Pflasterstrand Nr. 214, 13.-26.7. '85

Aus der Welt der Frankensteins

DIE GRENZEN DER COMPUTER

Heino Apel über die Künstliche Intelligenz und ihre Kritiker

Die moderne Variante eines »Golems«,»Frankensteins« oder anderer Uralträume, die nach der Schöpfung von Leben aus Menschenhand streben, reduziert sich heute im Zeitalter der Rationalität auf den Versuch, künstliches Denken zu erzeugen. Dieses Unterfangen ist allerdings nicht weniger ehrgeizig als alle früheren, weil in Verbindung mit der fortgeschrittensten Sensortechnik (Instrumente zum Fühlen, Hören und Sehen) die Herstellung eines Robotermenschen dann technisch kein großes Problem mehr darstellen würde.

Während im Mittelalter der Rabbi Löw die Konstruktion seines Golems aus eigener Tasche zu finanzieren hatte, wird die Gemeinde der künstlichen Intelligenz-Forscher (artificial intelligence community) heutzutage mit immensen Finanzmitteln ausgestattet. Die Forschungen zur künstlichen Intelligenz (KI) begannen in den 60er Jahren in den USA unmittelbar mit der Verbreitung leistungsfähiger Großrechenanlagen an Universitäten. Sie war auf einen überschaubaren Kreis von Wissenschaftlern beschränkt.

Nachdem die Japaner jüngst in einem Superprojekt die Entwicklung einer neuen Computer- und Softwaregeneration (the fifth generation) angekündigt haben, das sich besonders um Problemfelder der KI-Forschung zentriert, haben panikartig die Forschungsministerien der westlichen Industrienationen mit dem Aufbau ähnlicher Projekte in ihren Ländern nachgezogen.

Was sind die Ursachen dieses KI-Booms? Stehen wir in der Naturbewältigung vor einer Schwelle, deren Überschreitung alle früheren Schritte zu kleinen Hupsern werden läßt? Gibt es eine neue Technologiemystik? Ist es Marktgerangel um die Innovation, die keiner verpassen darf? Oder ist hier eine Handvoll naiver bis scharlatanhafter Informatiker am Werk, auf deren vollmundige Versprechungen nur ehrgeizige aber unwissende Politiker hereinfallen?

Folgt man Hubert Dreyfus (Universität Berkeley, Heidegger-Schüler), der als Topstar der Kritiker der KI-Bewegung gilt, dann geht es der »künstlichen Intelligentia« wie einem Affen, der einen Baum erklettert, und glaubt, er sei auf dem Weg zum Mond. Solcherart geschmäht, hat die KI-Bewegung ihrerseits Dreyfus zur persona non grata erklärt, und z.B. Minsky (Leiter der KI-Abteilung am MIT) ließ vernehmen, daß Dreyfus nur garbage von sich gebe. Die Messer sind gewetzt, aber wer hat denn nun recht?

Wir hatten die Ehre mit Dreyfus etwas plaudern zu können, bevor er im Habermas-Seminar in den philosophischen Diskurs über die KI in seinem Gastvortrag eintrat. Dreyfus' Kritik an den Versuchen zur KI ist eine Kritik am Rationalismus. Die Quintessenz seiner bereits 1972 vorgelegten Thesen (What computers can't do — The limits of artificial intelligence) besteht in der Behauptung, daß die herkömmlichen Computer nur rationale, regelhafte Symbolverarbeitung erlauben, während das menschliche Denken und damit die Äußerung menschlicher Intelligenz sich zu großen Teilen in intuitiven, holistischen Prozeduren abspiele.

Mit dieser Auffassung geht Dreyfus

weiter als Weizenbaum, der in seinem berühmten Standardwälzer »Die Macht der Computer« immerhin noch der linken Gehirnhälfte das regelhafte, rational-logische Schließen zugesteht. Das für den Computer unerreichbar Menschliche beim Denken ist nach Weizenbaum die unbewußt sich vollziehende Brücke zwischen linker und rechter Hirnhälfte, durch die emotionsbeladene, auf Körpererfahrung und vorgeschichtliche Momente beruhende Äußerungen und Erkenntnisse im Denken erscheinen.

Durch diese relative Trennung von logischem Denken und emotionalem Fühlen ist nach Weizenbaum der Computer immer noch als herzloser Superdenker vorstellbar. Die politische Konsequenz dieser Erkenntnis mündet für Weizenbaum in der moralischen Aufforderung, daß wir unbedingt die Finger von diesem Teufelszeug lassen sollten, damit wir nicht dereinst von den unvermeidlichen Programmierfehlern in der kalten Logik aufs Tödlichste bedroht werden (z.B. durch computerisierte Auslösung militärtaktischer Schritte im Krisenfall).

Mit Dreyfus' Rüstzeug leben wir etwas weniger bedrohlich, nach ihm ist der Computersuperdenker eine Illusion, Expertensysteme (darauf komme ich noch) werden immer schlechter sein als die besten Experten, und von künstlicher Intelligenz im strategischen Bereich unserer Rüstungsmaschinerie rät er nicht deshalb ab, weil sie Programmierfehler enthalten könnte, sondern weil sie menschlicher Entscheidungspotenz grundsätzlich unterlegen sei.

Leider können wir uns nach diesen Feststellungen (falls wir ihnen folgen wollen) noch nicht beruhigt in den Sessel zurücklehnen. Eine Tür hat sich Dreyfus offen gehalten, er behauptet nicht, daß Computer niemals Leistungen vollbringen werden, die man als »echte« Intelligenzfähigkeit bezeichnen müßte. Wenn es technologisch gelingt, das nicht regelhafte Denken in holistischen Analogien über Parallelrechnerstrukturen abzubilden, die der Netzstruktur des Gehirns adäquat sind, dann werden die heutigen Knackpunkte der KI-Forschung erschlossen werden. Auf die Frage, wie nahe oder fern von einer solchen Entwicklung wir uns befinden, weiß Dreyfus allerdings auch keine Antwort. Er ist mehr ein Philosoph mit einem starken Interesse am Grundsätzlichen als ein Fachkritiker mit aktuellstem Wissen über das Faktische.

Die Frage, was ein Computer nicht (oder gar nie) kann, ist von großem Reiz, und unbestreitbar langfristig von hoher Relevanz für die folgenden gesellschaftspolitischen Konsequenzen. Dreyfus' nun auch in Deutsch erschienenes Buch »Die Grenzen künstlicher Intelligenz. Was Computer nicht können« gibt eine gut lesbare, kompetente Antwort.

An der Schwierigkeit menschliche Intelligenz zu definieren und dem Problem, die extrem komplizierten neurophysiologischen Vorgänge im menschlichen Gehirn zu verstehen, wird aber wohl eine eindeutige Beantwortung der grundsätzlichen Grenzen von Computerleistungen zur KI in absehbarer Zeit scheitern.

Die Frage, was Computer heute können, ist leichter zu beantworten. Die Resultate 30jähriger KI-Forschung bleiben in der Tat weit hinter dem zurück, was die AI-community (z.B. Simon, Newell, Minsky, Feigenbaum) für die nächste Zukunft alles versprochen hatte. Dennoch wurde mehr erreicht, als beispielsweise Dreyfus in seinen ersten Veröffentlichungen erwartet hatte. So gibt es heute erstaunlich leistungsfähige Schachcomputer, die zwar für absehbare Zeit nicht Weltmeisterniveau haben werden, die aber je nach Leistungsklasse des Computers jeden Normal- und Gutspieler schlagen können. Dreyfus' Aussage, daß ein regelverwendendes Expertensystem nie so gut sein wird wie der beste Experte, relativiert sich de facto, wenn es besser ist als 90% der Experten. Allerdings, wie prüft man diese Frage?

Expertensysteme stellen Versuche dar, die Entschlußfindung eines Experten bei seiner Analyse in einem Computerprogramm zu formalisieren, so daß der Computer ohne die Assistenz des Experten Analysen durchführen kann. In der Regel vollzieht sich die Problemlösung in einem streng definierten Dialog, d.h. am Bildschirm erscheinen Fragen, die mit Ja/Nein, mit Meßwerten oder mit Begriffen beantwortet werden müssen. Eines der Traumziele der 5. Computergeneration besteht darin, daß dieser Dialog natürlich-sprachlich abgewickelt werden kann, also mit gesprochenen Worten in natürlicher Grammatik.

Intern besteht ein Expertensystem heute aus einer riesigen Anzahl von »wenn ... dann«-Bedingungen, in denen sich die Expertenregeln spiegeln, und den dazugehörigen Fakten, die als »Datenbank« im System gespeichert sind. Die größte Schwierigkeit beim Aufbau solcher Systeme besteht weniger in der Programmiertechnologie — hierfür sind sehr leistungsfähige Programmiersprachen entwickelt worden — als in dem Problem, das Expertenwissen auf logische Entscheidungsregeln zu transformieren. Auch den KI-Forschern dämmert längst, daß Experten in ihrem Kopf nicht nur Wenn-Dann-Schlüsse vollziehen. Das Schlußfolgerungsarsenal unserer Digitalcomputer ist aber mit »wenn-dann«-Statements bei weitem nicht erschöpft. Und hier übersieht vielleicht auch Dreyfus, welche Trickkiste an formallogischen Spielereien von phantasievollen Informatikern noch eröffnet werden kann, um Entscheidungsbäume von Experten realistischer abzubilden, als das bislang gelungen ist.

Neben diesen Potenzen auch eine »weiche Logik« im digitalen Computer zu fahren (z.B. Formalisierungen von Entscheidungen unter Ungewißheit, statistisches Schließen mit unvollständigen Informationen, Einsatz von »fuzzy-sets«, die Bedeutungsunschärfen erlauben etc.), gibt es aber eine weitere Barriere. Bislang existiert kein Expertensystem, das als lernfähig bezeichnet werden kann. Das ist auch der Grund, weshalb man Expertensysteme zwar zum Bereich der KI-Forschung gehörig zählt, sie aber selbst nicht als Realisierungen künstlicher Intelligenz auffaßt. Das Expertensystem ist gewissermaßen eine Datenbank, der ein sehr raffinierter Suchalgorithmus vorgeschaltet ist. Zwar kann diese Datenbank jederzeit nach einprogrammierter Rückfrage neue Fakten anfordern, die im nächsten Befragungsgang als zusätzliche Informationen parat liegen, aber dieser Faktenzugewinn ist kein Lernen.

Wer etwas lernt, der muß es »begriffen« haben, d.h. Lernen setzt Bewußtsein voraus. Lernen bedeutet einen qualitativen Entwicklungssprung, weil man danach etwas kann, was man vorher nicht konnte. Alle bislang programmierten Systeme haben kein Wissen von sich selbst, so daß ein Lernvorgang, der eine Wissenserweiterung darstellt, ausgeschlossen ist.

Auch die Versuche mit dem Computer natürlich-sprachliche Dialoge nachzubilden, vollziehen sich über unwissendes Symbolverarbeiten, so daß sich der Sachverhalt nur in dem engen Kontext der Sprachverwendung (»frame« oder »skript«) über die Bedeutung der verwendeten Worte realisiert. Ein Papagei plappert bewußter als ein sprechender oder

GRENZEN DER COMPUTER

schreibender Computer, weil beim Papagei zwischen dem Hervorbringen der Wortlaute und ihrer Auslösung ein intentionaler Prozeß (Emotion, Kommunikationsaufnahme etc.) vorausgeht, der im Computer kein Äquivalent hat.

Dennoch — bei aller Primitivität mechanistischer Symbolverarbeitung, wie fern sie auch immer von den »wahren« Prozessen im menschlichen Gehirn sei —, die Resultate können verblüffen. Weizenbaums Entsetzen über die Computermöglichkeiten gründete nicht auf die Einsicht in deren grenzenlose Potenzen, sondern in der Erkenntnis, daß bereits ein äußerst primitives »Sprachsystem« von Anwendern als außergewöhnlich betrachtet wurde.

Sein berühmtes Dialogprogramm ELISA ist nach dem Schema psychoanalytischer Techniken konstruiert. Wobei das System im wesentlichen die von außen gegebenen Antworten wiederholt, um die im Dialog stehende Person zum weiteren Erzählen zu animieren (der Dialog geht nur in schriftlicher Form). Dabei sind aber auch inhaltliche Assoziationen eingebaut, das heißt, wenn das System z.B. das Wort Bruder findet, dann fragt es bald nach der Schwester, spricht man vom Restaurant, dann fragt es nach dem Kellner etc. Weiter überprüft es die verwendeten Eigenschaftsworte, denen im

Speicher je nach Bedeutung positive bzw. negative Werte zugeordnet sind. Häufen sich die negativen Werte, dann fragt ELISA: *»Warum hast Du eine so negative Grundhaltung?«*.

Diese und andere Tricks ermöglichen, daß das System ELISA einen scheinbar sinnvollen Sprachdialog führt, der solange leidlich klappt, solange man den von den Programmierinhalten beschränkten Kontext nicht verläßt. Das heißt, würde man zu ELISA über ein Fußballspiel reden wollen, ohne daß dieser Kontext durch Speicherung der darauf bezogenen Worte im Programm enthalten ist, dann wird das System nur darüber stupide zurückfragen können. Das für Weizenbaum Überraschende besteht nur darin, daß bis in den engeren Mitarbeiterkreis hinein etliche Leute völlig auf diese primitive Dialogmaschine abgefahren sind und behaupteten, der Computer habe sie verstanden.

ELISA ist aber nur ein kleines Beispiel aus der Pionierzeit der Versuche künstlicher Spracherzeugung. Wie werden die Leute erst abfahren, wenn die Bundespost ein Superelisa in Auftrag gibt, das über die Nummer 007 4711 zum Telefonseelentröster der Nation wird? Was würde Dreyfus sagen? Superelisa wäre sicher schlechter als ein guter Therapeut, aber es wäre sicher besser als das Wort zum Sonntag und wäre einer konventionellen Telefonseelsorge wohl allein an Ausdauer, Geduldigkeit und Verfügbarkeit weit überlegen. Weizenbaum würde sicher sagen, man sollte dies nicht tun. Das Problem besteht nämlich darin, daß dieser Dialogcomputer ideologisch einfärbbar wäre. Neben seinen unschuldigen Rückfragen könnten mehr oder weniger dezente Hinweise über »böse« und »gute« Kräfte in unserer Gesellschaft erfolgen (der Bölling wüßte schon, wie man so etwas macht), oder Werbehinweise könnten verstreut werden. Das wäre eine völlig neue Qualität der Massenmanipulation durch Medien, weil sie nun über die »persönliche« Ansprache geschähe, wodurch die Botschaften ungleich stärker aufgenommen werden, als wenn sie anonym über die Flimmerkiste oder durch die Zeitungsspalten erfolgen.

Die spannende Frage scheint mir: ist Superelisa ohne die Beherrschung »echter« künstlicher Intelligenz mit der heutigen Computergeneration (VLSI) zu verwirklichen? Oder wäre dieses System mit den »konventionellen« Computertechnologien so stümperhaft, daß es weder besonders seelsorgerisch, noch gar ideologisch wirksam werden könnte? Ich habe Dreyfus mehrfach auf die »Grauzone« unterhalb der KI angesprochen, um seine Einschätzung zu den »realen« technologischen Möglichkeiten und deren gesellschaftspolitischen Auswirkungen zu erfahren. Die Technologiefolgeabschätzung der IT scheint ihm aber weniger vertraut zu sein, und auch in den technischen Details der vordersten KI-Front ist er nicht zuhause. Immerhin behauptet er, daß in den USA kaum noch Forscher an die Erreichbarkeit der hohen AI-Ziele glauben, daß diese Ziele aber immer wieder verkündet würden, um dafür Forschungsmittel zu erhalten. Die Creme der KI-Forschung wandert gegen hohe Gehälter in die Industrie ab, um Expertensysteme zu entwickeln, was in der Regel ein Symptom für den Verfall einer theoretischen Disziplin sei.

Nach meiner Kenntnis der Dinge dürfte Superelisa zur Zeit bereits am Problem der Spracherkennung scheitern. Zwar können unsere Computer schon recht verständlich sprechen, aber beliebige Worte, die schnell, langsam, verzerrt in Mundart, in unterschiedlicher Betonung etc. gesprochen, genuschelt, gebrüllt etc. werden, sind auch für die leistungsfähigsten Computer noch nicht identifizierbar. Wird dieses Problem, das in der KI-Forschung zur »Mustererkennung« zählt, vielleicht nie gelöst werden?

Der philosophische Diskurs kann solche Einzelfragen nicht beantworten. Die Mustererkennung hat nach Dreyfus ebenfalls ihre Grenzen im Regelschließen. Während beim Menschen das Klangbild eines Wortes wahrscheinlich als Typus ganzheitlich im Gehirn gespeichert ist, kann es doch am Ohr bis zur Unkenntlichkeit entstellt ankommen. Dennoch gelingt es dem Gehirn unter Ausnutzung des ganzen Satzes und der Redesituation den Klanggehalt als das gesprochene Wort zu identifizieren. Während der Mensch auf Grund seiner sozialen Erfahrung häufig bereits weiß, was an Worten ankommt, muß der Computer den Sinn aus den einzelnen Worten erst erschließen. Er kann damit in der Mustererkennung nicht die vollen Register ziehen. Er kann auch nicht auf physische Klanganalogien bauen, sondern muß das Klangbild in Frequenzen erfassen oder deren mathematische Darstellung durch Fourier-Reihen benutzen, die nach formalen Ähnlichkeiten untersucht werden müssen. Man steht hier also vor einer Fülle von Problemen, die jedes einzeln Angelegenheit besonderer Experten ist, so daß nahezu niemand heute mit Sicherheit sagen kann, was in der KI noch alles drin ist und was nicht.

Jörg Siekmann, ein deutscher KI-Experte, meint weise, daß die Probleme natürlicher Spracherkennung *»langfristig«* lösbar seien. Wenn die KI-Gilde selbst schon von »langfristig« spricht, dann stehen die Chancen nicht schlecht, daß es »nie« bedeutet.

Neben der prinzipiellen Lösbarkeit sollte man nicht die wirtschaftliche Realisierbarkeit übersehen. Steht der Aufwand, den man betreiben muß, um mit einem Computer in natürlichsprachliche Kommunikation zu treten, im Verhältnis zum Ertrag? Diese Frage könnte man bejahen, wenn in weiten Bereichen KI-Durchbrüche erfolgen, das heißt z.B., wenn in der internen Informationsverarbeitung beliebige natürlichsprachliche Elemente akzeptiert werden können und als Input für Expertensysteme ausreichen. Solange aber der formallogische interne Schlußapparat nur sehr präzise und semantisch (von der Bedeutung her) sehr eingeschränkte Informationen verarbeiten kann (wie das heute bei Computersystemen generell der Fall ist), wird die natürlichsprachliche »Kommunikation« mit dem Computer ein unsinniger Luxus sein, der unterbleibt, wenn er zu teuer wird.

Ziehen wir Bilanz: die höchsten Weihen menschlichen Denkens mögen dem Computer verschlossen bleiben, aber welche Leistungen unterhalb dessen vollbracht werden können, ist heute noch schwer abschätzbar. Daß es allemal reicht, die zweite industrielle Revolution zu bewirken, wird von niemandem mehr bestritten. Welchen »Gehalt« die Arbeit dann haben wird, wieviel davon bleibt, ist ebenfalls heute noch recht unklar, denn auch dies wird zu einem nicht geringen Teil von den »Intelligenzleistungen« der Mikrochips und ihrer Software abhängen.

Wir haben in der jüngsten Vergangenheit zwei technologiepolitische Erfahrungen machen können. Das von Kennedy gestartete Mondlandeunternehmen wurde ein Erfolg, der sich schneller einstellte als die kühnsten Experten vorausgesagt hatten. Das technologische Abenteuer die Atomenergie friedlich zu bändigen, ist dagegen weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben, die die Experten prognostiziert hatten.

Um dem Leser noch etwas Spekulationsmaterial darüber in die Hand zu geben, wie wohl das Abenteuer der Hervorbringung künstlicher Intelligenz ausgehen mag, müssen wir die ominöse 5. Computergeneration noch etwas genauer vorstellen.

Konventionelle Computer sind nach einer »von Neumann-Architektur« konstruiert, d.h. die zur Ausführung notwendigen Programme und ihre Daten sind binär verkodet (in 0-1 Sequenzen) und befinden sich auf einem Speicher. Der Rechner (Mikroprozessor) führt die Instruktionen der Programme in vorbereiteter Reihenfolge nacheinander durch. Dieser Aufbau, nach dem jede Instruktion hintereinander durch das Rechenwerk muß, hat einen Flaschenhalseffekt, d.h. alle Instruktionen, die noch nicht dran sind, stehen nutzlos in einer Warteschlange. In unserem Gehirn gibt es kein solch schmalen Einbahnstraßenverkehr, es wird an allen Ecken und Enden gleichzeitig »gerechnet«. Diese Idee der Parallelverarbeitung ist die wesentliche Innovation der 5. Generation. Mehrere Prozessoren werden in Netzwerken zusammen geschaltet und schaffen gleichzeitig. Dadurch konnte man bislang Temposteigerungen um den Faktor 100 gegenüber den schnellsten herkömmlichen Rechnern erzielen.

Nun darf sich der Laie aber nicht vorstellen, daß er nur zwei PC's nebeneinander zu stöpseln brauche, um die 5. Generation auf seinem Schreibtisch zu haben. Die rechte Hand muß wissen, was die Linke tut, so daß auch die Instruktionsfolgen der Programme völlig neuartig konzipiert

werden müssen, damit sie in diesen Parallelrechnern effizient verarbeitet werden können. Die gesamte bis heute erstellte Software hat für die neuen Rechner Schrottwert insofern, als sie deren Strukturen nicht angemessen ist. Laut einem Artikel in ‚byte' (April 1985) haben die Japaner auf ihrem besten Parallelrechner bislang nur eine FORTRAN-Version implementiert, deren Programme langsamer laufen als auf speziellen high-speed FORTRAN-compilern, die für konventionelle Rechner konzipiert wurden. Mit Muskelkraft allein macht man eben noch lange keine Riesenfelge.

DIE GRENZEN DER COMPUTER

Die von Neumann-Struktur mag primitiv sein, aber sie kopiert eines der elementarsten Lern- und Konstruktionsprinzipien: immer schön eins nach dem anderen! Wir haben mit dieser »Baukastentechnik« auch im Denken große Fortschritte erzielt (wobei ich die Geistesblitze aus den holistischen Tiefen unserer Gehirnrinde überhaupt nicht in Abrede stellen will). Von daher scheinen mir die konventionellen Rechner noch lange nicht überholt. Die 5. Generation mag sehr wohl auf etlichen Feldern der Informatik hochspezialisierte Anwendungen erfahren, aber ob sie nun alles bisherige davonspült, ich weiß es nicht. Eine sinnvolle Minimalvariante der Parallelverarbeitung existiert übrigens schon eine Weile, das ist der sogenannte »Coprozessor« in etwas teureren PC's, der dem Hauptprozessor das simple Rechnen abnimmt und damit die gesamte Verarbeitungsgeschwindigkeit erhöht.

Während Feigenbaum in seinem Buch »The fifth Generation ...« das Blaue vom Himmel herunterholt und uns Glauben machen will, daß schon morgen die Computer besser als Menschen denken werden, klingen die Fachartikel von namhaften Autoren der amerikanischen AI-scene in der besagten ‚byte'-Aprilnummer über die Leistungen und Probleme der neuen Computertechnologie schon sehr viel skeptischer, wenn man zwischen den Zeilen zu lesen versteht.

Ich möchte die These wagen, daß schnelle wissenschaftliche Erfolge nur bei gut isolierten Phänomenen erreichbar sind. Auf dem Felde sehr komplexer Strukturen, wo sich gegenseitige Abhängigkeiten leicht potenzieren können, verlaufen unsere »Lernkurven« dagegen nach ersten Anfangserfolgen sehr flach. Warum soll es nicht z.B. einmal zehn Generationen brauchen, bis wir gelernt haben, sehr umfassende Fragen auch umfassend beantworten zu können? Die ökonomische Wachstumsernüchterung ist bereits da, wann folgt die wissenschaftliche?

Literaturhinweise:

Inhaltlich nicht mehr brandneu, aber ein gut lesbarer und verstehbarer Klassiker zur Auseinandersetzung mit der KI: Hubert L. Dreyfus, Die Grenzen künstlicher Intelligenz. Was Computer nicht können. Athenäum, Königstein 1985.

Einen knappen, sehr informativen Übersichtsartikel über die KI (auch für Laien), der systematischer und umfassender die wesentlichen Anwendungen beschreibt, als ich das hier getan habe, steht in der Zeitschrift ‚Science' March 85.

Für Leser mit Computer know-how empfehle ich die Artikel in ‚byte', Aprilnummer 1985.

Im Kursbuch 75, Computerkultur, finden sich ebenfalls qualitativ hochwertige Beiträge, die zu sehr skeptischer Beurteilung von Computersuperstrukturen neigen (allerdings nicht verstehbar für Laien).

Ein unrühmliches Beispiel, wie Kulturpessimisten dem blenderischen KI-Getöne auf den Leim gehen, ist Claus Eurich, Computerkinder, rororo aktuell, 1985.

Die Bildungsbürger mit historischem Background werden Gefallen finden an Wolfgang Coy, Industrieroboter. Zur Archäologie der 2. Schöpfung, Rotbuch, Berlin 1985.

In das noch nicht in deutsch vorliegende Feigenbaumbuch zur 5. Generation kann man schauen, wenn man Zitate für vollmundige KI-Sprüche sucht.

P. McCorduck, E. Feigenbaum, Fifth Generation. Artificial Intelligence and Japanese Computer Challenge to the World. London 1983.

Schließlich der gute Weizenbaum, der als der Klassiker der kritischen Auseinandersetzung mit Computern immer wieder zitiert wird, und mit Abstrichen gut lesbar ist: Joseph Weizenbaum, Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft, Suhrkamp Frankfurt 1977.

INFORMATIONEN ZUR KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ

FACHGEBIETE DER KI

1.
Natürlichsprachliche Systeme
Ziel: Die Mensch-Maschine-Kommunikation über gesprochene oder geschriebene natürliche Sprache zu ermöglichen. Der Computer lernt, die formulierten Worte zu interpretieren, ihren Anweisungen zu folgen und bei Unklarheiten rückzufragen. Realistische Nahziele: Hotelrezeptionen, Reiseauskunft und -Buchung etc. Berühmtes Beispiel: Die Klötzchenwelt des Programmes SHRDLU von T. Winograd (MIT). Über Dialog kann man einen Roboter mit Auge auffordern verschiedene Klötze zu versetzen.

2.
Expertensysteme
Programmsysteme, die auf die Lösung spezieller Aufgaben entwickelt werden.
Beispiele: DENDRAL und MYCIN von E. Feigenbaum (Stanford); ersteres hilft die chemische Struktur eines Moleküls bei der Massenspektralanalyse zu ermitteln, zweiteres dient der Diagnose bakteriologischer Krankheiten. Expertensysteme werden inzwischen für viele Gebiete im Dienstleistungsbereich (Ärzte, Rechtsanwälte, Architekten, Versicherungen, Banken etc.) entwickelt, das sind in der Regel nur sehr raffiniert aufgebaute Datenbanken.

3.
Deduktionssysteme
Sollen in der Mathematik zur Konstruktion von Beweisen herangezogen werden und sollen große Computerprogramme auf ihre logische Richtigkeit überprüfen.
Beispiele: LOGIC THEORIST von A. Newell und H. Simon kann mathematische Theoreme beweisen. GPS (General Problem Solver von Newell, Simon und Shaw) kann bis zu einem gewissen Grad Textaufgaben aus dem Mathematikunterricht lösen.

4.
Robotertechnologie
Wissenschaftlich der Versuch menschliche Fähigkeiten (Bewegen, Fühlen, Sehen, Hören) computergesteuert nachzubilden. Hauptanwendung sind die »Handhabungsautomaten« (Schweiß-, Lackier-, Montageroboter etc.). Beispiele: FREDDY (England) kann nach Vorführung ein Spielzeugauto selbständig zusammenbauen. SHAKEY (Stanford) ist eine Weiterentwicklung der »Klötzchenwelt« (SHRDLU).

5.
Bildverstehen
Es hat sich als ungemein schwierig herausgestellt, die Funktion des Auges und der entsprechenden Gehirnfunktionen zu computerisieren. Gegenstände in ihrer räumlichen Dimension zu erkennen und unterscheiden zu können, ist z.B. für alle sehenden Roboter im Industriebereich sehr wichtig.

TURINGTEST

(Alan M. Turing) — berühmter Vorschlag zum Intelligenztest eines Computers. In einem Raum werden zwei Terminals (Datenendgeräte) aufgestellt, von denen eins mit einem (intelligenten) Menschen, das andere mit dem zu testenden Computersystem verbunden ist. Wenn es durch den Dialog nicht mehr möglich ist zu entscheiden, hinter welchem Terminal sich das Computersystem befindet, dann muß man dieses als intelligent bezeichnen.

LISP

Eine spezielle Programmiersprache, in der die meisten KI-Programme programmiert sind. Sie ist weniger für Zahlen als zur Symbolverarbeitung geeignet und basiert auf dem Listenverarbeitungsprinzip, es existiert bereits eine große Ansammlung unterstützender Software (das sind vorgefertigte Pakete, die in LISP abgerufen werden können).

PROLOG

Ebenfalls eine Symbolverarbeitungssprache, auf die die Japaner in ihrem FGCS-Projekt (5. Generation) setzen. Sie ist nicht listenorientiert, sondern baut auf dem Prädikatenkalkül auf. Es wird behauptet, daß PROLOG dem LISP an Flexibilität und Problemadäquanz überlegen sei. Die Sprache ist aber jünger und besitzt noch nicht die Softwareunterstützung von LISP.