

S. OGDEN

Roboter-Mensch „Cog“, Computerdarstellung von Hirn und Hand eines Menschen*: *Intelligenz ist auch die Fähigkeit, einen gelungenen Witz*

Duell der Superhirne

Schachweltmeister Garri Kasparow tritt zum Match gegen den Super-Rechner „Deep Blue“ an. Psychologen, Hirnforscher und Informatiker rätseln: Sind die Chip-Hirne der Computer fähig zu echter Intelligenz? Und was eigentlich ist diese menschlichste aller Eigenschaften?

Das Monster schläft nie. Tag und Nacht brummt es in seiner klimatisierten Höhle, eine Autostunde entfernt von der City Manhattans.

Die Forscher im Thomas J. Watson Research Center, einer der edelsten Denkfabriken der USA, haben Mühe, den uner sättlichen Hunger des eigenartigen Wesens zu stillen, das sie geschaffen haben – erst recht, seit sie ihm neue Super-Prozessoren implantierten.

Der Schach- und Computerspezialist Murray Campbell dressiert „Deep Blue“,

wie die Forscher ihre Kreation taufen, seit zwölf Jahren. Mit über 600 000 Schachpartien hat er sie gefüttert. „Er ist so stark wie nie zuvor“, schwärmt Campbell.

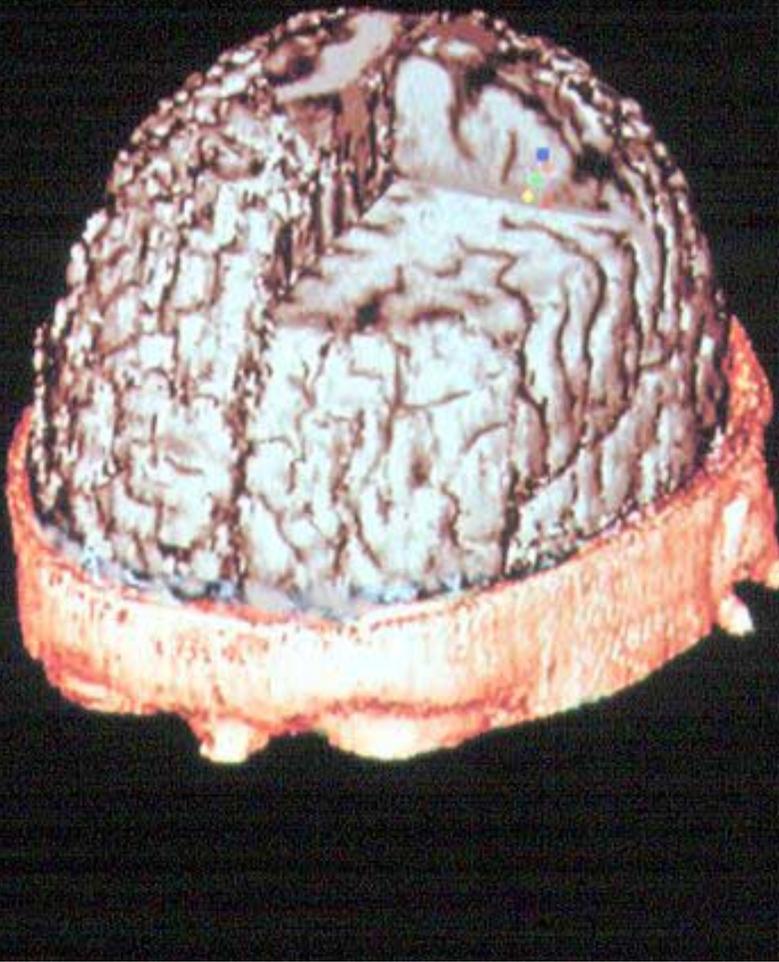
20 Millionen Dollar investierte der Computer-Riese IBM in den größten und schnellsten Schachrechner der Welt. Jetzt glauben seine Erschaffer, ihn gewappnet zu haben für einen historischen Kampf:

* Farbmarkierungen im Kernspintomogramm (r.) bezeichnen Hirnregionen, welche die Bewegung der entsprechend markierten Finger steuern.

das Duell zwischen Mensch und Maschine (siehe Seite 219).

In Podolsk, einem häßlichen Industriestädtchen nahe Moskau, hockt ein Mensch, der sich Deep Blue gewachsen fühlt. In der Schachschule im Erdgeschoß eines dreistöckigen Hauses lernen Kinder die sizilianische Eröffnung. Oben brütet Schachweltmeister Garri Kasparow, 34, mit seinem Helfer Jurij Dochjan über historischen Computerschach-Partien.

Konzentriert wie sonst nur vor einem Weltmeisterschaftsduell bereitet sich Kas-



SPL / AGENTUR FOCUS

mit Gelächter zu quittieren

parow seit Monaten auf das bevorstehende Match vor. Wenn er vom 3. Mai an in sechs Partien gegen den Rivalen aus dem IBM-Labor antritt, dann wird es um weit mehr gehen als um die 700 000 Dollar Preisgeld. „Ich muß die Ehre der Menschheit verteidigen“, sagt der Mann aus Baku.

Noch vor wenigen Jahren hatte Kasparow für schachspielende Computer nur Spott übrig. Inzwischen glaubt auch er, daß es nur eine Frage der Zeit sei, bis er vor einem Elektronenhirn werde kapitulieren müssen (siehe Seite 222).

Doch selbst wenn Kasparow von Deep Blue geschlagen wird, so bleibt eine Frage vorerst unbeantwortet: Ist es nur der Sieg tumber Rechenkraft über das kreative Genie eines Menschen? Verdankt Deep Blue sein Können nur der Fähigkeit, astronomisch schnell, doch gänzlich ohne Verstand, digitale Daten durch seine zentralen Prozessoren zu jagen? Oder blitzt hier erstmals eine Eigen-

schaft im Chip-Hirn auf, die bisher als edelstes Privileg des Homo sapiens galt – Intelligenz?

„Das Schachspiel ist sozusagen die Drosophila der Intelligenzforschung“, erklärt Franz Weinert vom Max-Planck-Institut für psychologische Forschung. Wie die Genetiker ihre Hypothesen gern an der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* erproben,



KOSTANS / SIPA

Kasparow gegen Deep Blue (1996): „Ich verteidige die Menschheit“

so testen die Psychologen ihre Annahmen über das Wesen der Intelligenz am Schachspiel.

Im Umherschauen der 32 Figuren auf 64 schwarzen und weißen Feldern sehen sie eine Art einfaches Abbild jener viel komplexeren Wirklichkeit, in der sich der menschliche Intellekt bewähren muß: Eine begrenzte Zahl von Regeln bringt eine unbegrenzte Zahl möglicher Spielverläufe hervor. Sieger ist, wer durch Anwendung von Logik, durch Intuition und Kreativität oder auch dank Erfahrung und Vorwissen die besten Züge wählt.

Dennoch dämmert den Forschern mittlerweile, daß beim Ersinnen eines raffinierten Abzugschachs, beim unerwarteten Bauernopfer oder beim geschickten Öffnen des gegnerischen Königsflügels nur ein winziger Ausschnitt dessen gefordert ist, was als Intelligenz bezeichnet wird. Und auch die Programmierer von Deep Blue beeilen sich zu versichern, selbst im Falle eines Sieges über Kasparow sei nur ein erster Schritt auf dem Weg zu wahrer Maschinen-Intelligenz gelungen.

Denn nicht nur, was der Mensch selbst als Höchstleistungen seines einzigartigen Talents betrachtet – den Beweis eines mathematischen Satzes, die Konstruktion einer Kathedrale, die Komposition eines Streichquartetts –, ist intelligent.

Als mindestens ebenso verblüffend erweisen sich gerade jene Fähigkeiten, die das Hirn wie selbstverständlich und ohne jede erkennbare Anstrengung bewältigt: das Gelächter, mit dem es einen gelungenen Witz quittiert, die Spannung, mit der es dem abendlichen „Tatort“ folgt, ja selbst die unbeholfene Geschwätzigkeit, mit der es die peinliche Stille bei einem Geschäftsessen zu überspielen sucht.

So unbeholfen sich aber einstweilen die Bemühungen der Intelligenzforscher noch ausnehmen, den Gegenstand ihres Interesses auch nur zu definieren, so sicher sind sie sich doch, einem Phänomen von höchster Bedeutung auf der Spur zu sein.

Die Intelligenz gilt als wichtigstes Erbteil der Erfolgreichen, als Garant einer schnellen Karriere in fast allen Berufen, als höchste Errungenschaft der Evolution – und dies, obwohl ihre Entdeckung noch nicht lange zurückliegt.

Erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts, mit Beginn der Aufklärung, tauchen die Begriffe „Intelligenz“ und „Genie“ im deutschen Sprachschatz auf. Das höfische Feudalsystem, das jedem seinen Platz in der Gesellschaft zugewiesen hatte, war morsch. Die bürgerliche Welt setzte ihm die Verstandeskraft des einzelnen entgegen. Während die Macht der Kirche bröckelte, erwachte im Menschen die Sehnsucht

nach dem göttlichen Funken im eigenen Geist.

Der Sturm und Drang gebar einen regelrechten Kult des Genialen, der sich über das ganze 19. Jahrhundert hin fortsetzt. Bei Schelling und E. T. A. Hoffmann, Schopenhauer und Nietzsche, überall wird, teils mythisch überhöht, teils ironisch gebrochen, das Genie beschworen, oft angesiedelt in einer unheimlichen Grauzone zum Wahnsinn.

Dann traten die Mediziner, die Naturforscher und Anthropologen auf den Plan. Die Wissenschaft bemächtigte sich des Phänomens Intelligenz. Mit ihren Mitteln – mit Zahlen, Statistik und Experimenten – suchten sie ihm auf den Leib zu rücken.

Mitte des letzten Jahrhunderts begannen die Kraniologen weltweit, Senfkörner oder Schrot in die Schädel von Toten zu schütten, um so deren Hirnvolumen zu ermitteln. Anatomen wogen die Gehirne großer Mathematiker oder Literaten (Rekordhalter war Turgenjew mit gut 2000 Gramm; Franz Joseph Gall, einer der Begründer der Schädelkunde, brachte es nur auf magere 1198 Gramm). In wissenschaftlichen Klubs ereiferten sich die Gelehrten in Debatten darüber, ob die Langschädler (Dolichocephalen) den Kurzschädler (Brachycephalen) geistig überlegen seien.

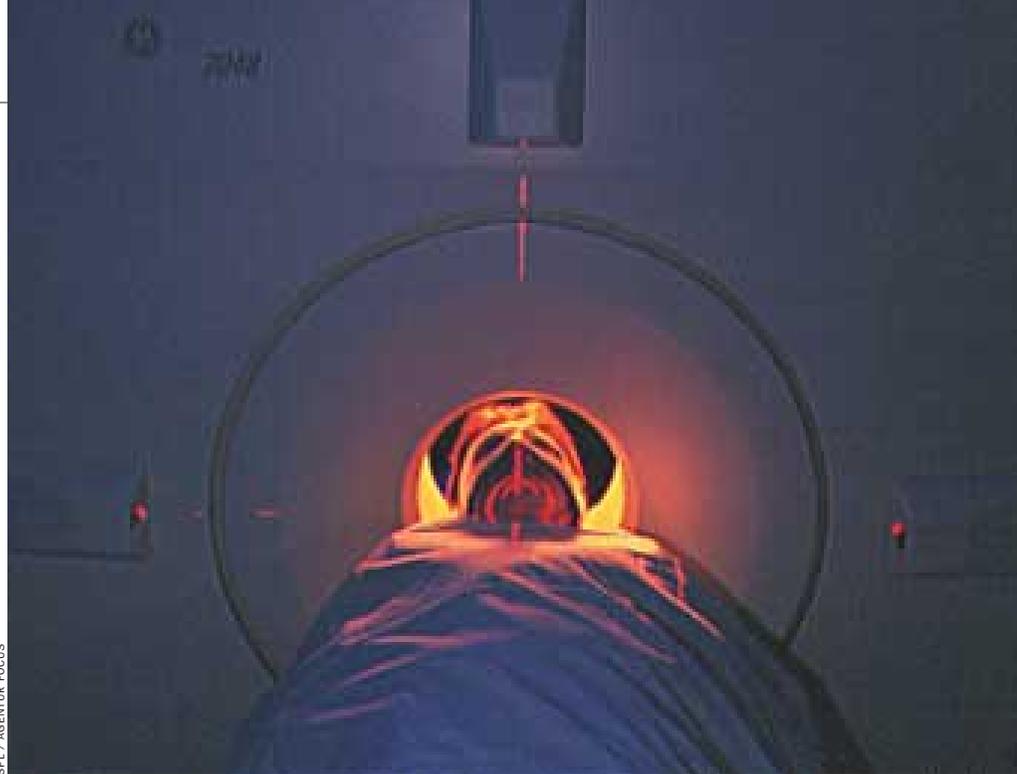
Inzwischen sind die Datenmassen der Hirnvermesser auf der Müllhalde der Wissenschaftsgeschichte gelandet. Alle Bemühungen, den Außenmaßen des rätselhaften Organs im Kopf das Geheimnis seiner einzigartigen Fähigkeiten zu entreißen, waren gescheitert. Statt dessen hatte nun die Psychologie Konjunktur: Die Ära der Tests begann.

Im Jahre 1912 hatte der deutsche Psychologe William Stern den Intelligenzquotienten (IQ) ersonnen – einen Begriff, der weitaus befriedigender als die Schädelgrößen und Hirngewichte der Kraniometer dem Bedürfnis der Wissenschaft nach einer Zahl entsprach, mit der sich die geistigen Fähigkeiten des Menschen fassen ließen.

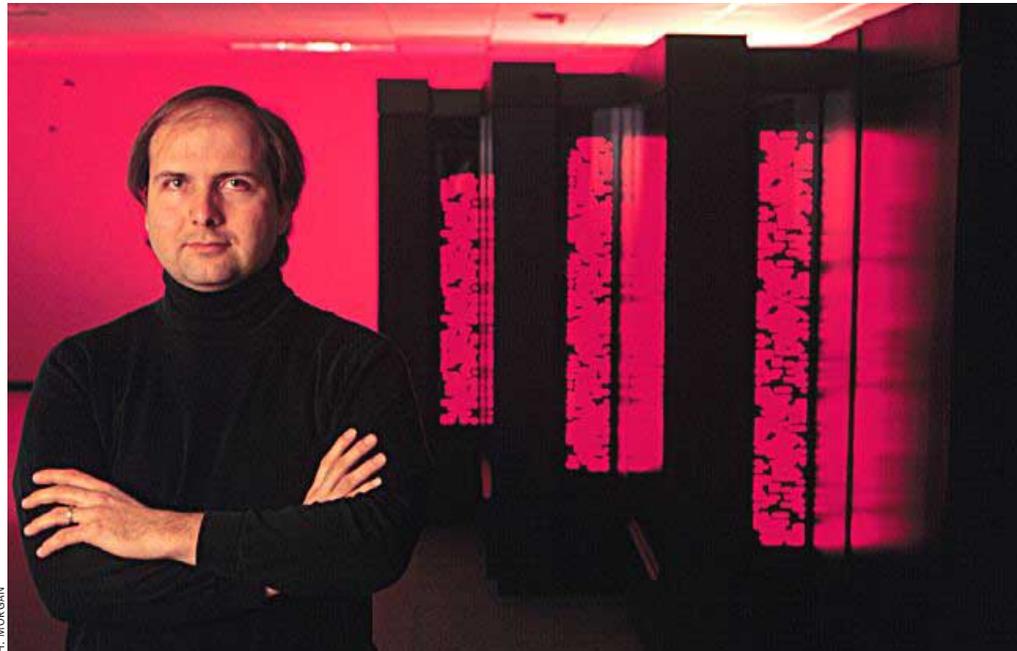
Millionenfach wurden seither Probanden aufgefordert, Zahlenreihen zu ergänzen, Puzzles zusammenzusetzen und Worte zu Sätzen zu ergänzen. Dann werteten die Forscher die Kreuzchen hinter den Fragen aus und fällten ihr Urteil: 150 – „genial“; 125 – „gescheit“; 100 – „Durchschnitt“; 80 – „dumm“; 50 – „blöd“.

Zwar lieferten diese Tests bessere Resultate als die Tabellen der Schädelvermesser. Immerhin erwies sich der IQ als Wert, der etwas mißt, das zumindest einigermaßen mit dem übereinstimmt, was gemeinhin als „intelligent“ bezeichnet wird.

Eine Frage jedoch vermochten auch noch so viele Tests nicht zu klären: Was eigentlich ist diese vielbeschworene Eigenschaft namens Intelligenz? Als „Fähigkeit, abstrakt zu denken“ wurde sie bezeichnet, als „Geschick bei der Reaktion auf neue, unbekannte Situationen“ oder



Versuchsperson im Tomographen: Das Geplauder der Nervenzellen wird abgehört



Computerkonstrukteur Hillis, „Connection Machine“: Der heilige Gral ist ferner denn je

schlicht, aber tautologisch als das „Vermögen, Probleme intelligent zu lösen“.

Schon bald begannen die Psychologen das Phänomen der Intelligenz in Bestandteile zu sezieren – in der Hoffnung, dem Rätsel so auf den Grund zu kommen. Der US-Psychologe Louis Thurstone etwa unterschied sieben verschiedene Faktoren: Wortgewandtheit, Geschwindigkeit der Wahrnehmung, logisches und räumliches Denkvermögen, Gedächtnis, Sprach- und Zahlenverständnis. Bei Joy Paul Guilford waren daraus wenig später schon 120 verschiedene Fähigkeiten geworden.

Howard Gardner erhob dann auch soziale und musikalische Talente, ja sogar die Körperbeherrschung in den Rang von In-

telligenz. Daniel Goleman schließlich machte im vorletzten Jahr mit seiner These Furore, viel wichtiger als der IQ sei der EQ, die „Emotionale Intelligenz“. Die Kontrolle über die eigenen Gefühle und das Einfühlungsvermögen in andere Menschen bestimmten intelligentes Verhalten stärker als die Fähigkeit, abstrakt zu denken.

Verunsichert durch den Wirrwarr der Konzepte, haben sich inzwischen viele Forscher wieder jenem Ort zugewandt, in dem sie den Sitz der geistigen Begabung vermuten: dem Gehirn.

Zugleich fühlen sie sich inspiriert von einem Gerät, das ihnen die Elektronikbranche bereitstellte und das vielen von ihnen wie ein technisches Imitat des ge-

heimnisvollen Organen im Kopf erscheint dem Computer.

Aus Tüftlerwerkstätten und Genküchen, aus philosophischen Elfenbeintürmen und Industrielabors strömen Experten auf Konferenzen zusammen und mühen sich, miteinander ins Gespräch zu kommen. Unter dem Überbegriff der „Kognitionswissenschaft“ haben sie sich zu einer großen Koalition zusammengeschlossen, um gemeinsam das Mysterium der Intelligenz zu enträtseln:

- ▶ Psychologen ersinnen raffinierte Experimente, um die einzelnen Schritte zu unterscheiden, die im Geiste eines Menschen ablaufen, wenn er komplexe Probleme löst;
- ▶ Neurowissenschaftler hören mit Tomographen, molekularen Sonden und feinen Elektroden das Geplauder der Nervenzellen untereinander ab;
- ▶ Programmierer versuchen, die Denkleistungen des Menschen auf dem Computer zu simulieren.

In den fünfziger Jahren glaubten die Computerkonstrukteure noch, schon bald könnten ihre damals noch kruden Maschinen das menschliche Hirn an Geisteskraft überflügeln. Die Forschungsrichtung Künstliche Intelligenz, KI, formierte sich. Der Supercomputer-Konstrukteur Danny Hillis nannte seine Firma gleich „Thinking Machines Corporation“. Die beeindruckende „Connection Machine“ mit ihren geheimnisvoll blinkenden Lämpchen wurde ein oberflinker Rechenknecht, zu denken begann sie nie.

Ihr ehrgeiziges Ziel hat die KI bis heute nicht erreicht. Es erscheint sogar trotz der damals unvorstellbaren Fortschritte der Computertechnik heute ferner denn je. Zwar nahm schon 1966 die erste Schachsoftware an Turnieren gegen Menschen teil, doch selbst simple Verstandesleistungen, die Kleinkinder mühelos erledigen – etwa Personen und Gegenstände auf Fotos zu entdecken oder den Sinn gesprochener Worte zu erfassen –, bringen die „Elektronenhirne“ erst ansatzweise zustande.

Seit über drei Jahrzehnten beißen sich die KI-Forscher die Zähne an drei Kardinalproblemen aus:

- ▶ Wie läßt sich das menschliche Weltwissen in eine computergerechte Form bringen?
- ▶ Wie kann ein vorprogrammiertes Regeln folgender Computer unvorhergesehene, kreative Einfälle haben?
- ▶ Welche Rolle spielen menschliche Emotionen im Denkprozeß und wie lassen sie sich in die Maschinenwelt übertragen?

Im Jahr 1984 startete KI-Pionier Doug Lenat den Versuch, einem Rechner gesunden Menschenverstand beizubringen. Das „Cyc“-Projekt entwickelte sich zum mutmaßlich größten Programmiervorhaben der Geschichte. Seit über zehn Jahren erklären „Wissensvermittler“ dem Computer die Welt. In einer speziellen Formelsprache, CycL genannt, beschreiben sie

Objekte, deren Funktion und ihre Beziehungen zueinander.

Meist sind es Banalitäten, die Cycs Tutores mühsam in präzise Logik pressen. So muß Cyc lernen, daß es abends dunkel wird, daß Kinder jünger sind als ihre Eltern oder daß sich Menschen zuweilen in Häusern aufhalten, nicht aber umgekehrt.

Inzwischen lagern über 10000 „Konzepte“ in den Datenbanken, verknüpft durch über 100000 „Axiome“ und Hunderte von erklärenden „Mikrotheorien“.

„Ein Computer, der nicht halluziniert, wird nie vernünftig denken“

Nach Lenats Plan hätte das System längst in der Lage sein sollen, durch Zeitungs- und Buchlektüre seinen Wissensschatz selbständig zu erweitern, doch so weit brachte es Cyc nie.

Als die Mittel für das Forschungsvorhaben 1995 ausliefen, gründete Lenat eine ei-

sondern eine chemische Reaktion mit Nitraten den Geschmack verändere.

Marketingfirmen zeigten laut Cycorp starkes Interesse an dem monumentalen Datenberg. Vielleicht kann ihnen das System helfen, aus den Konsumgewohnheiten eines Kunden auf den Persönlichkeitstyp zu schließen und ihn dann treffsicher mit unwiderstehlichen Angeboten zu ködern. Von maschineller Intelligenz jedoch spricht Cycorp nicht mehr.

Rodney Brooks vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) hat sich einen originelleren Ansatz ausgedacht. In seiner Forschungsgruppe gehört Skurrilität zum Arbeitsstil. Der Laborflur hat das Ambiente einer Kindergartenspielgruppe. Klötze und knallbunte Plastikhocker dienen den Studenten als Testparcours für ihre mobilen Kleinroboter, deren Konzeption Brooks berühmt gemacht hat.

Nach den elektronischen Krabbeltieren hat sich der Forscher nun zum Ziel gesetzt, einen menschenähnlichen Roboter zu bauen.



KI-Pionier Lenat, Funktionsschema von „Cyc“: Banalitäten in strenge Logik gepreßt

gene Firma, Cycorp. Inzwischen hat sein Team den Programmcode komplett umgeschrieben und bietet die gigantische Datenbasis Interessenten aus der Wirtschaft an. Gerade wurde die erste „Ontologie“ veröffentlicht, die als formales Grundgerüst die Welt in 3000 Wissensgebiete einteilt.

Im Cyc-Vokabular für Nahrungsmittel finden sich zum Beispiel Definitionen für „eßbare Sachen“ („für die meisten makroskopischen Tiere schmackhaft und genießbar“) und Funktionen, die beschreiben, was man damit machen kann. Vom Hundertsten ins Tausendste führt die fein verästelte Logik und legt unter anderem penibel fest, daß Räuchern nicht in die Kategorie Kochen fällt, da hier nicht Hitze,

Seine Begründung ist bestechend: Das mentale Bild, das der Mensch von sich und seiner Umwelt hat – unverzichtbare Grundlage höherer Intelligenz –, sei das Produkt frühkindlicher Erfahrungen. Nur in einem Computer, der eine Art elektronischer Kindheit durchlebt, könne auf gleiche Weise Intelligenz heranreifen. Ergo gebe man dem Rechner einen Körper, und der Digitalgeist entwickle sich durch Interaktion mit der Welt von ganz allein.

Cog, so der Name des Kunstwesens, bietet einen bizarren Anblick. Sein Torso – ein Unterleib ist vorerst nicht vorgesehen – thront auf einem Sockel in der Laborecke. Vier Kameras starren den Besucher aus dem blanken Gestänge und Ka-

belgewirr an, wenn sich mit leisem Motorsurren der Kopf dem Neuling zuwendet.

„Eines Tages wird Cog seinen ‚Vater‘ wiedererkennen“, freut sich Brooks. Bisher jedoch erfordert allein die Aufgabe, einen Menschen mit dem Kameraauge zu verfolgen, die volle Konzentration von Cogs Hochleistungsrechnern. 20 Monitore zeigen die verschiedenen Stadien der ausgefeilten Bildanalyse.

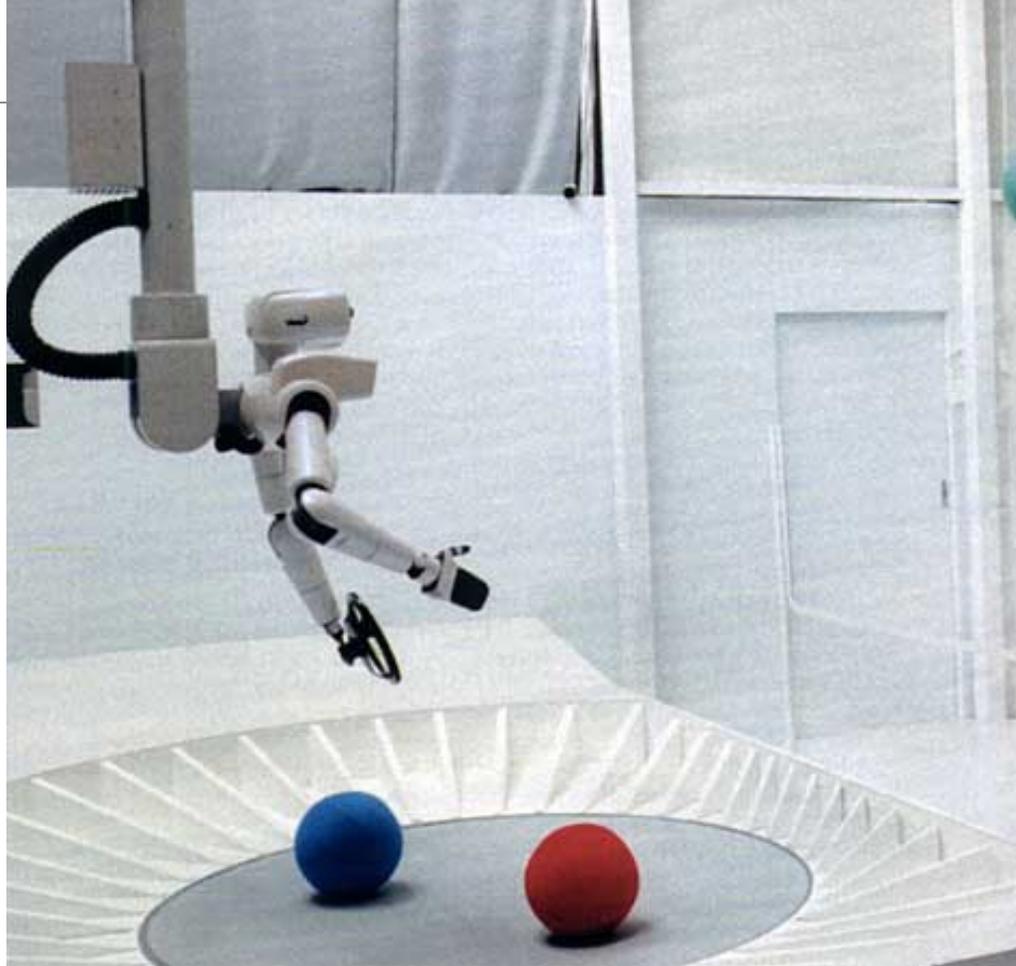
Einstweilen scheint die Symbiose von elektronischem Geist und mechanischem Körper die Suche nach dem heiligen Gral der KI eher zu erschweren als zu erleichtern. Allein die Entwicklung von Cogs erstem Arm verschlang mehrere Jahre. Brooks Doktorand Matt Williamson entwickelte eine Sensorhaut, die es der mechanischen Hand eines Tages erlauben soll, feinfühlig Objekte zu betasten.

Matt startet ein kleines Testprogramm und demonstriert, wie willig Cog seinen Arm durch leichte Berührung der Handfläche leiten läßt. „Es ist fast beängstigend, wie menschlich diese Bewegungen sind“, meint der Jungforscher, „man muß das einfach zärtlich nennen.“

Wann das Kunstwesen erstmals Geistesregungen zeigen wird, wagt allerdings selbst Brooks nicht mehr vorherzusagen. Denn seit Gutachter den ambitionierten Forschungsantrag durchfallen ließen, reift der Androide nur langsam. Auf Nachfragen erwidert der Cog-Vater dünnhäutig: „Wenn mein Roboter ein Bewußtsein entwickelt, wird er es mir schon sagen.“

David Gelernter, Forscher an der Yale University, hat für solche Versuche nur milden Spott übrig: „Wie soll man elektronischen Geist entwickeln, wenn man nicht einmal im Ansatz eine Theorie des menschlichen Denkens besitzt?“

Nicht nur die Forscher der Künstlichen Intelligenz steckten in der Sackgasse, meint Gelernter. Seit die KI das Denken als digi-



Roboter beim Volleyballspiel*: „Wenn die Maschine ein Bewußtsein entwickelt, wird sie es

talisierbare Abfolge logischer Operationen betrachtet, sehe auch der Rest der Wissenschaft die menschliche Intelligenz aus dem falschen Blickwinkel, fixiert auf das logisch-rationale Kalkül.

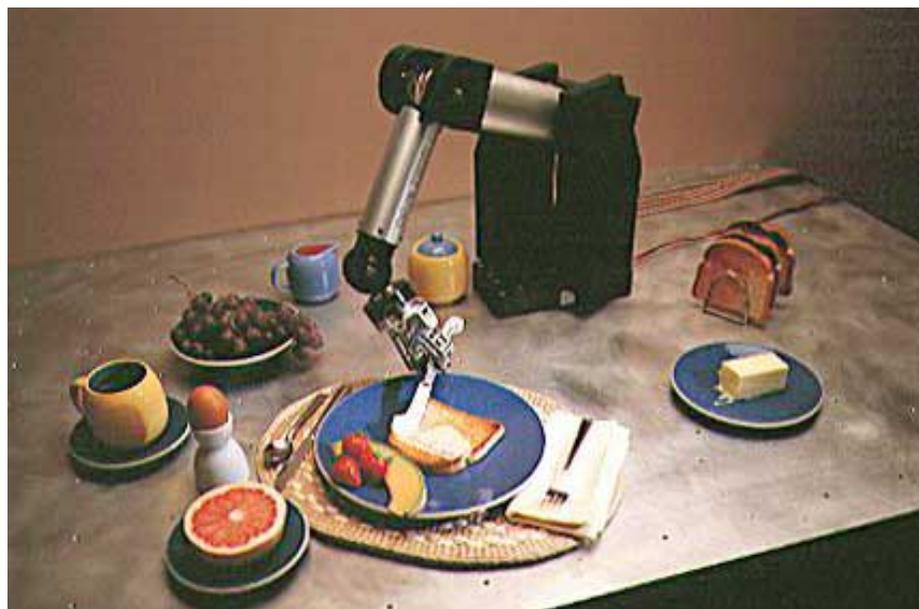
Wie sich das Intelligenz-Ideal, und damit auch das Denken, im Laufe der Zeit verändert habe, versucht Gelernter am Beispiel von Bibeltexten nachzuweisen. Viele Passagen des Alten Testaments etwa ergeben aus der Handlungslogik heraus nicht den geringsten Sinn. Viele Schriftgelehrte

halten das schlicht für die Folge von Fehlern im Verlauf der Überlieferung über Hunderte von Generationen.

Für Gelernter spiegeln solche Texte vielmehr die „unfokussierten“ Gedanken des Erzählenden wider, eine heute unmoderne Denkweise. Visionen und Erscheinungen galten einst als profunde geistige Einsicht. Heute werden sie als therapiebedürftige Bewußtseinsstörung diagnostiziert.

„Ein Computer, der nicht halluziniert, wird nie einen vernünftigen Gedanken haben“, erklärt Gelernter. Mit seinem Programm FGP hat er versucht, diese assoziative Qualität menschlicher Gedanken nachzuahmen. Neben reinen Sachinformationen speichert die FGP-Datenbank auch emotionale Attribute der gespeicherten Objekte. Gelernter kann den Suchalgorithmus in verschiedene „Aufmerksamkeitszustände“ versetzen. In einer Art Tagtraummodus verknüpft das Programm dann auch solche Einträge, die zwar nicht logisch exakt zueinander passen, sich aber ähnlich „anfühlen“.

Gelernters Arbeitszimmer ist das beste Beispiel für solch kreative Informationsorganisation. Unter dicken Lagen von Papier sind Schreibtisch, Fußboden und ein blaues Sofa nur schwer auszumachen. In den meisten Fächern seiner Regale stehen neben Büchern auch leere Sprite-Dosen oder



Roboter beim Brotschmieren*: „Man muß das einfach zärtlich nennen“

* Oben: Jüngste Generation von Toshiba-Robotern, vorgestellt im März dieses Jahres; unten: bei Teleos Research in Palo Alto, Kalifornien.



K. KURITA / GAMMA / STUDIO X

mir schon sagen“

andere Nahrungsmittelreste. Um des Chaos Herr zu werden, entwickelt Gelernter derzeit eine neue Art, Daten auf dem Computer zu verwalten. Das Programm „Lifestreams“ organisiert Dateien nicht in endlos ineinander verschachtelten Ordnungssystemen, sondern als gradlinigen, chronologischen Strom von Informationen.

Was die Informatiker für unstrukturiertes Durcheinander hielten, sei, so Gelernter, der menschlichen Form des Denkens viel näher. Oft ist es wirklich leichter, sich zu erinnern, wann man an dem Tag gegessen hat, an dem ein wichtiger Brief in der

Viele Genies schneiden beim IQ-Test durchschnittlich ab

Post lag, als daran, auf welchem Papierhaufen der vergilbte Umschlag gelandet sein könnte.

Auch Rosalind Picard vom MIT sieht in den Gefühlen den Schlüssel zur Intelligenz: „Emotionen sind kein Luxus“, erklärt sie, „sondern sie spielen eine zentrale Rolle.“

So haben klinische Studien an Patienten mit Hirnverletzungen Erstaunliches zutage gefördert: Schäden in bestimmten Hirnregionen, die als Sitz der Gefühle gelten, werden von Patienten ohne offensichtliche Einbußen an Denkfähigkeit verkraftet. Das Gedächtnis der Verletzten ist ungetrübt, und sie brillieren in logischen Denksportaufgaben. Doch wenn es gilt, etwa

den Zeitpunkt für eine Verabredung festzulegen, verfransen sie sich in endlosem Für und Wider, unfähig, eine simple Entscheidung zu treffen.

Offenbar, so schließt Picard, bedürfen Fakten einer emotionalen Bewertung. Ohne einen Draht zur menschlichen Gefühlswelt werde der Computer daher nie in der Lage sein, intelligente Denkleistungen zu vollbringen.

„Emotionen sind in der Forschung als unwissenschaftlich verpönt“, klagt Rosalind Picard, und so geht ihre Forschungsgruppe „Affektive Informationsverarbeitung“ erst einmal daran, die menschlichen Regungen exakt zu vermessen.

Picard versieht Versuchspersonen mit einem ganzen Arsenal von Sensoren. Armbänder registrieren den Hautwiderstand, Meßfühler erfassen Puls und Atemfrequenz. So wollen die Forscher Gefühlsregungen anhand der körperlichen Symptome in bezifferbarer Form erfassen. Ärger zeigt sich zum Beispiel an den Nervenpotentialen der verkrampften Kiefermuskulatur, die eine Elektrode mißt.

Sind die Gefühle erst einmal katalogisiert, so glaubt Picard, kann der Computer auf die Wünsche der Menschen intelligenter reagieren. Hacken heute etwa genervte User ein fehlerhaftes Kommando wieder und wieder in die Tastatur und erhalten statt des erhofften Fingerzeiges doch nur jedesmal dieselbe nichtssagende Fehlermeldung, könnte ein mitfühlender Rechner einen Ausweg aus der Frustrationsspirale weisen.

Als Krönung will die Forscherin dem Computer selbst eine synthetische Persönlichkeit verleihen. Nicht nur im Umgang mit menschlichen Benutzern, auch untereinander müßten Rechner Angst, Freude und Zuneigung zeigen. Wenn die seelenlosen Geräte schon keine Empfindungen haben, so können sie vielleicht durch deren Simulation ein nach menschlichen Maßstäben intelligentes Verhalten entwickeln.

Doch selbst wenn Picard Erfolg hätte, dürfte nur um so heftiger die Diskussion darüber entbrennen, ob das Verhalten emotionaler Computer eine wirkliche Geistesleistung darstellt oder ob die gefühlige Fassade nicht nur dazu dient, den menschlichen Betrachter zu einer entsprechenden Interpretation zu verführen.

Wie schwer diese Entscheidung fällt, demonstriert Harold Cohen auf anschauliche Weise. Vor etwa 25 Jahren legte der Künstler den Pinsel beiseite und begann, ein Malprogramm namens Aaron zu entwickeln. Durch die Simulation hoffte er herauszufinden, nach welchen Prinzipien der Prozeß der Kreativität funktioniert.

Zunächst brachte der Zeichenroboter nur simple Strichmännchen zu Papier, doch mit der Zeit gelang es Cohen, dem Rechner detaillierte Regeln über die Proportionen des menschlichen Körpers, Farbkomposition und Bildaufbau beizubringen. Inzwischen malt Aaron ausdrucksstarke

Gemälde, die im Kunsthandel beachtliche Preise erzielen. Keines ist wie das andere, denn ein Zufallsgenerator erzeugt unendliche Variationen anhand der vorgegebenen Regeln.

„Wenn man Leuten, die Aaron nicht kennen, seine Bilder zeigt und sie fragt, wie sie sich den Künstler vorstellen, beschreiben ihn die meisten als einen humorvollen, freundlichen, umgänglichen Menschen“, erzählt Cohen. Auf ihn passe die Beschreibung nicht, also müsse Aaron wohl eine Art eigenständige Persönlichkeit entwickelt haben.

Dennoch liegt es Cohen fern zu behaupten, sein verschachteltes Programm besitze irgendwelche Intelligenz oder gar Kreativität. „Das einzige, was ich aus Aaron gelernt habe“, meint der Künstler ernüchtert, „ist, daß ich nicht weiß, was Kreativität ist.“

Auch unter Psychologen macht sich zunehmend die Einsicht breit, daß ihre Vorstellung vom Hirn als einem organischen Computer zu naiv war. Besonders die



J. LEYENSE / SABA

Computerforscher Gelernter Herr über das kreative Chaos

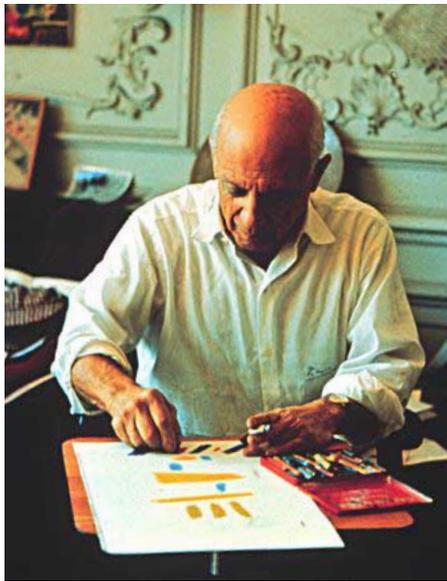
Schule des Psychologen Anders Ericsson an der Florida State University hat sich der Frage zugewandt, was einzelne Menschen zu Ausnahmeerscheinungen macht. War es ihre überragende Intelligenz, die Shakespeare, Beethoven oder Einstein zum Genie reifen ließ?

Ericsson ist überzeugt davon, daß er den Mythos des Übernatürlichen zerstören kann. Sein Kollege Michael Howe etwa müht sich seit Jahren, die Anekdoten als Legenden zu entlarven, die sich um das Leben der Goethes und Picassos ranken.

„Bei genauer Betrachtung erweisen sie sich als anderen Menschen erstaunlich ähn-

lich“, versichert er. Selbst Mozart, Prototyp des Wunderkindes, hätte im Alter von vier oder fünf Jahren keine besseren Menuette komponiert, „als es bei einem Kind mit so intensivem Training zu erwarten wäre“.

Dem genialen Giganten des Geistes setzen Howe und Ericsson den hart arbeitenden Experten gegenüber. Hunderte von Ausnahmemusikern und Schachgroßmeistern, Spitzenforschern und medizinischen Koryphäen hat Ericsson interviewt. Sein erstaunliches Fazit: Viele von ihnen zeichneten sich kaum durch besondere geistige Fähigkeiten aus. Weder beim IQ noch bei Gedächtnistests schnitten sie überdurchschnittlich ab.



Maler Picasso
Übung wichtiger als Talent?

Viel eindeutiger hingegen fielen die Resultate aus, wenn Ericsson sie nach der Zeit fragte, die sie dem Gebiet ihres speziellen Könnens gewidmet hatten. Fast in allen Fällen seien jene Physiker, Pianisten oder Schachspieler die erfolgreichsten, die am intensivsten trainiert und gelernt hatten, meist seit früher Kindheit.

Durchschnittlich zehn Jahre dauere es, bis der Mensch durch stetiges Üben auf einem Spezialgebiet zu jenen Leistungen fähig sei, die dann als Beweise schöpferischen Genies gewertet würden.

Selbst die sogenannten Kalenderidioten seien keine Ausnahme von dieser Regel. Autisten etwa, die sich damit vergnügen, zehnstellige Primzahlen vor sich hin zu plappern oder Zehntausende von Musikstücken notengenau erinnern, hätten diese Fähigkeiten meist intensivem Studium zu verdanken, dem sie, unbemerkt von der Außenwelt, jahrelang nachgegangen seien.

Zwar scheint vielen Forschern eine so totale Absage an das angeborene Talent als zu radikal. Dennoch findet Ericsson für seine These immer mehr Anhänger, daß Selbstdisziplin, Ausdauer, Ehrgeiz und kon-



Computerkünstler Cohen, Malroboter Aaron: „Ich weiß nicht, was Kreativität ist“

zentriertes Üben für den Erfolg bedeutsamer sind als Intelligenz und Erbgut.

Schon Säuglinge bilden sich durch aktives Training in vielen Bereichen zu Experten heran – als Kleinkinder haben sie dann bereits eine unermessliche Fülle von Wissen über die Welt in ihrem Kopf angehäuft.

Entwicklungspsychologen, die ihnen Dias ins Blickfeld projizieren, ihnen über Lautsprecher Stimmen vorspielen oder ihre Bewegungen genau protokollieren, haben den Respekt vor den Babys gelernt. Ehedem hatten sie in den Kleinen nur hilflose Reflexbündel gesehen. Inzwischen sprechen sie vom „kompetenten Säugling“, der aktiv und neugierig Eindrücke in sich aufsaugt, sie bewertet und so sein im Kopf verdrahtetes „Expertenwissen“ aufbaut.

Schon im Mutterleib werden spastische Zuckungen zu ersten Bewegungsabläufen verfeinert. Wenn Zweijährige sich dann balgen, hüpfen oder auf Mauern balancieren,

Das Gehirn schnürt das gelernte Wissen zu Paketen

dann verdanken sie dies dem zweijährigen Dauertraining, in dessen Verlauf sich im Kleinhirn komplizierte Bewegungsprogramme gebildet haben, die dann wie selbstverständlich abgerufen werden können. Wie notwendig die Phase der Selbstschulung ist, zeigt sich dort, wo sie fehlt: Kinder, die sich bis zum Alter von vier Jahren, etwa wegen einer Krankheit, kaum bewegen konnten, lernen meist nie mehr, mühelos zu laufen.

In ähnlicher Weise schnürt das Gehirn auch in anderen Bereichen umfängliche Wissenspakete. Nur so lernen Kinder sehen, sprechen und Gefühle zu verstehen.

„Chunking“ ist der Begriff, mit dem die Psychologen diesen Prozeß bezeichnen: Viele einzelne geistige Operationen werden zu Makrooperationen („Chunks“) verknüpft, die dann als Ganzes im Gedächtnis abrufbar sind. Genau zehn Jahre dauere es, so haben die Psychologen errechnet, bis im Hirn jene rund 100 000 Wissens-Chunks verschaltet sind, die nötig sind für Spitzenleistungen auf einem Spezialgebiet.

Dann ist der Experte fähig, ein komplexes Problem in wenigen Makroschritten schnell und intelligent zu lösen. Die Gedanken des Laien hingegen verheddern sich in unzähligen Einzelschritten.

Selbst menschliche Blitzrechner, die innerhalb weniger Sekunden die Wurzeln 100stelliger Zahlen ziehen können, vollführen nicht mehr Rechnungen pro Sekunde als ein durchschnittlicher Abiturient. Vielmehr jonglieren sie mit vorgefertigten Zahlenpaketen, die sie in jahrelangem Programmtraining gebündelt haben und nun als Ganzes abrufen.

Nicht anders ist es bei Schachspielern. Eindrucksvoll belegte dies ein einfaches Experiment: Die Forscher zeigten Großmeistern fünf Sekunden lang eine komplizierte Stellung aus einer Turnierpartie.

In fast allen Fällen erinnerten sich die Schach-Cracks anschließend an die Position sämtlicher Figuren. Laien hingegen konnten selten mehr als sechs oder sieben richtig auf dem Brett plazieren.

Doch der Vorsprung der Profis schmolz dahin, als sie mit einer willkürlichen Verteilung von Figuren auf dem Brett konfrontiert wurden. Der Möglichkeit beraubt, die Bauernstellung, den Königsflügel oder die offenen Linien als Ganzes zu erfassen und so das Spiel in wenige Chunks zu zergliedern, schnitten sie bei den Gedächtnistests kaum besser ab als ein Schach-Anfänger.

Johann Grolle / Jürgen Scriba