intelligenz entstehen läßt.

Gelänge es zum Beispiel ein KI-Programm in verschiedene Teile aufzuspalten und jedem Prozessor einen Teil zuzuweisen, so würde das Programm theoretisch nicht nur schneller ausgeführt, sondern es könnte auch komplexere Zusammenhänge „selbst“organisierend verarbeiten. Ein derartiges System stellt Nettekalk⁴² von Terence Sejnowski dar. Es handelt sich hierbei um ein Sprachverarbeitungsprogramm, das einen Text einlesen und danach vorlesen soll. Ziel des Biophysikers war freilich nicht, einen perfekten Sprachsynthesizer zu bauen; vielmehr interessierte ihn, ob und wie Nettekalk Text und Sprache in ähnlicher Weise umzusetzen lernt wie das menschliche Gehirn. Folglich verwendet er gleich 200 Prozessoren, die durch über 5000 Synapsen, einem Art neuronalen Netz, miteinander verknüpft sind. Wäh-

rend des Sprechtrainings gewichtet das System die Verbindung zwischen seinen Neuronen je nach der Übereinstimmung seiner erzeugten Laute mit der ihm zugrundeliegenden Sprechprobe neu. Nettetalk gewinnt so immer mehr an Lese- und Ausspracheerfahrung. Verblüffend ist jedoch, daß sich damit ebenso Fehlfunktionen des Gehirns (Alkoholgenuß, Schlaganfall etc.) simulieren lassen, bewußt herbeigeführte Fehlfunktionen, die das System im Laufe der Zeit in der Lage ist, wieder „selbständig“ auszugleichen. Intelligent ist Nettetalk jedoch in keinem Falle, da es den Sinn der Wörter, Sätze oder gar die metasprachliche Bedeutungsvielfalt grundsätzlich nicht versteht, nicht verstehen kann.

Derart hohe Informationsverarbeitungsleistungen, wie sie bereits oben im Zusammenhang mit dem ALV angesprochen worden sind, werden nicht allein auf den Gebieten der Bild- oder der Sprachverarbeitung für militärische oder zivile Nutzung gefordert. In der Klimaforschung, bei der Konstruktion von zum Beispiel Fahrzeugkarosserien, Flugzeugen, Verbrennungsmotoren und dergleichen, bei der Simulation bestimmter aerodynamischer Phänomene usw. werden solche Computer gleichfalls benötigt. In der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) entstand daher die Idee für das später unter dem Namen Suprenum⁴³ realisierte Forschungsprojekt. Das Management haben die GMD, die Krupp Atlas-Elektronik und die Firma Stollmann übernommen. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) fördert dieses in Europa einzigartige Vorhaben mit 100 Mio. DM. Neue Rechnerarchitekturen wie deren außerordentlich schwierige Programmierbarkeit, zum Beispiel Vektor-, Parallel-, Knoten- oder Multiprozessorsysteme, sollen damit

erprobt werden. Theoretische wie praktische Erfahrungen hat man allerdings auch schon durch das EGPA (Erlangen General Purpose Array)-Projekt am IMMDD der Universität Erlangen-Nürnberg, das DIRMU (Distributed Reconfigurable Multiprocessor System)-Projekt und durch das MUPSI-Forschungsvorhaben, alle unterstützt vom BMFT, der DFG und der Siemens AG, erlangt. In nicht allzuferner Zukunft erhofft man sich, mittels dieser Vielzahl von Forschungsanstrengungen eine Leistung von zehn bis 20 GFLOPS (1 Giga-Flop = 1 Milliarde Gleitkommaoperationen pro Sekunde) errei-



In dem neuen Super-Rechner „Suprenum“ arbeiten 256 Prozessoren parallel; sie können fünf Milliarden Recheneinheiten pro Sekunde ausführen. Das „Suprenum“-Herzstück ist der sogenannte Knotenrechner (unser Bild). Der wesentliche Unterschied zu herkömmlichen Hochleistungsrechnern ist, daß „Suprenum“ ein System parallel funktionierender Rechner ist, die gleichzeitig an der Lösung von Teilaufgaben desselben Problems arbeiten. Damit werden die prinzipiellen Grenzen herkömmlicher Rechner gesprengt, die nur einen Befehl nach dem anderen „abarbeiten“ können.

(Foto: dpa/Popp)

chen zu können. Eine derartige Rechenleistung ist etwa vonnöten, wenn man eine Simulation des Strömungsverhaltens eines ganzen Flugzeugs durchführen möchte. Erste auf dem freien Markt käufliche Computerprodukte, wie die Cray X-MP 48, weisen in diese Richtung. Die „Connection Machine“ von Daniel Hills, ein hypermoderner Cubus mit 65536 Prozessoren, erreicht gar bis zu sieben GFLOPS Rechengeschwindigkeit. Dieser von der Thinking Machines Corporation in Cambridge/Massachusetts gebaute Rechner eignet sich zum Beispiel vorragend für die Bildverarbeitung.

Vergleichbare Forschungsvorhaben bestehen ebenso in England (Alvey) und Frankreich. Desweiteren ist bereits ein Chip aus Gallium-Arsenid hergestellt worden, der den Anforderungen an eine bedeutend schnellere Informationsverarbeitung Rechnung trägt; neue Produktionsverfahren, wie die am Fraunhofer-Institut in Berlin von Grund auf entwickelte Röntgenstrahl-Lithographie, werden hierzu ebenfalls ihren Beitrag leisten.

Zum Abschluß seien noch einige Bemerkungen zum Stand der KI-Forschung in Europa erlaubt. Bekanntlich ist die Beteiligung der Bundesrepublik an dem Forschungsprogramm EUREKA sehr gering. Interessant ist gerade deshalb, daß für die Herstellung einer intelligenten Roboter-Generation (mobile Systeme) eine Beteiligung in Höhe von 100 Mio. ECU bereitgestellt wurde. Hingegen verläuft das groß angelegte ESPRIT-Programm der Europäischen Gemeinschaft vor allem in Deutschland schleppend. Um die Grundlagenforschung bei uns gezielt voranzutreiben, wurde zwischen den Universitäten Karlsruhe, Kaiserslautern und Saarbrücken der „Sonderforschungsbereich Künstliche Intelligenz“ eingerichtet, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft

(DFG) mit jährlich 5 Mio. DM gefördert wird. Hinzu kommen Förderungsmittel in Höhe von 200 Mio. DM seitens der Bundesregierung und weitere 160 Mio. DM für die Entwicklung neuer Computerstrukturen. Ebenfalls haben alle großen deutschen Elektronikfirmen ihre eigenen Forschungsgruppen aufgebaut. Allgemeines Problem in Europa: Die Finanzquellen für die KI-Forschung sprudeln (noch) kräftig im Gegensatz zu den USA, wo bereits von einem „KI-Winter“ gesprochen wird; qualifiziertes ausgebildetes Personal mit der zusätzlichen Befähigung zur interdisziplinären Teamarbeit fehlt jedoch hinten und vorne. Rächen sich wieder einmal Sünden der Vergangenheit?

„Künstliche“ Intelligenz – technologischer Traum und/oder gesamtgesellschaftliches Trauma?

Sicherlich wäre noch über die eine oder andere Zukunftsvision im Zusammenhang mit der KI-Forschung zu berichten; die Entwicklungsmöglichkeit des Biochips, Fähigkeiten wie Telepräsenz oder Transmogrifkatoren (Transmogs) und die für manch einen faszinierend anmutende Hybris der Schaffung eines binären Gehirns geistern durch die illusionäre und oftmals unverantwortete Gedankenwelt einzelner Wissenschaftler. Im Zuge dieser Skizze über Künstliche Intelligenz gehen wir allerdings nicht näher auf derartige Utopien⁴⁴ ein.

Viel eher ist es angebracht, sich mittels einer „realistischeren“ Zukunftseinschätzung über kurz-, mittel- und langfristige technologische Fortschritte der KI-Forschung ein Bild zu machen; den Entwurf zu solch einem konturarmen Gemälde liefert beispielsweise der in den USA führende KI-Forscher Roger C. Schank⁴⁵.

Teilen wir also die Weiterentwicklung der KI-Forschung und die damit einhergehende Veränderung der Welt in drei Hauptabschnitte ein:

a) *Die nächsten zwei bis drei Jahre:* Intelligente Bank- und Finanzsysteme werden die routinemäßigen Bankgeschäfte (Grundfragen über Zinssätze, Kredite, Versicherungen, Renten, Steuern, Geldanlagen, Kontoführung und dergleichen) übernehmen. Freilich besitzen diese Systeme ein beschränktes, ziemlich „primitives“ Sachwissen, um dem wachsenden Bedürfnis nach adäquatem Service zu entsprechen.

b) *In 10 bis 15 Jahren:* Unter der Voraussetzung, daß ein Computerverbundnetz mit dezentralen Einheiten in jedem Haushalt zu finden sein wird, werden Verständnissysteme angeboten, die eine bunte Palette von Wünschen abdecken sollen – von der Kochberatung über das Familienbudget, von Reparaturen im Haus bis zur ergänzenden Schulausbildung, von präventivmedizinischen Ratschlägen bis zu Lernsystemen für Börsenmakler, Bibliothekare und Firmenmanager. Die Entwicklung extrem komplexer ökonomischer und politischer Modelle scheint im Bereich des Möglichen zu liegen, ebenso die Applikation von integrierten Modellen über zum Beispiel das Sozialverhalten, von denen in erster Linie Wissenschaftler, aber auch Großkonzerne „profitieren“ werden. Kurz: die Anwendung der Computersimulation in einem klar definierten Mikrokosmos wird zum festen Bestandteil des Alltagslebens. Auf dem Gebiet der industriellen Serienfertigung kommt der Einsatz von intelligenten Robotern und von Transportsystemen wie einer von KI-unterstützten Lagerverwaltung etc. hinzu. Kontinuierlich verbesserte Expertensysteme für besondere Aufgabenstellungen stehen in dieser Zeitspanne ebenfalls zur Verfügung,

c) *Innerhalb der nächsten 50 Jahre* werden Wissenschaftler integrierte Weltkenntnissysteme entwickelt haben. „Das werden kompliziert verwobene Systeme sein, die neue Wissensgebiete erlernen können, indem sie Fragen stellen und neues Material lesen. Sie werden auf sehr hohen Abstraktionsstufen verstehen und allgemeine Analogien aufstellen können, die ganze Sachgebiete umspannen. Eine nützliche Idee, die ein Anthropologe eintippt, könnte auf eine Analogie in der Arbeit eines Psychologen stoßen, der vor ein paar Monaten an einer anderen Universität mit diesem System gearbeitet hat. Die effizienteste Rolle dieser Systeme wäre die der Bibliothekare und Berater für jedermann, der etwas eingehend studiert und Hilfe beim Durchlesen des umfangreichen Materials braucht. Man könnte diesen Systemen befehlen, das umfangreiche Material auf der Suche nach bestimmten Begriffen oder Ideen, nicht einfach nach bestimmten Buchstabenfolgen oder Stichwörtern, durchzulesen. Solche kognitiven Fähigkeiten in Verbindung mit unermüdlicher Schnelligkeit und unerschöpflicher Geduld werden sie befähigen, sich eine allgemeine Kenntnis eines neuen Sachgebiets schneller anzueignen als der Durchschnittsmensch.“⁴⁶ Die problembehaftete „Schnittstelle“ Mensch-Computer dürfte seitens des Computers durch sein Vermögen zur natürlichsprachlichen Kommunikation seine Benutzbarkeit nicht nur für jedermann eröffnen, sondern auch einfacher gestalten. Ebenso wird die Entwicklung von vollautomatischen Übersetzungssystemen beendet oder zumindest sehr weit fortgeschritten sein.

Insbesondere im Bereich der Wissenschaft und Forschung werden geeignete KI-Systeme über den Erfolg oder Nicht-Erfolg von Fortschritt in den Industriationen entscheiden. Dabei handelt es sich



Geisco Super Rechenzentrum von General Electric. Magnetbandbibliothek oder auch Programmbibliothek, Amstelveen, Holland, 1985
(Foto: Ullstein - Henning Christoph)

vor allem um Expertensysteme, die einen komplexen Umgang mit Wissen und über eine entsprechende Wissensakquisition verfügen. Sie werden jedoch nicht allein der effizienten Strukturierung von Forschungsgebieten dienen, sondern durch ihre Eigenkompetenz zur Beantwortung spezieller versuchstechnischer Anfragen, für Experimentiervorschläge, Überwachung und Kontrolle von Versuchen, Abschätzung von Erfolgswahrscheinlichkeiten bis hin zum Vorschlag interessanter zukünftiger Forschungsthemen eingesetzt werden. Daß die „besten“ Systeme zu den am strengsten gehüteten Geheimnissen eines Staates zählen werden, dürfte für jedermann einsichtig sein. Gleichzeitig wird der Rohstoff „Wissen“ verbunden mit dem entsprechenden „Know how“ das

Beziehungsgeflecht zwischen „armen“ und „reichen“ Ländern, zwischen rohstoffarmen, aber an Wissen reichen, zwischen an Rohstoffen wie Wissen reichen und an Rohstoffen wie Wissen armen Ländern noch engmaschiger verknüpfen. Dies könnte ein Vorteil sein, wird aber aufgrund vergangener leidvoller Erfahrungen eher als ein Nachteil für die „Armenhäuser dieser Welt“ gewertet.

Künstliche Intelligenz: Mißerfolg und/oder enfant terrible der Wissenschaft?

Mit Bestimmtheit können wir heute schon sagen, daß die Künstliche Intelligenz sowohl ein enfant terrible in der Wissenschaft

ist, als auch die Erforschung des bisher für unmöglich Gehaltenen repräsentiert.

Für unmöglich ist sie deswegen zu halten, weil sich bisher jedes neu entwickelte KI-Programm lediglich eines Teilaspekts menschlicher Intelligenz für die Bearbeitung eines Sachgebietes oder eines Themas erfolgreich zu bedienen vermag. Dadurch wird es von vornherein zu einem Mißerfolg, denn es stellt nie die von vielen erhoffte oder gefürchtete vollständige Verkörperung bzw. Abbildung menschlicher Intelligenz dar.

Ein enfant terrible der Wissenschaft ist die Künstliche Intelligenz als das jüngste Kind einer 3000jährigen Bemühung ebenfalls aufgrund ihres Versuches, zu beschreiben, was in unserem Verstand vor sich geht, denn: „Die Künstliche Intelligenz betrachtet mit dem Begriff des Prozesses, wie wir Zusammenhänge herstellen und abstrakte Ideen formulieren, wie wir erinnert werden, wie wir ein neues Wissensgebiet erlernen, und sogar, wie wir Fehler machen.“⁴⁷

Die Künstliche Intelligenz ist weiterhin nicht deswegen ein enfant terrible, weil sie sich im Experimentalstadium befindet bzw. nicht ohne interdisziplinäre Forschung betrieben werden kann, sondern sie ist enfant terrible infolge der Theorien der KI-Forscher selbst. Jene entwickeln ihre Theorien peu à peu und kümmern sich kaum darum, ob sie falsch, richtig oder verbindlicher als andere sind. Warum? Ihre Gedankengebäude können die KI-Leute mittels des Werkzeugs Computer in der Praxis testen. Funktionierte die erdachte Darstellung zum Beispiel eines dem Menschen nachempfundenen Verständigungsprozesses, so vermag die Theorie durch ihr Funktionieren in der Praxis weiterentwickelt zu werden, solange jedenfalls, bis man eventuell an einen Punkt kommt, wo gänzlich neue Wege

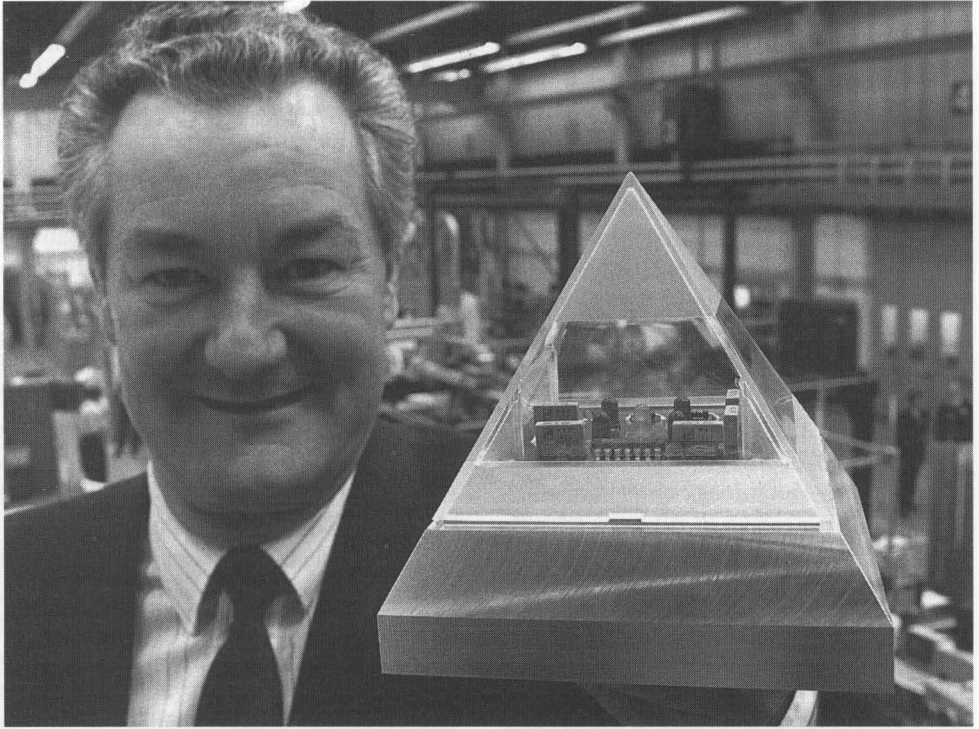
beschritten werden müssen. Vorhersehen läßt sich das freilich nie.

Die Hoffnung zu hegen, daß durch die wissenschaftliche wie organisatorische Installation eines KI-Forschungsbereichs (beispielsweise an einer Universität) gleichzeitig neue bahnbrechende Entdeckungen mitgeliefert werden, ist mehr als nur ein gewaltiger Irrtum. Weder die Künstliche Intelligenz selbst, noch die KI-Forschung ist imstande, neue oder kreative Ideen im voraus zu planen, zu berechnen oder zu regulieren, auch wenn dies manch einer vermeintlich erwartet.

Zur gesamtgesellschaftlichen Auswirkung der KI-Forschung

Abgesehen davon, daß sich das Forschungsgebiet mit dem mißverständlichen Namen „Künstliche Intelligenz“ fortlaufend in Grenzbereichen bewegt und bewegt wird, gilt es, schlaglichtartig einige vorstellbare gesellschaftliche Auswirkungen von Produkten aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz zu beleuchten.⁴⁸

In erster Linie ist die soziale Dimension dieses Wandels mit zu berücksichtigen, denn infolge immer „intelligenterer“ Programme werden viele Leute ihren bezahlten Arbeitsplatz verlieren. 1985 erbrachte eine Studie des Forschungsinstituts der Bundesanstalt für Arbeit, daß insgesamt zirka 600000 Personen durch die Computertechnologie einen neugeschaffenen Arbeitsplatz erhalten haben. Bei jener Erhebung wurden alle Wirkungsfelder, von der Herstellung der Hard- und Software über den Verkauf bis hin zur Inbetriebnahme einer EDV-Anlage beim jeweiligen Endnutzer, herangezogen. Im Gegensatz dazu erfolgt die Nutzung der Datenverarbeitung von einer mehr als achtmal so großen Anzahl von Menschen



Durch den gezielten Einsatz von Robotern soll die vollautomatische „Fabrik 2000“ nach einem Konzept des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA/Stuttgart) Arbeitskräfte einsparen. Sechs bis acht der für einen Modellauf notwendigen zehn Arbeitskräfte könnten in dem rechnergeführten Fabrikbetrieb, Computer Integrated Manufacturing genannt, entfallen. Nach eigenen Angaben ist es dem Forschungsinstitut erstmals gelungen, ein Werkstück vollautomatisch von der Auftragserteilung bis zur Endfertigung herzustellen. (Foto: dpa/Probst)

(zirka 5 Mio.) oder anders: knapp ein Viertel der Erwerbstätigen verwendet oder verwertet die EDV. Zweifelsohne verändert infolgedessen der vieldimensionale Einsatz der Datenverarbeitung die Arbeitslandschaft mit, da die Informationstechnologien gut in unsere derzeitige Produktionsstruktur passen. Sie werden schnell eingesetzt, da sie angeblich kapitalsparend sind.

Jüngst umriß die Prognos AG in drei Szenarien deren Wandel bis zum Jahre 2000, ohne selbstverständlich den Fortschritt in der KI-Forschung nebst deren produktorientierten Auswirkungen mitbedenken zu können. Hervorgehoben sei das Ergebnis: Schätzungen ergeben, daß in den nächsten Jahren etwa zehn Millionen

Arbeitsplätze von den neuen Informationstechnologien nachhaltig tangiert werden.⁴⁹ Allein im Bereich der üblichen Bürotätigkeiten werden im Jahre 2000 etwa 500000 Arbeitsplätze weniger existieren. Als erstes wird demgemäß die Künstliche Intelligenz Einzug in die Sphäre der standardisierten, routinisierten Büro- und Verwaltungstätigkeiten halten.⁵⁰ Im Produktions- und Wartungssektor spricht man von einer Arbeitsplatzersparnis in Höhe von 655000. Kompensiert werden soll das durch neue Arbeitsplätze im Managementbereich in Höhe von 500000 sowie 700000 bei persönlichen Dienstleistungen, die nun allerdings höher qualifiziert sind.

Da es leider kaum Analysen über den Einfluß von Hochtechnologien, die mit Hilfe der Künstlichen Intelligenz arbeiten werden, gibt, können wir hier einzig auf eine kanadische Studie von Gurstein⁵¹ verweisen. Diese sagt für die nächsten fünf Jahre im Bereich der maschinellen Übersetzung, des natural-language-processing (NLP) und der Expertensysteme einen vernachlässigbaren Einfluß der Künstlichen Intelligenz auf die Arbeitsplatzgestaltung von Frauen und Männern voraus. Interessanterweise wird der Beobachtungszeitraum der kommenden 10 bis 15 Jahre durch differenziertere Aussagen repräsentiert. Außerdem betont Gurstein den Veränderungsprozeß der „typischen“ Frauenberufe, während mehr auf das männliche Geschlecht zugeschnittene Professionen bestehen bleiben oder erst neu entstehen. Eine tiefgehende Diskussion über die soziale Dimension jenes umfassenden Wandels wird indes nicht vorgenommen, zum Beispiel bezieht der Autor die Vor- und Nachteile einer Besteuerung der maschinellen Wertschöpfung, wie dies in unseren Nachbarländern diskutiert wird, nicht als politische Perspektive in die Untersuchung mit ein. Vielmehr weist er auf die Bedeutung des Nicht-nutzen-Könnens der von Künstlicher Intelligenz beeinflussten Technologien in Entwicklungsländern hin. Die Gründe hierfür mögen mannigfaltig sein, jedoch wird die gravierende Benachteiligung speziell im Gesundheitswesen, bei großflächigen Infrastrukturmaßnahmen, in der wirtschaftlichen wie ökologisch-angepaßten Fortentwicklung (z.B. Computersimulationen angesichts des neu geschaffenen Instruments der Umweltverträglichkeitsprüfung), bei der Erkundung und schonenden Nutzung von nicht-erneuerbaren Ressourcen, bei der Nahrungsmittelproduktion, sprich Hungerbekämpfung, usw. spürbar sein.

Allein zu den sozialen Auswirkungen auf dem vergleichsweise „unbedeutenden“ Gebiet der Sprachübersetzung, dem Arbeitsfeld der Dolmetscherinnen und Dolmetscher weist Dieter E. Zimmer⁵² auf, daß in der Bundesrepublik Deutschland ungefähr 13000 Dolmetscher und Übersetzer mit einer geschätzten Jahresproduktion von 12 Mio. Seiten arbeiten. Jener Output der „Gebrauchsübersetzer“ übertrifft um das Fünzfachfache den der literarischen Übersetzer. Weiterhin beschäftigt die Europäische Gemeinschaft in Luxemburg allein 1100 Übersetzer für zumeist Gebrauchsübersetzungen mit einer Arbeitsleistung von etwa 850000 Seiten jährlich. Nicht nur hier, sondern weltweit sind über die Hälfte aller Planstellen für derartige Dienste besetzt. Eine ungeheuer große Zahl. Zimmers Fazit: Sollte der Computer bei dem Sisyphus-Job nur ein wenig helfen, wird er mit offenen Armen empfangen und installiert werden. Die Verwalter der Planstellen-Etats wie der Personenkreis, der die internationale diplomatische Kommunikation am Leben erhält, würden erleichtert aufatmen.

In all den vorstehend angeführten Einsatzbereichen Künstlicher Intelligenz wird es zu signifikanten qualitativen Veränderungen am Arbeitsplatz wie in der Quantität der Arbeitsplätze selbst kommen. Potentiell kann Künstliche Intelligenz alle Jobs ersetzen, für die ein sozialer Kontakt nicht erforderlich ist. Trotzdem muß Automation nicht zur Einkommenslosigkeit führen. Entscheidend sei nicht die Sicherung von Arbeit, sondern die von Einkommen, etwa dadurch, daß Anteile in automatischen Betrieben gezeichnet werden. Dennoch beruht unser gesellschaftliches System gegenseitiger Anerkennung auf Arbeit und Leistung. Werden wir nun die Fähigkeit zum demonstrativen Freizeit-Konsum zum alleinigen Kriterium

erheben? Künstliche Intelligenz wartet mit nicht abzuschätzenden Widersprüchen zwischen besseren, kreativeren Arbeitsbedingungen und der weitgehenden Verdrängung des Menschen aus dem Arbeitsleben, zwischen Dezentralisation und Demokratisierung und größerer Konzentration, zwischen verbesserter Teamarbeit und Reduktion von Kommunikation, zwischen Heim-Arbeitsplätzen und Verlust gewerkschaftlicher Solidarität auf. Und Informationstechnologie dringt in bislang kaum technisch geprägte Berufe ein und trifft auf Menschen, die sich zum Teil vor der instrumentellen Vernunft hierhin geflüchtet hatten.

Ob dafür anderweitig neue Formen der Erwerbsarbeit entstehen, bleibt ungewiß. Auch die sich daraus ergebenden Folgen für die Finanzierung des Rentensystems, der Krankenversicherung, der Arbeitslosenversicherung und des Staatshaushaltes sind noch völlig ungeklärt. Vielleicht müssen wir zu Formen der Besteuerung von Ressourcen – Material und Energie – greifen, ergänzend zu abgesenkten Formen der Besteuerung der Arbeit, die wohl beibehalten werden muß, um unterschiedliche Belastungen (etwa bei der Kindererziehung) ausgleichen zu können.

Bei der verbreiteten Sorge um gesellschaftliche „Enthumanisierung“ kraft künstlich intelligenter Computer übersieht man allzuerne die Tatsache, daß in nicht wenigen Sektionen unserer menschlichen Gesellschaft bereits viel humanere Arbeitsbedingungen herrschen könnten. Beispielsweise sind eine Vielzahl von Berufen als „Produkte“ der ersten beiden industriellen Revolutionen mit monotonen Tätigkeiten verbunden. Zwar wird die dritte industrielle Revolution dazu führen, daß zahlreiche Arbeiten nicht mehr von Menschen ausgeführt zu werden brauchen, was indes nicht synonym mit Enthumanisierung zu setzen ist.

Überlege jeder für sich: Beachte ich (in unserer vermeintlich modernen Gesellschaft) Künstler, Dichter, Wissenschaftler ausreichend, *und* kann ich mir genügend Zeit für deren „Schöpfungen“ nehmen, *und* bin ich instande oder möchte ich mich selbst an kreativen Prozessen beteiligen?

Charakteristisch für diese Entwicklung ist, daß der Begriff der Freizeit erst im 18. Jahrhundert definiert wurde, und zwar vom Arbeitsbegriff her. Vorher war hier der Begriff der Muße zuständig. Freizeit meint Freisein von Pflichthandlungen wie Nahrungsaufnahme usw. Sie ist eine verhaltensbeliebig oder selbstbestimmte Zeit, allerdings nicht unabhängig von der Gesellschaft. Daher stellt Muße ein ethisches Problem dar, das mit anwachsender Verwendung der Informationstechnologien eher noch zunehmen wird. Muße war lange ein Vorrecht des Adels, dann des aufstrebenden Bürgertums und bestand in der Freiheit vom Zwang, die eigene Existenz durch materielle Lohnarbeit absichern zu müssen. Das neuzeitliche Arbeitsethos führte dann zu einem Verfall der Muße, Zeit wurde zum Produktionsfaktor. Und Freizeit wurde als Regenerationszeit für die Arbeit empfunden. So bestimmte die berufliche Leistung immer mehr das Wesen des Menschen. Dies führte zu einer Einschränkung der Persönlichkeitsentwicklung und Selbstwerterfahrung des Menschen. Daher widerspricht die Instrumentalisierung des Menschen zu einem bloßen Produktionsfaktor seiner Personwürde und die Forderung nach einer Humanisierung des Arbeitslebens ist ein Punkt, in dem neuzeitliches Humanitätsideal und christliches Personverständnis konvergieren.

Gerade in der Nachkriegszeit wurde das Wirtschaftswachstum in den Vordergrund gestellt. Daher wurde und wird Wohlfahrt

auf das Problem des Sozialproduktes und der Einkommensverteilung reduziert. Aber die Marktpreise als Folge eines Verrechnungssystems geben keine Auskunft über Art und Intensität der Bedürfnisse. Lebensqualität ist nicht nur eine Frage des Sozialproduktes, sondern soll in einem System von Sozialindikatoren gefaßt werden, von denen einige hier aufgezählt werden: Gesundheit, individuelle Entwicklung durch Bildung und Erziehung, Beschäftigung und Qualität des Lebens, Freizeit, wirtschaftliche Situation, physische Umwelt, soziale Umwelt, soziale Chancen von einzelnen Gruppen, persönliche Sicherheit und Rechtswesen, politisches System. Lebensqualität macht bewußt, was der Markt nicht abzudecken vermag. Rigides Konkurrenzdenken unter Marktgesichtspunkten fördert nicht die Qualität der Arbeitsbedingungen. Und die neuen Technologien unterstützen wohl eher diesen Konkurrenzdruck.

Wird es nun durch die Einführung intelligenter Computersysteme möglich, diese Tendenz der letzten 200 Jahre umzukehren und Arbeit wieder von der Muße her zu verstehen? Skepsis ist angebracht; immerhin könnten sie einen Beitrag dazu leisten, daß wir unseren Tätigkeiten wie unserem ästhetischen Erleben die Bedeutung zurückgeben, die während des letzten halben Jahrhunderts infolge der Evolution des Maschinenzeitalters in Vergessenheit geraten oder geschmälert worden ist. Dergleichen vermitteln uns künstlich intelligente Elektronengehirne von neuem die Anerkennung unserer eigenen kreativen und intellektuellen Leistungen. Wie ist das zu verstehen? Nicht allein, daß ihr Einsatz ein Spiegel unseres Selbst wie unseres gesamtgesellschaftlichen Komplexes ist, sondern ihre Anwendungsmöglichkeiten zeigen uns auch klar, was wir alles mehr oder besser können als irgendein Compu-

ter; so gilt zuweilen das, was die Maschine tun kann, aufgrund dessen nichts, eben weil es die Maschine kann. Wir werden sicherlich genügend Dinge entdecken, „die man unserer Meinung nach Robotern und Computern vermutlich überlassen *könnte*, die aber niemand dem Computer überlassen *will*. Eine Maschine, die einen Fußball perfekt schießen oder einen Baseball eine Meile weit werfen kann, beeindruckt niemanden. Wir wollen sehen, wie *Menschen* diese Dinge tun.“⁵³ Oder anders gewendet: Vielleicht werden uns intelligente Computer eines Tages die Zeit wiedergeben, uns Dingen zu widmen, an denen es für uns und andere befriedigender ist zu arbeiten: Zeit, mit deren Hilfe wir die großen Menschheitsprobleme (z.B. Klimaveränderungen, Hunger, Verschuldungskrise, Ressourcenverknappung, Umweltverschmutzung) mit etwas mehr Energie, Ausdauer und Freude angehen, weil wir den „Rücken“ frei haben von anderen belastenden, routinemäßigen, alltäglichen, stumpfsinnigen „Kleinigkeiten“.

Sind es jedoch nicht gerade oftmals die alltäglichen, zur Routine gewordenen „Kleinigkeiten“, die es den meisten Menschen ermöglichen, nicht nur zu arbeiten, das heißt einem Beruf und demzufolge einer bezahlten Arbeit nachzugehen? Schulische, universitäre und außerschulische Bildung und Weiterbildung sind zu allen Zeiten getragen von dem Gedanken, mittels spezifischer Qualifikationen an dem System „Gesellschaft“ in vielfältiger Weise zu partizipieren. Versagen alle anderen Erwerbsmöglichkeiten, so ist die letzte Möglichkeit das Anbieten der eigenen Arbeitskraft, um zu leben (oftmals zu überleben). Weiterhin eröffnet bezahlte Arbeit erst den Zugang zu einem wie auch immer gearteten Sozialsystem, das einen gewissen Schutz für den einzelnen bietet. Zudem hilft das Einkommen beim Erwerb

von Eigentum und steuert damit bis zu einem gewissen Maße dessen Verteilung. Was geschieht indes, wenn insbesondere infolge der Freisetzung von (bezahlten) „Arbeitskräften in den Bereichen der standardisierten Büro- und Verwaltungstätigkeiten, dem Service- und Dienstleistungsbereich oder der Massenproduktion diese Menschen ihren „Marktwert“ bzw. was viel schlimmer ist, ihr Selbstverständnis verlieren? Gemäß unserer heutigen Gesellschaftsstruktur würde dies langfristig zur Einkommenslosigkeit führen – sieht man von der wahrscheinlich zunehmenden Tendenz zur „Schattenwirtschaft“ einmal ab. Freilich muß dies nicht sein und so gilt es, sich im Zuge einer Folgeabschätzung der Künstlichen Intelligenz Gedanken über alternative Einkommens- und (was noch viel wichtiger ist) Bildungs-, Ausbildungs- wie Freizeitmodelle zu machen. Kurz gesagt: Neben der Implementation neuer Technologien gilt es, parallel dazu neu gestaltete Sozialsysteme zu entwickeln und schrittweise politisch umzusetzen.

Andernfalls könnten die Auswirkungen auf die staatlichen und betriebsinternen Schutzgarantien gravierend sein. Es wird kaum noch der Unterschied zwischen Arbeitern und Angestellten eine Rolle spielen, sondern es wird eine firmenspezifische Stammebelegschaft und eine zahlenmäßig schwankende Randbelegschaft geben. Diese „Selbständigen“ tragen bei konjunkturellen Schwankungen ein hohes Arbeitsplatzrisiko, ihre Stellung im Netz der Kranken- und Rentenversicherung ist ungeklärt. Nicht ganz unähnlich der Schein-Selbständigkeit bei Metzgern auf Schlachthöfen, zur Zeit etwa 200000 an der Zahl, und durch Ausnutzung der hohen Arbeitslosigkeit werden hier Rechte der Arbeitnehmer nicht nur in der Leiharbeit verletzt. Verstärkt wird dies durch eine Privatisierung von Bürotätigkeiten.

Probleme für die Gewerkschaften zeichnen sich ab. Zwar hat die Schattenwirtschaft größere Flexibilität und darum auch höhere Selbstverwirklichungschancen, die in das Bild der „silent revolution“ passen, dennoch könnte dieser Trend – in der Bundesrepublik gibt es derzeit etwa 1200 Teleheimarbeitsplätze – auch dazu führen, daß mehr Menschen als bisher in Krisenzeiten und im Alter unter das Subsistenzminimum rutschen. Vielleicht liegt die Lösung darin, daß ein Teil der Beschäftigten den Grundbedarf und Versorgungsansprüche mit einer halben Stelle sichert, das Angenehme aber in zusätzlicher selbständiger Arbeit verdient, wobei jeder selbst Bedarf und Leistung abschätzen kann. Falls die erwähnten Probleme gesellschaftlicher Solidarität bei Renten-, Kranken-, Arbeitslosenversicherung zu lösen sind, dann kann eine Flexibilisierung der Arbeitszeit, der beruflichen Tätigkeiten und Selbstbestimmung über den eigenen Tagesablauf durchaus zu einem Zuwachs an Lebensqualität führen.

Roboter mit eingeschränkter „Eigenintelligenz“ sollten bei gefährlichen oder stumpfsinnigen Arbeiten eingesetzt werden. Schwierig hingegen scheint es, Modelle für eine einigermaßen gerechte Verteilung der von Maschinen produzierten Güter und Vermögenswerte zu entwickeln. Es ist sogar denkbar, daß in naher Zukunft Informationstechnologien uns helfen, Probleme zu lösen, die aus der Struktur der Erwerbsbevölkerung entstehen, wenn die geburtenschwachen Jahrgänge berufstätig werden. Dennoch ist eher zu vermuten, daß die Diskrepanzen zwischen denen, die Arbeit haben, und denen, die nicht vermittelbar sind, anwachsen werden. Beunruhigend wirkt die bislang vielfach erwiesene Unfähigkeit, politische und soziale Strukturen zu finden, die es erlauben, den erwirtschafteten

Reichtum und die verbliebene Arbeit gerecht und human zu verteilen. Die Kräfte des Marktes werden wohl eher dazu tendieren, immer mehr Arbeit und Bezahlung auf immer weniger hochspezialisierte Spitzenkräfte zu konzentrieren, die eben mit den Neuen Technologien umgehen können. Der Traum, daß dadurch Kapazitäten frei werden, die dem Menschen einen kreativen Umgang mit seinem Leben erlauben, wird wohl auf längere Zeit Utopie bleiben. Dazu müßten die Menschen ganz anders ausgebildet und auf ihr Leben vorbereitet werden.

Wir sehen bereits an den heute herrschenden Verhältnissen, daß es für Arbeitslose schwierig ist, für ihre Interessen einzutreten. Die Wirksamkeit von Streiks wird abnehmen, wenn die Arbeiter immer weniger damit drohen können, den Fabrikbetreibern das zu verweigern, was bisher ihr hauptsächlichstes Mittel war, mit dem sie verhandeln konnten. Die Neuen Technologien bergen die Gefahr zunehmender struktureller Arbeitslosigkeit für die Gruppen in sich, die nichts zu verkaufen haben. Zudem ist es zumindest denkbar, daß sich andere Formen des sozialen Protestes etablieren, etwa Terrorismus, organisiertes Verbrechen, Bürgerkrieg, wenn weitere Bevölkerungsschichten von bezahlter Arbeit ausgeschlossen werden.

Computertechnologie verändert bislang unsere Gesellschaft dadurch, indem sie gegenwärtige Trends verstärkt. Sie wird das Ineinandergreifen der drei Schlüsseltechnologien Kerntechnik, Gentechnologie und Informationstechnologie integrierend vorantreiben. Insbesondere im militärischen Bereich ist sie selbst der Schlüssel der Schlüssel.

Desweiteren wurde bisher nicht verhindert, daß Menschen in Machtpositionen Computermodelle benutzen, um inhaltschwere Entscheidungen zu treffen, Ent-

scheidungen, die für unser aller Leben jetzt und in Zukunft von immenser Tragweite sind.⁵⁴ Zwar war die Nutzung „nur“ auf deskriptive statistische Modelle beschränkt, die einige – oftmals erschreckend präzise – Mutmaßungen über Teilbereiche einer Gesellschaft repräsentierten; nichtsdestoweniger wurden diese zur Entscheidungsfindung herangezogen. Demzufolge wird es künftig unwahrscheinlich sein, daß wir alle Menschen in verantwortlichen Positionen dazu überreden können, keine Computer mehr zu verwenden oder sich gar zu weigern, die Möglichkeiten der Entscheidungsfindung durch intelligente Computersysteme nicht zu nutzen und zu verwerten. Unsere vordringliche Aufgabe muß daher sein, darauf zu achten: die jetzt und in futuro konzipierten Modelle für künstlich intelligente Computer müssen derart konzipiert werden, daß die jeweils abgefragten Szenarien in hohem Maße „realistisch“ sind, damit diejenigen, die aus ihnen einen Gewinn erzielen wollen, eine transparentere Vorstellung von den vernetzten Konsequenzen ihrer Einzelentscheidungen erhalten.

Da wir seit einer Reihe von Jahren einen Großteil des Weges von der Produktions- zur Informationsgesellschaft hinter uns zurückgelegt haben, werden nicht selten der öffentliche Zugang zu, die prinzipielle Bedienbarkeit für jedermann und die möglichst geringe Geheimhaltung von Informationen in entsprechenden Computersystemen gefordert. Gewiß vermag dadurch eine unschätzbare Hilfestellung im Sinne einer Dienstleistung erbracht zu werden; zum Beispiel müßten wir zum Schreiben eines bestimmten Artikels nicht mehr „endlos“ in den entsprechenden Fachgebieten einer Bibliothek nach Literaturstellen suchen. Ein geeignetes Suchprogramm hätte unendliche Geduld, Zeit und Schnelligkeit, das eingeforderte Wissen zu son-

dieren, auf meine vorgegebene Brauchbarkeit hin zu überprüfen und mir gesammelt mitzuteilen. Auf der anderen Seite wird es auch viel leichter sein, nachzuprüfen, mit welchen Themen wir uns wissenschaftlich beschäftigen, in welche Richtung vielleicht unsere Forschungen zielen, ja zu bewerten, ob sie von „öffentlichem“ Interesse sind oder nicht. Außerdem wäre es für ein Suchsystem leicht durchführbar, uns „bewußt“ Wissen vorzuenthalten.

Desweiteren wird es – allgemein gesehen – müheloser sein, Menschen oder Menschengruppen gezielter zu überwachen. Wissenschaftler mögen daher Recht haben, wenn sie konstatieren: ein bevorzugter Zugang zu speziellem Wissen stellt ein gewaltiges Machtpotential dar. Freilich bringt die legitime Forderung einer Offenheit der Information für jedermann noch lange keinen Erfolg im Hinblick auf Demokratisierung des Wissens. Informationen werden von jemandem „hergestellt“, in eine Datenbank eingegeben und in komplexe Programmstrukturen eingebunden; intelligente Computer „erfahren“ dadurch einen Informationszuwachs, so daß der jederzeit mögliche freie und aktive Umgang mit *und* das notwendige Verstehen von grundsätzlich allem computer-technisch gespeichertem Wissen der Dreh- und Angelpunkt für den Endnutzer ist. Die damit einhergehende Konsequenz, den Menschen bei derartigem Tätigsein im Auge zu behalten, damit er den Computer nicht zu fragwürdigen Zwecken einsetzt, mag zwar Unbehagen hervorrufen; jedoch werden sich selbst künstlich intelligente Computer in den nächsten Jahrzehnten nicht gegen die Menschheit oder einzelne Menschen zu finsternen Zwecken verschwören können, viel eher werden sie sich für derlei Machenschaften mißbrauchen lassen.

Wenn schon eines nicht allzu fernen Tages intelligente Computer neben uns Menschen eine ihnen eigene reale Welt „besitzen“, diese uns widerspiegeln und damit zum Teil unsere Sichtweisen mitbestimmen, sollten wir keinesfalls zu viel Vertrauen in jene Scheinrealwelten noch so intelligenter Maschinen legen. Doch leider verhalten wir uns bereits heute in der Weise, als ob wir der vermeintlich neutralen und unbeeinflußbaren Maschine mehr Vertrauen entgegenbringen dürften als einem Menschen. Sicherlich mag der „Umgang“ mit ihr manchmal effizienter (und auch kostengünstiger) sein, sicherlich ist in bestimmten Dingen die Hemmschwelle beim „Umgang“ mit ihnen nicht so hoch wie bei einem menschlichen Kommunikationspartner; dennoch sollten wir uns vor dieser Form von „falschem“ Vertrauen, einem Vertrauen, das eine Maschine gar nicht im menschlichen Sinne entwickeln bzw. einlösen kann, sehr hüten.⁵⁵

Mäeutik eines neuen Bildes vom Menschen?

Sokrates, dessen philosophische Position von Platon in seinem Dialog „Theaitetos“ als Hebammenkunst, Mäeutik,⁵⁶ beschrieben wurde, betrachtete die Fähigkeit des Zweifelns, des Prüfens und Unterscheidens und die Hilfestellung, Fehlgeburten (des Denkens) von Vollkommenem trennen zu können, als eine zutiefst menschliche Aufgabe, als die Bestimmung des philosophischen Woher des Menschen. Er ahnte nicht, daß diese Fähigkeiten einmal für würdig befunden werden könnten, von „intelligenten“ Maschinen simuliert zu werden.

Nun scheint ein Zeitalter angebrochen zu sein, das Philosophieren an Computer zu delegieren sich anschickt.

Simulation menschlichen Wissens

Künstlicher Intelligenz als einem Teilprojekt der Cognitive Science⁵⁷ geht es um die Modellierung kognitiver Leistungen, also letztlich menschlicher Leistungen. Computermodelle sind ein wichtiges Hilfsmittel der Cognitive Science. Es ist aufschlußreich, wenn in einer technischen Disziplin psychologische Termini auftauchen. Ein neues nichttechnisches Selbstverständnis bahnt sich in dieser Disziplin an.

Für Elmar Holenstein hat die Modellbildung der Cognitive Science zu nicht unerheblichen Fortschritten geführt. Insbesondere ihr Scheitern wertet nämlich nicht-sprachliche, nicht-rationale und sub-kognitive Schichten im menschlichen Wissen auf. Andererseits ist deutlicher geworden, welche Strukturen der Kognition sich bereits vor den Menschen im evolutionären Prozeß ausgebildet hatten. Darüber hinausgehend ist der Versuch, Intuition auf unbewußte Schlußfolgerungen zurückzuführen, schwer erschüttert worden.⁵⁸ So dürfen Computermodelle für die Psychologie als Gewinn gelten, denn verstanden ist erst das, was man konstruieren kann. Cognitive Science bahnt die Wendung von einer Wissenschaftstheorie zu einer Philosophie des Geistes. Simulation und Modellbildung erarbeiten einen Rationalisierungs- und Aufklärungsgewinn, gerade indem sie die Grenzen einer rationalen Rekonstruktion des menschlichen Erkennens aufweisen. Denn insgesamt leitete Cognitive Science eine „Teilrehabilitation der Einfühlungstheorie des Verstehens“⁵⁹ ein. Für Holenstein ist folgende Einsicht – gewonnen im Anschluß an Searle – entscheidend: Es gibt keine Zwischenebene des Algorithmus zwischen Neurophysiologie des Gehirns und der Intentionalität des Geistes. Damit mausert sich Cognitive Science zu einem offenen Forschungspro-

gramm, in das das Wissen um die Möglichkeiten und Grenzen von Simulation und Modellbildung mit eingeht.

Derart abgemessene Urteile hörte man aber nicht von Anfang an bei den Verfechtern der Künstlichen Intelligenz. In Zeiten, da sie den Kinderschuhen kaum entwachsen war, galt das Axiom, menschliches Denken sei berechenbar. Der Universal-kalkül, von dem Leibniz geträumt hatte, und den Künstliche Intelligenz mit philosophischem Anspruch in die Tat umsetzen wollte, stößt aber angesichts des Problems menschlicher Intelligenz und menschlichen Wissens an eine Grenze. Eine Algebra des Denkens, bei der zufällig den beiden Zuständen des Aus-An elektronischer Schaltkreise eine direkte Analogie zur Wahr-Falsch-Disjunktion der formalen Logik zu entsprechen scheint,⁶⁰ war nun das Ziel; ein Projekt behaftet mit der Hypothek der Gödelschen Sätze für formale Systeme, die in unentscheidbare Probleme führen, wenn diese sich selbst formal begründen wollen. Für Maschinen gelten Gödels Theoreme, für Menschen nicht, da sie nicht nur über die formale Ebene verfügen. Sie können zum Beispiel auf die argumentative Ebene, auf Lebenswelt und die pragmatische oder kommunikative Dimension von Rationalität ausweichen. Dies erklärt die formale Uneindeutigkeit der Begriffe menschlicher Intelligenz, menschlichen Wissens und menschlichen Verstehens.

Wenn schon nicht für die Simulation menschlichen Wissens, dann müßte aber doch zumindest im Rahmen einer mathematischen Beweistheorie diese Algebra herangezogen werden können, um so wenigstens einen Bereich von Rationalität weiter erhellen zu können. Doch auch hier eröffnen sich neue Schwierigkeiten. Denn die klassischen Kalküle ergeben selbst für den aussagenlogischen Fall keine übermä-

fig effizienten Deduktionssysteme, da bei ihrer Entwicklung die Frage der prinzipiellen Übertragbarkeit von semantischen Folgen auf syntaktisches Ableiten geklärt werden mußte und an eine Implementierung noch gar nicht zu denken war.⁶¹ So kommt es zu Implementierungsunvollständigkeiten, denn Logik ist keine geeignete Programmiersprache. So sind komplizierte Kontrollstrukturen erforderlich, die selbst nicht wieder logischer Art sind. Zwar ist zunächst daran zu denken, Computer wegen ihrer Leistungsfähigkeit auf Gebieten einzusetzen, die dem Menschen schon aus zeitlichen Gründen verschlossen bleiben. Dennoch kommt man mit derartigen Unternehmungen nicht zu sicherem Wissen, sondern in den Bereich des Unkontrollierbaren. Denn in der elektronischen Datenverarbeitung ist Logik zudem physikalisch implementiert, so daß mit der vollständigen mathematischen Induktion hier nicht argumentiert werden kann.

Künstliche Intelligenz bringt uns also bereits bei der Rekonstruktion logischer oder mathematischer Rationalität in ungeahnte Kontrollprobleme. Die aufklärerische Idee kritischer Rationalität und selbsttätiger Überprüfung ist in Gefahr. Denn wer kontrolliert die Beweise der Computer? Andere Computer? Derselben Bauart? Derselben Größe? Mit anderer Software? Hier müssen wir der Versuchung zu einem neuen Dogmatismus, der Ergebnisse unkritisch und ohne Kontrollmöglichkeiten übernimmt, von Anfang an wehren. Das neuzeitliche Projekt menschlichen Wissens ist in Gefahr, durch ein neues subjektloses und kriterienloses Simulieren abgelöst zu werden.

So werden die Fundamentalangriffe insbesondere von Searle und Dreyfus auf die Künstliche Intelligenz verständlich, wenn auch die überstarke Gewichtung, ja das nahezu alleinige Festhalten an der Intentio-

nalität und der Eingebundenheit menschlichen Wissens in die Pragmatik seines Lebensvollzuges überzogen scheint. Sicher gestehen auch die Gebrüder Dreyfus dem Computer zu, daß er besonnener und präziser ist und weniger zu Erschöpfung neigt wie ein Mensch.⁶² Dennoch können sich Computer mit menschlichen Experten nicht messen, denn nicht Präzision ist die wesentliche Eigenschaft menschlicher Intelligenz, sondern Intuition. Dreyfus, beeinflusst von Heidegger, Merleau-Ponty und dem späten Wittgenstein behauptet, daß wir durch das Versagen des Projektes der Künstlichen Intelligenz über uns Wesentliches gelernt hätten, nämlich daß menschliches Wissen sich nicht auf Regelanwendung reduziert, sondern sich nur als Kompetenz beschreiben lasse. Er unterscheidet dabei fünf Stufen des Kompetenzerwerbs. Daher sind Computermodelle menschlichen Nicht-Experten durch ihr Regelwissen überlegen, den Experten jedoch unterlegen. Denn der Experte folgt keinen Regeln, sondern erkennt Tausende von Einzelfällen. Daher sind Computer höchstens nützliche Werkzeuge. Denn wäre unser Geist eine Maschine, dann müßte das Bedürfnis nach Drill in unserem Erziehungssystem unverständlich bleiben. Da nun aber Experten zur bedrohten Spezies geworden sind, menschliches Wissen auszusterben droht, plädiert Dreyfus für eine distanzierte Betrachtungsweise des Leistungspotentials der Künstlichen Intelligenz.

Grundlage des falschen Verständnisses des menschlichen Geistes durch die klassische KI-Forschung bilden nach Stevens vier Voraussetzungen:⁶⁴

- Das menschliche Gehirn entspricht in physikalischer Hinsicht einem Computer (biologische Prämisse).
- Der Geist arbeitet nach bestimmten Regeln, die quantifiziert und in einen digi-

talen Code übersetzt werden können (psychologische Prämisse).

■ Alles Wissen kann in digitaler Form dargestellt werden (erkenntnistheoretische Prämisse).

■ Allgemeinwissen kann in kleine, unabhängige und situationsungebundene Stücke aufgeteilt werden und diese können alle in einen Digitalcomputer einprogrammiert werden (ontologische Prämisse).

Das Geist-Gehirn-Problem

Zur Bestimmung des Ansatzpunktes einer zeitgemäßen Philosophie des Geistes ist daher eine Rekonstruktion des Geist-Gehirn-Problems erforderlich. Dabei ist das Leib-Seele-Problem in seiner neuzeitlichen Version abhängig vom Mechanismus-Konzept der Naturwissenschaften. Der Mechanismus erlaubt eine Mathematisierung des Problems, Ansatzpunkt auch für Cognitive Science. Damit wird ein bestimmtes Modell zugrundegelegt, in dessen Rahmen eine wissenschaftliche Erklärung zur Diskussion steht.

Ein Ausweg und einen eigenen Zugang zur Philosophie des Geistes sucht Hilary Putnam in seinem Aufsatz „Minds and Machines“. Er vermutet, daß das klassische Leib-Seele-Problem ein linguistisches und logisches Problem darstelle.⁶⁵ Da bei ihm die rein logische Beschreibung einer Turing-Maschine keine Spezifikation des ihr zugrundeliegenden physikalischen Zustandes einschließt, verwischt Putnam den Unterschied zwischen Mensch und Maschine. So gibt es für ihn zwei mögliche Beschreibungen von Maschinen und zwei zulässige Beschreibungen der menschlichen Psychologie. Denn die Turing-Maschine kann sowohl durch die Baupläne des Ingenieurs wie die mathematischen Schaltpläne des Logikers erfaßt werden.

Die menschliche Seele hingegen läßt sich durch eine behavioristische Annäherung bis hin zu einer physikalischen Erklärung und durch eine Deskription mathematisch-logischer Verknüpfung von Impressionen beschreiben. Die jeweils letztere Beschreibung von Maschine und Seele sei vereinbar, allerdings nur auf der Beschreibungsebene. Die Frage ist allerdings, ob wir etwas begriffen haben, wenn wir derartige Modelle heranziehen, nicht nur, ob dies zulässig ist, obwohl für dieses vorsichtige Herantasten natürlich einiges spricht. Für Putnam ist daher die Frage nach der Maschinen-Intelligenz eine hervorragende Annäherung an das Problem des menschlichen Geistes⁶⁶, da vom rein logischen Standpunkt aus die menschliche Seele eine Turing-Maschine sein könnte.⁶⁷

Searle hingegen argumentiert gegen eine bloß logisch mathematische Rekonstruktion des menschlichen Geistes. Er unterscheidet die starke und schwache (beutsame) KI-These. Gemäß der starken KI-These ist der recht programmierte Computer selbst ein Geist.⁶⁸ Gegen die Ansprüche der schwachen KI-These sei nichts einzuwenden. Allerdings behauptet Searle, daß kein rein formales System jemals für die Darstellung von Intentionalität ausreichen wird, weil formale Eigenschaften keine konstitutive Bedeutung für Intentionalität haben. Gehen wir jedoch von dem Begriff des Verstehens in Searles Sinne aus, so haben wir Wahrheit und Intentionalität zu unterscheiden. Als Anlaß für seine Überlegungen nimmt Searle die Beobachtung, daß sich menschliches Verhalten gewöhnlich gegenüber einer Erklärung mit den Methoden der Naturwissenschaften als eigentümlich widerspenstig erwiesen hat.⁶⁹ Repräsentation als ein Beispiel für Intentionalität, natürlich besonders interessant für die Bewertung von Künstlicher Intelligenz, ist für Searle

nicht durch ihre formale Struktur bestimmt, sondern durch einen intentionalen Repräsentations-Gehalt und durch einen psychischen Modus. Dabei sind intentionale Zustände in der Struktur des Hirns sowohl verursacht als auch realisiert.

So sieht Searle den Ausweg aus diesem Problem mit seinem Ansatz einer nichtontologischen Identitätstheorie. Der Fehler der Empiristen bestehe darin, daß sie ausschließlich die Idee der Verursachung zugrundelegen, der Mangel der Phänomenologen hingegen ist darauf zurückzuführen, daß ihre alleinige Erhellung der Intentionalität sie im Solipsismus verharren ließ. Demgegenüber will Searle Verursachung als intentionale Beziehung zugrundelegen und das Netzwerk intentionaler Zustände und ihrer kausalen Erfüllungsbedingungen rekonstruieren. Gemäß Searles Theorie ist Realität ein kausaler Begriff mit der Konsequenz, daß ein zur Wahrnehmung und Handlung unfähiges Wesen Kausalität und intentionale Verursachung so nicht erleben könnte wie wir. Für Searle gibt es mehrere Arten von Geist-Hirn-Problemen. Entscheidend ist für ihn, daß geistige Zustände sowohl von den Aktivitäten des Gehirns verursacht, als auch in der Struktur des Hirns realisiert sind. Damit ist dem Ansatz der starken Künstlichen Intelligenz der Boden entzogen. Die starke KI-These impliziert ein Modell von Rationalität, das entfremdet, während die schwache KI-These eine interessante aufklärend-kritische Funktion in der Bestimmung und Modellierung von Rationalität haben könnte. Auch heuristisch wertvolle Anregungen zum menschlichen Selbstverständnis gerade in der „Cognitive Science“ sind zu erwarten.

Die starke KI-These hingegen ist das Projekt der Fortsetzung eben jenes Modells des Menschen und des menschlichen Denkens, das von der ratio ratioci-

nans, der rechnenden Vernunft ausgeht. Dabei muß Künstliche Intelligenz nicht notwendigerweise zu einem reduktionistischen Menschenbild kommen, wenn sich die ingenieurwissenschaftliche Einstellung zur Künstlichen Intelligenz durchsetzt. Trotzdem ist die Gefahr nicht unrealistisch, daß Künstliche Intelligenz eher zu einem instrumentalistisch-rationalen Menschenbild im Hobbes-Paradigma beiträgt.

Daher spricht Weizenbaum vom „Imperialismus der instrumentellen Vernunft“, auf dem die Macht der Computer beruht. Die „Durchschlagkraft der mechanistischen Metapher“ hat das Unbewußte unserer ganzen Kultur durchdrungen. Und dies wird durch Künstliche Intelligenz nur verstärkt. Paradigma der neuen Weltansicht ist die Uhr. Sie ist keine „prothesenartige Maschine“, sondern schafft vielmehr eine neue Wirklichkeit, die zur Verwerfung der ursprünglichen Erfahrung führt. Dabei ist gerade ihre Regelmäßigkeit die fürchterlichste Eigenschaft der Maschine.

In Verbindung mit den Erkenntnissen der Neurophysiologie, Psychologie und Biologie könnte sich ein Menschenbild abzeichnen, das noch konsequenter als bisher menschliches Wissen und sittliche Entscheidungen als bloße Funktionen des Gehirns auffaßt. Es besteht nämlich durchaus die Gefahr, daß das Wissen um den Simulationscharakter der Künstlichen Intelligenz verloren geht, daß sich Denken und Sprechen nur noch auf der Ebene mathematisch fixierbarer Gegenständlichkeit bewegen, und die menschliche Befähigung zur Reflexion abnimmt. Ein „aufgeklärter“ Reduktionismus könnte unserem neuzeitlichen Menschenbild, unserem Begriff von Menschenwürde und unseren Vorstellungen hinsichtlich der Begründungspflicht sittlicher Entscheidungen derart den Boden entziehen, daß er dem

instrumentellen Zugriff mittels der neuen Technologien – selbst seines personalen Kernes – nicht mehr zu widerstehen vermag.

Vielleicht sind diese Befürchtungen übertrieben. Denn Erfolg hat Künstliche Intelligenz gegenwärtig im wesentlichen bei Expertensystemen, dort wo formalisiertes, technologisches Wissen gefragt ist. Bei der Simulation natürlichsprachlicher Systeme bestehen noch große Probleme, obwohl sie für die Mensch-Maschinen-Kommunikation ganz wichtig wären. Einige der Merkmale der Umgangssprache, die ihrer maschinellen Verarbeitung bislang enge Grenzen setzen, sind: semantische Unschärfen, Ambiguitäten auf verschiedenen Sprachebenen, Vagheiten, anaphorische Sprachverwendung, Möglichkeiten der elliptischen Verkürzung und des metaphorischen Sprachgebrauchs.

Dennoch werden die Erfolge auch in diesen Bereichen der Simulation der natürlichen Sprachen zunehmen und mit ihnen die Neigung, die Simulation für die eigentliche Wirklichkeit zu halten. Davon ist nach den Erfahrungen mit dem Positivismus auszugehen, der die methodische Rekonstruktion der Wirklichkeit nach wie vor als Realität ausgibt. Wir lernen gerade, die damit einhergehenden Verkürzungen im Menschenbild zu erkennen, da taucht bereits eine neue Gefährdung auf, die den Menschen weiterer Instrumentalisierung zugänglich macht. Besonders bedenklich scheint dabei, daß die materiale Basis sittlicher Entscheidungen und moralischer Freiheit durch die sich abzeichnenden Ergebnisse der Humangenetik, Gehirnforschung und Künstlichen Intelligenz selbst in Frage gestellt werden dürfte.

Computerunterstützte Entscheidung gegen praktische Rationalität

Doch nicht nur im Bereich der mathematischen oder logischen Rationalität bietet Künstliche Intelligenz ihre Hilfe an. Auch vor Entscheidungen machen die Pläne der Vertreter des neuen Paradigmas nicht halt. Die ethische Rationalität selbst steht in Frage. Mag man den Streit um Cognitive Science oder den Status von Deduktionsystemen im Bereich der mathematischen Beweistheorie noch für Spielereien halten, so betreffen hier die Wirkungen möglicherweise jeden.

Dabei versteht man unter „entscheidungsunterstützenden Systemen“ (DSS für Decision Support System)⁷⁰ ein System auf Computerbasis, das die Produktivität und Effektivität von Entscheidungsträgern insbesondere in unstrukturierten Problemsituationen erhöht.⁷¹ Es enthält drei Bestandteile: Sprache, Wissen und Problemlöser. Dabei ist als Ziel an einem vollständig automatisierten DSS ohne Programmierkenntnisse des Benutzers festzuhalten. Die Schwierigkeiten werden nicht übersehen, denn Entscheidungen sind nur sehr schwer zu rekonstruieren und die häufig kollektive Benutzung von DSS macht es erforderlich, den „kognitiven Stil“ einer größeren Gruppe zu bestimmen. Die bisherige Aufgabenorientiertheit von Programmen müsse daher durch eine Benutzerorientiertheit abgelöst werden. Dem ganzen Unternehmen liegt die Annahme zugrunde, daß besseres Wissen bessere Entscheidungen erzeugt.⁷² Planungshilfen bei Entscheidungen, Problemlösungsstrategien, der Mensch-Maschinen-Dialog und seine Modellierung, die Psychologie der Entscheidung und vernetzte Kommunikation sind daher die Forschungsfelder der DSS-Programmierer. Aufbereitetes Wissen etwa in Entschei-

dungsbäumen könnte Handlungen durchsichtiger und nachvollziehbarer machen. So ließe sich die Sehnsucht nach einer rationalen Gesellschaft erfüllen. Allerdings ist noch nicht ausgemacht, um welche Form von Rationalität es sich hier handelt.

Dennoch gibt es Schwierigkeiten. Da geht es zum einen um Modelle für Ungewißheit, um die Frage der Quantifizierung von Unsicherheit.⁷³ Die Näherung soll über die Feststellung von Graden des Vertrauens gelingen, die dann in einem probabilistischen Netzwerk eingefangen werden sollen. Dafür wurden zwei Modelle vorgeschlagen, die Wettverhaltensinterpretation und die qualitative Annäherung. Bei beiden Modellen wird jedoch höchstens eine individuelle Einschätzung festgestellt, die nicht als objektiv gelten darf. Daher scheint sich der Ausweg über eine Festsetzung von oberen und unteren Wahrscheinlichkeiten anzubieten.

Versucht man hierbei nicht letztlich, zwei unvereinbare Bereiche über einen Kamm zu scheren, wenn man unsicheres Wissen, unsichere Maßeinheiten und subjektive Zustimmung in ein Modell zusammenbringen möchte? Zu unterscheiden sind Strategien präskriptiver und deskriptiver Entscheidung.⁷⁴ Daß der Wissensstatus einschließlich der Deskription von Entscheidungen simulierbar sein könnte, mag noch einleuchten, doch wie soll das normative Element angemessen einbezogen werden? Dies setzt zumindest eine deontische Logik voraus und eine Entscheidung über den Status ethischer Rationalität. Doch ist ein deontische Logik flexibel genug für Entscheidungen unter Risiko, in der Zeit und bei neu auftretenden Problemen? Auf jeden Fall wird der Anspruch erhoben, daß sich das normative Element der klassischen utilitaristischen Theorien mit der Künstlichen Intelligenz als Simulation menschlichen Verhaltens verknüpfen

läßt. Doch damit stellt sich die Frage, welche Version des Utilitarismus nach welchen Kriterien auszuwählen ist. Sind es Kriterien der Modellierbarkeit in Computern oder Kriterien sittlicher Rationalität? Sind es allein Kriterien der Machbarkeit, so wären diese Versionen einer DSS entfremdete Formen von Rationalität, es sei denn, es ließe sich aufweisen, daß die Struktur der Modelle sittlichen menschlichen Entscheidungen entspricht.

Doch steht zu vermuten, daß DSS gar nicht auf sittliche Entscheidungen zurückgreift. Der Entscheidungsbegriff hat unterschiedliche Bedeutungen. Dabei besagt der logische Begriff der Entscheidung die Determination durch einen Algorithmus.⁷⁵ Modelliert wird der Deduktionsprozeß, der zu einem logischen Urteil führt, dem eine Entscheidung zur Handlung folgen kann. DSS möchte mehr Rationalität in die Entscheidungen bringen. Dagegen ist nichts einzuwenden, doch ist der Verdacht nicht abzuwehren, daß in der DSS instrumentell orientierte Rationalität ethische ersetzt.

Grundsätzlich müssen die beiden Bereiche der Ingenieursanalyse des technischen Systems und die psychologische Beschreibung menschlicher Fähigkeiten in einer zusammenhängenden Theorie erfaßt werden.⁷⁶ Aber läßt sich Klugheit oder Tugend im aristotelischen Sinne programmieren? Sind sittliche Einstellungen menschliche Fähigkeiten, die nach einem Algorithmus ablaufen? Es ist nicht zu vermuten, daß das der genaue Sinn der Rede von „praktischer Vernunft“ und „sittlicher Rationalität“ ist. Die übergreifende Theorie, die den Spalt zwischen Ingenieursanalyse und der menschlichen Psyche überbrücken soll, müßte im Sinne der DSS wieder maschinenmäßig modellierbar sein. Damit bewegen wir uns in die Gebiete der Geist-Gehirn-Problematik. Wenig spricht

noch für ein Gelingen der DSS, sofern mit Entscheidungen sittliche gemeint sind. Eher sind spieltheoretische Konzepte zu erwarten, in denen Präferenz-Funktionen im Sinne ökonomischer Theorien⁷⁷ den Kern bilden. Sie könnten dann, programmiert nach der Regel der Nutzenmaximierung, das Programm des rationalen Egoisten abspulen. So beinhaltet das Votum für ethische Rationalität eine Antwort auf die Frage, warum moralisch handeln, wenn immer mehr computerunterstützte Entscheidungen nach dem Muster des rationalen Egoisten gefällt werden.

Sicher wäre es übertrieben, die sittliche Intuition des Experten so in den Vordergrund zu stellen, wie Dreyfus es tut. Auch Intuitionen sind in nicht geringem Ausmaß fehlbar. Und hier ist das Plädoyer der Künstlichen Intelligenz für mehr Rationalität in Entscheidungen durch Strukturierung ihrer wissensmäßigen Voraussetzungen akzeptabel. Das Problem beginnt dort, wo Entscheidungen nicht mehr unterstützt, sondern ersetzt werden sollen, wie es häufig in programmatischen Formulierungen anklang. Aber welcher Art kann die Entscheidung sein, wenn wir gerade bei Versionen eines automatischen Entscheidens den Vorschlag nicht mehr kontrollieren können, den das System anbietet, weil unsere Kenntnisse nicht ausreichen oder Wissen von anderen Benutzern eingeben wird, die auch mit diesem System arbeiten. Wenn DSS-Programme nicht so aufgebaut werden, daß das Wissen in allen seinen Schritten vom Entscheidungsträger kontrolliert werden kann, dann wird hier eine entfremdete Rationalität den Benutzern aufgenötigt, die Aufklärung zunichte macht. Jedoch scheint es mir durchaus denkbar, bei gegebenen Voraussetzungen die vorhersehbaren Folgen einer Entscheidung zu simulieren und so zur Entscheidungsfindung beizutragen. Wenn aber der

Eindruck erweckt wird, die Maschine unterstütze die Entscheidung nicht nur, sondern ersetze sie, dann wird die Idee neuzeitlicher Rationalität zerstört.

Die Idee sittlicher Rationalität fordert, daß die Entscheidung die einer Person bleiben muß. Aber für bloße Regelanwendung übernimmt man keine Verantwortung. Genausowenig wird man sich rechtfertigen wollen für die Übernahme eines Maschinenvorschlags. Doch auch die Annahme eines DSS-Vorschlags ist dann eine persönliche Entscheidung, für die Rechenschaft gefordert werden kann. Die subjektlose Maschine kann Verantwortung nicht übernehmen, wohl aber der, der Vorschläge akzeptiert. Trauen sich nicht Anwender von DSS zu viel zu, wenn sie unüberschaubare Entscheidungsvorschläge glauben annehmen zu dürfen? Die mit Emphase vorgetragene These vom Prinzip Verantwortung wird ausgehöhlt – übrigens nicht nur von Künstlicher Intelligenz, sondern auch von der zunehmenden Bürokratisierung und Anonymisierung von Entscheidungen. Auch hier paßt Künstliche Intelligenz sehr gut in gegenwärtige gesellschaftliche Entwicklungstendenzen. Und sicher besteht eine Nachfrage nach DSS. Denn Weisheit und Klugheit sind schwer zurechtfertigen, so daß es verständlich scheint, wenn man sich hinter maschinenproduzierten Entscheidungen verstecken möchte.

So verschwindet Verantwortung, und Ethiker haben die Aufgabe, Überlegungen zur Institutionalisierung von Verantwortung in einer entsubjektivierten, unüberschaubar gewordenen Welt anzustellen. DSS-Programme machen ihnen die Aufgabe sicher nicht leichter, wenn sie Entscheidungen maschinengerecht ersetzen wollen. Eine rationale Strukturierung der Wissensbasis für Entscheidungen wird man nicht ablehnen. Doch die Ersetzung

von menschlich-sittlichen Entscheidungen durch Computersimulationen gefährdet das Konzept aufgeklärten Selbstdenkens und der Emanzipation, denn Roboterentscheidungen treffen eine Entscheidung, sind aber unfähig zur Wahl.

Handlungstheorie wird somit zunehmend aufgelöst in Systemtheorie. So fallen Entscheidungen über Krieg und Frieden ohne Berücksichtigung des Wertaspektes nur nach Kosten-Nutzen-Analysen. Diese legen aber spieltheoretisch den Rahmen der Entscheidungsmöglichkeiten ziemlich fest. Der geniale dritte Weg, die aristotelische Mitte zwischen zwei Übertreibungen oder die Suche nach dem rechten Maß sind dem Computer wohl verschlossen, insbesondere wenn sie außerhalb des eingegebenen Horizontes liegen. Nicht selten sind die produktivsten Lösungen für ein Dilemma diejenigen, die die Voraussetzungen verwerfen, die in ein Dilemma geführt haben. So wird es zunehmend zu einer neuen Form des Handelns kommen, einem technologischen Handeln in überindividueller Form wie in Teams, Firmen und Parteien, das zunehmend unkontrollierbar und theoretisch inkonsistent ist und daher destabilisierend wirkt.

Diese Weisen subjektloser Interaktion werden zunehmen und den menschlichen Dialog zumindest gefährden. Daher ist es nicht verwunderlich, daß Weizenbaum es obszön findet, Computer als Psychotherapeuten einzusetzen. Anders könnte der Fall liegen, wenn Programme zur Modellbildung im Rahmen psychotherapeutischer Theoriebildung entworfen werden, aber hier geht es ja um wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn und nicht um die Betreuung eines Menschen. So entsteht eine Art Humanismus-Streit um die Anwendung der Künstlichen Intelligenz, um die Frage nach der Verantwortbarkeit des künstlichen Denkens und nach den

Grenzen verantwortbaren Computereinsatzes.⁷⁸

Ausblick: Verantwortlicher Umgang mit Künstlicher Intelligenz – ein bereits vergebliches Postulat?

Alle KI-Forscher teilen heute die Ansicht: Wir Menschen als denkende Subjekte sind nicht allein durch eine abstrakt von uns selbst definierte Fähigkeit namens Intelligenz bestimmt, sondern durch das „In-der-Welt-Sein“ dieser Fähigkeit. „Wir sind als geistige Person die Summe unserer körperlichen und intellektuellen Erfahrungen: die Tatsache, daß wir geliebt worden sind und geliebt haben, daß wir einen Körper haben und ungezählten sozialen Situationen ausgesetzt sind, die je nach sozialer Schicht und lokaler Besonderheit verschieden sind, hat einen das Denken prägenden Einfluß, dem ein Computer nicht ausgesetzt ist. Obwohl ein großer Teil dieser Erfahrungen explizit gemacht und dann auch programmiert werden kann und obwohl es irrig ist, zu glauben, ein Computer könne nicht so programmiert werden, als ob er entsprechende Emotionen habe, ist er doch nicht in der Welt, wie wir es sind, und wird, selbst rapiden technischen Fortschritt vorausgesetzt, eine uns fremde Intelligenz bleiben – eine maschinelle Intelligenz jedoch, die uns (zur Zeit auf Spezialgebieten) intellektuell gleichwertig, ja sogar bereits überlegen ist.“⁷⁹

Festzuhalten ist, daß Künstliche Intelligenz keine Intelligenzprothese für uns Menschen sein sollte. Ziel künstlich intelligenter Maschinen wird es sein, *eine* spezifische Leistung des Menschen besser zu übernehmen, als er es selber kann. Weiterhin sollten wir nicht verkennen: Die Verwirklichung der Künstlichen Intelligenz bedarf bzw. löst bereits heute das Zusam-

menwirken vieler Technologien aus. Dabei strahlt die summative Vielzahl scheinbar „kleiner“ Technologien eine technologische Bescheidenheit aus, die qualitative Veränderungen, welche auf leisen Sohlen daherkommen, kaschieren. Technologisch erbrachte Leistungen auf dem Gebiet der KI-Forschung werden damit zu gering geachtet und führen zu einer Verharmlosungstendenz. Allein deshalb ist es angebracht, sich mit der KI-Forschung und deren Anwendungsmöglichkeiten sachgerecht, vielperspektivisch, unideologisch und kritisch auseinanderzusetzen. Es gilt letztlich, den Verdacht der Alchemie des Computerzeitalters auszuräumen und eine Entzauberung dessen, was Künstliche Intelligenz ist, herbeizuführen. Gleichwohl zeigt uns der Forschungszeitweig Künstliche Intelligenz deutlich auf, wie die Technik der Zukunft aussehen könnte, obwohl man den hierzu erforderlichen technologischen Stand für eine derartige Realisation eigentlich noch lange nicht erreicht hat.

Im Zuge einer Diskussion über die Wege eines verantwortlichen Umgangs mit dieser Technologie, ist die Forderung von Interesse, Künstliche-Intelligenz-Forschung als eine Schule des Denkens wie für das Denken anzusehen. Vielleicht ist es aber bereits schon zu spät, in Ruhe darüber nachzudenken, was man mit dieser spezifischen Technologie tun oder unterlassen sollte.

¹ Stern, W.: Die Intelligenz der Kinder und Jugendlichen und die Methoden ihrer Untersuchung. Leipzig 1920. S. 2f. – ² Siehe Westhoff, H.: Was heißt hier Intelligenz? In: W. Strombach/H.J. Tauber/B. Reusch (Hrsg.): Der Intelligenzbegriff in den verschiedenen Wissenschaften. München – Wien 1985. S. 33–40. – ³ Siehe Piaget, J.: Psychologie der Intelligenz. Freiburg i.Br. – Olten, 5. Auflage 1971. S. 14 u. S. 75. – ⁴ Siehe Guilford, J. P.: The Nature of Human Intelligence. New York a.o. 1967. S. 60–66 u. Fig. 3.9/S. 63. – ⁵ Aristoteles: Politik. Hamburg, 4. Auflage 1981. 1253 b 35. – ⁶ Ada Augusta, Countess of Lovelace: Sketch of the Analytical Engine.

Zit. nach: Ph. Morrison/E. Morrison: Charles Babbage and his Engines. New York 1961. S. 284. – ⁷ Siehe hierzu den historischen Abriss von Deussen, P.: Künstliche Intelligenz und Informatik. In: UNIVERSITAS 8/1988, S. 847. – ⁸ Siehe Hobbes, Th.: Leviathan oder Stoff, Form und Gewalt eines bürgerlichen Staates. Frankfurt – Berlin – Wien 1976. S. 29. – ⁹ Hobbes, Th. (Anm. 8), S. 32. – ¹⁰ Hobbes, Th. (Anm. 8), S. 33. – ¹¹ Vgl. Irrgang, B.: Skepsis in der Aufklärung. Frankfurt a.M. 1982. S. 136f. – ¹² Siehe Irrgang, B. (Anm. 11), S. 149f.; vgl. auch Irrgang, B.: Nouveaux essais sur l'entendement humain. In: F. Volpi/J.N. Rümelin (Hrsg.): Lexikon der Philosophischen Werke. Stuttgart 1988. S. 477f. – ¹³ Siehe Irrgang, B. (Anm. 12), S. 150. – ¹⁴ Heidegger, M.: Der Satz vom Grund. Pfullingen, 4. Auflage 1971. S. 41. – ¹⁵ Ausführlicher siehe z.B. Daiser, W.: Künstliche Intelligenz-Forschung und ihre epistemologischen Grundlagen. Frankfurt a.M. u.a. 1984. S. 4–74; Sand, St.: Künstliche Intelligenz. Geschichten über Menschen und denkende Maschinen. München 1986. S. 58–70; Stevens, L.: Auf der Suche nach der Künstlichen Intelligenz. Wege zur perfekten Maschine. Landsberg am Lech 1985. S. 19–29; allgemeine Informationen finden sich in dem grundlegenden Werk von Barr, A./Feigenbaum, E. A./Cohen, P. R.: The Handbook of Artificial Intelligence, 3 Vols.. Los Altos 1981ff. – ¹⁶ Siehe Weizenbaum, J.: Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. Frankfurt a.M. 1978. S. 17ff.; – ¹⁷ Siehe zu diesem Themenkreis z.B. Winograd, T.: Understanding Natural Language. New York 1972; ders.: Language as a Cognitive Process. Vol. I: Syntax. Reading 1983. – ¹⁸ Siehe Sand, St. (Anm. 15), S. 195ff./Tabelle. – ¹⁹ Bundy, A.: Praktische Einführung in die Künstliche Intelligenz mit Programm-Beispielen in LOGO und LISP. Vaterstetten b. München 1986. S. 5. – ²⁰ Intelligenz, in: Schneider, H.-J. (Hrsg.): Lexikon der Informatik und Datenverarbeitung. München 1983. – ²¹ Sand, St. (Anm. 15), S. 75. – ²² Winston, P. H.: Künstliche Intelligenz. Bonn u.a. 1987. S. 21. – ²³ Winston, P. H. (Anm. 22), S. 22. – ²⁴ Gevarter, W. B.: Intelligente Maschinen. Einführung in die Künstliche Intelligenz und Robotik. Weinheim 1987. S. 9. – ²⁵ Hayes-Roth, F.: AI: The new Wave – A technical Tutorial for R & D Management. Santa Monica 1981. S. 1 – ²⁶ Siehe Stevens, L. (Anm. 15), S. 26f. Eine erschöpfende Behandlung findet sich in Ernst, G./Newell, A.: GPS – A Case Study in Generality and Problem Solving. New York 1969. – ²⁷ Siehe Minsky, M.: A Framework for Representing Knowledge. In: P. Winston (Ed.): The Psychology of Computer Vision. S. 211–277; zur Definition siehe auch Dreyfus, H. L./Dreyfus, St. L.: Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmachine und dem Wert der Intuition. Reinbek b. Hamburg 1987. S. 117. – ²⁸ Siehe Waltz, D. L.: Scientific DataLink's Artificial In-

telligence. Classification Schema. In: AI Magazine, Spring 1985, S. 58–63; siehe auch *Capurro, R.*: Künstliche Intelligenz und Robotertechnologie. In: Mensch-Natur-Gesellschaft, 3 (1986) 1, S. 45. – ²⁹ Siehe z.B. auch das Schaubild von *Nielsson, N. J.* in: W.B. Gevarter (Anm. 24), S. 5; siehe *Nielsson, N. J.*: Principles of Artificial Intelligence. Palo Alto 1980; sowie ders.: Artificial Intelligence: Engineering. Science or Slogan. In: AI Magazine, 3 (1981/82) 1, S. 3–8. – ³⁰ Siehe *Feigenbaum, E. A.*: Knowledge Engineering for the 1980s. Stanford 1982; dgl. *Duda, R. O.*: Knowledge-Based Expert Systems come of Age. In: Byte, 6 (1981) 9, S. 238–281 und *Hayes-Roth, F./Waterman, D. A./Lenat, D. B.* (Eds.): Building Expert Systems. Reading 1983. – ³¹ Siehe *Feigenbaum, E./McCorduc, P.*: Die Fünfte Computergeneration. Künstliche Intelligenz und die Herausforderung Japans an die Welt. Basel – Boston 1984. S. 97. – ³² *Schank, R. C.*: Die Zukunft der Künstlichen Intelligenz. Chancen und Risiken. Köln 1986. S. 49. – ³³ Ausführliche Überblicke vermitteln *Lehmann, E.*: Expertensysteme. Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand (1983). Bericht der Siemens-AG, ZT ZTI INF 131. München 1984; *Hennings, R. D.*: Expertensysteme für industrielle Nutzung. In: G. Marhold (Hrsg.): Künstliche Intelligenz. Wesen und Bedeutung neuer Computerleistungen. Düsseldorf 1987. S. 64–67; *IJCAI-81 – Proceedings of the Eight International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Karlsruhe 8/1983; *Stefik, M.* a.o.: The Organisation of Expert Systems. A Tutorial. Artificial Intelligence, Vol. 18 (1982), S. 135–173; *Gevarter, W. B.* (Anm. 24), S. 69–72; *Schubert, I./Krebsbach-Gnath, C.*: Chancen und Risiken des Einsatzes von Expertensystemen. München 1987. S. 63–72. – ³⁴ Siehe *Simon, W.*: Der Computer simuliert die Folgen, wenn aus dem Wald eine Skipiste wird. Über die berechenbare Zerstörung der Natur. In: Beilage zur Frankfurter Rundschau vom 29. Januar 1987. – ³⁵ Siehe *Baurmann, M./Mans, D.*: Künstliche Intelligenz in den Sozialwissenschaften. Expertensysteme als Instrumente der Einstellungsforschung. In: Analyse & Kritik, 6 (1984) 12, S. 103–159. – ³⁶ Siehe z.B. die acht Voraussetzungen zum vernünftigen Einsatz von Expertensystemen nach *Cook, S.* in: H. Dreyfus/St. E. Dreyfus (Anm. 27), S. 166f. – ³⁷ Siehe *Zimmerli, W. Ch.*: Künstliche Intelligenz. Die Herausforderung der Philosophie durch den Computer. In: Forum f. Interdisziplinäre Forschung, 1 (1988) 1, S. 45. – ³⁸ *Schank, R. C.*: The current state of AI: One Man's Opinion. In: AI Magazine, 4 (1983) 1, S. 3–8 fordert dies jedoch allen Ernstes. – ³⁹ Wechselwirkung, (1985) 11, S. 19f. – ⁴⁰ Siehe *Dechrau, C.P.*: Maschinen mit Sinn und Verstand. In: GEO, (1987) 10, S. 113f. – ⁴¹ Siehe hierzu ausführlich *Schulten, K.*: Ordnung aus Chaos, Vernunft aus Zufall – Physik biologischer und digitaler Informa-

tionsverarbeitung. In: B.-O. Küppers (Hrsg.): Ordnung aus dem Chaos, Prinzipien der Selbstorganisation und Evolution des Lebens, München – Zürich 1987. S. 243–268. – ⁴² Siehe *Dechrau, C.P.* (Anm. 40), S. 102f. – ⁴³ Siehe hierzu die Beiträge über Parallelrechner in: CHIP plus, der Beilage von CHIP, (1988) 3 u. (1990) 4. – ⁴⁴ Siehe z.B. *Ritchie, D.*: Gehirn und Computer. Die Evolution einer neuen Intelligenz. Stuttgart 1984. S. 219–230. – ⁴⁵ In Ergänzung zu Schank siehe auch *Siekmann, J.*: Künstliche Intelligenz. Ergänzte Version des Gutachtens an das BMFT. Kaiserslautern, WS 1985/86, S. 22–36; *Gevarter, W.B.* (Anm. 24), S. 168–171; speziell zu Expertensystemen *Schubert, I./Krebsbach-Gnath, C.* (Anm. 33), S. 122–152. – ⁴⁶ *Schank, R. C.* (Anm. 32), S. 250f. – ⁴⁷ *Ebd.*, S. 247. – ⁴⁸ Siehe allgemein das Protokoll der öffentlichen Anhörung zum Thema „Menschliche Kreativität und Künstliche Intelligenz“ der Enquete-Kommission „Einschätzung von Technikfolgen; Gestaltung von Rahmenbedingungen der technischen Entwicklung“ des 10. Deutschen Bundestags, Materialien zur Drucksache 10/6801, Bd. II, S. 1–148. – ⁴⁹ *Rürup, B./Lenk, Th./Sandvoß, J.*: Sozioökonomische Konsequenzen des Fortschritts. In: G. Poser (Hrsg.): Strukturwandel und Beschäftigung. Beiträge zur Arbeitstagung des Instituts für Volkswirtschaftslehre TH Darmstadt vom 5. bis 6. Dezember 1985. Darmstadt 1986. S. 46. – ⁵⁰ Siehe *Franke, H.*: Daten-technik verwandelt die Arbeitslandschaft. Computerberufe und Berufe durch Computer. In: Das Parlament vom 9. August 1986, Nr. 32, S. 7. – ⁵¹ Siehe *Gurstein, M.*: Social Impacts of selected AI applications. The Canadian context. In: Futures, 17 (1985) 6, S. 652–671, insb. Tabelle 1/2, S. 656f. – ⁵² Siehe *Zimmer, D. E.*: Die Übersetzungs-Maschine. In: Die Zeit, Nr. 45 vom 31. Oktober 1986, S. 73f. Weitere Informationen und technisch-politisch-gesellschaftliche Abwägungen sind vom selben Autor auch in: Die Zeit, Nr. 46 vom 7. November 1986, S. 88f. und Die Zeit, Nr. 47 vom 14. November 1988, S. 100 zu lesen; siehe ebenso *Trapp, R.*: Impacts of Artificial Intelligence. Amsterdam a.o. 1986. S. 5–50 und ders.: Artificial Intelligence. Impacts on Science, Society and Economy. o.O. 1985; ebenso *Schubert, I./Krebsbach-Gnath, C.* (Anm. 34), S. 165–171. – ⁵³ *Schank, R. C.* (Anm. 32), S. 261. – ⁵⁴ Siehe die treffenden und nicht an Deutlichkeit zu überbietenden Ausführungen von *Anders, G.*: Die Antiquiertheit des Menschen, Bd.1. Über die Seele im Zeitalter der zweiten industriellen Revolution. München, 7. Auflage 1985. S. 59–64. – ⁵⁵ Vgl. *Gurstein, M.* (Anm. 51), S. 659; vgl. ebenso *Capurro, R.*: Die Verantwortbarkeit des Denkens. Künstliche Intelligenz aus ethischer Sicht. In: Forum f. interdisziplinäre Forschung, 1 (1988) 1, S. 15–21. – ⁵⁶ Siehe *Platon*: Theaitetos, 150 b 6. – ⁵⁷ Als Vertreter des neuen kognitiven Ansatzes, der den

Behaviorismus ablöst, nennt Rose die Gruppe um Noam Chomsky am MIT, die um Searle und Dreyfus wie die um Wilensky und Schank in Berkeley; vgl. hierzu *Rose, F.*: *Ins Herz des Verstandes. Auf dem Weg zur Künstlichen Intelligenz.* München 1985. S. 53–57. – ⁵⁸Siehe *Holenstein, E.*: *Kognitive Wissenschaft: Information Philosophie*, (1988) 1, S. 5. – ⁵⁹*Holenstein, E.*: *Maschinelles Wissen und menschliches Bewußtsein.* In: *Studia Philosophica*, 46 (1987), S. 151. – ⁶⁰Vgl. *Rose, F.* (Anm. 57), S. 38. – ⁶¹Vgl. hierzu *Bläsius, K. H./Bürkert, H. J.* (Hrsg.): *Deduktionssysteme. Automatisierung des logischen Denkens.* München – Wien 1987. S. 38. – ⁶²Siehe *Dreyfus, H. L./Dreyfus, St. E.* (Anm. 27), S. 12. – ⁶³Es handelt sich um die Stufen: 1) Neuling, 2) Fortgeschrittener, 3) Kompetenz, 4) Gewandtheit und 5) Experte. – ⁶⁴Siehe *Stevens, L.* (Anm. 15), S. 187. – ⁶⁵Siehe *Putnam, H.*: *Mind, Language and Reality.* Philosophical Papers Volume 2. Cambridge/Mass., 6. Auflage 1986. S. 362 – ⁶⁶Siehe *Putnam, H.* (Anm. 65), S. 387. – ⁶⁷Siehe *Putnam, H.* (Anm. 65), S. 412. – ⁶⁸Siehe *Searle, J.*: *Geist, Gehirn Programm.* In: D.R. Hofstadter/D.C. Dennett: *Einsicht ins Ich.* Stuttgart o.J. S. 337. – ⁶⁹Siehe *Searle, J.*: *Intentionalität. Eine Abhandlung zur Philosophie des Geistes.* Frankfurt 1987. S. 13. – ⁷⁰Siehe *Searle, J.* (Anm. 69), S. 252; vgl. auch *von Zelewski, St.*: *Das Leistungspotential der Künstlichen Intelligenz. Eine informationstechnisch-betriebswirt-*

schaftliche Analyse. Witterschlick-Bonn 1986. S. 392. – ⁷¹Siehe *Ghaseddin, G. N.*: *Characteristics of a successful DSS – Users' Needs versus Builders' Needs.* In: C.W. Holsapple/ A.B. Winston: *Decision support Systems: Theory and Application.* Berlin a.o. 1987. S. 159. – ⁷²Siehe *Henk, G. S.*: *Paradoxes around DSS.* In: C.W. Holsapple/A.B. Winston (Anm. 71), S. 7. – ⁷³Siehe *Dubois, D./Pride, H.*: *Recent Models of Uncertainty and Impression as a Basis for Decision Theory: Towards less normative Frameworks.* In: E. Hollnagel/G. Mancini/G. Woods: *Intelligent Decision Support in Process Environments.* Berlin a.o. 1986. S. 3. – ⁷⁴Siehe *Garriga, S. F.*: *The Use of Information Structures in Risky Decisions.* In: E. Hollnagel/G. Mancini/D. Woods (Anm. 73), S. 39. – ⁷⁵Siehe *Volta, G.*: *Time and Decision.* In: E. Hollnagel/G. Mancini/D. Woods (Anm. 73), S. 50. – ⁷⁶Siehe *Rasmussen, J.*: *A Framework for Cognitive Task Analysis in System Design.* In: E. Hollnagel/G. Mancini/D. Woods (Anm. 73), S. 195. – ⁷⁷Siehe *Putnam, H.* (Anm. 65), S. 409. – ⁷⁸Siehe *Capurro, R.* (Anm. 55), S. 17f. – ⁷⁹*Siekemann, J.*: *Künstliche Intelligenz.* In: *UNIVERSITAS* 11/1984, S. 1247. – ⁸⁰Siehe *Schuchmann, R.*: *Artificial Intelligence als Schule des Denkens. Ein kontroverses Fachgebiet auf der Suche zu sich selbst.* In: *Forum f. interdisziplinäre Forschung*, 1 (1988) 1, S. 40f.