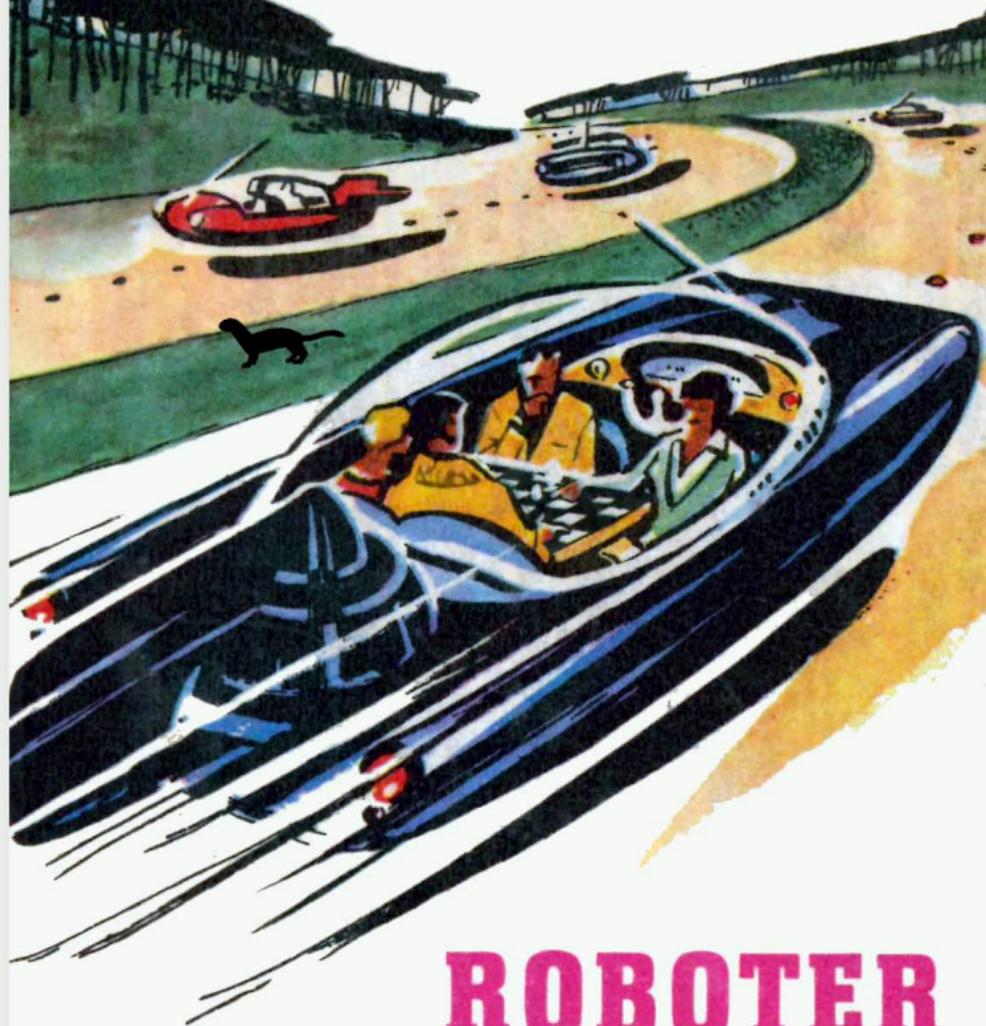


LOTHAR HITZIGER



**ROBOTER
GREIFEN
EIN**





BAND 24

LOTHAR HITZIGER

ROBOTER
GREIFEN
EIN

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

Einband und Illustrationen: Karl-Heinz Birkner

Alle Rechte vorbehalten · Printed in the German Democratic Republic
Lizenz-Nr. 304-270/242/64-(26-VII A)

Satz: Sachsen-Druck Plauen

Druck: Druckerei Thüringer Wald, Hildburghausen V 9/1 · 3. Auflage
ES 9 F

Für Leser von 13 Jahren an

DIE WUNDERWELT DER AUTOMATEN...

Roboter, überall Roboter!

Eine ganze Armee von Robotern bevölkert die moderne Millionenstadt. Auf Schritt und Tritt begegnen wir ihnen – metallenen Körpern mit Armen aus Stahl oder Aluminium und Motoren an Stelle von Herzen.

Doch kein Roboter gleicht dem anderen. Einige sind nur so groß wie winzige Spielzeugpuppen; andere haben die Größe richtiger Menschen aus Fleisch und Blut; wieder andere liegen langgestreckt in riesigen Hallen aus Glas und Beton, die sie ganz für sich allein beanspruchen. Eines aber haben sie alle gemeinsam: Sie kennen keine Müdigkeit. Es gibt nicht einen einzigen Roboter in der ganzen Stadt, der jemals Urlaub genommen oder auch nur eine Mittagspause verlangt hätte.

Unermüdlich, pausenlos, Tag und Nacht, Jahr um Jahr bleiben die stählernen Roboter auf ihren Posten.

Eine Begegnung 8000 Meter über der Erde

Genaugenommen hat unsere Begegnung mit ihnen bereits auf dem Herflug begonnen. Nebel! Nichts als Nebel!



Es ist, als schwimme unser Flugzeug durch dicke weiße Milch. Nebel!

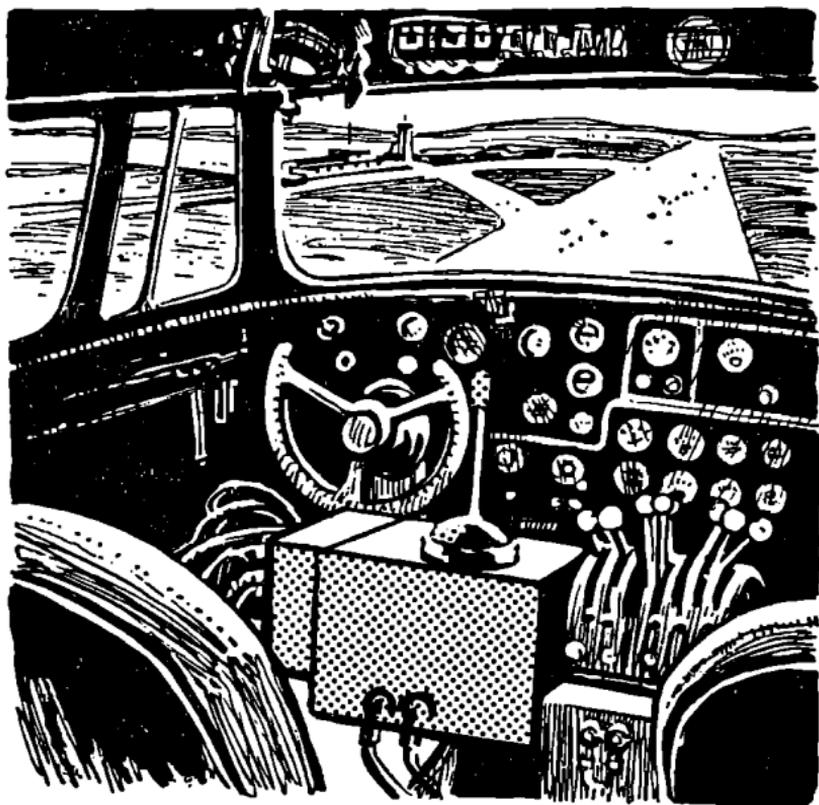
„Wir haben jetzt eine Höhe von 8000 Metern, unsere Fluggeschwindigkeit beträgt 810 Stundenkilometer“, verkündet die nette Stewardesse.

Ein Dicker vor uns erklärt seiner Frau, wie anstrengend es doch für den Piloten sein müsse, unsere schwere TU-110 mit ihren 70 Passagieren bei dieser Geschwindigkeit sicher durch den Nebel zu steuern.

Da öffnet sich die vordere Kabinentür, und aus der Pilotenkanzel kommt der Flugkapitän zu uns herein. Durch den Türspalt sehen wir seinen verwaisten Pilotenplatz. Was denn? Jagen wir führerlos durch diese Waschküche?

„Sagen Sie, Herr Kapitän“, fragt der Dicke vor uns unruhig, „wer steuert denn jetzt das Flugzeug? Bei diesem Nebel?“ Offensichtlich fürchtet er, daß wir jeden Augenblick in die Tiefe stürzen.

Doch seelenruhig erwidert unser Kapitän: „Ein Maschinchen, Genosse, ein Roboter.“ Und dabei huscht ein ganz kleines Lächeln über seine Lippen. Doch unsere fragenden Gesichter verlangen wohl eine deutlichere Erklärung, und so fügt der Kapitän hinzu: „Nein, seien Sie ganz unbesorgt. Bei unserem automatischen Piloten sind wir alle in den besten Händen. Er bedient die Höhen-, Seiten- und Querruder genauso geschickt wie ein menschlicher Flugzeugführer. Aber auch um die Motoren, um Flughöhe und Geschwindigkeit, ja sogar um die kleinste Abweichung vom Kurs kümmert er sich. Außerdem sitzt vorn in der Kanzel natürlich noch der zweite Pilot. Das ist Vorschrift. Doch im Grunde ist er im Augenblick genauso arbeitslos wie ich. Ja, unser Roboter da vorn in der Kanzel beherrscht sogar kompliziertere Flugaufgaben, wie Steig-, Gleit- und Kurvenflüge. Und bei diesem Nebel da draußen führt er die Landung wahrscheinlich geschickter aus als wir alten Hasen. Aber dabei möchte ich ihm doch lieber etwas auf die Finger



Bei unserem automatischen Piloten sind wir alle in besten Händen

sehen.“ Und damit verabschiedet sich der Flugkapitän.

Das war unsere erste Begegnung mit einem Roboter in 8000 Meter Höhe. Doch gleich nach der Landung machten wir noch mit vielen seiner Brüder Bekanntschaft.

Dienstauftrag: „Funkspionage“

Wir stehen gerade noch ein wenig unschlüssig an der Gangway, als unser Flugkapitän um die Maschine herumkommt. Lachend weist er mit ausgestrecktem Arm hinüber zum hohen Kontrollturm des Flughafens: „Dort drüben“, sagt er, „arbeitet ein Bruder unseres automatischen Piloten. Allerdings ist der auf Wettermeldungen spezialisiert. Unermüdlich nimmt er eine Unmenge von Wettermeldungen aus allen Himmelsrichtungen auf, um sie dann innerhalb weniger Minuten zu einer einwandfreien Wetteranalyse zu verarbeiten. Wir Piloten halten sehr viel von den Rechenkunststücken dieses Roboters.“

„Und woher bekommt er seine Wettermeldungen?“ wollen wir wissen.

„Über Funk natürlich. Von den einzelnen Wetterwarten werden alle drei Stunden Luftdruck, Windrichtung und -stärke, Feuchtigkeit und Thermometerstand an die zentralen Wetterstationen gefunkt. Bei den meisten Wetterwarten gibt es dafür besonders ausgebildete Meteorologen und Funker. Aber es gibt auch viele Wetterstationen, in denen sich tagaus, tagein nicht ein einziger Mensch blicken läßt. Hier besorgen Roboter alle Messungen und Arbeiten. Zuverlässig und gewissenhaft.“

Wir staunen. „Das ist ja kaum zu glauben, daß diese Roboter sogar funken können.“

„Aber weshalb denn nicht? Solch einen Funkroboter muß doch zum Beispiel jedes Schiff über 900 BRT sozusagen als Pflichtpassagier an Bord nehmen, wenn es auf große Fahrt geht. Die automatischen „Funkspione“ haben nur die eine Aufgabe, ständig in den weiten Raum der Ozeane hinauszulauschen und den Äther nach SOS-Rufen zu durchforschen. Sobald sie ein Seenotzeichen auffangen, schlagen sie so lange Lärm, bis jemand kommt und sich selbst die Seenotmeldung anhört.“

Nein, davon hatten wir tatsächlich noch nie etwas gehört. Aber unser neuer Bekannter läßt uns nicht viel Zeit zum Staunen. „Ich will auch in die Stadt“, sagt er, „fahren wir doch zusammen. Dabei werden uns sicher noch einige Roboter begegnen. Sehen Sie da drüben die hohen Fabrikschornsteine? Selbst da oben sitzen Roboter. Jeden Abend bei Anbruch der Dämmerung setzen sie für die Dauer der Dunkelheit die grellroten Warnlichter in Betrieb, die uns Piloten bei der Landung vor diesen gefährlichen Hindernissen warnen. Aber auch unten, in den großen Werkhallen am Fuße der Schornsteine, arbeiten Roboter. Sie bohren, schrappen, fräsen, schleifen, schlichten, drehen, läppen, waschen und verpacken schließlich sogar die Werkstücke. Da drüben werden vor allem Motorenteile hergestellt. In anderen Werken hier in der Gegend backen Roboter Brot und produzieren Bonbons, süße duftende Sahnebonbons und gefüllte Pralinen.“

Maschinendetektive bewachen jeden Zug

Inzwischen haben wir den S-Bahnhof erreicht. Ein Roboter verkauft uns die Fahrkarten, während ein anderer die Rolltreppe in Betrieb setzt – genau in dem Augenblick, in dem wir sie betreten. Doch wir haben die Treppe kaum verlassen – da steht sie auch schon wieder still. Offensichtlich ist dieser Treppenroboter auf Sparsamkeit eingestellt.

Während der Fahrt hören wir dann von Robotern, die ohne jede Aufsicht Geschäftsbriefe schreiben, die in knapp vierzig Minuten die Lohnabrechnungen für zehntausend Arbeiter erledigen oder unermüdlich lange Statistiken, Werkstoffbestellungen oder Versicherungsprämien durchrechnen. Wir hören von Robotern, die im Dienste der Kriminalpolizei auf Verbrecherjagd gehen oder unnach-sichtig jeden Verkehrssünder aufzeichnen. Wir hören von anderen, die bei Katastrophen auf Vermißtensuche gehen.

Da gibt es Roboter, die, angefangen von der Taschenlampenbatterie über Badeanzüge bis zum leckersten Braten, Hunderte oder gar Tausende verschiedener Dinge verkaufen, während wieder andere zu einem solchen Roboter Menü die verschiedensten erfrischenden Getränke zurechtmixen. Und das alles bei den Klängen eines Mittagskonzertes, das ein Kollege dieser beiden gastfreundlichen Roboter gegen geringes Entgelt auf unseren Fingerdruck hin zusammenstellt.

Unser Gesprächsthema scheint unerschöpflich. Da gibt es Roboter, die Fahrstühle bedienen, Blinde sicher durch das dichteste Verkehrsgewühl führen oder Traktoren und komplizierte Erntekombines steuern. Und während wir von all dem sprechen, jagt unser Schnellbahnzug auf seinen stählernen Schienen der Stadt entgegen. Und auch hier wachen Roboter darüber, daß der vor uns liegende Streckenabschnitt stets frei ist, kein Signal überfahren wird, alle Weichen richtig gestellt sind und kein Zug uns in die Flanke fährt. Sollten die Roboter aber doch einmal einen Fehler machen, der vielleicht schon in der nächsten Minute eine Katastrophe verursachen könnte, dann schlagen andere wachsame Roboter Alarm und machen den falschen Befehl unverzüglich rückgängig. Kaum eine Umdrehung machen die Räder, ohne daß der Weg unseres Zuges nicht durch empfindliche, wachsame Roboter gesichert, kontrolliert würde.

Von all dem erzählt uns der Flugkapitän, der sich in der Welt der Roboter so gut auskennt, weil er sich dafür interessiert.

Auf der nächsten Station aber müssen wir uns voneinander verabschieden. Wir hatten einem Freund versprochen, uns sofort nach der Ankunft telefonisch bei ihm zu melden. Also suchen wir jetzt eine Fernsprechkabine.

Bitte sprechen Sie, ich notiere!

Fast ein wenig ehrfürchtig wählen wir die sechsstellige Zahl auf der Wählscheibe. Wissen wir doch jetzt, daß es Roboter sind, die aus den Hunderttausenden von möglichen Anschlüssen den richtigen herausuchen und in Sekundenschnelle die Verbindung von der Telefonzelle zur Wohnung unseres Freundes herstellen.

Ein langer Summertone bestätigt uns, daß die Verbindung hergestellt ist. Doch dem ersten Summerton folgt ein zweites, drittes. Ist niemand zu Hause? Da knackt es in der Hörmuschel, und deutlich hören wir eine klare Stimme: „Hier Vier-Vier-Sieben-Neun-Zwo-Neun, Teilnehmer, bitte hören Sie! Herr X. ist für kurze Zeit außer Haus. Ihre Nachricht wird aufgezeichnet. Bitte sprechen Sie, ich notiere.“

„Ja, bitte“, sagen wir, „richten Sie doch freundlicher Weise aus, daß wir eben vom Flugplatz angekommen sind. Und . . . ja, wir werden in einer Stunde noch einmal anrufen. Danke sehr.“ Erst als wir den Hörer auflegen, merken wir, daß wir unsere Höflichkeit an einen gefühllosen Roboter verschwendet haben. Eine knappe sachliche Notiz, nur wenige Worte lang, hätte dem Robot-Sekretär am Telefon unseres Freundes genauso genügt.

Doch jetzt haben wir Zeit, uns ein wenig die Stadt anzusehen. Im Dachgarten-Café eines großen Warenhauses finden wir ein herrliches Plätzchen,

von dem aus wir ein gut Teil der großen Stadt überblicken können. Behaglich greifen wir nach den Zeitungen vor uns auf dem Tisch. Sie tragen das Datum des 17. März 1962. Also von heute!

Ja, von heute. Denn alles, was wir bisher über die Roboter gesagt haben, ist kein Märchen, keine Zukunftsmusik. Ähnliches geschieht tagtäglich in Moskau, Leningrad, Peking, New York, London oder Berlin. Denn die Wunderwelt der Automaten . . .

...IST HEUTE SCHON WIRKLICHKEIT

Wir brauchen uns nur richtig umzuschauen, dann entdecken wir solche Roboter auch in unserer täglichen Umgebung: zum Beispiel Fahrkarten-, Zigaretten-, Speise-, Getränkeautomaten oder auch eine Musikbox.



Am Steuerpult eines Automatenwerkes: Der Dispatcher

Natürlich sind das die einfachsten Angehörigen jener großen Maschinenfamilie, deren berühmteste Mitglieder sogar Weltraumraketen steuern. Aber den anspruchsvollen Titel „Roboter“ verdienen auch schon die einfachen Warenautomaten. Denn „Roboter“ – das heißt nichts anderes als „Arbeiter“. Und tatsächlich verrichtet jeder Fahrkarten- oder Zigarettenautomat Arbeit.

Der klangvolle Titel „Roboter“ ist freilich schon vor einigen hundert Jahren entstanden, zu einer Zeit, als die Menschen von solchen künstlichen, mechanischen „Arbeitern“ nur träumen konnten. Heute, da diese Träume Wirklichkeit werden, bürgert sich für diese Wundermaschinen allerdings mehr und mehr der noch ältere Begriff „Automat“ ein.

In unserem Buch wird noch oft von erstaunlichen Leistungen die Rede sein, die solche Automaten vollbringen.

500 000 Fernseher? Bitte sehr!

Vor allem aus der modernen Industrie sind die Automaten heute nicht mehr hinwegzudenken. Viele nützliche und schöne Dinge könnten nicht in genügender Zahl hergestellt werden, wenn in den Fabriken nicht Roboter an den Fließbändern stünden.

Hier ein Beispiel: 1958 wurden in unserer Deutschen Demokratischen Republik im ganzen Jahr

rund eine viertel Million Fernsehgeräte hergestellt. Das war schon eine Höchstleistung, die Bewunderung verdiente. In einer Vielzahl von Werken mußten sämtliche Lötnerinnen, Ingenieure und Mechaniker all ihr Können aufbieten, um diese Viertel-million Geräte herzustellen. Und doch: Noch mehr Geräte wurden gebraucht und von Hunderttausenden Käufern sehnsüchtig erwartet. Die Produktion mußte also sprunghaft anwachsen!

Und sie wuchs an: 1960 wurden schon fast eine halbe Million Fernseher hergestellt, und 1965 werden es bereits mehr als eine dreiviertel Million Geräte sein. Aber damit nicht genug: Diese dreiviertel Millionen Geräte kommen nicht mehr aus vielen verschiedenen Werken, sondern nur noch aus zweien. Doch das ist der springende Punkt! In diesen beiden Werken werden nämlich fast alle Arbeiten von Robotern ausgeführt. Sie stellen die komplizierten Leitungswege her, bestücken die Geräte in Sekundenschnelle mit Dutzenden von Einzelteilen und besorgen dann sogar auf einen Schlag alle vorkommenden Lötarbeiten.

Wollte ein Mensch mit dem Tempo der Automaten Schritt halten, dann hätte er den Wettbewerb schon verloren, noch bevor er sich auf seinem Stuhl ordentlich zurechtsetzt. Denn wer könnte vielleicht 300 Lötungen auf einen Schlag ausführen? Ein Lötroboter jedoch ist einzig und allein auf diese Arbeit spezialisiert. All seine mechanischen Gliedmaßen und Organe sind auf diese Aufgabe abge-

stimmt. Er kann nur löten, immer nur löten – doch das so gut und schnell, daß er darin auch die beste Lötlerin überflügelt.

Viele solcher Roboterspezialisten arbeiten in einem modernen Fernsehgerätewerk Hand in Hand, angefangen von der Herstellung verschiedener Einzelteile bis zur Endmontage der Geräte. Die Vorteile liegen auf der Hand: Für den Menschen wird die Arbeit wesentlich leichter; täglich verlassen drei- oder viermal soviel Fernseher das Werk wie früher; die Geräte werden wesentlich billiger; und nicht zuletzt – durch die kräftigen Roboterarme werden viele menschliche Hände für andere, noch wichtigere Arbeiten frei.

Wir sehen hier, daß Roboter vor allem da zu Hause sind, wo es um große Stückzahlen geht, wo täglich Hunderte, Tausende oder gar Zehntausende Stücke ausgestoßen werden. So gibt es Automaten für die Herstellung von Schrauben, Schuhen, Strümpfen, Kolben und Wellen für Kraftfahrzeugmotoren oder Fahrradnaben. Sollten wir einmal Gelegenheit haben, etwa die Arbeit eines Schuhmachers mit der eines modernen Schuhroboters zu vergleichen, dann wird uns die nichtautomatisierte Handarbeit des Schuhmachers unweigerlich veraltet und schneckenlangsam erscheinen.

Maschinen steuern Maschinen

Doch nicht nur in der Massenproduktion stehen Roboter ihren Mann. Oft sind auch höchste Geschwindigkeiten Trumpf!

Die Spindeln moderner Drehmaschinen zum Beispiel rotieren mit Tausenden Umdrehungen in der Minute. Oft kommt es da bei der Bearbeitung eines Werkstückes auf Tausendstel Sekunden an. So schnell jedoch können unsere menschlichen Sinnesorgane gar nicht reagieren. In solchen Fällen übernehmen deshalb Roboter die Steuerung der Maschinen.

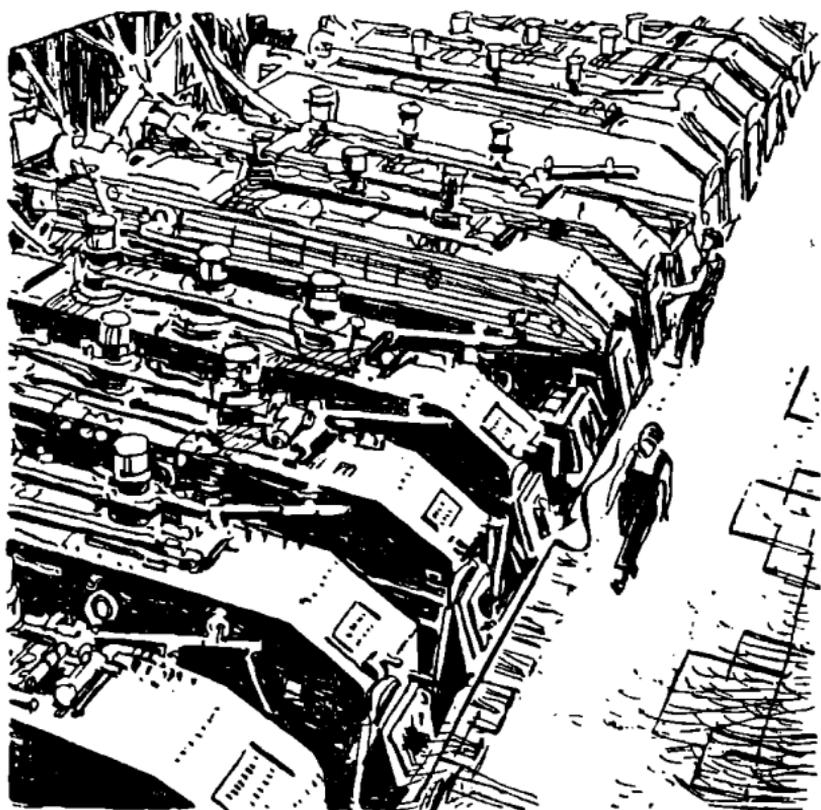
Oder denken wir daran, welche hohe Genauigkeit viele Maschinenteile verlangen. Oft können wir die winzigen Schwankungen von Temperatur oder Druck, die ein empfindliches Werkstück sehr schnell verderben, gar nicht wahrnehmen. Auch hier helfen uns Automaten bei der Beherrschung der technologischen Prozesse.

Das gleiche gilt im Reich der riesigen Dimensionen, etwa bei der Herstellung gewaltiger Schleusentore für große Kanäle oder bei der Fertigung jener gefräßigen Baggereimer, die mit jedem Zuschnappen 50 und mehr Tonnen Erdreich schlucken. Die Bewegungen der Bearbeitungsmaschinen für diese Giganten können ebenfalls nur mit Hilfe von automatischen Einrichtungen gesteuert werden.

Bei allen diesen Arbeiten steuern die automatischen Einrichtungen während der ganzen Zeit

selbsttätig die eigentlichen Arbeitsmaschinen; sie decken jeden Fehler auf, und sie sorgen auch selbsttätig dafür, daß er unverzüglich beseitigt wird.

Die selbsttätige Steuerung ist das wichtigste Kennzeichen des vollkommenen Automaten. Denn Maschinen, die den Menschen von schwerer körperlicher Arbeit befreien und damit die Kraft seiner



In langer Reihe stehen die Automaten in der menschenleeren Werkhalle

Muskeln vervielfachen, gibt es ja schon seit langem. Denken wir zum Beispiel nur an die Drehmaschinen, die bereits vor rund 200 Jahren ihren großen Siegeszug angetreten haben. Doch noch heute müssen sich Menschen über diese Maschinen beugen und ihre Arbeit steuern. Der Dreher achtet aufmerksam darauf, daß der Drehmeißel nicht zu tief ins Metall schneidet; er überwacht die Drehzahlen, kontrolliert ständig die Maße, schaltet seine Drehbank ein und aus und spannt immer wieder neue Werkstücke ein. Erst die Automaten sind in der Lage, auch diesen verantwortlichen Teil der Arbeit, die Steuerung, zu übernehmen.

Alle die Roboter, von denen wir bisher gesprochen haben, sind sozusagen „Handarbeiter“, denn ihr großes Aufgabenfeld ist die produktionstechnische Arbeit. Daneben aber gibt es noch die ebenso berühmte Familie der Automaten für geistige Arbeit, die uns von der Ausführung vieler geistiger Vorrichtungen entlastet.

Das sind die „Kopfarbeiter“ unter den Robotern, die die Kraft unseres Geistes ebenso vertausendfachen können wie Drehbänke, Bagger und Motoren die Kraft unserer Muskeln. Später werden wir sowohl die „Schwerarbeiter“ wie auch die „Professoren“ unter den Automaten noch genauer unter die Lupe nehmen. Zunächst soll es genügen, wenn wir auch aus der Familie der „Kopfarbeiter“ einige Mitglieder wenigstens namentlich vorstellen. Da gibt es also Aggregate für die Wetter-

vorhersage, automatische Piloten für Luft- und Seefahrzeuge, Sortier- und Zählautomaten, Rechenkünstler und automatische Dolmetscher für verschiedene Fremdsprachen. Auch die Steuereinrichtungen der Sputniks, Luniks und Weltraumschiffe gehören dazu.

Roboter gesucht!

Es gibt keinen technischen Prozeß und kaum eine mathematisch faßbare Aufgabe, die nicht von Automaten bewältigt werden könnte. Ja, die Leistungsfähigkeit der Automaten ist so groß, daß wir ihre künftigen Ausmaße heute bestenfalls ahnen können. Aber eines werden diese Maschinen auch in fernster Zukunft nicht können: selbständig denken. So vollkommen und hochentwickelt sie einst auch sein mögen, sie werden immer nur das leisten können, was die Menschen – ihre Schöpfer und Beherrscher – ihnen beigebracht haben. Denn immer nur sind es der menschliche Geist und die menschliche Erfahrung, die in diesen Maschinen ihren Ausdruck finden. Auch der beste Automat kann dem nichts hinzufügen oder etwas daran ändern, ebenso, wie eine Grammophonplatte von sich aus nicht ein einziges Wort zu einem einmal aufgenommenen Text hinzufügen kann. Die Menschen sind die Schöpfer und Beherrscher aller Maschinen.

Ein Roboter kann natürlich auch nicht hören, sehen oder fühlen. Dies wird immer den Sinnesorganen lebendiger Organismen vorbehalten bleiben. Wenn wir dennoch gelegentlich von den „Augen“ oder den „empfindlichen Fingern“ eines Roboters sprechen und sagen, er „fühle“ selbst die kleinste Unebenheit – dann sind das immer nur bildhafte Ausdrücke, die zum besseren Verständnis der Arbeitsweise dieser komplizierten Maschinen dienen sollen.

Auch die „geschicktesten“ und „klügsten“ Roboter sind und bleiben Maschinen. Maschinen allerdings, die täglich eine immer größere Rolle in unserem Leben spielen. Und so, wie die großen Werke in den Zeitungen inserieren:

VEB Metallbau sucht für sofort:

4 Schweißer,

3 erfahrene Metallgießer sowie

3 Dreher für Karusselldrehmaschinen,

so müssen sich heute schon viele Werkleiter ebenso gründlich darum kümmern, tüchtige Roboter für die Arbeit in ihren Werken zu bekommen. Denn Automaten sind heißbegehrt. Vielfach ist der Bedarf bereits größer als das Angebot, und das, obwohl viele dieser „mechanischen Arbeiter“ aus Fabriken kommen, in denen sie selbst von automatischen Maschinen hergestellt wurden.

In jenen großen Plänen, die für ganze Staaten die industrielle Entwicklung für viele Jahre im Voraus festlegen, begegnen wir den Automaten ebenfalls.

Und zwar auf einem Ehrenplatz! Wir denken an die Siebenjahrpläne unserer Republik, der Sowjetunion und der Volksdemokratien.

Da zeigt es sich zum Beispiel, daß die Produktion unserer Republik in den kommenden Jahren so rasch anwachsen wird, daß einfach nicht genügend Arbeitskräfte für den Transport da sein werden. Doch was muß nicht alles transportiert werden: Rohmaterial vom Lager in die Werkstätten, Werkstücke von Maschine zu Maschine, Halbfabrikate von Halle zu Halle, Fertigprodukte von der Werkstatt zum Lager und so fort. Ein ganzes Heer von Arbeitern müßte dafür eingesetzt werden. Doch diese Arbeiter werden für andere, wichtigere und verantwortungsvollere Aufgaben gebraucht. Also sieht der Plan vor, daß für den Transport künftig mehr Transportroboter eingesetzt werden.

Oder da gibt es noch immer gefährliche Arbeiten, zum Beispiel in den großen Chemie-Kombinaten und Bergwerken, und da gibt es noch immer manche Schinderei für die Kumpel in den Stahl- und Walzwerken. Auch hier werden Automaten den Menschen ablösen. So will es die Arbeiter- und Bauernmacht, und so verkündet es der Plan. Insgesamt sind es Hunderttausende von Arbeitsplätzen, die im Verlauf des gegenwärtigen Siebenjahrplans an Roboter übergeben werden, an Maschinen, denen weder giftiger Dampf noch die Gluthitze des glühenden Stahls etwas anhaben kann. Und all das ist Automatisierung.

Trotzdem ist dies erst der Beginn einer Entwicklung, die einst zu den großartigsten in der Geschichte der Menschheit zählen wird. Wir sind die Zeitgenossen dieses Beginns. Denn wir erleben gegenwärtig die ersten Schritte zur Verwirklichung eines Traumes, den die Menschen schon vor einigen tausend Jahren angefangen haben zu träumen.

2000 JAHRE „KÜNSTLICHE MENSCHEN“

Die hölzerne Aphrodite, der krähende „Hahn“ und ein demütiger „Löwe“

Glühendheiß brennt die Sonne über Kreta. Steil erheben sich die Berge der Insel aus den Fluten des Meeres; Olivenhaine zieren ihre fruchtbaren Hänge. Ein Kleinod mitten im Meer!

Die Frauen der Vornehmen und Reichen Kretas tragen Kleider, die aus Hunderten von Goldplättchen in Form von Fischen und Schmetterlingen zusammengesetzt sind und so ihre Haut durchschimmern lassen. Ihre Häuser – von außen schmucklos – sind innen voller Luxus. Doch das wunderlichste von allen Bauwerken auf Kreta ist das Labyrinth, in dem die Inselbewohner ein größliches Untier als Gott verehren.

Auch dieses „Haus des Gottes“ gleicht von außen nur einer mit Blumen und Gras bewachsenen Anhöhe. Doch hinter den hohen kupfernen Eingangstoren, deren Flügel so schwer sind, daß sie nur von zehn kräftigen Männern bewegt werden können, beginnt ein so verschlungenes Gängegewirr, daß sich jeder Eindringling darin verirren muß.

Der Baumeister dieses Labyrinths ist der berühmte kunstfertige Dädalus, dessen Geschicklichkeit so groß ist, daß er sogar menschliche Figuren aus

Holz fertigen kann. Diese Figuren bewegen sich selbst und schreiten aus wie richtige Menschen. Doch die allerschönste unter diesen Figuren des Dädalus ist eine bewegliche Statue der Liebesgöttin Aphrodite.

So berichtet es die Sage; denn die Geschichte der Roboter reicht weit zurück bis in jenes ferne Altertum, wo sich Fabel und Wirklichkeit untrennbar miteinander vermischen. Und wenn auch die Kretter jener sagenhaften Zeit sich gern am Klang der Worte berauschten, so scheint doch an den Überlieferungen von den selbstbewegten Figuren allerlei Wahres zu sein. Denn mancher ernsthafte Gelehrte berichtet schon einige hundert Jahre vor unserer Zeitrechnung von solchen seltsamen Gebilden.

Da soll ein Archytas von Tarent schon vor etwa 2300 Jahren eine fliegende hölzerne „Taube“ geschaffen haben, und rund zweieinhalb Jahrhunderte später konnte der berühmte Heron von Alexandria mehr als hundert solcher selbstbewegten Figuren in einem Buch genau beschreiben. Neben „singenden Göttern und Jungfrauen“ finden wir da sogar die Beschreibung einer ganzen Figurengruppe aus einem alten ägyptischen Tempel, die, durch eine sinnvolle Vorrichtung in Bewegung versetzt, eine Opferszene darstellen sollte. Alle diese Puppen wurden entweder durch emporgehobene Gewichte oder auch durch von einem Gefäß in ein anderes fließendes Wasser oder Sand

in Bewegung versetzt. Nicht eine einzige solche Figur ist uns jedoch erhalten geblieben. Wohl aber der Name. Denn Heron gab seinem Buch den Titel „De automatis“. Wir erkennen darin unschwer unsere heutige Bezeichnung „Automat“ wieder. Das griechische Wort „automatos“ aber bedeutet nichts anderes als „sich selbst bewegend“.

In seinem Buch hatte Heron alles Wissen seiner Zeit zu diesem Thema zusammengetragen. Auch für die nachfolgenden Jahrhunderte blieb es deshalb noch eine reiche Fundgrube. Und zahlreiche sich selbst bewegende „tier- und menschenähnliche“ Gebilde geistern seither durch die Geschichte – bis in unsere Tage.

Da soll zum Beispiel der mittelalterliche Gelehrte Albertus Magnus in dreißigjähriger Arbeit aus Metall, Glas, Holz, Wachs und Leder einen Automaten „von täuschend menschlicher Statur“ gebaut haben. In seinem Kölner Dominikaner-Kloster will Magnus diesen Roboter als eine Art Diener angestellt haben. Doch als Albertus Magnus im Jahre 1280 starb, zerschlug sein Schüler Thomas von Aquino dieses „Teufelswerk“, weil ihn „dessen Geschwätz bei der Arbeit störte“. So jedenfalls vermeldet es eine alte Chronik.

Der Papst Sylvester II. soll „sprechende Köpfe“ gebaut haben, der englische Mönch Roger Bacon im 13. Jahrhundert „eiserne Menschen“, und auch Karl V. entwickelte – nach alten Chroniken – eine



Der älteste „Automat“, der uns erhalten geblieben ist: der automatische Hahn der Straßburger Münster-Uhr

wahre Leidenschaft für mechanische Puppen. Doch die älteste Automatenfigur, die bis heute erhalten blieb, ist der „krähende Hahn“ auf dem Straßburger Münster – ein wahres Meisterwerk der mittelalterlichen Kleinschmiedekunst.

Dieser „Hahn“ gehört zur Uhr des Münsters, die 1354 fertiggestellt wurde. 500 Jahre lang lief diese wundervolle Uhr, ehe sie der ersten grundlegenden Überholung bedurfte, und noch heute ist sie in Betrieb. Bei jedem Glockenschlag erscheint ein „Hahn“ auf ihr, flattert mit den Flügeln und kräht dreimal.

Nach diesem Vorbild bauten dann viele andere Uhrmacher und Automatenbauer Uhrwerke mit Tänzern, Trompetern, Trommlern oder sogar, wie der Franzose Camus, eine von Pferden gezogene



Meisterwerke mittelalterlicher Handwerkskunst: automatische Figuren aus dem Jahre 1328

mechanische Kutsche, die nach einer Rundfahrt auf dem Tisch anhält, worauf eine kleine Dame aussteigt und „Seiner Majestät, dem Sonnenkönig“ Ludwig XIV., eine Bittschrift überreicht. Immer wieder haben die mechanischen Figuren die bedeutendsten Gelehrten und Naturforscher ihrer Zeit in den Bann gezogen. So wissen wir auch von dem Maler, Bildhauer, Baumeister,

Anatom und Forscher Leonardo da Vinci, daß er einen Automaten-„Löwen“ baute, der wie ein lebendiges Tier schreiten konnte. Beim Einzug Ludwig XIV. in Mailand wurde dieser „demütige Löwe“ dem fremden König entgegengeschickt. Erst kurz vor ihm stoppte das Tier, öffnete dann mit einer Tatze seine Brust, um auf ein Wappen mit drei Lilien zu deuten. Nur wenige Minuten dauerte diese Szene, doch sie setzte die damalige Welt in Erstaunen.

Vom „italienischen Kuchenbäcker“ zum „Dynamo Joe“

Die wahre Blütezeit der mechanischen Puppen aber beginnt mit dem 18. Jahrhundert, das auch den Beinamen „Jahrhundert der Mechanik“ trägt. Es ist die Zeit der erwachenden Technik. Mit jeder neuen Maschine, die in die Werkstätten Einzug hält, wachsen auch die Fähigkeiten der Menschen – der Mechaniker, Techniker, Konstrukteure und Arbeiter. Vieles, wovon die Menschheit lange nur träumen konnte, rückt nun in greifbare Nähe – wird Wirklichkeit.

In England baut ein Mechaniker namens Watt neuartige Aggregate, die er Dampfmaschinen nennt. Landsleute von ihm erfinden die erste Dreschmaschine, bauen hydraulische Pressen, entwickeln die moderne Walzwerkstechnik und erfinden die

Eisenbahnschiene. Der Franzose Cugnot macht seine ersten Versuche mit einem Dampfwagen, der Physiker Fahrenheit entwickelt das Quecksilberthermometer, und der italienische Arzt und Naturforscher Galvani lüftet Geheimnisse des elektrischen Stromes. In Meißen erzeugt Johann Friedrich Böttger das erste Porzellan in Europa, und der deutsche Arzt Schulze entdeckt die Grundlagen der späteren Fotografie.

Weshalb soll man jetzt nicht auch Automaten-Menschen bauen können, die noch besser, noch lebensechter sind als die mechanischen Puppen der Alten? Viele hervorragende Mechaniker stürzen sich im Vollgefühl ihrer technischen Möglichkeiten mit Feuereifer auf diese Aufgabe.

So entstehen in oft jahrelanger Tüftelei Automaten-Puppen, die Orgel spielen, zeichnen oder sogar einige bestimmte Sätze mit Tinte auf ein Stück Papier schreiben können.

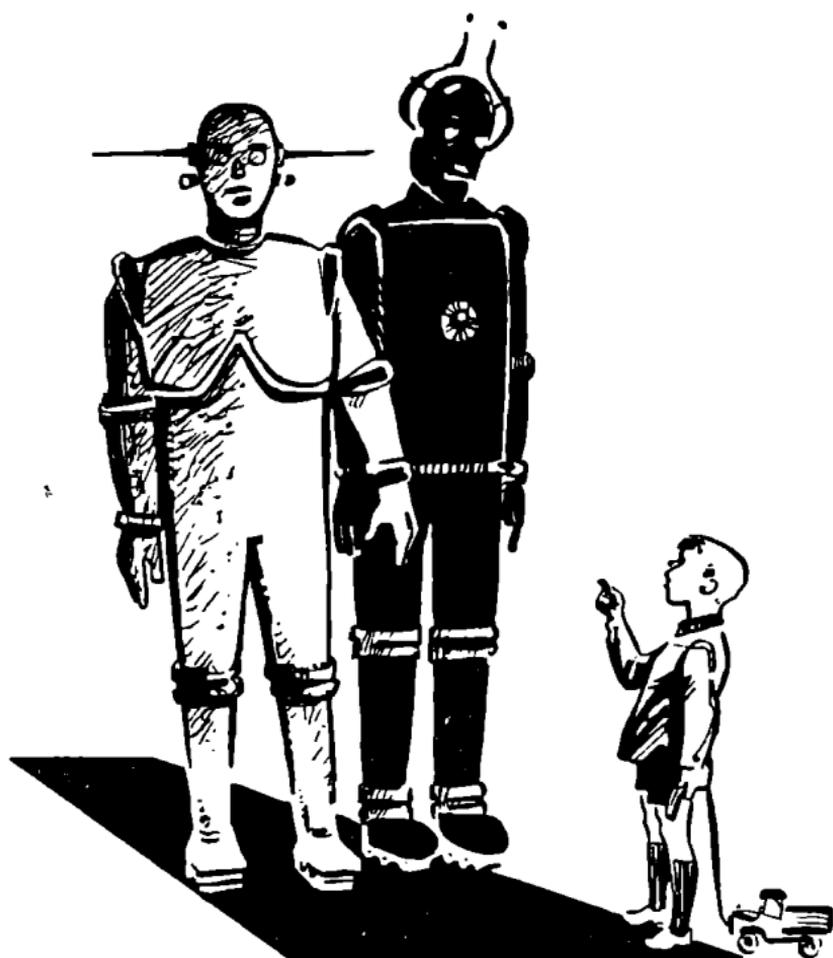
Viele dieser Puppen kommen zu großer Berühmtheit, so zum Beispiel der „italienische Kuchenbäcker“ und der automatische „Trapezkünstler Antonio Diavolo“ – beide erdacht und gebaut von dem Franzosen Robert Houdin; oder der berühmte „Flötenspieler“ von Jacques de Vaucanson, der erstmals 1738 öffentlich in Paris ausgestellt wird.

Dieser „Flötenspieler“ mag uns auch zeigen, wie ein solcher „Automaten-Mensch“ überhaupt gebaut ist: Die eigentliche lebensgroße Puppe sitzt auf einem Gestell, in dem geschickt ein Triebwerk

sowie einige Blasebälge verborgen sind. Der von diesen Blasebälgen erzeugte Luftzug wird dann über ausgeklügelte Mechanismen so geschickt in die verschiedenen Teile der Figur geleitet, daß sich die Lippen des „Flötisten“ und seine Finger tatsächlich bewegen. Da dabei gleichzeitig die Luftlöcher des Instruments geöffnet und geschlossen werden, scheint die Puppe wahrhaftig ein Ständchen zu spielen.

Ganz ähnlich sind auch alle anderen mechanischen Puppen beschaffen, die seither gebaut worden sind. Auch die, die noch heute gelegentlich in westlichen Ländern immer wieder einmal als „die große Sensation“ angepriesen werden. Nur hat inzwischen der altmodische Luftantrieb der modernen Elektrotechnik Platz machen müssen.

Die Verrichtungen der Puppen wurden der Mode angepaßt. Die Automaten-Puppen unserer Tage spielen deshalb nicht mehr Flöte, sondern Jazztrompete; sie rauchen oder knipsen ein Feuerzeug an. Eine solche Puppe wurde zum Beispiel nach dem zweiten Weltkrieg im amerikanischen Elektro-Konzern Westinghouse in dreijähriger Arbeit zusammengebaut. Sie ist 2,10 Meter hoch, wiegt 234 Pfund und trägt den Namen „ELEKTRO“. Ihre Bewegungen erfolgen mit Hilfe von Elektromotoren, die über Hebel, Ketten und Getriebe wirken. Auf entsprechende Kommandos, die in ein Mikrophon gesprochen werden, kann „ELEKTRO“ insgesamt 36 Tricks ausführen. Unter ande-



Ein Schweizer Ingenieur konstruierte den „künstlichen Menschen“ Sabor, der 24 verschiedene Bewegungen ausführen und sogar rauchen kann

rem Laufen, Rauchen, Zählen und Grüßen. Ebenfalls elektrisch betrieben ist eine ähnliche Puppe, die 1951 aus der Technischen Hochschule Bristol kam. Sie wurde auf den Namen „Dynamo Joe“ getauft. Ihre Glanzleistung ist, daß sie sogar radfahren kann.

Roboter auf dem Holzwege

Bei all den mechanischen Puppen – angefangen bei der „hölzernen Aphrodite“ des Dädalus bis zum „Dynamo Joe“ von 1951 – haben die Mechaniker stets versucht, die Bewegungen des Menschen möglichst naturgetreu nachzuahmen. Bezeichnend dafür ist schon die Bezeichnung für solche Figuren. Sie heißen „Androiden“, das heißt „Menschenähnliche“.

Unendliche Mühe wurde darauf verschwendet, die Menschenähnlichkeit so weit zu treiben wie nur irgend möglich. Nicht selten saßen die berühmten Androidenbauer des 18. Jahrhunderts jahrzehntelang über einer einzigen Figur. In dieser langjährigen Arbeit entstanden kunstvollste mechanische Geschöpfe, die nicht selten auf ihre Zeitgenossen einen verblüffenden Eindruck machten. Eine Widerspiegelung solch nachhaltiger Eindrücke können wir auch heute noch in den Werken mancher Schriftsteller finden. So wurden, neben vielen anderen, auch Edgar Allan Poe, Achim von Arnim, Annette von Droste-Hülshoff, E.T.A. Hoffmann, Theodor Storm, Max Brod und der große Märchenforscher Jakob Grimm zu manch ergötzlicher Androiden-Geschichte ange-regt.

Und doch sind all diese kunstvollen Androiden das Nutzloseste, woran die Menschen jemals eine solche Unmenge von Erfindergeist und Gedanken-

arbeit verschwendet haben. Nie hat einer dieser Mechanismen wirklich praktische Bedeutung erlangt.

Kurz gesagt: Diese Androiden sind eine technische Spielerei, oft sehr geistreich ersonnen, aber doch nie mehr als ein Spielzeug, das nichts anderes tun kann, als das vom Konstrukteur Beabsichtigte. Zwar haben alle diese „mensenähnlichen“ Apparate einen Kopf – doch in diesem Kopf fehlt das Wichtigste: das Gehirn, das menschlichste aller Organe. So viele Hebel, Wellen, Relais, Fotozellen und elektronische Einrichtungen die Automatenbauer auch in die Köpfe ihrer Androiden einbauen mögen – wirklich „mensenähnlich“ werden sie doch niemals! Weil sie nicht denken können! Denn auch die kleinste lebende Zelle ist immer noch höher entwickelt als das schönste mechanische Getriebe mit Hunderten von Zahnrädern. Unser menschliches Gehirn aber, das uns allein zu schöpferischem Denken befähigt, ist aus Millionen solcher Zellen aufgebaut. Doch damit nicht genug: Das Leben ist das höchste Produkt einer millionen-jährigen Entwicklung auf unserer Erde, und das denkende menschliche Gehirn ist die Krone, mit der das Leben sich selbst gekrönt hat. Jeder vernünftige Mensch sollte die Sinnlosigkeit aller Versuche einsehen, diese Krone des Lebens nachzubauen zu wollen.

Und doch wurde gerade das immer wieder versucht, und so mancher Glücksritter und Geschäfte-

macher hat seine Hoffnungen an solche Automaten-Menschen geknüpft. Da gab es im Mittelalter einfältige Adlige, die im Geiste schon ganze Heere von willenlosen Automaten-Soldaten vor sich sahen, mit denen sie jeden Raubzug gewinnen könnten, und da gibt es noch heute kapitalistische Manager, die davon träumen, daß eines Tages eine ganze Armee von „Dynamo Joes“ alle Arbeiter aus ihren Werkhallen vertreibt.

Doch das nicht etwa, um dem Arbeiter das Leben zu erleichtern! Nein, für sie ist der Automaten-Mensch nur deshalb ein so heißgehegter Wunschtraum, weil solche Roboter keine Lohnforderungen stellen können, weil man für sie keine Speiseräume zu bauen braucht, weil sie keine Gewerkschaften bilden können und nie streiken würden. Nur deshalb macht man heute noch in Amerika um all die „ELEKTROS“ und „Dynamo Joes“ einen solchen Rummel. Nur deshalb wird immer wieder von solchen mechanischen Puppen behauptet, daß sie sich „schon beinahe wie ein richtiger Mensch“ verhalten.

Doch im Grunde ist das nichts anderes als der alte Trick der mittelalterlichen Alchimisten, die von sich behaupteten, sie könnten Eisen in Gold verwandeln. Allerlei wirkungsvolle Kunststückchen und Beschwörungen sollten dabei den „Zauber“ möglichst echt erscheinen lassen. Doch wer genau hinsah, konnte leicht bemerken, daß das Zaubergold ganz ohne jeden Zauber aus dem Ärmel des

Alchimisten in den Schmelztiegel geschmuggelt wurde.

Natürlich hatten die Alchimisten bald erkannt, daß sie nie imstande sein würden, Gold zu machen. Doch mit allerlei Tricks und Lügen wurde dieses Märchen am Leben erhalten, denn sehr viele Alchimisten lebten davon. Genauso verhält es sich auch mit den Automaten-Puppen. Bereits vor langer Zeit müssen die Androidenbauer erkannt haben, daß sie mit ihren „mensenähnlichen“ mechanischen Puppen auf dem Holzwege sind. Schon vor mehr als hundert Jahren, müssen sie gemerkt haben, daß die Automatentechnik nicht den Menschen nachahmen darf, sondern eigene Wege suchen muß.

Auch beim Auto baut man ja nicht den Motor in ein mechanisches „Pferd“ ein, das dann eine Kutsche zieht, sondern die Konstrukteure haben für das Auto eine völlig neue, eigene und zweckmäßige Form gefunden. Ebenso ist es in der Automatentechnik. Es kommt gar nicht darauf an, daß ein Roboter möglichst menschenähnlich aussieht. Denn jede Maschine hat ihre eigene Form, die sich nach der Zweckmäßigkeit ihrer Konstruktion richtet. Und da ein Roboter ganz andere Funktionen hat als ein Mensch, muß natürlich auch seine äußere Gestalt anders sein.

Doch wie einst die Goldmacher, so haben sich auch die Androidenbauer nicht gescheut, ihren mechanischen Puppen ein wenig unter die Arme

zu greifen, wobei sie es mit der Ehrlichkeit freilich nicht genaunommen haben. Die wohl berühmteste Geschichte dieser Art rankt sich um den mechanischen „Schachspieler“, der in der ganzen Welt viel Staub aufgewirbelt hat.

Der sensationelle „Türke“ aus Wien

Große Aufregung herrscht am Hofe der österreichischen Kaiserin Maria Theresia. In Gruppen stehen die Höflinge beieinander und sprechen halblaut mit ihren Damen. Heute wird der Freiherr von Kempelen seinen Schachautomaten vorführen, eine Maschine, die alles, was die Welt bisher gesehen hat, in den Schatten stellen soll.

Die Geschichte dieses Schachautomaten reicht etwas zurück. Vor einiger Zeit nämlich hatte Kempelen anlässlich einer Vorführung von allerhand magnetischen Kunststückchen der Kaiserin versichert, daß er eine Maschine bauen könne, „die wirklich und tatsächlich denken kann“. Heute nun wird es sich zeigen, was an dieser Geschichte wahr ist.

Da öffnen sich die hohen Flügeltüren, und auf vier Rädern rollt die Wundermaschine herein.

Es ist die überlebensgroße Puppe eines Türken, der mit gekreuzten Beinen an einer Kommode sitzt, in die das eigentliche Schachbrett eingelassen ist. Bereitwillig öffnet der Freiherr von Kempelen

nacheinander die verschiedenen Türen der Kommode. Jedermann kann einen Blick hineinwerfen: Zu sehen ist ein Gewirr von Zahnrädern, Trommeln, Rollen, Wellen, Walzen, Hebeln, Federn und Transmissionen. Dann wird die letzte Tür wieder sorglich geschlossen. Das Spiel kann beginnen.

Die Kaiserin hat den ersten Zug. Dann tritt der „Türke“ in Aktion. Mit ruckartigen, eckigen Bewegungen hebt er seinen Arm. Im Innern der Kommode surrt und schnurrt das Räderwerk, bis der „Türke“ seinen Stein auf ein neues Feld gesetzt hat. Dann senkt sich sein Arm wieder.

So geht es Zug um Zug, bis plötzlich etwas Gespenstisches geschieht: Deutlich sichtbar bewegen sich die Lippen der Puppe und bringen einen Laut hervor, der wie „Shet“ oder „Schach“ klingt. Maria Theresia hat die Partie verloren.

Das verwunderte ungläubige Staunen, das hierbei die Schar der Höflinge ergreift, sollte sich in den folgenden Jahrzehnten noch viele hundert Mal in den Großstädten und an den Höfen Europas wiederholen. Denn in den kommenden Jahren reist der Freiherr mit seinem mechanischen „Schachspieler“ durch ganz Europa, und die Sensationslust eilt ihm voraus: nach Paris, nach Dresden, London, Berlin, nach Petersburg . . .

Überall ist der mystische „Türke“ in aller Munde, erregt er Aufsehen, gibt er der Welt ein tolles Rätsel auf. Die Zeitungen veröffentlichen lange Berichte; Wissenschaftler versuchen in großer

Zahl durch tiefsinnige Betrachtungen sein Geheimnis zu erforschen und veröffentlichen seitenlange Abhandlungen über die „österreichische Sensation“. Der Großfürst Paul von Rußland spielt ebenso gegen den „Blech-Türken“, wie in Potsdam Friedrich II., wie die Pariser Schachgrößen aus dem Café Régenee, wie Napoleon oder am Petersburger Zarenhof Katharina II.

Doch leider verlieren sich schließlich die Wege des sensationellen „Türken“ in einem ungewissen Zwielficht von Wahrheit und Legende. Wir wissen nur, daß sich der Freiherr von Kempelen schließlich von seinem „Türken“ getrennt hat. Danach tauchte dieser dann noch in verschiedenen Städten auf: in Mailand (1812), Paris (1819) und London (1821). Im Jahre 1847 entdeckt ihn der Schriftsteller Edgar Allan Poe in Amerika, und seitdem wissen wir nichts mehr von ihm.

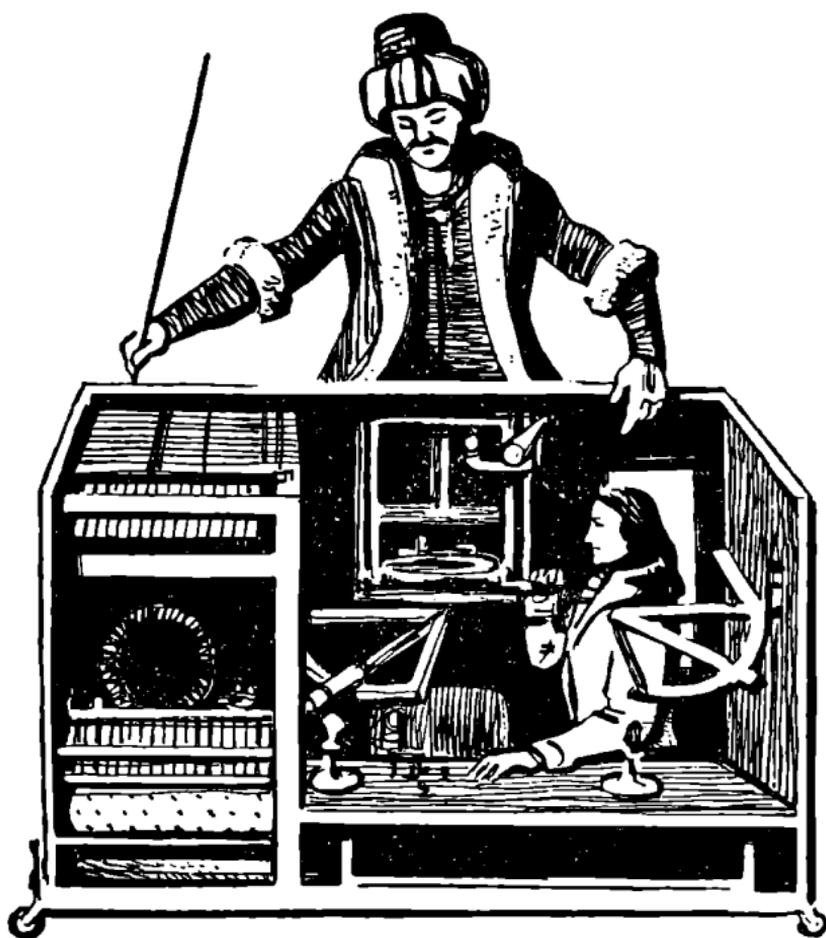
Wie aber wurde diese verblüffende Wundermaschine bewegt?

Nie hat einer der Beteiligten das Geheimnis preisgegeben. Vor seinem Tode jedoch soll der Freiherr von Kempelen seinen Freunden gestanden haben, „bey seiner Maschine komme Täuschung vor, sie werde nicht durch bloßen Mechanismus in Bewegung gesetzt; er halte sich aber nicht für verbunden, solches dem ganzen Publico zu eröffnen . . .“

Nun, ein Zeitgenosse des Freiherrn war nicht so zurückhaltend, sondern veröffentlichte nach einer

genauen Analyse das Geheimnis des sensationellen „Türken“.

Kempelens Trick bestand einfach darin, daß in der Kommode ein durchaus lebendiger Schachspieler verborgen war. Mit einer storchschnabelartigen



Das Geheimnis des Schachautomaten: In der Kommode war ein durchaus lebendiger Mensch verborgen

Hebelvorrichtung vermochte er bei den einzelnen Zügen den Arm der Puppe zu bewegen und mit einem Blasebalg auch das nun gar nicht mehr gespenstische „Shet“ auszulösen. Alle Bewegungen der Schachfiguren konnte er leicht im Auge behalten, da das Brett nur sehr dünn war. Es ist heute so gut wie sicher, daß sich nacheinander eine ganze Reihe berühmter Schachspieler bei der Bedienung des „Blech-Türken“ abgelöst haben.

Und weshalb hat niemand diesen versteckten Helfershelfer entdeckt, wenn Kempelen die Türen der Kommode zur Besichtigung öffnete? Auch dieses Rätsel ist schnell gelöst: Nie wurden alle Türen gleichzeitig geöffnet, sondern das geschah immer nur in einer bestimmten Reihenfolge. Auf diese Weise hatte der Schachspieler in der Kommode Gelegenheit, seine Lage jeweils so zu verändern, daß er unsichtbar blieb. Erst wenn alle Türen geschlossen waren und das Spiel begann, richtete er sich in seinem Versteck auf, um die verschiedenen Räder, Griffe und Hebelchen zu bedienen.

Ein Schaustellertrick also – das ist alles, was von dieser großen „Denkmaschinen-Sensation“ übrigblieb, vor der selbst Kaiser und Könige in staunender Bewunderung den Hut gezogen haben.

„La Pascaline“ überflügelt die „Wunderente“

Viele von uns mögen jetzt den Kopf schütteln über diese mechanischen Spielereien aus dem „Jahrhundert der Mechanik“. Und doch verdienen sie wenigstens in einer Hinsicht unsere höchste Bewunderung.

Wir meinen damit die fast unglaubliche Kunstfertigkeit, mit der die meisten dieser mechanischen Puppen hergestellt worden sind. Doch wie viele nützliche Maschinen hätten entstehen können, wenn die alten Meister ihre Geschicklichkeit nicht an solche Spielereien verschwendet hätten.

Denn trotz aller Gaukelei um den versteckten Menschen im „Blech-Türken“ ist doch zum Beispiel schon das Hebelwerk für die Armbewegungen der Puppe ein kleines Meisterwerk. Ganz ähnliche mechanische Arme und Hände verwenden wir ja auch heute in unseren Atomforschungszentren für die Handhabung radioaktiver Substanzen.

Die kunstvollste Leistung aller Androidenbauer ist jedoch die „Ente“, die auch heute noch bei den Fachleuten als erstaunlichster Apparat dieser Art gilt.

Der Vater dieses lebensgroßen Messingvogels war der gleiche Jacques de Vaucanson, der auch den „Flötenspieler“ gebaut hat. Dieser Franzose ist tatsächlich ein genialer Mechaniker gewesen. Doch für seine Zeitgenossen war es gar nicht so wichtig,

daß er für seine Vaterstadt Grenoble eine hervorragende Wasserversorgung konstruierte, daß er den ersten automatischen Musterwebstuhl erfand, oder daß er als erster das Fräsen in die Metallbearbeitung einführte. Für sie war die Glanzleistung des Inspektors der französischen Seidenmanufakturen eben die „Ente“.

Diese „Ente“, bis in die letzte Kleinigkeit dem lebendigen Vorbild genau nachgebildet, hat es freilich in sich: Sie schnattert, schwimmt, plantscht im Wasser, watschelt, bewegt die Flügel, spreizt die Federn, ordnet sie mit dem Schnabel und pickt sogar Körner aus der Hand, streckt dann den Kopf in die Höhe und zeigt selbst beim Schlucken die natürlichen Bewegungen des Halses.

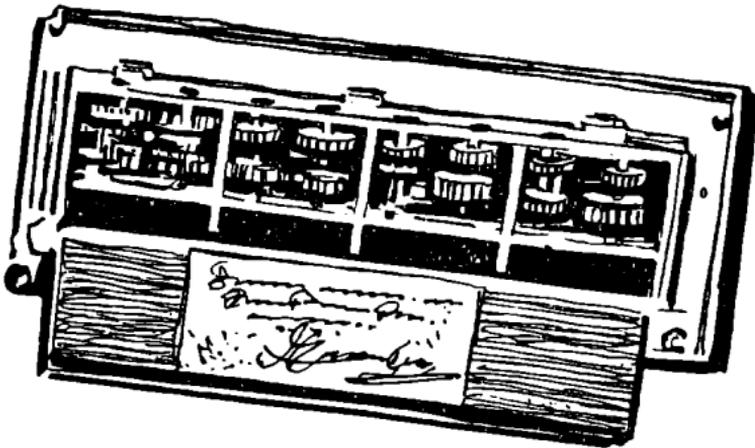
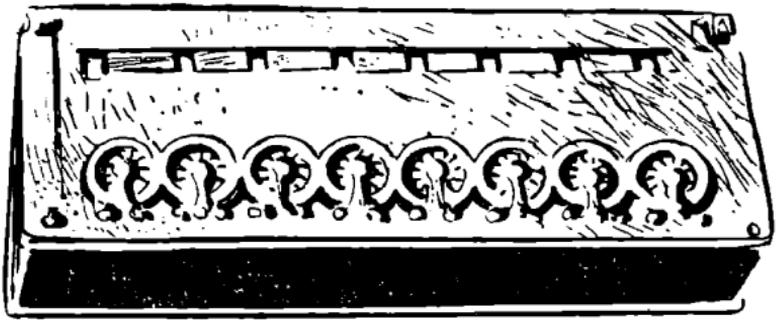
Auch der Lebensweg dieser „Ente“ ist wechselvoll. Sie ziert als Glanzstück manche Ausstellung; die Französische Akademie streitet sich nach Vaucansons Tode mit den Vertretern der Seidenmanufakturen erbittert um ihren Besitz; Jahre später reist sie dann als Schaustück durch die Länder Europas; und schließlich erwirbt sie für sehr viel Geld der Helmstedter Professor Beireis für sein „Kunst- und Wundercabinet“.

Dieser Gottfried Christoph Beireis, Professor der Naturgeschichte, Chemie, Physik und Medizin an der Universität Helmstedt, ist ein gelehrter Sonderling, der sein ganzes Vermögen dazu verwendet, in seinem Hause kostbare Gegenstände der Wissenschaften, der Natur und Mechanik aufzuhäufen.

Doch der Fremde, der im Jahre 1805 nach langer beschwerlicher Reise bei Professor Beireis anklopft, will von all diesen Schätzen vor allem ein Stück sehen: die „Ente“. Lange versenkt er sich in die Betrachtung des Vogels, der zu dieser Zeit freilich schon ein rechtes Wrack mit vielen Mottenlöchern im künstlichen Federkleid ist. Doch das soll den Fremden nicht davon abhalten, noch im gleichen Jahr einen langen Artikel über diesen Wundervogel zu veröffentlichen, um dessentwillen er die lange Reise von Weimar her unternommen hatte. Und über dem Artikel steht der Name des Besuchers von Professor Beireis: Staatsminister Johann Wolfgang von Goethe.

Nach ihrem Helmstedter Aufenthalt taucht dann die zählebige „Ente“ noch einmal in Paris auf; dann verliert sich auch ihre Spur im Ungewissen. Wohl niemandem ist es bekannt, um welchen Preis die „Ente“ jeweils ihren Besitzer wechselte; doch es sind wohl immer gewaltige Summen gewesen. Wissen wir doch, daß der deutsche Mechaniker Rechensteiner, der eine Nachbildung dieser „Ente“ gebaut hat, allein für den Bau eines Flügels 21 000 Goldfranken anlegen mußte. Das dürfte einem heutigen Wert von gut 100 000 DM entsprechen. Und allein dieser eine Flügel bestand aus wenigstens 400 beweglichen Einzelteilen.

Wahrhaftig – wir können es nicht bestreiten: Diese „Ente“ Vaucansons ist und bleibt ein Meisterstück der Geschicklichkeit und Kunstfertigkeit. Und doch



Der Urahn unserer heutigen Elektronenhirne: die erste Rechenmaschine der Welt „La Pascaline“

wird dieser ganze Wundervogel mühelos von einem unscheinbaren schwarzen Kasten überflügelt, der schon ein rundes Jahrhundert vor Vaucansons „Ente“ das Licht der Welt erblickte.

Mit diesem unscheinbaren Kasten aber – nur 8 Zentimeter hoch, 13 Zentimeter breit und 36 Zentimeter lang – wie auch mit seinem Schöpfer, dem jungen

Blaise Pascal, hat es seine eigene Bewandtnis: Man schreibt das Jahr 1640, als Vater Pascal zum neuen Steuerintendanten von Rouen ernannt wird. Er soll dort das völlig zerrüttete Finanzwesen der Normandie wieder auf die Beine stellen. Der gerade 17jährige Blaise muß seinen Vater begleiten.

Es ist eine undankbare Aufgabe, die die beiden Pascals fast zu erdrücken droht. Wo er nur kann, hilft der 17jährige den Beamten, und er ist dabei sehr geschickt – immerhin wird der gleiche Blaise Pascal schon ein paar Jahre später zu den berühmtesten Philosophen und Mathematikern seiner Epoche zählen. Vorläufig aber muß sich Blaise hier in Rouen erst einmal durch ein scheinbar endloses Zahlendickicht hindurcharbeiten.

Die Berechnungen sind äußerst langwierig. Als einziges Hilfsmittel kennt man zu dieser Zeit nur Zählsteinchen, die auf einem Rechenbrett hin- und hergeschoben werden – ähnlich den Rechentafeln, wie sie heute die ABC-Schützen benutzen. Da kommt dem jungen Blaise eine glänzende Idee: Er wird eine Rechenmaschine bauen. Er wird die Wissenschaft von den Zahlen in einer Maschine einfangen, die alle Arten von Rechnungen ohne Feder und Zählsteinchen mit unfehlbarer Sicherheit ausführt. Es soll ein Apparat werden, der dem Benutzer bei der ganzen Rechnerei selbst die Beachtung der arithmetischen Regeln abnimmt. Eine Maschine, mit der man rechnen kann, „ohne die Vernunft zu benötigen“.

Das ist nun freilich einfacher gesagt als getan. Immer wieder gehen die Versuche fehl, und unendliche Mühe muß Blaise aufwenden, um seinen Gehilfen seine Gedanken und Vorstellungen begreiflich zu machen. Doch 1645 endlich ist es gelungen; die erste Rechenmaschine der Welt war geboren. Sie wird auf den Namen „La Pascaline“ getauft. Doch diese „Pascaline“, die erstmals mathematische Operationen wie Addition und Subtraktion mechanisch nachbildet, ist kein reichverziertes Prunkstück, sondern eben tatsächlich nur ein schlichter länglicher Kasten mit acht kleinen Rädern zum Einstellen der Zahlen und einem Fensterfeld für das Rechenergebnis.

Nein, an äußerem Prunk kann „La Pascaline“ wahrhaftig nicht mit dem Glanz der Androiden Schritt halten. Wohl aber an Nützlichkeit. Denn während jene bei aller erstaunlichen Kunstfertigkeit doch immer nur Museumsstücke sind, tritt „La Pascaline“ mitten ins Leben und wird zur Mutter aller Rechenmaschinen. Auch unsere heutigen großen „Elektronengehirne“, die technologische Prozesse errechnen und den Flug der Weltraumraketen steuern, sind ihre Enkel.

So begründete ein 17jähriger bereits vor 300 Jahren die große Familie der „Kopfarbeiter“ unter den Automaten.

Im Mathematisch-Physikalischen Salon des Dresdener Zwingers können wir „La Pascaline“ bewundern.

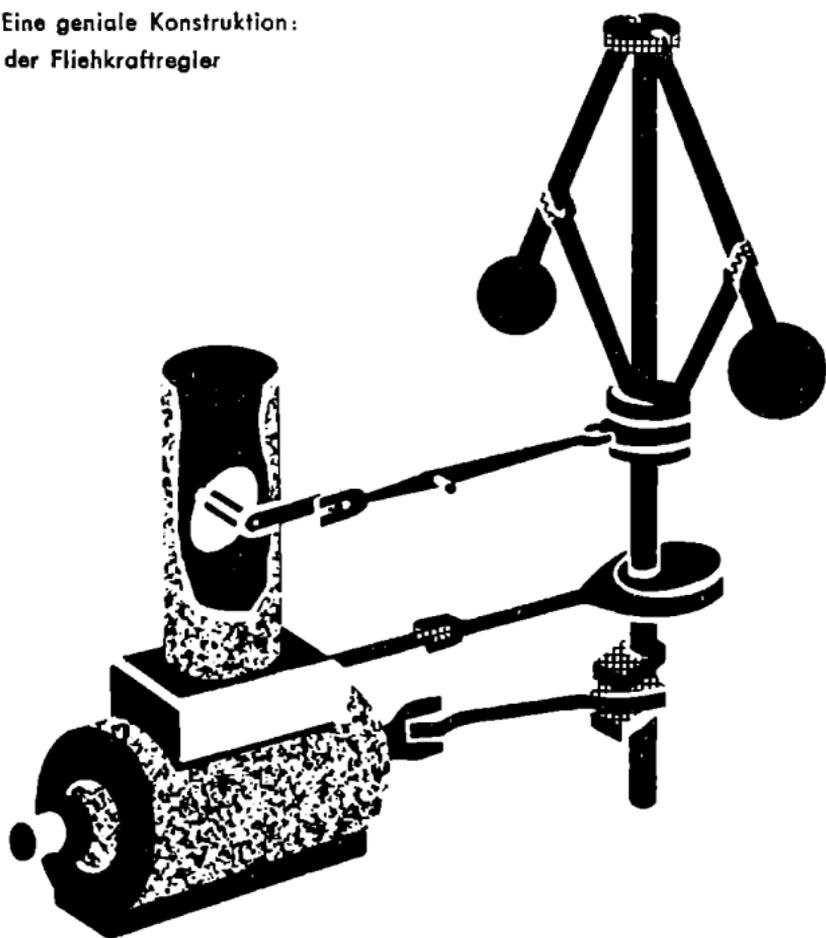
Der eiserne „Maschinist“ auf der Dampfmaschine

Die Familiengründung der wirklich arbeitsfähigen „Handarbeiter“ unter den Automaten erfolgte jedoch erst ein gutes Jahrhundert später. Und auch ihre ersten Vertreter stellten sehr einfache und doch geniale Konstruktionen dar, die erst im Laufe der Jahrzehnte zu ihrer heutigen Vollkommenheit entwickelt wurden. Einer der ersten unter ihnen fand als ständiger Begleiter der „eisernen Engel“ des James Watt Eingang in die Welt der Technik. Seine Hauptaufgabe war es, einen gleichmäßigen Lauf der Dampfmaschinen zu gewährleisten.

Bei den ersten Dampfmaschinen hatte es sich nämlich bereits gezeigt, daß diese Ungetüme schon auf ziemlich kleine Druckänderungen im Kessel nachdrücklich reagieren konnten. War der Druck im Kessel und damit die Dampfzufuhr zum Zylinder gering, dann bewegte sich das Schwungrad sehr schwerfällig und langsam. Doch je größer die Dampfzufuhr wurde, um so schneller wurde auch die Drehung des großen Schwungrades. Das konnte so weit gehen, daß die ganze Arbeitsfähigkeit der Dampfmaschine in Frage gestellt war.

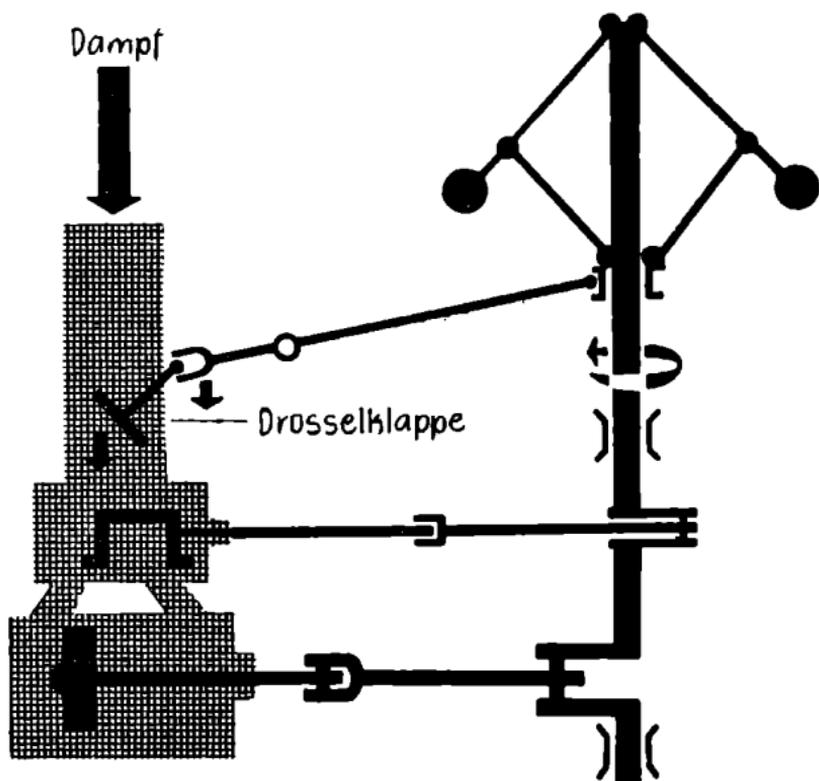
Da schien es nur einen Ausweg zu geben: Man müßte in die Dampfzuleitung zum Zylinder einen Schieber einbauen und einen Maschinisten daran setzen, der ständig die Drehzahl der Maschine im Auge zu behalten hätte. Würde die Drehzahl sin-

Eine geniale Konstruktion:
der Fliehkraftregler



ken, dann brauchte er nur den Schieber ganz zu öffnen; stiege sie aber an – dann müßte er den Dampfzutritt drosseln.

Doch James Watt fand einen anderen, besseren Weg: Er entwickelte einen Fliehkraftregler, wie ihn die schematische Zeichnung zeigt. Seine Arbeitsweise ist sehr einfach. Von der Dampfmaschine wird die kleine senkrechte Reglerwelle angetrie-



So arbeitet der eiserne „Maschinist“ auf der Dampfmaschine

ben, an der zwei Pendelarme mit Gewichten beweglich aufgehängt sind.

Wird nun die Drehzahl zu groß, dann werden die Pendelarme durch die Drehkraft immer mehr nach außen geschleudert. Dadurch wird aber auch ein Hebelsystem in Bewegung gesetzt, das dann seinerseits eine Drosselklappe in der Dampfleitung immer weiter zudreht.

Bei zu kleiner Drehzahl ist es umgekehrt: Die Gewichte sinken kraftlos herunter und öffnen damit

die Drosselklappe so weit, daß die Maschine wieder Volldampf erhält.

Sowohl „La Pascaline“ wie auch der eiserne „Maschinist“ auf den Wattschen Dampfmaschinen waren noch sehr einfache Geräte. Doch in unablässiger Arbeit haben seitdem Tausende von Technikern, Wissenschaftlern und Ingenieuren aus ihnen die Millionenfamilie moderner Roboter geschaffen, die uns heute bei unzähligen körperlichen und geistigen Arbeiten schon sehr fühlbar unter die Arme greift.

„SCHWERARBEITER“ UND „PROFESSOREN“

Vielgestaltig und sehr zahlreich ist sie heute schon – die große Familie der modernen Automaten. Und wie jede Familie, so besteht auch sie aus Jüngeren und Älteren, Temperamentvollen und Bedächtigen, Abenteuerfreudigen und Häuslichen.

Es gibt ein Riesenheer wenig bekannter Roboter für die Verrichtung alltäglicher Arbeiten. Sie sind uns aber ebenso unentbehrlich wie jene Handvoll Roboter-Berühmtheiten, von denen die ganze Welt spricht.

Und fast täglich bekommt diese große Familie noch Zuwachs.

Wie sollen wir uns da durchfinden, wir Neulinge im Reiche dieser erstaunlichen Maschinen? Wo es doch selbst den Fachleuten manchmal schwer wird, beim stürmischen Entwicklungstempo stets einen genügenden Überblick zu bewahren?

Mit etwas gutem Willen ist die vielhundertköpfige Schar der Automaten aber leicht in wenige Hauptgruppen zu unterteilen. Stufe um Stufe wollen wir uns nun mit den verschiedenen Automaten bekanntmachen, angefangen von den einfachen Robotertypen bis zu den „Königen der Maschinen“ – den großen Rechenautomaten, die oft auch „Elektronengehirne“ genannt werden.

Doch schon bei den einfachen Automaten werden wir überrascht von der Vielzahl gegensätzlichster Eigenschaften, die diese Roboter in sich vereinen. Sind sie doch zu gleicher Zeit empfindlich und robust, anspruchsvoll und genügsam. Sie müssen ihre Arbeit oft unter so abenteuerlichen und schweren Bedingungen leisten, daß kein Mensch dazu imstande wäre.

Die Roboter verrichten ihre Arbeit zuverlässig und mit äußerster Präzision. Präzision, also Genauigkeit – gerade darauf kommt es an bei den Meßautomaten, die wir nun kennenlernen.

Roboter auf Lauschposten

Über die weite arktische Eiswüste zucken die phantastischen Lichtgarben eines prachtvollen Nordlichts. Fahler Mondschein zaubert bizarre Formen in die Schnee- und Eislandschaft. Das gelle Aufkreischen berstender Eismassen ist in der trockenen Luft kilometerweit zu hören.

Das Wetter meint es gnädig an diesem Novembertag mitten im Eismeer. Doch es ist die Ruhe vorm Sturm. Schon bald werden wieder brüllende Schneestürme über die einsamen Inseln fegen. Das Wetter, das sich hier zusammenbraut, werden auch wir in der DDR zu spüren bekommen, denn die Produkte der arktischen Wetterküche gelangen über Tausende Kilometer bis in unsere gemäßigten

Breiten. Doch noch ehe uns die Gewalt eines solchen Novembersturmes treffen kann, werden wir gewarnt sein – dank der meteorologischen Stationen, die auch für uns ständig das Wetter am Pol beobachten.

Noch 1914 gab es an der ganzen, Tausende Kilometer langen sibirischen Küste nur vier solcher Stationen. Heute sind es einige Hundert solcher Stationen, die zwischen dem 70. und 80. Breitengrad das Wetter Tag und Nacht beobachten. Einige dieser Stationen sind ständig – also auch im härtesten Polarwinter – mit vier, fünf polarfesten Männern besetzt, die die verschiedensten Meßinstrumente ablesen, die Meßwerte zu Berichten zusammenstellen und diese Berichte dann alle drei Stunden an die zentralen Wetterstationen funken.

Doch die Mehrzahl dieser Stationen, deren Meldungen vor allem für die arktische Seefahrt lebenswichtig sind, verrichten all diese Arbeiten ohne menschliche Hilfe. Im großen Stationsverzeichnis der sowjetischen Meteorologen tragen sie die Bezeichnung „ARMS“, das heißt: Automatisch arbeitende meteorologische Station. Die nördlichste von ihnen liegt auf einer Insel des Franz-Josef-Landes, die abgelegenste und einsamste der Welt aber auf der Henriette-Insel der De-Long-Gruppe. Dazu kommen noch die driftenden Stationen, die von Flugzeugen oder vom Atomeisbrecher „Lenin“ aus in der gefrorenen Ödnis des Eismeres abgesetzt werden.

Das Herzstück aller automatisch arbeitenden meteorologischen Stationen sind natürlich die eigentlichen Meßgeräte; sie messen ständig genau die verschiedensten Wetterfaktoren.

Da gibt es äußerst feinfühlig Instrumente für die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit, den Luftdruck, die Stärke und Richtung des Windes und vieles andere mehr.

Doch weil auf einer automatischen Station natürlich niemand da ist, der die Instrumente ablesen könnte, nützen hier die üblichen Thermometer, Luftdruck- und Luftfeuchtigkeitsmeßgeräte herzlich wenig. Es müssen vielmehr elektrische Geräte sein – wie zum Beispiel das Thermoelement.

Bekanntlich ist der wirksame Teil eines solchen Elements nichts anderes als die Lötstelle zweier verschiedener Metalle, an welcher ständig ein elektrischer Strom entsteht, der um so größer ist, je höher die Temperatur an der Lötstelle klettert. Dieser Thermostrom kann nun über Drahtleitungen oder auch drahtlos durch Funk zu einem empfindlichen Meßinstrument übertragen werden – schon haben wir ein elektrisches Fernthermometer.

Nach ähnlichen Prinzipien arbeiten sämtliche anderen Geräte der „ARMS“. Auch bei den winzigen Wettersonden, die täglich an kleinen Ballons in große Höhen steigen, finden wir solche „elektrischen Wetterspione“. Ein sinnvoller automatischer Mechanismus muß nur noch dafür sorgen, daß die einzelnen Meßgeräte nicht wild „durcheinander-

reden“, sondern daß sie ihre Meldungen immer fein der Reihe nach an den Sender abliefern.

So ausgerüstet und mit langlebigen Stromquellen versorgt, können die „ARMS“ selbst auf einer winzigen steilen Felsenklippe dem härtesten Wetter trotzen. Sie brauchen weder ein gutgeheiztes Blockhaus noch verlangen sie jemals irgendeine Proviantlieferung; und selbst inmitten eines Orkans verrichten sie zuverlässig ihre Aufgaben – zum Wohle der Menschen.

Die automatischen Wetterstationen sind ein Musterbeispiel der modernen **Meßtechnik**, die erst in den letzten 50 Jahren ihre heutige Vollkommenheit erreichte. Noch im vorigen Jahrhundert kam es meist auf einen Millimeter nicht so genau an. Damals war neben der Elle und der Schablone noch das Gefühl des Meisters das wichtigste Meßmittel. Doch heute geht es, zum Beispiel im Maschinenbau, oft um tausendstel Millimeter. Ohne moderne Meßmittel wären wir hier ebenso machtlos wie auf zahlreichen anderen Gebieten, die wir überhaupt erst durch die Hilfe einer exakten Meßtechnik beherrschen können. Dazu gehören der Bau moderner Flugzeuge, die Kerntechnik und nahezu alle metallurgischen und chemischen Prozesse. So gibt es heute chemische Großwerke, die einzig und allein zur Unterhaltung und Bedienung ihrer Meßanlagen bis zu 1000 Menschen beschäftigen, und mitunter finden wir in einem einzigen Betrieb mehr als 20000 Meßpunkte für Temperaturmessungen.

Unschwer können wir uns vorstellen, wie ein Mensch in einem solchen Werk hin und her rennen müßte, um alle Meßpunkte abzulaufen. Und dabei wäre es selbst einem Rekordsprinter nicht möglich, ständig die wichtigsten Punkte zu überwachen. Auch wenn er noch so schnell von Thermometer zu Thermometer lief, könnte er doch immer nur eines nach dem anderen ablesen. Es blieben immer 19999 übrig, die jederzeit den Beginn einer Katastrophe signalisieren könnten, ohne daß es bemerkt würde.

Doch die modernen Fernmeßeinrichtungen, die selbsttätig Hunderte von Meßpunkten überwachen, ersparen uns alle Lauferei. Bequem sitzen die Kontrolleure an ihren Pulten und – wenn sie wollen – lesen sie sogar Zeitung dabei. Denn die „klugen Maschinen“ geben selbsttätig Alarm, sobald irgendwo etwas nicht stimmt. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür ist der elektronische Meß- und Kontrollautomat „MARS-200“, der 200 Kontroll- und Meßgeräte gleichzeitig im Auge behält.

Dieses in der Sowjetunion entwickelte Gerät ist vor allem für Chemiewerke gedacht. Über lange Leitungen ist der „MARS-200“ mit den verschiedensten chemischen Aggregaten verbunden und verfolgt so alle technologischen Prozesse, die in ihnen ablaufen. Gehen sie ordnungsgemäß vor sich, dann tippt eine automatische Schreibmaschine alle Meßwerte mit blauer Farbe auf einen Papierstreifen. Doch schon bei der kleinsten Störung wechselt

die Farbe von Blau auf Rot. Eine zweite Schreibmaschine, die nur für die Aufzeichnung von Abweichungen vorgesehen ist, beginnt zu klappern, und auffällige Lichtzeichen und Hupentöne signalisieren den Chemikern die Störung. Wird hierauf die Störung nicht sofort beseitigt, dann schaltet „MARS-200“ selbsttätig das aus der Reihe tanzende Aggregat ab.

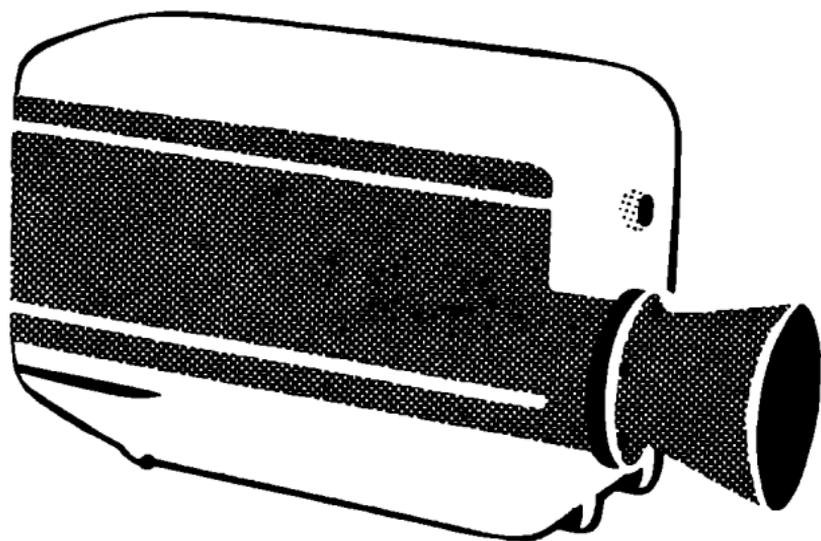
Meßroboter dieser Art sind heute vielerorts einfach unentbehrlich. Fast immer messen sie schneller, genauer und feinfühlicher als es der Mensch je könnte. Ja, sie erfassen sogar physikalische, chemische und geometrische Eigenschaften, die uns entweder durch ihre Größe (wie in der Astronomie) oder durch ihre Kleinheit (wie in der Atomforschung) sonst gar nicht zugänglich wären oder für die wir überhaupt keine eigenen Sinnesorgane haben (zum Beispiel die Elektrizität). Es gibt heute kaum noch eine Aufgabe, vor der ein Meßroboter kapitulieren würde.

Überall da, wo sich der Mensch bereits von der unmittelbaren Aufsichtspflicht über seine Produktionsmaschinen befreit hat und auch die Kontrolle der Produktion selbsttätigen Maschinen überläßt, da schauen Meßroboter als Stellvertreter des Menschen den alleingelassenen Maschinen unnachsichtig auf die Finger.

So gibt es Meßroboter, die jederzeit darüber Auskunft geben können, in welcher Stellung die gewaltigen Tore einer großen Kanalschleuse gerade

stehen; wie die Hunderte Weichen eines Bahnhofs gestellt sind; mit wieviel Touren die Schiffsschrauben eines Ozeanriesen das Atlantikwasser zerwirren; wie hundert Meter vom Wachzimmer eines Arztes entfernt das Herz eines Kranken arbeitet, oder welche Leistung die Turbinen eines Tausende Kilometer entfernten Wasserkraftwerkes abgeben.

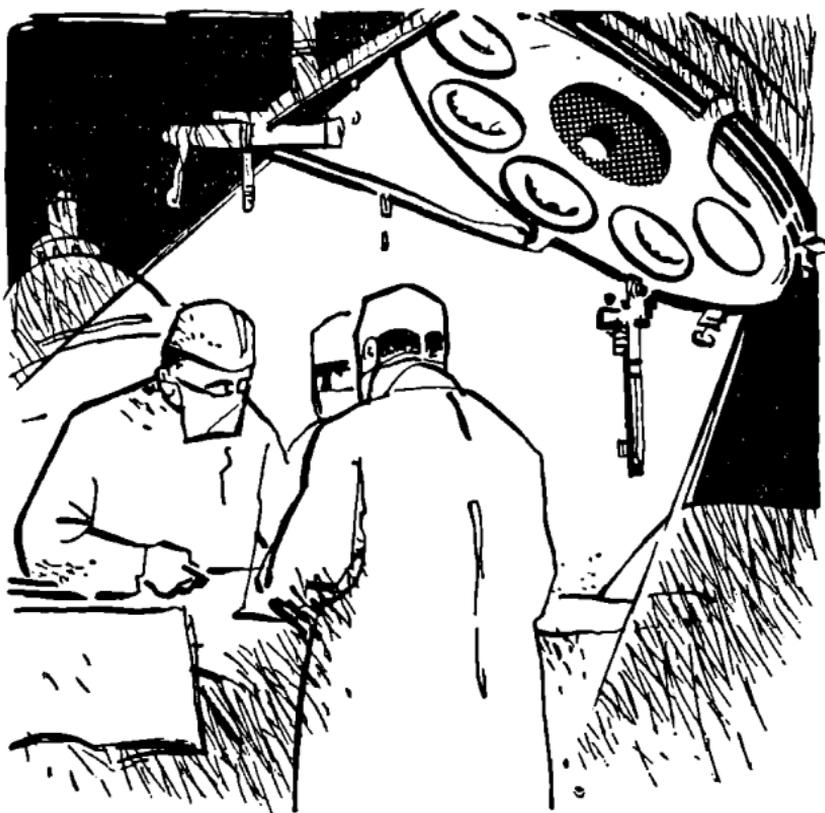
Das sind nur einige Beispiele aus dem weiten Aufgabenfeld der Meßroboter, die auf Fernmessungen spezialisiert sind; und wir brauchen wohl nicht darauf hinzuweisen, daß unser Thermoelement das allereinfachste Mitglied in dieser Familie ist. Eines der höchstentwickelten dagegen ist ohne Zweifel das „industrielle“ Fernsehen.



Stellvertreter des menschlichen Auges: die Fernsehkamera

Die Geburtsstätte eines solchen „Fernsehroboters“ für Industrie und Forschung ist das Werk für Fernmeldewesen in Berlin. Seine Konstrukteure sind samt und sonders noch sehr junge Diplom-Ingenieure, Techniker und Mechaniker. Das Ergebnis ihrer jahrelangen Entwicklungsarbeit ist eine hochmoderne Fernbeobachtungsanlage, die sich in der ganzen Welt sehen lassen kann. Von ihrem komplizierten „Innenleben“ können wir uns ein Bild machen, wenn wir wissen, daß für ihre Funktion 78 höchstempfindliche Elektronenröhren erforderlich sind. Doch dieser große Aufwand lohnt sich, denn das Einsatzgebiet des Berliner Fernsehroboters ist praktisch unbegrenzt. Es reicht von der Medizin über die Kunst und die Wirtschaft bis zum Verkehr und zur Industrie. Gleich, ob die Innenwände dünner Rohre oder Vorgänge in großen Kesselräumen zu prüfen sind – die Fernbeobachtungsanlage ermöglicht es uns.

Überall da, wo eine direkte Beobachtung durch den Menschen unmöglich, zu gefährlich, zu aufwendig oder zu anstrengend ist, wird der Fernsehroboter eingesetzt. Bequem und völlig ungefährdet lassen sich damit auf einem großen Bildschirm alle Vorgänge verfolgen, die eine kleine Aufnahmekamera als Stellvertreter des menschlichen Auges kilometerweit von uns entfernt aufnimmt. Und wo ist diese kleine Kamera nicht überall dabei! In der Berliner Charité schaut sie den Chirurgen über die Schultern und ermöglicht es so den



Bei Operationen schaut die Fernsehkamera dem Chirurgen über die Schulter

Medizinstudenten, auf dem Bildschirm jede Phase der Operation genau zu verfolgen. In den Studios der DEFA dirigiert ein Komponist sein Orchester, das weit von ihm entfernt in einem Konzertsaal sitzt. Und im Kalk- und Zementwerk Rüdersdorf wieder haben diese Roboteraugen gleich sechs Arbeiter von ihrem Kontrollposten im ohrenzerreißenden Lärm einer großen Steinbrechanlage befreit.

In fast allen Fällen dient heute die Elektrizität dem Transport der Meßergebnisse vom Meßort zum Empfänger, und zwar kann der Transport über Leitungen oder auch (wie bei den Wetterstationen) auf drahtlosem Wege, durch Funk, erfolgen.

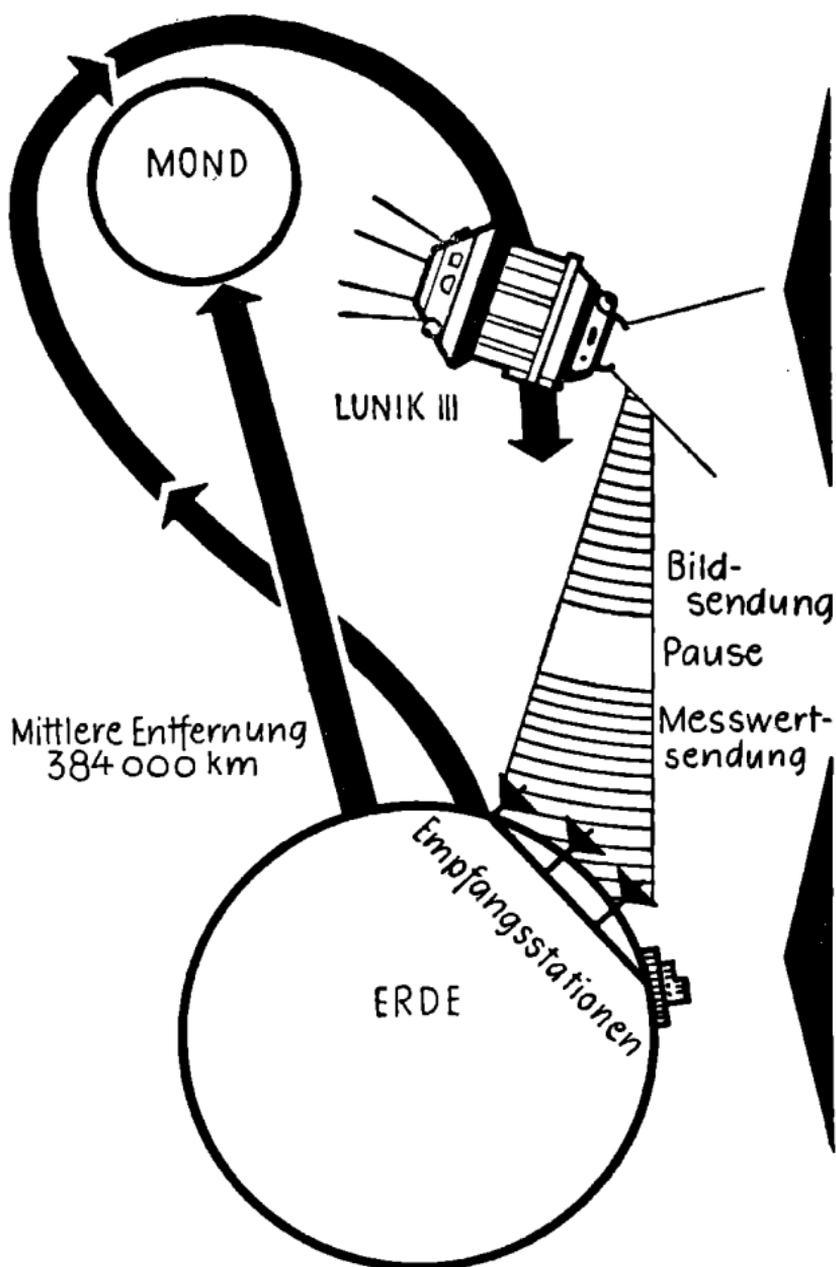
Eines der schönsten Beispiele für den drahtlosen Weg stammt aus dem Dresdener Laboratorium des bekannten Wissenschaftlers Professor Dr. h. c. Manfred von Ardenne. Eine kleine „Pille“ von nur 8 Millimeter Durchmesser und 26 Millimeter Länge, die man mühelos verschlucken kann, hat es wahrhaftig in sich: nämlich einen ganz winzigen Sender. Dieses Senderchen ist ein Glanzstück der Miniaturtechnik. Eingeschlossen in eine wasserdichte Kapsel, wandert er in einigen Stunden vom Magen aus durch den ganzen menschlichen Darmtrakt. Während seiner Wanderung funkt er die Feststellungen der mit ihm verbundenen winzigen Meßgeräte einem Empfänger zu, der alle Beobachtungen an ein Schreibgerät weiterleitet.

Was für Beobachtungen sind es, die der verschluckbare Liliputsender aus dem Körperinnern zu berichten hat? Je nach den Meßgeräten, mit denen er verbunden ist, werden entweder die Temperaturen, der Druck oder die Säurewerte im Innern des Darms beobachtet und alle Schwankungen sorgfältig registriert. Aus den aufgezeichneten Kurven kann dann ein erfahrener Arzt die vielfältigsten Aufschlüsse über den Gesundheitszustand der Verdauungsorgane eines Menschen erhalten. So

wird ein winziger Fernmeßroboter zum Assistenten und Kundschafter für den Arzt.

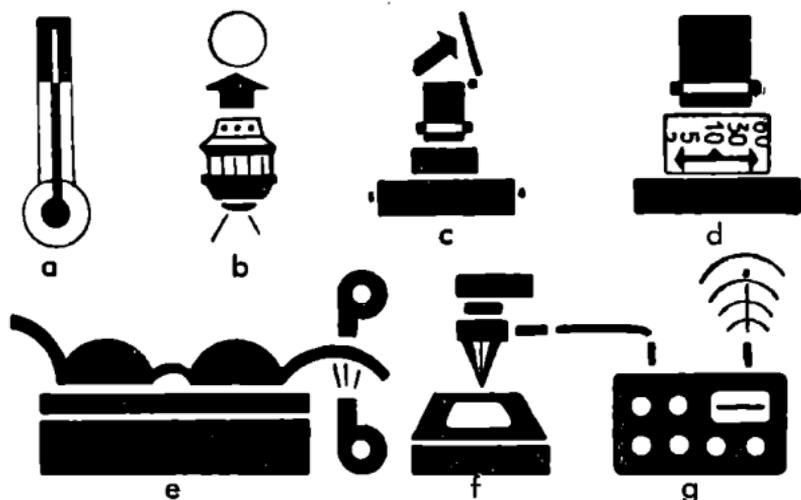
Von hier ist es nur noch ein Schritt zu den berühmtesten unter allen Meßautomaten – zu den Sputniks und Luniks. Denn auch sie sind ja Kundschafter – Kundschafter des Menschen im Weltraum. Kaum eine meßbare Größe gibt es, für die nicht irgendein Sputnik auch ein Meßgerät zur Verfügung hätte. Druck, Temperatur, Luftdichte, Wolkenverteilung, elektrostatische Aufladung, Lebensfunktionen von Versuchstieren, Höhe, Meteoriten, Magnetfeld, Röntgen- und Infrarotstrahlung, kosmische und ultraviolette Strahlung – alles wird gemessen, aufgezeichnet, an die Beobachtungsstationen auf der Erde hinuntergefunkt. In wenigen Stunden erfährt der Mensch auf diese Weise mehr vom Weltraum als er vorher in jahrzehntelanger mühseliger Forschungsarbeit herausbekommen konnte.

Eine glanzvolle Leistung vollbrachte Lunik III. Diese dritte sowjetische kosmische Rakete sollte uns erstmals ein Bild von der Rückseite des Mondes vermitteln. Da unser Nachbar Mond der Erde immer nur eine Seite zuwendet, wußte ja niemand, wie es auf der anderen Seite aussieht. Erst am 7. Oktober 1959 wurde dieses „ewige Rätsel“ endlich gelöst. Lunik III ist vom Mond rund 65 000 Kilometer entfernt – da wird die automatische Kamera mit all ihren komplizierten Zusatzgeräten eingeschaltet. Automatische Geräte sorgen dafür, daß für die

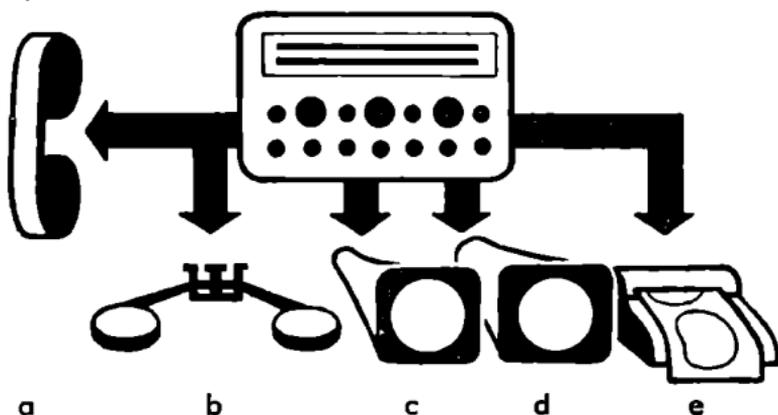


„Kommandant“ an Bord des Lunik III ist ein Roboter – eine automatische Steuerung, die alle Bordapparaturen überwacht und auch das Zeitprogramm genau einhält; er

- a) kümmert sich um die Wärmeregulierung
- b) richtet den Lunik genau auf den Mond
- c) öffnet die Schutzklappen vor den Kameras
- d) verändert die Belichtungszeiten
- e) sorgt für das richtige Entwickeln, Fixieren und Trocknen der Filme
- f) überwacht die Bildabtastung
- g) und bedient auch den Bildsender



Hochleistungsfähige Empfangsgeräte nehmen auf der Erde die Lunik-Funksignale auf, verstärken sie und leiten sie den verschiedenen Systemen zu, in denen die Signale aufgezeichnet und sichtbar gemacht werden, und zwar:



- a) auf Filmstreifen
- b) Magnetband zur Aufzeichnung von Bildsendungen
- c) Bildröhren
- d) Spezialröhren für Bildspeicherung
- e) und auf Spezialpapier in besonderen Funkbildgeräten

Dauer der Aufnahmen (40 Minuten) die Kameraobjektive stets genau auf den Mond gerichtet sind. Immer wieder klickt der Auslöser!

Dann kommt der nächste Schritt: Der Film wird entwickelt, fixiert, getrocknet. Und schließlich kann der Bildsender von Lunik III seine Arbeit beginnen. Sein „elektrisches Auge“ sieht die fertigen Bilder so, als wären sie – wie ein Mosaik – aus Hunderten von helleren oder dunkleren Punkten zusammengesetzt. Punkt um Punkt wird im Lunik die Helligkeit jedes einzelnen Punktes gemessen und das Ergebnis über 470 000 Kilometer hinweg zur Erde gefunkt, wo schließlich aus all diesen Hunderten Funksignalen – wie bei einem Fernsehempfänger – wieder richtige Bilder werden.

Die sensationellen Bilder von der noch nie gesehenen Rückseite des Mondes waren ein Triumph der modernen Fernmeßtechnik, die die Reichweite unserer Sinnesorgane vervielfacht hat.

Wir werden nun sehen, wie auch die Reichweite unserer Arme und Hände vervielfacht werden kann.

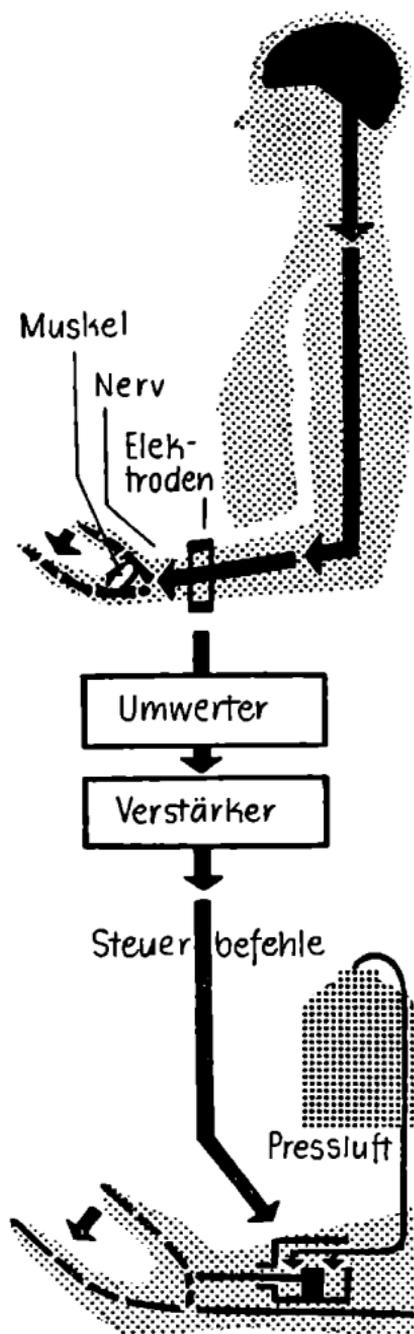
Befehle werden ausgeführt

Weltausstellung! Im Pavillon der Sowjetunion drängen sich die Menschen um einen Stand, an dem die Wissenschaftler eines Moskauer Forschungsinstituts ihr „Lieblingskind“ vorführen. Doch das ist in diesem Fall weder ein Sputnik noch eine

neue Atomforschungseinrichtung, sondern eine ganz einfache Hand, die in einem gelben Lederhandschuh steckt und Dinge tut, die eine Hand normalerweise eben verrichtet.

Sie blättert in Büchern, ergreift einen Hammer, hält einen Schraubenzieher, faßt nach einer Kaffeetasse und begrüßt uns auch. Doch bei dem sanften Händedruck fühlen wir durch das Leder die Härte des kalten Metalls, denn diese Hand ist eine Roboterhand! Ihre Gelenke sind Kugellager, dünne Drahtseile bilden die Sehnen, und als Muskeln dienen kleine Preßluftzylinder. Das alles ist auf engstem Raum zusammengedrängt, und vergeblich suchen wir nach irgendeiner Einrichtung, die der Roboterhand befiehlt, **was** sie zu tun hat. Nur ein dünnes Kabel geht von der mechanischen Hand zum Unterarm eines Technikers, der eben seine Finger zu einer Faust zusammenballt. Was geschieht hier?

Alle unsere Bewegungen werden bekanntlich durch Nervenströme ausgelöst, die vom Gehirn aus über die verschiedenen Nerven den Muskeln zugeleitet werden. Immer, wenn unser Gehirn irgendeinem Muskel einen Befehl erteilt, fließt ein solcher Biostrom durch den entsprechenden Nerv. Bei dem Techniker jedoch, der die Roboterhand steuert, werden diese Nervenströme „belauscht“. Um seinen Unterarm trägt er ein schmales Armband, das auf der Innenseite mit kleinen Elektroden besetzt ist. Diese Elektroden fangen einen Teil der Befehls-



Heute noch im Versuchsstadium:
Wirkungsweise einer Bio-Hand

ströme ab und leiten sie erst einmal einem Verstärker zu. Ein elektronisches Gerät analysiert dann die erlauschten und verstärkten Befehlsimpulse und leitet sie den Ventilen kleiner Preßluftzylinder zu, die schließlich über ein Hebelsystem die einzelnen Finger der Roboterhand in Bewegung versetzen.

Die unter Leitung von Dr. Kobrinski entwickelte Roboterhand gilt heute in der ganzen Welt als ein Meisterstück der Automatentechnik. Dennoch ist sie erst ein Versuchsmodell. Ebenso, wie wir an der Quelle eines Flusses noch nicht zu erkennen vermögen, welche Breite er an seiner Mündung haben wird, so kann heute noch niemand sagen, welche wunderbare Leistungen einst solche elektronischen Hände vollbringen werden. Auf alle Fälle werden sie die Reichweite unserer natürlichen Arme und Hände um ein Hundertfaches, ja Tausendfaches vergrößern. Es kann sein, daß wir eines Tages bequem in einem Büro auf dem Fernsehschirm unseren „zweiten Händen“ zuschauen können, die weit entfernt von uns an einem Atomreaktor, auf dem Meeresgrund oder sogar auf einem fremden Planeten arbeiten.

Durch das Beispiel der Roboterhand haben wir Bekanntschaft gemacht mit der sogenannten **Steuerungstechnik**, die heute in der gesamten Welt der **Maschinen** eine Hauptrolle spielt. Tausende von technischen Anlagen arbeiten bereits mit solchen Steuerungen. Allerdings haben sie hier

nicht die Form einer menschlichen Hand, sondern sie verbergen sich hinter nüchternen technischen Formen. Die einzelnen Bausteine aller Steuerungen aber sind im wesentlichen immer die gleichen – in welcher äußerer Gestalt sie auch auftreten mögen.

Jede Steuerung beginnt mit dem Steuerbefehl, der über eine Steuereinrichtung einem Stellglied zugeleitet wird. Das Stellglied kann zum Beispiel ein Ventil sein, das sich „befehlsgemäß“ öffnet oder schließt und dadurch die eigentliche Antriebsmaschine steuert. Kennzeichnend für eine Steuerung ist dabei, daß es für jeden Steuerbefehl (die Eingangsgröße) nur jeweils eine zugehörige Ausgangsgröße oder Steuerwirkung gibt.

Das sind zunächst alles recht verwirrende Fachausdrücke. Doch wir werden bald damit umgehen können, wenn wir noch einmal das Beispiel unserer Roboterhand heranziehen: Die Steuerbefehle sind natürlich die abgefangenen Nervenströme. Die elektronischen Geräte, in denen diese Ströme verstärkt und ausgewertet werden, bilden die Steuereinrichtung. Von hier aus werden die Steuerimpulse einem Ventilmechanismus zugeleitet – das ist das Stellglied, das die Preßluftzufuhr zum eigentlichen Arbeitszylinder befehlsgemäß verstellt. Je nach Art des Befehls wird der Kolben nun durch die Preßluft ein bestimmtes Stück vor- oder zurückgedrückt, wobei er über ein Hebelsystem schließlich auch die Finger der Roboter-

hand zu einer Faust ballt oder öffnet. Das ist die Steuerwirkung: Jede Fingerstellung (oder Ausgangsgröße) ist dabei einem bestimmten Steuerbefehl, einer bestimmten Eingangsgröße zugeordnet. Den ganzen Weg vom Elektrodenarmband des vorführenden Technikers bis zu den Fingern der Roboterhand nennen wir den Steuerungsweg, während die Ventile des Stellgliedes zusammen mit dem Kolbenmechanismus die eigentliche Steuerstrecke bilden.

Doch unsere Roboterhand ist ja nur ein Beispiel von Tausenden. Auch das Betätigen eines Gashebels im Auto oder das Verstellen eines Einstellknopfes am Fernbedienteil eines Tonbandgerätes kann ein Steuerbefehl sein; dabei müssen die Steuereinrichtungen nicht unbedingt elektronisch sein. Ebenso gut können hydraulische, pneumatische oder magnetische Geräte und Verstärker diese Aufgabe übernehmen, wie schließlich auch das Stellglied entweder eine einfache Drosselklappe, ein Magnet oder ein Motor sein kann – je nachdem, ob sich die Steuerwirkung etwa in der Geschwindigkeit eines Flugzeuges, in der Lautstärke eines Tonbandgerätes oder in der Arbeitsfolge einer Werkzeugmaschine zeigen soll. Die Steuerungstechnik ist für alle möglichen Aufgaben gerüstet.

Doch das Interessanteste kommt jetzt: Die Befehle für eine Steuerung brauchen durchaus nicht unmittelbar vom Menschen zu stammen. Auch tech-

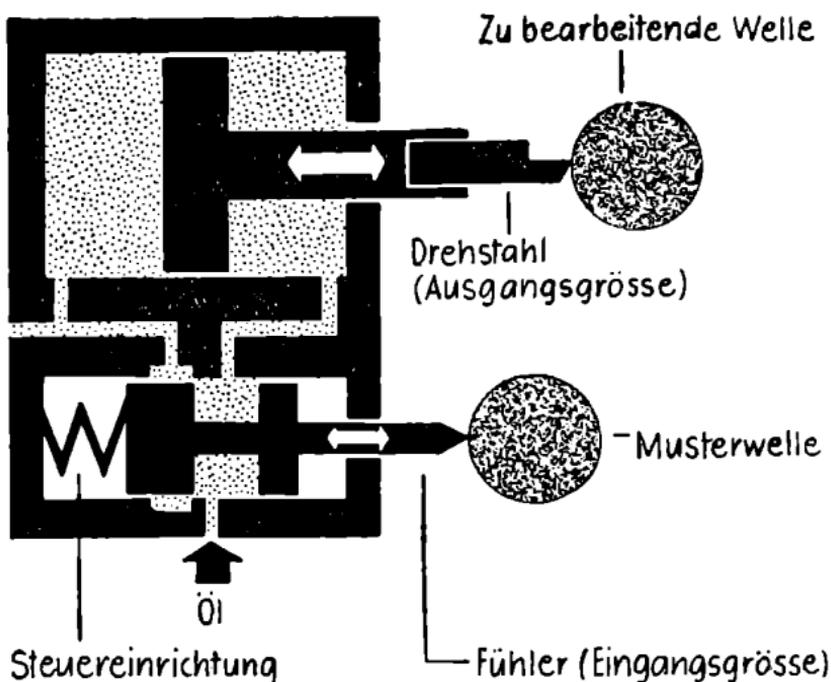
nische Instrumente, wie zum Beispiel Meßgeräte, können Steuerbefehle erteilen. Vor allem bei den modernen Werkzeugmaschinen für die industrielle Produktion wird von dieser Möglichkeit mehr und mehr Gebrauch gemacht. Ein Beispiel dafür ist der bekannte Magdeburger Kopierautomat „Magkomat“ des „VEB Werkzeugmaschinenfabrik Magdeburg“, der nicht nur weit schneller, sondern auch wesentlich billiger arbeitet als eine von Menschenhand gesteuerte Drehmaschine. In der Praxis wurde das hundertfach bewiesen.

Da soll ein Betrieb etwa innerhalb von zweieinhalb Monaten 200 Hartmetallwellen von 1 Meter Länge und einer recht komplizierten Form herstellen. Werden diese Wellen nun nach herkömmlicher Art und Weise bearbeitet, dann muß der Produktionsleiter dafür 14 Dreher für 7 Maschinen einsetzen. Doch die Arbeit geht nur langsam voran. Millimeter um Millimeter frißt sich der Drehstahl in das Metall des Rohlings; je mehr sich das Werkstück aber den vorgeschriebenen Abmessungen nähert, um so öfter müssen die Dreher nach ihren Meßgeräten greifen und die Maße kontrollieren. Genau nach 150 Minuten ist die erste Welle fertig, und wir können uns leicht ausrechnen, daß so je Schicht gerade 3 Wellen fertig werden. Ganz zu schweigen vom Ausschuß, der leicht entstehen kann, wenn etwa ein Dreher bei einem fast fertigen Werkstück den Drehstahl auch nur einen Hauch zu tief ins Metall drückt. Der Produktionsleiter muß

also für die Bearbeitung von 200 solcher Wellen wenigstens 70 Schichten ansetzen.

Wieviel glücklicher ist da sein Kollege dran, der für diese Arbeit einen „Magkomat“ zur Verfügung hat. Denn er braucht statt 14 nur 2 Dreher, und statt 7 Maschinen nur eine. Dafür aber kann er je Schicht mit 20 fertigen Wellen rechnen, und in nur zehn Schichten ist der ganze Auftrag erledigt. Alle 23 Minuten verläßt ein fertiges Werkstück den „Magkomat“, und jede einzelne der 20 Wellen, die je Schicht hergestellt werden, gleicht der anderen wie ein Ei dem anderen. Ausschub gibt es hier nicht.

Das Geheimnis dieser Glanzleistung ist eine sinnvolle Steuerung, die dem Dreher nicht nur das Führen des Drehstahls, sondern auch die Kontrolle der geforderten Maße abnimmt. Alle Abmessungen werden nämlich mit einem Fühler von einer Musterwelle abgetastet und automatisch auf das zu bearbeitende Werkstück übertragen. Die Steuerbefehle (Eingangsgrößen) sind hier also in einem genauen Modell enthalten. Mit einem einfachen mechanischen Präzisionsfühler können sie abgetastet und auf die Steuereinrichtung einer hydraulischen Anlage übertragen werden. Das Stellglied dieser Steuereinrichtung regelt nun sehr genau den Zustrom von Drucköl in einen Arbeitszylinder, wo der Öldruck schließlich je nach der ermittelten Eingangsgröße einen Kolben etwas mehr nach links oder rechts bewegt. Zusammen mit dem Kol-



Beispiel einer Führungssteuerung:

Alle Abmessungen werden von einer Musterwelle abgetastet und automatisch auf das zu bearbeitende Werkstück übertragen

ben aber bewegt sich auch der Drehstuhl, denn beide sind miteinander verbunden; je nach ihrer Stellung schält das scharfe Werkzeug nun befehls-gemäß jeweils dünnere oder dickere Späne vom Rohling herunter. Da die Ausgangsgrößen der Steuerung (nämlich die Bewegungen des Drehstahls) genau den Abmessungen des Modells entsprechen, sind auch alle auf diese Art hergestellten Werkstücke untereinander haargenau gleich. Nach diesem Prinzip können natürlich die verschiedensten Maschinen gebaut werden, wobei vielfach

schon ein einfaches Holzmodell als **Muster** zum Kopieren genügt. Diese Modelle haben ja keine Belastungen auszuhalten, sondern sie dienen nur als Führungsgröße, nach der sich die ganze Steuerung zu richten hat. Alle Steuerungen dieser Art bezeichnet man deshalb als **Führungssteuerungen**.

Nun lassen sich aber nicht alle Vorgänge in einem Modell einfangen. Denken wir zum Beispiel nur einmal an die vielen Handgriffe, die bei der Bedienung einer Drehmaschine vor und nach dem eigentlichen Drehen notwendig sind. Es ist eine Kette immer wiederkehrender Arbeitsgänge:

1. Öffnen des Spannfutters
2. Abführen des bearbeiteten Werkstückes
3. Zufuhr des neuen Rohlings
4. Schließen des Spannfutters
5. Anstellen des Drehstahls
6. Durchführen der eigentlichen Arbeitsoperation (Drehen)
7. Zurückführen des Drehstahls in Ausgangsstellung

Und wieder von vorn: Öffnen des Spannfutters, Abführen des Werkstückes . . . Immer das gleiche, je nach Größe des Werkstückes Dutzende oder gar Hunderte Male am Tag.

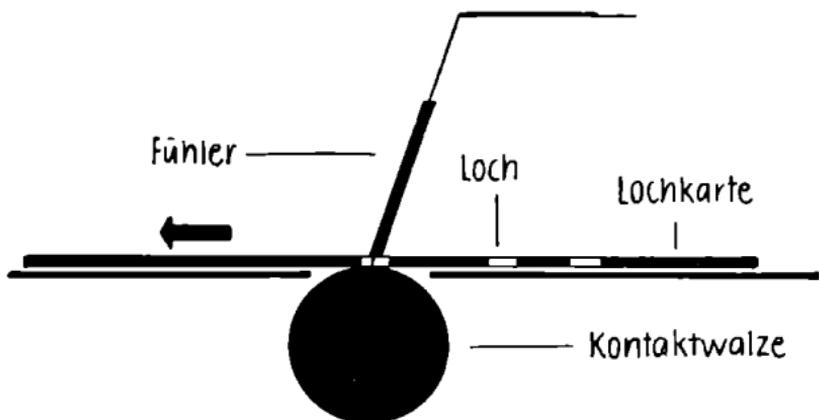
Natürlich kann man jeden einzelnen dieser Handgriffe einem selbsttätigen Mechanismus übertragen. So könnte man zum Beispiel das Öffnen und

Schließen des Spannfutters hydraulisch mit Öldruck besorgen. In der Öldruckleitung brauchte dann nur ein Ventil zu sitzen, das mit einem kleinen, kräftigen Elektromagneten geöffnet oder geschlossen wird – schon könnte sich der Arbeiter bei den Handgriffen 1 und 4 beliebig weit von seiner Maschine entfernen; denn ein Elektromagnet ist ja sehr bequem über eine elektrische Leitung durch einen einfachen Knopfdruck zu bedienen. Das gleiche gilt auch für die anderen Handgriffe. Aber dann müßte eben immer noch ein Mensch da sein, der immer zur richtigen Zeit den richtigen Knopf drückt. Denn das Spannfutter darf nicht geöffnet werden, bevor der Arbeitsprozeß abgeschlossen ist, und auch der neue Rohling darf erst anrollen, wenn das bearbeitete Werkstück ausgespannt ist.

Der ganze Vorteil einer solchen Anlage bestünde darin, daß der Mensch sie aus beliebiger Entfernung bedienen könnte. Es ist das Beispiel einer **Fernsteuerung**, die sich überall da bewährt, wo die menschlichen Steuerbefehle große Entfernungen zu überbrücken haben (etwa bei den Weichen und Signalen der Eisenbahn) oder wo ein Aufenthalt in unmittelbarer Nähe der arbeitenden Maschinen zu gefährlich ist (etwa bei den Walzstraßen oder bei chemischen Anlagen). Aber für unsere Drehbank hätte eine solche Fernsteuerung wenig Sinn. Denn hier kommt es ja gar nicht darauf an, daß der Dreher seine Drehbank aus der Entfernung

bedienen kann; sondern hier soll der Mensch von seiner Pflicht als Steuermann der Maschine befreit werden. Wir suchen nach einer technischen Einrichtung, die „immer zur richtigen Zeit den richtigen Knopf drückt“, nach einer Einrichtung also, die selbsttätig den richtigen Arbeitsablauf einer Maschine steuern kann.

Und hier beginnt das große Feld der **Ablaufsteuerungen**, bei denen alle Steuerbefehle in einem Programm zusammengefaßt werden, das dann alle Verrichtungen der Maschine nach einem genauen Zeitplan steuert. Bevor die Maschine also zu arbeiten beginnt, muß sie ihr Programm bekommen. Bei einer Drehmaschine könnte das zum Beispiel ein gelochter Streifen aus dünnem, elastischem und stromundurchlässigem Material sein, der zwischen den Kontakten eines vielpoligen Schalters hindurchbewegt wird. Und zwar müßten in diesem Fall sieben Lochspuren auf dem Streifen nebeneinanderliegen, von denen jede einen eigenen Stromkreis steuert. Und nun kann es losgehen: Der Streifen ist richtig eingelegt und schiebt sich jetzt langsam durch die Abtastvorrichtung. Da kommt auch schon auf Spur Eins die erste Lochung, die nun am Schalter Eins dem Strom den Weg freigibt. Dadurch wird der Stromkreis für das erste magnetische Ventil geschlossen, und gleichzeitig öffnet sich das Spannfutter der Drehmaschine. So geht es Schlag auf Schlag. Eine Lochung auf Spur Zwei gibt den Befehl für das Abführen des bear-



Lochstreifen	Dualzahl	entspr. Dezimalzahl
	0 0 1 1 1	7
	0 1 0 0 0	8
	0 0 0 1 1	3
	0 0 1 0 1	5
	0 0 0 1 0	2
	0 0 0 0 1	1
	0 1 0 0 1	9
	0 0 1 0 0	4

Auf einer Lochkarte sind alle Befehle eingestanz; elektrische Fühler tasten das Programm ab

beiteten Werkstückes; Spur Drei steuert das Zuführen des neuen Rohlings und so weiter. Die Dauer eines Kommandos entspricht dabei jeweils der Lochlänge auf dem Streifen. Auf diese Weise kann natürlich die Zeit für jeden einzelnen Arbeitsgang genau eingehalten werden. Sobald aber das ganze Programm einmal durchgelaufen und damit der Steuerungsablauf beendet ist, kann das Ganze wieder von vorn beginnen. Dazu braucht

man das Programm nur zu einem endlosen Band zusammenzukleben, das dann pausenlos durch die Maschine läuft.

Bei alledem hat der Mensch nur noch die Aufgabe, den selbsttätigen Ablauf der Arbeiten zu überwachen, gelegentlich das Magazin mit neuen Rohlingen aufzufüllen und für den Abtransport der fertigen Werkstücke zu sorgen (auch das kann automatisch geschehen). Selbst eingreifen muß er nur, wenn die Steuerung einmal versagen sollte oder wenn ein Werkzeug auszuwechseln ist.

Gelochte Karten oder Streifen, wie wir sie hier kennengelernt haben, zählen zu den ältesten technischen Hilfsmitteln für die Speicherung von Daten, Vorgängen oder Befehlen, wobei die spätere Auswertung der Lochungen sowohl mechanisch, elektromagnetisch oder auch elektronisch erfolgen kann. So baute zum Beispiel der Franzose Joseph Marie Jacquard schon im Jahre 1804 einen mechanischen Webstuhl für die Massenherstellung gemusterter Stoffe, der durch solche gelochten Karten gesteuert wurde. Inzwischen ist dieses Verfahren vielfach erweitert oder abgewandelt worden, und heute steuern derartige Lochkarten oder Lochstreifen die verschiedenartigsten Vorgänge. So gibt es Lochstreifen, die Temperaturen in Brennöfen steuern, während andere in großen Nachrichtenzentralen Morsezeichen herunterraseln, wodurch natürlich die kostbare Sendezeit weit besser ausgenutzt wird als das ein mensch-

licher Telegrafist mit Hilfe der Morsetaste je könnte.

Andere Lochstreifen wieder sind in großen Druckereien auf die Setzerei spezialisiert. Während hier zum Beispiel der Setzer auf einer Art Schreibmaschine den Text „abschreibt“, werden bei jedem Tastenanschlag in einen Papierstreifen kleine Löcher gestanzt, die für jeden Buchstaben eine andere Gruppierung haben.

Das so in den Streifen gestanzte Programm steuert dann den Mechanismus einer Gießmaschine, die nicht nur die Buchstabenlettern gießt, sondern sie gleichzeitig zu Worten und Zeilen zusammensetzt.

Doch das ist noch nicht alles. Die Arbeitsbefehle eines Lochstreifens können auch telegrafisch übertragen werden.

So ist es heute möglich, Zeitungen des gleichen Inhalts an mehreren Orten genau zur gleichen Zeit zu setzen.

Neben den Lochstreifen aber gibt es noch viele andere Programmträger. Zum Beispiel Magnettonbänder, Kurvenscheiben oder magnetische Stahlsaiten. Und all diese „mechanischen Gedächtnisse“ haben einen großen Vorteil: Ein Mensch kann sich irren, er kann einmal einen falschen Knopf drücken oder mit dem Drehstahl von einem winzigen Werkstück einen zu großen Span abheben. Dann ist das ganze Stück unbrauchbar. Bei einem Programm jedoch, das einmal vom Men-

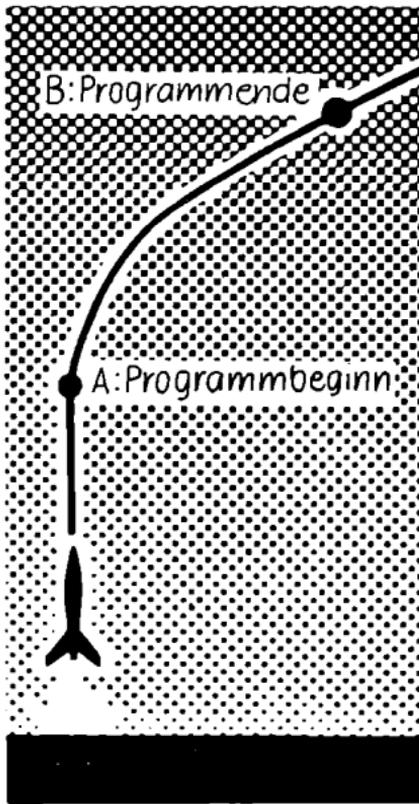
schen richtig eingerichtet wurde, kann so etwas nicht geschehen. Diese Zuverlässigkeit ist schließlich auch der Grund dafür, weshalb wir an Bord fast aller großen Raketen hochleistungsfähige Programmsteuerungen finden.

Da hebt sich zum Beispiel in einem sowjetischen Raketenversuchszentrum eine Großrakete mit ohrenbetäubendem Lärm vom Starttisch ab. Die glühendheißen Verbrennungsgase, die mit mehrfacher Schallgeschwindigkeit aus den Triebwerken gegen die Erde schießen, peitschen dicke Staubwolken auf, und immer schneller wird der Flug der großen Rakete. Dutzende von Tonnen wiegt dieser Gigant. Im Startbunker verfolgen Wissenschaftler und Techniker vom Startkommando an auf Meßinstrumenten und Bildschirmen gebannt jeden Abschnitt des Fluges. Für alle gibt es in diesen Sekunden nur eine Frage: Wird die Steuerung funktionieren?

Nach den Berechnungen soll die Rakete zunächst genau senkrecht in die Höhe steigen, um so auf kürzestem Wege den dichtesten Teil der irdischen Lufthülle zu durchstoßen. Erst in großer Höhe soll sie in ihre endgültige Bahn einbiegen, und zwar auf einer zuerst sehr stark gekrümmten und dann immer flacher werdenden Kurve. Das ist nun die Aufgabe einer empfindlichen Programmsteuerung an Bord der Rakete.

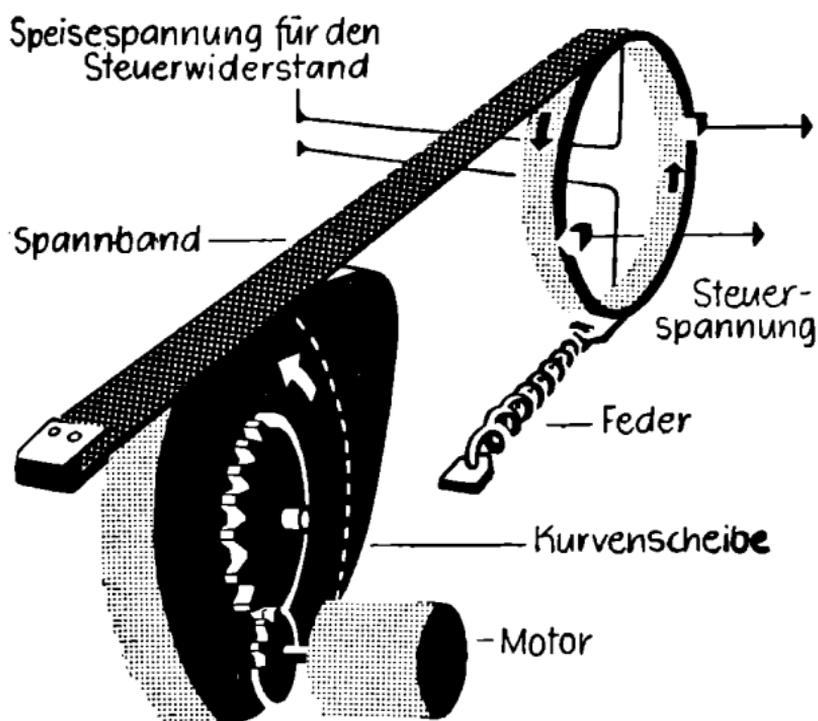
Das Herzstück dieses mechanischen Steuermannes ist ein ringförmiger veränderlicher Widerstand,

So soll die Flugbahn einer Rakete aussehen –



wie er im Prinzip auch für die Lautstärkeveränderung in unserem Rundfunkempfänger verwendet wird. Nur ist dieser Widerstand in der Rakete ein Glanzstück der Präzisionstechnik, denn die von ihm abgegriffene Steuerspannung könnte bei der kleinsten Ungenauigkeit den ganzen Versuch scheitern lassen. Die Steuerspannung stellt nämlich den Steuerbefehl für jede Kursänderung der Rakete dar, die durch ein entsprechendes Schwenken des Raketentriebwerks hervorgerufen wird.

Während des Starts und des senkrechten Steigfluges wird der Ringwiderstand durch eine Feder in seiner Nullstellung gehalten, und folglich ist auch seine Steuerspannung gleich Null – die Rakete fliegt immer „geradeaus“. Sobald sie jedoch die vorgesehene Höhe erreicht, wird der Widerstand mit einem Spannband, das über eine Kurvenscheibe führt, erst schnell und dann immer langsamer verstellt. So entsteht die gewünschte Steuerspannung: Das ganze Triebwerk wird geschwenkt–



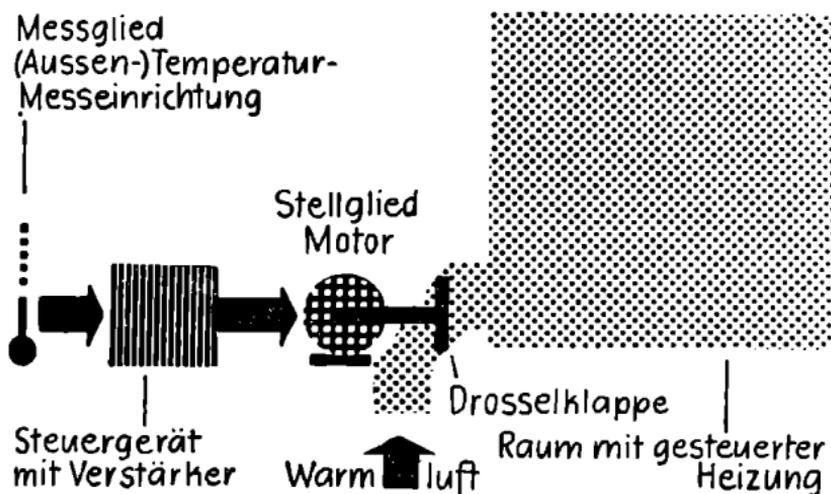
und so wird sie mit einer Kurvenscheibe verwirklicht

die Rakete ändert ihren Kurs. Wie diese Kursänderung aber aussieht, das wird nur durch die Form der Kurvenscheibe bestimmt. Je kräftiger eine Ausbuchtung auf dieser Scheibe ist, um so mehr wird natürlich der Widerstand verstellt, und um so heftiger ist dann auch die entsprechende Kursänderung. Dagegen bewirkt eine feine Ausbuchtung auf der Kurvenscheibe selbstverständlich auch nur eine geringe Änderung der Steuerspannung und eine entsprechend schwache Kursänderung. Auf diese Weise läßt sich ein ganzes kompliziertes Steuerprogramm in den genau berechneten Krümmungen einer einfachen Scheibe unterbringen. Und nicht selten sind es die Ergebnisse jahrelanger mühsamer Forschungsarbeit, die hier ihren Ausdruck finden.

Der Kreis schließt sich

Tatsächlich werden Steuerungen, wie wir sie nun kennengelernt haben, vor allem in der Industrie heute schon zu Tausenden eingesetzt. Sie entlasten den werktätigen Menschen von unzähligen anstrengenden und gefährlichen Arbeiten. Oft ist es überhaupt erst durch ihren Einsatz möglich, bestimmte Prozesse durchzuführen, denen wir sonst – nur auf unsere fünf Sinne angewiesen – gar nicht folgen könnten oder bei deren Steuerung wir uns in unmittelbare Lebensgefahr begeben müßten.

Und doch wird uns ein ganz einfaches Beispiel beweisen, daß es sogar verhältnismäßig leichte Aufgaben gibt, die wir auch mit der kompliziertesten Steuerung nicht bewältigen können. Nehmen wir an, die Temperatur eines Zimmers solle stets auf gleicher Höhe gehalten werden – egal, ob draußen kalte Winterstürme toben oder ob hochsommerliche Hitze herrscht. Bei einer Steuerung würde ein Thermometer ständig die Außentemperatur messen und über eine Steuerkette veranlassen, daß im Winter viel Warmluft ins Zimmer strömt. An warmen Sommertagen dagegen würde eine Drosselklappe die Warmluft abriegeln.



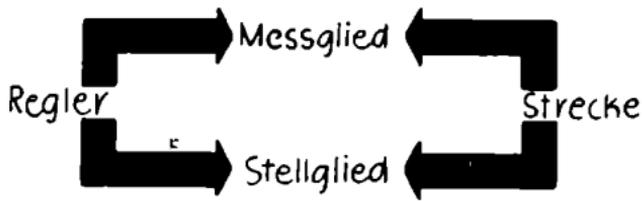
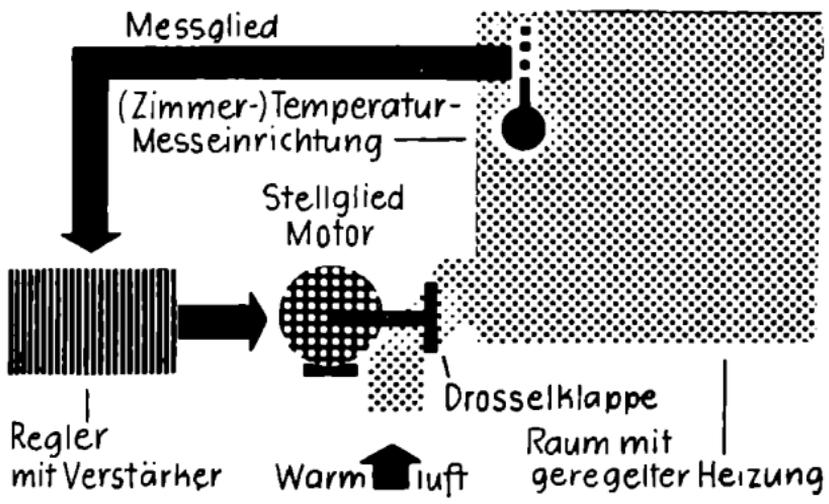
Messglied → Steuergerät → Stellglied → Regler

Beispiel des offenen Wirkungsweges einer Steuerung

Aber es liegt auf der Hand, daß ein solcher **offener Wirkungsweg**, wie ihn jede Steuerung darstellt, nur dann zufriedenstellend arbeiten kann, wenn eine wirklich feste Gesetzmäßigkeit vorliegt. Das ist aber bei unserem Zimmer nicht der Fall. Wenn zum Beispiel die Fenster sehr lange geöffnet waren, oder wenn die Warmluft durch offene Türen noch in andere Räume entweicht, dann kann sich die Innentemperatur sehr weit vom gewünschten Wert entfernen, ohne daß das korrigiert wird. Denn ein Steuerungsvorgang kann während seines Ablaufes keine störenden Einflüsse berücksichtigen.

Wo solche Störungen, deren Größe und zeitliches Verhalten vorher nicht bekannt, aber zu erwarten sind, da müssen wir den offenen Wirkungsweg der Steuerung in einen **geschlossenen Wirkungsweg** verwandeln. In unserem Beispiel brauchen wir dazu nur das Thermometer von der Außenwand des Hauses ins Zimmer zu verlegen. Denn hier kann es ja gleich die Auswirkungen seiner Steuerbefehle an Ort und Stelle kontrollieren und so die zu regelnde Größe (nämlich die Zimmertemperatur) trotz aller Störungen auf einem vorgegebenen Sollwert halten.

Durch diese einfache Veränderung aber haben wir unsere Steuerung bereits in eine **Regelung** verwandelt, deren Aufgabe es ist, die Auswirkungen aller möglichen Störungen stets so gering wie möglich zu halten.



Beispiel des geschlossenen Wirkungsweges einer Regelung

Eines der ältesten und berühmtesten Beispiele für eine solche Regelung ist der „eiserne Maschinist“ auf der Dampfmaschine, den wir ja schon kennengelernt haben. Schauen wir uns die einzelnen Teile dieses Wattschen Drehzahlreglers einmal etwas genauer an, dann werden wir hier lauter alten Bekannten begegnen. Gleich am Eingang der Regelstrecke liegt die Drosselklappe, die als Stellglied die Dampfung zum Zylinder beeinflusst. Der

Ausgang der Regelstrecke ist dagegen die geregelte Größe – in unserem Falle die Drehzahl der Kurbelwelle. Doch diese geregelte Ausgangsgröße wird nun nicht mehr sich selbst überlassen, sondern sie wird dem Meßwert des Reglers zugeleitet, der nun den **Istwert** der Ausgangsgröße mit einem vorher eingestellten **Sollwert** vergleicht. Zeigen sich dabei auf Grund irgendwelcher Störungen Abweichungen zwischen beiden Werten, dann sorgt der Regler sofort mit Hilfe des Stellgliedes für die Wiederherstellung des Gleichgewichtes zwischen Soll- und Istwert.

Kurz gesagt: Die Regelung ist also eine Erweiterung der Steuerung, indem die Ausgangsgröße wieder auf den Eingang zurückwirkt. Bei jeder Regelung können wir demnach immer zwei Hauptteile unterscheiden: Da ist einmal die **Regelstrecke**, auf der sich die gewünschten Wirkungen einstellen; und da ist der eigentliche **Regler**, der die hierzu notwendigen Befehle gibt. Die Regelstrecke beginnt also jeweils am Stellglied und reicht bis zum Meßort; der Regler dagegen beginnt am Meßort und reicht bis zum Stellglied, wobei Regelstrecke und Regler zusammen immer einen geschlossenen Kreis bilden: den **Regelkreis**.

Bei unserem „eisernen Maschinisten“, dem Wattsehen Fliehkraftregler, war die geregelte Größe die Drehzahl einer Dampfmaschine, und die ganze Regelung erfolgte dabei auf mechanischem Wege. Aber ebensogut können natürlich auch Ströme,

Spannungen, Frequenzen, Drehmomente, Gewichte, Durchmesser, Temperaturen, Geschwindigkeiten, Durchflusssmengen, Gaszusammensetzungen, Wasserstände oder Fahrtrichtungen geregelt werden, und zwar keineswegs nur mechanisch, sondern in modernen Reglern auch elektrisch, pneumatisch, hydraulisch, elektropneumatisch, elektrohydraulisch oder elektromechanisch. Die anspruchsvollsten Aufgaben der Regelungstechnik aber werden in immer größerem Maße mit Hilfe der Elektronik gelöst.

Dabei ist das „Innenleben“ aller modernen Regler natürlich weitaus komplizierter als das ihres Urahns aus der Zeit des James Watt, und selbst erfahrene Ingenieure, die so leicht kein „Wunder der Technik“ erschüttern kann, stehen oft staunend vor einer neuinstallierten Regelungsanlage – verblüfft von der Genauigkeit und Geschwindigkeit, mit der diese Meisterwerke der Präzisionstechnik ihre Aufgaben erfüllen.

Machen sich solche komplizierten und teuren Anlagen überhaupt jemals bezahlt? Auch auf diese Frage soll die Praxis die Antwort geben:

Da sollen in einem Werk sechs Maschinen, die Tag und Nacht arbeiten, stets mit der gleichen Menge Kühlwasser versorgt werden, obwohl die Wassergeschwindigkeit in der Hauptleitung ständig schwankt.

Beispiel Eins: Soll diese Aufgabe mit Hilfe menschlicher Arbeitskraft gelöst werden, dann müssen in

jeder Zweigleitung je ein Durchflußmesser installiert werden sowie je ein Durchgangsventil, in dessen Bedienung sich in achtstündigem Wechsel jeweils drei Arbeiter ablösen. Bei sechs Zweigleitungen werden also 18 Arbeitskräfte gebraucht, von denen jeder einen Monatslohn von 400,- DM erhält. Pro Jahr ergibt sich so eine Lohnsumme von (18 mal 400 mal 12) **86 400,- DM**

Beispiel Zwei: In einem modernen Werk dagegen wird in jede Zweigleitung ein automatischer Durchflußmengenregler eingeschaltet, der ohne menschliche Hilfe arbeitet. Da jedes dieser sechs Geräte einschließlich Installation etwa 1500,- DM kostet, ergeben sich für die gesamte Anlage rund 9000,- DM. Dazu kommen dann noch monatlich je 600,- DM Lohn für drei Überwachungskräfte. Zusammen also 1800,- DM; das sind im Jahr 21 600,- DM. Alles in allem pro Jahr **30 600,- DM**. Vergleichen wir die jährlichen Gesamtkosten miteinander, dann zeigt es sich, daß durch die Anwendung der modernen Regelungstechnik schon im ersten Jahr 55 800,- DM eingespart werden können. In den folgenden Jahren ist dieses Verhältnis sogar noch günstiger, weil ja dann überhaupt nur noch der Lohn für die drei Überwachungskräfte zu zahlen ist. Oder man kann auch sagen: Schon nach rund vier Monaten Einsatz hat sich die automatische Regelungsanlage (durch die erzielte Einsparung) buchstäblich selbst bezahlt. Und das kann sich schon hören lassen.

Doch oftmals bleibt den Konstrukteuren gar keine andere Wahl – für viele Aufgaben müssen sie von vornherein automatische Regelungen vorsehen. Das gilt für die vielfältigen und komplizierten Prozesse der chemischen Industrie ebenso wie für die meisten Kraft- und Arbeitsmaschinen, die stets den jeweiligen Arbeitsbedingungen angepaßt sein müssen, oder für die großen Wärmekraftwerke, bei denen sogar sehr viele verschiedene Dinge aufeinander eingeregelt werden müssen.

Tag und Nacht rollen zum Beispiel schwerbeladene Kohlenzüge zum Kraftwerk Trattendorf und entleeren ihre Fracht in die großen Bunker, während die gewaltigen Turbogeneratoren pausenlos elektrische Energie in die Überlandleitungen „pumpen“. Zwischen Kohlenbunkern und Turbogeneratoren stehen die großen Dampferzeuger, die in ihrer Höhe schon bald an einen Wolkenkratzer heranreichen. Um einen solchen modernen Hochleistungsdampferzeuger, der stündlich Hunderte Tonnen Dampf abgibt, wirklich immer „in der Hand zu haben“, muß er natürlich ständig an vielen Stellen überwacht und kontrolliert werden. Nie könnte ein Mensch all die weit auseinanderliegenden Meßpunkte ablaufen, die einzelnen Meßergebnisse gegeneinander in Sekundenschnelle abwägen, daraus dann die notwendigen Befehle ableiten und diese Befehle schließlich sogar noch an vielen verschiedenen Stellen selbst ausführen.

Doch hier gibt es keinen Ausweg: Ständig müssen Speisewasser- und Brennstoffzufuhr, Wasserstand, Dampfdruck und -temperatur, Zug und Zusammensetzung der Abgase, Drehzahlen der Turbinen und vieles mehr beobachtet und miteinander abgestimmt werden. Und zwar nicht nur aus Gründen der Sicherheit, denn all die vielen Faktoren müssen ja stets harmonisch zusammenwirken und mit dem Ziel des jeweils besten Wirkungsgrades aufeinander abgestimmt werden. Ohne ein ganzes System von zusammenwirkenden Regelkreisen wäre eine solche Energieerzeugung im großen Rahmen gar nicht möglich.

Was ein einzelner Mensch nicht vermag, das erledigt jedoch ein System von Reglern prompt und mit größter Selbstverständlichkeit. In winzigen Bruchteilen einer Sekunde sind die „elektrischen Gehirne“ des „eisernen Kesselwärters“ durch ihre zahlreichen weitverteilten Meßinstrumente jeweils über den allerneuesten Stand informiert. Viele Male in jeder Minute werden die Regler über die tatsächlichen Istwerte unterrichtet, viele Male können sie diese Informationen mit den geforderten Sollwerten vergleichen und aus den festgestellten Abweichungen die Befehle ableiten, die nötig sind, um diese beiden Werte gegen alle störenden Einflüsse in Übereinstimmung zu bringen. Der „eiserne Kesselwärter“ vollbringt dies Minute um Minute, tagaus, tagein, Jahr für Jahr – ohne die kleinste Pause.

Der „eiserne Kesselwärter“ von Trattendorf war übrigens die erste große elektrische Kesselregelungsanlage, die in der DDR von Wissenschaftlern, Technikern und Ingenieuren des Berliner „Wissenschaftlich-Technologischen Büros für Gerätebau“ entwickelt wurde. Hier auf dem „Bau der Jugend“ in Trattendorf hat sie ihre Feuerprobe mit Glanz bestanden.

Oder denken wir an den ersten Atomreaktor der DDR, der in einem idyllischen Waldstück bei Rosendorf in der Nähe von Dresden steht. Hier wird die gewaltige Kraft des Atoms gezähmt, und die Prozesse, die sich dabei im Innern des schweren Betonklotzes abspielen, verlaufen mit einer so hohen Geschwindigkeit, daß unsere Sinne viel zu träge sind, um sie im einzelnen zu erfassen. Auch hier erschließen uns erst die modernen Regelungsanlagen die Möglichkeiten, mit denen wir diese „Sonne auf der Erde“ beherrschen können.

Wie sollte etwa ein Mensch die Neutronen im Innern eines solchen Reaktors steuern, wo doch jedes dieser Neutronen nur eine Größe von 0,0000000000005 Zentimeter hat. Aber gerade hier ist strengste Kontrolle erforderlich, wenn der Reaktor nicht „durchgehen“ und seine mühsam gezähmte Urkraft ungefesselt entfalten soll. Sind es doch gerade diese winzigen Neutronengeschosse, die die Spaltung der Atome hervorrufen. Ihre Zahl darf also nie einen bestimmten Wert überschreiten.

Für einen sinnvoll erdachten Regelkreis ist diese Aufgabe jedoch kein Problem, und wir werden sehen, daß sie sogar mit einer klassisch einfachen Regelung bewältigt wird. Die Regelstrecke ist in diesem Fall die Dichte der Neutronen, die jeweils einer bestimmten Leistung des Reaktors entspricht. Je dichter der Neutronenfluß wird, um so höher ist auch die Wärme im Reaktor. Als Stellglied benutzt man einen Stab aus neutronenhungrigem Material, mit dessen Hilfe freie Neutronen eingefangen und die gesamte Kettenreaktion zum Stillstand gebracht werden kann – je nachdem, wie tief dieser Stab in den Reaktor hineingeschoben wird. Mit einem empfindlichen Gerät mißt man am Meßort die Neutronendichte und leitet den Istwert einem Regelverstärker zu. Hier werden dann Istwert und gewünschter Sollwert miteinander verglichen. Sobald sich dabei auch nur die kleinste Abweichung ergibt, wird der Regelstab über einen Stellmotor aus dem neutronenhungrigen Material so lange verstellt, bis die tatsächliche Reaktorleistung gleich der gewünschten Leistung ist.

Automaten für 575 Millionen DM

Mit der kurzen Stippvisite im größten Atomforschungszentrum ganz Deutschlands wollen wir die Parade der Beispiele aus der großen Zahl der Meß-, Steuer- und Regelgeräte beschließen. Wir

haben Stufe um Stufe betrachtet und dabei immer wieder gesehen, daß heute hohe Arbeitsproduktivität und niedrige Selbstkosten, modernste Technik und höchste Genauigkeit untrennbar mit diesem Dreigestirn „Messen – Steuern – Regeln“ verbunden sind.

Wahrhaftig: Wir stürmen mit Riesenschritten einer Zeit entgegen, wo in nahezu allen Industriezweigen der bisherige Kontrolleur Mensch durch entsprechende technische Geräte ersetzt ist. Ein eindrucksvolles Spiegelbild dieser stürmischen Entwicklung vermitteln nicht zuletzt die jährlichen großen Messen in Leipzig. Noch 1956 waren 76 Prozent aller Maschinen, die hier in Leipzig im „Schaufenster der Welt“ ausgestellt wurden, nicht automatisiert, und nur je 12 Prozent waren Automaten beziehungsweise automatische Maschinen. Doch wie hat sich dieses Bild schon nach vier Jahren gewandelt! 1960 war das Verhältnis schon umgekehrt: Nur noch 29 Prozent aller ausgestellten Werkzeugmaschinen zeigten die herkömmliche Bauweise, während der Anteil der Automaten und automatischen Maschinen schon 71 Prozent betrug. Dieser steile Weg in die Höhe ist noch längst nicht zu Ende.

Auch im Siebenjahrplan unserer Republik hat der junge Industriezweig der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik einen Platz in der vordersten Reihe. Die Produktion von Meß-, Steuer- und Regeleinrichtungen soll wertmäßig von 163 Millionen DM

im Jahre 1958 auf 575 Millionen DM im Jahre 1965 anwachsen. Jawohl, das ist eine Steigerung auf das reichlich Dreieinhalbfache! Und dabei gilt als Leitsatz für die Entwicklung in den nächsten Jahren: Nichts darf von Hand ausgeführt werden, was ein Regler übernehmen kann; was aber heute noch nicht regelbar ist, das muß regelbar gemacht werden.

Im nächsten Abschnitt unseres Streifzuges durch die Welt der Automaten aber werden wir sehen, daß dies nicht nur für einzelne Maschinen oder Aggregate gilt, sondern daß auch ganze Fabriken automatisiert werden können.

Fabriken ohne Menschen

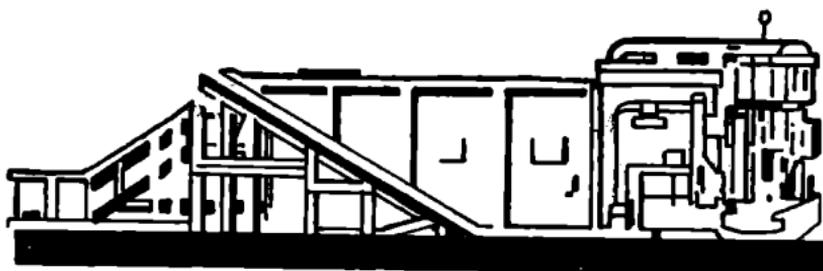
Nicht weit vom altertümlichen Moskauer Donskoi-Kloster entfernt liegen die hellen und geräumigen Werkhallen eines Forschungsinstitutes. Und schon in den ersten Minuten unseres Besuches spüren wir, daß hier etwas Besonderes, etwas Ungewohntes vor sich geht. Wir sehen die langen Reihen der Maschinen, die sämtlich auf Hochtouren laufen, und fast glauben wir, bei allen einen einheitlichen Rhythmus wahrzunehmen. Doch nirgendwo in der großen Halle können wir auch nur einen einzigen Arbeiter entdecken, der diese Maschinen bedient. Nur die roten Lämpchen, die über den Maschinen leuchten, zeigen an, daß alles in Ordnung ist.

In Ordnung, das heißt: Auch heute wird diese automatische Fabrik ihre Tagesnorm erfüllen: 3000 Kolben für Kraftfahrzeugmotoren, so, wie sie es seit Monaten Tag für Tag tut. Und während des gesamten Produktionsablaufes vom rohen Aluminiumbarren bis zum fertigen, gut verpackten Kolben wird keines der Tausende Werkstücke von einer menschlichen Hand berührt.

Im Elektroofen wird das Aluminium geschmolzen, von fremden Beimengungen gereinigt und schließlich in genau abgemessenen Portionen zu Kolbenrohlingen vergossen. Doch das ist erst der Beginn im Lebenslauf der Kolben. Sobald die silbern blinkenden Rohlinge die schützende Hülle der Form verlassen, werden sie von mechanischen Händen ergriffen und mit sanftem Ruck auf ein Förderband gesetzt. Dabei werden sie von kalter Luft ein wenig abgekühlt. Eine andere Maschine befreit sie dann von allen überstehenden Metallresten, und bevor schließlich die eigentliche Präzisionsbearbeitung beginnt, wird in einer besonderen Wärmebehandlung während mehrerer Stunden auch ihr „Inneres“ auf Spitzenqualität gebracht.

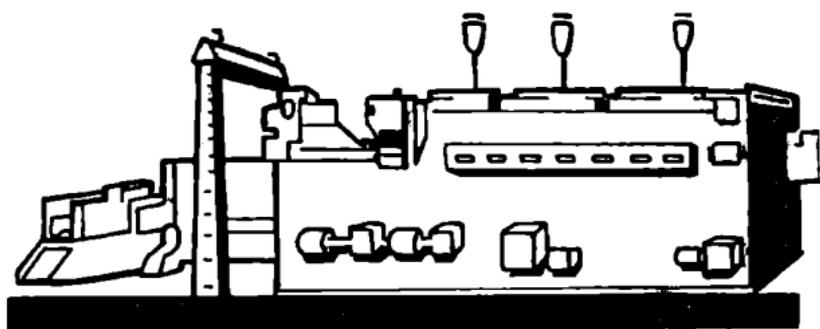
Dann geht es Schlag auf Schlag: Die Rohlinge werden auf Härte geprüft, gesammelt, angeflächt, gebohrt und die Bohrungen aufgerieben. Neues Sammeln – und weiter geht es: Zentrieren und Vorbohren der Kolbenbolzenbohrung, Schruppen, Fräsen, Schlichten und schließlich Kontrolle der

Der „Lebenslauf“ eines Aluminium-Kolbens in der automatischen Moskauer Kolbenfabrik – von der Zufuhr der Metallbarren bis zum fix und fertig verpackten Kolben. Während des ganzen Arbeitsvorganges wird das Werkstück von keiner Hand berührt.



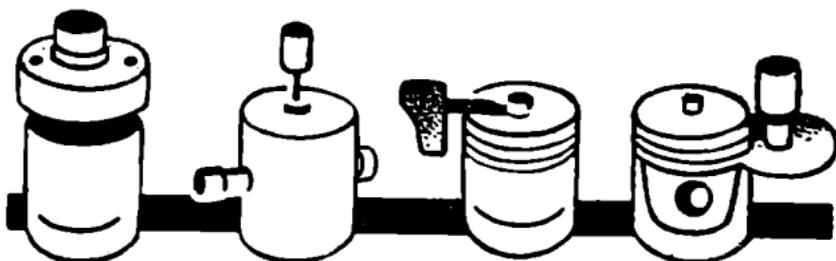
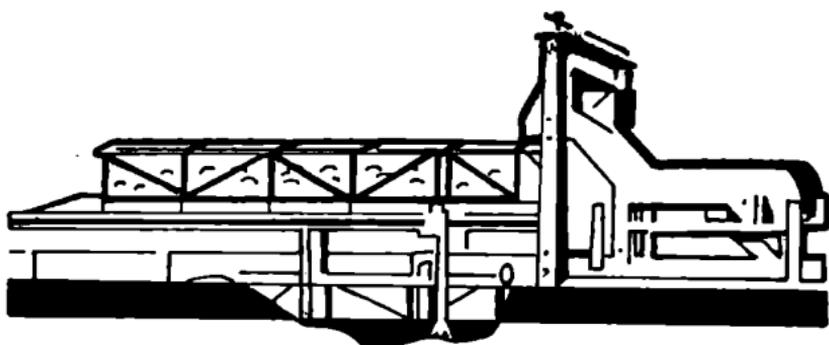
Zufuhr der Aluminiumbarren, Schmelzen, Guß und Abschneiden von Eingußtrichter und Steiger

Nuten und der Kolbenhöhe. Dann werden die Schmieröffnungen gebohrt, es wird vorgeschliffen, zentriert, gefräst und der Kolbenmantel geschlitz. Und noch gibt es keine Ruhe. Gewichtskontrolle, Fertigschliff und Verzinnung sind die nächsten Stationen – aber immer noch nicht die letzten. Noch einmal wird gesammelt, ehe es zur Fertigbearbeitung der Kolbenbolzenbohrung, zum Waschen und schließlich zur Endkontrolle geht.



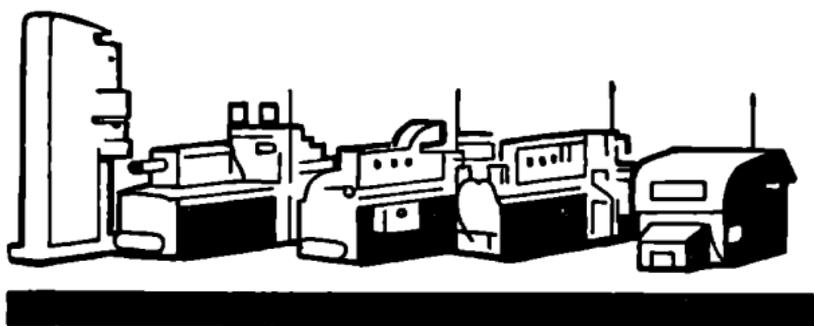
In Drahtkörbe gefüllt, werden die Gußstücke einer Wärmebehandlung zugeführt

Die Kontrollen aber sind eine schwere Hürde. Alle wichtigen Abmessungen müssen auf $\frac{3}{1000}$ Millimeter genau eingehalten werden. $\frac{3}{1000}$ Millimeter! Das ist der dreißigste Teil von der Stärke eines menschlichen Haares! Und der automatische Kontrolleur unter seiner Glashaube nimmt es sehr genau. Alle zehn Sekunden nimmt er sich einen Kolben vor und prüft mit unnachsichtlicher Strenge mehr als ein Dutzend Maße. Alle Kolben, die an



Die Paßlöcher zur Befestigung auf der Grundplatte und die Bolzenbohrung werden bearbeitet. Der Kolben wird zentriert. Schruppen von Kolbenmantel, -boden und -ringnuten. Fräsen des Horizontal-schlitzes

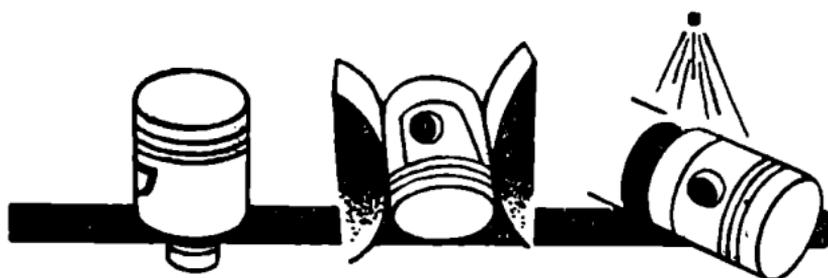
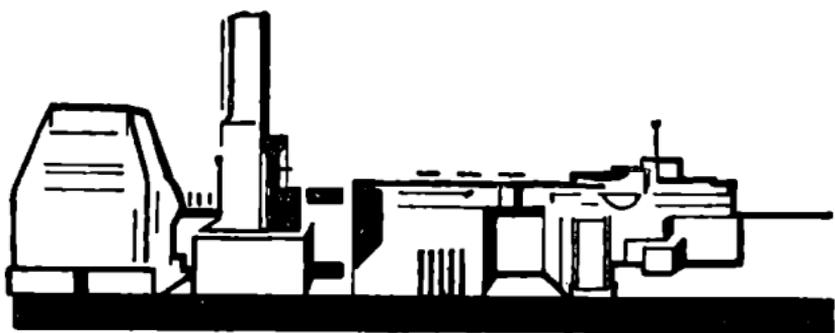
dieser Kontrolle hängenbleiben, wandern zurück zum Schmelzofen und werden wieder eingeschmolzen. Die guten aber werden nach der Qualität in drei Gruppen sortiert, erhalten den Prüfstempel, werden sauber in Kartons verpackt, die endlich verklebt und zum Lager transportiert werden. Und erst an ihrem Bestimmungsort, in einem Kraftwagenwerk oder einer Reparaturwerkstatt, kommen die silberweißen Aluminiumkolben zum



Die Öllöcher werden gebohrt. Schlichten. Fräsen des schrägen Ölschlitzes. Abstechen des Zentrierzapfens

erstermal während ihres Lebenslaufes mit menschlichen Händen in Berührung.

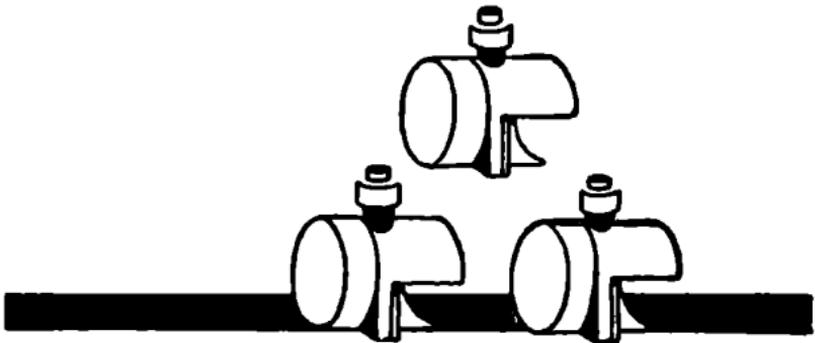
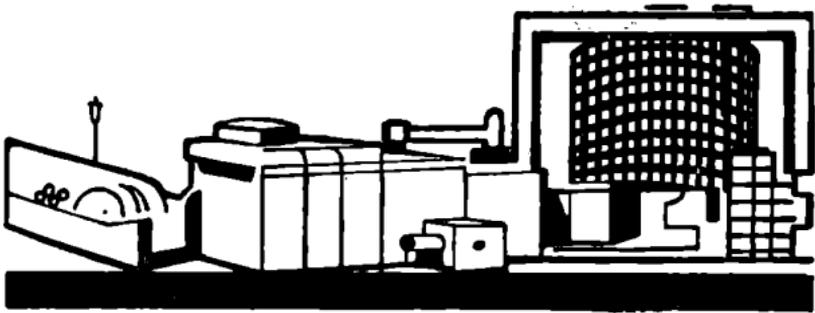
Natürlich hat auch die automatische Kolbenfabrik eine Belegschaft. Aber das ganze große Werk kommt mit fünf Kontrollkräften aus. Und das schon elf Jahre lang, seit 1950. Übrigens ist das auch der Grund, weshalb gleich unser erster Besuch gerade diesem Werk gilt, obwohl es auch in unserer Republik schon ähnliche Beispiele gibt: Die Moskauer



Das Kolbengewicht wird korrigiert. Feinschleifen, Waschen und Verzinnen der Kolben

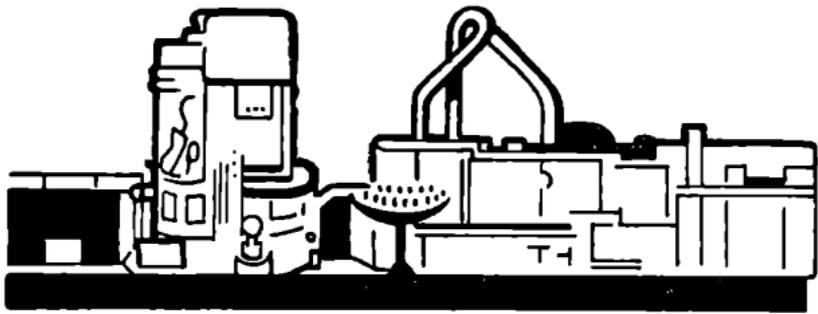
automatische Kolbenfabrik war das erste derartige Werk in der ganzen Welt. Ja, es zählt heute schon zu den Urahnen dieser Art von menschenleeren Fabriken.

Aber der Urahn hat es in sich, denn immerhin ist ein Kraftfahrzeugkolben ein sehr kompliziertes Werkstück, das – wie wir gesehen haben – sehr viele verschiedenartige Bearbeitungsformen erfordert. Natürlich wäre es einfacher gewesen, die erste automatische Fabrik vielleicht auf Kolben-



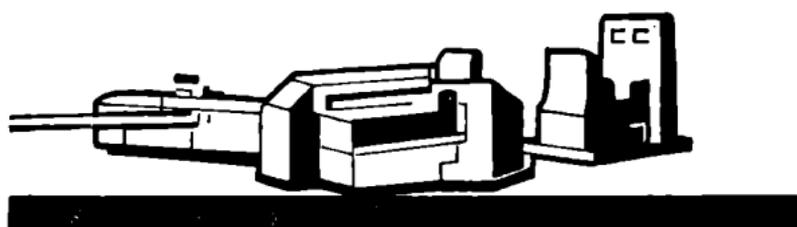
Die Kolbenbolzenbohrung wird fertig bearbeitet

ringe zu spezialisieren, die verhältnismäßig einfach herzustellen sind. Wir haben ja in den vorangegangenen Abschnitten gesehen, wie alle möglichen Maschinen mit Hilfe der Steuerungs- und Regelungstechnik automatisiert werden können. Mit den gleichen Mitteln kann auch der Transport der Werkstücke von Maschine zu Maschine recht einfach gelöst werden, wenn diese Maschinen einander ziemlich ähnlich sind. Und so wäre es leicht gewesen, sich ein möglichst bequemes Werkstück



Wieder werden die Kolben gewaschen. Kontrolle der Außenmaße und der Bolzenbohrung. Sortieren nach Größengruppen

für die erste automatische Fabrik auszusuchen. Aber gerade das war den Konstrukteuren, einem Ingenieurkollektiv unter Leitung des Akademiemitgliedes W. I. Dikuschin, zu einfach. Sie suchten sich vielmehr eines der unbequemsten Werkstücke aus. Eines, zu dessen Bearbeitung sie die allerunterschiedlichsten Maschinen miteinander verketteten mußten. Denn gerade die **Verkettung** verschiedenartiger Maschinen ist das ganze A und O beim Bau automatischer Fabriken, die letztlich das Ziel der gesamten Automatisie-



Einfetten, Einwickeln in Ölpapier, Verpacken in Kartons

rung sind. Vollautomatische Einzelmaschinen mögen nämlich noch so leistungsfähig sein – sie bleiben nur eine halbe Sache, solange noch der Mensch die Lücken zwischen den Maschinen ausfüllen und ihnen die einzelnen Werkstücke zurechtlegen muß. Nein, erst wenn auch diese Lücken von Maschine zu Maschine ebenfalls maschinell überbrückt werden und selbst die verschiedenartigsten Automaten selbsttätig Hand in Hand arbeiten, können wir wirklich alle Möglichkeiten der Automation bis zur Neige ausschöpfen.

Dabei ist es natürlich meist um so schwieriger, zwei Automaten zu verbinden, je mehr sie sich voneinander unterscheiden. Doch die Konstrukteure der Kolbenfabrik haben gezeigt, wie sogar mehr als zwei Dutzend verschiedenartigster Vorgänge aufs engste miteinander zu verkettet sind. Und zwar mit einer Genauigkeit, die größer ist als bei einer Uhr. Davon können wir uns leicht selbst überzeugen, wir brauchen nur einmal bei einem Uhrmacher zwei nebeneinander hängende Pendeluhr zu betrachten. Zuerst mögen die Pendel beider Uhren ganz genau im gleichen Rhythmus schlagen: links – rechts – links . . . Doch bald zeigt sich ein winziger Unterschied, der zuerst kaum wahrnehmbar ist. Die Abweichungen summieren sich dann, und schließlich sind beide Pendel völlig aus dem Takt. In einer Verkettung aber darf so etwas nicht vorkommen.

Stellen wir uns nur einmal vor, die mechanische Hand, die der Gießmaschine die Kolbenrohlinge abzunehmen hat, wäre nur um den winzigsten Bruchteil einer Sekunde langsamer als die Gießmaschine. Gewiß würde das zunächst noch gar nicht auffallen, denn der Fehler ist wirklich winzig klein. Doch auch hier könnten sich die Abweichungen summieren, und schließlich würde die mechanische Hand immer ins Leere greifen. So könnten Sekundenbruchteile tatsächlich den Produktionsablauf des ganzen Werkes durcheinanderbringen. Könnten – aber das geschieht nicht! Denn alle ver-

ketteten Maschinen halten ebenso peinlich genau den Takt ein wie die Musiker eines gut eingespielten Orchesters. Deshalb werden solche Maschinenketten, die in einem festen Takt zusammenspielen, oft auch **Taktstraßen** genannt.

Taktstraßen sind die erste Stufe automatischer Fabriken. In unserer Republik werden auf solchen Taktstraßen zum Beispiel Motorgehäuse für schwere Lastkraftwagen und Motorräder, Möbel und sogar Schiffe für die Fischerei gefertigt. Wenn man die verhältnismäßig einfache Verkettung der Taktstraße noch vervollkommnet, dann spricht man dagegen von **Transferstraßen**. Und die sind schon die Vorstufe für die **vollautomatischen Fabriken**, in denen alle überhaupt nur denkbaren Erzeugnisse vom unbearbeiteten Rohmaterial bis zum sauber verpackten Endprodukt ohne menschliche Arbeitskraft ausschließlich von selbsttätigen Maschinen hergestellt werden. Auch solche Werke gibt es heute schon in recht großer Zahl. Sie geben uns eine Ahnung von der Zukunft, in der solche Werke nicht mehr nur kühne Musterbeispiele, sondern alltäglich sein werden.

Da, wo einst Hunderte Bergleute mühsam und unter täglichem Einsatz ihres Lebens das schwarze Gold der Erde brachen, dröhnen heute bereits automatische Roboter und schlagen ihre scharfen Zähne ins Gestein, brechen die Kohle, zerkleinern sie und übernehmen auch den Transport. Pausenlos ertönt in den Stollen, die freilich eher einer

Untergrundbahnstation gleichen, das andauernde Klopfen, Hämmern und Bohren der automatischen Bergleute, das nur durch das Surren der selbsttätigen Elektro-Kippkarren, das monotone Geräusch der Laufbänder und das Klappern der vollautomatischen Kohlenwasch- und -sortieranlagen über-tönt wird. Die wenigen Bergleute aber, die nur hier und da einmal auftauchen, sind Elektroingenieure oder Mechanikermeister, die hier in den menschenleeren Stollen lediglich die Arbeit der Roboter kontrollieren.

Doch auch wenn die begehrten Bodenschätze der Erde abgerungen sind, bleiben sie noch in der Obhut der Roboter. Denn da, wo einst ein ganzes Heer vor Lokführern und Rangierern, von Wiege- und Lademeistern, Transportarbeitern, Kranführern, Stauern und Hilfskräften für den Transport eingesetzt werden mußte, da sitzt heute nur noch eine Handvoll hochqualifizierter Techniker in einem freundlichen hellen Raum. Nur hin und wieder hat einer von ihnen einen Schalter zu knipsen oder einen Knopf zu drücken. Ein Musterbeispiel hierfür finden wir unmittelbar am nördlichen Polarkreis in Kiruna, einer Stadt der Technik, die es vor 50 Jahren noch gar nicht gab. Tag für Tag werden hier 30000 Tonnen Eisenerz gebrochen, zermahlen, verfrachtet und auf die Reise geschickt. Alles vollautomatisiert; ebenso wie die anschließende Verladung in die Frachträume der Erzdampfer.

Sirenen heulen auf, Leinen werden losgemacht, und langsam legt das Schiff vom Kai ab. Auch während dieser Schiffsreise wird der Löwenanteil der Arbeit von Robotern besorgt. Völlig zuverlässig erfüllen sie die Aufgaben der Hilfsmaschinenisten, Motorenwärter und Heizer, ja, selbst einen Teil der Pflichten vom Steuermann und Kapitän übernehmen sie. Das gleiche dann im Hüttenwerk: Nicht ein einziger Stahlwerker, der sich inmitten von Hitze, Staub und Lärm abmühen müßte, ist am Hochofen zu entdecken; denn der ganze Ofengigant ist bei seinen Automaten in besten Händen. Sie sorgen für die Feuerung, regeln die Temperaturen und geben schließlich, wenn die Schmelze gut ist, dem flüssigen Stahl den Weg frei. Immer weiter geht es, und immer unter Regie von Automaten.

Auch die Walzwerke, in denen die ungefügten Stahlblöcke mit größter Genauigkeit zu Stangen, Bändern oder Röhren verwalzt werden, können heute schon vollautomatisch arbeiten. 1960 gab es in der Sowjetunion über vierzig „Walzwerke ohne Arbeiter“.

Ja, es klingt wie ein Märchen, und es ist doch Wirklichkeit: Ein Stück Metall, Hunderte Meter unter der Erde als grober Erzbrocken gebrochen, kann heute in vielen Werken auf vielen Maschinen bearbeitet werden – ohne daß auch nur ein einziger Mensch dabei selbst Hand anlegt. Erst in der Hand des Käufers, vielleicht Tausende Kilometer von der

Fundstätte des Erzes entfernt, mag das Metall als hochwertiges Präzisionsinstrument zum erstenmal mit den Menschen in Berührung kommen. Praktisch gibt es wohl kaum ein Erzeugnis, das nicht eines Tages in einer „Fabrik ohne Arbeiter“ hergestellt werden könnte. Schon heute reicht ja die Produktion solcher Werke von Brot und synthetischem Gummi über Beton und Bonbons bis zu Benzin und Kunstseide. In einem Werk in der Nähe von London verlassen in jeder Minute drei geprüfte, fix und fertige Radiogeräte die lange Kette der Automaten, und gleich nebenan entstehen auf die gleiche Weise Telefonteile, Chassis für Fernsehempfänger sowie Anlagen für Radargeräte. Und dort, wo sich Hunderte von Bohrtürmen wie stählerne Finger in den Himmel recken, gibt es schon Fabriken, die täglich einige Millionen Liter Rohöl in mehr als ein Dutzend verschiedene Produkte verarbeiten und dabei mit ganzen fünf Kontrollkräften auskommen. Das erstaunlichste von allen vollautomatischen Werken aber dürfte das große Westsibirische Hüttenwerk sein. Hier nämlich ist die erste automatische 13000er Blockwalzstraße der Welt mit ihren Dutzenden komplizierter Maschinen beheimatet. Wie von Geisterhand bewegt, rollen die schweren weißglühenden Blöcke der Walze zu, werden wie ein Riesenspielzeug von gewaltiger Kraft hin- und hergekantet und immer wieder durch die Walze gepreßt. Da sich aber bei jedem Durchgang der Abstand der beiden Walzen

voneinander verringert, wird der erst so feste, schwere Block schließlich zu einem riesigen, glühenden, leuchtenden Spaghetti. Und dieses ganze Zauberwerk beschäftigt einen einzigen Arbeiter. Das alles verbirgt sich hinter dem unscheinbaren Wort Verkettung!

Ein ganzes Werk fährt Karussell

Niemand kann heute sagen, welche Überraschungen uns in Bezug auf die Automation noch erwarten. Doch fest steht bereits, daß künftige automatische Fabriken unsere Vorstellungen von der Maschine, die ja noch aus der Zeit der Kohle-Eisen-Technik stammen, völlig verändern werden.

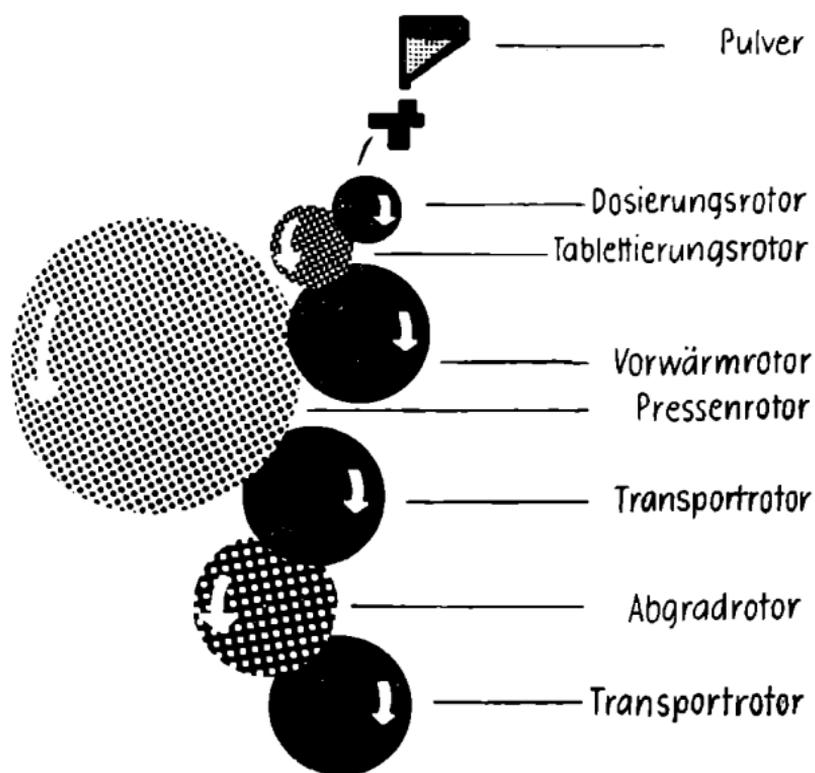
Bereits heute beschäftigen sich Wissenschaftler und Techniker mit der Maschine von morgen. So auch der Kandidat der technischen Wissenschaften L. N. Koschkin, dem die herkömmliche Maschinenbauart für unser Zeitalter der Automation als nicht mehr geeignet schien. Und das völlig zu Recht, wie wir sehen werden.

Denken wir nur einmal an eine gewöhnliche Taktstraße, die aus Maschinen der bisher üblichen Bauart zusammengestellt ist. In langer Reihe stehen sie da – unbeweglich auf ihren Fundamenten festgeschraubt; ein umfangreicher und komplizierter Mechanismus muß jedes einzelne Werkstück von Maschine zu Maschine transportieren. Die ganze

Produktion ist unterteilt in eigentliche Bearbeitung und Transport, und wenn ein Werkstück sehr viele Bearbeitungsstufen zu durchlaufen hat, dann muß es natürlich ebenso oft transportiert werden. All das aber kostet Zeit, kostbare Zeit, die nicht für die eigentliche Produktion verwendet wird. Außerdem beansprucht eine solche Anlage große Werkräume; ganz zu schweigen von dem technischen Aufwand, der für den Transport zwischen den einzelnen Maschinen notwendig ist.

Über all das hat sich der Wissenschaftler L. N. Koschkin sehr viel Kopfzerbrechen gemacht, bis er endlich herausfand, wie diese ganzen Zwischentransporte ein für allemal zu beseitigen sind: Die Werkzeuge der Maschine dürfen einfach nicht mehr an einen festen Ort verbannt sein, sondern sie müssen sich zusammen mit den Werkstücken bewegen. Oder mit anderen Worten: Die Werkstücke müssen in voller Fahrt bearbeitet werden. Von hier war es dann nur noch ein kleiner Schritt bis zur Erfindung der sogenannten Rotostraßen. Eine solche „Straße“ kann man am besten mit einer Reihe größerer und kleinerer Karussells vergleichen, die sehr eng zusammenstehen und alle von einem gemeinsamen Antrieb bewegt werden.

Am ersten Karussell befindet sich die Werkstückaufgabe. Hier besteigen die Werkstücke der Reihe nach die langsam vorüberfahrenden Gondeln. Und in diesem Augenblick geht es schon los; denn



Schema einer Rotostreife für die Herstellung von Plastik-Preßteilen

zu jeder Gondel gehört ein eigenes Werkzeug, das sich nun zusammen mit dem Fahrgast im Kreise bewegt und ihn ganz nach Vorschrift bearbeitet. Aber kurz vor Ende der ersten Runde heißt es: Umsteigen, bitte! Von einem fahrenden Karussell auf das nächste, wo sich nun das gleiche, nur mit anderen Werkzeugen, wiederholt. Und so immer weiter. Für jede Bearbeitungsstufe gibt es ein Karussell; nur, wenn es einmal unbedingt notwendig ist,

wird zwischen zwei Arbeitsrotoren ein reiner Transportrotor eingeschaltet. Rotoren heißen unsere „Karussells“ mit dem Fachausdruck.

Es gibt keinen Zweifel, daß die rotierenden Maschinen, die in beliebiger Zahl zu sogenannten **Rotostraßen** zusammengestellt werden können, eine ganz große Zukunft haben. Ihre Vorteile liegen ja offen auf der Hand:

Erstens beanspruchen sie den geringsten Raum, denn die einzelnen Rotoren folgen ja praktisch ohne jeden Zwischenraum aufeinander;

zweitens wird hier keine Produktionszeit durch Transport verschwendet; denn die ganze Bearbeitung erfolgt ja während des Transportes;

drittens gibt es bei ihnen nur noch einen Transportmechanismus, nämlich den Rotor selbst; alle zusätzlichen, teuren Transportanlagen entfallen;

viertens gibt es keine Wartezeiten mehr.

Ihre Feuerprobe haben die Rotostraßen längst glänzend bestanden. So kann ein Moskauer Werk für Plastikartikel, das eine der ersten Rotostraßen einrichtete, jährlich allein mit dieser Straße 50000 Rubel einsparen. Alle Arbeiter des Werkes sind stolz auf diese Straße, die jährlich 17 Millionen Plastikteile herstellt. Dadurch werden 18 Arbeitskräfte eingespart, und das Werk leistet das Zehnfache wie vorher.

Mit ähnlichen Erfolgen haben sich die neuen Rotostraßen auch auf anderen Gebieten bewährt. In zahlreichen Veröffentlichungen haben namhafte

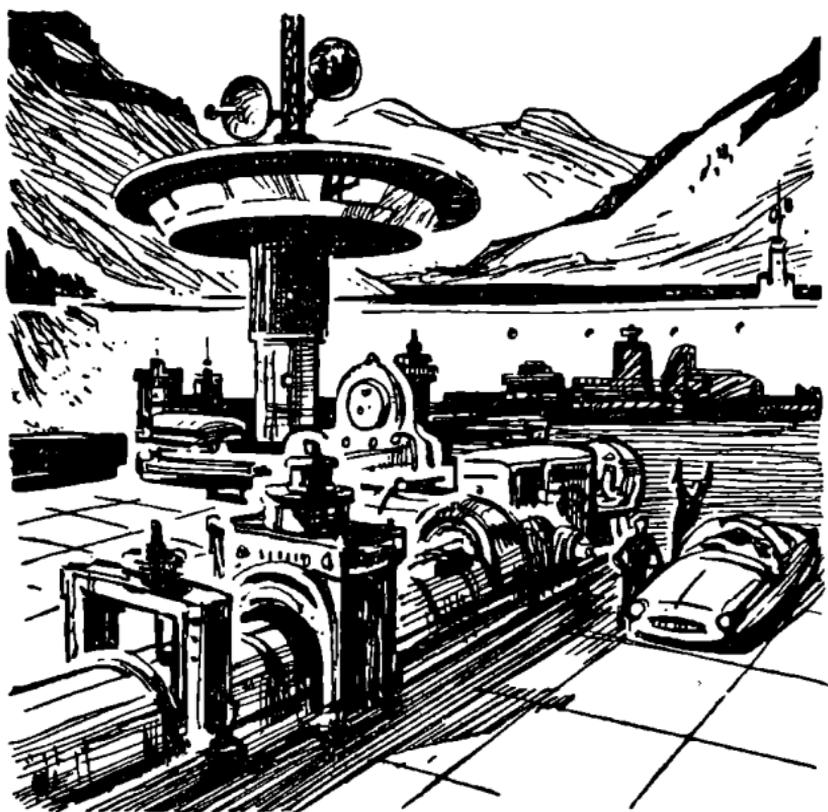
Wissenschaftler und Ingenieure dem Erfinder ihre Anerkennung ausgesprochen, und überall sind die neuen rotierenden Maschinenstraßen heiß begehrt.

So haben klare Überlegungen und eine großartige Idee einen völlig neuen Maschinentyp geschaffen. Doch dies ist nicht die einzige Veränderung der Technik, die sich heute schon abzeichnet.

Roboter brauchen keinen Regenschirm

Auch für die zweckmäßige Unterbringung der künftigen automatischen Fabriken haben Wissenschaftler schon Pläne entwickelt und in der Praxis erprobt. Ihr Rezept lautet: Fabriken ohne Gebäude! Denn wenn der Mensch ohnehin nicht mehr gezwungen ist, selbst neben der Maschine zu stehen, dann sind auch teure Fabrikhallen völlig überflüssig. Oft ist es nämlich überhaupt nicht notwendig, Maschinen gegen Wettereinwirkungen zu schützen. Offene Kraftwerke und Kesselanlagen sowie die großen Freiluftanlagen der chemischen Industrie sind ja das beste Beispiel dafür.

Soll aber eine Gruppe empfindlicherer Maschinen doch einen Schutz erhalten, so kann das leichter und wirtschaftlicher erreicht werden als durch große Hallenbauten, einfach durch hermetisch abgeschlossene Hüllen aus Leichtmetall oder Kunststoff oder durch Schutzanstriche.



Heute noch Zukunftsbild: Fabrik unter freiem Himmel

Ja, es ist nicht einmal immer zweckmäßig, diese Fabriken unbedingt auf der Erdoberfläche zu errichten. Oftmals ist es viel wirtschaftlicher, wenn sie unter die Erde verlegt werden oder sogar unter Wasser arbeiten. Ein anschauliches Beispiel solcher Werke, die alle bisher gewohnten Formen umstoßen, schwimmt heute in Ostsibirien auf der Lena. Es ist eine schwimmende Goldfabrik – ein

Sprößling des Uraler Maschinenbauwerkes. Auch nicht eine Spur der herkömmlichen Fabrikhalle ist auf diesem schwimmenden Koloß zu entdecken. Wozu auch? Werden doch alle Arbeiten selbsttätig von Automaten besorgt!

Nur eine achtköpfige Besatzung bildet die Belegschaft der schwimmenden Goldfabrik, die unermüdlich Tag für Tag eine Leistung vollbringt, die der von 5000 Arbeitern entspricht. Mit dieser Leistung zählt sie zu den „Schwerstarbeitern“ unter allen heute bekannten automatischen Werken. Doch schon werden im Uraler Maschinenbauwerk die jüngeren Geschwister der Lena-Fabrik montiert, die noch leistungsfähiger sind. Und damit sind wir auf eines der erstaunlichsten Wunder unserer Zeit gestoßen. Denn hier im Uraler Maschinenbauwerk werden vollautomatische Goldfabriken in Serienproduktion hergestellt – so wie anderenorts Fischkutter oder Lokomotiven.

Wieviel mühsame Vorarbeit mag das gekostet haben, und wieviel Tausende von Berechnungen waren hierfür erforderlich? Es ist bestimmt keine Übertreibung, zu sagen, daß die Serienfertigung der schwimmenden Goldfabriken vielleicht erst in zehn oder fünfzehn Jahren beginnen könnte, wenn nur Mathematiker aus Fleisch und Blut alle notwendigen Berechnungen hätten ausführen müssen. Doch es gibt ja auch Automaten, die rechnen können. Mit diesen „Professoren“ unter den Automaten wollen wir uns nun bekannt machen.

Die Könige der Maschinen

Automatische Goldfabriken, die auf reißenden, eisschollenbedeckten Strömen schwimmen! Flugzeugriesen, die in wenigen Stunden mehr als 200 Passagiere sicher an jeden beliebigen Ort der Erde befördern! Schiffe, die mit Atomkraft die Macht des arktischen Eises brechen! Raketen, die auf die Sekunde genau eine Hunderttausende Kilometer lange Reise bewältigen!

Immer steht an der Wiege dieser technischen Glanzleistungen zuerst die Mathematik. Gleichgültig, ob eine kühn angelegte Brücke oder ein Flugzeug mit dreifacher Schallgeschwindigkeit gebaut werden soll, ob ein Ozeanriese oder eine Mondrakete auf Kiel gelegt wird – bevor der erste Handgriff erfolgen kann, müssen Tausende und dabei oft äußerst komplizierte Rechenaufgaben gelöst werden. Nicht selten sitzen die Rechner über einer einzigen solchen Aufgabe viele Stunden, Tage oder gar Wochen. Ja, es gibt sogar Rechenprobleme, an deren Lösung gleichzeitig einige Hundert Mathematiker 20 Jahre oder noch länger arbeiten müßten – wenn es nicht heute schon jene großen Rechenautomaten gäbe, die solche Riesenaufgaben in wenigen Stunden lösen können.

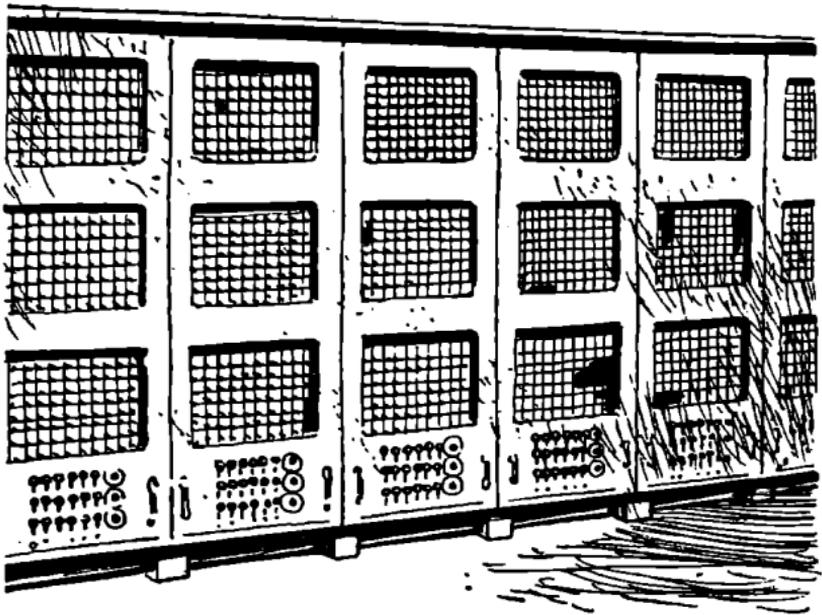
Da tauchte zum Beispiel bei der Erschließung der Atomenergie nach langer mühevoller Forschungsarbeit schließlich das Problem auf, folgende Formel zu lösen:



$$U(x_i) = 2p^2 \int_z^{\infty} \frac{p(z)}{g(z)} \left\{ [p(x) + p(z_i) - \frac{dp(z)}{dz}(z - z_i)] K(k^2) - 2p(z_i) D(k^2) \right\}$$

In genau 103 Stunden hat ein Rechenautomat die Formel gelöst, an der Mathematiker mehr als 100 Jahre hätten rechnen müssen

Ein Mathematiker hätte daran mehr als hundert Jahre ununterbrochen zu rechnen gehabt. Und diese Zeit war weder durch irgendeines der herkömmlichen Hilfsmittel zu verkürzen noch etwa dadurch, daß man vielleicht hundert Rechner gleichzeitig an die Aufgabe gesetzt hätte; denn bei den Tausenden von notwendigen Einzelrechnungen mußte man immer erst das Ergebnis einer Rechnung abwarten, ehe die nächste begonnen werden konnte.



Doch die Atomphysiker machten sich gar nicht so viel Kopfzerbrechen. Sie legten ihre komplizierte Formel einfach einem großen Rechenautomaten vor – und genau nach 103 Stunden hatten sie das Ergebnis in den Händen – von einer elektrischen Schreibmaschine ohne Zutun des Menschen fein säuberlich auf einen Papierstreifen gedruckt. Die kleineren Geschwister dieser großen Rechenautomaten finden wir heute schon in fast jedem Büro. Es sind die sogenannten **mechanischen Rechenmaschinen**, die Nachkommen jener kleinen „Pascaline“, die der junge Blaise Pascal im Jahre 1645 einer staunenden Welt vorführte. Sie können die vier Grundrechenarten durchführen, wobei

die Rechenoperationen rein mechanisch durch entsprechende Zahnräder, Kurvenscheiben oder Hebel durchgeführt werden. Der Antrieb erfolgt dabei durch eine Handkurbel. Wird diese Handkurbel aber durch einen Elektromotor ersetzt, dann sprechen wir von **elektrischen Rechenmaschinen**, bei denen aber die eigentlichen Rechenvorgänge ebenfalls noch auf mechanischen Prinzipien beruhen. Da aber solche mechanischen Bauteile nicht beliebig schnell bewegt werden können, gibt es für all diese Rechenmaschinen eine obere Grenze der Rechengeschwindigkeit, die sie einfach nicht überschreiten können.

Ganz anders die **elektronischen Rechenautomaten**, in denen statt der Zahnräder und Hebel elektrische Impulse zur Durchführung der Rechenoperationen dienen, wodurch diese Rechenkünstler all ihren mechanischen Geschwistern märchenhaft überlegen sind. Gehen doch die Bewegungen der elektrischen Impulse in diesen Maschinen praktisch fast ohne Zeitverlust vor sich; nämlich mit der Geschwindigkeit des Lichtes, das ja in jeder Sekunde 300 000 Kilometer zurücklegt.

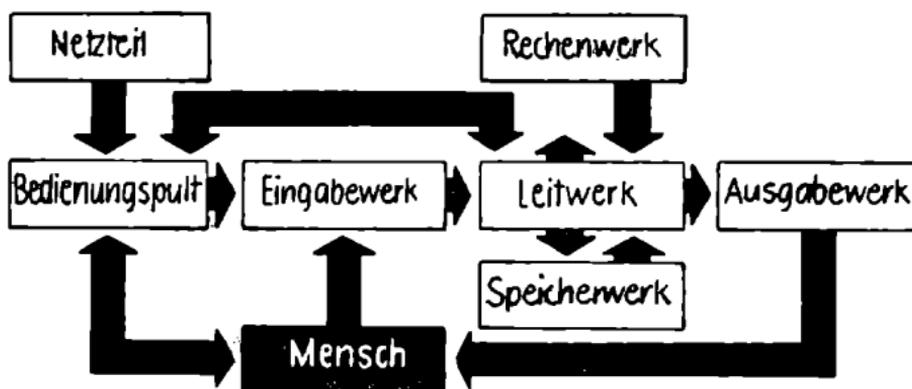
Das Tempo, mit dem die „Könige der Maschinen“ an die Lösung ihrer Aufgaben herangehen, ist kaum vorstellbar. So können sie buchstäblich während eines Augenblickes einige Zehntausend Zahlen zusammenzählen, in einer Sekunde über eine Million Grundrechenoperationen durchführen, oder etwa in der gleichen Zeit, die wir beispiels-

weise zum Lösen der Aufgabe 3456 mal 2768 brauchen, die Quadrate aller Zahlen von 1 bis 1 000 000 berechnen. Oder noch ein anderes Beispiel: Um zwei Millionen Grundoperationen mit jeweils zehnstelligen Zahlen durchzuführen, braucht ein Rechner mit Hilfe einer Logarithmentafel etwa acht Jahre. Mit Hilfe einer mechanischen Rechenmaschine könnte er es vielleicht in vier Jahren schaffen. Ein mittelschneller Rechenautomat aber würde dafür nur vier Stunden brauchen, während ein hochgezüchteter Elektronen-Schnellrechner alles in einer einzigen Sekunde bewältigen könnte. Und das ist nicht etwa eine einmalige Rekordleistung, die nur für kurze Zeit erreicht wird; sondern das ist das normale Arbeitstempo, das für einen Rechenautomaten ebenso charakteristisch und unveränderlich ist, wie bei einem Menschen etwa die Zahl der Herzschläge. Dieses Tempo könnte ein sogenanntes „Elektronengehirn“ – wie diese Maschinen oft genannt werden – pausenlos über Wochen und Monate beibehalten, ohne sich auch nur einmal zu irren oder zu ermüden.

In ihrer äußeren Erscheinung unterscheiden sich die verschiedenen Rechenautomaten erheblich voneinander. Da gibt es Anlagen, die gleich mehrere große Säle für sich beanspruchen, während andere mit Hilfe der neuzeitlichsten Miniaturtechnik auf kleinstem Raum zusammengepreßt sind, so daß sie praktisch in jedem Konstruktionsbüro Platz finden. Doch ebenso, wie etwa eine Zwerg-

maus die gleiche Art von inneren Organen (Herz, Lunge, Leber) hat wie ein Elefant oder ein Hund – so finden wir auch bei allen heutigen Elektronengehirnen die gleichen Hauptteile:

1. Im **Eingabewerk** wird der Automat mit allen notwendigen Zahlenwerten und Rechenbefehlen „gefüttert“. Das kann zum Beispiel mit Lochkarten oder -streifen geschehen, in die alle erforderlichen Zeichen (Ziffern, Buchstaben, Satzzeichen, mathematische Symbole) eingestanz sind. Das geschieht nach einem ganz bestimmten Schlüssel, denn alle Zahlen und die entsprechenden Hinweise, was mit diesen Zahlen geschehen soll, müssen ja so dargestellt werden, daß sie der Maschine auch „verständlich“ sind. Das Verschlüsseln oder Programmieren muß vor jeder neuen Aufgabe erneut erfolgen. Mit



„Anatomie“ eines modernen elektronischen Rechenautomaten. Der Mensch braucht der Maschine nur die Aufgabe zu stellen, ihre Arbeit zu überwachen und das Ergebnis in Empfang zu nehmen. Der eigentliche Rechenvorgang verläuft selbsttätig ohne menschliches Zutun

einer Abtastvorrichtung werden dann die eingestanzten Zeichen in Stromstöße verwandelt.

2. Das **Speicherwerk** „merkt sich“ die gestellte Aufgabe wie auch die Zwischenergebnisse ganz ähnlich, wie etwa ein Magnettonband eine Musikaufnahme. In vielen Fällen ist das Herzstück des Speicherwerkes tatsächlich nichts anderes als eine Abwandlung des bekannten Tonbandverfahrens. In den meisten bisher genannten Elektronengehirnen finden wir deshalb rotierende Aluminiumzylinder, deren Oberfläche mit einer dünnen Schicht von magnetisierbarem Material überzogen ist. Durch elektrische Signale können diese Trommeln nun mit Zahlen und Zeichen in Form winziger magnetischer Punkte „bedruckt“ werden, die dann ganz nach Bedarf wieder abgehört werden. Das Speicherwerk ist also eine Art „Merkzettel“ für das Elektronengehirn, auf dem es während seiner Arbeit immer wieder nachsehen muß. Das geschieht allerdings mit toller Geschwindigkeit, denn das Herausuchen einer bestimmten Zahl dauert nicht länger als 0,001 Sekunde. Ist eine Aufgabe gelöst, oder wird ein Zwischenergebnis nicht mehr gebraucht, dann können die magnetischen Notizen gelöscht werden, und der Speicher ist wieder frei für neue Aufzeichnungen.

3. Das **Steuerwerk** steuert und überwacht alle Vorgänge im Rechenautomaten. Seine Aufgabe ist es zum Beispiel, immer die richtigen Befehle wie „Subtrahiere!“ oder „Multipliziere!“ herauszu-

suchen. Dazu benutzt das Steuerwerk oft wieder eigene, kleinere „Merkzettel“, auf denen es sich „merkt“, welcher Befehl gerade an der Reihe oder an welcher Stelle ein Zwischenergebnis auf dem großen „Merkzettel“ des Speicherwerkes aufgezeichnet ist.

4. Das **Rechenwerk** führt die eigentlichen Rechenoperationen durch, wobei es die Befehle des Steuerwerkes genau beachtet. Werden dem Rechenwerk zum Beispiel aus dem Speicher zwei Serien von Stromstößen zugeleitet und gibt das Steuerwerk dazu den Befehl „Addiere!“ – dann zählt das Rechenwerk eben die beiden Stromstoß-Serien zusammen. So entsteht eine neue Serie, die nun das Ergebnis verkörpert. Heißt dann der nächste Befehl „Speichern!“, so schickt das Rechenwerk diese neue Serie zum Speicher, wo sie in Form winziger magnetischer Punkte auf der Trommel aufgezeichnet wird. Verkörpern diese Stromstöße jedoch schon das Endergebnis, dann wird das Rechenwerk den Befehl „Drucken!“ erhalten, und die Stromstöße werden dem Ausgang der Maschine zugeleitet.

5. Das **Ausgabewerk** zeichnet die Endergebnisse schließlich auf Tonband, auf einen Lochstreifen oder mit einer elektrischen Schreibmaschine auf lange Papierbahnen auf.

In Wirklichkeit geht das alles millionenmal schneller vor sich, als man es beschreiben kann. Würde man beispielsweise ein Geschütz abfeuern und genau

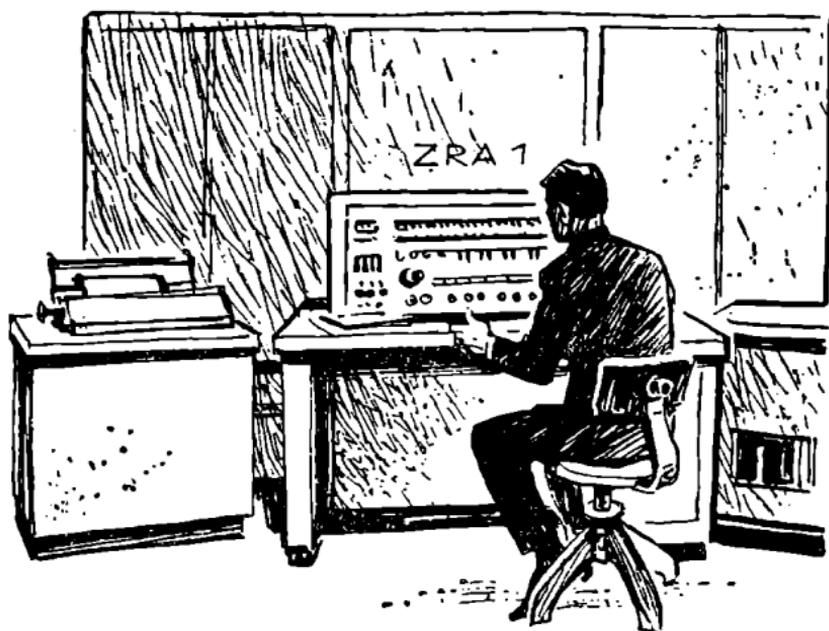
zur gleichen Zeit ein Elektronengehirn beauftragen, Flugbahn und Einschlagpunkt des eben abgefeuerten Geschosses zu berechnen, dann wäre das Ergebnis auf alle Fälle zu einem früheren Zeitpunkt da als der Einschlag des Geschosses. Selbst die alten Rechenautomaten konnten in dieser Hinsicht schon mit den erstaunlichsten Leistungen aufwarten. Dabei umfaßt der Begriff „alt“ in diesem Fall freilich nur eine Spanne von 20 Jahren, denn die ältesten Elektronengehirne wurden ja erst um das Jahr 1940 gebaut. Zu ihnen gehört auch die berühmte „Bessie“ – so benannt nach dem hervorragenden deutschen Astronomen und Mathematiker Friedrich Wilhelm Bessel – die im Jahre 1941 als ein erster, wirklich brauchbarer Großrechenautomat die Arbeit aufnahm.

„Bessie“ hatte im Wesentlichen schon alle Fähigkeiten unserer heutigen Elektronengehirne, sie konnte addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren, dazu noch potenzieren und Wurzeln ziehen, mit Logarithmen arbeiten und sogar Differential- und Integralrechnungen durchführen. Und so, wie einst die Griechen bei verwickelten Streitfragen das Orakel von Delphi befragten, so haben zahllose Wissenschaftler und Techniker ihre Probleme zu „Bessie“ getragen. Während des 2. Weltkrieges wurde „Bessie“ zu kriegstechnischen Zwecken ausgenutzt. Unter anderem hatte sie über die Möglichkeiten elektrischer Schnellfeuergeschütze zu befinden, sie mußte die Unterlagen für

Raketentriebwerke und Langstreckenflugzeuge erarbeiten, und auch die eingangs erwähnte Atomformel (damals übrigens ein streng gehütetes Geheimnis) wurde von „Bessie“ gelöst. Daneben aber hat „Bessie“ noch ganze Stapel von wertvollen astronomischen, mathematischen, physikalischen, meteorologischen und anderen Tabellenwerken produziert.

Und doch ist diese „Bessie“ mit ihrem mehrfachen Elefantengewicht ein ziemlich schwerfälliges und gar nicht so kluges Ungetüm – verglichen mit unseren heutigen Rechenautomaten.

Auch in unserer DDR werden solche Wundermaschinen entwickelt und gebaut. Die Wiege der bekanntesten unter ihnen steht im weltberühmten Carl-Zeiss-Werk in Jena. Es ist der „Zeiss-Rechen-Automat Eins“ (ZRA-1). Äußerlich ist diesem technischen Meisterwerk nicht anzusehen, was alles in ihm steckt. Drei schlichte Stahlschränke, alle drei nicht größer als Kleiderschränke, beherbergen das eigentliche Rechenwerk, Speicher- und Steuerwerke, wie auch die verschiedenen Zusatzgeräte. Davor steht ein etwa schreibtischgroßes Bedienungspult mit dem Eingabewerk, das mit einem Spezialkartenabtaster in jeder Minute tausend Programmzeilen von den Lochkarten ablesen kann. Und hier ist auch das Ausgabewerk, das mit einem hochleistungsfähigen Schnelldrucker im Handumdrehen die ausgerechneten Ergebnisse aufzeichnet.



Drei schlichte Stahlschränke beherbergen das komplizierte System unseres Rechenautomaten „ZRA-1“. Davor das Bedienungspult mit dem Ein- und Ausgabewerk

Aber noch bevor die Zahlen den Rechenautomaten erreichen, erleben sie eine Verwandlung: Sie werden in ein Zweizahlensystem umgewertet. Denn die großen Rechenautomaten, die in jeder Sekunde mit Leichtigkeit zwei Millionen Rechenoperationen durchführen, können nicht bis drei zählen! Nein, das ist kein Scherz, ein richtiges Elektronengehirn kennt wahrhaftig nur zwei Grundziffern – nämlich Null und Eins. Und alle Zahlen, mit denen ein Rechenautomat „gefüttert“ wird, werden automa-

fisch so umgewandelt, daß sie nur mit diesen beiden Zahlenzeichen Null und Eins dargestellt sind. Wir werden gleich sehen, wozu diese Umwandlung gut ist.

Zuerst aber müssen wir uns davon überzeugen, daß wir wirklich jede beliebige Zahl mit nur zwei Zeichen ausdrücken können.

Die zehn Grundzahlen unseres alltäglichen Gebrauchs sind durchaus nicht etwa naturgegeben. Ebensogut könnten wir zwölf oder zwanzig verschiedene Grundzeichen verwenden. Und tatsächlich hat es im Laufe der Geschichte auch wirklich schon Zahlensysteme mit fünf, zwölf und sogar mit zwanzig Grundzahlen gegeben, mit denen die Menschen dieser Zeit ebenso zurechtgekommen sind wie wir mit unserem Zehnersystem. Doch da sich die Finger der menschlichen Hand am besten zum Abzählen eignen, nahm man sie schließlich auch zum Vorbild für das endgültige Zahlensystem, das, der Anzahl der Finger entsprechend, eben ein Zehnersystem ist.

Mit der Zeit haben sich dann für jede Zahl bestimmte Namen und Zeichen entwickelt, die wir heute ganz selbstverständlich finden. Es sind die Zeichen 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Unser Zehnersystem samt seinen Zeichen ist also nichts anderes als eine Art Übereinkommen – wie etwa das Morsealphabet. So wie im Morsealphabet der Buchstabe „B“ zum Beispiel durch das Morsezeichen „-...“ dargestellt wird, so verwenden

wir in unserem Zahlenalltag eben das Zeichen „3“, wenn wir eine bestimmte Anzahl bezeichnen wollen (zum Beispiel: ein Apfel, noch ein Apfel und noch ein Apfel). Jeder, der die Regeln eines solchen Übereinkommens kennt, kann dann auch damit umgehen. Aber ebensogut, wie wir uns auch ganz andere Morsezeichen ausdenken könnten, so kann man natürlich auch das Übereinkommen treffen, ganz andere Zahlenzeichen zu verwenden. Und wenn wir dabei nur noch die Zeichen „1“ und „0“ benutzen wollen, dann können wir uns der folgenden Methode bedienen:

Für „Nichts“ verwenden wir weiter das dafür schon bewährte Zeichen „0“. Haben wir dagegen von einer Sache 1 Stück (bildlich ausgedrückt: □), dann schreiben wir das Zeichen „1“. Damit sind unsere Möglichkeiten zunächst erschöpft, denn für mehr als 1 Stück haben wir ja kein eigenes Zeichen mehr. Wir helfen uns damit, daß wir von nun ab die beiden Zeichen „1“ und „0“ miteinander verbinden. Also schreiben wir für 2 Stück das zusammengesetzte Zeichen „10“, und für 3 Stück bleibt das Zeichen „11“. Für noch größere Stückzahlen müssen wir dann schon dreistellige Zeichen verwenden. Wir schreiben für 4 Stück das Zeichen „100“, für 5 Stück das Zeichen „101“, und so geht es weiter. In einer kleinen Tabelle zusammengefaßt, würde das so aussehen:

			□	gleich	1
			□□	gleich	10
			□□□	gleich	11
			□□□□	gleich	100
			□□□□□	gleich	101
		□	□□□□□	gleich	110
		□□	□□□□□	gleich	111
		□□□	□□□□□	gleich	1 000
		□□□□	□□□□□	gleich	1 001
		□□□□□	□□□□□	gleich	1 010
	□	□□□□□	□□□□□	gleich	1 011
	□□	□□□□□	□□□□□	gleich	1 100
	□□□	□□□□□	□□□□□	gleich	1 101
	□□□□	□□□□□	□□□□□	gleich	1 110
	□□□□□	□□□□□	□□□□□	gleich	1 111
□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	gleich	10 000

und so fort.

Für unseren täglichen Gebrauch wäre ein solches Zweiersystem freilich recht unhandlich. Den elektronischen Rechenautomaten aber ist dieses Zahlensystem gut angepaßt, denn für alle elektrischen Geräte gibt es ja letztlich nur zwei Zustände – nämlich „Aus“ und „Ein“.

Hier haben wir also die Zauberformel in der Hand, die es uns ermöglicht, jede beliebige Zahl in elektrische Vorgänge zu übersetzen: „Aus“ ist eben „Null“, und „Ein“ ist „Eins“. So kann man zum Beispiel die Zahl 1001 (die der 9 in unserem normalen Zahlensystem entspricht) sehr einfach mit

vier Schaltern darstellen, die von links nach rechts folgende Stellung haben: Ein – Aus – Aus – Ein. Und tatsächlich arbeiten alle großen Rechenautomaten nach diesem Prinzip. Allerdings werden hier an Stelle einfacher Schalter äußerst empfindliche Schaltelemente verwendet. Bei den älteren Modellen waren das vor allem Relais, dann übernahmen Elektronenröhren diese Schaltaufgabe. In einem großen Elektronengehirn sind dafür etwa 20 000 oder noch mehr Röhren erforderlich. Im Zeiss-Rechen-Automaten finden wir statt dessen Halbleiter und winzige Ringmagnete, wobei die beiden möglichen Magnetisierungszustände natürlich ebenfalls die Stellung „Ein“ oder „Aus“ beziehungsweise die Zahlen „1“ oder „0“ verkörpern. Diese Ringmagnete (sogenannte Ferritkerne) sind kaum größer als eine Streichholzkuppe.

Ist eine Aufgabe gelöst, dann wird das Ergebnis natürlich wieder in die normale Zahlensprache unseres Alltags zurückübersetzt; auf der Papierbahn, die aus dem Schnelldrucker kommt, finden wir wieder die vertrauten Zahlenzeichen. Nichts erinnert mehr an die verschiedenen Umwandlungen, die unsere Zahlen durchmachen mußten, ehe sie das sinnvolle Gewirr der 8 500 Ferritkerne und 12 000 Halbleiter durchheilen konnten. Welches Tempo sie dabei erreichten, können wir uns vorstellen, wenn wir hören, daß im „ZRA-1“ eine Addition nur 0,0038 Sekunden und eine Multiplikation höchstens 0,008 Sekunden dauert. Durch

dieses Tempo der Einzeloperationen kann der Zeiss-Rechner in jeder Sekunde einige hundert Operationen durchführen.

Damit aber noch nicht genug: Als vollkommener Automat kontrolliert und überwacht der „ZRA-1“ auch ständig sich selbst. Und wenn ein Bauteil auch nur für eine tausendstel Sekunde aussetzt oder nur ein winziger Impuls verlorenght, so wird dieser Fehler festgestellt. Die hohe Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit, die mit verschiedenen ausgeklügelten Verfahren erreicht wird, ist freilich unentbehrlich, denn die Rechenautomaten werden ja vor allem in wissenschaftlichen Forschungsinstituten oder großen Konstruktionszentren eingesetzt, wo es auf höchste Genauigkeit ankommt.

Der Schöpfer des Jenaer Rechenkünstlers ist natürlich kein einzelner Wissenschaftler oder Konstrukteur, sondern ein großes Kollektiv von vielen Händen und Köpfen. In Jena hatten sich Wissenschaftler Mathematiker, Physiker, Konstrukteure und ein ganzer Stab erfahrener Techniker und Facharbeiter zu einer sozialistischen Arbeitsgemeinschaft zusammengeschlossen, die alle Schwierigkeiten durch vorbildliches Hand-in-Hand-Arbeiten jeweils in kürzester Frist überwinden konnte. Auf diese Weise wurde die Entwicklungszeit auf einen Bruchteil der sonst üblichen verkürzt, und so entstand ein hochmoderner Rechenautomat, der in der internationalen Parade der Elektronenrechner unsere Republik würdig vertreten kann.

Parade der „Elektronenhirne“

Obwohl die Chronik der großen Elektronengehirne erst in den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts beginnt, finden wir auf ihren Seiten doch bereits eine große Zahl berühmter Glanzleistungen, die für immer als Meilensteine in die Geschichte der Technik eingehen werden.

Oft ist die Lebensgeschichte der bekannten elektronischen Rechenkünstler spannender als ein Kriminalroman, und die Zahl der Presseberichte, Bücher, Broschüren und Artikel über diese treuen Begleiter der Menschen auf seinem Weg in die Zukunft geht bereits in die Tausende.

Schon heute ist das Reich der elektronischen Rechenautomaten so ausgedehnt, daß eine wenigstens einigermaßen vollständige Schilderung darüber ein ganzes Buch füllen müßte. Aus dieser Fülle wollen wir nur einige wenige Beispiele herausgreifen. Sie sollen uns zeigen, wie vielfältig das Arbeitsprogramm der Elektronenhirne bereits ist.

Elektronenhirne stellen Diagnosen

Lange, weiße Korridore, überall blitzende Sauberkeit und die unverkennbare Geruchskomposition, die wir in jedem Krankenhaus oder Ambulatorium finden. Hinter einer der vielen Türen sitzt ein

Arzt am Steuerpult eines großen Rechenautomaten. Doch nirgendwo entdecken wir ein Mikroskop, Reagenzglas oder sonst eines der „Handwerkzeuge“ des Arztes. Alle Untersuchungen des Patienten sind nämlich bereits abgeschlossen. Seine Herzströme sind aufgezeichnet und seine Blutzusammensetzung ist genauestens analysiert worden; in einer winzigen Blutprobe wurde die Zahl der weißen und roten Blutkörperchen ermittelt und vieles andere mehr.

Mit den Ergebnissen all dieser Untersuchungen „füttert“ nun der Arzt den Elektronenrechner. Er braucht dazu nur für jedes Merkmal eine bestimmte Taste auf seinem Steuerpult zu drücken. Unverzüglich beginnt dann die Maschine alle einzelnen Informationen zu sortieren und nach einem ausgeklügelten System auszuwerten. Das ist schnell erledigt, und schließlich braucht die Maschine nur noch in ihrem „Gedächtnis“ nach der Krankheit zu suchen, die am genauesten mit den ermittelten Symptomen übereinstimmt. Auch das geht blitzschnell, denn in jeder Sekunde kann der Automat bis zu 10000 mögliche Krankheiten mit all ihren verschiedenen Besonderheiten „erwägen“. Ist schließlich die genaue Diagnose festgestellt, dann erscheint ihre Bezeichnung unverzüglich auf einem Bildschirm.

Natürlich werden solche Maschinen, wie sie heute bereits in der Sowjetunion gebaut werden, niemals einen erfahrenen Facharzt ersetzen können. Doch



In Sekundenschnelle leuchtet auf dem Bildschirm des elektronischen „Diagnosten“ die genaue Diagnose auf

als treue und zuverlässige Gehilfen des Arztes haben sie schon wegen ihres gewaltigen „Gedächtnisses“ und der Schnelligkeit, mit der sie sich darin zurechtfinden, einen wahrhaft unschätzbaren Wert. So gibt es heute zum Beispiel schon Elektronenhirne, deren „Gedächtnis“ allein 800 Merkmale der verschiedensten Erkrankungen der Augenhornhaut zur Verfügung hat. Eine solche Maschine wurde einer Gruppe erfahrener Augenärzte bereits vorgeführt.

Durch Tastendruck wurden der Maschine die Beschwerden des Kranken mitgeteilt, und fast im Handumdrehen suchte der Automat fünf mögliche Diagnosen heraus. Verblüfft mußten die Ärzte gestehen, daß sie eigentlich auch selbst alle fünf Möglichkeiten hätten in Betracht ziehen müssen, obwohl vier davon äußerst selten sind. Doch die Ärzte hatten nur an die häufigste unter den fünf möglichen Erkrankungen gedacht – die vier übrigen waren ihnen gar nicht in den Sinn gekommen. Das ist ein anschauliches Beispiel dafür, wie das „Elektronen-Gedächtnis“, das niemals etwas vergißt, das menschliche Gedächtnis sehr gut ergänzen kann.

Rechenautomaten als Dolmetscher

Wir stehen im Vorraum des Instituts für Feinmechanik und Rechenmaschinenteknik der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in Moskau. Gleich linker Hand von uns, hinter einer hohen Tür, liegt der Arbeitsraum des berühmten elektronischen Rechenautomaten „BESM“, der unter der Leitung des Akademiemitgliedes Sergej Lebedew für die Lösung komplizierter wissenschaftlicher Aufgaben entwickelt worden ist. Normalerweise sind die „Kunden“ dieses Automaten astrophysikalische Observatorien, die etwa die genaue Flugbahn winziger Himmelskörper wissen wollen, oder

große Atomforschungszentren. „BESM“ erledigt alle solche Anfragen jeweils sehr schnell, wobei die Maschine in 60 Minuten die Arbeit von 30000 Rechnern bewältigt und damit auch pro Stunde 10000 Rubel einspart. Eine ihrer Glanzleistungen war die Lösung von 250 Millionen arithmetischer Berechnungen, die für das Anfertigen äußerst genauer Karten der weiten Gebiete Ostsibiriens benötigt wurden.

Die „BESM“ übersetzt aber auch englische und französische Texte ins Russische. Ihr Arbeitsgang ist dabei in groben Zügen folgender: Zunächst wird der fremdsprachige Originaltext wie im Telegraphenwesen nach einem Zahlen-Code verschlüsselt und auf einen Lochstreifen übertragen. Diese Zahlenkolonnen werden nun dem Speicherwerk der „BESM“ zugeleitet, das bei dieser Arbeit die Rolle eines Wörterbuches mit einer reichen Auswahl russischer und fremdsprachiger Worte spielt. Mit ähnlicher Geschwindigkeit wie beim Rechnen werden die benötigten Worte herausgesucht, ihre grammatischen Merkmale (Einzahl, Mehrzahl, Hauptwort, Tätigkeitswort) aufeinander abgestimmt, dann folgt die Rückübersetzung aus dem Zahlen-Code in Buchstaben, und schließlich kann das Ausgabewerk den fertig übersetzten Text auf seine Papierbahnen drucken.

Das ging nun freilich in der ersten Zeit nicht immer ganz glatt. Denn die „BESM“ war ja eigentlich für ganz andere Aufgaben bemessen. Dazu kam, daß

es in jeder Sprache viele Besonderheiten gibt, die natürlich einer Maschine wie der „BESM“ nicht ohne weiteres beigebracht werden können. So ist es beispielsweise tatsächlich vorgekommen, daß bei einer englischen Übersetzung der Begriff „Krampf im Wadenmuskel“ übersetzt wurde als ein „Pferd, das auf den Namen Charley hört“.

Doch die reichen Erfahrungen, die durch die Versuche mit der „BESM“ gewonnen wurden, dienten als Grundlage für eine völlig neue Maschine, die ausschließlich auf Fremdsprachenübersetzungen spezialisiert ist, wozu vor allem eine gute „Logik“ und ein umfangreiches „Gedächtnis“ erforderlich sind. Die neue Maschine ist dazu bestimmt, wissenschaftlich-technische Texte aus dem Deutschen, Englischen, Französischen, Chinesischen und Japanischen ins Russische oder auch aus jeder dieser Sprachen in eine andere zu übersetzen. Darüber hinaus aber erwarten die Konstrukteure unter der Leitung von Dr. M. D. Panow von ihrem „Elektronen-Dolmetscher“ sogar noch, daß er seine Texte ohne Mithilfe des Menschen gleich vom Original abliest.

Ein hierfür brauchbares „Elektronenauge“, das sowohl Maschinen- wie Druckschrift zu lesen vermag, wurde im Odessaer Elektrotechnischen Institut entwickelt. Seine Wirkungsweise entspricht etwa der Abtastvorrichtung, die wir schon beim Lunik III kennengelernt haben. Nur, daß hier eben keine Mondfotos mosaikartig abgetastet werden, son-

dern Buchstaben. Noch im „Elektronenauge“ werden die abgetasteten Worte Buchstabe für Buchstabe in den Telegraphen-Code übertragen und können so ohne weitere Umwege sofort dem Automaten zugeleitet werden.

Wieviel mühselige Arbeit kann auf diese Weise vermieden werden!

Wieviel Kinderbetten werden 1965 gebraucht?

Ja, auch das ist eine Frage, die einem Elektronenhirn gestellt werden kann, und diese Frage muß mit der gleichen Genauigkeit beantwortet werden, mit der etwa der Rechenautomat des Moskauer Zentralinstituts für Wettervorhersage seine Wettervorhersagen in einen Zelluloidstreifen stanzt.

Ohne genaue Zahlenunterlagen kann heute keine Behörde und kein Wirtschaftszweig zufriedenstellend arbeiten. Ermittelt zum Beispiel ein Elektronenhirn bei einer Volkszählung, daß kinderreiche Familien häufiger sind als Familien ohne Kinder, dann heißt das für die Industrie, daß sie größere Pfannen und Töpfe herstellen muß oder daß mehr Kinderbetten gebraucht werden als Wohnzimmer-schränke. Auf diese Weise aber sind auch Rückschlüsse auf die Materialmengen möglich, die in ein, zwei oder drei Jahren für eine ausreichende Versorgung gebraucht werden.

Also auch bei Volkszählungen sind die schnellen Rechenautomaten heute schon unentbehrlich. Andere machen sich in der Bauindustrie nützlich, wie etwa der sowjetische „EMSS-5“, der auf Konstruktion und Berechnung von Spannbetonbauten spezialisiert ist. Seinen Erfindern, den Ingenieuren des Radiotechnischen Instituts Taganrog, verdankt dieser Rechenkünstler die erstaunliche Fähigkeit, einen ganzen Spannbetonbau in zweieinhalb Stunden genau zu kalkulieren. Oder denken wir an den Erdölspezialisten unter den Automaten, der es uns ermöglicht, die unerhört komplizierten Vorgänge in einem Erdölfeld tief im Schoße der Erde so genau wie in einem Film zu sehen. Mit seiner Hilfe ist es möglich, über Hunderte von Kilometern hinweg 750 Erdölschächte gleichzeitig immer fest in der Hand zu haben.

Während der „Erdölspezialist“ aber ein wahrer Riese ist, der gleich mehrere Säle für seine Unterbringung beansprucht, begnügt sich ein kleinerer elektronischer Automat namens „Ural“ mit dem bescheidensten Plätzchen in der Ecke eines Konstruktionsbüros. Dabei ist seine Leistung durchaus nicht bescheiden: Immerhin ersetzt „Ural“ mühelos 400 Rechner an automatischen Tischrechenmaschinen. Seine Kleinheit aber, die er der Verwendung modernster Bauelemente verdankt, hat ihm auch dort Eingang verschafft, wo für einen Riesenautomaten einfach kein Platz wäre. Der „Ural“ ist überall heißbegehrt – in den Hochschulen ebenso wie

in Forschungsinstituten oder in den Konstruktionsbüros von Industriebetrieben. Um diese große Sehnsucht nach dem kleinen „Ural“ zu stillen, ist schon vor einiger Zeit in der Fabrik für analytische Rechenmaschinen in Pensa seine Serienproduktion angelaufen.

Das Wissen der Welt in einem Zimmer

Bücher! Nichts als Bücher! In langen, dicht nebeneinandergestellten Regalen, die vom Fußboden bis zur Decke reichen, füllen sie die saalartigen Räume.

Überall in der Welt finden wir solche Büchermagazine. In der Deutschen Staatsbibliothek in Berlin zum Beispiel gibt es viele solcher Magazinräume. Insgesamt werden hier 2000000 Bücher aufbewahrt. Zwei Millionen! Gleich daneben, aber noch im gleichen Gebäude, ist die Bibliothek der Berliner Humboldt-Universität mit weiteren 1440000 Büchern beheimatet. Zusammen finden wir hier also rund dreieinhalb Millionen Bücher; aufgespeichert in einem riesigen Gebäudekomplex, der an allen vier Seiten von Straßen begrenzt wird. Und dabei ist das längst nicht die größte Büchersammlung. Die Bibliothek des Britischen Museums beherbergt sechs Millionen; acht Millionen sind es in der Leningrader Bibliothek der Akademie der Wissenschaften der UdSSR; je zehn Millionen fin-

den wir in der Washingtoner Kongreßbibliothek wie in der Saltykow-Stschedrin-Bibliothek in Lenin-grad. Doch selbst die fünfzehn Millionen Bände der größten Büchersammlung der Welt, der Lenin-Bibliothek in Moskau, sind nur eine Auswahl aus dem Bücherschatz der Welt.

Seine Gesamtzahl wird gegenwärtig bereits auf 50 Millionen verschiedene Bücher geschätzt. Und diese Zahl vergrößert sich ständig. Schon heute liegt die jährliche Zunahme bei wenigstens 20000 verschiedenen Titeln. Wer soll sich da noch durchfinden? Welcher Chemiker könnte zum Beispiel laufend die 8000 Zeitschriften durcharbeiten, die allein auf seinem Fachgebiet ständig erscheinen; ganz zu schweigen von den über 70000 wissenschaftlichen Originalarbeiten, die Jahr für Jahr allein auf dem Gebiet der Chemie veröffentlicht werden? Und auf anderen Fachgebieten sieht es nicht viel anders aus.

Zugegeben, nur ein Teil von all diesen Veröffentlichungen betrifft gerade das besondere Spezialgebiet des jeweiligen Wissenschaftlers. Doch woher soll er wissen, daß gerade diese Zeitschrift, die er ungelesen beiseite legt, eine Veröffentlichung enthält, die ihm vielleicht jahrelange Arbeit erspart? Nicht ohne Grund erklären die Wissenschaftler, daß es heute leichter sei, eine wissenschaftliche Entdeckung zu machen, als festzustellen, ob sie nicht schon einmal gemacht und irgendwo beschrieben ist.

Kurz gesagt: Das in Büchern gespeicherte Wissen der Menschheit ist ein Schatz von unermesslichem Wert; wertvoller als jedes Vorkommen an Gold, Diamanten und Uran. Doch leider ist auch die Ausbeutung dieses Schatzes um ein Vielfaches komplizierter als die Gewinnung von Bodenschätzen. Der Besitz der Menschheit an wissenschaftlichen Informationen ist einfach bereits zu umfangreich und vermehrt sich zudem viel zu rasch, als daß man ihn noch gut geordnet und jederzeit griffbereit zwischen Buchdeckel pressen könnte. Hier müssen vielmehr leistungsfähige elektronische „Gedächtnisse“ das altbewährte Buch als Wissensspeicher ablösen. Elektronische Informationsmaschinen, die das gesamte schon vorhandene wissenschaftliche Material wie auch seinen jährlichen Zuwachs aufnehmen können und die in kürzester Zeit auf jede beliebige Frage eine erschöpfende Antwort geben. Im Prinzip sind diese Informationsmaschinen nichts anderes als hochspezialisierte elektronische Rechenautomaten mit einem bedeutend erweiterten Speicherwerk. Doch die praktische Verwirklichung einer wirklich umfassenden Informationsmaschine ist auf alle Fälle eines der größten Unternehmen in der ganzen bisherigen Geschichte der Menschheit.

Die Entwicklung derartiger Informationsmaschinen, die die Produktivität der geistigen Arbeit vervielfachen und überhaupt eine neue Ära in der wissenschaftlichen Arbeit einleiten, ist heute schon

weit fortgeschritten. Nicht zuletzt dank der Arbeit des sowjetischen Professors Dr. Lew Gutenmacher, der übrigens schon bei den ersten Rechenautomaten Pate gestanden hat. Mit einem Wort von ihm wollen wir diesen Abschnitt über die elektronischen Rechen- und Informationsmaschinen beschließen: „Wenn das Drucken von Büchern die Grundlage unserer jetzigen Zivilisation war“, so sagte Professor Dr. Gutenmacher, „dann werden die elektronischen Informationsmaschinen für die Epoche des Kommunismus charakteristisch sein.“

ROBOTER UNTER DER LUPE

So intelligent wie ein Bandwurm?

Eine Maschine, die Denkprozesse ausführt, die sich erinnert, die Sprachen übersetzt oder selbsttätig die Bahnen kosmischer Raketen berechnet und korrigiert – das ist etwas völlig Neues für den Menschen, der seit Jahrtausenden daran gewöhnt ist, daß nur er „denken“ kann. Stets war die Maschine für ihn nur eine Art verlängerter Arm; nun aber soll sie sogar zu einem Assistenten des Gehirns werden?

Schon die ersten Berichte über solche Maschinen lösten zahllose heftige Auseinandersetzungen aus, sehr schnell sammelten sich die Streitenden in zwei gegnerischen Lagern . . . und dabei schossen beide weit über das Ziel hinaus. Während nämlich die einen die neuen Wundermaschinen nahezu ehrfürchtig verehrten, wollten die anderen in ihnen nur ein „Blendwerk des Bösen“ sehen, das am besten für ewig verdammt werden sollte. Dabei entbrannte natürlich die heißeste Auseinandersetzung um die Frage, ob Maschinen Verstandesfunktionen ausführen können. „Falls eine Maschine überhaupt denkt“, erklärte ein englischer Professor, „dann kann es leicht sein, daß sie intelligenter denkt als wir.“ Ein amerikanischer Nervenarzt

rechnete sogar schon das Maß der „Maschinenintelligenz“ aus, wobei er freilich zu dem Schluß kam, daß unsere heutigen „Elektronenhirne“ erst eine „Allgemeinintelligenz besitzen, die etwa der eines Bandwurms entspricht“. Andere dagegen sahen die ganze Menschheit schon unter der Herrschaft revoltierender „Denkmaschinen“; und wieder andere erklärten rundheraus, daß solche Maschinen „immer nur das wissen können, was wir wissen, ohne zu wissen, daß sie es wissen“.

Philosophen und Mathematiker, Nervenärzte, Ingenieure, Biologen und Physiologen haben sich mit diesen Fragen beschäftigt; doch ganz besonders ist dafür eine Wissenschaft zuständig, die schon einen Namen hatte, als sie noch gar nicht existierte. Bereits im Jahre 1834 prägte nämlich der französische Physiker Ampère den Begriff **Kybernetik**. Dieser Begriff ist abgeleitet von dem griechischen Wort kybernetes (der Steuermann) und bedeutet soviel wie „Die Kunst der Steuerungen“. Doch erst als Wissenschaft und Technik wirklich kybernetische Maschinen (wie Regelungsanlagen oder Rechenautomaten) zu bauen vermochten, erhielt die Kybernetik auch eine praktische Bedeutung. Sie ist die Wissenschaft von den Informationen und Regelungen – wobei es sich zeigt, daß diese Vorgänge mancherlei gemeinsam haben, gleichgültig, ob sie sich im Körper eines Lebewesens, in einer Maschine oder gar in der menschlichen Gesellschaft abspielen.

Denken wir zum Beispiel nur einmal an die Watt-sche Drehzahlregelung, die wir als Beispiel einer industriellen Regelungsanlage kennengelernt haben. Ganz ähnliche Systeme finden wir auch in großer Zahl in jedem lebenden Organismus und natürlich auch beim Menschen. So werden beispielsweise die Zahl der Herzschläge, der Sauerstoffgehalt des Blutes oder die Körpertemperatur mit solchen geschlossenen Regelkreisen immer auf dem richtigen Wert gehalten. Das gleiche gilt auch für die Informationen – also alle Signale oder Angaben – die auf bestimmte Weise empfangen, übertragen und verarbeitet werden. Wenn zum Beispiel das menschliche Gehirn Informationen verarbeitet, die ihm durch unsere Sinnesorgane zugeführt werden, dann können wir das durchaus mit einem Elektronenhirn vergleichen, das Informationen verarbeitet, die ihm durch das Eingabewerk zugeführt werden. Eine Hauptaufgabe der Kybernetik ist es, solche gemeinsamen Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und der praktischen Nutzenanwendung zu erschließen.

Eine solche praktische Nutzenanwendung ist zum Beispiel die eben erwähnte Ähnlichkeit von Menschenhirn und Elektronenhirn bei bestimmten Tätigkeiten. Dabei ist diese Ähnlichkeit natürlich nicht zufällig, sondern sie wurde beim Bau dieser Maschinen, die der Mensch ja nach seinen Erkenntnissen geschaffen hat, ganz bewußt angestrebt. Ja, mit Hilfe der modernen Technik ist es sogar mög-

lich, Elektronenhirne zu bauen, die buchstäblich tausendmal schneller schalten als unser menschliches Gehirn. Und doch wird auch der höchstentwickelte Elektronenautomat nie die Vollkommenheit unseres menschlichen Gehirns erreichen, das als ein lebendes Organ auf einer ganz anderen, höheren Stufe steht. Nie wird zum Beispiel ein Elektronenhirn Freude über eine gelöste Aufgabe empfinden; und nie wird in ihm jener schöpferische Funke aufblitzen, der etwa einen Shakespeare seine unsterblichen Dramen schreiben ließ oder einen Heinrich Heine zu so leidenschaftlichen Dichtungen beflügelte. Hierfür sind Qualitäten erforderlich, die sich nur der Mensch im Laufe einer millionenjährigen gesellschaftlichen Entwicklung erarbeiten konnte: Sprache, Denkvermögen und Bewußtsein. Denn nur auf der Grundlage der Arbeit konnte die Sprache entstehen, die wieder unabdingbar mit unserem Denken verbunden ist, das uns ermöglicht, alle wahrgenommenen Erscheinungen oder Vorgänge verstandesmäßig zu verarbeiten und ihr Wesen zu erkennen. Diese hochentwickelte Bewußtseinstätigkeit aber konnte sich der Mensch nicht als Einzelwesen erwerben, sondern sie ist das Ergebnis der Arbeit des Menschen in der Gesellschaft während vieler Jahrtausende.

Deshalb ist es ganz unwissenschaftlich, von „denkenden Maschinen“ zu sprechen oder gar von einer „künftigen Herrschaft der Denkmaschinen, die sich gegen den Menschen erheben“ – das ist ein Hirn-

gespinst, weiter nichts. Nein, auch die kompliziertesten und höchstentwickelten Maschinen sind immer nur ein Teil der Technik, jener künstlichen Umwelt, die sich der Mensch nach seinem Willen geschaffen hat. Zwar üben sie komplizierte Verstandesfunktionen aus, aber nur nach dem Willen des Menschen und nach seinen Anordnungen. Zwar kann ein Elektronenhirn in kürzester Zeit jede Aufgabe lösen, die sich in mathematischen Formeln ausdrücken läßt, aber allein der Mensch vermag es, die Lösungen verstandesmäßig zu erfassen, zu begreifen und die Zusammenhänge zu erkennen.

Die Revolutionierung der Kopfarbeit hat begonnen

Ohne den Menschen sind also auch die schönsten und leistungsfähigsten kybernetischen Maschinen ohne praktischen Wert. Umgekehrt aber wird der Mensch mit ihnen zu einem Riesen.

Kybernetische Maschinen entlasten das menschliche Gehirn von all der einförmigen, unschöpferischen, einfach arithmetischen Tätigkeit, die bisher oft einer vollen Entfaltung der wirklich schöpferischen Tätigkeit im Wege stand. Ein ideenreicher Konstrukteur zum Beispiel, der sich bisher mit vielen umfangreichen und äußerst zeitraubenden Rechenarbeiten abplagen mußte, kann diese Arbeiten heute einfach von Rechenautomaten aus-

führen lassen. „So wie vor einigen Jahrhunderten die Verdrängung der Handarbeit durch die Maschine einer Revolution der körperlichen Arbeit gleichkam“, sagt hierzu der Vater der „BESM“, Sergej Alexejewitsch Lebedew, „so sind wir gegenwärtig Zeugen und Teilnehmer einer revolutionären Veränderung der Geistesarbeit.“ Und für diese Revolution auf dem Gebiet der Kopfarbeit war es wahrhaftig höchste Zeit. Während nämlich die Arbeitsproduktivität in den Produktionsstätten in den vergangenen hundert Jahren um 1400 Prozent in die Höhe kletterte, wuchs sie in den Büros, wo vorwiegend Kopfarbeit geleistet wird, in der gleichen Zeit nur um 40 Prozent an.

Zusammen mit den Menschen aber werden sich auch die kybernetischen Maschinen entwickeln. Der Mensch, ihr Herr und Meister, wird immer neue Wege finden und Methoden ersinnen, um ihre Leistung und Zuverlässigkeit zu vergrößern, ihre Abmessungen zu verkleinern und ihre Konstruktion zu vereinfachen. Sie werden immer mehr und immer kompliziertere Verstandesfunktionen übernehmen und dabei doch immer Maschinen bleiben. Und auf gar keinen Fall wird der Mensch auf diese Weise eines Tages funktionslos oder überflüssig werden. Im Gegenteil: Die Aufgaben des Menschen, der diese Maschinen konstruiert und bedient, werden immer anspruchsvoller. Der Arbeiter am Fließband wird zum Ingenieur, der über Automaten herrscht; und der Verwaltungsangestellte

wird mit dem Wissen eines Universitätsprofessors die kühnsten Projekte erarbeiten. Denn je mehr es dem Menschen gelingt, eintönige Geistesarbeit den Maschinen zu übertragen, um so höher wird das Niveau seiner eigenen Geistesarbeit.

DIE HEIMAT DER AUTOMATEN IST DER SOZIALISMUS

Zwei Zeitungsmeldungen

Moskau: In den Talliner Elektroapparate-Werken „Volta“ (Sowjetunion) wurden für die Bearbeitung von Wellen für Elektromotoren bislang 38 Arbeiter benötigt. Jetzt bedienen in zwei Schichten nur fünf Arbeiter die automatische Taktstraße, wobei der Produktionsausstoß um fast 60 Prozent stieg.

Washington: In einer Maschinenfabrik in Chikago (USA) wurde eine bestimmte Anzahl von Kolbenringen bisher von 65 Arbeitern an normalen Werkzeugmaschinen hergestellt. Heute nehmen an derselben Produktion nach Errichtung einer Transferstraße nur noch sechs Arbeiter teil.

Bei dem stürmischen Tempo der Automatisierung sind solche Notizen keine Seltenheit. Die meisten davon kommen aus der Sowjetunion und den Vereinigten Staaten von Amerika, denn dort ist die Automation heute schon am weitesten fortgeschritten. Hier wie da geht es dabei um das gleiche Ziel: um eine möglichst schnelle Steigerung der Arbeitsproduktivität. Nun gehorchen ja die Automaten in Amerika den gleichen Naturgesetzen wie in der Sowjetunion oder in unserer Republik, aber es gibt

doch wesentliche Unterschiede. Hier wie dort übernimmt eine automatische Einrichtung die Aufgaben vieler Arbeiter. Die wenigen, die an ihrem Arbeitsplatz verbleiben, haben nur noch die Automaten zu beaufsichtigen.

Dennoch wirken sich die gleichen technischen Einrichtungen sehr unterschiedlich auf den arbeitenden Menschen aus – je nachdem, ob sie im Talliner Elektroapparate-Werk oder in einer Chikagoer Maschinenfabrik, in einer westdeutschen Thyssen-Hütte oder im volkseigenen Hüttenkombinat Calbe eingesetzt werden. Diese grundverschiedenen Auswirkungen ergeben sich nicht aus der leblosen technischen Einrichtung, sondern allein aus der grundverschiedenen Art ihrer Anwendung, die jeweils durch die herrschende Gesellschaftsordnung bestimmt wird.

Bei uns haben Arbeiter und Werkleiter das gleiche brennende Interesse an der Automatisierung, weil sie alle von schwerer und gefährlicher Arbeit befreit werden. Das Wort Automation hat für uns einen guten, angenehmen Klang, der uns an saubere und helle Arbeitsplätze denken läßt, an Menschen in weißen Kitteln, die an einem übersichtlichen Steuerpult sitzen und ab und zu einen Blick auf die Anzeigergeräte werfen sowie Kontrollgänge durch die Maschinsäle machen – hauptsächlich, um sich die Beine zu vertreten.

Und welche Vorstellung weckt das gleiche Wort bei amerikanischen Arbeitern, Technikern oder Ange-

stellten? Welche Empfindung haben sie, wenn sie das Wort Automation hören? Genau die gleiche Frage stellte eine amerikanische Rundfunkgesellschaft ihren Hörern in der Automobilstadt Detroit. Das Ergebnis dieser Umfrage war erschütternd: 90 Prozent aller Hörer antworteten nur mit einem Wort: Angst!

Jawohl, die amerikanischen Arbeiter haben Angst vor der Automation, und nicht nur sie, sondern mit ihnen die Arbeiter aller kapitalistischen Länder. Sie haben Angst vor dem drohenden Elend; Angst, aus den Fabriken vertrieben und brotlos zu werden. Sie fürchten, daß es ihnen bereits morgen ebenso ergehen kann wie den Millionen amerikanischen Arbeitern, die schon heute für immer ihren Arbeitsplatz verloren haben. „Er ist“, schreibt hierzu die Londoner Zeitung „News Chronicle“ wörtlich, „im Schmelztiegel der Automatisierung verschwunden, die den Bedarf an Arbeitshänden verringert hat.“ Die Arbeiter werden hier also nicht nur von schweren körperlichen Arbeiten entlastet, sondern die Automatisierung „befreit“ viele überhaupt von **jeder** Arbeit – und von jedem Verdienst. Wobei die Fabrikherren nicht selten gerade die schweren und gefährlichen Arbeiten bei der Automatisierung vergessen – einfach, weil ein ungelerner Arbeiter dafür immer noch billiger ist als ein komplizierter Automat.

Für den Manager ist die Automatisierung eine einfache Rechnung. Bei ihm heißt es: Automaten wer-

den dort eingesetzt, wo sie die meisten „Arbeits-hände“ ersetzen können; denn je mehr Arbeiter ich entlassen kann, um so weniger Löhne brauche ich zu zahlen – desto größer wird also mein Verdienst. Und diese egoistische Rechnung behalten die kapitalistischen Ausbeuter noch nicht einmal für sich, nein, sie schreiben darüber noch lange Zeitungsartikel. So, wie etwa Dr. J. J. Brown von der „Aluminium Company of Canada“, der in einer großen amerikanischen Zeitschrift für Industrie-Manager unumwunden erklärt:

„Der Umgang mit Menschen ist nun einmal eine schwierige und vertrackte Sache. So ein Betrieb braucht Fachleute für gute Beziehungen zur Belegschaft...; er braucht ein riesiges Personalbüro, Leute, die die Waschräume in Ordnung halten, und Leute für die Werkkantine. Das alles kostet Geld und Ärger obendrein. Was ich meine, ist dies: Wenn wir einen Teil des Geldes, das wir ausgeben, damit die Leute am Fließband sich wohlfühlen, darauf verwendeten, einen Weg zu finden, die Leute ganz da herauszukriegen, dann wären wir auf die Dauer viel besser dran.“

Was sind Mädchenstärken?

Diese Rechnung des Dr. J. J. Brown ist beileibe kein Einzelfall, sondern sie ist bei den amerikanischen Unternehmern schon so verbreitet, daß zum

Beispiel der Leiter der Detroitter Maschinenfabrik seine Automaten mit folgenden Worten anpreist: „Für je 5000 Dollar, die Sie für meine automatischen Maschinen ausgeben, können Sie einen Arbeiter von ihrer Lohnliste streichen!“ Und die Manager der großen Büromaschinenwerke haben sogar schon eine neue Maßeinheit gefunden, die das Herz des Dr. J. J. Brown bestimmt höher schlagen läßt. Diese neue Maßeinheit ist die „G. P.“, das heißt „Girl-Power“ oder zu deutsch „Mädchenstärke“. Sie gibt an, wieviel weibliche Arbeitskräfte eine automatische Büromaschine ersetzen kann. Kauft sich zum Beispiel die „Aluminium Company of Canada“ eine solche Maschine mit vielleicht „1000 G. P.“, dann kann Dr. J. J. Brown mit einem Schlag 1000 Stenotypistinnen auf die Straße setzen.

Was aus den Menschen wird, deren Arbeitsplatz und einzige Verdienstmöglichkeit auf diese Weise „im Schmelztiegel der Automatisierung verschwunden“ ist, das kümmert den geschäftstüchtigen Unternehmer nicht im geringsten. Für ihn sind diese tausend Menschen ganz einfach zu „überflüssigen Arbeitskräften“ geworden, die man heute in den USA und anderen kapitalistischen Staaten zum ständig wachsenden Heer der Arbeitslosen zählt.

Überflüssig! Das heißt, für den Unternehmer ebenso nutzlos geworden, wie die 200000 amerikanischen Fahrstuhlführer, die mit der Einführung auto-

matisierter Fahrstühle ihr Brot verloren; oder wie die 330000 Facharbeiter, die die amerikanische Elektroindustrie „infolge Automatisierung“ innerhalb von zwei Jahren auf die Straße warf. Allein in der Zeit von 1957 bis 1960 erhöhte sich die Zahl der Arbeitslosen in den USA von 2,9 Millionen auf mehr als 5 Millionen! Innerhalb von 3 Jahren haben also mehr als 2 Millionen Familien von einem Tag auf den anderen ihren Broterwerb verloren. Und weitere 5 bis 6 Millionen „überflüssige Hände-paare“ sollen nach Schätzung amerikanischer Wirtschaftsfachleute in den nächsten Jahren noch dazukommen. Deshalb haben die Detroitter Arbeiter Angst. Und nicht nur sie.

Die Manager vom Schlage des Dr. J. J. Brown aber könnten sich zufrieden die geldgierigen Hände reiben: Rund 11 Millionen „Leute“, die keinen Ärger (gemeint sind Streiks) mehr machen können, für die sie keine Personalbüros, Waschräume und Werkkantinen mehr brauchen. Und natürlich auch keine Fachleute „für gute Beziehungen zur Belegschaft“ – wie Mister Brown großspurig die „Fachleute für die Bespitzelung der Arbeiter“ nennt.

Roboter kaufen keine Autos

In Amerika erzählt man sich folgende Geschichte: Der Eigentümer eines großen amerikanischen Autowerkes, das bei verdoppelter Produktion rund

90 Prozent seiner Arbeiter „freistellte“, zeigte dem Präsidenten der amerikanischen Automobilarbeitergewerkschaft, Walter Reuther, die lange Automatenreihe in der menschenleeren Fabrikhalle. Dazu sagte er: „Bitte, versuchen Sie doch einmal, von diesen Kollegen Gewerkschaftsbeiträge zu kassieren.“ Doch der herausgeforderte Gewerkschafter war um eine treffende Erwiderung nicht verlegen. „Bitte, Herr Direktor“, sagte er nur, „versuchen Sie doch einmal, ihnen Ihre Autos zu verkaufen!“

Diese Geschichte zeigt sehr eindrucksvoll, wo hier der Hase im Pfeffer liegt. Ein „überflüssiger Arbeiter“, durch einen Automaten von seinem Arbeitsplatz verdrängt, verdient natürlich kein Geld. Ohne Geld kann er aber auch nichts kaufen. Wenn jedoch die Zahl der zahlungskräftigen Käufer immer mehr zurückgeht, dann können die Fabriken ihre Waren auch nicht mehr an den Mann bringen – sie müssen vielmehr die Produktion erheblich drosseln oder schließlich ganz einstellen. Und wieder gibt es neue Arbeitslose, wiederum sinkt die Kaufkraft – und so geht es immer weiter bergab. Ein erschreckender Kreislauf! Wer wird also eines Tages die Autos, die Kühlschränke, die Glühlampen, die Radioapparate kaufen, die in den menschenleeren Fabriken hergestellt werden? Hier zeigt das Gespenst der Massenarbeitslosigkeit, das unaufhaltsam eine verheerende Wirtschaftskrise heraufbeschwört, seine furchtbaren Krallen.

Eher legt ein Elefant Eier

Zu spät erkennen die etwas Weitsichtigeren die Falle, die sich die amerikanischen Industriellen auf ihrer hemmungslosen Jagd nach dem höchstmöglichen Profit selbst gestellt haben. Erschreckt versuchen sie, die wilde Jagd noch aufzuhalten. Es geht ihnen ganz genauso, wie jenem Zauberlehrling, der die Mächte, die er rief, nicht mehr bändigen kann und nun in der Wasserflut, die der Besen unaufhörlich heranschleppt, zu ertrinken droht. Laut rufen diese Kapitalisten nach einer staatlichen Kontrolle, nach einer Steuerung der automatischen Produktionsflut. Doch vergeblich. Und mit tiefen Kummerfalten auf der Stirn müssen selbst die westlichen Wirtschaftsfachleute eingestehen, daß man eher einen Elefanten überreden kann, Eier zu legen, als daß ein Unternehmer auch nur im geringsten von seiner Profitsucht abläßt.

Nein, nur die Arbeiter selbst können diesem gefährlichen Spuk ein Ende bereiten, indem sie selbst das Steuer ihres Staates und ihrer Fabriken in die Hand nehmen und indem sie all die menschenverachtenden Mister Browns ein für allemal davonjagen. Nur dann wird sich auch in diesen Ländern die große Kraft der Automaten sinnvoll und ungehemmt zum Nutzen der schaffenden Menschen entfalten können. So, wie es bei uns selbstverständlich ist; denn die Heimat der Automaten ist der Sozialismus.

Berufe sterben aus

Hoch steht die Sonne über dem Saalestädtchen Calbe. Von ferne grüßen die hohen Schloten der „Eisenwerke West“ herüber. In langer, gerader Reihe recken sich hier die mächtigen Winderhitzer-türme in die Höhe, und dazwischen duckt sich die Ofenkolonne des ersten Niederschachtofenwerkes in Deutschland.

Anfangs mußte die Beschickung dieser Öfen mit neuen Roh- und Brennstoffen noch von Arbeitern hoch oben auf der Gichtbühne besorgt werden – unter Staub-, Hitze-, Gas- und Lärmeinwirkung. Es war eine Schinderei. Doch diese Zeit liegt heute lange, lange zurück. Eine vollautomatische Anlage hat 181 Arbeitern die schwere körperliche Arbeit abgenommen und besorgt nun die Beschickung der gefräßigen Ofenkolonne selbsttätig. Und eigentlich wundert sich niemand darüber; denn für uns ist es selbstverständlich, daß zu allererst diejenigen Arbeiten von Automaten übernommen werden, die für den Menschen sehr anstrengend sind.

Nein, hier hat niemand Angst vor Automaten; denn hier sind die Maschinen keine Konkurrenten des Menschen, sondern seine treuen und zuverlässigen Helfer. Und zwar nicht etwa, weil die Maschinen hier anders gebaut wären als in den USA, England oder Frankreich, sondern einzig und allein deshalb, weil sie bei uns nicht mehr der skrupel-

losen Bereicherung einiger weniger Unternehmer dienen, weil die Automatisierung bei uns nicht von Privateigentum und Profit beherrscht, sondern nach den wahren Bedürfnissen aller Menschen entwickelt wird. Für uns ist die Automation der wichtigste Hebel für eine rasche Vermehrung des gesellschaftlichen Reichtums, der allen zugute kommt. Denn die neue Technik erhöht den Lebensstandard aller Werktätigen; sie erhöht die Löhne, senkt die Preise, verkürzt die Arbeitszeit, läßt das Leben reicher und schöner werden. Im Sozialismus ist der Überfluß an Gebrauchsgütern eben nicht der Startschuß für verheerende Wirtschaftskrisen, sondern ganz im Gegenteil der Schlüssel zum Kommunismus, in dem jeder nach seinen Bedürfnissen lebt. Natürlich werden auch in sozialistischen Ländern Arbeiter durch die Automation freigestellt. Doch diese Menschen werden nie zu „überflüssigen Arbeitskräften“, sondern der gesellschaftliche Produktionsprozeß erwartet sie bereits mit offenen Armen. Neue Arbeitsplätze gibt es stets im gleichen Betrieb oder durch den Bau neuer Betriebe. Der Sozialismus kennt keine „überflüssigen Arbeitshände“; für die Errichtung einer schöneren und helleren Zukunft ist vielmehr jede einzelne Hand kostbarer als pures Gold. Dabei wird freilich mancher alte Beruf völlig aussterben, einfach weil die Automaten an bestimmten Arbeitsstellen dem Menschen keinen Platz mehr lassen. Doch dies werden durchweg eintönige, ermüdende, unbe-

queme, schwere oder gefährliche Arbeitsplätze sein, und niemand wird den aussterbenden Berufen auch nur eine Träne nachweinen. Weshalb auch? Schenkt uns doch die Automatisierung an Stelle jedes aussterbenden alten, überholten Berufes, der vielfach hauptsächlich die Muskelkraft des Menschen erforderte, wenigstens vier, fünf neue hochinteressante Beschäftigungen, die es uns endlich ermöglichen, **alle** unsere Fähigkeiten voll auszuschöpfen.

Neue Berufe werden geboren

Denken wir noch einmal an unseren Besuch in der Moskauer vollautomatischen Kolbenfabrik zurück. Einer der beiden Arbeiter, die hier die ganze Schichtbelegschaft darstellen, ist Pawel Nikiforow. Zu seinem Arbeitsbereich gehört die gesamte mechanische Bearbeitung der Kolben. In einem sauberen Kittel, aus dessen Brusttasche Rechenschieber, Bleistift und Zirkel herauslugen, schlendert er an der langen Reihe der Maschinen entlang; gelegentlich nimmt er sich auch die Zeit, in der Zeitung zu blättern oder technische Fachzeitschriften zu lesen. Ja, natürlich während der Arbeit. Denn seine wichtigste Aufgabe ist es ja, in seinem Bereich Störungen zu beseitigen, oder noch besser: schon im Voraus zu wissen, welche Teile der Maschine in Kürze schadhaft werden könnten. Pawel

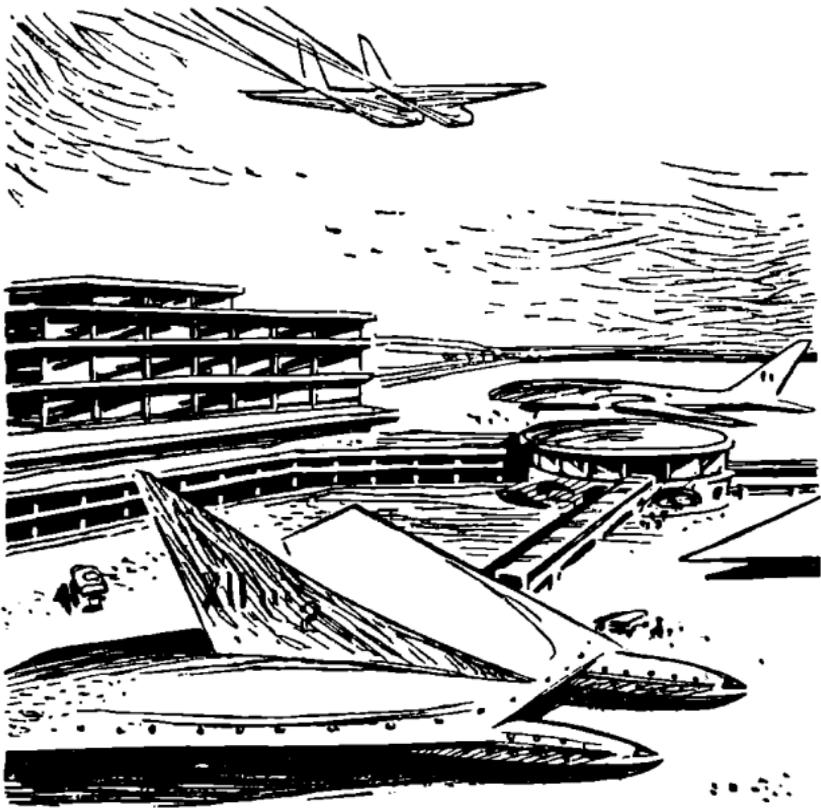
Nikiforows Arbeit ist also um so vorbildlicher, je weniger er durch unvorhergesehene Störungen behelligt wird und je mehr Zeit er für seine Fachzeitschriften hat. Pawel Nikiforow aber ist freilich auch ein Meister seines Fachs mit wirklich umfassenden technischen Kenntnissen.

Im Arbeitsbuch Pawel Nikiforows steht als Berufsbezeichnung noch das Wort „Schlosser“. Aber stimmt das denn? Gewiß hantiert er gelegentlich auch einmal mit Feilen, Schraubenschlüsseln oder Bohrmaschine; ebensooft jedoch muß er aber Fachmann für hydraulische Anlagen, für Elektrotechnik, Feinmechanik oder elektronische Steuerungstechnik sein, denn inmitten seiner hochkomplizierten Maschinen käme er mit dem Wissen eines herkömmlichen Schlossers nicht weit. Nein, Pawel Nikiforows Beruf ist bereits von einer völlig neuen Art, die sich erst auf dem Boden der neuen Technik entwickeln konnte. Dieser Beruf ist hochinteressant, äußerst vielseitig, und er erfordert in jeder Situation ausgesprochen schöpferische Leistungen – kurz, er ist das Beispiel eines Fachberufes im Zeitalter der Automaten.

So, wie Pawel Nikiforow heute bereits arbeitet, werden morgen alle Facharbeiter ausgebildet sein müssen. Und nicht selten wird es notwendig sein, daß ein Facharbeiter noch einen zweiten oder Ergänzungsberuf erlernt. Denken wir einmal an eine automatische Bäckerei, um nur ein Beispiel aus Hunderten herauszugreifen. Die Bäcker, die hier

arbeiten, müssen doch nicht nur die Backprozesse beherrschen, sondern jederzeit auch alle automatischen Anlagen unter Kontrolle behalten, wozu sie sich natürlich sehr genau in der Elektro- und Regeltechnik auskennen müssen. Auch ihr Beruf ist also durch die Automation bereichert worden, er hat sich qualitativ verändert und somit auch seine frühere Bezeichnung verloren. Aus dem Bäcker ist ein Automaten-Bäcker geworden, ähnlich wie aus dem Schlosser ein Automaten-Schlosser wurde und ebenso, wie es schließlich auch Automaten-Bibliothekare, -Buchhalter und -Landwirte geben wird. Ganz zu schweigen von den völlig neuen Industriezweigen mit wieder völlig neuen Berufen, die Einzug in unser Leben halten.

Natürlich ist die Heranbildung solcher Millionenheere von Arbeitern mit dem Wissen hervorragender Ingenieure auch im Sozialismus keine einfache Aufgabe. Dieses großartige Unternehmen erfordert sehr viel Liebe zum Menschen, eine wirklich sichere wirtschaftliche Grundlage und vor allem auch eine sehr gründliche Planung. Doch das ist ja gerade der große Vorteil unserer planvollen und stets zielstrebigem Entwicklung: Wir **können** planen, wie morgen unser Leben gestaltet sein soll, ohne daß uns irgendein Unternehmer einen Strich durch die Rechnung machen kann. Und wenn wir uns die Sache einmal etwas näher anschauen, dann sehen wir, wie wunderbar hier ein Rädchen ins andere greift:



Die Automatisierung ermöglicht uns eine zunehmende Verkürzung der Arbeitszeit. Die gewonnene Freizeit eröffnet dem Arbeiter viele Möglichkeiten – er treibt ausgiebig Sport und stählt so seine Gesundheit; er besucht Theater, Museen, Ausstellungen, Bibliotheken und vertieft so sein Wissen. Ein allseitig gebildeter, ausgeruhter und sportgestählter Mensch aber leistet natürlich ungleich mehr als ein anderer. Auf diese Weise vermehren sich also nicht nur die Volksgesundheit und

allgemeine Bildung, sondern auch der gesellschaftliche Reichtum. So wird es möglich, das gesamte Ausbildungswesen, angefangen von den Schulen bis zu den Universitäten, noch zu verbessern und zu bereichern. Je besser aber der technische und wissenschaftliche Nachwuchs einer Gesellschaft ausgebildet ist, um so fruchtbarer ist natürlich dessen Arbeit, die schließlich wieder der ganzen Gesellschaft zugute kommt.

Hunderte von Millionen Menschen haben sich bereits für den hellen, gesunden und sicheren Weg in die Zukunft entschieden, viele weitere Millionen werden ihnen in naher Zukunft folgen, und es wird auch mit die Automation sein, die ihnen die richtige Richtung weist. Gerade die Automatisierung zeigt vielleicht am deutlichsten, daß der Boden des Kapitalismus bereits viel zu morsch ist, um auf ihm auch nur ein ganz bescheidenes Zukunftsgebäude zu errichten. Nein, die Menschheit braucht ein großes, festes und zuverlässiges Zukunftsgebäude, eine Heimstatt, in der sich all die jahrtausendealten Wünsche der Menschheit nach einem menschenwürdigen Dasein erfüllen. Ein Gebäude also, wie es heute schon in der Sowjetunion, in den Volksdemokratien und auch in unserer Republik errichtet wird – auf dem Fundament des Sozialismus.

KLEINES AUTOMATENLEXIKON

Addiermaschine: Siehe Rechenmaschine

Androide: (Wörtlich übersetzt: „Menschenähnliche“) mechanische Puppen von Menschen- oder Tiergestalt, die mit Hilfe sinnvoller Mechanismen die menschlichen Bewegungen möglichst naturgetreu nachahmen sollen. Die Androiden, die in den vergangenen Jahrhunderten sehr in Mode waren, blieben ohne praktische Bedeutung

Ausgabewerk: Siehe Rechenautomaten

Automat: (Abgeleitet von dem griechischen Wort *automatos*, d. h. „sich selbst bewegend“) 1. Maschinen mit selbsttätigem Arbeitsablauf; im engeren Sinne vor allem Werkzeugmaschinen für die selbsttätige Bearbeitung einer meist sehr großen Zahl gleicher Werkstücke. 2. Vorrichtungen, die nach Einwurf von Münzen bestimmte Waren verabfolgen (Warenautomaten) oder bestimmte Leistungen verrichten (Wiegeautomat, Musikbox)

Automatenrestaurant: Gaststätte mit mechanisierter Ausgabe der Speisen und Getränke. Siehe auch unter Automat

Automatischer Pilot, Autopilot: Selbststeeereinrichtung für Luftfahrzeuge. Sie entlastet den Flugzeugführer bei Langstrecken- und Blindflügen von der ständigen Kontrolle der Fluganlage. In Verbindung mit einer Programmsteuerung kann der Auto-

pilot auch ohne menschliches Zutun vorberechnete Flüge einschließlich Steig-, Gleit- und Kurvenflüge allein durchführen

Automatisierung, Automation: Die Befreiung des Menschen von der Ausführung ständig wiederkehrender, gleichartiger körperlicher oder geistiger Verrichtungen. Der Mensch entwirft nur noch das Arbeitsprogramm, stellt die automatische Anlage darauf ein, gibt den Startbefehl und nimmt das Arbeitsergebnis entgegen. Prinzipiell kann die Automation bei allen technischen Einrichtungen angewandt werden

Befehlort: Ort einer Wirkungsstrecke, an der die Befehlsangabe erfolgt

Eingabewerk: Siehe Rechenautomaten

Elektronengehirn: Volkstümliche Bezeichnung für elektronische Rechenautomaten

Elektronenröhren: Wichtige Bauelemente der Elektronik, Funktechnik, der Steuer- und Regeltechnik. Am bekanntesten sind die Elektronenröhren in unseren Rundfunkgeräten (oftmals auch fälschlich „Lampen“ genannt). Sie dienen vor allem der Erzeugung, Gleichrichtung oder Verstärkung elektrischer Schwingungen (Funkwellen der Rundfunkstationen). Die großen elektronischen Rechenautomaten enthalten oft viele Tausende solcher Röhren. Eine Sonderform ist die Bildröhre des Fernsehgerätes

Elektronik: Teilgebiet der Elektrotechnik; befaßt sich mit der Erforschung, Entwicklung und Anwen-

dung elektronischer Bauelemente (Elektronenröhren, Halbleiter, Fotozellen) in der Nachrichten-, Medizin-, Meß-, Steuerungs- und Regeltechnik. Die Anwendung in der Produktion wird als **industrielle Elektronik** bezeichnet

Elektronische Rechenautomaten: Siehe Rechenautomaten

Fernlenkung: Die Lenkung unbemannter Land-, Luft-, See- oder Weltraumfahrzeuge durch Lenkkommandos, die von einem Lenkstand durch Funk oder über Draht dem ferngelenkten Objekt (Schiff, Torpedo, Rakete, Kraftwagen) zugeleitet werden. Die Lenkkommandos können entweder Richtung oder Geschwindigkeit des ferngelenkten Objektes betreffen (nicht verwechseln mit Fernsteuerung!)

Fernmessung: Siehe Fernwirktechnik

Fernsteuerung: Eine Steuerung bestimmter Vorgänge oder Anlagen (zum Beispiel Kraftwerke) über größere Entfernungen. Siehe auch Steuerung

Fernwirktechnik: Übergeordneter Begriff, der alle Einrichtungen umfaßt, die über große Entfernungen hinweg Wirkungen erzielen. Hierzu gehören Fernlenkung, -messung, -regelung und -steuerung

Fotoelement, Fotozelle: Einrichtung zum Umwandeln von Licht in elektrischen Strom

Halbleiter: Elektronische Bauelemente, die in der Technik die verschiedensten Aufgaben (Gleichrichter, Verstärker, Fotozellen, Temperaturmesser) zu erfüllen haben

Kurvenscheibe: Siehe Programmsteuerung

Kybernetik: (Abgeleitet von dem griechischen Wort kybernetes, d. h. Steuermann) Bezeichnung eines neuen Zweiges der Wissenschaft, der sich mit der Erforschung und Aufdeckung gleichgearteter Vorgänge (Information, Lenkung, Kontrolle) bei Maschinen, Lebewesen und anderem befaßt. Ein Teilgebiet der praktischen Kybernetik ist die Erforschung der physiologischen Mechanismen, die der menschlichen Hirntätigkeit zugrunde liegen, um dann auf dieser Grundlage **kybernetische Maschinen** (Rechenautomaten, Übersetzungsautomaten, Informationsmaschinen) entwickeln zu können.

Lochkarten, Lochstreifen: Arbeitsmittel, die zur Speicherung von Informationen oder Befehlen (vor allem zur Steuerung von Maschinen) nach einem festgelegten System entweder von Hand, halb- oder vollautomatisch gelocht werden. Das Abtasten der Lochungen kann entweder mechanisch, elektrisch, elektromagnetisch oder elektronisch erfolgen (siehe auch Programmsteuerung)

Magnettongerät: Gerät zur magnetischen Schallaufzeichnung

Potentiometer: Regelbarer Widerstand, der von einer vorhandenen elektrischen Spannung beliebige Teilspannungen abzunehmen gestattet

Programmsteuerung: Eine Form der selbsttätigen Steuerung von Apparaten, Maschinen, chemischen Vorgängen und anderem, wobei der Mensch vor Beginn der Arbeit nur festzulegen hat, in welcher

zeitlichen Reihenfolge und mit welchen Arbeitswerten die einzelnen Arbeitsstufen durchgeführt werden sollen. Dieses **Programm** kann auf Kurvenscheiben, Lochstreifen oder Tonbänder gespeichert werden und läuft dann selbsttätig ab, wobei sich das gleiche Programm in jeder gewünschten Zahl wiederholen kann

Rechenautomaten: Große programmgesteuerte Maschinen auf der Grundlage der modernen Elektronik und Kybernetik, die bei entsprechender Größe jede sinnvolle Aufgabe lösen können, die sich in mathematischen Formeln fassen läßt. Ihre Rechengeschwindigkeit erreicht heute bereits 2 000 000 Grundoperationen mit zehnstelligen Zahlen je Sekunde. Anwendung vor allem zur Lösung komplizierter Probleme in Forschung, Industrie und Wirtschaft. Die fünf Hauptteile eines Rechenautomaten sind: 1. das Eingabewerk, 2. das Speicherwerk, 3. das Steuerwerk, 4. das Rechenwerk und 5. das Ausgabewerk

Rechenmaschine: Wertvolles Hilfsmittel für langwierige Berechnungen, wobei der Rechengang durch mechanische Elemente (Zahnräder, Hebel) bewerkstelligt wird. Während die einfachen **Addiermaschinen** vor allem für Additions- und Subtraktionsaufgaben gedacht sind, können die **Multipliziermaschinen** alle vier Grundrechnungsarten ausführen

Rechenwerk: Siehe Rechenautomaten

Regelung: Ein Vorgang, bei dem eine zu regelnde

Größe stets in Übereinstimmung mit einem verlangten Sollwert gehalten wird. Eine Regelung verlangt immer einen **geschlossenen Regelkreis**. Indem die geregelten Größen (Drehzahlen, Temperaturen, Füllstände) stets korrigierend auf den Eingang der **Regelstrecke** zurückwirken, ist die Regelung eine Erweiterung der Steuerung, bei der eine solche Rückmeldung nicht erfolgt

Regler: Die gesamte Einrichtung, die den Vorgang an einer Regelstrecke bewirkt

Relais: Vorrichtung, die durch einen schwachen (oft von weit herkommenden) Strom einen starken örtlichen Strom ein- und ausschaltet. Die gebräuchlichste Form ist das elektromagnetische Relais, bei dem der (schwache) Steuerstrom einen Elektromagneten erregt, so daß ein Anker angezogen und damit die Kontakte für den (örtlichen) Stromkreis betätigt werden

Roboter: (Abgeleitet von der slawischen Bezeichnung robot, d. h. Frondienst) ursprünglich nur Bezeichnung für mechanische, sich selbst bewegende Puppen; später jedoch allgemein auf alle automatischen Einrichtungen angewandt

Roto-Fließverfahren: Das jüngste und wahrscheinlich aussichtsreichste Fließverfahren. Die Werkstücke sind an Rotoren befestigt, die ununterbrochen rotieren und so das Werkstück weitertransportieren. Während des Transports erfolgt die Bearbeitung durch die ebenfalls mitrotierenden Werkzeuge. Die Hauptvorteile sind erhebliche

Platzersparnis und beachtliche Zeitgewinne. Das Verfahren wurde von dem Kandidaten der technischen Wissenschaften L. Koschkin entwickelt

Schalten: Ein Vorgang, bei dem eine plötzliche Änderung eintritt (zum Beispiel Einschalten eines Motors)

Speicherwerk: Siehe Rechenautomaten

Stellen: Ein Vorgang, bei dem eine stetige Änderung eintritt (zum Beispiel Verändern der Lautstärke eines Rundfunkgerätes)

Stellglied: Zum Beispiel Ventile, Drosselklappen oder Motoren, durch die in Steuerungs- oder Regelungsanlagen die notwendigen Befehle verwirklicht werden

Steuerung: Vorgang, bei dem der Steuerbefehl über eine **offene Wirkungskette** eine vorherbestimmte Steuerwirkung hervorruft. Im Gegensatz zur Regelung können dabei störende Einflüsse nicht berücksichtigt oder ausgeschaltet werden. Beruht die Steuerung auf elektronischen Elementen, dann bezeichnen wir sie als eine **elektronische Steuerung**. Sonderformen sind die Programmsteuerung, Fernsteuerung und vieles andere mehr

Steuerwerk: Siehe Rechenautomaten

Taktverfahren: Arbeitsweise, bei der das Werkstück ruckweise – im gleichen Takt – von einer ortsfesten Maschine zur nächsten bewegt wird. Der Takt muß sich jeweils nach der langsamsten Maschine richten

Thermoelement: Einrichtung zum Umwandeln von Wärme in elektrischen Strom. In der einfachsten Ausführung: Die Lötstelle zweier zusammengelöteter Drähte aus verschiedenen Metallen liefert bei Erwärmung einen elektrischen Strom, dessen Größe von der Temperatur abhängig ist (Thermometer!)

Transferstraße: Eine höhere Form der Taktstraße und die Vorstufe zur automatischen Fabrik. Die Arbeiter üben hier nur noch eine Kontrollfunktion aus; Bearbeitung, Transport und auch schon ein Teil der Kontrolle erfolgen vollautomatisch

Transistor: Verstärkeranordnung auf Halbleiterbasis. Wirkung und Verwendung entsprechen der Elektronenröhre, vor der ein Transistor allerdings mehrere Vorteile hat: Er ist wesentlich kleiner, benötigt bei sehr hohem Wirkungsgrad nur sehr niedrige Betriebsspannungen und hat vor allem eine längere Lebensdauer

Wirkungstechnik: Übergeordnete Bezeichnung für den gesamten Zweig der Technik, der untrennbar mit der Automation verbunden ist. Steuerungen oder Regelungen sind Untergruppen der Wirkungstechnik

Zielort: Ort auf einer Wirkungsstrecke, an dem die befohlene Wirkung eintritt

INHALTSVERZEICHNIS

DIE WUNDERWELT DER AUTOMATEN.....	5
Eine Begegnung 8000 Meter über der Erde	5
Dienstauftrag: „Funkspionage“	9
Maschinendetektive bewachen jede Zug	11
Bitte sprechen Sie, ich notiere!	13
... IST HEUTE SCHON WIRKLICHKEIT	15
500 000 Fernseher? Bitte sehr!	16
Maschinen steuern Maschinen	19
Roboter gesucht!	22
2000 JAHRE „KÜNSTLICHE MENSCHEN“	26
Die hölzerne Aphrodite, der krähende „Hahn“ und ein demütiger „Löwe“	26
Vom „italienischen Kuchenbäcker“ zum „Dynamo Joe“	31
Roboter auf dem Holzwege	35
Der sensationelle „Türke“ aus Wien.....	39
„La Pascaline“ überflügelt die „Wunderente“ ..	44
Der eiserne „Maschinist“ auf der Dampfmaschine	50
„SCHWERARBEITER“ UND „PROFESSOREN“	54
Roboter auf Lauschposten	55
Befehle werden ausgeführt.....	68
Der Kreis schließt sich	86
Automaten für 575 Millionen DM	96
Fabriken ohne Menschen	98
Ein ganzes Werk fährt Karussell	113
Roboter brauchen keinen Regenschirm	117
Die Könige der Maschinen	120
Parade der „Elektronenhirne“	136

Elektronenhirne stellen Diagnosen	136
Rechenautomaten als Dolmetscher	139
Wieviel Kinderbetten werde 1965 gebraucht? ..	142
Das Wissen der Welt in einem Zimmer	144
ROBOTER UNTER DER LUPE	148
So intelligent wie ein Bandwurm?.....	148
Die Revolutionierung der Kopfarbeit hat begonnen	152
DIE HEIMAT DER AUTOMATEN IST DER SOZIALISMUS	155
Zwei Zeitungsmeldungen	155
Was sind Mädchenstärken?	158
Roboter kaufen keine Autos	160
Eher legt ein Elefant Eier	162
Berufe sterben aus	163
Neue Berufe werden geboren	165
KLEINES AUTOMATENLEXIKON.....	170

Sammelband

DER SPUTNIK IST UNSER ZEICHEN

Ein bunter vielseitiger Sammelband mit Erzählungen, Reportagen und Berichten aus den Anfängen der Kinderbewegung. Dieses Buch gibt euch Ratschläge zum Besserlernen, Musikhören und Gedichtelesen. Praktische Hinweise sagen, wie man mit den Büchern des Stufenprogramms arbeiten kann, wie man erste Hilfe leistet, Linolschnitte oder Spritzdrucke herstellt. Fotos, Rätsel, Spiele im Hause und im Gelände vervollständigen diesen Almanach.

Mit Illustrationen und Fotos

etwa 192 Seiten • Halbleinen m. Folie • 5,60 DM

Für Leser von 11 Jahren an

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

Karl Rezac

ABENTEUER MIT ARCHIMEDES

Im Jahre 213 v. u. Z. verteidigte der griechische Gelehrte Archimedes die Stadt Syracus mit von ihm erfundenen Kriegsmaschinen gegen die Kohorten des römischen Feldherrn Marcellus. Die Römer siegten, und Archimedes fand den Tod.

Heute, nach 2000 Jahren, spricht niemand mehr vom Feldherrn Marcellus. Aber in allen Schulen der Welt werden die Lehrsätze des großen Griechen gelehrt.

Archimedes, Leonardo da Vinci, Guericke, Watt und viele andere haben dazu beigetragen, die Kräfte der Natur für die Menschen dienstbar zu machen. Von ihrem Leben und Schaffen erzählt Karl Rezac in packenden, lebensvollen Bildern.

Illustrationen von Karl-Heinz Birkner

222 Seiten · Halbleinen mit Folie · 6,50 DM

Für Leser von 12 Jahren an

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

Karl Rezac/Hans Kleffe

DIE WELT IM ZAUBERKASTEN

Von der Laterna magica zum Breitwandfilm

Das Kino ist noch keine fünfzig Jahre alt. Seine spannungsreiche Geschichte beginnt mit der Erfindung der Laterna magica und des Lebensrades, der Camera obscura und der Fotografie; sie ist verbunden mit den Schicksalen vieler bedeutender Erfinder, und sie ist noch lange nicht abgeschlossen. Wir kennen heute den Ton- und Farbfilm, das Breitwandverfahren und die Totalvision, das Kino Vario und das Panoramakino. Doch in aller Welt bemühen sich Techniker und Wissenschaftler, jenes Kino für uns zu erfinden, das die gefilmte Wirklichkeit wahrhaft naturgetreu wiederzugeben vermag. Eine lebendig und mit großer Sachkenntnis gestaltete Geschichte des Kinos.

Mit zahlreichen Fotos

Illustrationen von Heinz Bormann

etwa 176 Seiten · Pappbd. m. Folie · etwa 5,60 DM

Für Leser von 11 Jahren an

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

Prof. Dr. h. c. Manfred von Ardenne

Eine glückliche Jugend - im Zeichen der Technik

In der Abstellkammer einer Berliner Wohnung hat sich ein Junge ein kleines Laboratorium eingerichtet. Hier beschäftigt er sich leidenschaftlich und zielstrebig mit Physik, Chemie und Technik. Als Neunjähriger fotografiert er mit selbstgebastelten Apparaten, als Vierzehnjähriger stellt er Röntgenaufnahmen her, sechzehn Jahre ist er alt, als er sein erstes Patent erteilt bekommt, und mit achtzehn Jahren wird er Miterfinder der Mehrfach-Radoröhre.

Die Jugenderinnerungen des weltbekannten Physikers Manfred von Ardenne werden ergänzt durch eine chronologische Übersicht der äußeren Lebensdaten, Forschungsergebnisse und wissenschaftlichen Publikationen, die zweifellos Interesse finden sowohl bei jungen Menschen als auch bei Erwachsenen und Fachleuten.

Mit zahlreichen Fotos

Leinen mit Schutzumschlag • etwa 160 Seiten • etwa 5,80 DM

Für Leser von 13 Jahren an

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN

Hans Kleffe

Atome, Forscher, Energien

Von einer unkomplizierten Frage — dem Geheimnis des Leuchtzifferblattes einer Uhr — geht dieses Buch aus und vermittelt ein Bild der Geschichte der kernphysikalischen Forschung. Schilderungen aus dem Leben hervorragender Wissenschaftler — wie den Curies, Rutherford, Geiger, Hahn, Joliot-Curie u. a. — helfen die Erkenntnisse des „Atomzeitalters“ besser zu verstehen.

Illustrationen von Karl-Heinz Wieland

Halbleinen mit Folie · etwa 244 Seiten · etwa 5,60 DM

Für Leser von 13 Jahren an

DER KINDERBUCHVERLAG BERLIN



Roboter als Flugzeugpiloten? Automatische Wetterstationen? Roboter im Dienste der Kriminalpolizei? Ist das Zukunftsmusik? Nein — das gibt es bereits — in Moskau, Leningrad, London, Peking und Berlin. Die Wunderwelt der Automaten ist Wirklichkeit geworden.



Jeder Band

2
MARK