

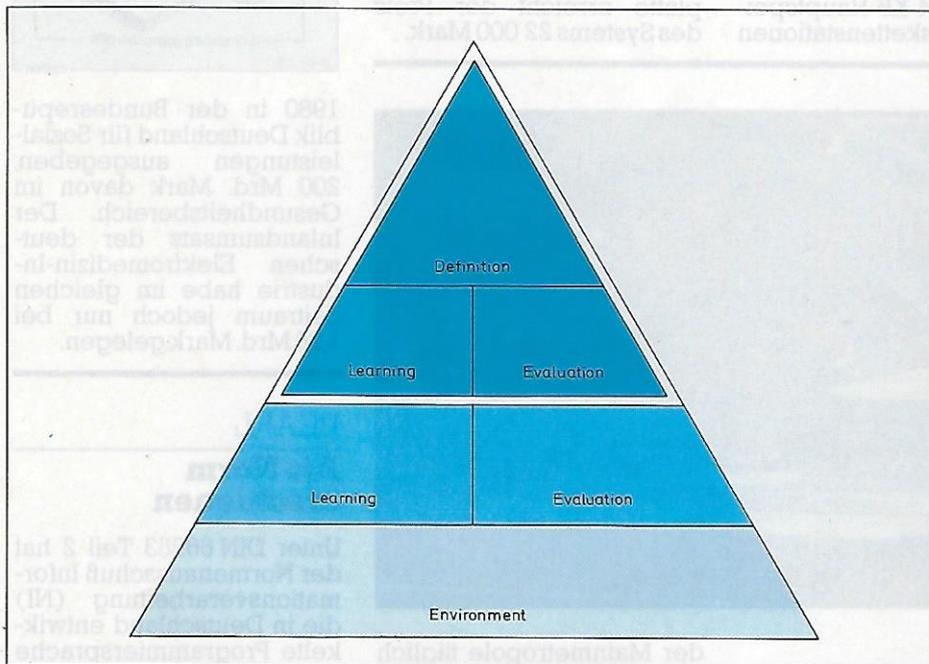
Grenzen der Kreativität

# Künstliche Intelligenz

**Biologen entwerfen physikalische Modelle der Nervenbahnen. Programmiersprachen werden entwickelt, damit Computer dazulernen können. Übernehmen Computer das menschliche Denken?**

Computersysteme sind in der Lage, sehen zu können, das heißt Dinge zu erkennen. Sie vermögen Dinge zu bewegen, nehmen Gegenstände in ihre Greifarme und bewegen sie. Computer können hören, sie können Sprachen analysieren und in Information umsetzen. Computer können

len machen kann, läßt sich auch mit einem ganz gewöhnlichen programmierbaren Computer machen." Der Nobelpreisträger Herbert A. Simon geht von der Hypothese über Symbolsysteme aus: „Ein System, das die Fähigkeit besitzt, Symbole zu lesen, schreiben, vergleichen, löschen, erzeugen und zu übertragen, erfüllt die notwendige und hinreichende Bedingung, das zu tun, was wir denken nennen.“ Ausgehend von diesem Modell, sind Computer sicher in der Lage zu denken. Eine andere Komponente des menschlichen Denkens bleibt al-



*Eine wesentliche Komponente des Denkens ist die Erfahrung.*

auch geschriebene Texte lesen und abspeichern. Die letzte Frage, die im Fortschritt der Computertechnologie übrigbleibt, ist die: Können Computer tatsächlich denken?

Von einem der Väter der Computertechnik, Alan M. Turing, ausgehend, ist es kein großer Weg dahin, daß Computer auch denken können. Er meint: „Alles, was man mit Symbo-

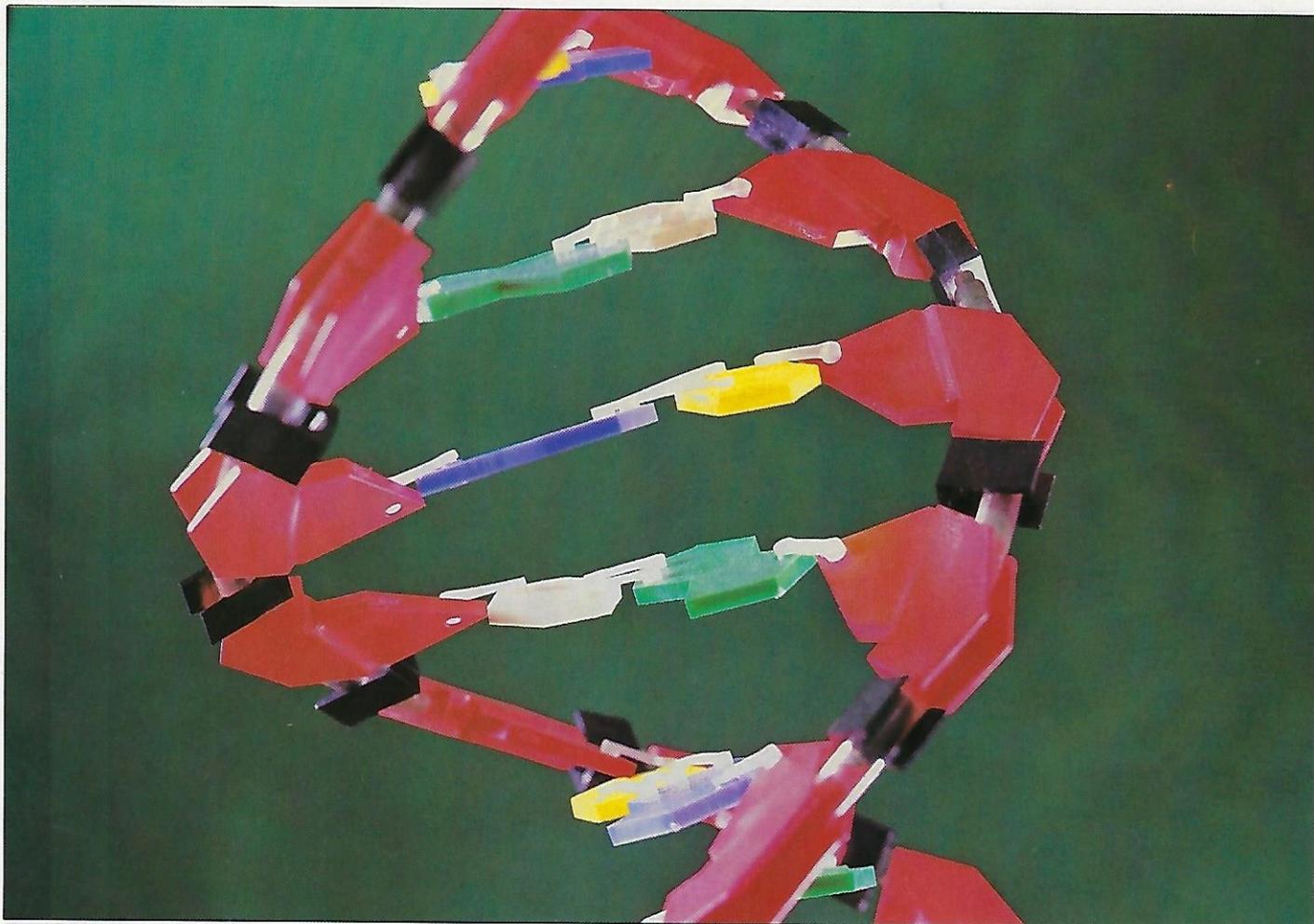
lerdings noch ungelöst. Können Computer kreativ und kognitiv sein?

Schauen wir uns ein Modell an, das Kreativität beschreibt, so geht es vom Einfluß der Umgebung aus. In dieser wird das Lernen und die Entwicklung von Ideen verifiziert. Diese werden auf ihren Sinn überprüft und, wenn sie sinnvoll erscheinen, als Idee festgehalten. Damit sind wesentliche





Plastik: Barbara Buchwald



Das Modell des Urkodes des Menschen: die Erbsubstanz Desoxyribonukleinsäure.

Foto: Phylwe, Cöttingen

Komponenten festgelegt. Die Umgebung muß erfahren und analysiert werden. Aus diesen Erfahrungen muß gelernt werden. Dazu kommen Ideen, die entwickelt und überprüft werden müssen. Es bleibt die Frage, ob Rechnersysteme in der Lage sind, diese Gedanken nachzuvollziehen.

### Teilaspekte sind schon verwirklicht

Computersysteme können steuern, regeln, suchen, erkennen, einordnen, lernen, sehen, hören, sprechen und Bilder verarbeiten.

Das alles zusammen sind aber nur Teilaspekte dessen, was menschliches Denken ausmacht. Die Verlagerung von Gehirnleistung in einen Automaten würde bedeuten, daß eine Art Supercomputer konstruiert wird, der alle Fähigkeiten, die bisher einzeln von kompletten Systemen gelöst werden, integriert.

Darin sehen viele kein Problem, weil es bislang so war, daß die physikalische Komponente von Computern der „denkenden Komponente“

immer voraus war. Zuerst waren die physikalischen Voraussetzungen geschaffen, dann wurden Programme entwickelt, um diesen physikalischen Teil des Gerätes optimal einsetzen zu können. Es liegt der Verdacht nahe, daß nur noch nicht die richtige Sprache für die Realisation von künstlicher Intelligenz auf Computern entwickelt wurde. Betrachtet man die Geschichte, scheint die Übertragung intelligenter Arbeiten an ein Computersystem nahezuliegen.

Goethe hatte noch einen Überblick über alle Kenntnisse seiner Zeit, um die Welt verstehen zu können. Die Gesetze, die Newton entwickelte, lassen sich mit wenigen Formeln, die auch in Computersprache übersetzt werden können, nachbilden. Die Erkenntnis von Kopernikus, daß die Welt rund sein müsse, könnte auch von einem Computer geschaffen werden. Anders die Relativitätstheorie Einsteins, sie ist auch für Physiker schwer zu verstehen. Ein Automat hat sie jedoch im Griff.

Von diesen Überlegungen ausgehend, könnte eine Maschine, die alles

bisher gesammelte Wissen in sich vereint, zu einer Art Supergenie werden. Zu einem Goethe des elektronischen Zeitalters.

### Vom Feuer zum Bit

Man kann davon ausgehen, daß sich die Gesellschaft grundlegend wandelt. Kennzeichnete die Entdeckung des Feuers und die Erfindung des Rades die ersten Schritte des Menschen, so waren es später die Maschinen, die das Leben leichter oder, wie die Soziologen sagen, lebenswerter machten. Heute sind die Menschen dabei, Aufgaben, die Gefahren für die Umwelt mit sich bringen, an Computer zu übertragen. Automaten arbeiten in Lackierstraßen und kontrollieren Kernkraftwerke. Von diesen Beobachtungen ausgehend, scheint es schlüssig, auch das Denken, soweit es sich nur um die Informationsverarbeitung – also Informationsaufnahme, Speicherung und Weitergabe – handelt, an Rechner zu übertragen. Dabei ist aber noch nicht geklärt, ob diese Fähigkeit bereits Intelligenz darstellt.

Biologen haben inzwischen Modelle entwickelt, die es gestatten, die Funktionsweise von Nerven in elektronischen Schaltungen nachzubilden. Sie haben Ströme gemessen, die den Verdacht nahelegen, daß der menschliche Organismus auf eine ganz ähnliche – wenn auch in den Details andere – Art und Weise funktioniert wie elektronische Schaltkreise. Nerven leiten Ströme weiter. Information wird in der Anhäufung bestimmter Moleküle gespeichert. Das Nervensystem wird als Bus gesehen, also in etwa den Konstruktionsprinzipien von Computersystemen. Dennoch bleibt die Frage, inwieweit kann die ähnlich funktionierende Technik ähnliches leisten.

Mit Hilfe von Datenverarbeitungsanlagen kann zum Beispiel ein Text analysiert und festgestellt werden, welche Worte wie oft benutzt wurden. Es ist aber kaum möglich, einen Roman-Automaten zu konzipieren, der anhand einiger Ideen ganze Bücher schreibt. In Ansätzen wurde dies versucht, aber trotz großer Rechenanlagen befriedigen die Poesie-Versuche solcher Maschinen kaum, hinsichtlich Kreativität und geistiger Brillanz.

## Prinzip von der Natur

Die Geschichte der Technik legt nahe, daß das Problem, Intelligenz auf Maschinen zu übertragen und mit Hilfe von Maschinen zu realisieren, anders gelöst werden muß als in der Natur. Auch Flugzeuge bewegen in der Regel nicht ihre Flügel wie Vögel. Einer der bemerkenswertesten Versuche, Intelligenz auf Maschinen zu übertragen, ist das amerikanische Psychiater-Programm „Eliza“. Jeder, der sich mit Computersprachen auskennt, kann es in wenigen Stunden programmieren. Wenn es auch relativ nutzlos ist. Dabei wird aber gleich ein Hauptphänomen deutlich. „Eliza“ kann nicht kreativ sein. Das Programm nimmt nur Bruchstücke der erhaltenen Information auf, stellt sie um und gibt sie wieder aus.

Die Hilfen, die Computer heute bieten, sind sicher intelligent geworden. Tafelwerke, zu deren Berechnung Denker des Mittelalters ihr ganzes Leben verbrachten, werden heute in wenigen Stunden von Großrechnern errechnet. Startpositionen für Raumfahrzeuge lassen sich kalkulieren. Wirtschaftsmodelle können in Bruchteilen von Sekunden auf Gewinn oder Verlust durchgerechnet werden. Und Schachcomputer sind für viele zum Spielpartner geworden.

Die Technik ist weitergegangen. In den neuen Technologien werden Arbeitscomputer, die dann Roboter heißen, an die Hand genommen und über Maschinenteile geführt, wie es der Mensch tun würde. Der Rechner merkt sich den Weg, kontrolliert ihn unter Umständen mit Hilfe von Sensoren und macht die gleiche Arbeit, für die sonst ein oder mehrere Menschen am Fließband stehen würden.

Am Massachusetts Institute of Technology werden seit langem vielfältige Untersuchungen zum Problem „Künstliche Intelligenz“ durchgeführt. Eines der Ergebnisse dieser Arbeit ist die LISP-Maschine. LISP ist eine Programmiersprache, die Listen abarbeitet. Ein Problem bei der Anwendung dieser Programmiersprache ist, wie große Speicher schnell verwaltet werden können. Es gibt inzwischen auch eine Version, die auf Mikrocomputern eingesetzt werden kann. Die Sprache ist extrem modular und baut sich aus kleinen Programmsegmenten auf, die Daten aneinander übergeben. Dadurch wird es auch leicht, Rekursionen zu programmieren. Mit der Entwicklung dieser Programmiersprache wurde es möglich, viele Aufgaben schneller und effektiver zu lösen. Ein Beispiel ist eine Sprach-Datenbank, die mit Hilfe von LISP nun dreimal schneller abläuft.

Um es auf einen einfachen Nenner zu bringen: Mit Hilfe dieser Programmiersprache wurde es möglich, sehr große Informationsmengen effektiv zu verwalten. Dazu kommt die Möglichkeit, bei Prozessen, die schrittweise aufeinander aufbauen, effektiver zu kontrollieren, was in den einzelnen Schritten passiert und ergebnisbedingt zu verzweigen.

Was Computer mit ihrer Intelligenz erleichtern können, ist, durchzuspielen, welche von vielen Möglichkeiten die erfolgreichste sein wird. Sie werden kaum in der Lage sein, selbst Ideen zu haben, da sie diese überprüfen müßten und ihnen in der Regel die Schnittstelle zur Welt fehlt.

## Arbeitsgruppen lösen das Problem

Die Realisierung künstlicher Intelligenz auf Rechnern läßt die führenden Computerhersteller nicht ruhen. Digital Equipment, IBM, Texas Instruments und Xerox haben Arbeitsgruppen gegründet. Hewlett Packard und Atari sind ebenfalls dabei, in diesem Bereich Forschungsgruppen aufzubauen. Die Hardware der Computer, um künstliche Intelligenz zu verwirk-

lichen, ist kleiner und preiswerter geworden. Kostete ein System früher noch mehrere Millionen Dollar, so kann heute schon mit Systemen in der Preisklasse von 50 000 Dollar gearbeitet werden.

Bislang waren die USA mit dem MIT (Massachusetts Institute of Technology) führend, doch auch Japan macht immense Anstrengungen.

## Japaner wollen Marktführer werden

Die Japaner wollen einen Computer der fünften Generation entwickeln und bis zum Ende dieses Jahrhunderts eine Spitzenstellung einnehmen. Daß es ihnen ernst ist, zeigt die Tatsache, daß für die Forschung über künstliche Intelligenz allein in diesem Jahrzehnt ein Etat von fast einer Milliarde Mark bereitsteht.

Die Ziele, die zunächst angegangen werden sollen, sind klar umrissen. Datenbanken sollen aufgebaut, einfache Suchkriterien konzipiert und Industrieroboter weiterentwickelt werden. Was die Computer dabei lernen müssen, ist: „schlampiger“ zu denken. Bislang kennen sie nur die Alternativen „richtig“ und „falsch“. Sie müssen ein feineres Gefühl bekommen, das ihnen gestattet, zwischen möglich und unwahrscheinlich, in verschiedenen Abstufungen zu unterscheiden.

Auch andere Entwicklungen schreiten fort. Ein Schachcomputer kannte bislang die Grundzüge des Spiels und hatte einige Bibliotheken, um die Eröffnung und das Endspiel der Partie zu meistern. Im Mittelteil des Schachspiels fehlte bislang die Strategie. Es ist gelungen, einen Computer eine Strategie finden zu lassen, um ein anderes Computerspiel zu lernen. Das bedeutet nichts anderes, als daß Computer aus Erfahrung lernen. Sie machen Versuche, um ein Problem zu lösen, und merken sich den Wert dieser Versuche.

Die Industrie, die sich mit der Verwirklichung von künstlicher Intelligenz beschäftigt, wird wachsen. Bislang waren es kleine Unternehmen und Universitätsinstitute. Ein Dutzend großer Konzerne hat dieses Terrain nun betreten und entwickelt, zumindest zur Zeit, nur Systeme, die in den Labors benutzt werden sollen.

Was den Maschinen, die künstliche Intelligenz demonstrieren, noch fehlt, ist gesunder Menschenverstand. Die Forschungen in dieser Richtung werden weitergehen, denn gesunder Menschenverstand ist auch nötig, um

benutzerfreundliche Programme zu entwickeln, die den Umgang mit Computern auch unerfahrenen Benutzern erlauben. Smalltalk und Vision sind erste Schritte.

Auch bei komplexeren Aufgaben sind Fortschritte festzustellen. Das Programm Scratchpat, das auf IBM-Großrechnern zur Verfügung steht, ist in der Lage, mit mathematischen Gleichungen umzugehen, bei denen der Mensch an die Grenzen seiner Vorstellung gekommen ist. Auch Mikrocomputer werden Werkzeuge sein, um Probleme der künstlichen Intelligenz anzugehen. LISP und MUMATH sind zwei Programmiersprachen, die auf Mikrocomputern bereitstehen, um solche Probleme zu lösen.

Da sich die Fähigkeiten des Menschen letztlich auf den genetischen Code zurückführen lassen, haben Wissenschaftler schon nach Vergleichen gesucht. Aus wenigen Elementen aufgebaut, ebenso wie die genetischen Bausteine der Menschen, ist die Assemblersprache. So wie im biochemischen Bereich Information in Aminosäuremustern festgehalten werden, kann ein Computer Information mit Nemonics festhalten. Es gibt also Parallelen zwischen den grundverschiedenen Systemen.

### Der Retter in der Informationsflut

„Künstliche Intelligenz“ kann dazu beitragen, um in der Informationsflut die Dinge herauszusuchen, die für eine bestimmte Aufgabe entscheidend sind. Die Mechanismen, mit denen Computer inzwischen programmiert werden, können dazu beitragen, daß Aufgaben, die für den Menschen gefährlich sein können oder die zu eintönig sind, von Maschinen übernommen werden.

Um diese Aufgaben an Rechenanlagen übertragen zu können, ist es notwendig, die Erfahrungen des täglichen Lebens in Formeln zu packen. Dies bedeutet in der Regel eine Vereinfachung des Problems, da die Beschreibung sonst zu umfangreich wird. Es bleibt dem Menschen überlassen, dafür zu sorgen, daß in der beschreibenden Erfassung und in der notwendigen Vereinfachung keine Werte verlorengehen. Die Kontrolle über das, was Maschinen leisten können, darf nicht verlorengehen.

Sonst besteht tatsächlich die Gefahr, daß Automaten in eine Rolle kommen, die den Menschen mit seinen Fähigkeiten in den Hintergrund drückt.

— der

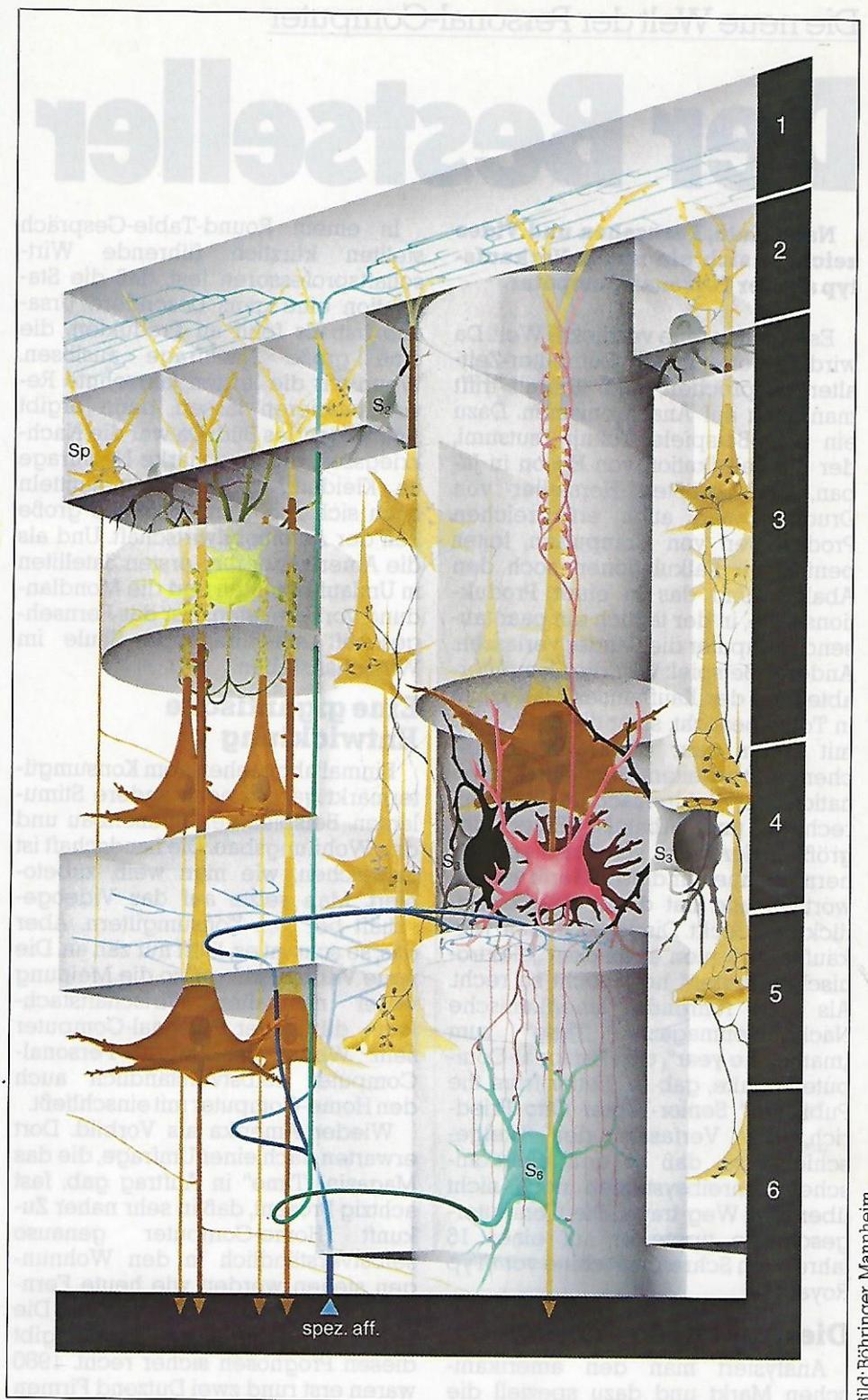


Bild: Böhlinger, Mannheim

100 Milliarden Gehirnzellen mit einer Billion Hilfszellen bauen den Computer Mensch auf. Dieses Nervensystem hat 100 Billionen Kontaktstellen und arbeitet mit einer Datenübermittlungsgeschwindigkeit von bis zu 400 Stundenkilometern. Das komplexe Informationssystem des Menschen läßt sich in den Modellen der Nachrichten und Halbleitertechnik nachempfinden, doch nicht in allen Funktionen

kopieren. Auf diesen Daten bauen auch die Überlegungen der Stuttgarter Hirnforscher der Arbeitsgruppe von Prof. Hinrich Rahmann auf, kommen jedoch zu dem Schluß, daß höchstens für das Kurzzeitgedächtnis elektronische Konzepte für die Informationsspeicherung herangezogen werden können. Der Weg zum genauen Verständnis der Maschine Mensch ist noch weit.