

**WAS
IST
WAS**

Roboter und Elektronengehirne

BAND 37



Neuer  Tessloff Verlag



In dieser Reihe sind bisher erschienen:

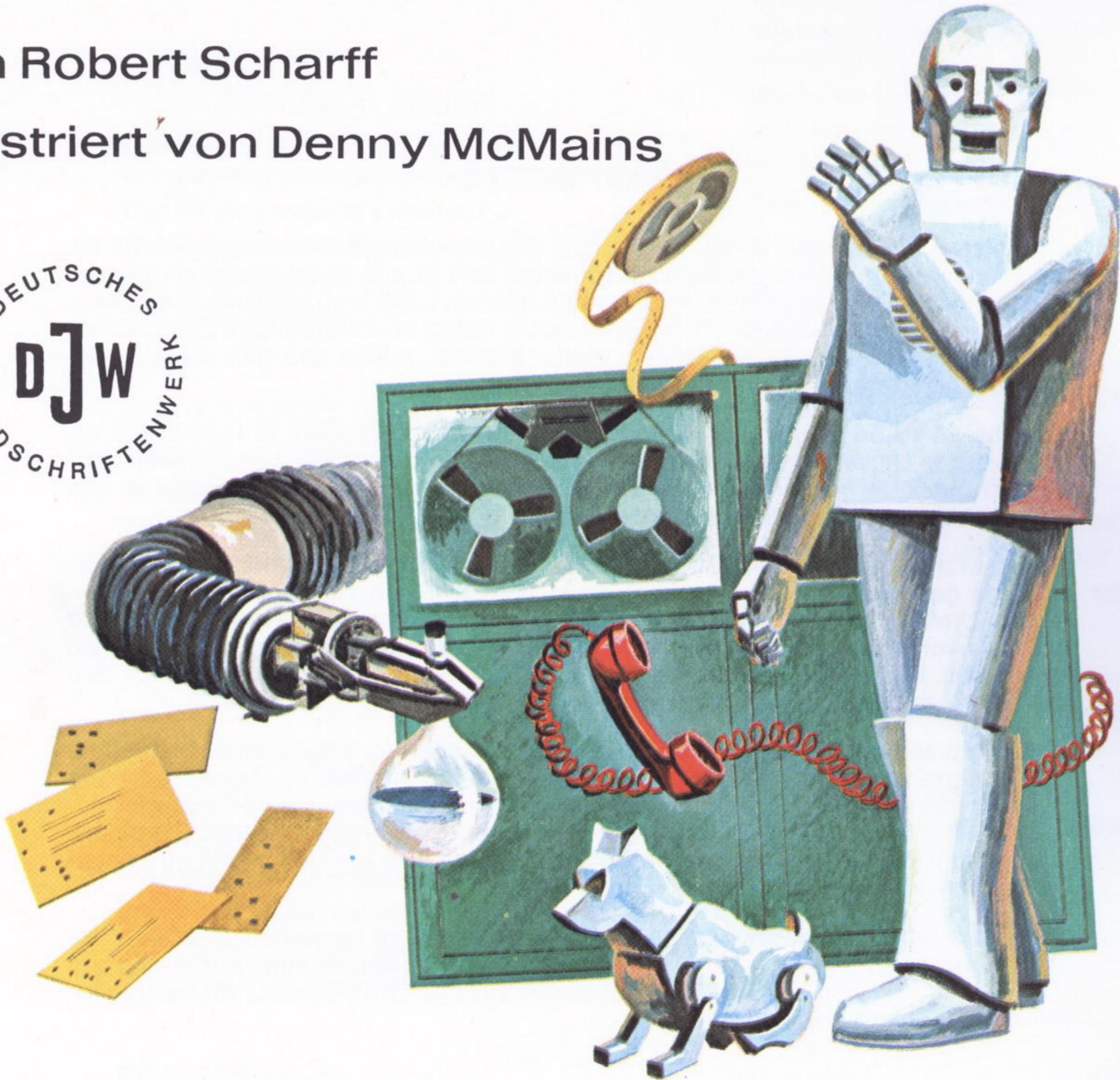
- | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Band 1 Unsere Erde | Band 26 Wildblumen | Band 53 Das Auto | Band 77 Tierwanderungen | Band 99 Sternbilder und Sternzeichen |
| Band 2 Der Mensch | Band 27 Pferde | Band 54 Die Eisenbahn | Band 78 Geld | Band 100 Multimedia |
| Band 3 Energie | Band 30 Insekten | Band 55 Das alte Rom | Band 79 Moderne Physik | Band 101 Geklärt und ungeklärt Phänomene |
| Band 4 Chemie | Band 31 Bäume | Band 56 Ausgestorbene Tiere | Band 80 Tiere – wie sie sehen, hören und fühlen | Band 102 Unser Kosmos |
| Band 5 Entdecker | Band 32 Meereskunde | Band 57 Vulkane | Band 81 Die Sieben Weltwunder | Band 103 Demokratie |
| Band 6 Die Sterne | Band 33 Pilze, Moose und Farne | Band 58 Die Wikinger | Band 82 Gladiatoren | Band 104 Wölfe |
| Band 7 Das Wetter | Band 34 Wüsten | Band 59 Katzen | Band 83 Höhlen | Band 105 Weltreligionen |
| Band 8 Das Mikroskop | Band 35 Erfindungen | Band 60 Die Kreuzzüge | Band 84 Mumien | Band 106 Burgen |
| Band 9 Der Urmensch | Band 36 Polargebiete | Band 61 Pyramiden | Band 85 Wale und Delphine | Band 107 Pinguine |
| Band 10 Fliegerei und Luftfahrt | Band 37 Computer und Roboter | Band 62 Die Germanen | Band 86 Elefanten | Band 108 Das Gehirn |
| Band 11 Hunde | Band 38 Säugetiere der Vorzeit | Band 64 Die alten Griechen | Band 87 Türme | Band 109 Das alte China |
| Band 12 Mathematik | Band 39 Magnetismus | Band 65 Eiszelten | Band 88 Ritter | Band 110 Tiere im Zoo |
| Band 13 Wilde Tiere | Band 40 Vögel | Band 66 Berühmte Ärzte | Band 89 Menschenaffen | Band 111 Die Gene |
| Band 14 Versunkene Städte | Band 41 Fische | Band 67 Die Völkerwanderung | Band 90 Der Regenwald | Band 112 Fernsehen |
| Band 15 Dinosaurier | Band 42 Indianer | Band 68 Natur | Band 91 Brücken | Band 113 Europa |
| Band 16 Planeten und Raumfahrt | Band 43 Schmetterlinge | Band 69 Fossilien | Band 92 Papageien und Sittiche | Band 114 Feuerwehr |
| Band 18 Der Wilde Westen | Band 44 Das Alte Testament | Band 70 Das alte Ägypten | Band 93 Die Olympischen Spiele | Band 115 Bären |
| Band 19 Bienen, Wespen und Ameisen | Band 45 Mineralien und Gesteine | Band 71 Seeräuber | Band 94 Samurai | Band 116 Musikinstrumente |
| Band 20 Reptilien und Amphibien | Band 46 Mechanik | Band 72 Heintiere | Band 95 Haie und Rochen | Band 117 Bauernhof |
| Band 21 Der Mond | Band 47 Elektronik | Band 73 Spinnen | Band 96 Schatzsuche | Band 118 Mittelalter |
| Band 22 Die Zeit | Band 48 Luft und Wasser | Band 74 Naturkatastrophen | Band 97 Zauberer, Hexen und Magie | |
| Band 24 Elektrizität | Band 50 Unser Körper | Band 75 Fahnen und Flaggen | Band 98 Kriminalistik | |
| Band 25 Schiffe | Band 52 Briefmarken | Band 76 Die Sonne | | |

Ein WAS IST WAS Buch

ROBOTER und ELEKTRONENGEHIRNE

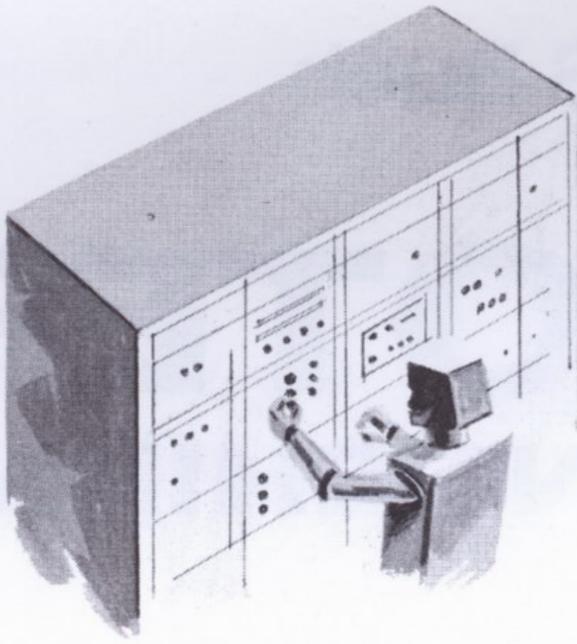
von Robert Scharff

Illustriert von Denny McMains



Deutsche Ausgabe von Käthe und Heinrich Hart
Wissenschaftliche Überwachung durch
Dr. Paul E. Blackwood

NEUER TESSLOFF VERLAG · HAMBURG



Vorwort

Es geistert ein Geselle durch unsere Zeit, der manchem Menschen unheimlich ist. Im Fernsehen, in Filmen, in Zukunftsromanen und Comic strips taucht er auf, der **R o b o t e r**, der Supermann. Aber auch in unserer Lebenswirklichkeit, in den Ausstellungen der Elektro-Industrie marschiert er daher in schlurfendem Eisenschritt, mit starrem Gesicht, gibt Antwort mit hohler Stimme, raucht und gibt sogar Feuer für eine Zigarette.

Er arbeitet schon längst in unseren Fabriken und Laboratorien, in großen Büros, ja, selbst in Universitäten und Schulen hat er schon Einzug gehalten – aber nicht in nachgeahmter menschlicher Gestalt, sondern als elektronische Maschine, die oft wie ein harmloser Schrank aussieht, aber Unglaubliches leistet.

In unseren Tagen geht eine lautlose Revolution in unserer Arbeitswelt vor sich, und sie geht aus von den Rechenanlagen, von den Computern, die Arbeiten von einem Umfang, mit einer Präzision und Schnelligkeit leisten, davon der Mensch sich bis vor kurzem nichts träumen ließ. Nur mit diesen Maschinen ist es möglich geworden, daß der Mensch heute nach dem Mond und den Planeten strebt und daß die Satelliten die Erde umkreisen.

Werden diese phantastischen Maschinen eines Tages dem Menschen entgleiten, ihn beherrschen und vielleicht unsagbares Unheil anrichten? Diese und viele Fragen, die mit dem Vordringen der Computer zusammenhängen, finden in diesem WAS IST WAS-Buch **Roboter und Elektronengehirne** eine Antwort. Es erklärt, was es mit diesen geheimnisvollen Maschinen auf sich hat und macht ihre hochkomplizierte Arbeitsweise verständlich.

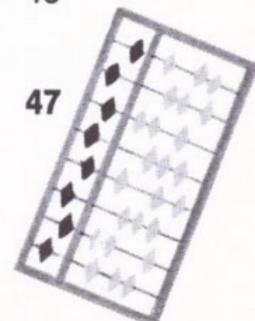
Wer auch immer versucht, die Zeit, in der wir leben, zu verstehen, wird sich mit dieser neuesten, umwälzenden Erscheinung und ihrer Auswirkung auf Wirtschaft, Technik und Wissenschaft befassen müssen. Dies Buch will jedem interessierten Leser dabei eine kundige Hilfe sein.

*Copyright © 1968 by Grosset & Dunlap, Inc. Titel der in den USA
veröffentlichten Originalausgabe: Robots and Electronic Brains.*

*Copyright © 1963 by Wonder Books, eine Abteilung von Grosset & Dunlap, Inc.
Veröffentlicht in Übereinkommen mit Wonder Books
eine Abteilung von Grosset & Dunlap, Inc. New York, N.Y., USA
Alle deutschen Rechte bei NEUER TESSLOFF VERLAG, Hamburg*

Inhalt

| | | | |
|---|-----------|---|-----------|
| ROBOTER IN UNSERER WELT | 4 | Kann ein Elektronengehirn „denken“? | 25 |
| Was sind Roboter? | 5 | Wie werden dem Computer die Fragen aufgegeben? | 26 |
| Woher stammt das Wort Roboter? | 5 | Wer kann Operator oder Programmierer werden? | 28 |
| Wie sehen Roboter aus? | 6 | | |
| Wie werden Roboter in der Weltraumforschung verwendet? | 7 | | |
| Wie arbeiten Roboter? | 8 | COMPUTER BEI DER ARBEIT | 28 |
| | | Computer in der Landesverteidigung | 29 |
| | | Wie werden Computer in Handel und Industrie verwendet? | 30 |
| ROBOTER MIT ELEKTRONENGEHIRNEN | 9 | Wie helfen Computer in der Luft- und Seefahrt? | 30 |
| Was sind Computer? | 9 | Wie können Computer den Ärzten helfen? | 31 |
| Wozu werden Computer gebraucht? | 10 | Wie werden Computer zu Übersetzern? | 32 |
| Wer hat die Computer erfunden? | 10 | Kann sich ein Computer jemals irren? | 33 |
| Welche Arten von Computern gibt es? | 11 | | |
| Was ist ein Analogrechner? | 11 | DIE LERNENDE MASCHINE | 34 |
| Was ist ein Digitalrechner? | 14 | Kann ein Roboter lernen? | 34 |
| | | Wie „lernt“ die lernende Maschine? | 34 |
| | | Wie werden lernende Maschinen gebraucht? | 36 |
| WIE ARBEITET EIN COMPUTER? | 14 | | |
| Was bedeutet Eingabe? | 15 | DIE LEHRENDE MASCHINE | 37 |
| Was bedeutet Prozessierung? | 15 | Wie sieht eine Lehrmaschine aus? | 37 |
| Was bedeutet Ausgabe? | 16 | Wie „lehrt“ eine Lehrmaschine? | 38 |
| Was ist die Logik des Computers? | 16 | Können Maschinen die Lehrer ersetzen? | 39 |
| Wie kann man einen einfachen Computer selbst bauen? | 17 | | |
| Wie gibt der Computer die Antwort? | 18 | ROBOTER ÜBERNEHMEN DIE ARBEIT | 39 |
| | | Was ist Automation? | 39 |
| | | Was ist Rückkoppelung? | 39 |
| DIE BESTANDTEILE EINES MODERNEN ELEKTRONENRECHNERS | 19 | Macht die Automation viele Menschen arbeitslos? | 40 |
| Wo befindet sich der Speicher? | 19 | | |
| Wo werden die Berechnungen ausgeführt? | 20 | DIE AUTOMATION IN DER PRAXIS | 42 |
| Wie arbeiten alle Teile zusammen? | 21 | Wie wird die Automation im Nachrichtenwesen verwendet? | 42 |
| Ein Vergleich mit gewohnten Rechenmethoden | 21 | Wie nützt die Automation dem Reiseverkehr? | 42 |
| | | Wie wird die Automation in der Industrie verwendet? | 43 |
| EINE SPRACHE, DIE DER COMPUTER VERSTEHT | 22 | Wie helfen Roboter in der Meeresforschung? | 45 |
| Was ist das binäre Zahlensystem? | 22 | Was ist Telemetrie? | 46 |
| Wie zählt man im binären System? | 22 | Kann der Roboter mehr als der Mensch? | 46 |
| Wie werden Dezimalzahlen in binäre Zeichen umgewandelt? | 23 | | |
| Kann das binäre System noch andere Antworten geben? | 24 | COMPUTERSPRACHE | 47 |



Roboter in unserer Welt

Wir leben in einer Zeit, in der Wissenschaft und Technik unser Leben in hohem Maße bestimmen. Wenn aber das Wort „Roboter“ fällt, überkommt viele Menschen ein zwiespältiges Gefühl. Sie schwanken zwischen Furcht und Hoffnung. Werden diese Maschinen, zu unerhöhter Arbeitsleistung geschaffen, unser Leben besser, glücklicher

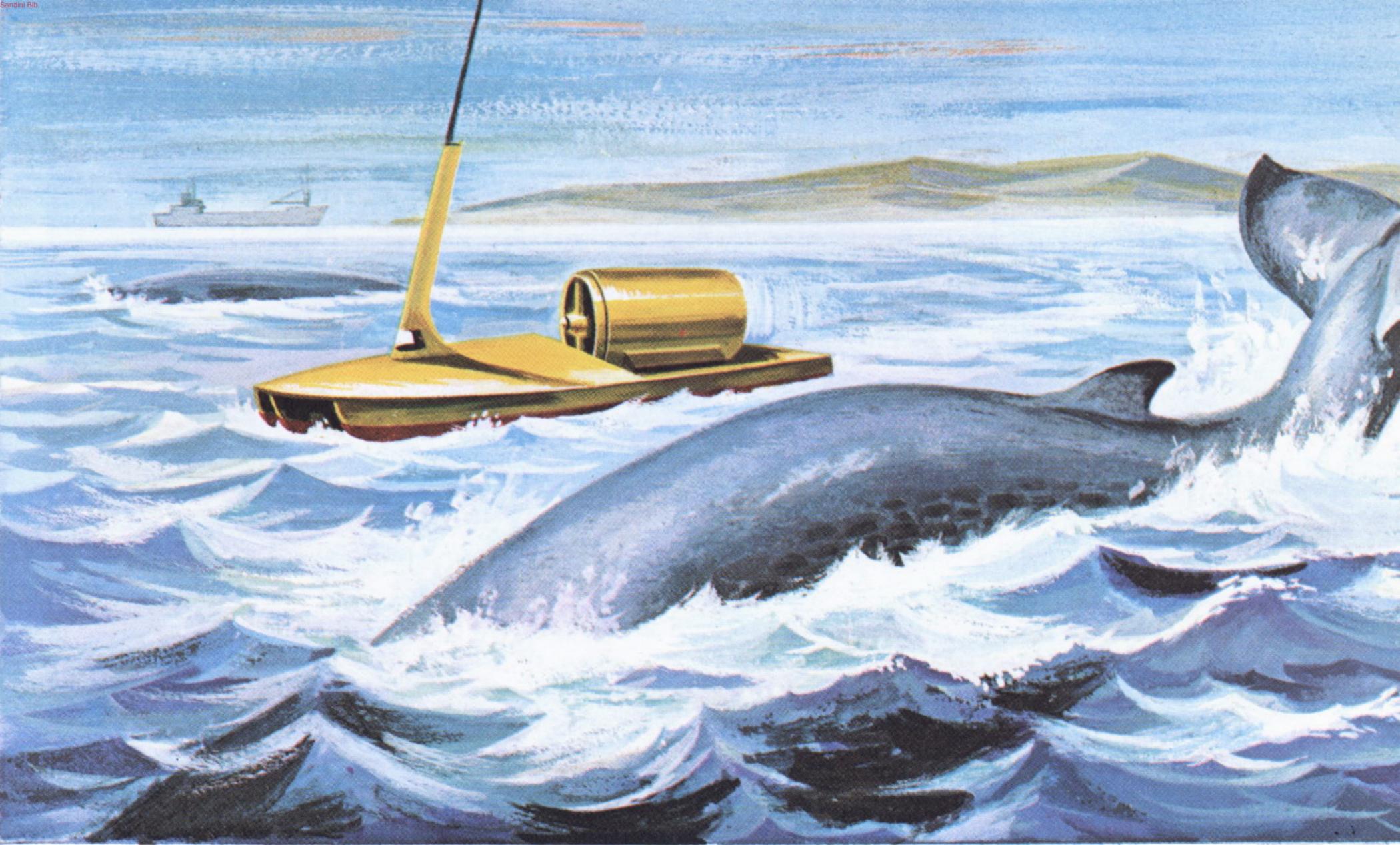
machen? Oder werden sie, anstatt dem Menschen zu dienen, eines Tages die Menschheit beherrschen und versklaven?

Dies Buch soll dem Leser dazu verhelfen, sich eine Meinung darüber zu bilden, ob die Roboter eine Hoffnung sind oder ob wir sie fürchten müssen.



Von Kempelens Schachspielautomat war eine raffinierte Fälschung und ganz und gar kein Roboter. Die Abbildung unten zeigt den Zwerg, der ein ausgezeichnete Schachspieler war und den Automaten von seinem Versteck aus betätigte.





Die Wissenschaftler benutzen besondere Roboter für mannigfache Zwecke. Zum Beispiel wird ein drahtlos gesteuertes Motorboot — es wird MOBY-DIC genannt — als unbemannter Beobachter des geselligen Verhaltens von Walen und Tümmlern in ihrem natürlichen Lebensraum eingesetzt. Diese Beobachtungen — die von gefangenen Tieren nicht zu gewinnen sind — werden durch die „Ohren“ und „Augen“ des Roboters aufgenommen und zur Auswertung an das ozeanografische Mutterschiff gesendet, das mehrere Kilometer entfernt ist. Wale und Tümmler, die zur Familie der Meeressäuger gehören, scheinen den unauffälligen Roboter nicht zu beachten, solange er keine feindseligen Bewegungen macht.

Wörterbücher erklären, ein Roboter sei

Was sind Roboter?

„ein künstlicher Mensch“, ein Apparat, der Befehle ausführt, eine Maschine, die wie ein Mensch arbeitet.

Die Idee, eine Maschine zu bauen, die arbeiten und denken kann wie ein Mensch, ist nicht neu. Es gab sie bereits vor Jahrhunderten. Die meisten früheren Robotergeschichten waren jedoch eher Fabeln als Tatsachenberichte. Berühmt wurde der „automatische“ Schachspieler, den Wolfgang von Kempelen im Jahre 1768 vorführte. Dieser unheimliche Apparat spielte erfolgreich gegen viele gute Schachspieler. Schließlich wurde aber entdeckt, daß in dem Apparat, den Zuschauern verborgen, ein Zwerg saß, der heimlich diese

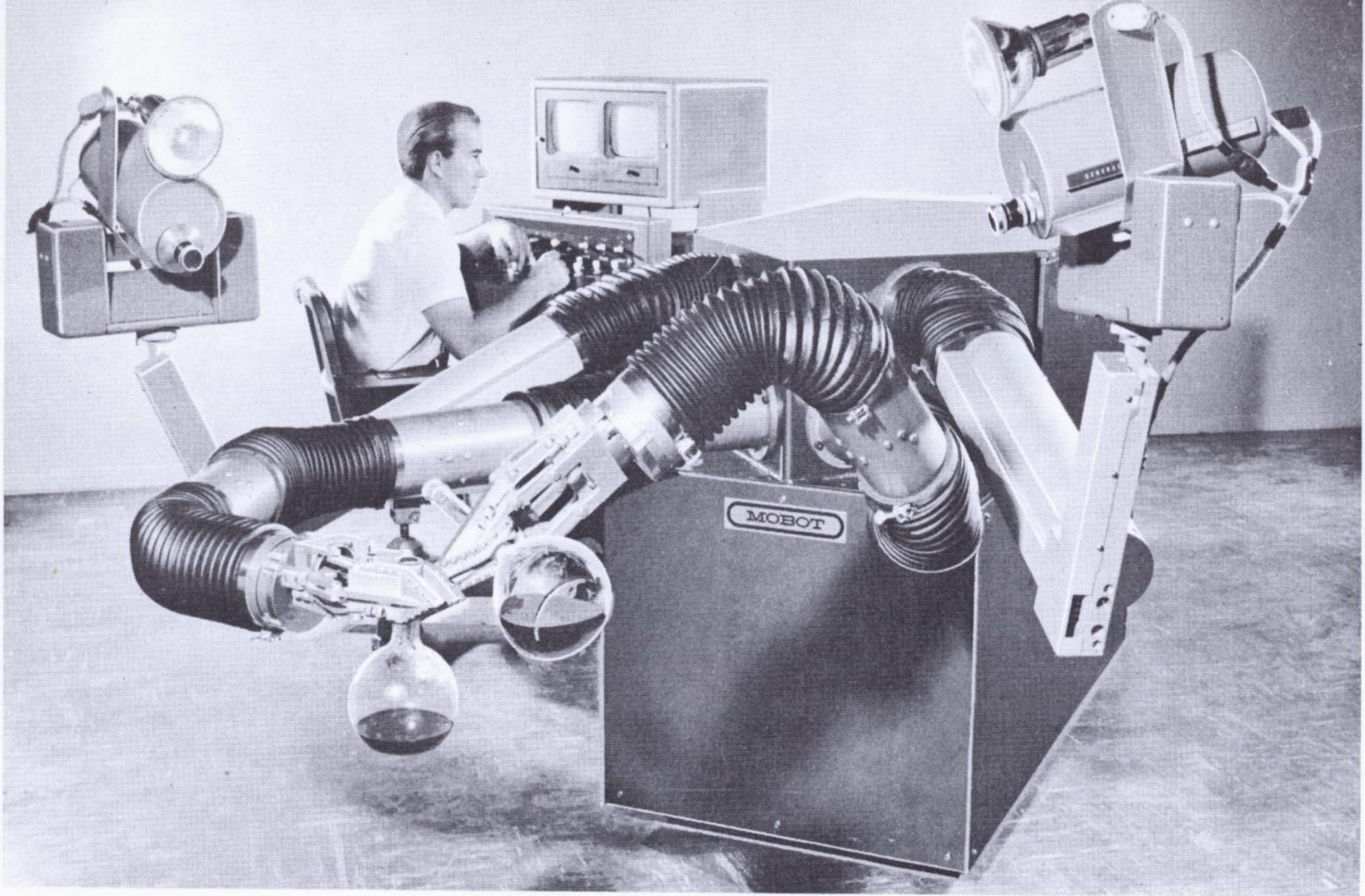
Spiele gewann. Dieser Roboter war eine Fälschung. Aber vor wenigen Jahren haben Wissenschaftler einen elektronischen Roboter gebaut, der wirklich Schach spielen kann. Er besiegt tatsächlich die meisten menschlichen Spieler, weil er — anders als der Mensch — niemals den gleichen Fehler wiederholt.

Die Bezeichnung „Roboter“ ist abgeleitet vom tschechischen Wort **robotnick**, einem alten Wort für Leibeigener oder Fronsklave. Es wurde durch ein Theaterstück des tschechischen Schriftstellers Karel Capek im Jahre 1920 in unsere modernen Sprachen eingeführt.

Woher stammt das Wort „Roboter“?

Es wurde durch ein Theaterstück des tschechischen Schriftstellers Karel Capek im Jahre 1920 in unsere modernen Sprachen eingeführt.

Es wurde durch ein Theaterstück des tschechischen Schriftstellers Karel Capek im Jahre 1920 in unsere modernen Sprachen eingeführt.



MOBOT, der zahme Roboter, ist stark genug, Eisenstangen zu biegen. Er kann aber auch mit Laboratoriumsgläsern umgehen, ohne Bruch zu machen.

In Capeks Spiel wird die Arbeit in der ganzen Welt von menschenähnlichen Maschinen – den Robotern – ausgeführt, die ein Mann in sehr großer Zahl herstellt. Das Leben auf der Erde verläuft in diesem Schauspiel reibungslos. Alle Bedürfnisse der Menschen werden befriedigt, solange die Roboter keine eigenen Gefühle haben. Dann entschließt sich eines Tages der Leiter der Fabrik, Super-Roboter zu bauen, die alle menschlichen Gefühle von Glück und Schmerz empfinden können. Als dies geschehen ist, revoltieren die Roboter gegen die menschlichen Herren und rotten das ganze Menschengeschlecht aus.

Seit Capeks Theaterspiel haben solche Roboter oft in utopischen Romanen eine Rolle gespielt. Heute aber sind die Roboter keine Phantasieschöpfungen mehr. Roboter sind unter uns – sie kontrollieren Fabrikationsmaschinen, sie übersetzen fremde Sprachen, sie len-

ken den Flug der Raketen, sie berechnen vieles im voraus, was wir zu wissen wünschen. Die Roboter haben viele verschiedene Namen; Gefühle haben sie allerdings nicht.

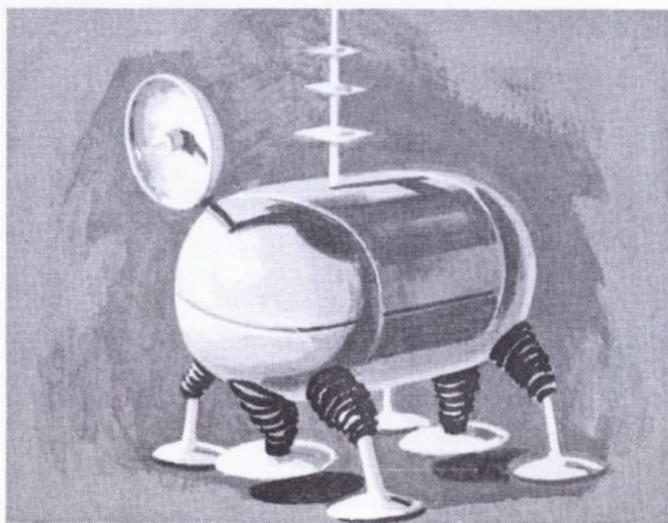
Die meisten Roboter sehen ganz anders

Wie sehen Roboter aus?

aus als der mechanische Konservendosenmensch, den wir oft im Film, im Fernsehen oder in Comic strips dargestellt finden. Die neuen, erstaunlichen Roboter, die jetzt konstruiert und gebaut werden, haben wenig Ähnlichkeit mit einem Menschen. In ihrer Arbeit jedoch vervielfältigen sie menschliche Fähigkeiten und führen ihre Aufgaben oft viel besser aus, als Menschen es könnten.

An Waschmaschinen, Brotröster, Kaffeemaschinen, elektrische Heizöfen und viele andere Geräte sind wir längst

gewöhnt. Auch das sind Maschinen, die auf vollkommener Weise Arbeiten verrichten, die sonst von Menschen getan wurden. Wenn man den Begriff Roboter sehr weit faßt, könnte man also auch solche Geräte als Roboter bezeichnen. Andere Roboter führen Arbeiten aus, die für Menschen zu gefährlich sind. Am bekanntesten ist der „Mobot“. Die zwei Meter langen Arme dieser ferngesteuerten Maschine sind mit „Händen“, „Handgelenken“, „Ellbogen-“ und „Schultergelenken“ versehen. Zwei Fernsehkameras, die an ausziehbaren, gegliederten Fühlern angebracht sind, dienen als „Augen“. Abgesehen von den Armen und Augen, sieht der Mobot wie ein großer Metallkasten auf Rädern aus. Durch mehr als hundert Befehlsleitungen und zwei Fernsehkanäle ist der Roboter mit seinem Überwacher verbunden. Diese Roboter wurden für Forschungslaboratorien gebaut, wo sie bei der Arbeit mit radioaktivem Material verwendet werden, deren Strahlung für den Menschen sehr gefährlich ist. In Zukunft sollen Mobots aber auch für Aufgaben unter Wasser und im Weltraum verwendet werden.

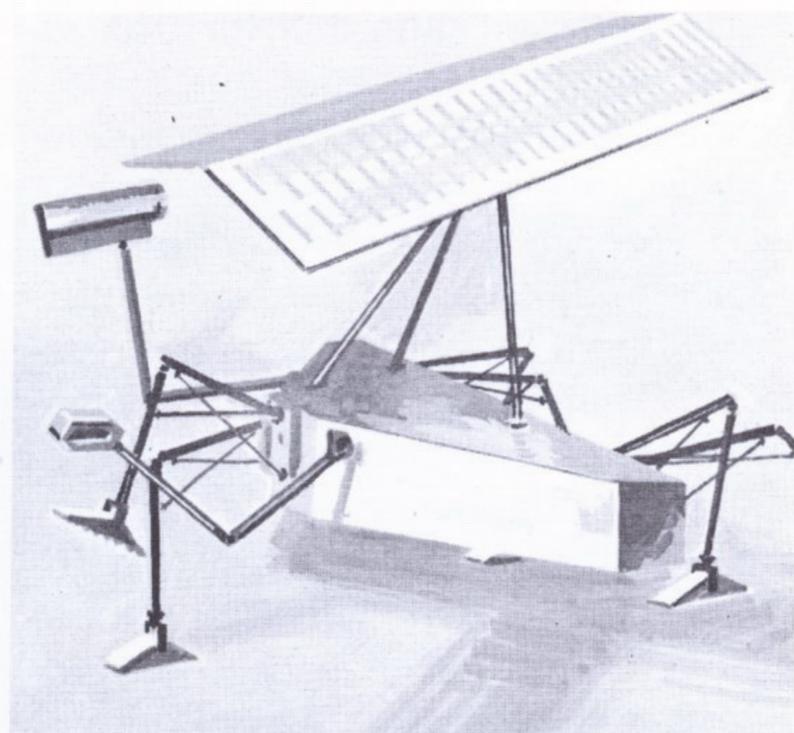


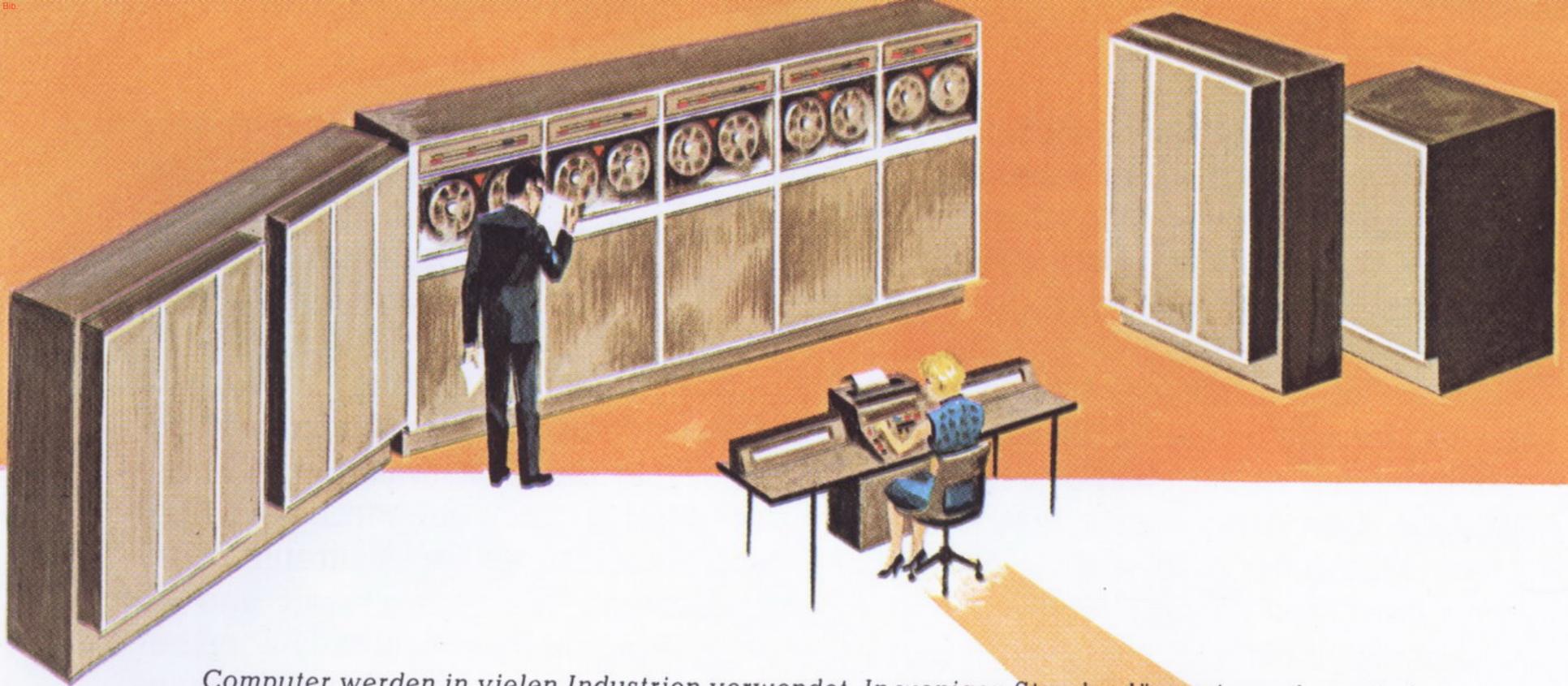
Alle Satelliten, die die Erde umkreisen, und alle Raketen, die in den Weltraum geschossen werden, haben Roboter an Bord. Diese Roboter

Wie werden Roboter in der Weltraumforschung verwendet?

senden mittels Radiowellen an ihre Leitstellen auf der Erde wichtige Informationen (auch Daten genannt), etwa über die Temperaturen im Weltraum, über die Wirkung der Schwerkraft und so fort. Roboter in Raumschiffen haben bereits zahlreiche fotografische Aufnahmen von der Erde, vom Mond und von anderen, nahen Planeten gemacht und die Bilder zur Erde gesendet. Bevor der erste Mensch auf dem Mond und auf dem Mars landet, werden Roboter an Bord der Raumschiffe viele Vorarbeiten leisten. Roboter, ähnlich dem Mobot, können die Oberfläche des

Bevor ein bemanntes Raumschiff auf dem Mond landet, wird die Mondoberfläche durch Instrumente erforscht. Die USA starteten diese Roboter mit dem „Ranger“, einer Instrumentenkapsel, die auf dem Mond im sogenannten Ozean der Stürme landete. Ihm folgte der „Surveyor“ mit Instrumenten und Fernsehkameras ähnlich denen, die bei dem Wettersatelliten „Tiros“ verwendet wurden. Dem „Surveyor“ soll der „Prospector“ folgen, der sich auf der Mondoberfläche wie ein Traktor bewegen kann. Die Informationen, die all diese Elektronengeräte zur Erde senden, sind notwendig, damit die Landung von Menschen auf dem Mond weniger gefährlich wird.





Computer werden in vielen Industrien verwendet. In wenigen Stunden lösen sie mathematische Probleme, an denen ein Mensch sein ganzes Leben lang rechnen müßte. Sie werden gebraucht beim Entwurf von Düsenflugzeugen, zur Kontrolle von Flugkörpern, beim Aufstellen von Lohnlisten, zur Preiskalkulation, bei Berechnungen für Ölbohrungen und für zahllose andere Zwecke.

Mondes untersuchen, die uns abgewandte Seite des Mondes kartieren und manches andere erforschen.

Viele Roboter sehen völlig anders aus

Wie arbeiten die Roboter?

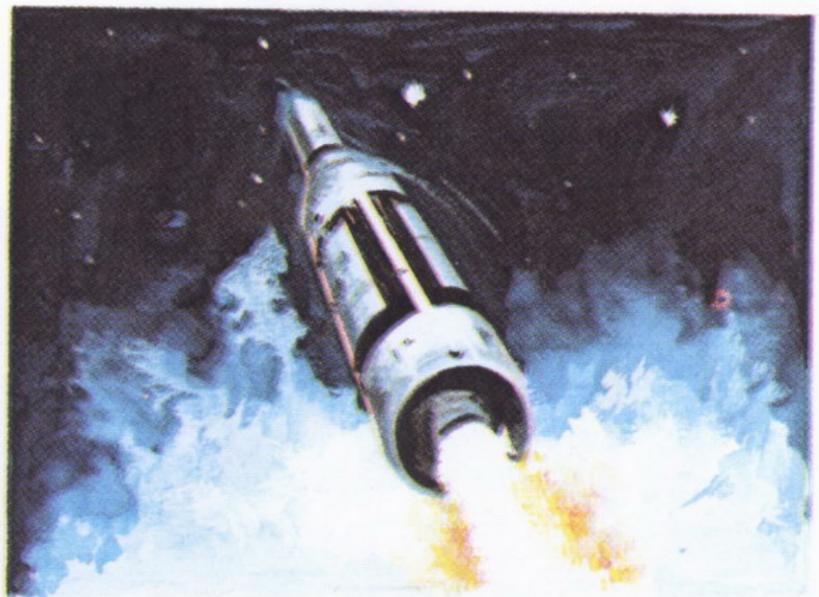
als der Mobot; aber ihre grundlegenden Arbeitsvorgänge sind die gleichen. Den wichtigsten Teil

der Arbeit leistet der Mensch, der dem Roboter die Anweisungen eingibt. Die Anweisungen oder Instruktionen werden der Maschine über elektrische Leitungen oder Funk gegeben, oder sie sind im Roboter schon gespeichert. Damit die Maschine die Wünsche ihres Meisters erfüllen kann, muß ihr Kraft zugeführt werden, entweder durch elektrische Leitungen oder durch eingebaute Batterien.

Außer mit Instruktionen und Energie kann ein Roboter mit verschiedenen Arten von Wahrnehmungsgeräten ausgestattet sein, etwa mit einer Fernsehkamera, einem Strahlungsmesser (Geigerzähler) oder einem Magnetometer (das gebraucht wird, um Erdöl und andere Mineralien zu finden). Diese Apparate kann man mit menschlichen Sinnesorganen, etwa dem Auge oder der

Nase, vergleichen. Mit ihrer Hilfe kann der Roboter die gewünschten Informationen wahrnehmen und registrieren und an den Operator weiterleiten.

Ein Roboter kann Greifapparate haben, die menschlichen Armen und Händen ähnlich sind. Er kann angewiesen werden, Gegenstände aufzuheben und wegzutragen. Für solche Aufgaben sind jedoch noch weitere Einrichtungen nötig, die dem Operator anzeigen, wie stark die Hände oder Klauen zugreifen. Manche Roboter sind so stark, daß sie in Eisenstangen einen Knoten schlagen und über zwanzig Tonnen Gewicht heben können – und doch sind sie so empfindlich, daß sie ein Glas Wasser eingießen oder Kekse aufnehmen könnten, ohne Bruch zu machen.



Roboter mit Elektronengehirnen

Roboter, die mit Elektronengehirnen ausgerüstet sind, sogenannte Computer, werden in den kommenden Jahren das Leben der Menschen auf vielen Gebieten tiefgreifend verändern. Diese Erfindungen werden uns von der Plackerei vieler mühseliger Arbeiten befreien und uns mehr Muße verschaffen. Sie wurden ursprünglich entwickelt, um bestimmte wissenschaftliche Probleme zu lösen; aber sie haben sich als so allgemein nützlich erwiesen, daß sie jetzt auf vielen verschiedenen Arbeitsgebieten eingesetzt werden.

Wenn wir in Wörterbüchern das Wort

**Was sind
Computer?**

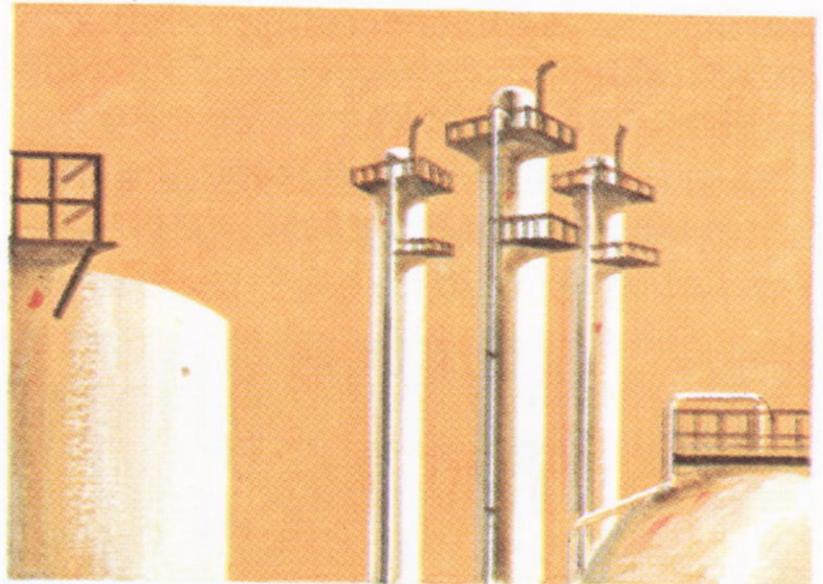
nachschlagen, finden wir es häufig erklärt als eine „Maschine, die mathematische Probleme löst“.

Computer gibt es heute in allen Größen, von kleinen Tischapparaten für einfache Berechnungen bis zu zimmergroßen Einheiten, die komplizierte mathematische Probleme im Bruchteil einer Sekunde lösen können.

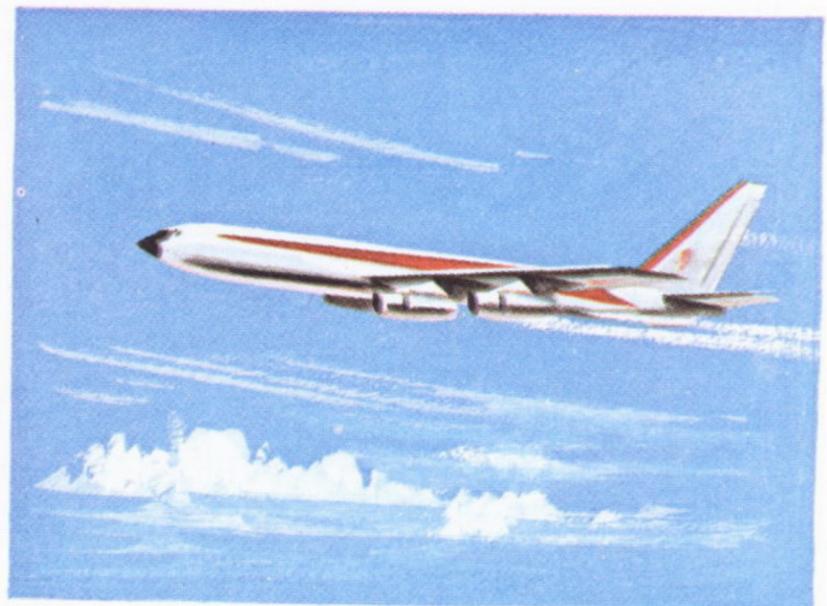
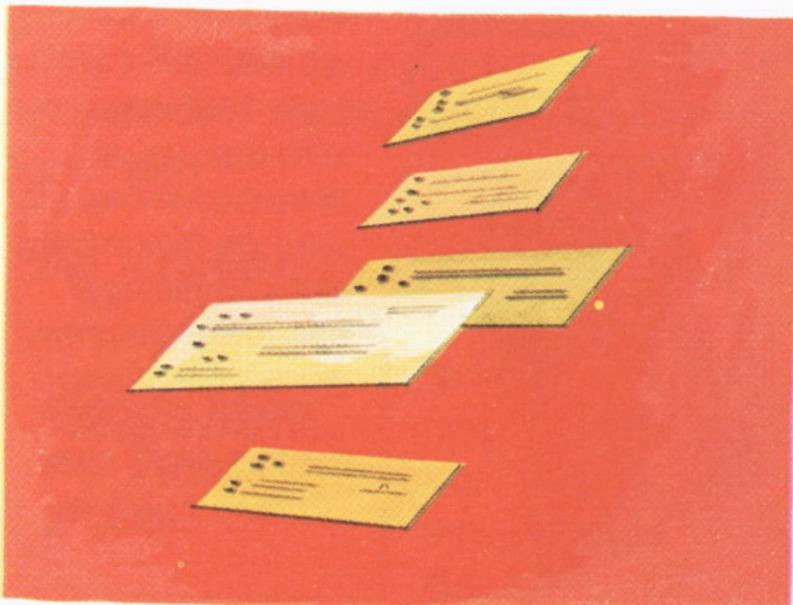
Computer werden manchmal „denkende Maschinen“ genannt. Diese Bezeichnung ist irreführend. Keine Maschine kann wirklich „denken“. Den-

noch vollbringen die Rechenmaschinen wichtige und erstaunliche Leistungen. Ihre Fähigkeit, mathematische Probleme zu lösen, wird zum Beispiel genutzt, um die Flugbahnen von Raketen vorauszuberechnen, um Geschosse im Flug zu lenken oder um die Wetterbedingungen in großen Höhen festzustellen und vor Stürmen und Tornados zu warnen.

Mathematische Aufgaben, an denen ein Mensch mit Papier und Bleistift sein ganzes Leben lang rechnen müßte, löst ein Elektronenrechner in wenigen Stunden. Computer helfen der Großindustrie, weil die Fachleute mit Hilfe der



Die hier gezeigten Beispiele für die Anwendung von Computern sind nur wenige von vielen.



Rechenanlagen komplizierte maschinelle Arbeitsvorgänge besser kontrollieren können.

Elektronenrechner beeinflussen unser

Wozu werden Computer gebraucht?

Leben auf vielfache Weise. Tag für Tag bearbeiten sie Millionen von Zahlungsüberweisungen und Bankabrechnungen.

Auch in der Landwirtschaft werden sie schon verwendet; sie stellen fest, wann am besten gesät wird, welches Futter dem Vieh am besten zusagt, wieviel Bewässerung bestimmte Kulturen brauchen und anderes mehr. Die technische Umwälzung in der Landwirtschaft wird dazu führen, daß mehr Nahrungsmittel erzeugt werden und daß der Nahrungsbedarf der schnell zunehmenden Weltbevölkerung befriedigt werden kann. Elektronenrechner werden auch bei der Auswertung von Volkszählungen verwendet und für viele andere, weniger bekannte Zwecke benutzt. Computer beeinflussen die Entwürfe fast aller Erzeugnisse der moder-

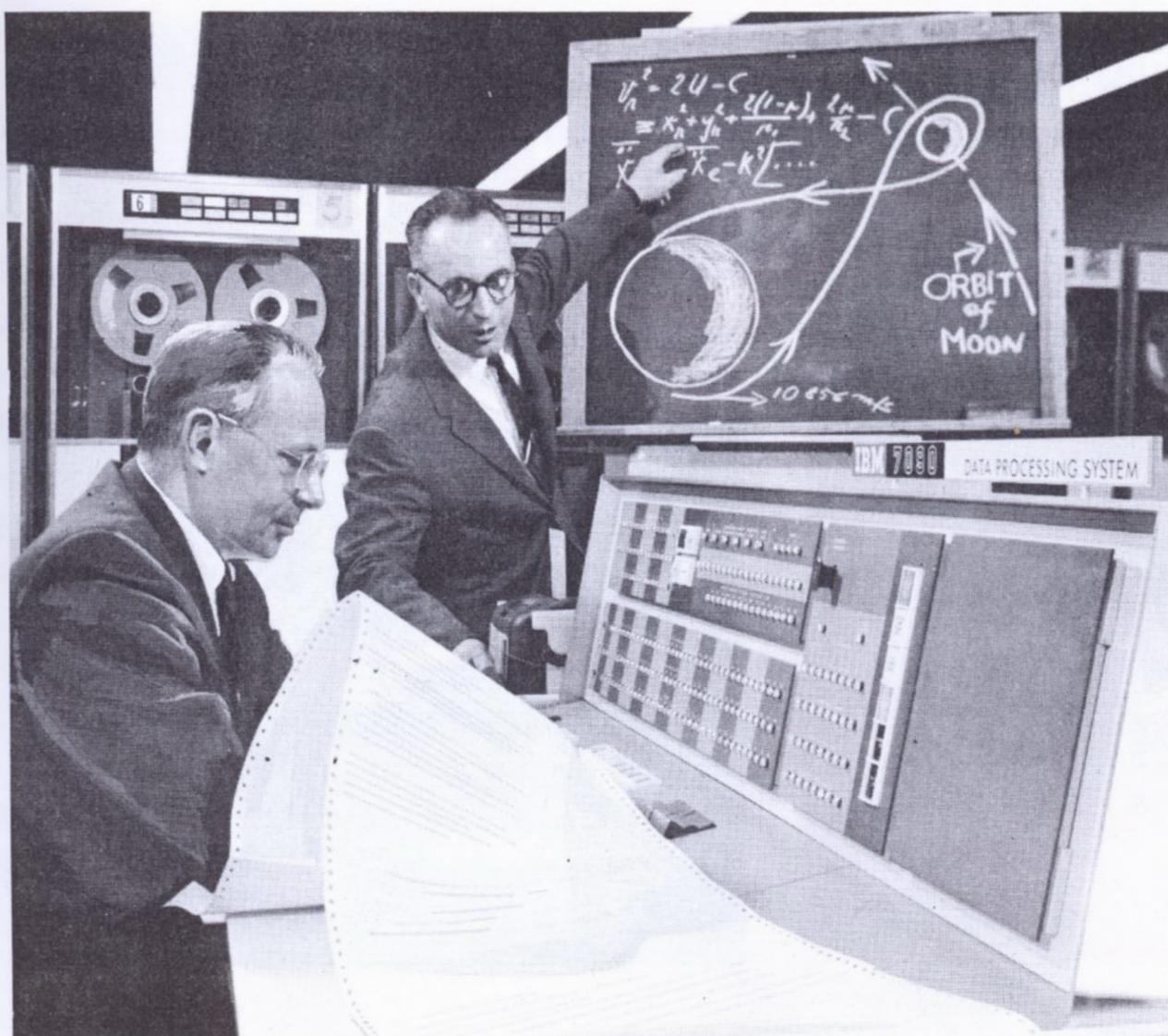
nen Technik. Bau, Material und Formgebung von Düsenflugzeugen, Kernreaktoren, Kraftwerken, Brücken und chemischen Fabriken werden von Plänen bestimmt, die Computer errechnet oder kontrolliert haben. Bei der Entwicklung der amerikanischen Weltraumprojekte Saturn und Apollo halfen zwei leistungsfähige Elektronengehirne, die imstande sind, je etwa vierzehn Millionen Zahlen in der Minute zu addieren. Die Raketen, die für den Flug um den Mond und tief ins Weltall hinein bestimmt sind, werden auf solchen Rechenanlagen einige tausendmal theoretisch „geflogen“, bevor sie auf Weltraumflug geschickt werden.

Die elektronischen Rechenanlagen,

Wer hat die Computer erfunden?

eine der bedeutendsten technischen Leistungen dieses Jahrhunderts, waren keine Zufallserfindungen.

Sie sind das Ergebnis der entwickelten modernen Technik und der angewandten mathematischen Wissen-



Ein Hauptziel der Saturn-Rakete, die um den Mond flog, war, die Rückseite des Erdtrabanten zu erforschen. Ein wirklicher Mondflug kostet viele Millionen Mark. Aber für wenige hundert Mark kann ein Flug auf dem IBM-Computer 7090 vorexerziert werden. Auf nebenstehendem Bild wird die Berechnung eines Mondfluges überprüft. Links das Modell der gewaltigen Saturn-Rakete.



schaft. Der Ursprung der Mathematik liegt weit in der Vergangenheit. Mathematik begann, als der Mensch anfang zu zählen. Zuerst zählte er mit den Fingern, dann mit kleinen Steinen und dann mit Bronzekugeln auf einem Rillenbrett und mit Perlen, aufgereiht auf Drähten, die in einen Rahmen gespannt waren. In der Antike half dem Menschen beim Rechnen der Abakus, eine Rechentafel. (Siehe Abbildung auf S. 12–13.)

Die erste einfache Addiermaschine wurde im Jahre 1642 erfunden, die erste Rechenmaschine für alle vier Grundrechnungsarten um 1672 von dem deutschen Philosophen und Mathematiker Leibniz. Den ersten Entwurf für einen automatischen Rechner lieferte der englische Mathematiker Charles Babbage. Die Maschine wurde aber nicht gebaut, weil niemand ihre Teile mit der nötigen Genauigkeit herstellen konnte. Eine elektromechanische Rechenmaschine wurde zuerst im Jahre 1941 in Deutschland von K. Zuse gebaut. Zur gleichen Zeit wurde in Nordamerika an ähnlichen Typen gearbeitet. 1946 gab es auch in den USA den ersten wirklichen Elektronenrechner, ENIAC genannt (**E**lectronic **N**umerical **I**ntegrator **A**nd **C**omputer). ENIAC war sozusagen der Ahnherr der heutigen Elektronengehirne, der zimmergroßen Roboter. Einige amerikanische Hersteller geben ihnen Namen wie UNIVAC, MANIAC, UNICALL, MINIVAC und BIZMAC; andere, auch die deutschen Hersteller, bezeichnen ihre verschiedenen Computertypen nur mit Nummern.

Zwei Grundtypen von Rechenanlagen

Welche Arten von Computern gibt es?

sind jetzt in Gebrauch: Analog- und Digitalrechner. Sie sind sehr verschieden in Bauart, Arbeits-

weise und Verwendung; aber beide bestimmen die Größe einer vorhandenen Menge. Der Analog-Rechner findet das Ergebnis durch Messen, der Digitalrechner erzielt sein Ergebnis durch Zählen.

Gewöhnlich werden die Ergebnisse der

Was ist ein Analogrechner?

Analogrechner auf einer unterteilten Skala oder einem Zifferblatt angezeigt, oder ein Schreibstift be-

schreibt auf einem Papierstreifen eine Linie, die das Ergebnis nachzeichnet. Für einfache Analog-Apparate gibt es viele Verwendungszwecke. Thermometer, Uhren, Waagen und Rechenschieber sind Beispiele für diesen Rechartyp. Auch das Tachometer im Auto gehört dazu. Es überträgt die Drehungen der Radachse in den Zahlenwert der Geschwindigkeit nach Kilometern pro Stunde. Je schneller sich die Radachse dreht, um so höher ist die Geschwindigkeit, die wir am Tachometer ablesen. In diesem Fall interessiert uns nur die Geschwindigkeit des Fahrzeuges und nicht, wie schnell sich die Achse dreht; aber die Analogie oder die physikalische Größe dieser Geschwindigkeit ist die Achsdrehung.

Dies sind sehr einfache Beispiele für Analogrechner. Aber dieser Rechartyp wird auch für viele komplizierte Aufgaben gebaut und verwendet. Der elektronische Analogrechner wird zum Beispiel für die Navigation, für Geschobahnberechnungen und zur Kontrolle von Flugabwehrgeschützen eingesetzt. Wer jemals versucht hat, mit dem Gewehr auf ein bewegliches Ziel zu schießen, kann sich vorstellen, wie kompliziert die Aufgabe ist, die ein Rechner zu lösen hat, um eine Kanone auszurichten, die zum Beispiel ein Ziel in





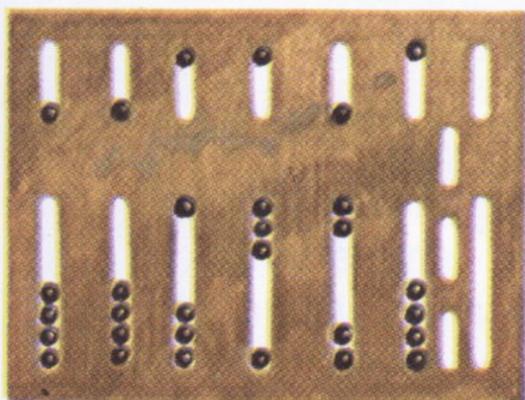
Bevor der frühe Mensch Wörter oder Symbole für Zahlen hatte, benutzte er seine Finger zum Zählen.

Zuerst kam das Zählen mit den Fingern. Dann benutzten viele Volksstämme Steine zum Zählen. Die Inkas in Peru verwendeten zum Zählen geknotete Bänder, Quipu genannt.

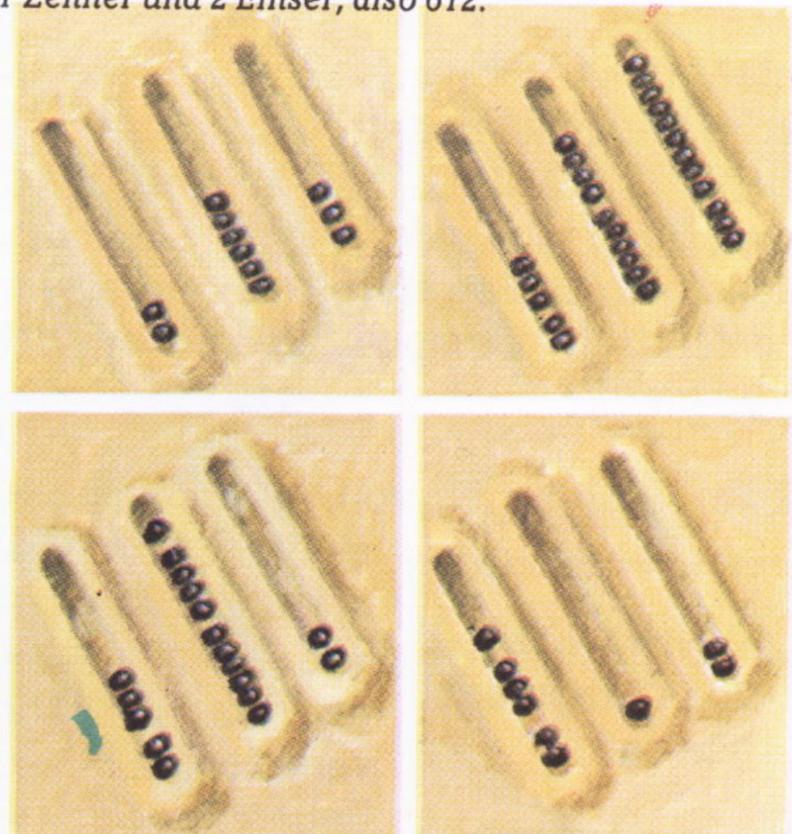


Die früheste Rechentafel bestand nur aus Steinen, die in Rillen im Sand lagen.

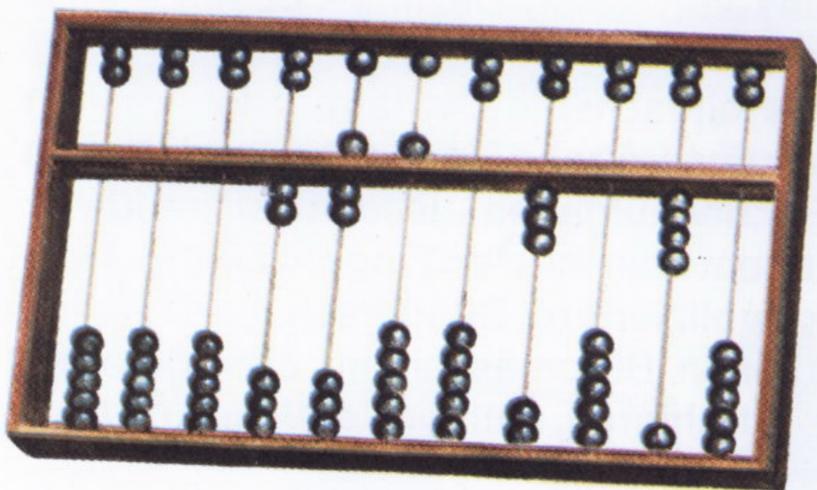
Jede Rechentafel besteht aus einzelnen Reihen von Perlen oder Steinen. Die Reihen sind nach dem Zehnersystem angeordnet, das zuerst im Nahen Osten verwendet wurde. Wir wollen die älteste Rechentafel, die der babylonischen Händler, genauer betrachten: Es sind drei Reihen von Steinen, keine hat mehr als 9 Steine. Wir wollen damit einmal 263 und 349 zusammenzählen. Zuerst setzen wir die Steine für die Zahl 263 ein: Zwei Hunderter, sechs Zehner und drei Einer. Nun fügen wir die Steine für die Zahl 349 hinzu: Drei Hunderter, vier Zehner und neun Einer. Zehn Einer ergeben einen Zehner, zehn Hunderter und so fort. Wir nehmen also aus der Einerreihe 10 Steine heraus und legen dafür einen Stein in die Zehnerreihe. Aus dieser kommen wieder 10 heraus und einer in die Hunderterreihe. Als Resultat haben wir nun 6 Hunderter, 1 Zehner und 2 Einer, also 612.



Der römische Abakus war aus Metall, und in jeder Reihe konnte man kleine Kugeln hin- und herschieben.



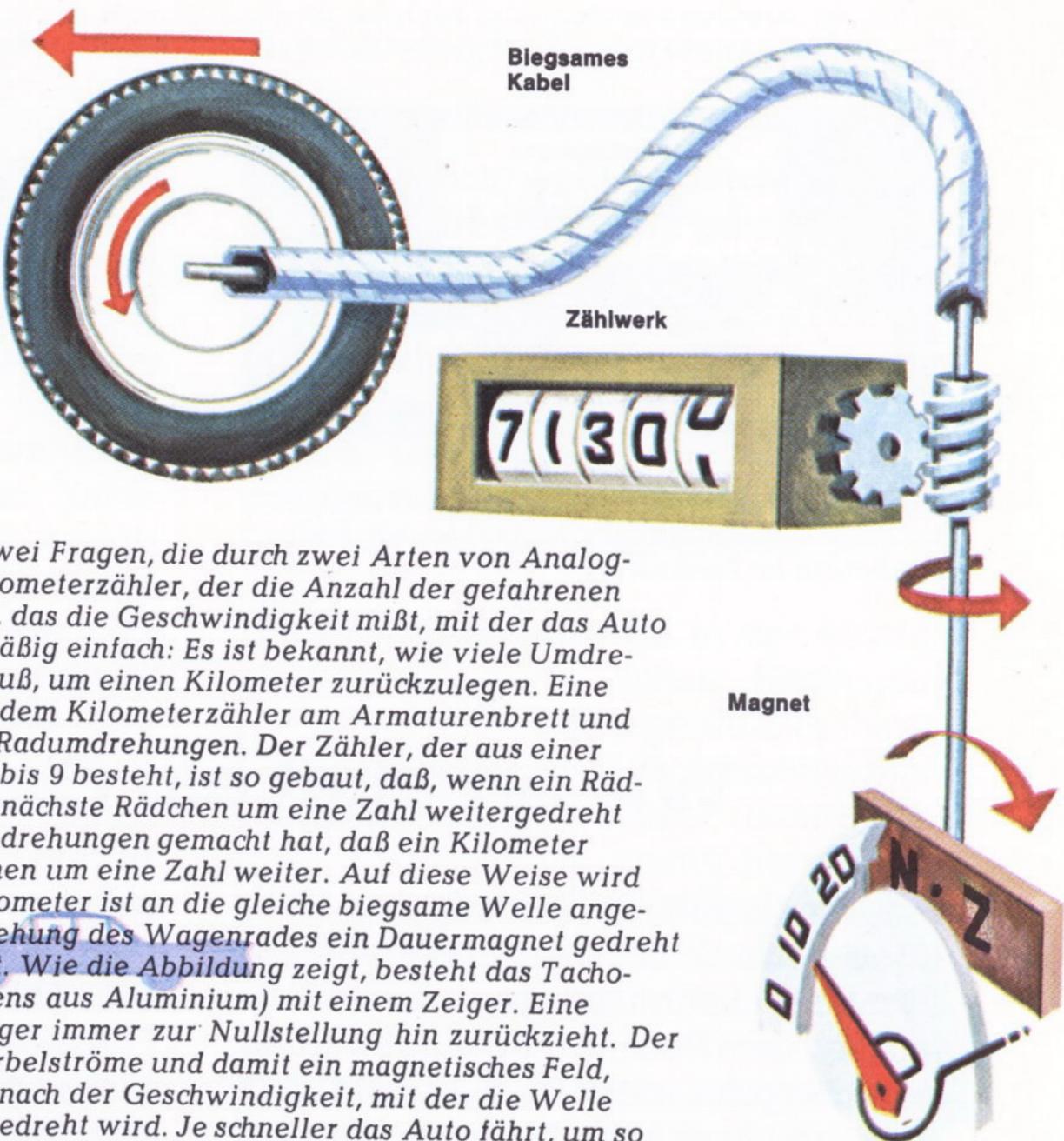
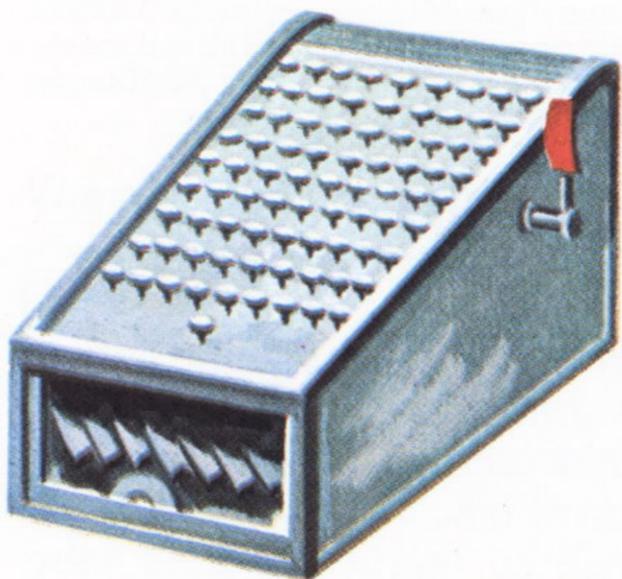
Vor einigen Jahren gewann ein in den USA lebender chinesischer Buchhalter mit einem Rechenbrett ein Wettrennen gegen eine automatische Rechenmaschine.



Die Perlen oberhalb der Querleiste auf einem chinesischen Rechenbrett zählen jeweils 5, wenn sie auf die Leiste heruntergeschoben worden sind. Jeder Draht mit Perlen entspricht einer Reihe im Dezimalsystem. Die Zahl, die das Rechenbrett (oben links) angibt, lautet 27 503 040.



Die Addiermaschine von Pascal aus dem Jahre 1642 (oben) und die von Burrough (unten) waren Meilensteine auf dem Weg zu den modernen Rechenwundern.



„Wie weit?“ und „Wie schnell?“ sind zwei Fragen, die durch zwei Arten von Analogrechnern beantwortet werden: dem Kilometerzähler, der die Anzahl der gefahrenen Kilometer angibt, und dem Tachometer, das die Geschwindigkeit mißt, mit der das Auto fährt. Ihre Arbeitsweise ist verhältnismäßig einfach: Es ist bekannt, wie viele Umdrehungen das Rad des Wagens machen muß, um einen Kilometer zurückzulegen. Eine biegsame Welle verbindet das Rad mit dem Kilometerzähler am Armaturenbrett und übermitteln dem Zähler die Anzahl der Radumdrehungen. Der Zähler, der aus einer Anzahl kleiner Räder mit den Zahlen 0 bis 9 besteht, ist so gebaut, daß, wenn ein Rädchen eine Umdrehung gemacht hat, das nächste Rädchen um eine Zahl weitergedreht wird. Wenn das Wagenrad so viele Umdrehungen gemacht hat, daß ein Kilometer zurückgelegt ist, springt das erste Rädchen um eine Zahl weiter. Auf diese Weise wird jeder Kilometer registriert. — Das Tachometer ist an die gleiche biegsame Welle angeschlossen, nur daß hier durch die Umdrehung des Wagenrades ein Dauermagnet gedreht wird, der ein magnetisches Feld erzeugt. Wie die Abbildung zeigt, besteht das Tachometer aus einer runden Scheibe (meistens aus Aluminium) mit einem Zeiger. Eine Feder ist so angebracht, daß sie den Zeiger immer zur Nullstellung hin zurückzieht. Der Dauermagnet erzeugt beim Drehen Wirbelströme und damit ein magnetisches Feld, wodurch die Scheibe mit dem Zeiger je nach der Geschwindigkeit, mit der die Welle sich dreht, aus der Nullstellung herausgedreht wird. Je schneller das Auto fährt, um so stärker ist der Zug, der den Zeiger von der Nullstellung fortzieht.

12 000 Meter Höhe treffen soll, das sich mit 1100 Stundenkilometer Geschwindigkeit bewegt. Kein Mensch kann alle die Berechnungen von Windgeschwindigkeit, Flugrichtung, Fluggeschwindigkeit usw. schnell genug ausführen; aber der elektronische Analogrechner schafft es leicht.

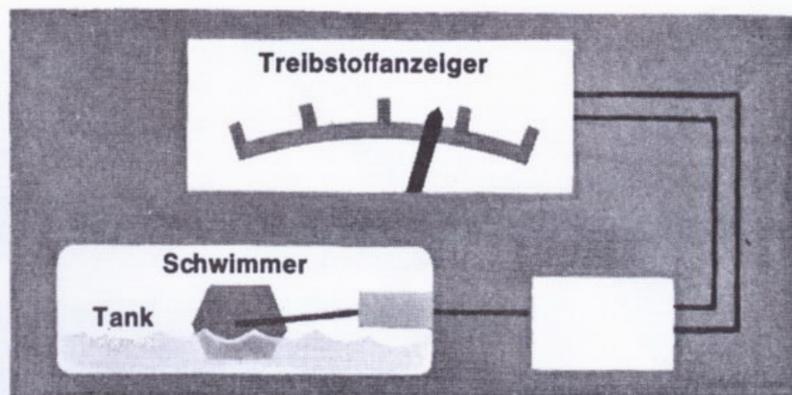
Digitalrechner sind die heute am häufigsten gebrauchten Rechenroboter, weil sie sehr viel genauer arbeiten und vielfältigere Aufgaben lösen können als die Analogrechner.

Was ist ein Digitalrechner?

Die Digitalrechner messen nicht, sie zählen. Ihr Name ist abgeleitet vom Lateinischen digitus, das Finger bedeutet. Weil wir zehn Finger haben, beruhen die meisten Rechenarten auf dem

uns vertrauten Dezimal- oder Zehnersystem: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Als einfachsten Digitalrechner können wir unsere zehn Finger benutzen. Kleine Rechenaufgaben lassen sich lösen, indem man mit den Fingern zählt. Etwas kompliziertere Digitalrechner sind die kleinen Büromaschinen, die addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren können.

Die modernen automatischen, elektronischen Digitalrechner, die als Datenverarbeitungsanlagen bezeichnet werden, können nach Anweisungen, die ihnen eingegeben werden, eine lange Reihe rechnerischer und logischer Arbeitsgänge ausführen. Logische Arbeitsgänge sind Sortieren, Auswählen, Vergleichen, Unterscheiden und Entscheiden bei der Behandlung verschiedener Größen.

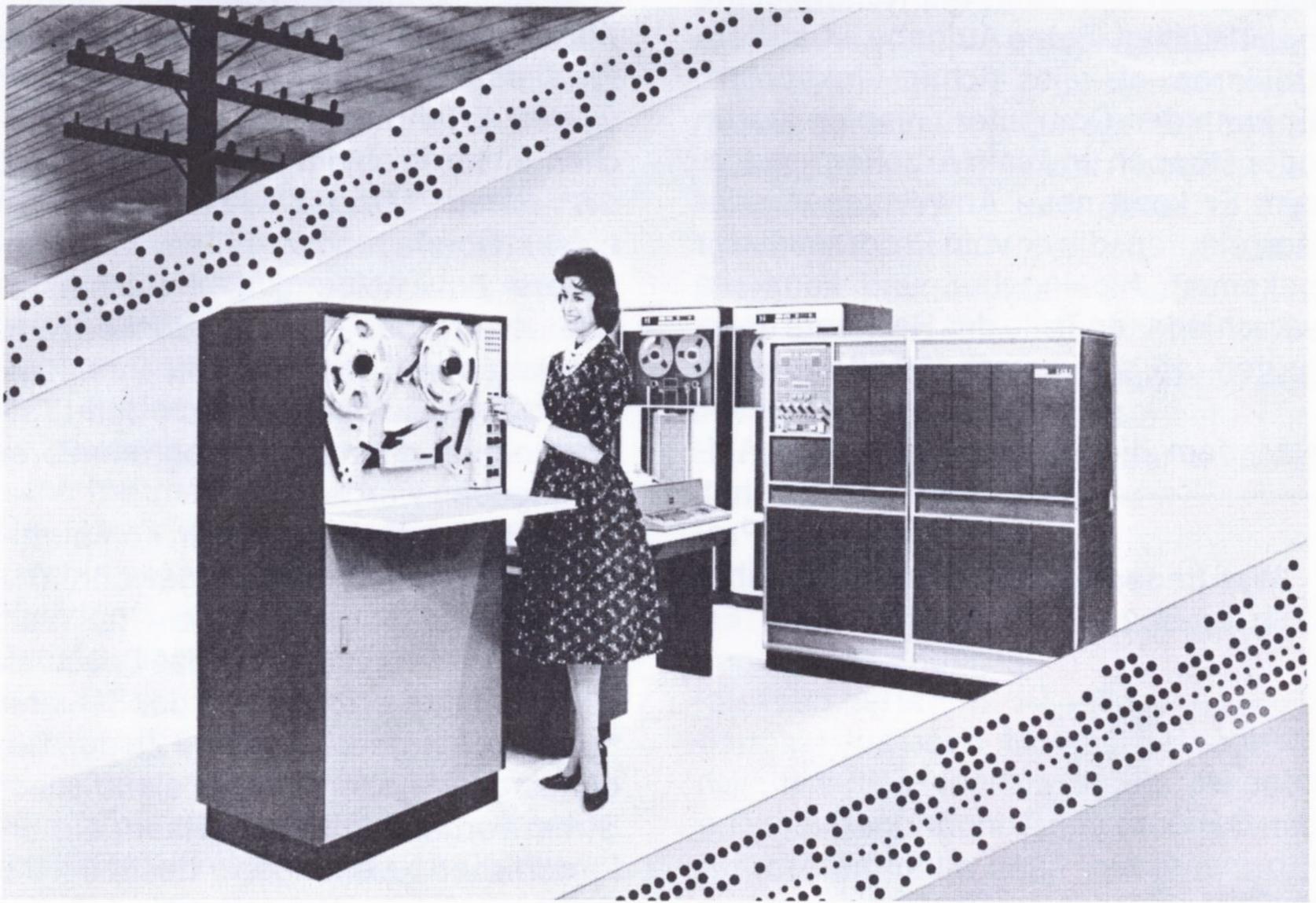


Die Benzinuhr des Autos ist ein anderes Beispiel für einen Analogrechner. Sie zeigt an, wie hoch das Benzin im Tank steht.

Wie arbeitet ein Computer?

Die Arbeitsweise aller modernen Elektronenrechner beruht auf drei Grundschritten: Informationen oder Daten müssen dem Rechner zugeführt werden – die **Eingabe**, mit dem englischen Wort als **input** bezeichnet. Die Informationen

müssen umgeordnet und methodisch bearbeitet werden – die **Prozessierung**. Die Antwort oder Lösung muß dem Fragesteller in verständlicher Form rückgemeldet werden – die **Ausgabe** oder in Englisch **output**.



Unser Bild zeigt eine IBM-Rechanlage (im Hintergrund). Sie wird mit Informationen gespeist, die auf einem Bandlocher (Mitte links) vorbereitet werden. Proben des gelochten Bandes sind oben und unten abgebildet.

Wie bei allen Robotern muß der Mensch

**Was bedeutet
Eingabe?**

auch der Rechanlage vollständige Anweisungen geben, bevor die Maschine irgendein Problem lösen

oder sonstige Arbeit verrichten kann. Das Zusammenstellen solcher Anweisungen wird **Programmieren** genannt, und jedes **Programm** wird vorbereitet von Fachleuten, die **Programmierer** genannt werden. Es ist ihre Aufgabe, das Problem, das gelöst werden soll, zu studieren, einen Plan für die Lösung zu entwerfen und dem Computer diesen Plan zusammen mit allen notwendigen Anweisungen für die Ausführung einzugeben. Ohne den Programmierer wäre eine Rechanlage nutzlos.

Das Programm kann auf verschiedene Weise in die Eingabe der Rechanlage

hineingebracht werden: durch Lochkarten oder Streifenkarten, gelochte oder perforierte Papierstreifen, durch Magnetbänder (die häufigste Methode) oder durch Papier, das mit besonderem magnetisiertem Aufdruck versehen wurde. Die Eingabeinformation kann wissenschaftlicher, wirtschaftlicher, statistischer oder technischer Art sein.

Die Prozessierung wird in der eigent-

**Was bedeutet
Prozessierung?**

lichen Rechanlage durchgeführt. Die verschiedenen Teile oder Elemente berechnen, sortieren, vergleichen, wählen und trennen, bis die Antwort auf das gegebene Problem erzielt ist.

Während die Prozessierung läuft, werden alle Vorgänge durch einen Fach-

Während die Prozessierung läuft, werden alle Vorgänge durch einen Fach-

mann, den Operator, am Kontrollstand beaufsichtigt. Seine Aufgabe ist, zu kontrollieren, ob alles richtig funktioniert. Er kann den Computer anlaufen lassen oder stoppen und sein Arbeiten regulieren. Er kann neue Anweisungen oder Korrekturen, die er vom Programmierer bekommt, hineingeben und kann die verschiedenen Teile des Rechners überprüfen, ob sie wunschgemäß arbeiten.

Nachdem die Rechenanlage ihre Aufgabe gelöst hat,

Was bedeutet Ausgabe?

gibt sie dem Programmierer ihre Antwort. Die Ergebnisse können in Karten oder Papierstreifen gelocht oder auf Magnetbändern aufgezeichnet sein, ähnlich den Bändern von Tonbandgeräten. Der Programmierer kann dann die Antwort der Maschine in verständliche Angaben übersetzen. Die meisten neueren Rechenanlagen haben Druckmaschinen, die die Antwort des Computers in einen leicht verständlichen Bericht umwandeln. Diese Schnelldrucker, wie sie genannt werden, ersparen dem Programmierer die Arbeit, die Antwort des Rechners übersetzen zu müssen.

Die Frage, wie die Rechenanlage eine

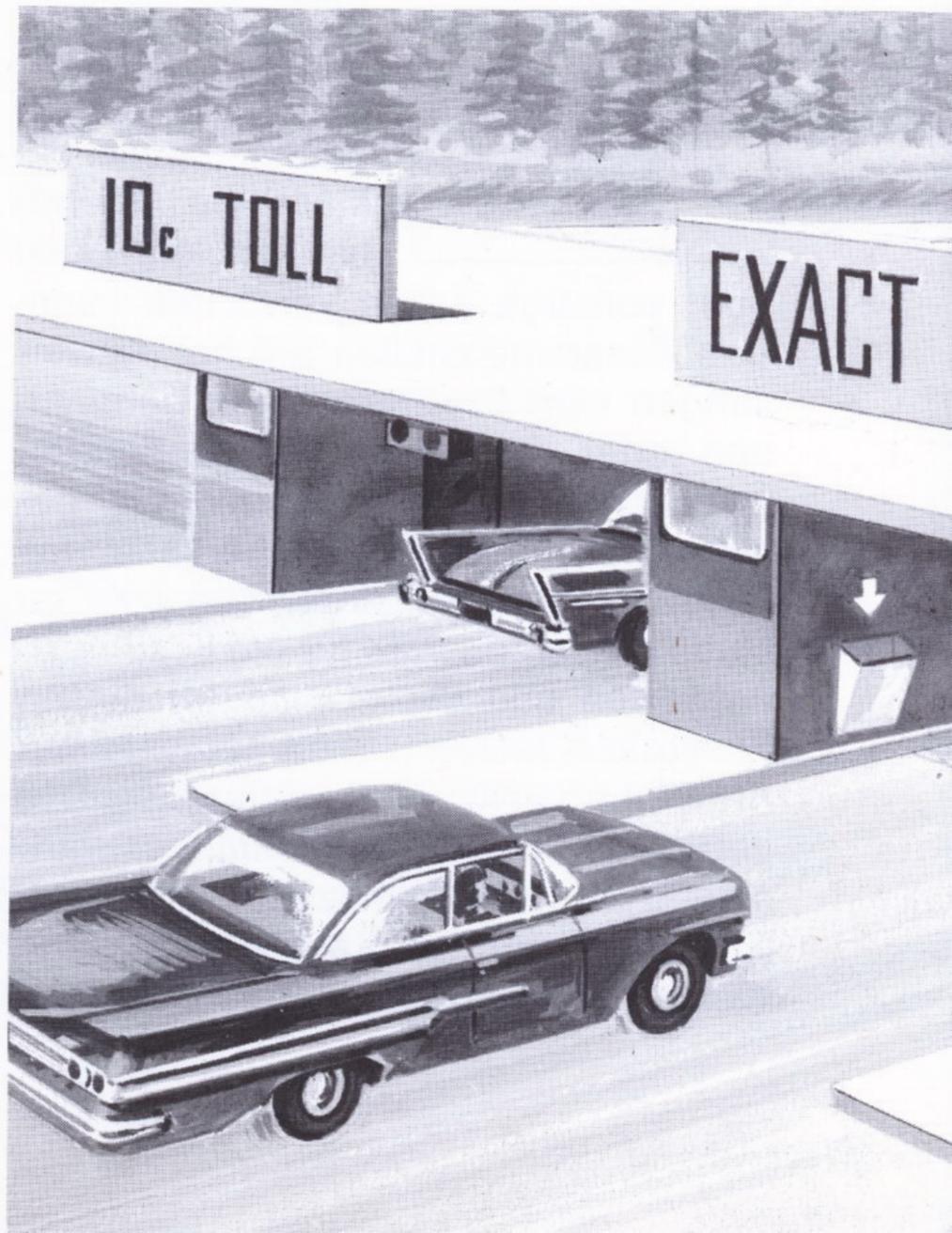
Was ist die Logik des Computers?

logische Entscheidung treffen kann, ist am schwersten zu beantworten. Wenn wir ein Problem logisch entscheiden, geschieht das durch Nachdenken, durch Überlegen. Wir suchen

In manchen Ländern kostet die Benutzung bestimmter Autostraßen besondere Gebühren. Zur raschen Abfertigung dienen automatische Gebührenerheber, eine Art Computer, die die logische Entscheidung treffen, ob die richtige Geldsumme eingezahlt worden ist.

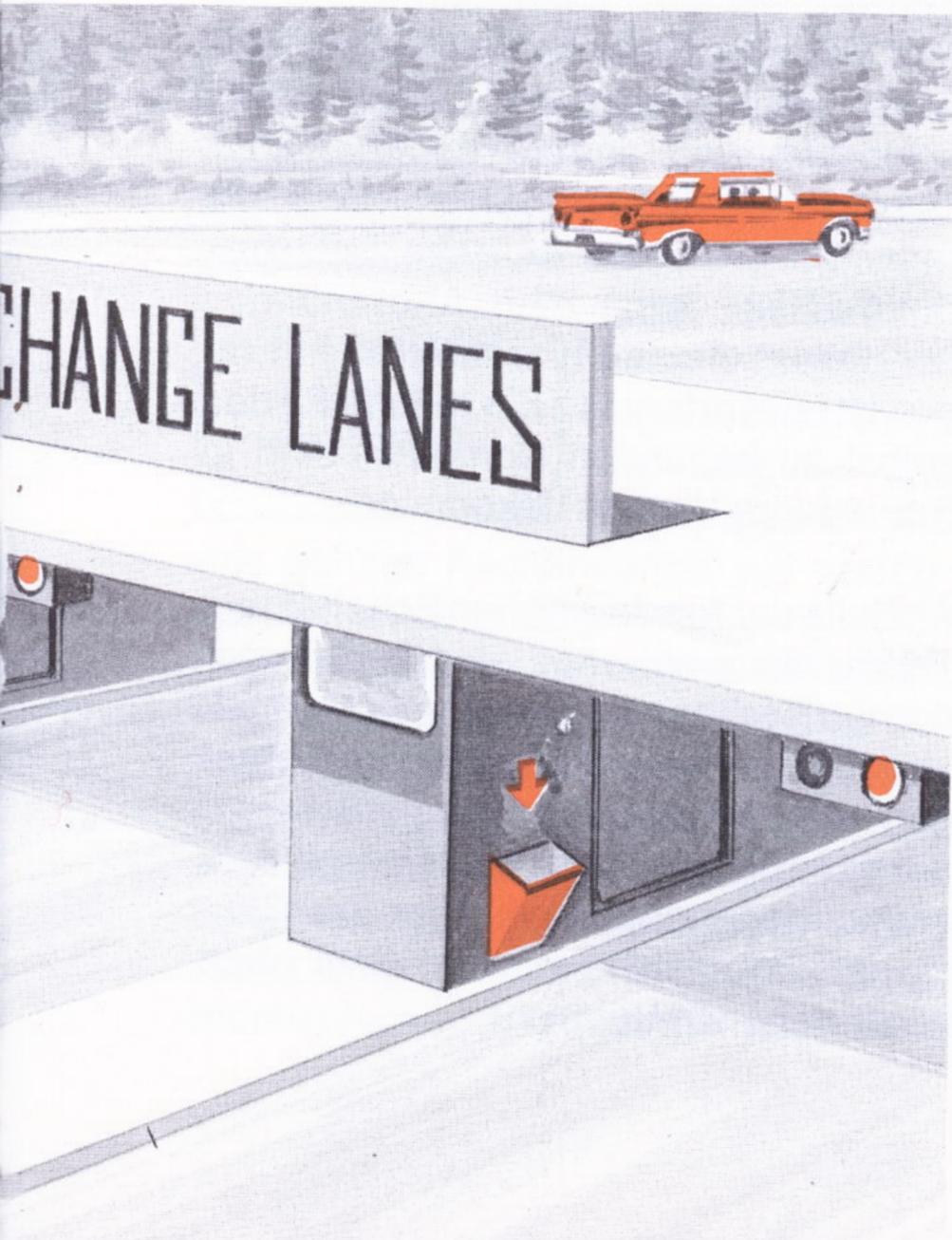
in unserer Erinnerung oder schlagen in Büchern nach, um die Hintergründe des Problems zu erfassen; wir nehmen unsere Erfahrungen zu Hilfe, vergleichen unser Problem mit ähnlichen und mit deren Lösung. Auf Grund all dieser Überlegungen fällen wir dann unsere Entscheidung. Die Rechenanlage kann aber nicht so denken und überlegen wie wir; sie trifft ihre logischen Entscheidungen nach dem Tatbestand, der ihr vom Programmierer eingegeben wurde.

Ein einfaches Beispiel für ein computerähnliches System ist die gewöhnliche Lichtschaltung. Das Problem ist hier: Sind alle Bedingungen für das Leuchten der Glühbirne erfüllt, wenn der Schalter gedreht oder gedrückt wird? Zu den Bedingungen gehört, daß elektrischer Strom vorhanden ist, der Raum die erforderlichen Leitungen besitzt, die Glühbirne intakt ist usw. Ist die Antwort auf alle Fragen „ja“, wird die Glühbirne aufleuchten, sobald der Schalter den Stromkreis schließt. Auch die Rechen-



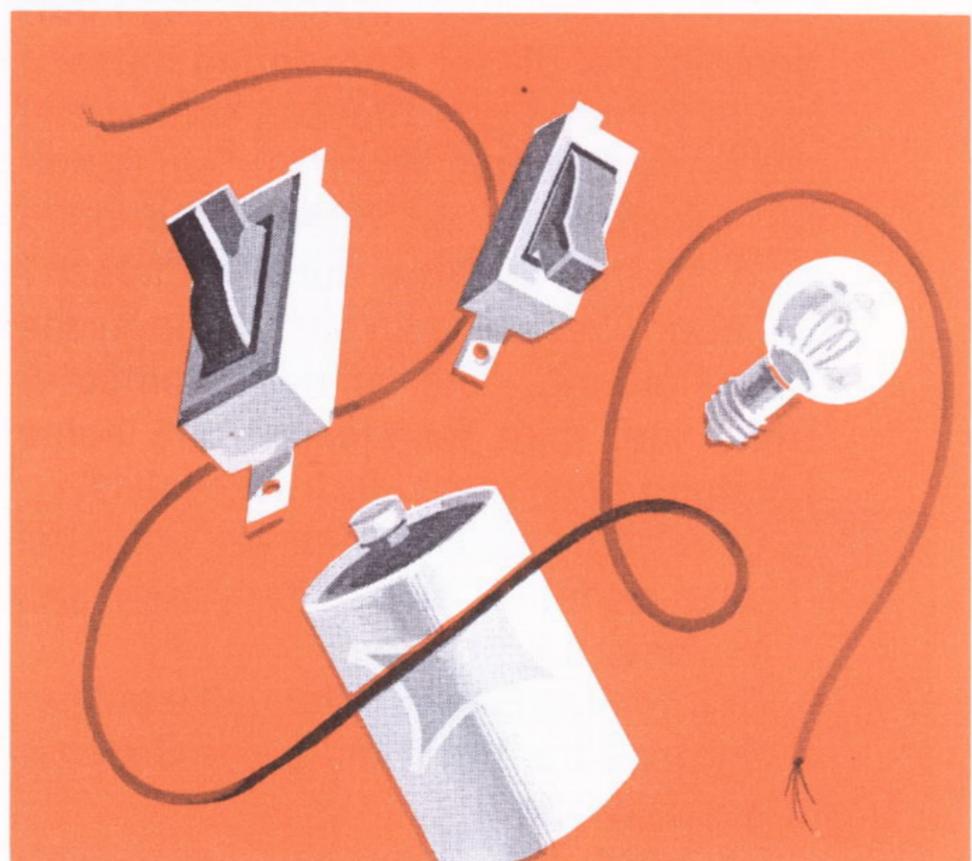
anlage trifft ihre logische Entscheidung danach, ob alle Bedingungen erfüllt sind, die zu einer bejahenden Antwort führen.

Andere Beispiele für computerähnliche Apparate sind Parkuhren, Briefmarken- und Zigarettenautomaten und andere automatische Gebührenapparate. Der Apparat kann eine logische Entscheidung treffen – darüber, ob die richtige Geldsumme hineingegeben wurde oder nicht. Nehmen wir an, der Apparat muß eine Mark einnehmen. Dieser Betrag kann in einem Markstück oder in zwei Fünzigpfennigstücken gezahlt werden. Der Automat bekommt seine Eingabe (das Geld). Er trifft seine logische Entscheidung darüber, ob das Geld ausreicht oder nicht. Ist die Antwort „ja“, dann gibt der Apparat das Gewünschte heraus oder zeigt – wenn es eine Parkuhr ist – die Parkzeit an. Kommt der Apparat aber zu dem Ergebnis, daß zu wenig Geld eingezahlt wurde, öffnet sich die Sperre nicht.



Die meisten Digitalrechner sind sehr teuer. Man kann sich aber für weniger als 5 DM selber einen bauen, der auf einfache Fragen mit „ja“ oder „nein“ antwortet. Man braucht dazu zwei Schalter, eine Taschenlampenbatterie, eine Taschenlampenbirne und etwas Draht. Es wird nur ein sehr einfacher Computer werden, aber er leistet dennoch Überraschendes.

Wie kann man einen einfachen Computer selber bauen?



Einen einfachen Computer kann man sich selbst bauen. Er hilft uns, ein Elektronengehirn zu verstehen.

Für den Konstrukteur unseres Computers besteht folgendes Problem: Mit den genannten Teilen ist eine Anlage zu bauen, die ein erkennbares Zeichen geben soll, wenn von zwei notwendigen Bedingungen beide erfüllt sind. Wir können die Glühbirne als die Ausgabe oder Antwort unseres Computers ansehen und die Schalter, die wir beide mit der Hand bedienen können, als die Eingabe.

Wenn die Teile richtig zusammengebaut sind, wird der Computer die Birne zum Aufleuchten bringen und damit anzeigen: „Ja, beide Bedingungen sind erfüllt.“ Wenn die Birne nicht leuchtet, sagt der Computer damit: „Nein, es sind nicht beide Bedingungen erfüllt.“

Betrachten wir die nebenstehende Ab-

Wie gibt der Computer die Antwort?

bildung. Beide Schalter werden mit der Batterie und der Glühbirne so verbunden, wie in Abbildung 1 dar-

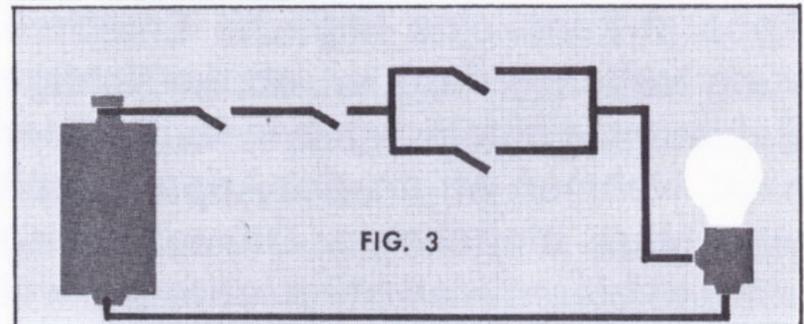
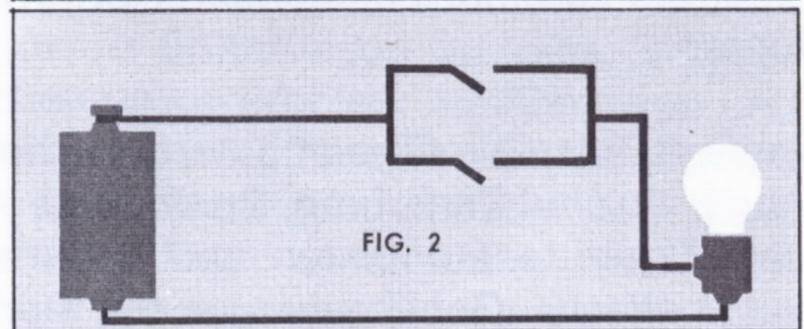
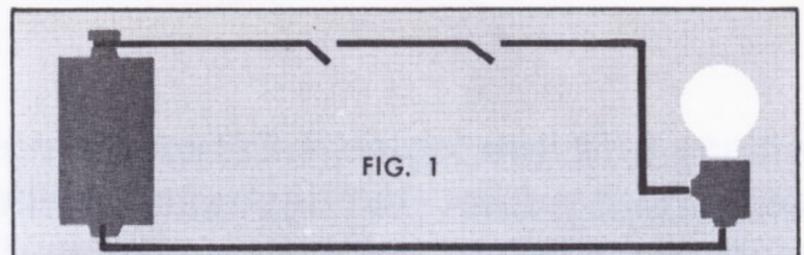
gestellt. Bei dieser Anordnung müssen beide Schalter geschlossen sein, damit die Birne leuchtet. Wenn nur ein Schalter geschlossen ist oder beide offen sind, bleibt die Birne dunkel. Einfach? Ja, aber überlegt man sich die logische Entscheidung, die unser Computer trifft, muß man feststellen, daß seine Leistung doch recht eindrucksvoll ist:

Er erhält Anweisungen als Eingabe. (Die Schalter sind offen oder geschlossen.)

Er trifft eine Entscheidung, die auf der Eingabe beruht. (Sind beide Schalter geschlossen?)

Er zeigt das Ergebnis dieser Entscheidung an. (Entweder die Glühbirne leuchtet oder sie bleibt dunkel.)

Bei einer anderen Anordnung der Schalter bekommen wir einen Computer, der automatisch entscheidet, ob einer der beiden Schalter geschlossen ist, und der mit der Glühbirne anzeigt: „Ja, wenigstens eine der beiden Bedingungen ist erfüllt.“ (Abb. 2.) Vereinigen wir die beiden vorherigen Anordnungen, so bekommen wir einen Computer, der vier Eingaben und eine Ausgabe hat und der folgende Fragen beantworten kann: Sind Eingabe-Bedingung 1 und 2 erfüllt? Wenn ja: Ist entweder Eingabe-Bedingung 3 oder 4 erfüllt? Ist die Antwort auf beide Fragen „ja“, leuchtet die



Birne auf. Abbildung 3 zeigt, wie dieser Computer zusammengebaut werden muß. (Man braucht dafür natürlich vier Schalter.)

Unser Computer hat Entscheidungen gefällt, die wirklich nützlich sein können, und er macht das wesentlich schneller, als jeder von uns es könnte. Wer das nicht glaubt, möge ihn bauen und damit experimentieren.

Mit etwas komplizierteren Anordnungen der Schalter kann man erreichen, daß die Ausgabe nur dann gemacht wird, wenn bestimmte Schalter geschlossen und andere geöffnet sind. Durch Verbindung der Stromkreise, die jeder für sich eine logische Entscheidung fällen, kann man Anordnungen herstellen, die alle hier möglichen Fragen beantworten. Die Einzelteile für den selbst zu bauenden Computer sind in Radiogeschäften zu bekommen.

Anstelle der mechanischen Schalter und Taschenlampenbirnen sind in den modernen Rechenanlagen sehr viel schneller arbeitende elektronische Vorrichtungen zum Schalten und Registrieren – Vakuumröhren, Transistoren und Magnetkerne – eingebaut. Aber das Prinzip ist das gleiche wie bei dem oben beschriebenen Versuch.

Die Bestandteile eines modernen Elektronenrechners

Eine moderne elektronische Rechenanlage besteht nicht nur aus einem einzigen Apparat, sondern aus fünf eng verbundenen Teilen oder „Einheiten“. Jede dieser fünf muß mit den anderen vier Einheiten reibungslos zusammenarbeiten, um ihren Zweck zu erfüllen. Die fünf Einheiten sind: Eingabe, Speicher, Recheneinheit, Leitwerk, Ausgabe.

Eingabe und Ausgabe kennen wir bereits. Wer Gelegenheit hat, einen großen Computer arbeiten zu sehen, kann die Eingabe und die Ausgabe beobachten: das Hineingeben von Anweisungen in den Apparat und das Ausliefern der Antworten an den Programmierer. Bei unserem selbstgebauten Rechner bewerkstelligen wir die Eingabe durch die Bewegung unserer Hand, die die beiden Schalter dreht oder drückt. Die Antwort oder Ausgabe gibt die Taschenlampenbirne, die als „Ja“-Signal aufleuchtet und die dunkel bleibt, wenn die Antwort „nein“ lautet.

Die Schaltanlagen haben eine besonders wichtige Aufgabe im Aufbau einer Rechenanlage. Sie speichern die Eingabe und halten sie während

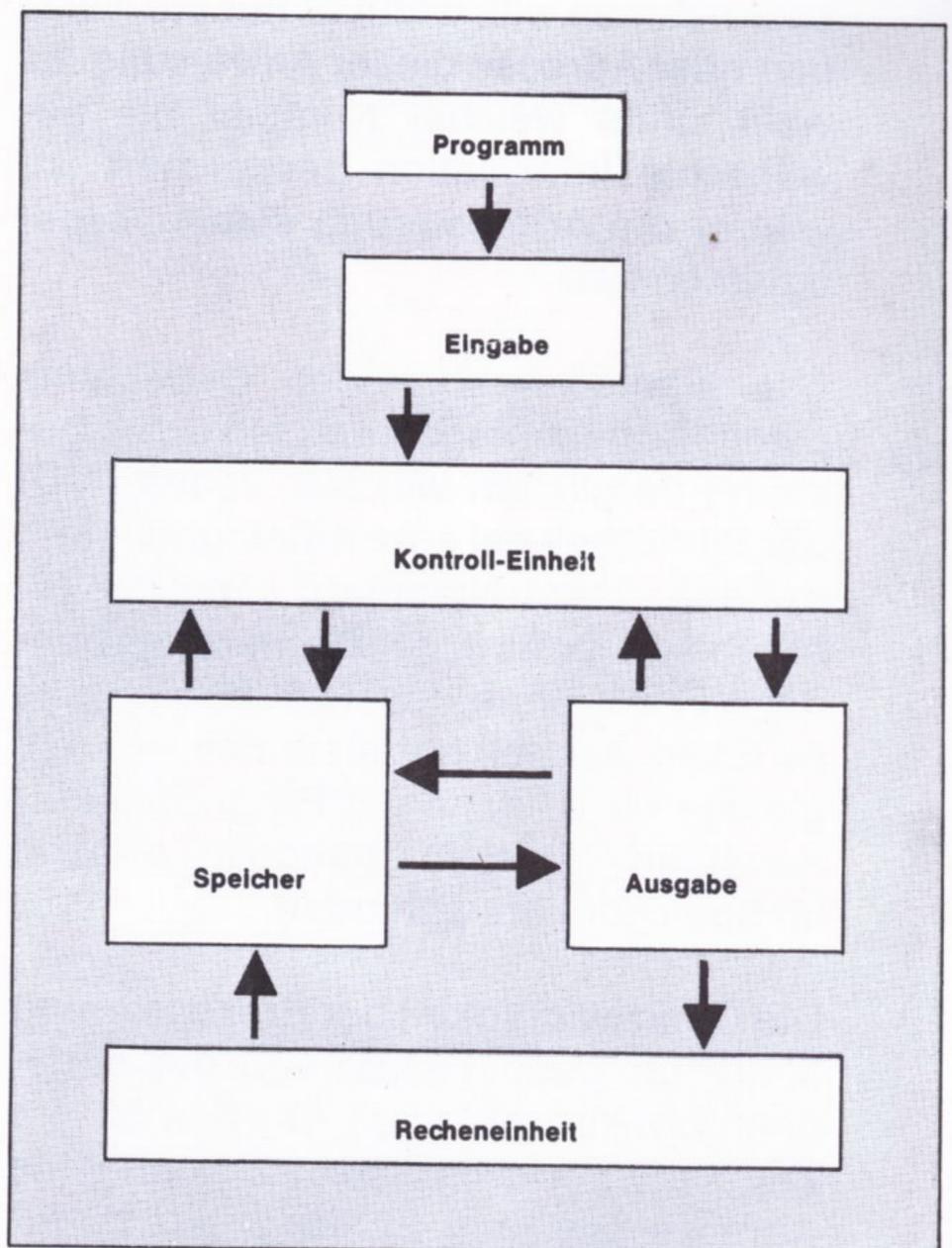
Wo befindet sich der Speicher?

des ganzen Rechenganges verfügbar. Bei einem richtigen Computer kann man in den Speicher nicht hineinsehen, weil er sich in einem Metallbehälter befindet. Die großen Computer haben meistens mehr als einen Speicher.

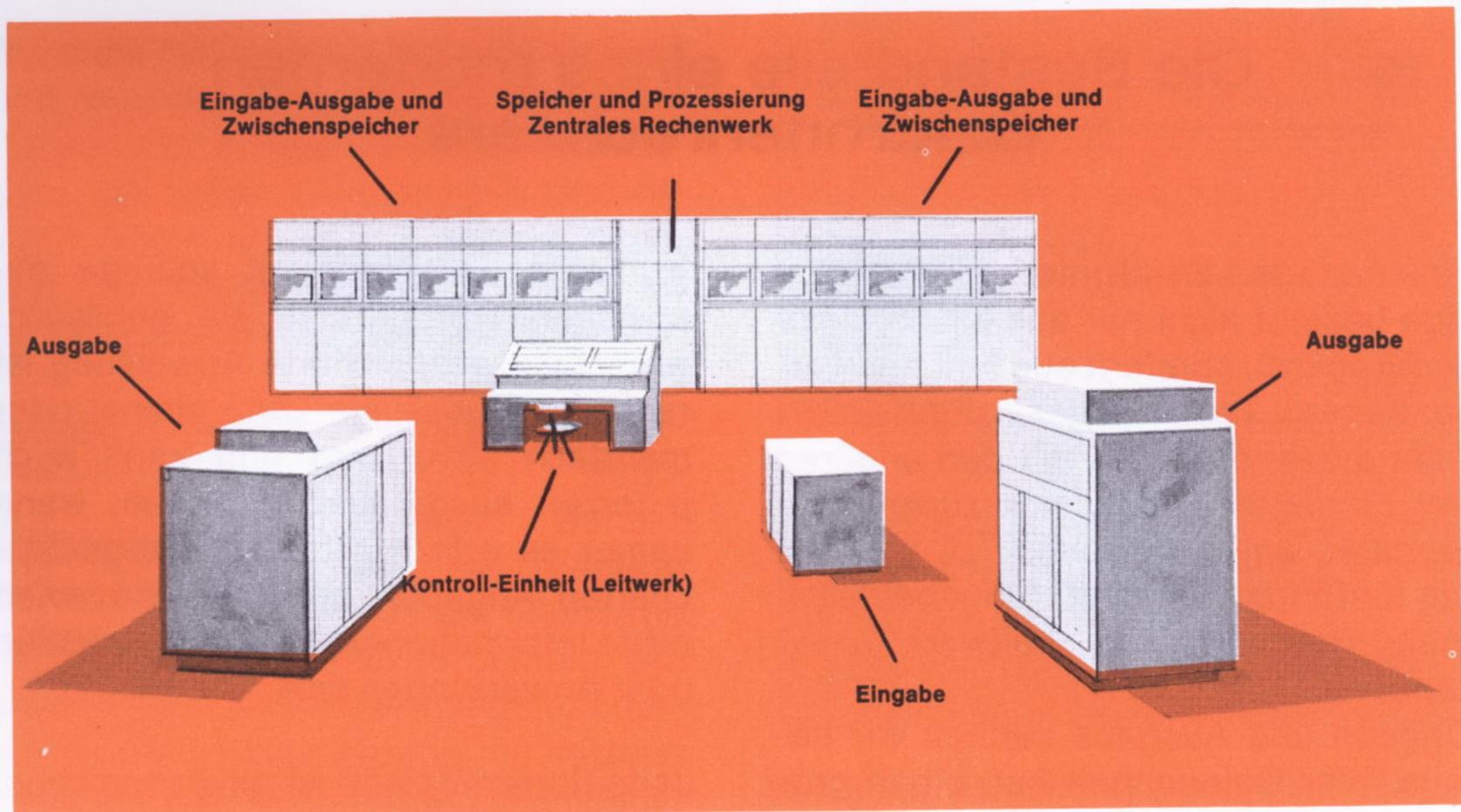
In modernen Rechenanlagen dient der Speicher auch als „Gedächtnis“. Eine Anweisung kann darin durch elektro-mechanische, magnetische oder elek-

tronische Einrichtungen solange gespeichert werden, bis sie gebraucht wird. Eine gespeicherte Anweisung ist rasch verfügbar; sie kann einmal oder mehrfach abverlangt und kann auch jederzeit ausgetauscht werden, wann immer es erforderlich ist. Die gespeicherten Angaben oder Daten können echte Informationen, Vergleichstabellen oder Anweisungen sein.

Jede Speicherstelle ist gekennzeichnet durch eine besondere Stellennummer, die **Adresse** genannt. Durch diese nummerierten Adressen kann der Programmierer Anweisungen und Informationen je nach Bedarf während der Prozessie-



Die Teile eines Computers und ihr Zusammenspiel.



So sieht eine moderne elektronische Rechanlage von außen aus.

rung einsetzen oder austauschen. Mit anderen Worten: Wenn der Programmierer eine Anweisung aus dem Speicher nehmen will, wählt er nur die Nummer oder Adresse dieser Anweisung. Er weiß, unter welcher Nummer die gewünschte Information gespeichert ist, weil er die Adressierung selbst vorgenommen hat.

Das Speicherwerk oder Gedächtnis einer Rechanlage kann mit einer Bücherei verglichen werden. Jedes Buch der Bibliothek hat eine Katalognummer. Anhand dieser Nummern kann der Bibliothekar jedes in der Bücherei vorhandene Buch, ohne den Titel des Buches zu lesen, schnell herausfinden. Auf die gleiche Weise kann der Programmierer durch die Adressen irgendeine Angabe im Speicherwerk auffinden.

Die Geschwindigkeit der Prozessierung hängt im wesentlichen von der sogenannten Rückgriffszeit ab; das ist die Zeit, die erforderlich ist, um eine Adresse aus dem Speicher zur Verfügung zu haben, wenn sie in anderen

Teilen des Computers gebraucht wird.

Der Teil der Rechanlage, der die eigentlichen Berechnungen ausführt, wird das Rechenwerk genannt. In unserem selbstgebauten

Wo werden die Berechnungen ausgeführt?

Computer besteht das Rechenwerk (oder die Recheneinheit) aus den Schaltern, den Drähten und der Batterie. In modernen Computern kann das Rechenwerk in derselben Weise wie die Tischrechenmaschine addieren, subtrahieren, multiplizieren, dividieren und Zahlen vergleichen, nur mit dem Unterschied, daß es hier mit Blitzgeschwindigkeit geht. Komplizierte Berechnungen lassen sich immer in die genannten Grundrechenarten zerlegen. Das Rechenwerk kann auch logische oder urteilende Entscheidungen fällen.

In den meisten großen Rechanlagen sind die Speicher vom Rechenwerk getrennt, aber natürlich durch Leitungen mit ihm verbunden. Stromimpulse wandern zwischen ihnen hin und her und

lassen sie zusammenarbeiten. Der Speicher sendet zum Rechenwerk Angaben für die Prozessierung, und das Rechenwerk schickt die prozessierten Angaben an den Speicher zurück.

Unser Modellcomputer, die Glühlampenschaltung, hat nur eine festgelegte Verbindungsleitung. In einer großen Rechenanlage gibt es

Wie arbeiten alle Teile zusammen?

aber eine Anzahl wählbarer Verbindungsleitungen zwischen Speicher und Rechenwerk: Ein Weg führt zu einem Teil, der die einzige Aufgabe hat, Zahlen zu addieren; ein anderer zu einem Teil, der nur die Größe von jeweils zwei Zahlen vergleicht. Weitere Leitungen führen zu anderen Teilen. Für die Entscheidung, welcher dieser Wege jeweils benutzt werden soll, besitzt die Rechenanlage ein Leitwerk.

Dieses Leitwerk einer Rechenanlage kann man mit einem Stellwerk bei der Eisenbahn vergleichen. Viele Gleisstränge sind vorhanden, auf die eine Rangierlokomotive geleitet werden kann; der Mann im Stellwerk zieht einen bestimmten Weichenhebel herunter und leitet die Rangiermaschine auf den richtigen Schienenstrang, damit sie in die gewünschte Richtung fahren kann. Im Computer stellt das Leitwerk – auf Grund der Maßnahmen des Programmierers – die notwendigen Schaltverbindungen durch das ganze System hindurch her, so daß die Angaben den richtigen Weg nehmen und den gewünschten Bestimmungsort erreichen.

Wegen der Geschwindigkeit, die die Schaltungen erfordern, besteht in modernen Computern der Schaltmechanis-

mus aus elektronischen Geräten – im Gegensatz zu den mechanischen im Eisenbahnstellwerk.

Nachdem wir die Arbeitsweise der einzelnen Teile eines

Ein Vergleich mit gewohnten Rechenmethoden

Computers kennen, wollen wir sie einmal mit dem vergleichen, was geschieht, wenn

wir eine Aufgabe mit Papier und Bleistift ausrechnen. Die Eingabe entspricht der Rechenaufgabe. Das Rechenwerk führt die gleiche Tätigkeit aus, die wir bei der schriftlichen Ausrechnung vornehmen. Das Speichern kann mit unseren Notizen über Zwischenergebnisse verglichen werden. Das Leitwerk ist mit unserer Kenntnis der Rechenregeln zu vergleichen, und unser Resultat entspricht der Ausgabe, dem output.

Das Leitwerk eines Computers entspricht dem Stellwerk bei der Eisenbahn.



Eine Sprache, die der Computer versteht

Die Kluft zwischen Mensch und Maschine wird durch eine Sprache überbrückt, die für beide verständlich ist. Erst diese Sprache macht den Betrieb der elektronischen Rechanlagen möglich. Glücklicherweise gab es bereits, bevor der erste große Elektronenrechner entworfen und gebaut wurde, eine solche Sprache, die die größte Einfachheit im Schreiben mit vollständiger Ausdrucksmöglichkeit vereinigte. Diese Sprache, **binäres Zahlensystem** genannt, wurde ursprünglich allein gebraucht, um Zahlen darzustellen und anzuwenden. Während die Allzweck-Computer entwickelt wurden, entwickelte man auch das binäre Zahlensystem so, daß mit ihm auch Buchstaben und Zeichen (Symbole) ausgedrückt werden können.

Das binäre Zahlensystem (bi bedeutet zwei) gebraucht nur zwei Zeichen, 0 und 1, anstelle der 10 Zahlen oder der 26 Buchstaben unseres Alphabets. Für die Maschine ist das binäre System einfach. Und uns erscheint es auch so.

In der Tabelle auf Seite 23 stehen neben den Zeichen die entsprechenden Dezimalzahlen zum Vergleich. Man beachte: beim Dezimalsystem bedeutet die Verschiebung einer der 10 Ziffern um eine Stelle nach links, daß ihr Wert mit 10 multipliziert wird; die Verschiebung einer binären Zahl um eine Stelle nach links multipliziert ihren Wert mit 2. Auf diese Weise kann das Symbol 1 im binären System verwendet werden, um die Zahlen 1, 2, 4, 8 oder 16 anzugeben, je nach der Stellung der 1.

Wir wollen das binäre System zum Zählen benutzen. Um die 0 darzustellen, wird im binären System auch die 0 verwendet. „Eins“ wird als 1, wie im

Wie zählt man im binären System?

Dezimalsystem geschrieben. Für die „Zwei“ muß eine Kombination der beiden verfügbaren Symbole verwendet werden; also 1 0 bedeutet zwei. „Drei“ ist 1 1. Für „Vier“ brauchen wir drei Ziffern: 1 0 0. „Fünf“ schreiben wir 1 0 1; „sechs“ 1 1 0; „sieben“ 1 1 1. Bei „acht“ müssen wir eine vierte Ziffer nehmen: 1 0 0 0. „Neun“ ist 1 0 0 1 usw. Das binäre System eignet sich vorzüglich für Computer. Für die übliche Lösung von Zahlenproblemen ist es nicht annähernd so praktisch wie das Dezimalsystem, weil mehr Ziffern erforderlich sind, um eine Zahl zu schreiben.

Zum Beispiel kann die Zahl neununddreißig im Dezimalsystem mit nur zwei Ziffern ausgedrückt werden: mit einer 3 und einer 9. Im binären System wären 6 Ziffern notwendig: 39 müßte 100111 geschrieben werden. Die große Zahl 10000000000 im binären System bedeutet „eintausendundvierundzwanzig“; im Dezimalsystem hat diese Zahl nur vier Ziffern: 1024.

Was ist das binäre Zahlensystem?

gebraucht nur zwei Zeichen, 0 und 1, anstelle der 10 Zahlen oder der 26 Buchstaben unseres Alphabets.

DEZIMALSYSTEM

| | | | | |
|------------|------------------------------|-----------|--------|-------|
| Diese Zahl | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | Tausender | Hunderter | Zehner | Einer |
| | 4x1000 | 4x100 | 4x10 | 4x1 |
| entspricht | 4,000 + 400 + 40 + 4 = 4,444 | | | |

| BINÄRES SYSTEM | | | | | Ent- sprechende Dezimal- zahlen |
|--------------------------------|-----------------------|--------------|--------|-------|--|
| 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 | |
| Sech- zehner | Achter | Vierer | Zweier | Einer | |
| $2 \times 2 \times 2 \times 2$ | $2 \times 2 \times 2$ | 2×2 | 2 | 1 | |
| 16 | 8 | 4 | 2 | 1 | |
| | | | | 1 | 1 |
| | | | 1 | 0 | 2 |
| | | | 1 | 1 | 3 |
| | | 1 | 0 | 0 | 4 |
| | | 1 | 0 | 1 | 5 |
| | | 1 | 1 | 0 | 6 |
| | | 1 | 1 | 1 | 7 |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| | 1 | 0 | 1 | 0 | 10 |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 11 |
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 12 |
| | 1 | 1 | 0 | 1 | 13 |
| | 1 | 1 | 1 | 0 | 14 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 15 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 18 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 19 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 20 |

Bei den modernen Computern spielt es aber keine Rolle, wie viele Ziffern notwendig sind, um eine Zahl anzugeben, weil sie blitzschnell arbeiten. Ein Elek-

tronenrechner kann auch viele Ziffern in seinem „Gedächtnis“ speichern. Die ersten Computer wurden als Wundergeräte angesehen, weil sie 1000 Dezimalziffern speichern konnten. Neuere Geräte speichern eine Zahlenmenge, die 320 000 Dezimalziffern entspricht. Aber die ganz großen Computer haben Vorrichtungen zum Speichern von Zahlen, die 1 1/2 Millionen Dezimalzahlen gleich sind, und jede Zahl ist auf ein Signal des Operators in weniger als dem zweimillionsten Teil einer Sekunde verfügbar.

Der Programmierer könnte den gesamten Inhalt einer Aufgabe mit der Hand in die binäre Schreibweise umwandeln oder übersetzen. Aber

Wie werden Dezimalzahlen in binäre Zeichen umgewandelt?

er würde Kopfschmerzen bekommen, bevor er damit fertig wäre. Glücklicherweise wurden Maschinen erfunden, die ihm diese Arbeit abnehmen. Sie verwandeln nicht nur Dezimalstellen in binäre Zahlen, sie übertragen auch die Buchstaben des Alphabets in das binäre System. Die ganze Arbeit machen sie automatisch. Ebenso schnell, wie die Angaben getippt werden können – die Tasten sind mit arabischen Ziffern und mit Buchstaben gekennzeichnet –, übersetzt die Maschine sie in binäre Zeichen, die nur aus Nullen und Einsen bestehen; sie werden auf Karten oder Bandstreifen gedruckt. Zu der größeren Geschwindigkeit kommt hinzu, daß die Maschine erheblich zuverlässiger arbeitet als der Mensch mit der „Handmethode“, weil der automatische Übersetzer niemals einen Fehler macht.

Die Antworten der Computer werden auch auf Karten oder Bänder gegeben; diese werden durch eine andere Übersetzungsmaschine geschickt, die dem

Programmierer die gewünschten Ergebnisse in Dezimalzahlen oder Buchstaben liefert. Häufig verwendet man sogenannte Schnelldrucker, die gleich ganze Zeilen drucken anstatt einzelner Buchstaben oder Zahlen; sie schaffen mehr als 1000 Zeilen in der Minute.

„aus“. Nach dem Prinzip des Schalters kann „an“ die 1, „aus“ die Null bedeuten. Die binäre Zahl 1 0 0 1 1 1, der Dezimalzahl 39 entsprechend, würde so erscheinen:

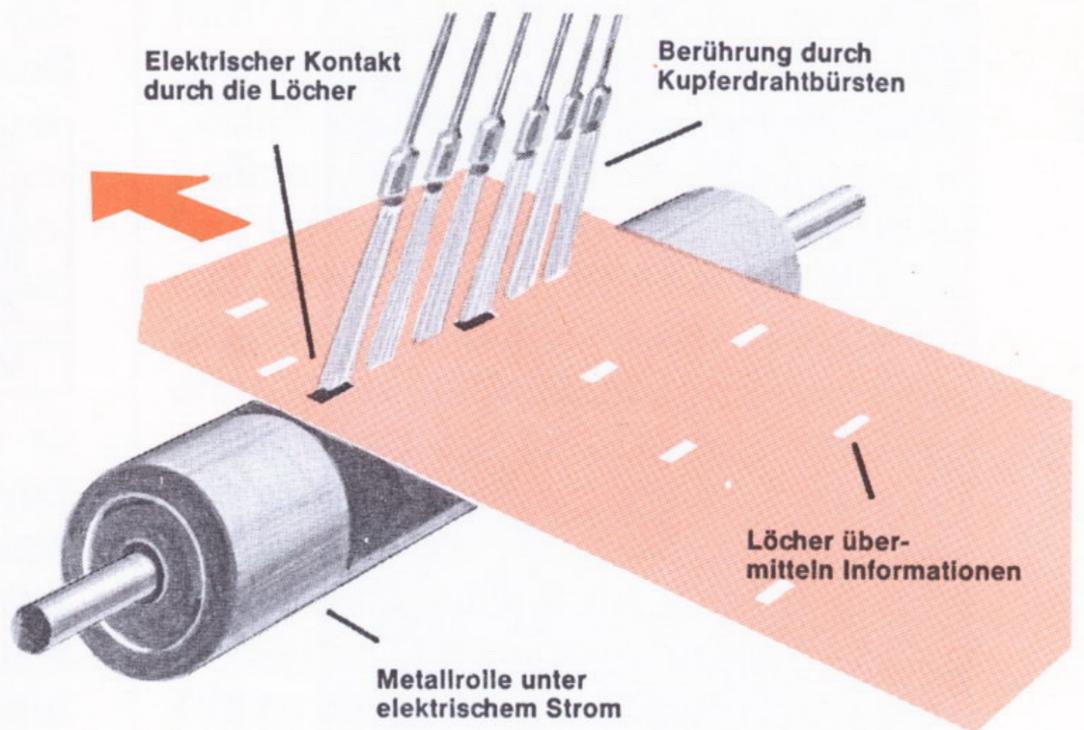
an aus aus an an an

Das binäre System kann so eingerichtet

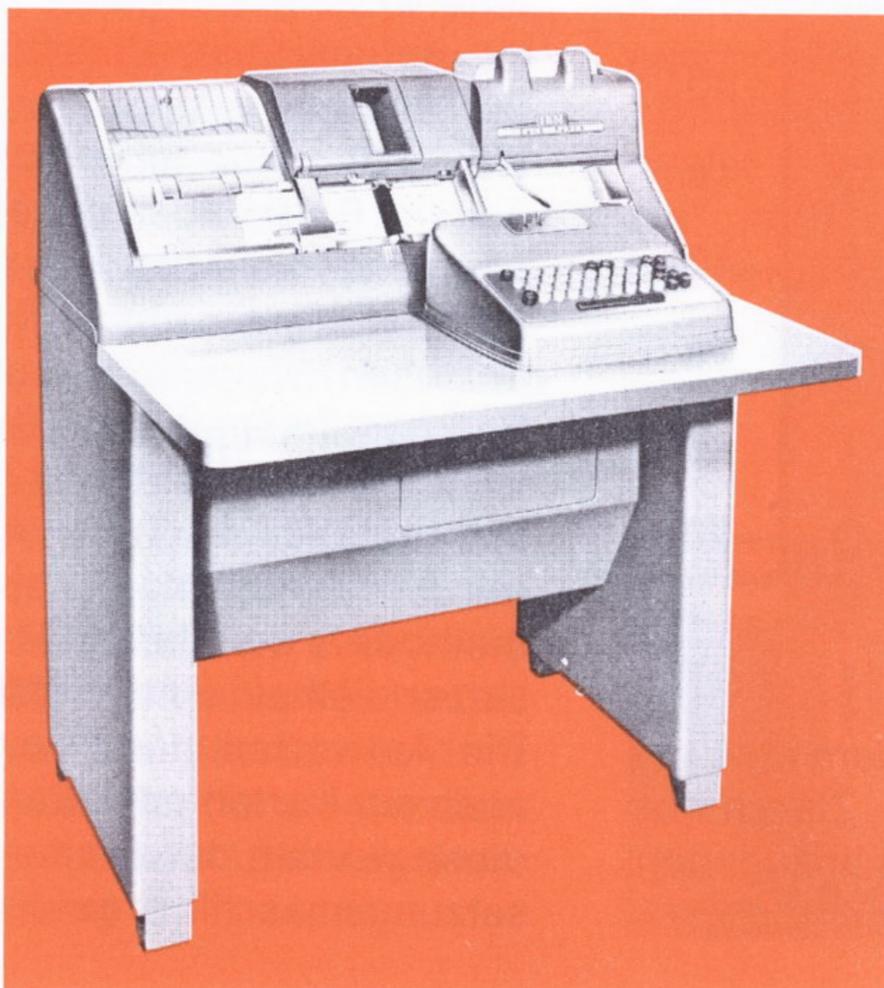
Kann das binäre System noch andere Antworten geben?

werden, daß es den Bedingungen eines elektrischen oder elektronischen Stromkreises entspricht, nämlich den Schaltungen „an“ oder

Weil elektronische Stromkreise verwendet werden, kann eine sehr lange Kette binärer Zeichen mit sehr großer Geschwindigkeit angegeben und geordnet werden.

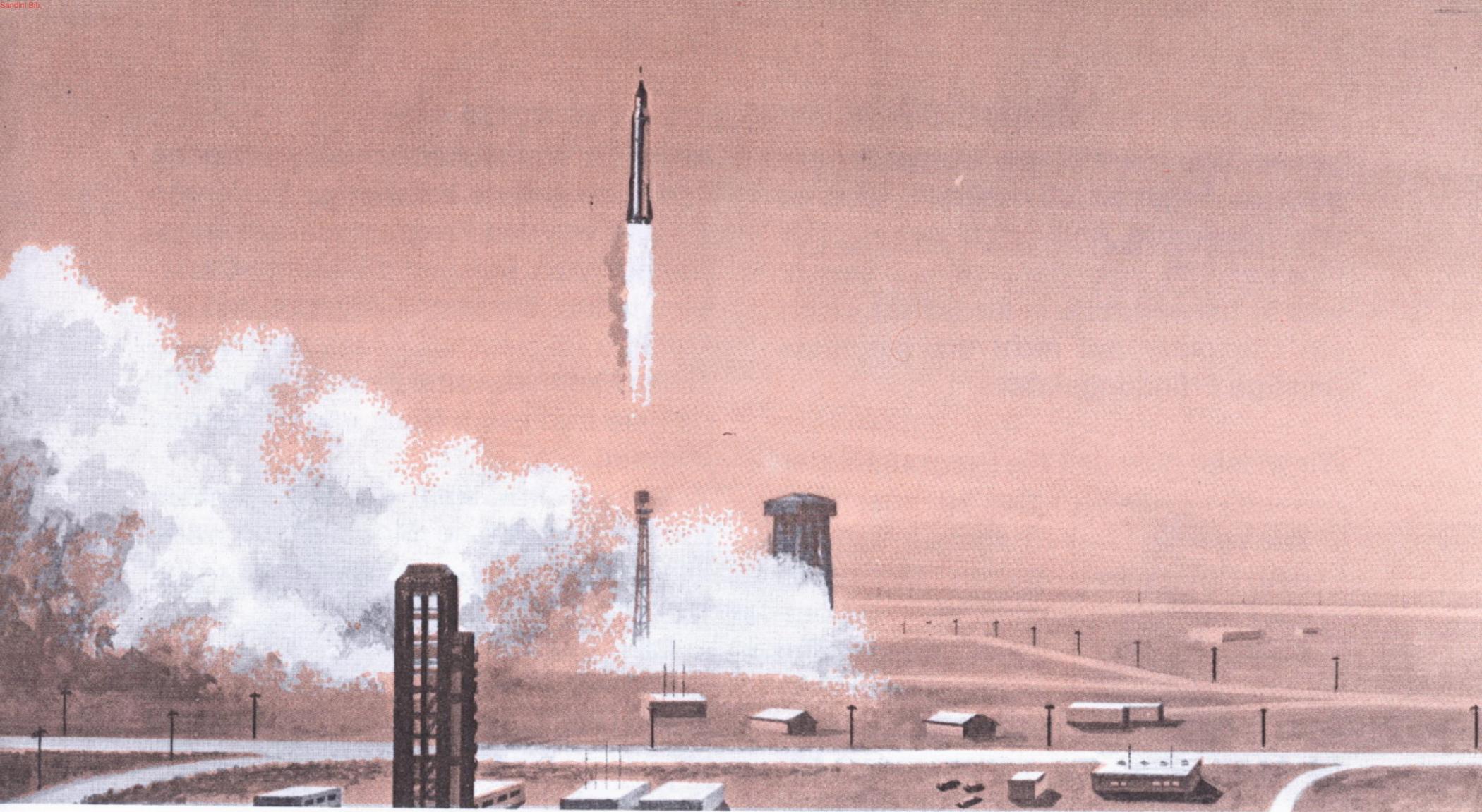


Die ersten Kartenlochmaschinen wurden mit der Hand betrieben. Die Angaben wurden nach einem bestimmten Schlüssel in jede Karte gelocht. Ein vorher festgelegter Code gab der Lage des einzelnen Loches auf der Karte eine bestimmte Bedeutung.



Die in die Karte gestanzten Löcher stellen die Informationen dar, mit denen der Computer arbeiten soll. Die Metallrolle führt elektrischen Strom. Der Stromkreis wird durch die Kupferdrahtbürsten geschlossen, sobald sich ein Loch in der Karte zwischen Bürste und Rolle befindet.

Moderne Kartenlocher arbeiten mit großer Geschwindigkeit und sind einfach und leicht zu bedienen. Mit Hilfe einer beweglichen, der Schreibmaschine ähnlichen Tastatur locht der Tabellierer alle zahlenmäßigen und alphabetischen Daten.



„Alle Bedingungen erfüllt“ melden Computer und geben damit das Kommando für den Start der Astronauten.

Die binären Zahlen können auch logische Bedingungen wie „ja“ (binär 1) oder „nein“ (binär 0), „richtig“ (binär 1) oder „falsch“ (binär 0) darstellen. So kann ein moderner Computer mit Hilfe des binären Systems einfache Entscheidungen über verwickelte Fragen treffen. Zum Beispiel gab zum Start des amerikanischen Astronauten Glenn ein Computer das Signal, daß an Bord der Weltraumkapsel alles in Ordnung war. Damit der Computer diese wichtige logische Entscheidung treffen konnte, hatte der Programmierer zuvor Angaben über die genaue Geschwindigkeit und Richtung der Rakete, gewünschte Flugeigenschaften, Glens Atem und Herzschlag und weitere 40 000 Einzelheiten über wichtige Daten in den Computer hineingegeben. Diese Angaben wurden im Gedächtnis des Computers gespeichert. Als dann der Start geschehen sollte, wurde der Computer mit den gesamten Angaben über die Rakete und den Zustand des Astronauten „gefüttert“. Der Computer verglich sie automatisch mit den bereits

gespeicherten Angaben und traf seine Entscheidung in weniger als 30 Sekunden. Kein Mensch und keine Gruppe von Fachleuten hätten diese Entscheidung so schnell treffen können. Aber der Computer gab sie einfach durch das Aufleuchten einer Glühbirne, womit er anzeigte: „Ja, alle Bedingungen für einen sicheren Start der Weltraumkapsel sind erfüllt.“

Können Maschinen, die der Mensch baut, ihn im Denken übertreffen? Können Computer neue Ideen entwickeln? Sind wir in der Gefahr, von

**Kann ein
Elektronen-
gehirn
„denken“?**

Elektronengehirnen überrannt zu werden, die nicht so arbeiten, wie wir es wollen?

Als wir unseren einfachen Computer bauten, haben wir gesehen, daß er nur nach unserer Anweisung arbeitet. Computer können nicht denken. Sie tun nicht mehr, als wir ihnen zu tun auf-

geben. Wenn wir einem Computer ungenaue Angaben übermitteln, wird er uns ungenaue Antworten geben. Wir müssen ihm also ganz genau sagen, was er tun soll, Schritt für Schritt. Denn ein Computer hat nicht die geringste geistige Erfindungskraft.

Wir wissen nun, daß ein Programmierer

Wie werden dem Computer die Fragen aufgegeben?

die zu lösenden Aufgaben zu Angaben umordnen muß, die der Computer verarbeiten kann. Dazu ver-

wenden die Programmierer verschiedene Techniken. Eine Verfahrensart besteht darin, Fließ- oder Block-Diagramme herzustellen. Die Diagramme ordnen die Verfahrensschritte richtig ein und geben an, was von Schritt zu Schritt erfolgen soll. Sie vermitteln dem Computer, wie er das Problem zu lösen hat.

Ein Beispiel: Wie kommt ein Junge jeden Morgen in die Schule? Die einfache Zeichnung unten auf dieser Seite kann man als Fließdiagramm dieses Problems ansehen. Für uns mag es ausreichen; aber für eine Rechenanlage ist es nicht genau genug. Unser Verstand stellt leicht Beziehungen her. Er füllt Lücken aus gemachten Erfahrungen. Der Computer braucht einen genauen Plan der einfachen Schritte mit vollständigen Anweisungen, wie auf Seite 27 dargestellt.

Die Programmierer verwenden auch mathematische Techniken. Bei einer dieser Methoden werden die Angaben durch mathematische Gleichungen dargestellt. Mit Hilfe dieses Systems lassen sich logische Feststellungen auf die gleiche Weise umwandeln, wie wir sie aus dem Mathematikunterricht kennen, wenn wir mit algebraischen Gleichungen arbeiten. Dies System wird Boolesche Algebra genannt, nach seinem Erfinder George Boole.

Auch die Wahrscheinlichkeitsrechnung und noch andere schwierige Verfahren werden von den Programmierern angewendet, zum Beispiel die Monte-Carlo-Simulation, die Matrix-Algebra und die Multiple Regression. Diese mathematischen Methoden sind zu kompliziert, als daß sie in diesem Buch erklärt werden könnten.

Zuweilen entwickeln die Programmierer mathematische Modelle von wirklichen Situationen oder Vorgängen. Hier ein ganz einfaches Beispiel:

$$\text{Preis der Äpfel in DM} = \text{DM} \cdot .20 \text{ mal Anzahl der Äpfel.}$$

Diese Gleichung ist ein „Modell“ einer wirklichen Kaufsituation. Die Kosten für jede Anzahl von Äpfeln können vorausgesagt werden. Es brauchen nicht erst Äpfel gekauft zu werden, um die Antwort zu bekommen. Alle Gesichtspunkte dieser begrenzten Situation können erforscht werden, ohne einen Pfennig auszugeben.

In der Praxis ist die Anfertigung mathematischer Modelle eine schwierige, anspruchsvolle und viel Zeit erfordernde Arbeit. Sie verlangt ein vollständiges Erfassen des zu untersuchenden Problems oder Vorgangs. Die Programmierer brauchen oft Wochen oder Monate zum Untersuchen und Überlegen, bevor sie beginnen, das mathematische Modell des fraglichen Problems zu entwerfen, für das ein endgültiges Programm erarbeitet werden soll. Oft werden die wissenschaftlichen Vorarbeiten von besonderen Fachleuten ausgeführt.

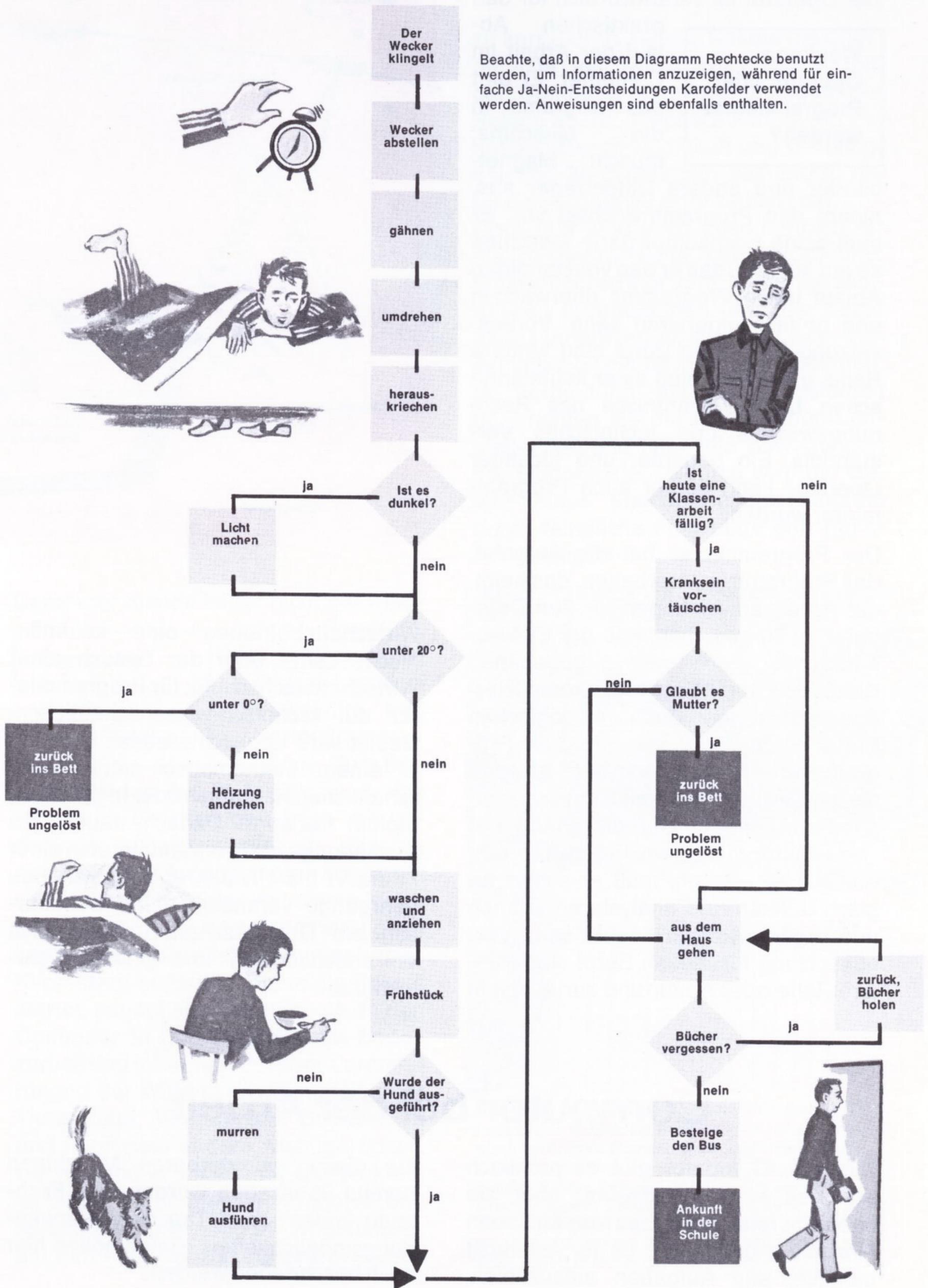


Ein Fließdiagramm zum Problem: „Wie komme ich morgens in die Schule?“ Für uns würde dies ausreichen, aber nicht für die Maschine. Das Fließdiagramm auf der Seite 27 würde den Anforderungen des Computers besser entsprechen.



Wie komme ich morgens in die Schule?

Beachte, daß in diesem Diagramm Rechtecke benutzt werden, um Informationen anzuzeigen, während für einfache Ja-Nein-Entscheidungen Karofelder verwendet werden. Anweisungen sind ebenfalls enthalten.



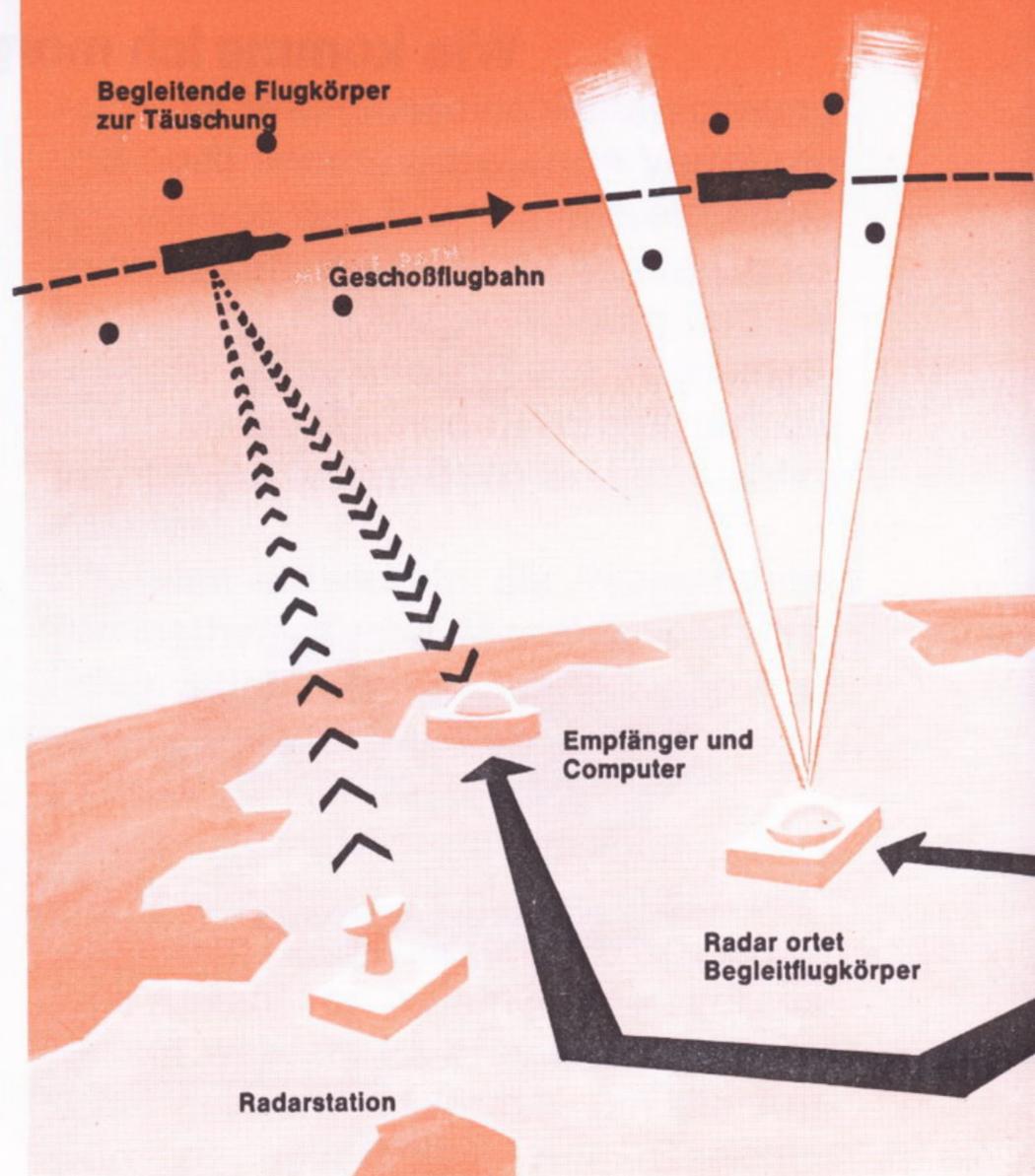
Der Operator ist verantwortlich für den

**Wer kann
Operator oder
Programmierer
werden?**

praktischen Ablauf der Arbeit im Computer. Er gibt das Programm in die Maschine, tauscht Magnet-

bänder und andere Datenträger aus, nimmt den Programmwechsel vor. Er muß seine hochkomplizierte Maschine so gut kennen, daß er den vollständigen Ablauf jeden Programms überwachen und notfalls eingreifen kann. Voraussetzung für diesen Beruf sind Mittlere Reife, guter Abschluß einer kaufmännischen Lehre, Kenntnisse des Rechnungswesens und technisches Verständnis. Ein begabter und tüchtiger Operator kann später auch Programmierer werden.

Der Programmierer hat die Aufgabe, das Programm zu erarbeiten, das heißt, die Arbeitsanweisungen für den Computer so zu gestalten, daß der Elektronenrechner nach den eingegebenen Daten Schritt für Schritt die komplizierten Rechenoperationen und logischen Entscheidungen vornimmt. Der Programmierer muß daher das zu lösende Gesamtproblem überblicken und aufgliedern können. Um die Pläne der Organisatoren in sein Programm umdenken zu können, muß er scharf logisch denken und analysieren können und organisatorisch begabt sein. Voraussetzung für diesen Beruf sind Mittlere Reife oder Abitur und zur Arbeit in

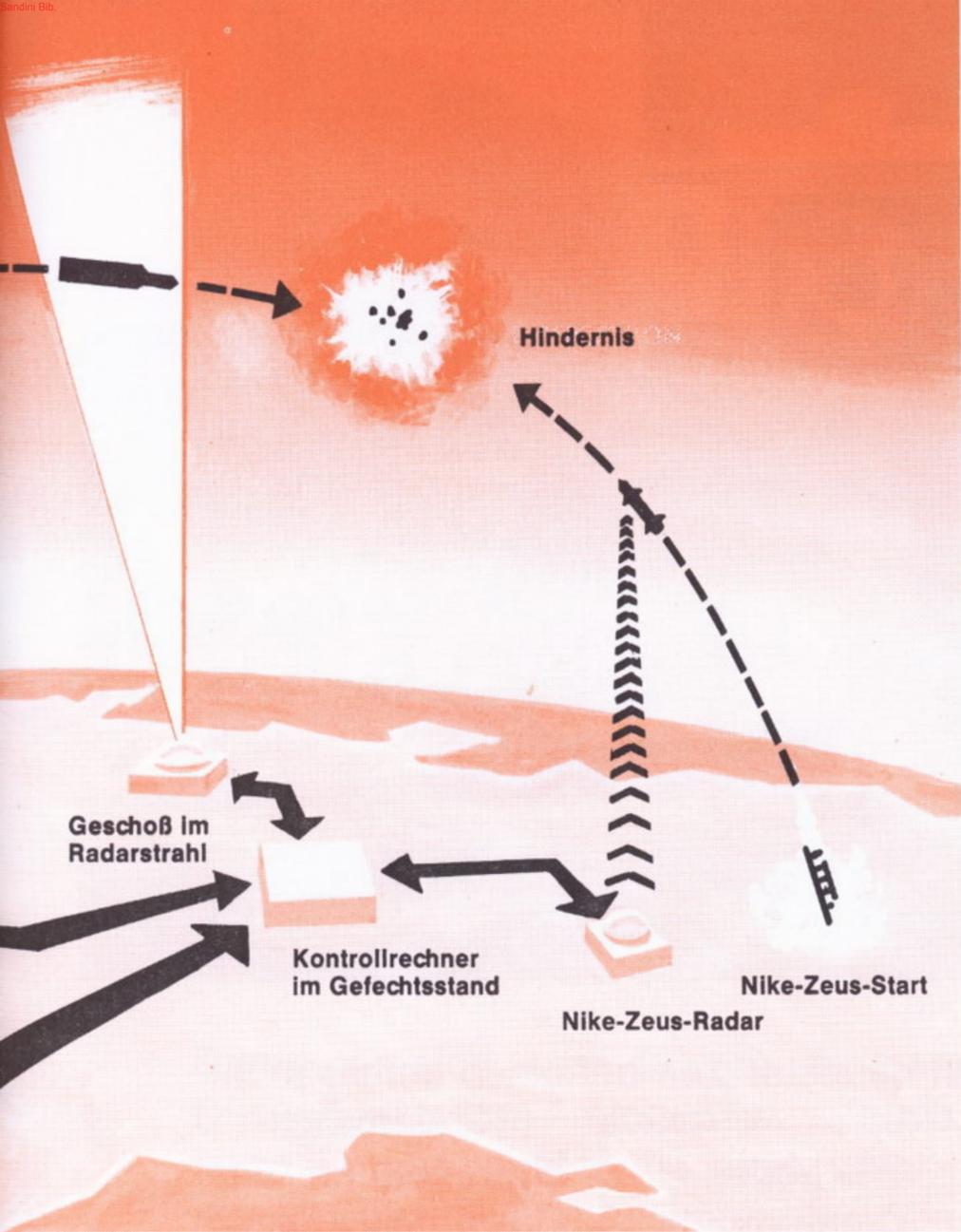


Wirtschaftsbetrieben eine kaufmännische Lehre oder der Besuch einer Wirtschaftsfachschule; für Programmierer auf technisch-wissenschaftlichem Gebiet wird abgeschlossenes Studium in einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Hauptfach oder Ingenieursdiplom verlangt. Danach dauert die Ausbildung zum Programmierer in einer Firma $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Jahre. Vorbereitende Lehrgänge veranstalten in Abendkursen die Gewerkschaften, aber auch Volkshochschulen und private Lehrinstitute.

Computer bei der Arbeit

Moderne Computer gibt es praktisch erst seit einem Jahrzehnt; aber sie haben bereits das Leben von Millionen Menschen beeinflusst. Es ist gar nicht möglich, alle Aufgaben aufzuzählen,

die diesen wunderbaren Maschinen bereits übertragen wurden. Die Fachleute finden jeden Tag neue Verwendungsmöglichkeiten. Einige sollen hier noch beschrieben werden.



Für die Luftverteidigung sind Computer äußerst wichtig.

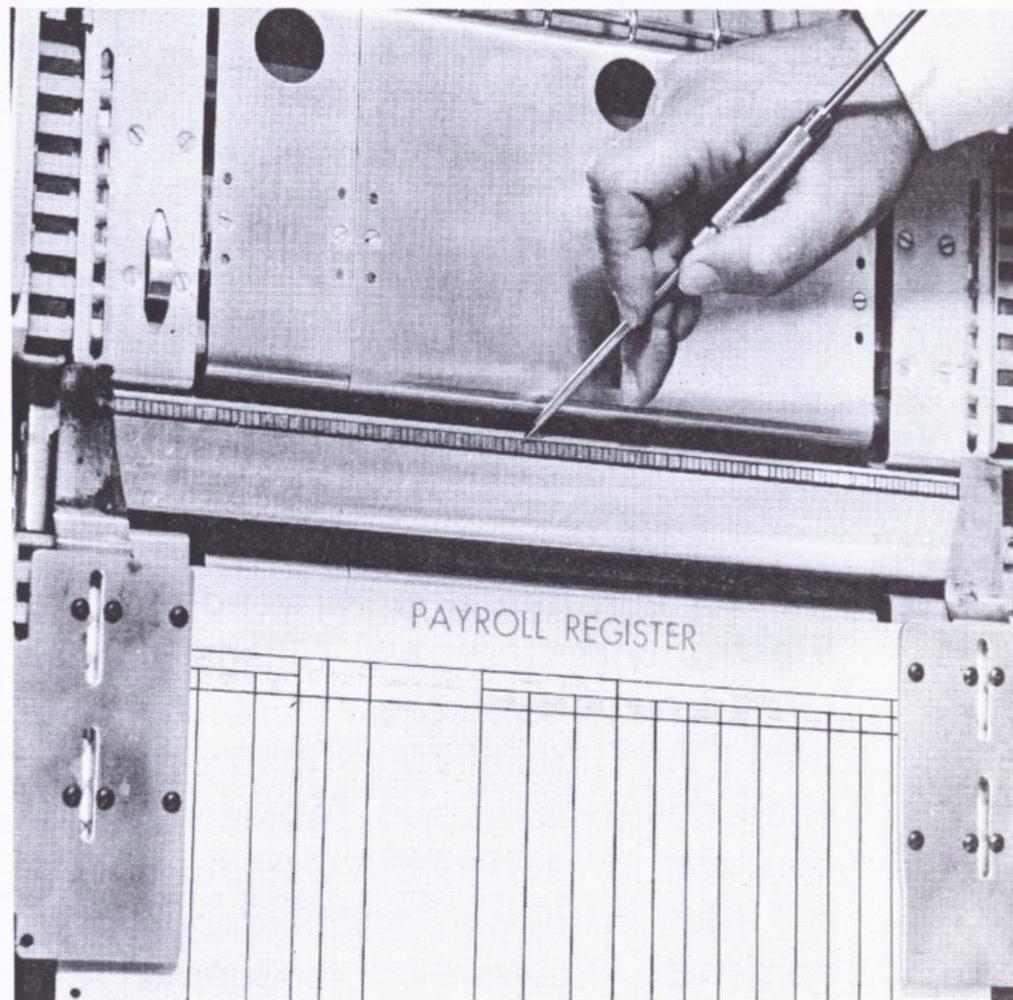
zu korrigieren. Hat die Rakete die erforderliche Geschwindigkeit erreicht, stellt der Computer den Antriebsmotor der Rakete ab. Kein Mensch könnte mit der nötigen Geschwindigkeit und Genauigkeit die Berechnungen ausführen, die für diese Aufgabe erforderlich sind. Computer sind auch unentbehrlich für die hochentwickelte Luftverteidigung. Elektronenrechner verarbeiten die zahlreichen Informationen über die Flüge aller Luftfahrzeuge, die sich über bestimmten Gebieten in der Luft befinden. In Verbindung mit Radar-Systemen unterrichten sie die militärischen Leitstellen laufend über alle Bewegungen der Flugobjekte. Dadurch wird die Gefahr eines überraschenden Angriffs durch feindliche Flugzeuge und Raketen verringert.

Computer dienen leider nicht nur friedlichen Zwecken.

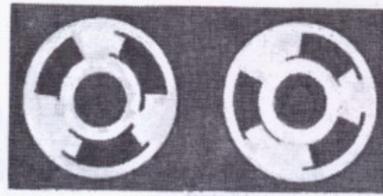
Computer in der Landesverteidigung

Sie sind auch die „Gehirne“ moderner Angriffs- und Verteidigungssysteme. Zum Beispiel:

Um ins Ziel zu treffen, muß eine Rakete in der richtigen Lage mit bestimmter Geschwindigkeit fliegen, nachdem der Antriebsmotor abgestellt worden ist. Ein Fehler von einem Meter pro Sekunde in der Geschwindigkeit kann einen Auftrefffehler von mehreren Kilometern bedeuten. Wenn die Rakete startet, sendet sie Radiosignale an den Computer in der Leitstelle am Boden zurück und informiert ihn über Veränderungen der Windgeschwindigkeit, über Temperatur, Wirkung der Schwerkraft und über viele andere wichtige Daten. Der Computer berechnet die Wirkung all dieser veränderlichen Faktoren und sendet sofort die nötigen Anweisungen, um den Flug der Rakete entsprechend



In diesem Datenverarbeitungssystem drückt die angezeigte waagerechte Reihe von 132 elektronisch betätigten Hämmerchen Papierformulare gegen ein Farbband und eine sich schnell bewegendende endlose Buchstabenkette. Der Ausgabedrucker druckt Zahlen und Buchstaben mit einer Geschwindigkeit von 600 Zeilen in der Minute; wenn es sich nur um Zahlen handelt, kann er bis 1285 Zeilen in der Minute drucken.



Computer führen zahlreiche Arbeiten in der Wirtschaft aus. Sie befreien die Angestellten von der Last eines sich ständig wiederholenden Papierkrieges, zum Beispiel in der Buchhaltung, bei der Berechnung von Preisen und Löhnen, bei Zahlungsanweisungen, Inventuraufstellungen usw. Verlagsgesellschaften benutzen Computer für die Aufnahme von Bestellungen und für Bücher- und Zeitschriftenversand.

Wie werden Computer in Handel und Industrie verwendet?

Handel und Industrie verwenden auch Elektronenrechner als Hilfsmittel bei betriebswirtschaftlichen Entscheidungen. Eine Ölgesellschaft muß zum Beispiel entscheiden, wo Tankstellen gebaut werden sollen. Ein Computer wird mit allen für diese Entscheidung erforderlichen Angaben wie fließender Verkehr, Grundstückskosten u. a. gespeist. Die Maschine wird den Bauplatz herausfinden, der die günstigsten Bedingungen erfüllt. Oder ein Computer beantwortet die Frage, welche Projekte für weitere Bohrungen am geeignetsten sind.

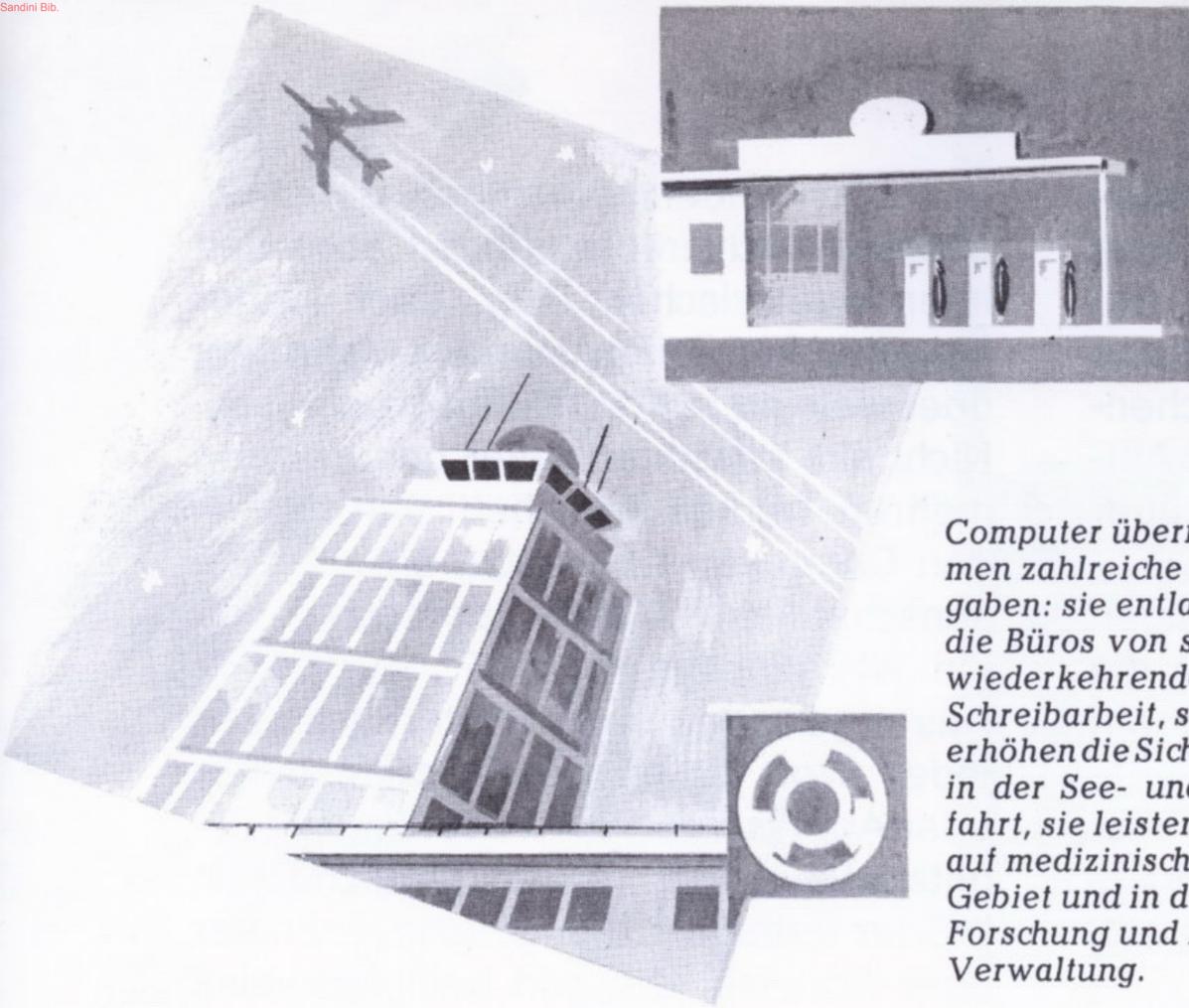
Handel und Industrie verwenden auch Elektronenrechner als Hilfsmittel bei betriebswirtschaftlichen Entscheidungen. Eine Ölgesellschaft muß zum Beispiel entscheiden, wo Tankstellen gebaut werden sollen. Ein Computer wird mit allen für diese Entscheidung erforderlichen Angaben wie fließender Verkehr, Grundstückskosten u. a. gespeist. Die Maschine wird den Bauplatz herausfinden, der die günstigsten Bedingungen erfüllt. Oder ein Computer beantwortet die Frage, welche Projekte für weitere Bohrungen am geeignetsten sind.

In neuester Zeit benutzen immer mehr Küstenwachstationen an den Ufern des Atlantik und des Pazifischen Ozeans besondere Computer, die ständig die Routen vieler tausend Schiffe verfolgen. Die Position eines jeden Schiffes wird fortlaufend in den Computer gegeben. Sobald ein Schiff in Seenot gerät, kann die Küstenwache feststellen, welche anderen Schiffe sich in dessen Nähe befinden. Diese werden dann benachrichtigt, und andere Schiffe brauchen nicht unnötig ihren Kurs zu ändern.

Wie helfen Computer in der Luft- und Seefahrt?

Wenn die Luftfahrtgesellschaften Flugpläne ausarbeiten wollen, wird ein Computer mit den Angaben für jeden Flug gespeist. Wetterbedingungen, Anzahl der jeweiligen Plätze, Treibstoffladung, Start- und Landegewichte und andere Daten werden in den Computer gegeben. Der Computer analysiert die Angaben und berechnet die beste Flugstrecke, Flughöhe usw. Auf diese Weise erhalten die Flugzeugführer einen „Meisterplan“. Nach den Probeflügen werden dann die vollständigen Flugpläne zusammengestellt.

Wenn die Luftfahrtgesellschaften Flugpläne ausarbeiten wollen, wird ein Computer mit den Angaben für jeden Flug gespeist. Wetterbedingungen, Anzahl der jeweiligen Plätze, Treibstoffladung, Start- und Landegewichte und andere Daten werden in den Computer gegeben. Der Computer analysiert die Angaben und berechnet die beste Flugstrecke, Flughöhe usw. Auf diese Weise erhalten die Flugzeugführer einen „Meisterplan“. Nach den Probeflügen werden dann die vollständigen Flugpläne zusammengestellt.



Computer übernehmen zahlreiche Aufgaben: sie entlasten die Büros von ständig wiederkehrender Schreibarbeit, sie erhöhen die Sicherheit in der See- und Luftfahrt, sie leisten Hilfe auf medizinischem Gebiet und in der Forschung und in der Verwaltung.



Computer sind auch in den riesigen Düsenflugzeugen eingebaut. Durch ihren Einsatz konnten die vielen vorgeschriebenen Sicherheitskontrollen, die vom Flugplatzpersonal und vom Piloten vor dem Start vorzunehmen sind, sehr vereinfacht werden. Der Flugverkehr nimmt ständig zu, und die Flugzeuge müssen auf den Flugplätzen immer rascher startklar gemacht werden. Aber jeder Pilot hat vor dem Start ein strenges Kontrollprogramm durchzuführen. Da ist der Computer wegen seiner blitzschnellen Arbeitsweise von großem Nutzen.

In den Krankenhäusern können Computer von großem Wert sein. Sie können die medizinischen Kenntnisse, die in den letzten 50 Jahren gesammelt wurden, speichern und auswerten. In der medizinischen Wissenschaft gibt es eine riesige Menge fachwissenschaftlicher Veröffentlichungen. Kein Arzt hätte die Zeit, sie alle zu lesen. Die meisten Schriften lagern in Bibliotheken, wo sie vergessen werden, wenn sie nicht leicht verfügbar gemacht werden können. Ein zentrales Elektronen-

Wie können Computer den Ärzten helfen?



Mit dem Datenübermittlungsgerät (oben) können Computer ein direktes telegrafisches oder telefonisches „Gespräch“ führen. Genauer gesagt: Der Computer kann wissenschaftliche oder geschäftliche Informationen direkt aus seinem magnetischen Gedächtnis über jede Entfernung in den Speicher eines anderen Computers senden. Auf unserem Bild verbindet die Operatorin mit dem weit entfernt liegenden Büro, wohin die Datenvermittlung gegeben werden soll.



gehirn wird dazu verwendet. Es speichert die vorhandenen Kenntnisse über Krankheitssymptome und deren Behandlung. Ein Arzt kann die Symptome eines Krankheitsfalles in die Rechenanlage hineingeben und erhält eine Antwort über die Art der Krankheit und über die Behandlungsmethode.

Trotz der Fähigkeit dieser großartigen Maschine sind die Ärzte aber für die Diagnose und Behandlung weiterhin unentbehrlich.

Jahr für Jahr werden viele tausend wissenschaftliche Berichte veröffentlicht, wichtige Berichte in den verschiedensten Sprachen. In dieser Menge von russischen, englischen, deutschen, holländischen, italienischen

Wie werden Computer zu Übersetzern?

wissenschaftliche Berichte veröffentlicht, wichtige Berichte in den verschiedensten Sprachen. In dieser Menge von russischen, englischen, deutschen, holländischen, italienischen

und noch anderssprachigen Berichten befinden sich Informationen über den interplanetarischen Flug, über länger haltende Autoreifen, stärkere Batterien, über viele neue Forschungsergebnisse. Nicht alle Wissenschaftler beherrschen mehrere fremde Sprachen. Darum wurden Computer eingesetzt, die die wissenschaftlichen Texte übersetzen sollen. Wie geht das vor sich?

Aus einem größeren Wörterbuch wird jedes Wort unter einer Codenummer oder Adresse auf Band übertragen. Die entsprechenden fremdsprachlichen Wörter erhalten die gleiche Nummer oder Adresse. Um nun beispielsweise vom Russischen ins Deutsche zu übertragen, wird ein Band mit den russischen Adressennummern in den Computer gegeben, der die dazu passenden Nummern der deutschen Wörter



Elektronengehirne haben einen weiteren Einbruch in die Sprachschranken geschafft. Hier (links) werden russische Sätze in Karten gelocht, die in eine Datenverarbeitungsmaschine zum Übersetzen hineingegeben werden.

In die Lochkarte (unten) ist ein Satz der russischen Sprache gelocht. Sie wird in den Computer gegeben, der den Satz in seine binäre Sprache umwandelt und ihn dann mit Hilfe von gespeicherten Wörterbuch-Programmen in die entsprechenden deutschen Wörter übersetzt; diese werden dann gedruckt.



KACHYESTYO UGLYA OPRYEDYELY AYETSYA KALORYIYNOSTJYU

Die Qualität der Kohle wird bestimmt durch den Kaloriengehalt.



Die Heiratsvermittlung, die ein Computer in einer Fernsehshow versuchte, erreichte die Roboter allerdings nicht zum Ruhme.

aussucht und den deutschen Text druckt. Allerdings haben menschliche Kräfte noch einiges damit zu tun, falsche Wortfolgen zu berichtigen, denn jede Sprache hat ihren eigenen Satzbau. Dennoch ist der Computer eine große Hilfe.

Computer dienen noch auf andere Weise der Verständigung. Sie können zum Beispiel Texte sehr schnell in Brailleschrift übertragen und dadurch helfen, erheblich mehr Lehrstoff für Blinde herzustellen. Ein besonderer Computer hat vor wenigen Jahren eine äußerst genaue, vollständige Bibelübersetzung gemacht und sie selbst automatisch gedruckt.

Natürlich gibt ein Computer, wenn er mit falschen Angaben gefüttert wurde, eine falsche Antwort. Aber auch andere Versuche, die Fähigkeit eines Computers zu nutzen, können

Kann sich ein Computer jemals irren?



zum Mißerfolg führen. Ein Beispiel: In einem Fernsehprogramm wurde ein Computer dazu benutzt, jeweils für einen bestimmten Mann die ideale Ehefrau herauszufinden. Der Programmierer gab dem Elektronenrechner alle für eine ideale Ehe gewünschten Eigenschaften auf – Neigungen und Abneigungen, Interessen an verschiedenen Hobbies, an kulturellen Werten usw. Nachdem der Computer die Eigenschaften vieler Frauen mit denen des betreffenden Mannes oder gemäß dessen Wünschen verglichen hatte, erklärte er eine bestimmte Frau zur idealen Partnerin. Aber als die beiden dann einander kennenlernten, stellte sich heraus, daß sie sich nicht sympathisch waren. Wessen Fehler war das? Des Programmierers? Vielleicht beweist der Versuch nur, daß das menschliche Herz und seine Neigung nicht berechenbar ist.

Die lernende Maschine

Was wir bis jetzt über Roboter, Elektronengehirne oder Computer erfahren haben, hat uns gezeigt, wie vielseitig diese Maschinen verwendet werden können. Sie können beinahe alles. So ist es nicht verwunderlich, daß es Computer gibt, die lernen können, ähnlich wie der Mensch aus Erfahrung lernt, Fehler zu vermeiden.

Wir wissen, daß es keine Maschine

Kann ein Roboter lernen?

gibt, die „denken“ kann. Aber es gibt Roboter, die lernen können. Unter Lernen verstehen wir, sich Kenntnisse und Fähigkeiten anzueignen – ein Vorgang, der Aufmerksamkeit und Zielstrebigkeit verlangt. Das geht meistens nicht ohne viele Versuche und ohne Fehlermachen. Ein Lehrer kann den Lernprozeß beschleunigen, indem er die Lernbemühung richtig lenkt und dadurch die Anzahl der Versuche verringert. Die lernende Maschine zeigt manche Merkmale, die dem Lernvorgang beim Menschen gleichen. Der

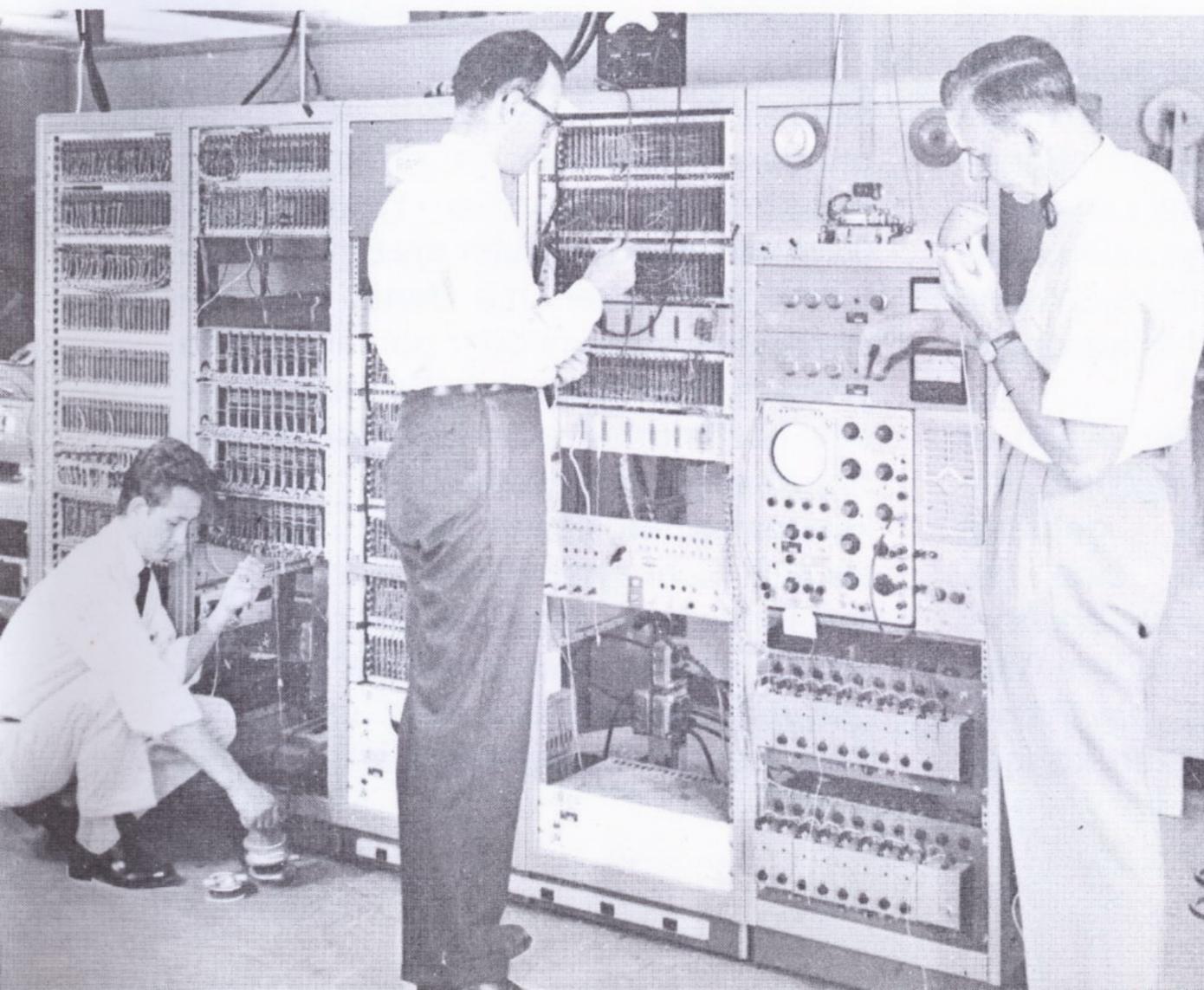
Lernprozeß erfordert zum Beispiel Wiederholungen, um zu erreichen, daß das neue Wissen im Gedächtnis gespeichert wird. Denken wir einmal zurück, wie wir das Alphabet lernten. Wir wiederholen A, B, C, D, E, F... immer und immer noch einmal, bis wir das ganze Alphabet richtig hersagen konnten. Dies Verfahren des Wiederholens ist auch für die Maschine zum „Lernen“ nötig.

Die lernende Maschine ist kein Computer

Wie „lernt“ die lernende Maschine?

und wurde auch nicht entworfen, um schnelle Berechnungen auszuführen oder um logisch Schritt für Schritt Formeln zu bearbeiten, die ihr vom Programmierer aufgegeben werden. Der lernende Roboter nimmt Probleme in Angriff, für die es keine Formeln gibt. Er sucht sich seine eigene Methode zur Lösung, teilt die Antwort mit und läßt erkennen, wie er zu der Antwort gekommen ist.

Die lernende Maschine arbeitet mit Versuch und Irrtum. Wie der Mensch ver-



Der „Roboter-Sekretär“ — Der Computer (links) kann alle Laute einer Sprache aufnehmen, und wenn zu ihm durch ein Mikrofon gesprochen wird, schreibt er alles nieder, was er „hört“.



FALSCH!

Bei dieser lernenden Maschine wird zur „Bestrafung“ ein Knopf gedrückt, wenn sie neue Aufgaben nicht richtig durchführt. Die Maschine wird dadurch veranlaßt, ihre Entscheidungen zu überprüfen und Veränderungen im „Gedächtnis“ vorzunehmen. Die Bänder im Hintergrund enthalten Aufgaben aus verschiedenen Gebieten, darunter auch die sehr komplizierte Analyse von Elektrokardiogrammen.

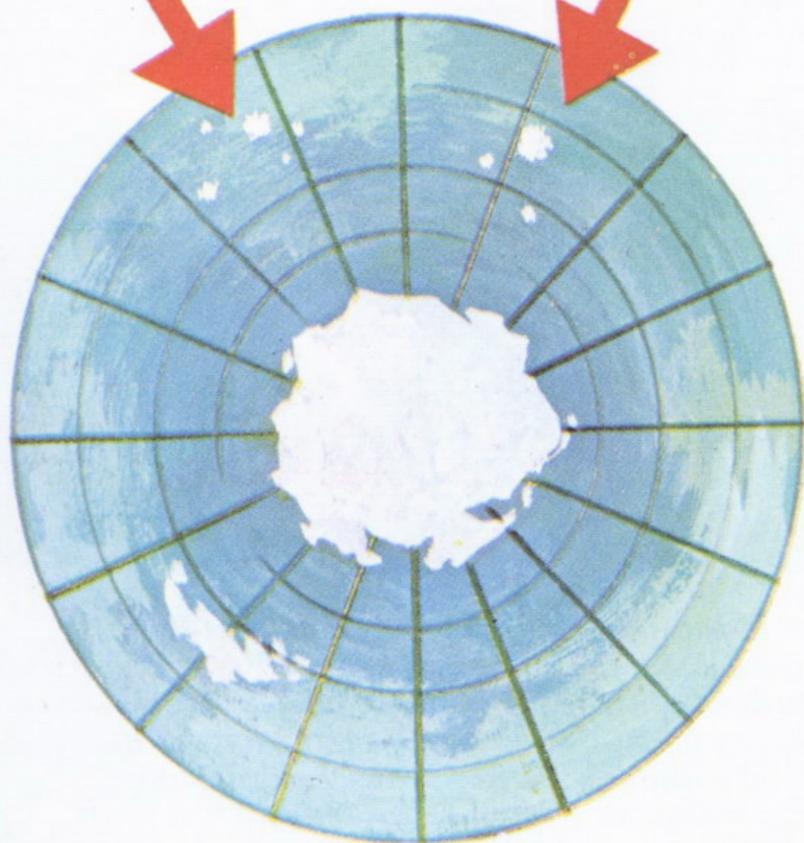
gleichet sie neue Situationen mit früheren Versuchen, das Problem zu lösen; dabei wird sie jedesmal geschickter. Sie lernt auch wie der Mensch durch „Lohn und Strafe“. (Als wir klein waren, lernten wir aus der Erfahrung, daß das Berühren eines heißen Ofens wehtut, und wir lernten etwas ordentlich zu machen, weil wir dafür gelobt oder sonstwie belohnt wurden.) Wenn die Maschine einen Fehler macht, drückt ihr menschlicher Lehrer einen „Straf“-Knopf und zwingt sie damit, das Problem noch einmal zu bearbeiten.

Die lernenden Maschinen bewiesen

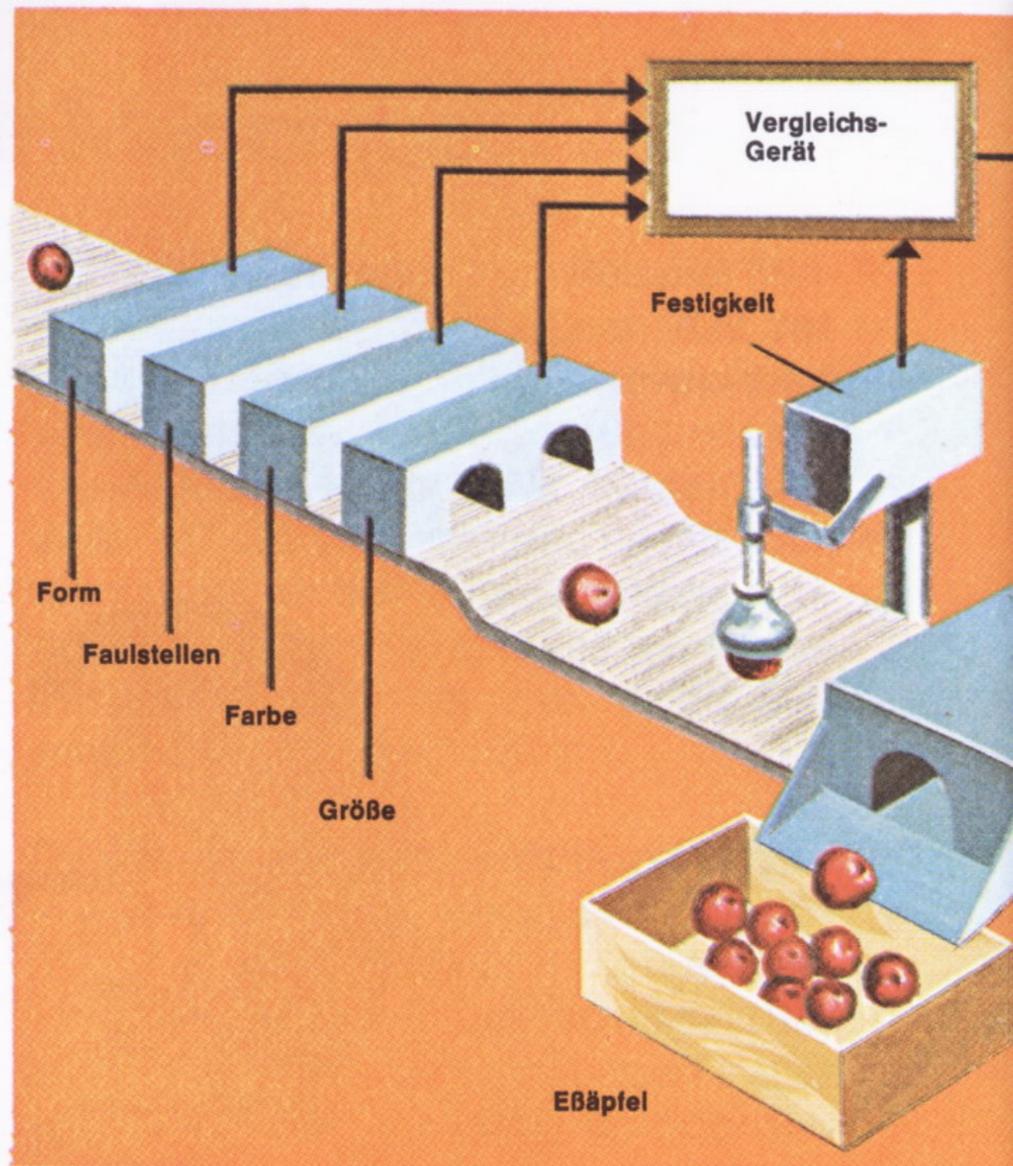
Wie werden lernende Maschinen gebraucht?

ihren Wert bei der Beurteilung von Elektrokardiogrammen — das sind elektrische Aufzeichnungen der Herzschläge — und bei der Auswer-

wertung von Radarechos.



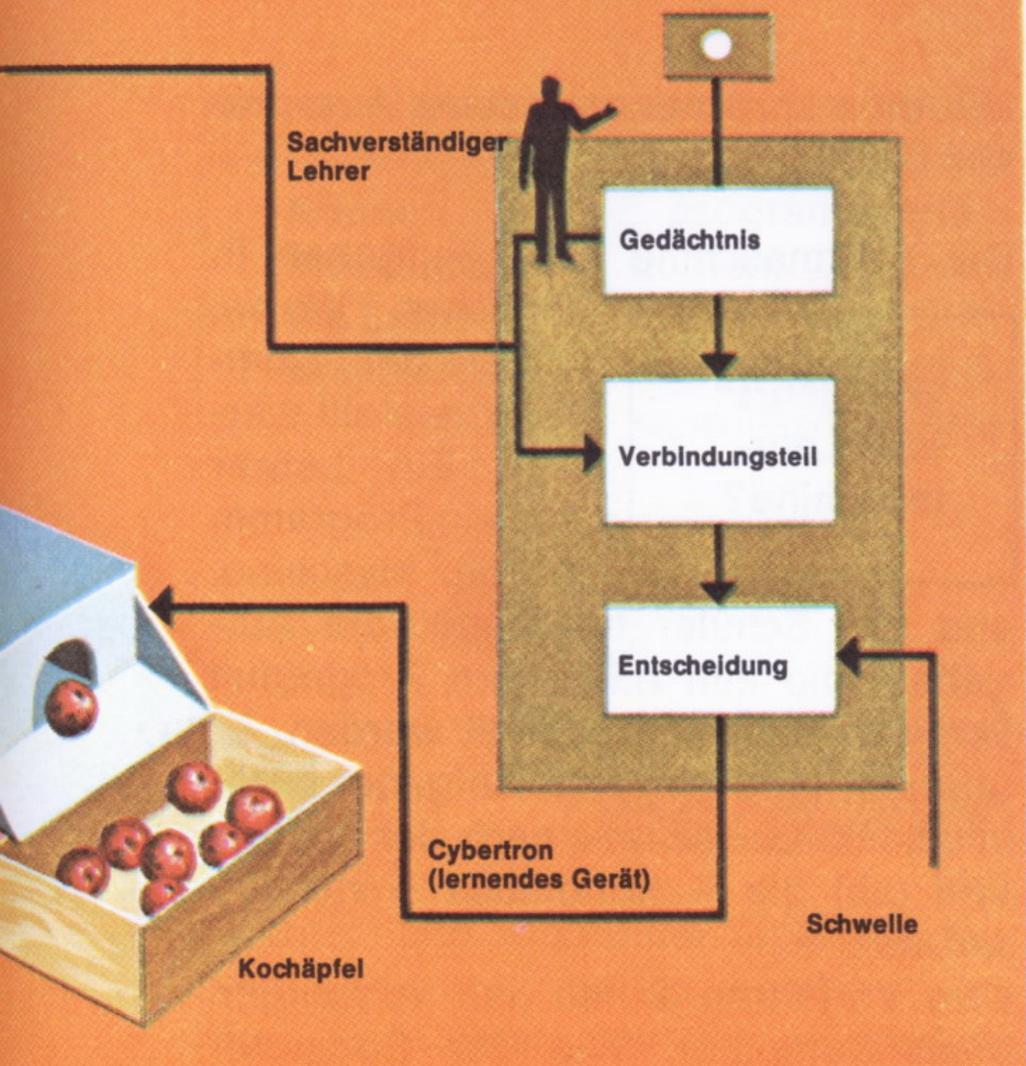
Für den Beobachter am Radarschirm ist es schwer zu unterscheiden, ob die Lichtblitze durch ein Flugzeug oder durch einen Vogelschwarm verursacht werden. Die Maschine, die dies einmal gelernt hat, arbeitet jedoch fehlerfrei.



tung von Radarechos. Bei den Radarechos besteht ein kritisches Problem darin, daß der Mann am Radar zwischen echten Ziel-Echos und falschen Echos unterscheiden muß. Eine Küstenwache zum Beispiel muß in der Lage sein, sofort ein Flugzeug oder eine Rakete von einem Schwarm Seevögel zu unterscheiden. Meistens dauert es Monate, bis ein Mann die Fähigkeit erwirbt, zu erkennen, was die verschiedenen Lichtmarken auf dem Radarschirm bedeuten. Einer lernenden Maschine kann man diese Fähigkeit in sehr viel kürzerer Zeit beibringen, und sie wird sie bald beherrschen wie ein langjähriger Fachmann.

Zum besseren Verständnis wollen wir uns eine ganz leichte Aufgabe für eine lernende Maschine denken. Sie soll Äpfel sortieren. Zunächst wird die Maschine angelernt in der gleichen Art wie ein eben eingestellter Äpfelsortierer. Die Zeichnung oben erläutert die einzelnen Teile des Apparats. Die Äpfel wandern auf einem Laufband unter den

FALSCH-KNOPF



Prüfgeräten durch, die wie Fernsehkameras arbeiten. Dabei werden Angaben über Farbe, Festigkeit, Größe usw. in elektrische Signale umgewandelt, die zu einem Vergleichsgerät geleitet werden, das die Aufgabe hat, diese Anga-

Die Äpfelsortiermaschine sortiert die Äpfel fehlerlos, wenn ihr das einmal beigebracht worden ist.

ben zu ordnen. (Das Vergleichsgerät wird, wo möglich, verwendet, um die Belastung der Maschine zu verringern.) Die Äpfel sollen nach Eßäpfeln und Kochäpfeln sortiert werden. Nachdem jeder Apfel geprüft ist, läßt die Maschine ihn entweder in den Kasten für Eßäpfel oder in den für Kochäpfel fallen.

Ein menschlicher Äpfelsortierer spielt so lange den „Lehrer“, bis der Roboter seine Aufgabe gut gelernt hat. Jedesmal, wenn die Maschine einen Fehler macht, drückt er den Strafknopf, und die Maschine muß etwas in ihrem „Gedächtnis“ berichtigen, um den Fehler in Zukunft zu vermeiden. Nach jedem Fehler kann sie die Äpfel etwas besser sortieren, und nach kurzer Zeit wird sie fehlerfrei arbeiten.

Die lernende Maschine wird in der Wirtschaft noch für viele andere Zwecke verwendet.

Die lehrende Maschine

Maschinen können Schach spielen, komponieren, schwierige mathematische Probleme lösen und, wie wir eben gezeigt haben, durch Übung lernen. Es gibt aber auch Maschinen, die lehren können.

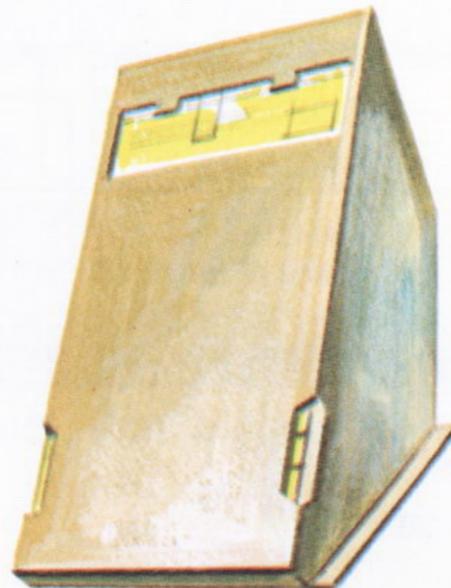
Lehrmaschinen sehen sehr einfach und harmlos aus. Es sind meistens Metall- oder Plastikkästen mit zwei Fenstern darin und einigen Knöpfen.

Wie sieht eine Lehrmaschine aus?

Um eine Lehrmaschine in Betrieb zu

setzen, drückt man einen Knopf, und in einem der Fenster erscheint die erste Frage. Wir schreiben unsere Antwort darauf auf das Papier in einem kleinen Fenster oben an der Maschine. Drückt

Die Lehrmaschine



man den Knopf ein zweites Mal, um die richtige Lösung nachzulesen, so verdeckt ein Schild unsere gegebene Antwort, damit wir sie nicht mehr ändern können. Nun drücken wir wiederum den Knopf für die nächste Frage. Sobald sie erscheint, verschwindet die Antwort auf die vorherige Frage; auch das Schild verschwindet, und ein neues Stück Papier liegt bereit zur Beantwortung der zweiten Frage.

Moderne Fremdsprachenschulen verwenden Lehrmaschinen, die mit Tonbändern versehen sind. Der Schüler hört jeden geschriebenen Satz richtig ausgesprochen, kann ihn selbst in ein

Mikrofon sprechen und seine Aussprache überprüfen.

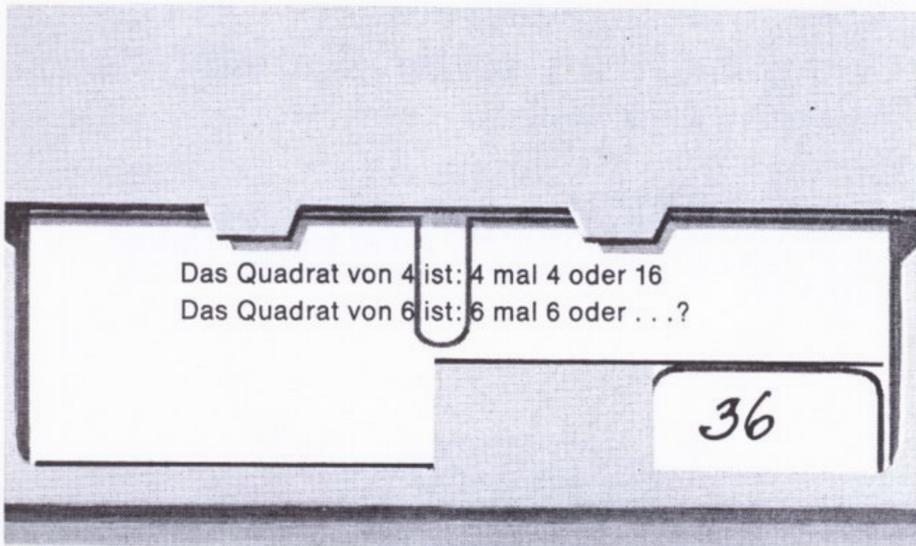
Die Lehrmaschine stellt Aufgaben in

Wie „lehrt“ eine Lehrmaschine?

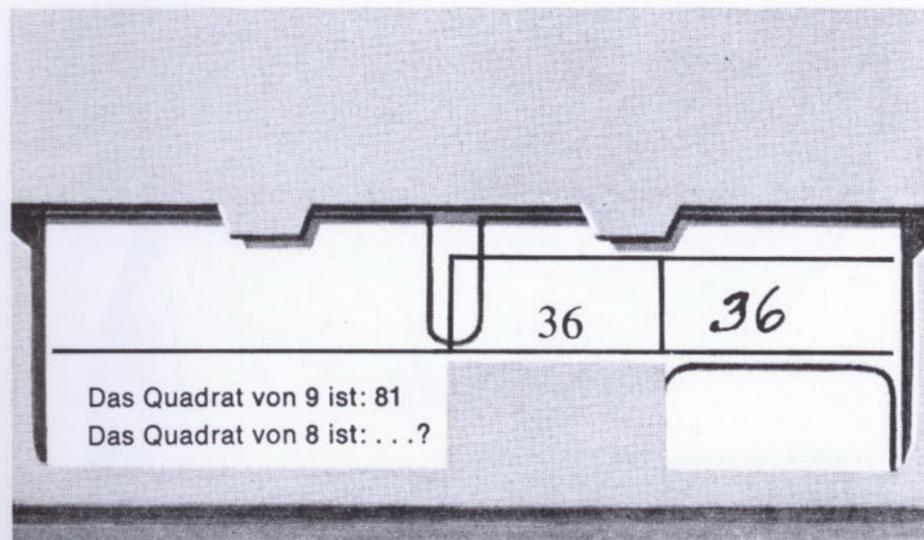
ähnlicher Weise, wie sie dem Computer gestellt werden. Ein Lehrer gibt ein Programm in die Maschine, und der Schüler bearbeitet die Aufgaben, die ihm nach dem Programm von der Maschine gestellt werden. Er überlegt jede einzelne Aufgabe, sucht in seinem Gedächtnis nach der Lösung und gibt die – hoffentlich – richtige Antwort.

Dies Verfahren ähnelt den Vorgängen beim Computer. Wie der Computer seine Eingabe erhält, so bekommt der Schüler das Lehrprogramm zur Bearbeitung. Ist der Schüler mit der Bearbeitung fertig, gibt er seine Antwort, die der Ausgabe des Computers entspricht.

Dies Verfahren ähnelt den Vorgängen beim Computer. Wie der Computer seine Eingabe erhält, so bekommt der Schüler das Lehrprogramm zur Bearbeitung. Ist der Schüler mit der Bearbeitung fertig, gibt er seine Antwort, die der Ausgabe des Computers entspricht.

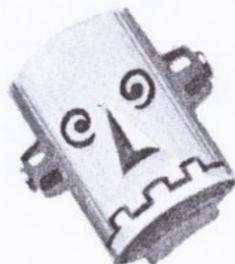


Teilansicht der Lehrmaschine. Sie zeigt die Frage und darunter unsere Antwort. Unten sehen wir die nächste Frage und die richtige Lösung, die wir mit unserer Antwort vergleichen können.

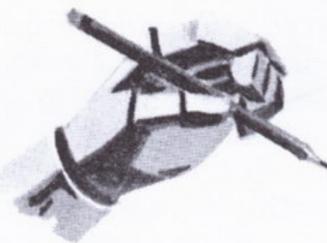


Keine Lehrmaschine kann den Lehrer ersetzen. Aber das programmierte Lernen, wie diese Art des Unterrichts genannt wird, kann den Lehrer

Können Maschinen die Lehrer ersetzen?



entlasten. Mit Hilfe der Maschine können die Schüler manche dazu geeigneten Lernstoffe ohne ständige Hilfe und Kontrolle des Lehrers erarbeiten. Der Lehrer gewinnt Zeit für andere, wichtige Lehraufgaben. Und der Schüler kann seinen Arbeitsgang bestimmen.



Roboter übernehmen die Arbeit

Roboter und Computer übernehmen mehr und mehr Arbeiten, die bisher von Menschen getan wurden. Sicherlich kann der Mensch alles, was diese Maschinen können. Aber um die Berechnungen auszuführen, die die neuesten Elektronengehirne an einem einzigen Tag erledigen können, müßten tausend Menschen ihr Leben lang arbeiten.

Wenn von Robotern und Computern gesprochen wird, fällt meistens auch das Wort Automation. Man versteht darunter die selbsttätige Bedienung, Steuerung und Kontrolle von technischen Vorgängen. Automation ist die Weiterentwicklung der Mechanisierung. Moderne Computer, die sich selbst regulieren, können zur elektronischen Steuerung von Fließbandverfahren eingesetzt werden. Sie können für alle Produktionsverfahren verwendet werden, die elektronisch regelbar sind.

Was ist Automation?

gesprochen wird, fällt meistens auch das Wort Automation. Man versteht darunter die selbsttätige Be-

dienung, Steuerung und Kontrolle von technischen Vorgängen. Automation ist die Weiterentwicklung der Mechanisierung. Moderne Computer, die sich selbst regulieren, können zur elektronischen Steuerung von Fließbandverfahren eingesetzt werden. Sie können für alle Produktionsverfahren verwendet werden, die elektronisch regelbar sind.

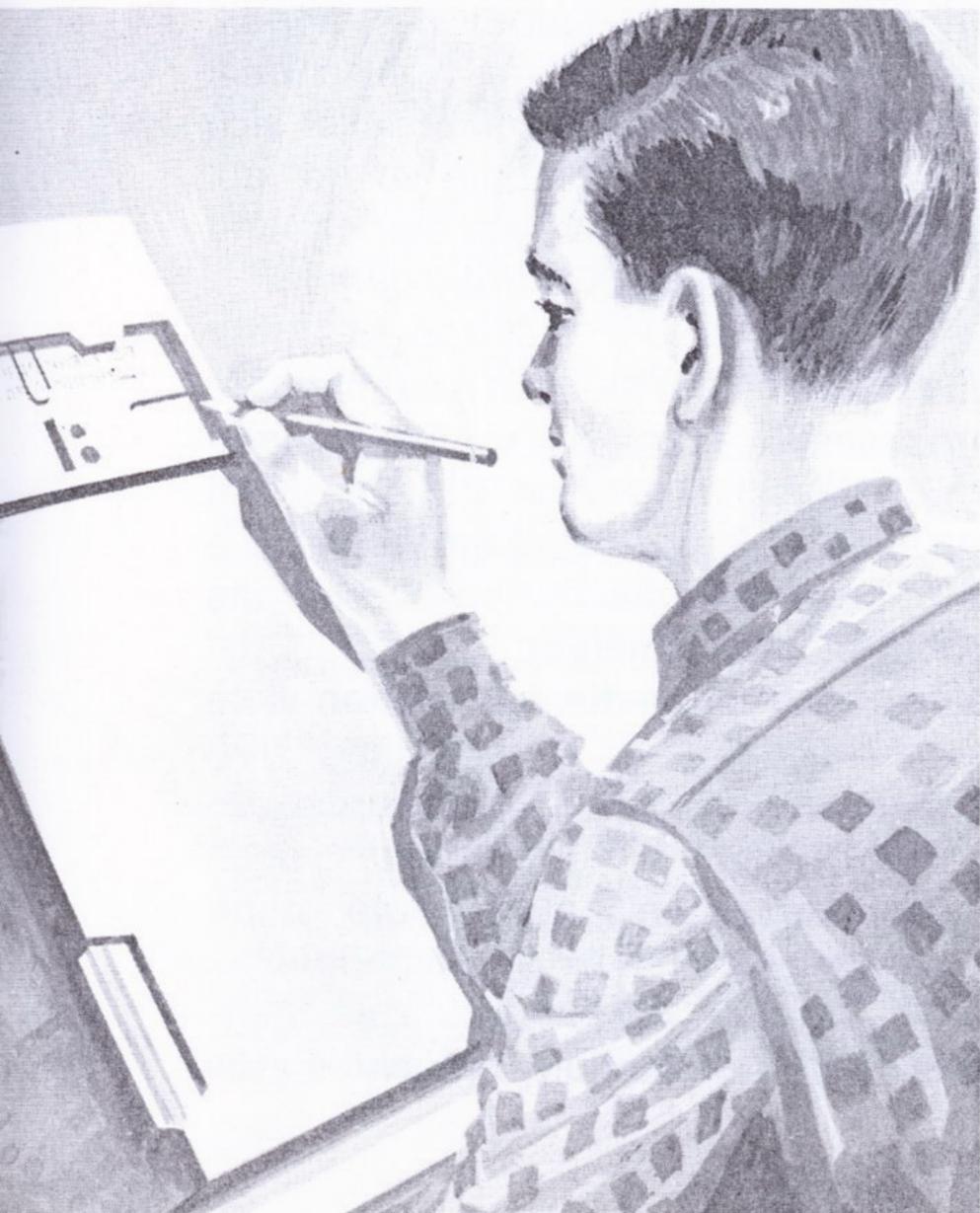
Wenn wir von Automation sprechen, meinen wir also Maschinen, die ihre Arbeitsvorgänge selbsttätig regulieren und wenn nötig selbst korrigieren. Dafür ist die **Rückkopplung** notwendig. Sie macht es möglich, daß die Maschine ihr eigenes Erzeugnis überprüft, mit dem ihr erteilten Auftrag vergleicht und Fehler korrigiert.

Was ist Rückkopplung?

meinen wir also Maschinen, die ihre Arbeitsvorgänge selbsttätig regulieren und wenn nötig selbst

korrigieren. Dafür ist die **Rückkopplung** notwendig. Sie macht es möglich, daß die Maschine ihr eigenes Erzeugnis überprüft, mit dem ihr erteilten Auftrag vergleicht und Fehler korrigiert.

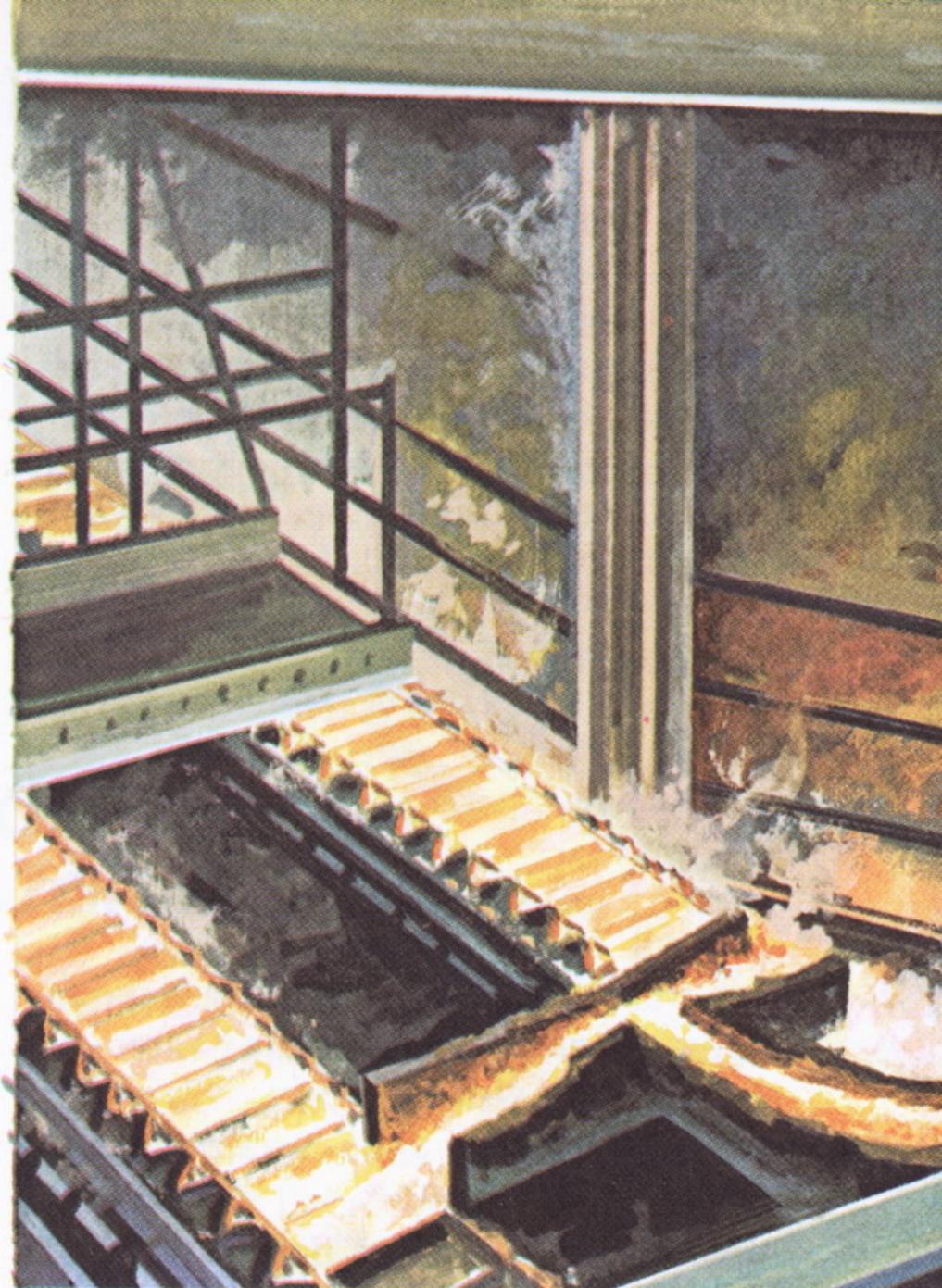
Ein Rückkopplungsgerät ist zum Beispiel der Thermostat, den wir von der



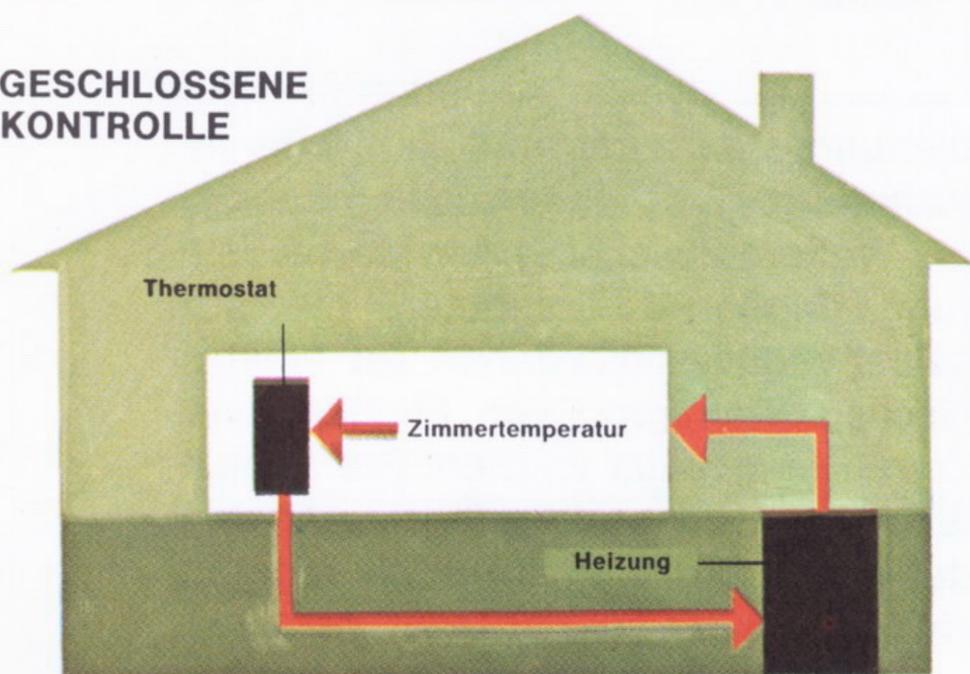
Ein Mann am Kontrollpult bedient die komplizierten Arbeitsgänge in einem Stahlwerk.

Zentralheizung oder vom Kühlschranks kennen. Nehmen wir an, der Thermostat im Kühlschrank sei auf 5°C eingestellt. Wenn die Temperatur höher

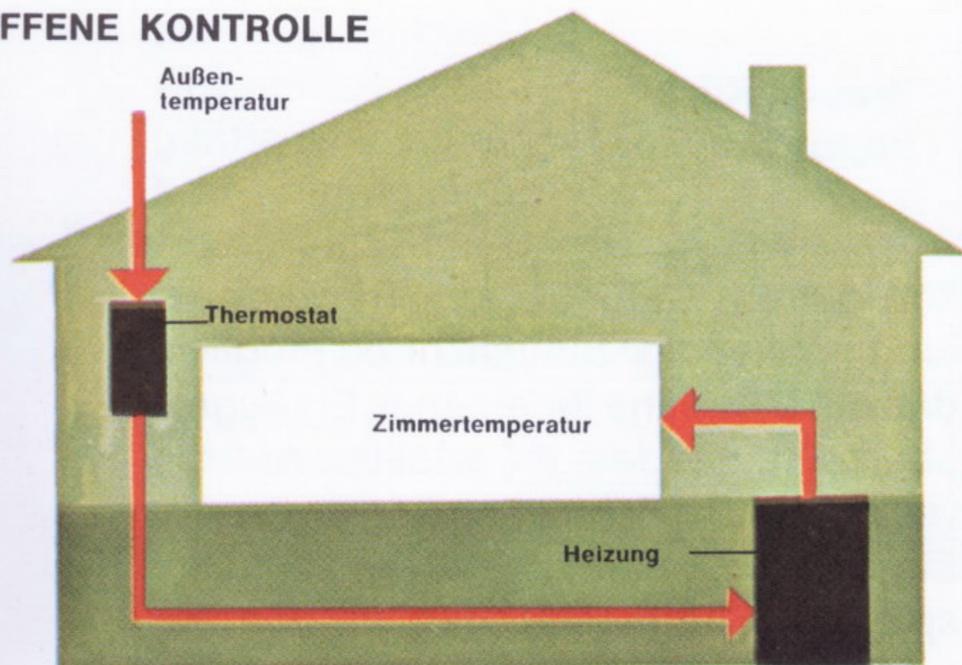
Der Thermostat gibt ein typisches Beispiel für geschlossene Kontrolle oder den Arbeitsgang mit Rückkoppelung. Heizofen, Raumtemperatur und Thermostat sind so miteinander verbunden, daß irgendeine Veränderung in einem der drei Komponenten eine Veränderung in den anderen verursacht. Wie wichtig die geschlossene Kontrolle ist, können wir uns klarmachen, wenn wir uns das gleiche Beispiel etwas anders vorstellen: Das Thermometer befindet sich nicht im Zimmer, sondern hängt draußen. In diesem Fall „informiert“ es den Thermostaten über die Außentemperatur. Der Thermostat wird den Heizofen anstellen, wenn die Außentemperatur einen bestimmten niedrigen Punkt erreicht hat, und er wird ihn wieder abstellen, wenn sie über einen bestimmten Punkt gestiegen ist. Die wirkliche Raumtemperatur wird jedoch nicht zum Thermostaten rückgekoppelt. Das bedeutet: Wenn es draußen längere Zeit sehr kühl ist, wird der Heizofen angestellt sein, ohne Rücksicht darauf, ob wir im Zimmer schwitzen.



GESCHLOSSENE KONTROLLE



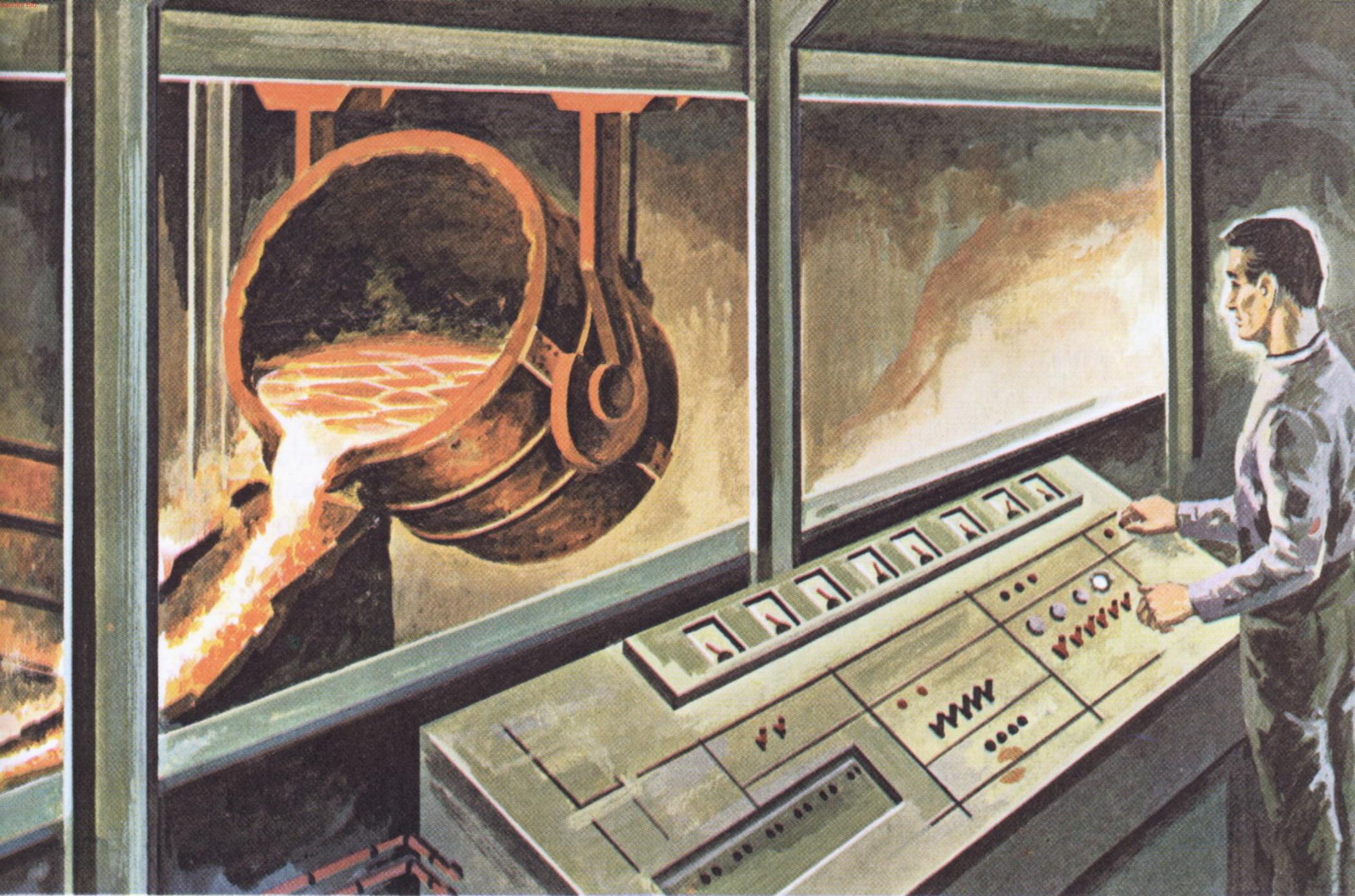
OFFENE KONTROLLE



steigt, koppelt der Thermostat seine Messung an das Kühlsystem zurück; dies schaltet sich automatisch ein und bleibt solange in Tätigkeit, bis der Thermostat die Angabe rückkoppelt, daß die Temperatur im Kühlschrank wieder 5°C beträgt; dann schaltet sich das Kühlsystem selbsttätig wieder ab. Dies Spiel wiederholt sich ständig und wird geschlossene Kontrolle genannt. Heutzutage ist der Elektronenrechner das „Gehirn“ der meisten Automationsprozesse. Er koppelt die Anweisungen an die Maschine zurück, die die Arbeit ausführt – in der gleichen Weise, wie der Thermostat die Temperatur an das Kühlsystem rückmeldet.

Wenn auch durch die Automation viele Arbeitskräfte freigesetzt werden, so entstehen doch auch viele neue Arbeitsmöglichkeiten. Das Zeitalter der Automation braucht Fach-

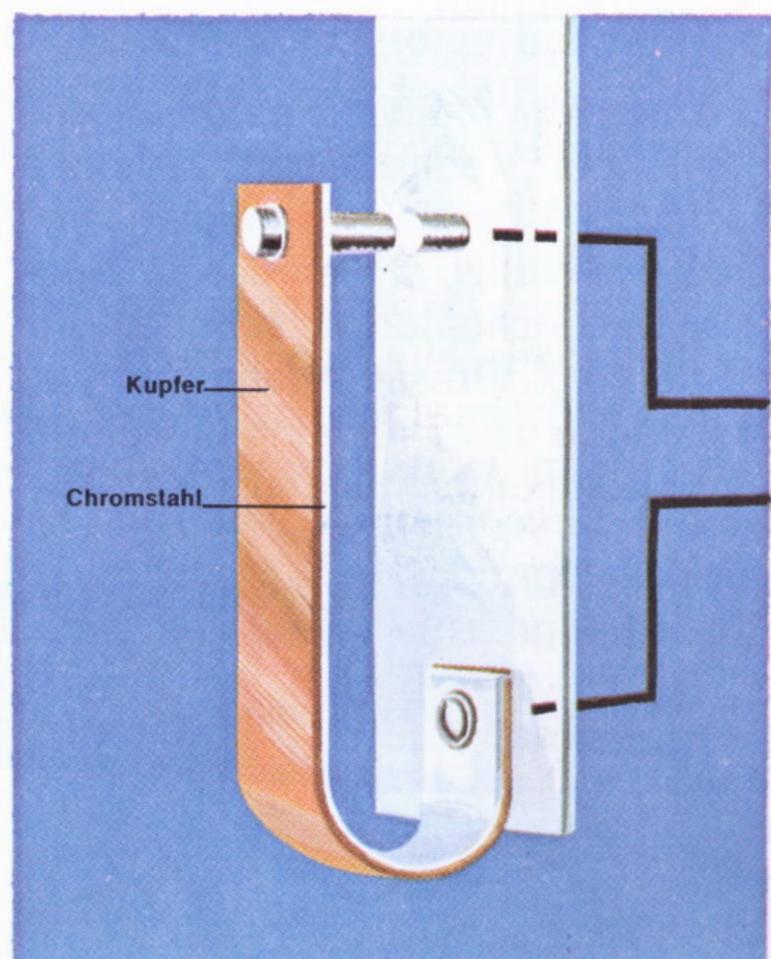
Macht die Automation viele Menschen arbeitslos?



kräfte, die imstande sind, automatisierte Maschinen zu entwerfen, zu bedienen und zu reparieren. Es schafft neue Berufe wie den Operator und den Programmierer. Das Zeitalter der Roboter und Elektronengehirne sollte imstande sein, den Hunger aus der Welt zu schaffen. Es sollte den Menschen mehr Muße und einen höheren Lebensstandard bringen. Die sicherlich weitreichenden Folgen der Revolution, die

Die wenigsten wissen, wie ein Thermostat wirklich arbeitet. Er ist ein sehr genaues Thermometer. Seine Wirkungsweise beruht darauf, daß verschiedene Metalle sich bei Temperaturänderungen verschieden ausdehnen und zusammenziehen. Die meisten Thermostaten besitzen einen gebogenen Metallstreifen, die — wie die Abbildung zeigt — auf der einen Seite aus Kupfer und auf der anderen Seite aus Chromstahl besteht. Der Streifen biegt sich nach innen, wenn die Temperatur ansteigt, und nach außen, wenn sie sinkt, weil das Kupfer sich bei steigender Temperatur mehr ausdehnt als der Chromstahl. Biegt sich der Streifen nach innen, wird ein Stromkreis geschlossen und dem Heizofen der Strom entzogen. Sinkt die Temperatur wieder, biegt sich der Streifen nach außen, wird der Strom zum Heizofen geleitet.

durch die Computer in unserer gesamten Wirtschaft erst eingeleitet worden ist, lassen sich im einzelnen noch nicht abschätzen. Es wird vieler Bemühungen von seiten der Arbeitgeber, der Arbeitnehmer und der Regierungen bedürfen, damit die Automation zum Segen und nicht zum Fluch der Menschheit wird.



Die Automation in der Praxis

In unserer Welt der fortgeschrittenen Technik ist die Automation nicht nur die modernste und billigste Arbeitsmethode. Sie ist in vielen Fällen zur einzig anwendbaren Arbeitsweise geworden.

Computer und Roboter sind unentbehr-

Wie wird die Automation im Nachrichtenwesen verwendet?

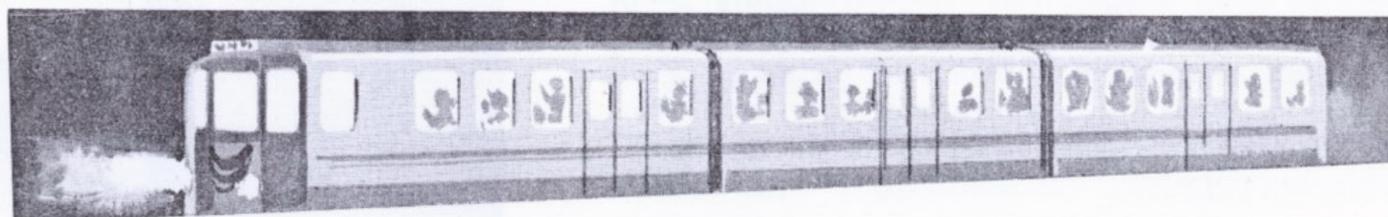
liche Hilfsmittel für unser Telefonsystem. Früher mußte bei einem Anruf ein Telefonist die Verbin-

dung mit der Hand herstellen. Heute kann man mit Hilfe maschineller Anlagen die gewünschten Nummern über weite Strecken selbst wählen. Magnetbänder registrieren automatisch, wann das Gespräch stattfindet, die Dauer des Gesprächs, die Nummer des Wählenden und die gewählte Nummer.

Ohne Automation könnte unser Telefonsystem den heutigen Anforderungen nicht genügen. Vielleicht könnte die Post genügend Telefonisten einstellen; aber die Kosten für ein Telefongespräch wären dann so hoch, daß sich nur sehr wohlhabende Leute ein Telefon leisten könnten.

Große Postämter haben automatische Einrichtungen, die täglich Zehntausende von Briefen abstempeln und nach der Postleitzahl sortieren. Auch andere Nachrichtenorganisationen, wie der Rundfunk, Presse-Agenturen, Zeitungsverlage usw., verwenden vielerlei automatische Einrichtungen.

In Zukunft werden immer mehr Untergrundbahnen ohne menschlichen Zugführer verkehren.



Noch vor wenigen Jahren gehörte es

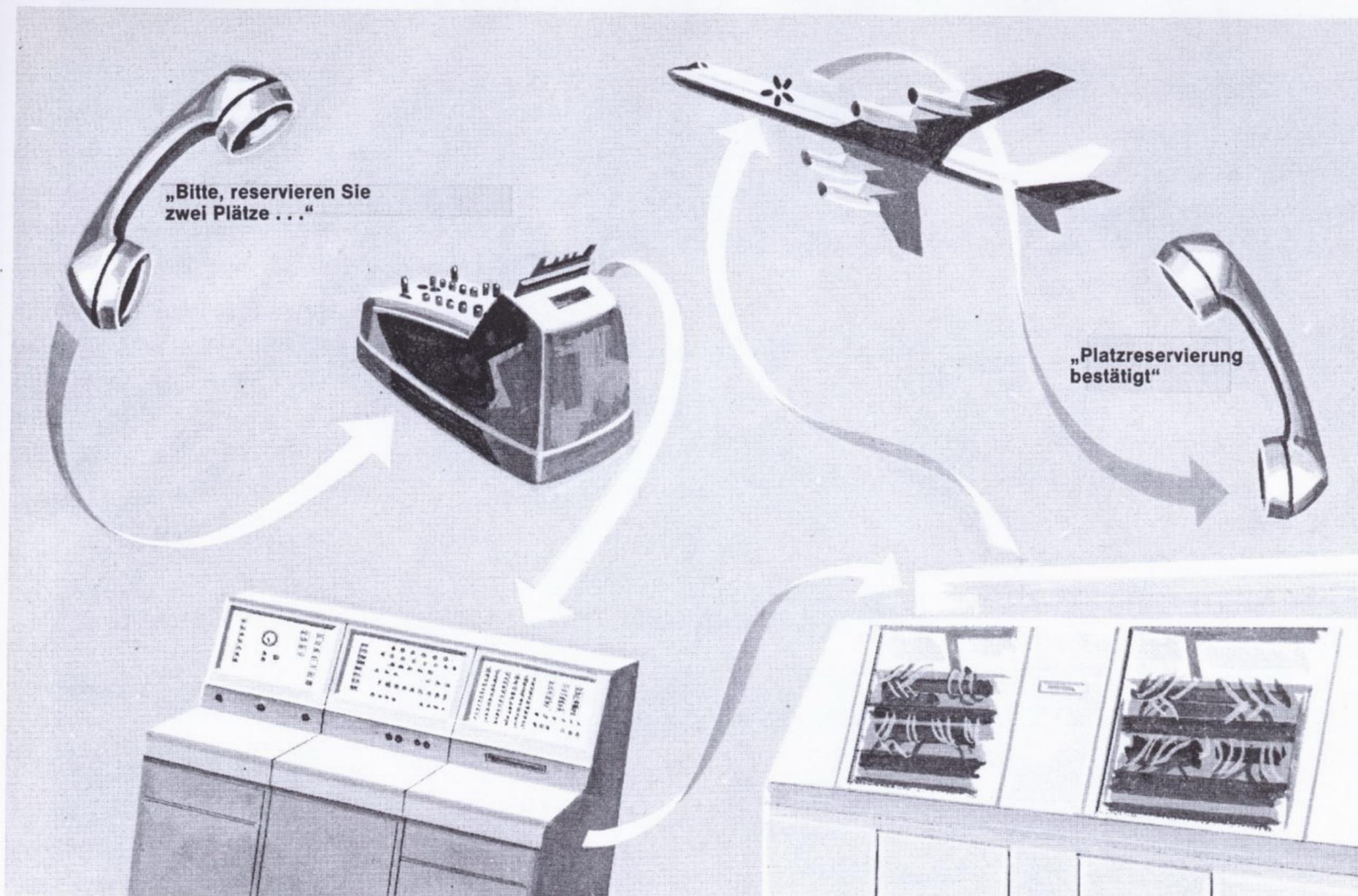
Wie nützt die Automation dem Reiseverkehr?

fast zur Regel, daß ein Reisender mit Verzögerungen und manchem Durcheinander rechnen mußte,

wenn er eine größere Reise vorhatte und sich einen Platz in einem Flugzeug reservieren ließ. Wenn man weiß, wie früher die Platzbestellungen vorgenommen wurden, kann man sich nicht wundern, daß es nicht klappte.

Ging man in ein Reisebüro, um einen Flug von Hamburg nach München zu buchen, für ein Flugzeug, das an einem bestimmten Tag zu einer bestimmten Stunde in Hamburg starten sollte – wie konnte der Angestellte am Schalter wissen, ob noch ein Platz frei war? Das festzustellen, war ziemlich mühsam. Er mußte ein zentrales Reservierungsbüro anrufen, wo die zur Verfügung stehenden Plätze auf einer großen Tafel angegeben waren. Wenn noch ein Platz frei war, wurde er verkauft, und die Angaben auf der Tafel wurden geändert. Doch manch einer geriet in die mißliche Lage, daß 89 Plätze für ein Flugzeug mit 88 Sitzen verkauft worden waren.

Mehr als 50 Millionen Menschen benutzen jährlich fahrplanmäßige Flugzeuge. Ohne Automation wäre eine schnelle und zuverlässige Platzreservierung nicht mehr möglich. Die meisten größeren Fluggesellschaften verwenden heute Computer, die für diesen besonderen Zweck konstruiert sind. Es ist ein kastenförmiger Apparat, der mit einem



Durch die Platzreservierung mittels elektronischer Geräte können die Flugbüros sofort alle Angaben über vorbestellte Plätze in den Flugzeugen und sogar Informationen über Ausweichmöglichkeiten erhalten.

zentralen Speicher verbunden ist. Vom Speicher werden alle Angaben registriert und übermittelt. Wenn eine Metallplatte in den Kasten geschoben und eine Reihe von Knöpfen gedrückt wird, erhält der Angestellte am Schalter schnell und zuverlässig die Nachricht, ob noch ein Platz für den gewünschten Flug zur Verfügung steht. Der Kasten ist mit einer Lampe ausgerüstet, die aufleuchtet, wenn das Elektronengehirn feststellt, daß das menschliche Gehirn bei der Anfrage einen Fehler gemacht hat.

Eisenbahn- und Autobuslinien verwenden ähnliche Systeme, um Fahrplätze zu reservieren. Bei Eisenbahnen und Untergrundbahnen geht man dazu über, die menschlichen Zugführer durch automatische Roboter zu ersetzen.

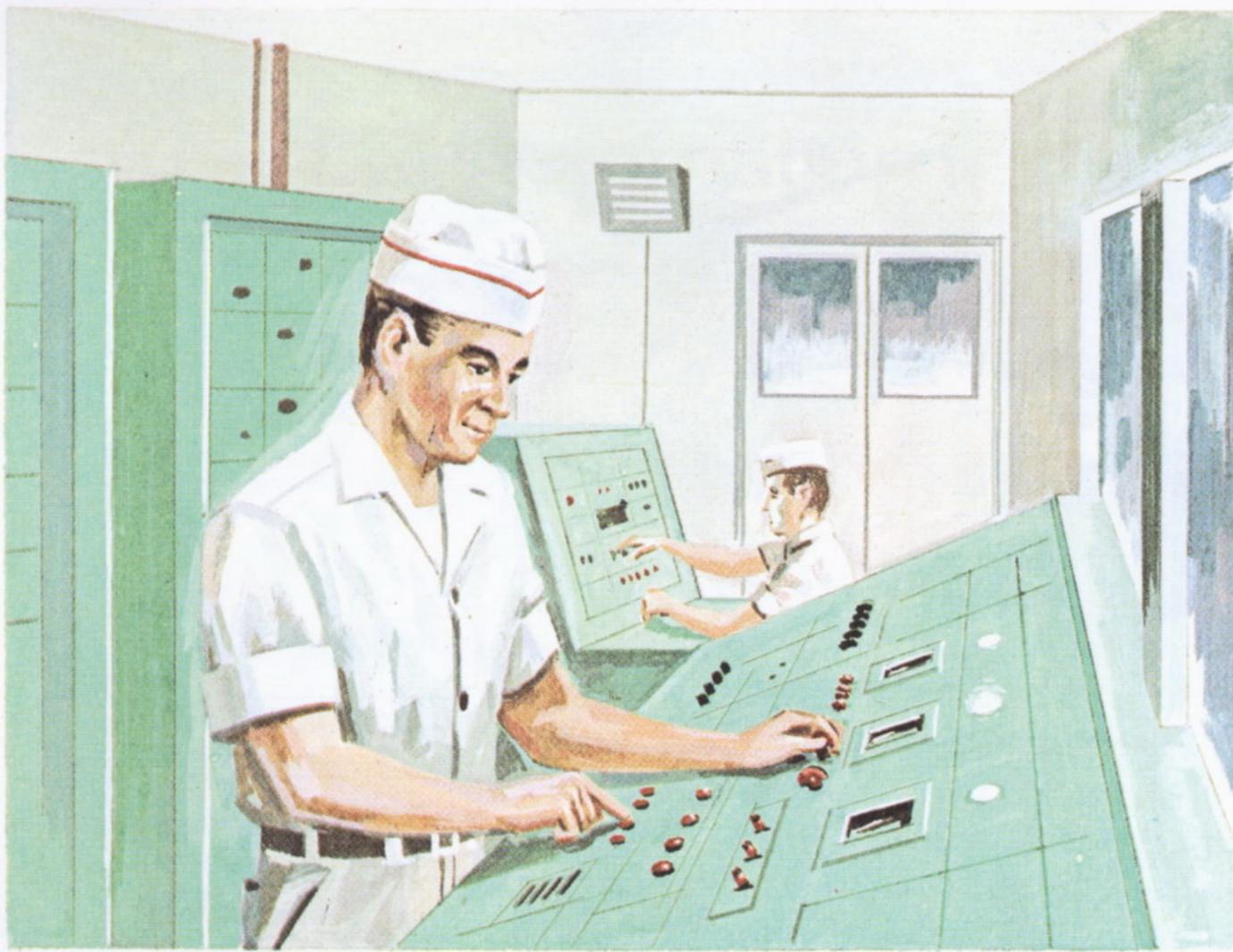
Automatische Kontrollen haben in ver-

**Wie wird die
Automation in
der Industrie
verwendet?**

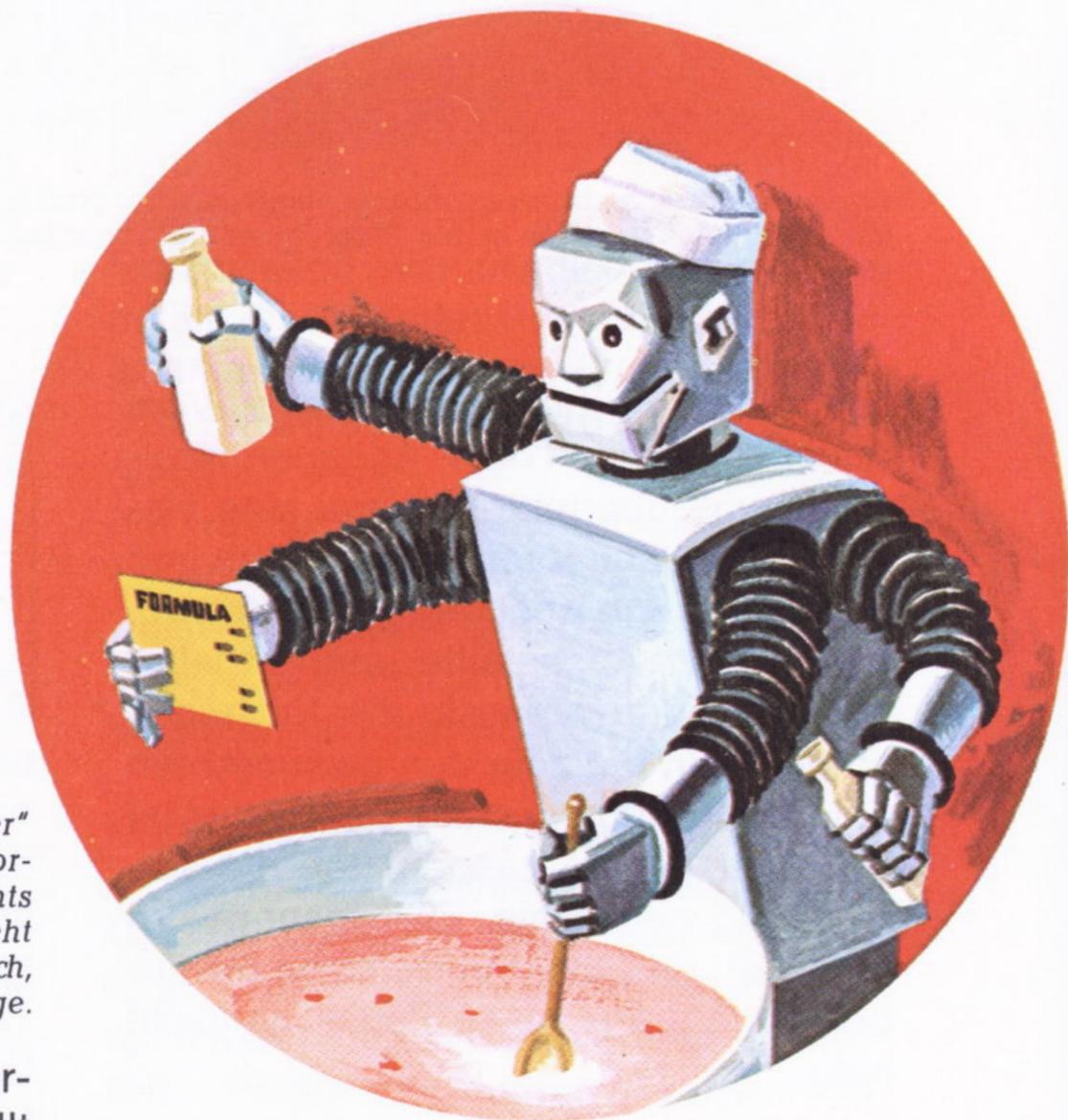
schiedenen Industrien die menschliche Arbeitskraft weitgehend ersetzt. Die Arbeiten in Ö raffinerien

und in chemischen Fabriken werden heute vom Rohmaterial bis zur Verladung aufs Schiff vollautomatisch betrieben. Zur Kontrolle der gesamten Vorgänge sind nur noch einige wenige Techniker nötig, die in einer zentralen Überwachungsstelle tätig sind.

In unserer modernen Gesellschaft sind die Bedürfnisse der Menschen sehr gestiegen. Die Waren sollen immer schneller und billiger hergestellt werden. Darum hat sich die Nachfrage nach automatischen Anlagen sprunghaft vergrößert. Selbst komplizierte Präzisionsgeräte können durch automatisierte



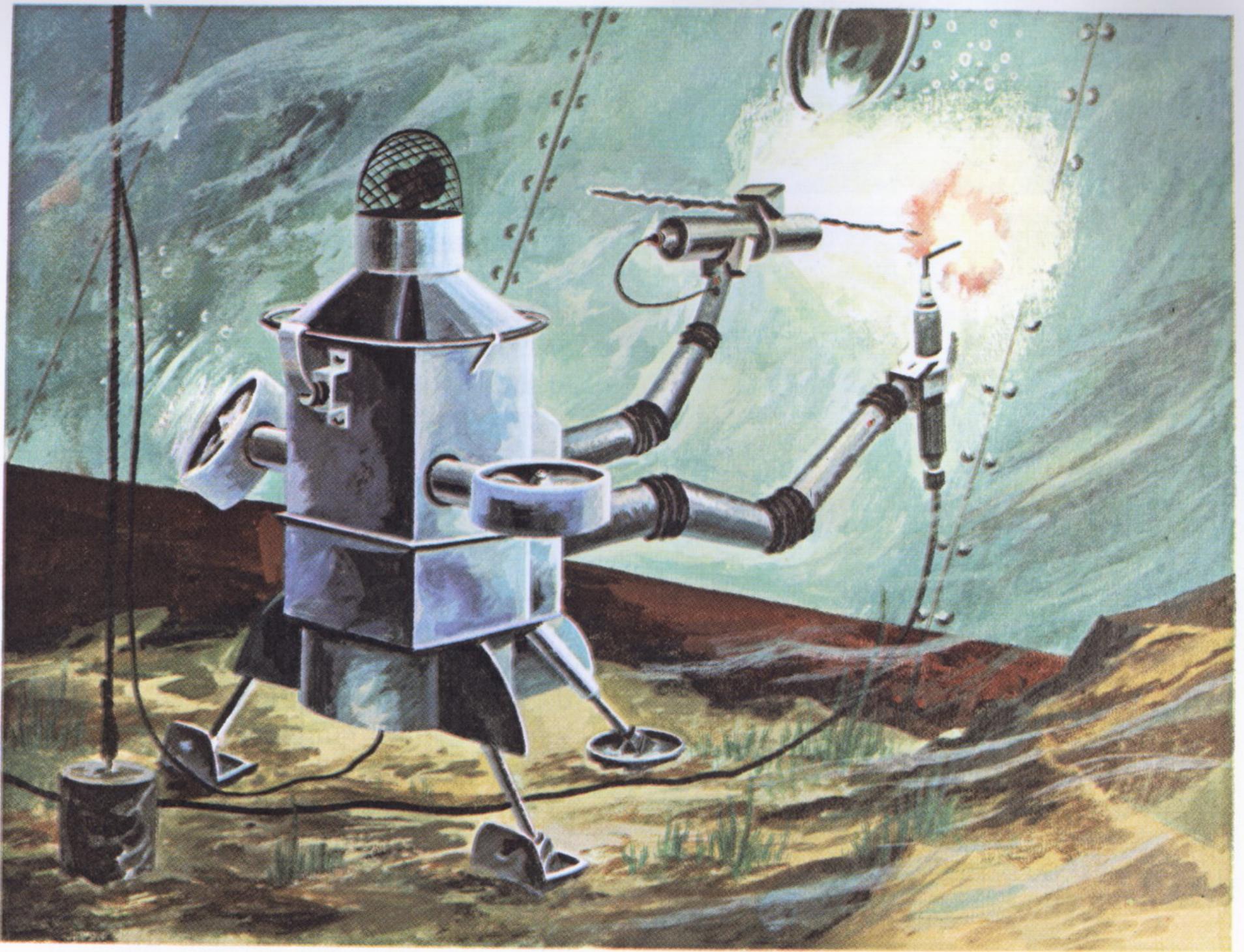
Das Leitwerk einer vollautomatischen Speiseeismaschine. Es berechnet Speiseeis-Rezepte und überträgt die Ergebnisse auf Lochkarten. Diese Angaben werden in eine solche Form übersetzt, daß die Rohmaterialien in der richtigen Mischung in die Mischgefäße fließen.



Wenn jemand von einem „Speiseeis-Roboter“ hört, wird er sich ihn wahrscheinlich so vorstellen, wie der Roboter auf der Abbildung rechts aussieht. Der wirkliche Speiseeis-Roboter sieht aber nicht aus wie ein Konservendosenmensch, sondern eher wie eine elektronische Rechanlage.

Maschinen in reibungslosen, ununterbrochenen Arbeitsgängen hergestellt werden. Und überall, wo mit Atomenergie gearbeitet wird, müssen Automationsanlagen verwendet werden, weil der Mensch wegen der gefährlichen Strahlung, die die Atomspaltung begleitet, nicht in unmittelbarer Nähe der Reaktoren arbeiten kann.

Viele automatische Anlagen sind in unserem täglichen Leben schon so selbstverständlich geworden, daß die meisten Menschen sie gar nicht mehr wahrnehmen. Öffentliche Gebäude haben Selbstbedienungsfahrräder; Rolltreppen und Türen setzen sich in



Der MOBOT kann viel besser als ein Mensch in großen Tiefen unter Wasser arbeiten.

Bewegung, sobald jemand sie benutzen will; schon gibt es Einrichtungen, die den Benutzern über Tonband Anweisungen geben, wie sie sich bei Störungen zu verhalten haben.

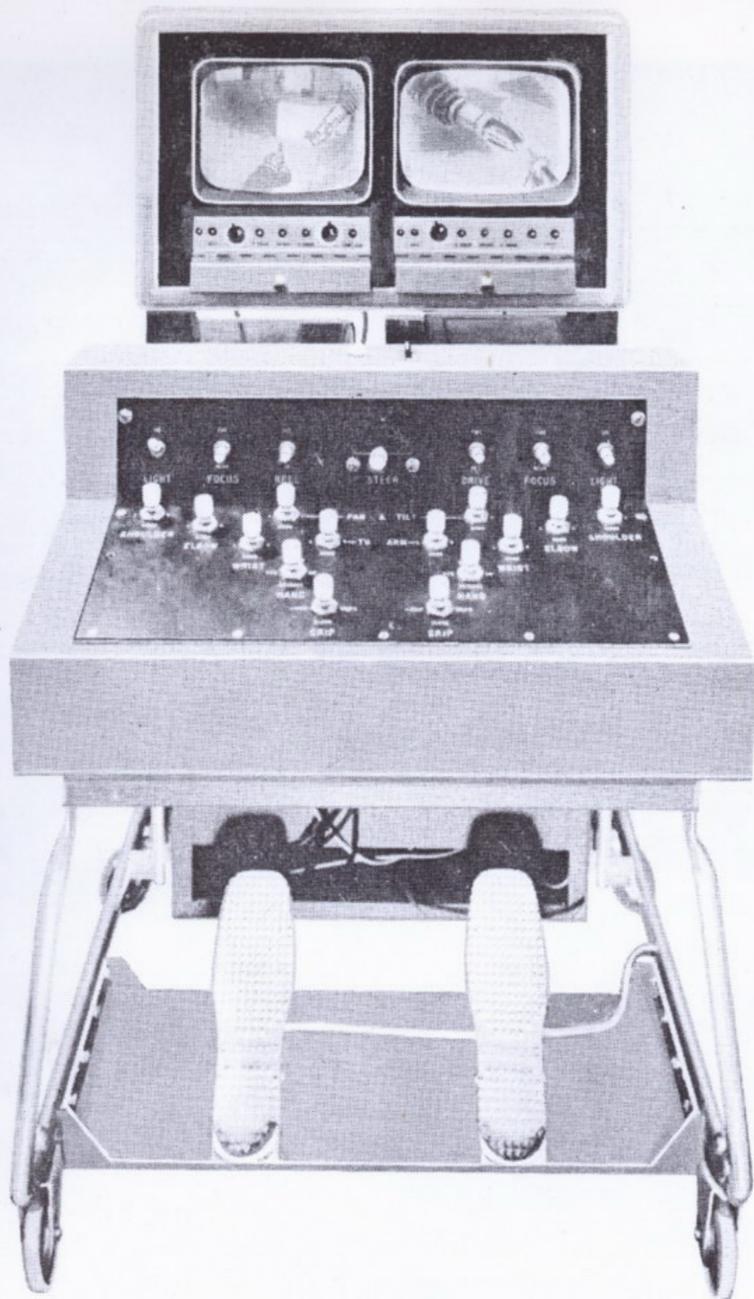
Während der letzten beiden Jahrzehnte hat das Interesse an der Meeresforschung immer mehr zugenommen. Das Meer ist eine unerschöpfliche

Wie helfen Roboter in der Meeresforschung?

Quelle für Nahrung und Rohstoffe. Man braucht darum immer mehr und immer bessere Geräte, die schwierige Unterwasserarbeiten ausführen können. Roboter, die besonders dafür gebaut sind, werden für folgende Aufgaben verwendet:

- Aufstellen und Einrichten von Unterwasser-Forschungsgeräten;
- Bedienung und Kontrolle von Unterwasser-Anlagen;
- Erforschen und Sammeln von Bodenproben auf dem Meeresboden;
- Aufspüren von Objekten, die im Ozean verlorengingen;
- Unterwasserarbeiten in Verbindung mit Ölbohrungen;
- Unterwasser-Bergbau;
- Bauarbeiten unter Wasser;
- Anbringen von Leinen, Haken, Schlingen u. a. an Objekten unter Wasser;
- geologische und andere wissenschaftliche Forschungen unter Wasser;
- landwirtschaftliche Unterwasserarbeiten.

Wie die obige Abbildung zeigt, kann der MOBOT für viele dieser Unterwasserarbeiten eingesetzt werden. Dieser Roboter kann sehen, hören, tasten; er



Der telemetrische Kontrollstand wird zur Überwachung des Unterwasser-Mobots (siehe Seite 45) verwendet.

kann mit Bohrern, Schneidbrennern, Schraubenschlüsseln und anderen Spezialwerkzeugen umgehen; er kann an seinen Arbeitsplatz gehen, dem Leitstand Meldung geben, seine Aufgaben ausführen, mit unvorhergesehenen Zwischenfällen fertig werden, Beurteilungen abgeben – alles auf Anweisung des Operators an Bord des Schiffes auf der Meeresoberfläche.

Unter Telemetrie verstehen wir das

Was ist Telemetrie?

Verfahren, Informationen an einem Ort zu erkunden und zu registrieren und sie automatisch an einen

anderen Ort zu übertragen. Viele bekannte Einrichtungen bedienen sich der Telemetrie. Zum Beispiel gibt der Temperaturanzeiger am Armaturenbrett vieler Autos dem Fahrer am Lenkrad an, wie hoch die Temperatur an einer ande-

ren Stelle des Autos, im Innern des Motors ist. Bei den Robotern wird ebenfalls Telemetrie verwendet, wenn sie ihre Messungen oder ausgeführten Aufträge dem Leitstand melden. Man braucht Telemetrie auch für die Unterwasser- und für die Weltraumforschung.

Es kann kein Zweifel darüber bestehen,

Kann der Roboter mehr als der Mensch?

daß Maschinen mehr und mehr Arbeiten übernehmen und sie besser ausführen werden als der

Mensch. An Maschinen haben wir uns längst gewöhnt, besonders an solche, die Schwerarbeit übernommen haben. Vergleichen wir nur einmal einen Mann und eine Schaufel mit einer Planier- raupe, wenn große Erdmassen bewegt werden sollen.

Wir sollten uns nun mit dem Gedanken vertraut machen, daß die Maschine den Menschen auch bei solchen Arbeiten übertreffen kann, von denen man bis vor kurzem annahm, sie seien dem menschlichen Gehirn vorbehalten. Eine elektronische Rechenanlage kann ein Problem in einer Stunde erledigen, das einen Mathematiker mit Papier und Bleistift jahrelang beschäftigen würde. Vergessen wir aber nicht, daß eine Maschine nur das ausführen kann, was ihr im einzelnen aufgetragen wird. Sie kann niemals mehr tun; sie tut weniger oder gar nichts, wenn eine Sicherung durchbrennt oder der Strom ausfällt. Und handelt es sich um Werturteile, um Urteile der Vernunft, kann die Maschine nicht mithalten.

Nicht zufällig ist es so, daß der Mensch vieles kann, was die Maschine nicht kann und umgekehrt. Der Mensch hat die Maschine gebaut. Er bändigte die Naturkräfte, um seine Kräfte zu erweitern, und er entwarf automatische Vorrichtungen, um sich von unerfreulichen,

sich stets wiederholenden Aufgaben zu befreien.

Da der technische Fortschritt immer weitergeht, werden Maschinen vermutlich mehr und mehr von unseren gewohnten Arbeiten übernehmen; aber sie werden nur das Werkzeug des Menschen sein, das er gebraucht. Die Maschinen werden Muskeln und Gehirn ergänzen; der Mensch wird Intelligenz, Voraussicht, Unternehmungsgeist und andere, nur ihm eigene, humane Fähigkeiten anwenden, um seine Vorhaben

zu bewältigen. Und es ist zu wünschen, daß er künftig die mächtigen Hilfsmittel, die er selbst geschaffen hat, ausschließlich zu humanen Zwecken verwendet.

Trotz vieler Zukunftsromane und Gruselfilme werden die Maschinen niemals die Weltherrschaft übernehmen. Maschinen ohne Menschen sind ebenso nutzlos und hilflos wie ein Hammer oder ein Schraubenzieher, wenn keine Hand da ist, die ihn führt.

Computer-Sprache

ABFRAGEEINRICHTUNG – Ein Gerät, das dazu dient, mit dem Computer zu „sprechen“ und eine schnelle Antwort zu erhalten, wenn besondere Fragen auftauchen wie etwa: „Wie viele Hämmer haben wir auf Lager?“ oder: „Wann haben wir zuletzt Seifenpulver bestellt und in welcher Menge?“

ADRESSE – Bezeichnung (in Zahlen oder Buchstaben oder auch in beidem), wo ein besonderer Teil der Eingabe im Speicher gefunden werden kann.

ADRESSIEREN – Ein bestimmter Teil der Information wird aus dem Speicher abgerufen oder in ihn hineingegeben.

ANALOGRECHNER – Ein Computer, der meßbare Quantitäten, wie Spannung, Widerstand, Drehzahl, in Zahlen übersetzt und umgekehrt.

ANWEISUNG (Instruktion) – Die verschlüsselte Mitteilung an den Computer, was er für eine einzelne Operation des Programms zu tun hat.

AUSGABE (output) – Ergebnisse des Computers als Antwort auf mathematische Fragen in Form von Produktionsplänen, analytischen Berechnungen, statistischen Berechnungen oder was immer gewünscht wird.

AUSGABEWERK – Der Teil der Rechenanlage, der die Ergebnisse nach der Prozessierung in die übliche oder endgültige Form übersetzt.

BINÄRE ZAHLEN – Ein Zahlensystem, das für Computer verwendet wird. Es hat nur zwei Zahlen, 0 und 1, die der Computer auch durch Lichtzeichen („an“ und „aus“) ausdrücken kann.

CODE – Ein System von Symbolen und Regeln, das dem Computer vermittelt, wie er eine Information bearbeiten soll – wo er sie erhält, was damit zu tun ist, wohin sie zu verbringen ist, wie der jeweils nächste Programmschritt sein soll usw. (Siehe Programm.)

COMPUTERWORT – Eine Reihe von Nullen und Einsen, die zu Gruppen zusammengefaßt sind. Diese Wörter sind dem Computer verständlich. Sie können Zahlen, Buchstaben oder andere symbolische Zeichen bedeuten.

DATEN – Angaben über Einzelheiten bestimmter Sachverhalte, die dem Computer als Informationen eingegeben werden.

DATENREDUZIERUNG – Die Aufgabe des Computers, große Mengen von unbearbeiteten Daten auf ihre einfachste Form zurückzuführen und zweckentsprechend zu ordnen.

DIGITALRECHNER – Ein Computer (oder Rechenapparat), der mit Zahlen arbeitet, mit denen er alle Eigenschaften und veränderlichen Faktoren eines Problems darstellt. In den meisten Digitalrechnern werden die Zahlen durch elektrische oder elektronische Impulse ausgedrückt.

DRUCKER (Schnelldrucker) – Ein Ausgabegerät, das die Computer-Ergebnisse in Zahlen, Wörtern oder Symbolen gedruckt wiedergibt.

EINGABE (input) – Computer-Futter in Form eines neuen Programmes oder eines Teils davon.

GEDÄCHTNIS – (siehe Speicher).

GESPEICHERTES PROGRAMM – Eine Reihe von Anweisungen, die im „Gedächtnis“ des Computers gespeichert sind und je nach Bedarf im laufenden Programm bearbeitet werden können.

KANAL – Einbahn-Verkehrsweg für den Fluß der Informationen in den Computer oder zum und vom Speicher.

LEITWERK – Die Zentrale des Elektronengehirns. Sie schreibt eine Kette von Instruktionen vor (ein Programm) für jedes Bündel von Tatsachen oder Gegebenheiten, das in die Anlage hineingegeben wird. Sie kann gespeicherte Angaben abrufen, wenn sie während des Programms benötigt werden. Sie kann die Ergebnisse jedes einzelnen Schrittes überprüfen und die nächsten Schritte auswählen. Ist ein Eingabebündel bearbeitet worden, gibt das Leitwerk gewöhnlich die Anweisung, mit dem nächsten zu beginnen.

LOGISCHE ENTSCHEIDUNG – Zwischen zwei oder mehreren Möglichkeiten wird die richtige Entscheidung getroffen – etwa zwischen Belastung oder Gutschrift oder ob eine Ersatzbestellung vorzunehmen ist oder nicht.

MAGNETISCHER BANDSPEICHER – Rollen aus metallischem oder Kunststoffband mit magnetisierbarer Oberfläche. Es werden keine Löcher eingestanzte wie beim Papierband, sondern die Daten werden durch einen magnetischen Vorgang darauf gespeichert. Sie können durch Aufnahmeköpfe gelesen, gelöscht, aufgenommen oder ersetzt werden.

MAGNETISCHER KERNSPEICHER – Ein Speichertyp, der einen Kern aus magnetischem Material enthält, der mit Draht umwickelt ist. Der Kern kann magnetisiert werden, um die binären Zahlen darzustellen. Er ermöglicht einen sehr schnellen Zugang der Zahlen zum und ihren Abruf vom Speicher.

MAGNETISCHER TROMMELSPEICHER – Ein Metallzylinder mit magnetisierter Oberfläche, der sich in einem Mantel mit Lese- und Schreibköpfen dreht. Die Adresse einer jeden Teil-Information, die auf der Trommel gespeichert wird, ist registriert.

PROGRAMM – Eine Reihe von Anweisungen, die dem Computer genau vorschreiben, wie er ein Gesamtproblem zu bearbeiten hat – ganz gleich, um was es sich handelt. Meistens schließt das Programm eine Entscheidungsmöglichkeit ein. Im allgemeinen bilden die Programmschritte

einen vollständigen Arbeitsgang. Jedes eingegebene Datenbündel (Einheit der Information) durchläuft den ganzen Arbeitsgang von Anfang bis Ende; dann durchläuft ihn die nächste Einheit und so fort.

PROGRAMMIEREN – Das Planen des gesamten Arbeitsvorganges von der Eingabe bis zur Ausgabe und das Einrichten des Leitwerks, um die Prozessierung durchzuführen.

PROGRAMMIERER – Die Person, die das Programm aufstellt.

PROZESSIERUNGSEINHEIT – Der Teil der Anlage, der die Umwandlung der Eingabe in die Ausgabe vornimmt. Er umfaßt das Rechenwerk und den Zwischenspeicher.

RECHENWERK – Der Teil der Anlage, der das Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren und Dividieren ausführt und die logischen Entscheidungen trifft.

REGISTER – Ein Apparat, in dem Informationen, die zum Speichern oder für andere Zwecke vorgesehen sind, aufbewahrt werden.

RÜCKGRIFFSZEIT – Die Zeit, die ein Computer braucht, um eine Angabe in seinem Speicher aufzufinden.

SIMULTAN-ZEIT – Die Zeit, die benötigt wird, um die Prozessierung durchzuführen.

SPEICHER (Gedächtnis) – Der Karteikasten des Computers. Er enthält die verfügbaren, manchmal kurzzeitig gültigen Daten, wie Preislisten, Statistiken, Bilanzen usw., und manchmal programmierte Anweisungen. Speicher können sich im Innern der Anlage befinden, als Trommel, Kern oder Dünnschichtfilm; sie können auch gesondert bestehen, mit Papier- oder Magnetbändern oder Lochkarten ausgerüstet.

VERGLEICHEN – Das Überprüfen von alphabetischen, zahlenmäßigen oder symbolhaften Informationen mit Informationen, die verwandt erscheinen, und die Feststellung, ob sie einander genau gleich, ob sie größer oder kleiner sind oder ob sie zu einer Reihe gehören.

ZWISCHENSPEICHER – Das eingegebene Programm durchläuft während seiner Verarbeitung oft eine Serie von Umwandlungen. Der Zwischenspeicher bewahrt jedes Ergebnis der aufeinander folgenden Umwandlungen so lange wie nötig auf.