

# Nicht nur ein Computeraufenteuer

**D**ie Faszination des Begriffes führt oft auch zum Etikettenschwindel: Da gibt es »intelligente« Waschmaschinen oder Bügeleisen. Ein Experiment brachte es an den Tag: Das Gute wollend schafft der Mensch oft das Böse!

C.D.Dörner, Kognitionswissenschaftler (Kognition = Erkennung, Wahrnehmung) in Gießen, stellte seinen Versuchspersonen folgende Aufgabe: Sie sollten als Entwicklungshelfer, versehen mit einem breiten Spektrum an Einflußmöglichkeiten, die Lebenssituation der Einwohner eines Landstriches in Afrika verbessern. Die Einwohner, ihre Dörfer und Felder, das Wild und die gesamte Landschaft existierten aber nur im Computer, in dem auch alle Gesetzmäßigkeiten, die das Zusammenspiel aller Faktoren betreffen, programmiert waren. Zu Beginn des Versuches befand sich das so geschaffene System im Gleichgewicht, die Einwohner allerdings lebten am Rande des Existenzminimums. Sechsmal konnten die Versuchspersonen in dieses Weltmodell eingreifen: In der überwiegenden Mehrheit war eine Hungerkatastrophe — also der Zusammenbruch des Systems — das Ergebnis, welches sie trotz der besten Absichten schufen! Dörner sieht die Ursache für dieses Versagen in Mängeln beim Denken:

## Beweisführung durch Experimente

Fehler 1: Der Mensch ist es gewohnt, lineare Zusammenhänge vorauszusetzen. Die meisten Wachstums- oder Zerfallsvorgänge finden aber exponentiell statt (Bild 1).

Fehler 2: In dynamischen Systemen (also solchen, die in einer ständigen Entwicklung stehen, wie das hier betrachtete) sind Informationen

**Eine Aura des Geheimnisvollen umgibt den Begriff »Künstliche Intelligenz« (KI). Wer denkt dabei nicht an Franksteins Monster oder Science-fiction-Roboter. Was hat es wirklich damit auf sich, woran arbeiten KI-Forscher aller Welt und schließlich: Kann es sich die Menschheit leisten, auf Denkhilfen zu verzichten? Welche Risiken birgt KI?**

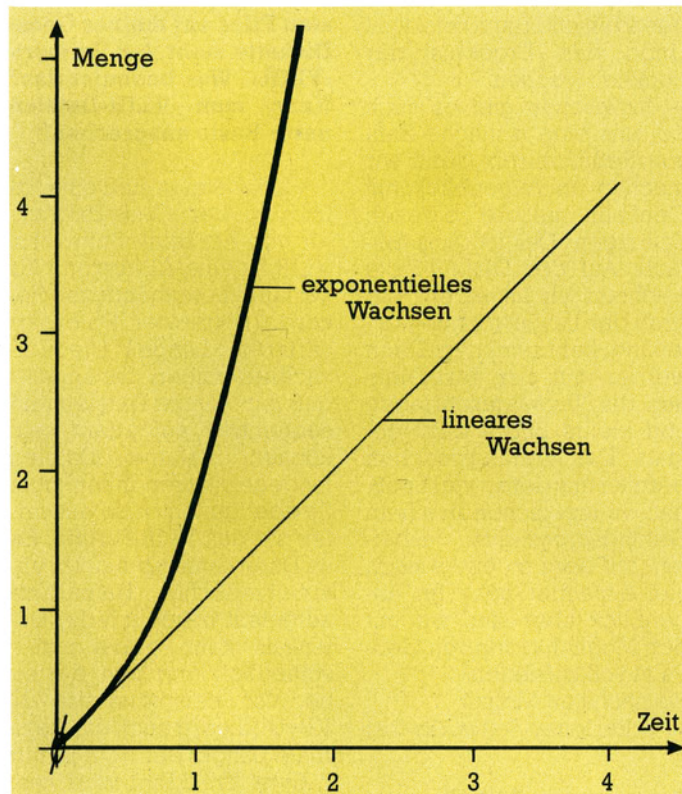


**Bild 1.** Der Mensch ist es gewohnt linear zu denken. Wachstumsprozesse in der Natur verlaufen exponentiell.

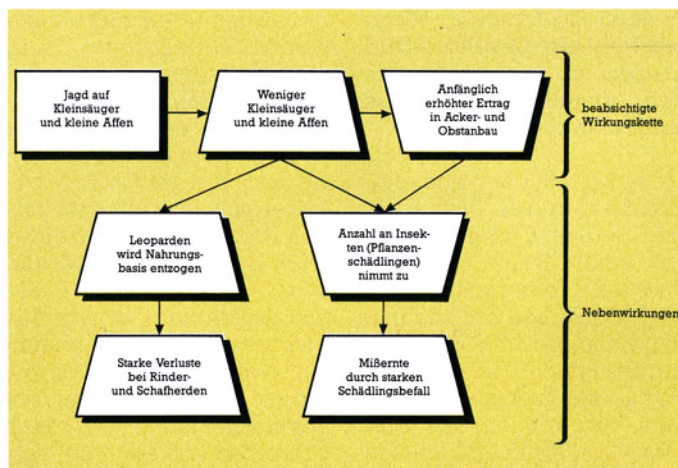


**Bild 2.** Der Mensch denkt meist in Wirkungsketten. Natürliche dynamische Systeme sind durch Wirkungsnetze beschreibbar.

über einen gegenwärtigen Zustand nahezu bedeutungslos, wenn man nicht außerdem die Entwicklungstendenzen und ihre Gesetzmäßigkeiten kennt. Auch das ist eine typisch menschliche Schwäche, Entscheidungen auf der Basis einer augenblicklichen Situation zu treffen.

Fehler 3: Menschen fällt das Denken in »Wirkungsnetzen« schwer. Was ist ein Wirkungsnetz? Eingriffe in komplexe Systeme sind in der Regel von Nebenwirkungen begleitet, die mit der beabsichtigten Ursachen-Wirkungs-Kette vielfältig — eben netzartig — verknüpft sind (Bild 2). Die gute Absicht ist es, die Anzahl der Kleinsäuger und kleinen Affen, die sich immer wieder an den Feldfrüchten vergreifen, durch Jagd und Vergiften zu verkleinern und damit den Ertrag der Landwirtschaft zu erhöhen. Dabei wurden aber folgende Nebenwirkungen nicht bedacht: Den Leoparden wird durch die Vernichtung des Kleingetiers die natürliche Ernährungsgrundlage entzogen. Die Leoparden fallen daher immer häufiger die Rinder- und Schafherden an, was im Laufe der Zeit zu großen Verlusten führt. Die kleinen Säugtiere sorgten für die Dezimierung der Insekten, deren Zahl nun zunimmt und sich auf den Ertrag der Feldfrüchte negativ auswirkt. Außerdem war die anfänglich erhöhte Menge an Feldfrüchten und Obst ein guter Lebensraum für die Insekten, die sich nun — nach der Vermehrung — über die Pflanzen hermachen. Insgesamt droht eine Mißernte und der Verlust großer Teile der Herden.

Die Realität ist wesentlich komplexer als die Computerwelt bei Dörner. In der Literatur finden sich beliebig viele Beispiele, in denen dem Menschen das lineare und das Ein-Linien-Denken zum Verhängnis geworden

ist. Ständig greifen wir auf vielfältige Weise in das Gleichgewicht des komplexen Systems »Natur« ein. Es hat den Anschein, als bräuhete unsere Zivilisation Gehirne, die in solch hochkomplexen, dynamischen Systemen durchdenken können, um zu überleben. Vielleicht wird das einmal zum wichtigsten Aspekt der Künstlichen Intelligenz werden, als Denkverstärker oder Entscheidungshilfe zu dienen.

## Was ist Künstliche Intelligenz?

Da der Begriff »Künstliche Intelligenz« nun endlich gefallen ist, soll er auch erklärt werden. Daß das kein leichtes Unterfangen ist, werden Sie gleich bemerken! Wollen wir nämlich sagen, was Künstliche Intelligenz ist, dann müßte zunächst einmal geklärt sein, was denn Intelligenz ist. Solch eine Definition aber gibt es nicht, Hofstadter meint dazu (Gödel, Escher, Bach, S.640, 8. unveränderte Auflage 1986): »Der unausweichliche Kern der Intelligenz liegt immer in der nächsten Sache, die noch nicht programmiert worden ist.« Verlassen wir also zunächst einmal dieses Glatteis und sehen uns zwei Definitionen an, die die Intelligenz umgehen: Alan Turing, einer der Pioniere der Computerwissenschaft, schlug 1950 ein Imitationsspiel vor, das man heute »Turing-Test« nennt. Drei Teilnehmer, ein Mann (A), eine Frau (B) und ein Fragesteller (C) befinden sich in getrennten Räumen und können durch einen Fernschreiber miteinander reden. Der Fragesteller hat die Aufgabe herauszufinden, welcher von den beiden Gesprächspartnern A oder B die Frau ist. Zu diesem Zweck befragt er A und A muß antworten, kann aber C durch falsche Antworten irreführen. Die Aufgabe von B ist es, dem Fragesteller zu helfen. Beispielsweise könnte B sagen: »Ich bin die Frau, laß dich nicht irreführen!«. Weil aber A dasselbe tun kann, hilft das C nicht allzu viel. Turing stellt nun die Frage: »Was würde passieren, wenn eine Maschine die Rol-

le von A in diesem Spiel übernimmt?« (Bild 3). Würde C das nicht bemerken, dann könnte man vermutlich von Künstlicher Intelligenz sprechen. Sehr viel nüchterner definiert der Münchner KI-Forscher Radig die Künstliche Intelligenz: Das Teilgebiet der Informatik, das sich mit der Erarbeitung von Grundlagen und ihrer Anwendung in wissensverarbeitenden Systemen beschäftigt, heißt Künstliche Intelligenz (KI). Der Schwerpunkt liegt hier auf der Verarbeitung von Wissen, was eine wesentliche Weiterentwicklung der Informatik gegenüber der Verarbeitung von Daten darstellt. Wir werden später noch darauf zurückkommen.

Savory, Mitarbeiter bei Nixdorf in Paderborn und KI-Forscher, wagt sich bei seiner Definition wieder nahe an das ungewisse Glatteis: Die Künstliche Intelligenz (KI) ist eine (noch) inhomogene Sammlung von Themen, deren Gemeinsamkeit der Versuch ist, die kognitiven Fähigkeiten des Menschen nachzuahmen. Dies ist auch der rechte Augenblick, zu erklären, was man unter Kognition versteht. Das Wort stammt vom lateinischen »cognoscere«, was in deutscher Sprache »erkennen« oder auch »wahrnehmen« bedeutet. Wenn also von kognitiven Fähigkeiten des Menschen die Rede ist, dann ist damit alles gemeint, was im weitesten Sinn die »Erkenntnis« betrifft, angefangen von der Wahrnehmung durch die Sinne bis zum Verstehen oder gar zur Anwendung einer Erkenntnis.

## KI-Arbeitsgebiete

Es hat den Anschein, als wäre der Begriff »Künstliche Intelligenz« einfach nur etwas unglücklich gewählt — vielleicht aus der ersten Euphorie früher Forschung heraus —, weil er immer wieder den Vergleich mit Intelligenz nahelegt. Bevor wir uns also später diesem Vergleich noch etwas widmen, wählen wir einfach den Namen KI (im englischen Sprachraum verwendet man AI = Artificial Intelligence), wenn wir in der folgenden Übersicht

der Arbeiten auf diesem Gebiet in Deutschland in die Verlegenheit kommen sollten, dem Kind einen Namen geben zu müssen.

Natürlich kann eine solche Übersicht bei weitem nicht komplett sein, große Teile der Forschung werden hinter verschlossenen Türen betrieben. Savory nennt folgende Themenbereiche: Expertensysteme, intelligente Lehr- und Lernsysteme, Verstehen und Übersetzen geschriebener natürlicher Sprache, automatisches Programmieren (mit Korrektheitsbeweis), Verstehen und Erzeugen gesprochener Sprache, Erkennen und Interpretieren von Bildern. Vier weitere Felder kommen noch hinzu: Spiele, Systeme, die mathematische Beweise führen können und die Entwicklung von Sprachen, die sich aufgrund ihrer speziellen Struktur besonders gut für KI-Programme eignen (Lisp, Prolog), und schließlich noch das weite Feld der Robotik. Sehen wir uns einige dieser Bereiche etwas näher an.

## Expertensysteme

Expertensysteme gehören zu den sogenannten »wissensbasierten Systemen«. Darunter versteht man Computer-Systeme, die Wissen beinhalten, und zwar neben dem reinen Faktenwissen auch solches, das mit Unsicherheiten behaftet ist (Daumenregeln, man nennt das auch heuristisches Wissen) und subjektives Wissen. Expertensysteme enthalten dieses Wissen für ein eng umgrenztes Fachgebiet. Wie das Aufbauprinzip solcher Expertensysteme ist und welche Probleme sich der Entwicklung dieser Softwareinstrumente entgegenstellen, soll später noch erläutert werden.

Expertensystem-Shells (also vorbereitete Hüllen, in die noch das Wissen von Experten einfließen muß) gibt es aus deutscher Entwicklung hauptsächlich für Diagnosezwecke (medizinisch oder auch zum Auffinden von Fehlern in technischen Geräten) und zur Klassifikation (beispielsweise zur Finanzberatung bei Banken). An der

Universität Kaiserslautern arbeiten Siekmann und Puppe an MED-1 und MED-2, Nixdorf in Paderborn bringt sein System TWAICE auf den Markt, ein größerer Firmenverbund entwickelt TEX-B und die Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) erstellt BABYLON.

## Von der Logik zu KI

Eine der ältesten mathematischen Disziplinen, die Logik, deren Geschichte zurückreicht bis Aristoteles (vor etwa 2200 Jahren), ist das Fundament von KI. Aristoteles und in moderner Form Boole (1815-64) und Frege (1848-1925) ermöglichen es, mittels der logischen Operatoren (dem Basic-Programmierer als AND, OR und NOT bekannt) auf mathematisch exakte Weise Schlußfolgerungen zu ziehen, Aussagen zu überprüfen und vieles andere mehr. In den Ausgaben 7/8/9/85 des 64'er-Magazins finden Sie den Kurs »Logeleien«, der Ihnen mit vielen Programm-Beispielen (vom Textverschlüssel bis zur Schlußfolgerungsmaschine) die Logikprogrammierung in Basic erklärt. Die Dinge, die mittels der Booleschen Operatoren im Rahmen der Logik verknüpft werden können, müßten nun ebenfalls noch durch eine sehr allgemeine Symbolsprache eindeutig erfaßbar sein, dann könnte man »sämtliche Probleme lösen und alle Kontroversen beenden«. Diese universelle Symbolsprache meinte Leibnitz (1646 bis 1716) gefunden zu haben mit den binären Zahlen: »Wenn jemand meine Resultate bezweifeln wollte, so würde ich sagen: Lassen Sie uns rechnen, Monsieur, und so würden wir die Frage mit Feder und Tinte entscheiden.« Tatsächlich ist das binäre System die Sprache der Computer und wie man an der »Schlußfolgerungsmaschine« (Ausgabe 9/85, Seite 118 des 64'er-Magazins) sehen kann, grenzt die Leistung eines solchen relativ kurzen Programmes schon ans Wunderbare, wenn man bedenkt, daß man damit im Handumdrehen recht komplexe Zusammenhänge (Sätze) beweisen

kann. Der Kurs endete damals mit der Spekulation, daß man Leibnitz Gedanken in einer Art Super-Schlußfolgerungsmaschine realisieren könnte, die auf alle Probleme unserer Gesellschaft eine Antwort fände (etwa in der Art des Supercomputers »Deep Thought« aus D. Adams: The Hitchhikers Guide to the Galaxy, der nach 75000 Generationen die Antwort auf die »Große Frage« nach dem Leben, dem Universum und allem gab, die da lautete: »42«. Es stellte sich dann heraus, daß die Frage nicht ganz so klar gestellt war, wie sie der Computer brauchte). Die herkömmliche Logik ist eine sogenannte zweiwertige Logik. Damit ist gemeint, daß eine Aussage entweder wahr oder falsch sein kann. Dazwischen gibt es nichts. Wie wir aber nun aus dem täglichen Leben wissen, sind solche Aussagen eher die Ausnahme. Meistens hat man es mit diffusen Sachverhalten zu tun. Ist ein »großes Haus« nicht doch klein im Vergleich zum »Wolkenkratzer«, aber gewaltig in Bezug auf ein Schneckenhaus?

Diese »Weltfremdheit« der herkömmlichen zweiwertigen Logik führte bald zur Entwicklung von mehrwertiger Logik, zu denen die in der Programmiersprache Prolog verwendete Prädikatenlogik gehört. Die in der zweiwertigen Logik verwendeten Aussagen werden hier noch weiter aufgeschlüsselt durch sogenannte Prädikatoren (die – vereinfacht gesagt – eine Eigenschaft ausdrücken können) und sogenannte Quantifikatoren, die – wieder vereinfacht ausgedrückt – das Ausmaß dieser Eigenschaft kennzeichnen (Logiker werden sich erröten abwenden). Merkmal dieser Logik sind beispielsweise die Quantoren (verkürzte Form für Quantifikatoren): »Es gibt ein...« oder »Für alle... gilt...«. Noch einen Schritt weiter geht die sogenannte »Fuzzy-Logik« (fuzzy kommt aus dem englischen und bedeutet verschwommen, unscharf): Auch hier gibt es Quantoren, die aber reichlich unbestimmt sind, wie »Für einige ... gilt ...« oder »Für viele ... gilt ...«. Der Wahrheitsbegriff ist in der

Fuzzy-Logik nicht mehr auf »Wahr« und »Falsch« eingegrenzt, Aussagen wie »Das Haus ist ziemlich groß« sind nun möglich und vor allem: Sie sind mathematisch faßbar und somit als Algorithmus in Computern zu realisieren. Mit diesen modernen Weiterentwicklungen der Logik rückt die Berechenbarkeit der Welt immer näher, sollte man meinen. Ob es sich wirklich so verhält,

sich natürlicher Sprache bedienen (noch ist das Zukunftsmusik). Kommen wir zur Wissensbank, dem zweifellos wichtigsten Bestandteil. Wie wird Wissen dargestellt? Zunächst einmal müssen allerlei Objekte der realen Welt enthalten sein: Gegenstände, Personen, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten und Konzepte. Weiterhin sind zwischen diesen Objekten Beziehungen anzugeben:

Sachverhalt gewonnen werden können. Es gibt also zwei Arten von Wissen: das Faktenwissen, das einem Lexikon gleicht und das Regelwissen. Letzteres kann man sich vorstellen als eine große Anzahl von »Wenn ... dann ...«-Regeln, die sich sowohl auf Fakten als auch auf andere Regeln beziehen. Diese Regeln wiederum können nun sowohl im Rahmen der verschiedenen Logik-Richtungen (zweiwertige Logik, Prädikatenlogik, Fuzzy-Logik) existieren, wie auch »heuristisches« Wissen enthalten. Was bedeutet Heuristik? Exakt formuliert, ist das die Lehre von den Methoden zur Auffindung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Im Rahmen von KI könnte man heuristisches Wissen als Faustregeln bezeichnen. Sie sind für Expertensysteme besonders wichtig, denn hier wird versucht, das Fingerspitzengefühl von Experten, ihre Erfahrungen in Regeln zu fassen. Häufig reichen Angaben für ein exaktes, auf der mathematischen Logik beruhendes, Rechenverfahren nicht aus, die Aufgabe wäre dann nicht lösbar. Eine Heuristik kann in solchen Fällen auch mit weniger Voraussetzungen zu wahrscheinlichen Schlußfolgerungen gelangen. Ein anderes Problem, das uns schon zum nächsten Baustein des Expertensystems führt, ist die sogenannte »kombinatorische Explosion«. Dazu ein kleines Beispiel (Bild 4): Es wird hier lediglich angenommen, daß sich aus der Ausgangslage drei mögliche Wege ergeben, aus den damit erreichten Stationen jeweils wiederum drei und so fort. 59049 Möglichkeiten finden wir schon nach zehn Schritten, und Sie können sich leicht vorstellen, daß sich bei den meist nötigen höheren Schlußfolgerungstiefen und komplexeren Ursache-/Wirkungsketten schnell Millionen von Varianten ergeben. Beim Schach beispielsweise soll die Anzahl der Möglichkeiten etwa  $10^{120}$  betragen (Shannon 1950). Abgesehen vom Zeitaufwand (denken Sie an den vorhin erwähnten Supercomputer Deep Thought) ist auch hardwaremäßig kein Computer in der Lage, die Unzahl an Varianten

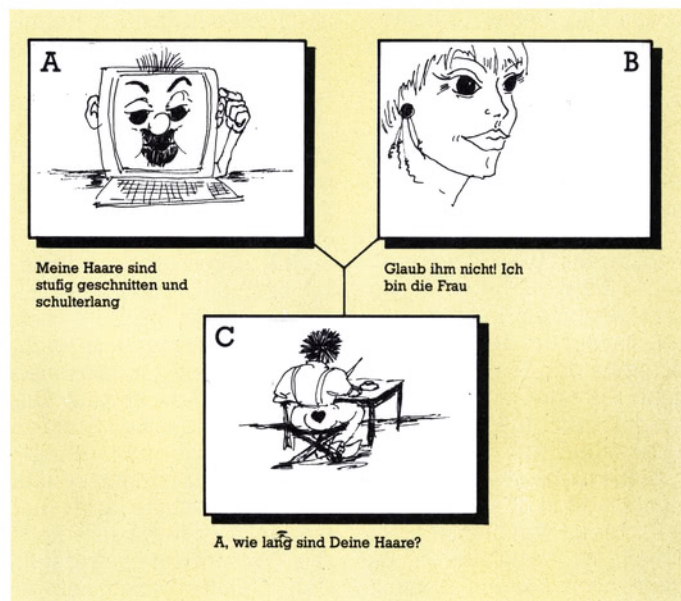


Bild 3. Der Turing-Test: Merkt C, daß A eine Maschine ist?

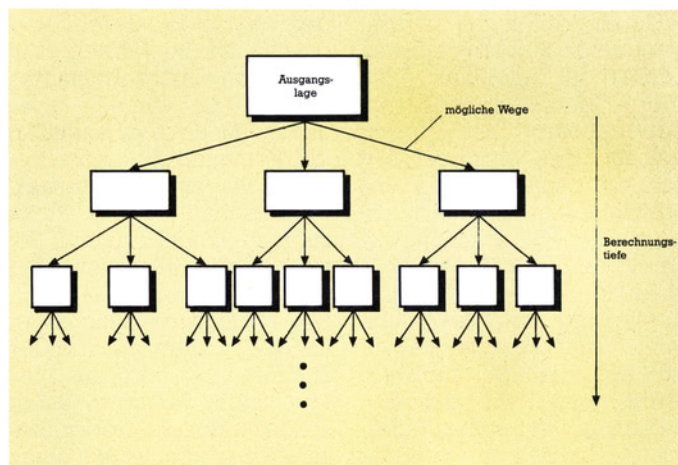


Bild 4. Kombinatorische Explosion: Die möglichen Wege sprengen alle Grenzen

werden wir später noch untersuchen.

Ein Expertensystem besteht im Prinzip aus vier Teilen: Da ist eine Ein- und Ausgabereinheit, ein Baustein zum Wissenserwerb, eine Wissensbank und schließlich ein Folgerungssystem. Zum Wissenserwerb haben wir vorhin schon Stellung bezogen (LERNER), die Ein- und Ausgabereinheit könnte

physikalische Gegebenheiten (A ist neben B), ursächliche Zusammenhänge (aus A folgt B), zeitliche Reihenfolge (erst das Ei und dann die Henne?), Absichten, Vermutungen etc. Besondere Bedeutung hat ein weiterer Bestandteil, nämlich das Wissen darüber, wie aus dem gespeicherten Wissen und den Informationen neue Erkenntnisse über einen

ten durchzugehen. Wieder helfen uns Heuristiken, die bestimmte Wege von vorneherein ausschließen und damit die exponentiell ansteigende Anzahl der Alternativen linearisieren helfen.

Nicht minder bedeutend für ein Expertensystem ist seine Folgerungseinheit. Sie bildet zum einen den Schlüssel zur Wissensbank und hat zum anderen die Aufgabe, aus dem Fundus der Wissensbank und spezifischen, durch den Benutzer eingegebenen Fakten ein Ergebnis zu erarbeiten. Das Folgerungssystem bedient sich zu diesem Zweck verschiedener Verfahren: Zum einen spielt natürlich wieder die Logik in all ihren Ausbaustufen eine gewichtige Rolle, ebenso wie Heuristiken. Diese beiden sind aber meist nur das Werkzeug, mit dessen Hilfe nun Techniken realisiert werden, wie der Vergleich mit Mustern (ähnliche Voraussetzungen können zu ähnlichen Schlüssen führen) oder Anwendungen der Spieltheorie (vielversprechende Lösungswege werden durchgespielt, bei Mißerfolgen kehrt das System zur Ausgangslage zurück und testet einen anderen Weg durch) und andere. All dies legt uns den Gedanken nahe, daß solch ein Computer mit Expertensystem ein überraschend schlauer Geselle sei. Warum sollte er nicht eines Tages — bei weiterer Entwicklung von Hard- und Software — in der Lage sein, dem utopischen Gedanken des Löfers aller Weltprobleme nahe zu kommen? Und, als Frage 2: Was unterscheidet denn nun noch — etwas in die Zukunft gesehen — die Maschine vom Menschen?

## Intelligente Computer?

Natürlich werden wir hier die Diskussion der Fachleute zu diesen Fragen nur anschnitten können. Wie Sie aber gleich sehen werden, gibt es zwischen der ersten und der zweiten gestellten Frage kaum einen Unterschied. Sehen wir uns einfach drei bekannte Argumente an. H.L. Dreyfus, Philosoph in Berkeley, gilt schon seit langem als gnadenloser

Kritiker der Künstlichen Intelligenz. Er meint, das wichtigste Merkmal menschlicher Intelligenz sei die ganz gewöhnliche, praktische Vernunft — der gesunde Menschenverstand. Dieser aber macht die Summe aller Erfahrungen des Menschen aus, sein gesamtes Hintergrundwissen. Jedes Objekt der realen Welt ist eingebettet in diesen Hintergrund (man nennt das dann den Kontext des Objektes). Die Bedeutung dieses Kontextes haben wir vorhin bei den Problemen der maschinellen Übersetzung demonstriert. Für den Computer ist es unerlässlich, Objekte der realen Welt als Formeln, Algorithmen präsentiert zu bekommen (das nennt man »formalisieren« von Objekten). Man müßte also theoretisch den gesamten Kontext formalisieren, um dem Computer gesunden Menschenverstand zu verleihen. Das aber ist unmöglich, meint Dreyfus. Abgesehen von Fragen der Speicherkapazität gibt es nämlich noch das prinzipielle Problem, daß man, um ein Objekt zu formalisieren, es immer von seinem Kontext losgelöst betrachten müßte. In den Wissenschaften ist das der einzige Weg, Gesetzmäßigkeiten — beispielsweise im Verhalten von Körpern im freien Fall — zu finden: Man abstrahiert von Nebeneffekten und formt sich auf diese Weise ein Modell von physikalischen Zusammenhängen, das aber auch nur in bestimmten Grenzen frei von Widersprüchen ist. Capra: »Da unsere Darstellung der Wirklichkeit so viel leichter zu begreifen ist als die Wirklichkeit selbst, neigen wir dazu, die beiden zu verwechseln und unsere Begriffe und Symbole für die Wirklichkeit zu halten.« Der Semantiker Kozzyski drückt das noch klarer aus: »Die Landkarte ist nicht das Land.« Wie wichtig aber vermeintliche Nebeneffekte auch physikalisch sein können, lehrt uns in letzter Zeit ein neues Gebiet, die sogenannte Chaosforschung. Populär wurde dieses neue Forschungsgebiet vor allem durch die »Apfelmännchen«, die ein grafisches Abbild bestimmter mathematischer Zusammen-

hänge sind. Ein anderer wichtiger Aspekt der Intelligenz ist das Verstehen und Begreifen. J.R. Searle, ebenfalls Philosoph in Berkeley, illustriert seine Kritik durch ein Gedankenexperiment: Den berühmten Chinesischen Raum. Searle versteht weder geschriebenes noch gesprochenes Chinesisch. Er fordert seine Zuhörer auf, sich vorzustellen, daß er in einen Raum eingeschlossen wäre, in dem sich außer ihm noch ein Schriftstück befände (in englisch), das ihm detailliert erklärt, wie er welche chinesischen Schriftzeichen als Antwort auf andere chinesische Schriftzeichen zu erzeugen hätte. Außerhalb des Raumes befinden sich Chinesen, die ihm durch eine Klappe Zettel mit chinesischen Schriftzeichen reichen. Searle bedient sich seiner Anleitung und reicht Zettel mit den chinesischen Antwortzeichen heraus. Die Chinesen draußen finden diese Antworten absolut identisch zu denen eines Chinesen. Searle aber hat weder die Fragezettel noch die Antwortzettel verstanden. Genauso aber geht es mit der Künstlichen Intelligenz: Der Computer hat nichts als ein unter Umständen hervorragendes Programm, das ihn befähigt, auf Eingaben ein Ergebnis zu erzeugen. Er versteht aber nichts, sondern er simuliert nur Verstehen.

W. J. Rapaport, Computerwissenschaftler und Philosoph aus Buffalo, hat auf Searles Gedankenexperiment eine überraschende Antwort gefunden. Ausgehend von der Theorie abstrakter Datentypen — die uns hier aber nicht weiter belasten soll — unterscheidet er zwischen der Abstraktion eines Begriffes und seiner Implementation. Das hört sich schwieriger an als es ist, wie Sie gleich an einem Beispiel erkennen werden.

Wenn manche Bäume von Insekten befallen werden, sondern die Bäume eine Chemikalie ab, die andere nahestehende Bäume »wahrnehmen« können, was diese dann dazu reizt, ebenfalls diese Chemikalie zu produzieren. Betreiben diese Bäume Kommunikation miteinander, auf eine ähnliche Weise,

wie Menschen miteinander reden? Rapaport meint, es gäbe die Abstraktion »Kommunikation«, also den abstrakten Begriff, und andererseits zwei Implementationen davon, die menschliche (beispielsweise das Sprechen) und die »bäumliche« (durch den Geruchsstoff). Eben dasselbe gelte für die Fähigkeiten des Intellekts. So kann das »Verstehen« die Abstraktion sein, die dann dem Menschen implementiert sein könnte. Beide können daher verstehen, jeder auf seine Art. Allerdings erhebt sich für uns nun sofort die Frage, wie denn nun eigentlich das Abstraktum Intelligenz als Implementation im Computer aussieht. Ist es uns womöglich so fremd, daß uns ein intelligenter Computer gar nichts nützt?

## Fazit

Aus all diesen kritischen Überlegungen geht hervor, daß noch viel Grundlagenforschung betrieben werden muß. Das Ziel dabei aber kann kein Computer sein, der möglichst menschenähnlich ist, sondern einer, der dem Menschen möglichst viel Nutzen bringt. Expertensysteme, wie wir sie heute kennen, sind die Vorläufer einer gänzlich neuen Generation von Programmen, die auf speziell entwickelter Hardware laufen werden: Man spricht von Computern der 5. Generation, die speziell zur Wissensverarbeitung entworfen werden. Kaum jemand kann heute vorhersagen, was diese neue Generation unter Verwendung der jüngsten Forschungsergebnisse eines Tages zu leisten vermag. Eines aber ist sicher: Es wird sich um Denk- und Entscheidungshelfer handeln mit enormer Kapazität — die Entscheidungen treffen, die die Verantwortung tragen, mit den Folgen leben muß immer noch der Mensch.

(Heimo Ponnath/rf)

Info: Kursbuch 75, Berlin 1984: Kursbuch-Verlag  
Radig et al: Methoden und Anwendungen der Künstlichen Intelligenz, Vorankündigung. Erscheint demnächst bei McGraw-Hill  
C.D. Dörner: Wie Menschen eine Welt verbessern wollten und sie dabei zerstörten, Bilder der Wissenschaft 2 (1975) 48  
Rapaport: Philosophy, Artificial Intelligence, and the Chinese Room Argument, Abacus Vol.3, Nr. 4 (1986) 7