

X

Die erste und die zweite industrielle Revolution

Die vorangehenden Kapitel dieses Buches waren dem Studium des Menschen als eines kommunikativen Organismus gewidmet. Indessen kann, wie wir bereits gesehen haben, auch die Maschine ein kommunikativer Organismus sein. In diesem Kapitel werde ich das Gebiet behandeln, in dem die kommunikativen Eigenschaften des Menschen und der Maschine aufeinanderstoßen, und zu ermitteln versuchen, in welcher Richtung die Entwicklung der Maschine gehen wird und welche Wirkungen auf die menschliche Gesellschaft wir erwarten können.

Schon einmal in der Geschichte ist von der Maschine ein Anstoß mit ungeheuren Auswirkungen auf die menschliche Kultur ausgegangen, der als die industrielle Revolution bekannt ist. Hier trat die Maschine rein als Ersatz des menschlichen Muskels in Erscheinung. Es ist vielleicht sinnvoll, bei der Untersuchung der gegenwärtigen Krise, die wir die zweite industrielle Revolution nennen werden, die Geschichte der früheren Krise als Muster zu erörtern, auf das wir zurückgreifen können.

Die erste industrielle Revolution hatte ihren Ursprung in der geistigen Gärung des 18. Jahrhunderts, das bereits die durch Newton und Huygens gut entwickelten Methoden der naturwissenschaftlichen Forschung, jedoch noch keine Anwendungen vorfand, die über die Astronomie hinausgingen. Aber es war schon allen einsichtigen Naturwissenschaftlern klar geworden, daß sich diese neuen Methoden weitgehend auf die anderen Gebiete der Naturwissenschaft auswirken mußten. Zuerst trat dies auf dem Gebiet der Schifffahrt und der Uhrmacherei in Erscheinung.

Schifffahrt ist eine Kunst, die bis auf die ältesten Zeiten

zurückgeht; aber bis etwa um 1730 haftete ihr eine offensichtliche Schwäche an. Das Problem, die geographische Breite zu bestimmen, hatte schon lange seine Lösung gefunden, selbst die Griechen kannten sie schon. Es ist einfach das Problem, die Polhöhe zu bestimmen. Das wird roh so gemacht, daß man den Polarstern als den wirklichen Himmelspol annimmt; es kann aber auch sehr genau durchgeführt werden durch weitere Verfeinerungen, die den Mittelpunkt des sichtbaren Kreiswegs des Polarsterns festlegen. Das Problem der geographischen Länge hingegen ist stets schwieriger. Dort, wo die Bestimmung durch geodätische Messung nicht möglich ist, kann es nur durch einen Vergleich der Ortszeit mit irgendeiner Standardzeit, beispielsweise der von Greenwich, gelöst werden. Dazu muß entweder die Greenwichzeit auf einem Chronometer mitgeführt werden, oder es muß irgendeine andere Himmelsuhr als die Sonne gefunden werden, die das Chronometer ersetzt.

Solange keine dieser beiden Methoden dem praktischen Seefahrer zugänglich war, blieb er in seiner Navigation stark gehemmt. Er segelte solange der Küste entlang, bis er die Breite seines Ziels erreichte. Dann schlug er diesem Breitenkreise entlang östlichen oder westlichen Kurs ein, bis er Land sichtete. Wie weit er auf diesem Kurse gekommen war, konnte er nur durch eine Überschlagsrechnung feststellen. Er mußte deshalb stets auf der Hut sein, daß er sich nicht unvermerkt einer gefährlichen Küste näherte. Wenn er dann Land ausgemacht hatte, segelte er wieder der Küste entlang bis zu seinem Bestimmungsorte. Man begreift, daß unter solchen Umständen jede Reise weitgehend ein Abenteuer war. Nichtsdestoweniger war dies für viele Jahrhunderte die übliche Art, Meere zu überqueren. Beispiele dafür sind der von Columbus eingeschlagene Kurs, der Kurs der Silberflotte und der Kurs der Acapulco-Galleonen.

Dieses langsame, höchst unsichere Verfahren war für die Admiralitäten des 18. Jahrhunderts nicht befriedigend. Einmal lagen die Überseeinteressen Englands und Frankreichs, im Gegensatz zu den spanischen, in hohen Breiten, in denen der Vorteil eines direkten Großkreiskurses gegenüber einem Ost-West-Kurs am augenfälligsten ist. Zum anderen bestand zwischen den beiden nördlichen Mächten eine starke Nebenbuhlerschaft um die

Vorherrschaft der Meere, und der Vorteil einer besseren Navigationskunst wog sehr schwer dabei. Es kann nicht überraschen, daß beide Regierungen hohe Belohnungen für eine genaue Methode zur Bestimmung geographischer Längen aussetzten.

Die Geschichte dieser Preiswettbewerbe ist verwickelt und nicht sehr erbaulich. Mancher fähige Mann wurde seines rechtmäßigen Erfolges beraubt und ging bankrott. In beiden Ländern wurden schließlich diese Preise für zwei ganz verschiedene Errungenschaften gewährt. Die eine war die Konstruktion eines genauen Schiffschronometers, d. h. einer Uhr, die so gut konstruiert und abgestimmt war, daß sie bei den andauernden heftigen Schiffsbewegungen während der Fahrten die Zeit bis auf wenige Sekunden genau halten konnte. Die andere war die Herstellung brauchbarer mathematischer Tafeln der Mondbewegung, die es dem Steuermann ermöglichten, diesen Himmelskörper als Uhr zur Kontrolle der scheinbaren Bewegung der Sonne zu benutzen. Diese beiden Methoden haben seitdem die gesamte Schifffahrt bis zum Aufkommen von Radio- und Radartechnik beherrscht.

So bestand in der industriellen Revolution die Avantgarde der Handwerker aus Uhrmachern, die die neue Mathematik von Newton bei dem Entwurf ihrer Pendel und ihrer Steigräder benutzten, und aus Optikern mit ihren Sextanten und Teleskopen. Diese beiden Gewerbe hatten viel Gemeinsames. Sie verlangten beide die Herstellung von genauen Kreisen und exakt geraden Linien und deren Teilung in Grade oder in Zoll. Ihre Werkzeuge waren die Drehbank und die Teilmachine. Diese maschinellen Hilfsmittel des damaligen Feinmechanikers sind die Ahnen unserer gesamten Werkzeugmaschinenindustrie von heute.

Es ist interessant zu sehen, wie jedes Werkzeug eine Genealogie hat und von den Werkzeugen abstammt, mit denen es selbst gebaut worden ist. Die Uhrmacherdrehbänke des 18. Jahrhunderts haben über eine deutlich verfolgbare historische Kette von Zwischenlösungen zu den großen Karusselldrehbänken der Gegenwart geführt. Die Reihe der Zwischenschritte hätte natürlich etwas kürzer sein können — andererseits war eine gewisse Mindestlänge unumgänglich. Es ist sichtlich unmöglich, beim Bau einer großen Karusselldrehbank das Gießen des Metalls, das Aufbringen der Gußstücke auf die Bearbeitungsmaschinen und vor allem die

Bearbeitung selbst nur mit Menschenkraft ohne jede andere Hilfe bewältigen zu wollen. Es muß durch Maschinen geschehen; diese sind wieder durch andere Maschinen hergestellt worden, und über viele Stufen dieser Art kommt man bis zu den Original-Hand- oder Fußdrehbänken des 18. Jahrhunderts zurück.

Es ist deshalb ganz natürlich, daß zum Entwickeln neuer Erfindungen diejenigen berufen waren, die entweder selbst Uhrmacher oder Hersteller wissenschaftlicher Instrumente waren oder Leute dieser Berufe an der Hand hatten. Watt beispielsweise war Instrumentenmacher. Aber selbst ein Mann wie Watt mußte seine Zeit abwarten, bis er die Genauigkeit von Uhrmachermethoden auf größere Konstruktionen ausdehnen konnte. Ich erinnere noch einmal: Es war ein Standardmaß für die Passung eines Kolbens in einen Zylinder, daß man gerade noch ein dünnes Sixpencestück zwischen beide einschieben und bewegen konnte.

Wir müssen also die Schifffahrt und die Notwendigkeit brauchbarer Instrumente dafür als Ausgangspunkt einer industriellen Revolution vor der industriellen Hauptrevolution betrachten. Diese industrielle Hauptrevolution beginnt mit der Erfindung der Dampfmaschine. Die früheste Form der Dampfmaschine war die roh ausgeführte und unwirtschaftliche Newcomen-Maschine, die für die Wasserhaltung in Gruben angewandt wurde. In der Mitte des 18. Jahrhunderts hatte man einige unglückliche Versuche gemacht, sie zur Krafterzeugung zu benutzen, indem man mit ihrer Hilfe Wasser in erhöhte Reservoirs pumpte und seinen Fall zum Antrieb von Wasserrädern ausnutzte. Diese schwerfälligen Anlagen kamen außer Gebrauch mit der Einführung der vervollkommenen Watt'schen Maschinen, die schon sehr bald sowohl für Fabrikzwecke wie für Grubenwasserhaltung benutzt wurden. Am Ende des 18. Jahrhunderts war die Dampfmaschine in der Industrie überall eingeführt, und Flußdampfer und Eisenbahn standen vor ihrer Verwirklichung.

Halten wir fest, daß die erste praktische Anwendung der Dampfkraft eine der rohesten Formen menschlicher oder tierischer Arbeit ersetzte: das Pumpen des Wassers aus den Gruben. Im besten Falle betrieb man das durch Zugtiere oder durch grobgezimmerte, von Pferden getriebene Maschinen, im schlimmsten Falle, wie in den Silberminen von Neu-Spanien, durch die Arbeit

menschlicher Sklaven. Es ist eine Arbeit, die niemals endet und die niemals unterbrochen werden darf, wenn man nicht das nicht wiedergutzumachende Absaufen der Grube riskieren will. Die Beendigung dieser Sklavenarbeit durch die Dampfmaschine muß unbedingt als großer humanitärer Fortschritt angesehen werden. Aber Sklaven pumpten nicht nur Gruben aus, sie zogen auch beladene Flußschiffe aufwärts. Der zweite große Erfolg der Dampfmaschine war das Aufkommen des Dampfschiffes und speziell des Flußdampfers. Bei den seegängigen Schiffen blieb neben den Segeln die Dampfmaschine viele Jahre lang nur eine zusätzliche Hilfskraft von zweifelhaftem Wert; demgegenüber wurde das Innere der Vereinigten Staaten eigentlich erst durch den reinen Dampfbetrieb auf dem Mississippi erschlossen. Auch die Dampflokomotive begann wie das Dampfschiff eben dort, wo sie jetzt auszusterben scheint: bei der Beförderung schwerer Frachten.

Das nächste Gebiet, auf dem sich die industrielle Revolution bemerkbar machte — vielleicht ein bißchen später als auf dem Gebiete der schweren Grubenarbeit, aber gleichzeitig mit der Revolution im Verkehrswesen —, war die Textilindustrie, eine Industrie, die bereits krank war. Schon vor Einführung der mechanischen Spindel und des mechanischen Webstuhls ließen die Bedingungen für die Spinner und Weber sehr viel zu wünschen übrig. Die Produktionsmenge, die sie herstellen konnten, reichte bei weitem nicht für die Anforderungen ihrer Zeit aus. Man kann deshalb kaum begreifen, daß der Übergang zur Maschine ihre Lage verschlechtert haben könnte. Aber er verschlechterte sie ohne Zweifel.

Die Entwicklung der Textilmaschine setzte früher ein als die der Dampfmaschine. Der Strumpfwirkerstuhl hat in einer von Hand betriebenen Form bereits seit der Zeit der Königin Elisabeth bestanden. Das Maschinenspinnen war ursprünglich gebraucht worden, um Kettgarne für Webstühle herzustellen. Die völlige Mechanisierung der Textilindustrie, die sowohl Weben als auch Spinnen umfaßte; begann erst mit dem 19. Jahrhundert. Die ersten Textilmaschinen wurden mit der Hand betrieben, doch der Gebrauch von Pferdekraft und Wasserkraft folgte sehr rasch. Die Entwicklung der Watt-Maschine als Gegenstück zur Newcomen-Maschine entsprang zum Teil dem Wunsche, Energie in Form

von Drehbewegung zu erhalten, wie sie für Textilzwecke benötigt wird.

Die Textilfabriken gaben das Muster für fast die gesamte Industriemechanisierung ab. Auf dem sozialen Gebiet waren sie es, die die Verpflanzung der Arbeiter vom Heim in die Fabrik und vom Lande in die Stadt einleiteten. Es kam zur Ausbeutung der Kinder- und Frauenarbeit in einem Ausmaße und mit einer Brutalität, die heutzutage kaum mehr faßbar ist, wenn man die südafrikanischen Diamantminen und die Neu-Industrialisierung von China und Indien, sowie die Plantagenarbeit in allen Ländern außer acht läßt. In der Hauptsache war das darauf zurückzuführen, daß neue Arbeitsmethoden neue moralische Verpflichtungen mit sich gebracht hatten, zu einer Zeit, in der man noch keine Formen für deren Erfüllung entwickelt hatte. Es war eine mehr technische als moralische Phase. Das ergab sich aus der Natur der Dampfkraft und ihrer damaligen Übertragungsmöglichkeiten. Die Dampfmaschine arbeitete, mit modernen Maßstäben gemessen, sehr unwirtschaftlich; allerdings ist das nicht so wichtig wie es scheinen könnte, wenn man berücksichtigt, daß die damaligen Dampfmaschinen ja nicht mit modernen Typen in Konkurrenz zu treten brauchten. Immerhin, für sich allein betrachtet waren sie im Großbetrieb sehr viel wirtschaftlicher als in einem kleinen. Im Gegensatz zur Kraftmaschine ist die Textilmaschine, ganz gleich ob Webstuhl oder Spindel, eine verhältnismäßig leichte Maschine und benötigt wenig Energie. Es war deshalb wirtschaftlich notwendig, diese Maschinen in große Fabriken zusammenzufassen, in denen viele Webstühle und Spindeln von einer einzigen Dampfmaschine angetrieben werden konnten.

Damals kannte man nur mechanische Kraftübertragungsmittel. Dazu gehörten vor allem die langen Transmissionen mit Treibriemen und Riemenscheiben. Noch in meiner Kindheit war das typische Bild einer Fabrik das einer großen Halle mit langen an den Deckenbalken aufgehängten Transmissionen, deren Riemenscheiben die einzelnen Maschinen durch Treibriemen in Bewegung setzten. Solche Fabriken gibt es heute noch, wenn sich auch in den meisten Fällen die moderne Ausrüstung mit Einzelantrieb der Maschinen durch Elektromotoren durchgesetzt hat.

Jedenfalls ist dieses zweite Bild heute das typische. Das

Arbeitsfeld des Maschinenbauers hat ein völlig neues Gesicht erhalten. Hierin liegt eine wichtige, für die gesamte Geschichte der Erfindungen bedeutsame Tatsache. Gerade die Maschinenbauer und andere neue Handwerker des Maschinenzeitalters sollten jene Erfindungen entwickeln, die die Grundlage unseres Patentwesens bilden. Die mechanische Verbindung von Maschinen hat nämlich Schwierigkeiten, die recht ernsthaft sind und sich nicht leicht durch irgendeine einfache mathematische Formulierung fassen lassen. In erster Linie müssen entweder lange Transmissionen gut ausgerichtet werden, oder es müssen sinnreiche Verbindungsarten wie Kardangelenke oder Parallelkupplungen angewandt werden, die einen gewissen Spielraum freigeben. Zweitens ist der Kraftverbrauch der vielen für solche Wellen nötigen Lager sehr hoch. Bei der einzelnen Maschine bestehen ähnliche Anforderung hinsichtlich der exakten Anordnung der umlaufenden und hin und hergehenden Teile, und die Zahl der Lager muß um des niedrigen Kraftverbrauchs und der einfachen Herstellung willen so weit wie möglich verringert werden. Diese Bedingungen können schwer erfüllt werden mit Hilfe allgemeiner Formeln, aber sie bieten ausgezeichnete Gelegenheiten für Erfindergabe und bastlerisches Geschick des alten Handwerkertyps.

Infolge dieser Tatsache war der Übergang von mechanischer zu elektrischer Kraftübertragung im Maschinenbau von so großen Wirkungen. Der elektrische Motor ist eine Kraftmaschine, die sehr leicht in kleinen Größen gebaut werden kann, so daß jede einzelne Maschine ihren eigenen Motor haben kann. Die Übertragungsverluste in den elektrischen Leitungen einer Fabrik sind verhältnismäßig klein, und der Wirkungsgrad des Motors selbst ist relativ hoch. Die Verbindung des Motors mit seiner Leitung muß weder starr sein, noch besteht sie aus vielen Teilen. Aus Verkehrs- und Annehmlichkeitsgründen wird man zwar oft die Gewohnheit beibehalten, die verschiedenen Maschinen eines industriellen Prozesses in einer einzigen Fabrik aufzustellen, aber die Notwendigkeit, alle Maschinen mit einer einzigen Kraftquelle zu verbinden, ist nicht länger der entscheidende Grund für diese Zusammenballung. Mit anderen Worten, wir sind nun in der Lage, zur Heimindustrie zurückzukehren, wenn es aus anderen Gründen zweckmäßig ist.

Darüber hinaus kann dort, wo es wünschenswert ist, eine einzelne Maschine mehrere Motoren enthalten, die die Kraft an den Stellen abgeben, wo sie benötigt wird. Das befreit den Konstrukteur von manchem Gedankenaufwand, den er früher beim mechanischen Entwerfen hätte aufbringen müssen. Bei einem elektrotechnischen Entwurf enthält das eigentliche Problem der Verbindung der Teile kaum irgendwelche Schwierigkeiten, die nicht einfacher mathematischer Formulierung und Lösung zugänglich wären. Das ist ein Beispiel dafür, wie Erfinderkunst durch die vorhandenen Mittel beeinflusst wird.

Als die Industrie im dritten Viertel des letzten Jahrhunderts den Elektromotor zu verwenden begann, sah man in ihm zunächst nichts weiter als ein neues Gerät zur Durchführung vorhandener technischer Arbeitsgänge. Man ahnte wahrscheinlich nicht, daß er im Endeffekt eine neue Art der Fabrik entstehen lassen würde.

Eine andere große elektrische Erfindung, die Vakuumröhre, hat eine ähnliche Geschichte gehabt. Vor der Erfindung der Vakuumröhre stellte die Regelung von Systemen großer Leistung eine Vielzahl unabhängiger Entwicklungsaufgaben. Denn die meisten der damaligen Regler arbeiteten keineswegs mit niedrigem Energiepegel. Zwar gab es schon einige besser entwickelte Regelungsmethoden, aber diese Ausnahmen lagen auf speziellen Gebieten, z. B. dem der Schiffssteuerung.

1915 überquerte ich den Ozean noch auf einem der alten Schiffe der Amerikalinie. Es entstammte der Übergangsperiode, in der die Schiffe noch Masten trugen, an denen man wirklich Segel aufziehen konnte. Nicht weit achteraus vom Hauptaufbau befand sich eine vorsintflutliche Maschine, die aus vier oder fünf Handspeichenrädern von sechs Fuß Durchmesser bestand. Mit diesen Rädern sollte das Schiff gesteuert werden, falls seine automatische Rudermaschine ausfiel. Bei einem Sturm hätten zehn oder mehr Männer ihr Letztes hergeben müssen, um das große Schiff auf seinem Kurs zu halten.

Das war nicht die normale Methode, das Schiff zu steuern, sondern eben ein Ersatz für den Notfall oder, in der Seemannssprache, ein „Notsteuerstand“. Für normale Steuerung trug das Schiff, wie es alle anderen großen Schiffe seit Jahren hatten, eine Rudermaschine, die die verhältnismäßig kleinen Kräfte des Steuermannsmaats am

Rad in die Bewegung des massiven Steuerruders umsetzte. Auf diese Weise wurde sogar auf rein mechanischer Basis ein gewisser Fortschritt zur Lösung des Problems der Kraft- und Drehmomentverstärkung erzielt. Aber diese damalige Lösung war weder für sehr große Unterschiede zwischen Eingangs- und Ausgangspegel anwendbar, noch hatte sie einen befriedigend universellen Gerätetyp herauszubilden vermocht.

Das anpassungsfähigste Universalgerät zur Verstärkung kleiner Energiebeträge in hohe Energiebeträge ist die Vakuümrohre oder die Elektronenrohre. Ihre Geschichte ist interessant, aber zu verwickelt, um sie hier zu besprechen. Indessen ist der Gedanke erheiternd, daß die Elektronenrohre, die auf die größte wissenschaftliche Entdeckung Edisons zurückgeht, vermutlich seine einzige Entdeckung war, die er nicht in einer Erfindung ausmünzte.

Er beobachtete, daß in einer elektrischen Lampe zwischen dem Glühfaden und einer auf positiver Spannung gehaltenen Elektrode dann ein Strom floß, wenn der Faden beheizt wurde, sonst aber nicht. Hieraus entwickelten andere eine wirkungsvollere Methode als je zuvor, um einen starken Strom durch eine kleine Spannung zu steuern. Dies ist die Grundlage der modernen Radioindustrie, aber es ist auch ein Hilfsmittel der Technik, das sich weit in neue Gebiete hinein ausbreitete. Es ist nun nicht mehr nötig, einen Prozeß mit hohen Energiepegeln durch einen Mechanismus zu steuern, der selbst auf diesem hohen Energiepegel arbeitet. Es ist durchaus möglich, ein bestimmtes Verhaltensschema auf einer Pegelhöhe zu bilden, die sogar viel niedriger als die in gewöhnlichen Radiogeräten ist, und dann mit dieser Anordnung über eine Serie von Verstärkerröhren hinweg etwa eine so schwere Maschine wie eine Walzstraße zu steuern. Auswahl und Bilden des Verhaltensschemas hierfür geschieht unter Bedingungen, bei denen die Kraftverluste unbedeutend sind; aber die Endanwendung dieses Auswahlprozesses wird doch auf beliebig hohen Kraftpegeln wirksam.

Diese Erfindung wandelt die Grundbedingungen für die Industrie offensichtlich ebenso tiefgreifend um, wie Übertragung und Verteilung von Energie durch den Gebrauch des kleinen elektrischen Motors umgewandelt wurden. Die Überwachung des Verhaltenschemas wird auf einen besonderen Teil des Geräts übertragen,

in dem der Energieverbrauch eine sehr geringe Rolle spielt. Dadurch haben die bisher angewandten Kniffe und Erfindungen, die eine mechanische Übertragung auf möglichst wenig Elemente beschränken und Reibung und Spiel geringhalten sollten, viel von ihrer Bedeutung verloren. Der Entwurf neuartiger Maschinen ist damit von der Domäne des geschickten Werkstattmechanikers auf die des Wissenschaftlers im Laboratorium übergegangen; hier stehen alle Hilfsmittel der Schaltungstheorie zur Verfügung, um die Erfindungsgabe alter mechanischer Prägung zu ersetzen. Erfindung im alten Sinne ist durch die intelligente Anwendung der Naturgesetze verdrängt worden. Der Schritt von den Naturgesetzen zu ihrer Anwendung ist hundertfach kürzer geworden.

Ich sagte früher schon, daß eine geraume Zeit zu verstreichen pflegt, bevor die Möglichkeiten einer Erfindung voll erkannt werden. Es dauerte lange, bis die Menschen den gewaltigen Einfluß des Flugzeugs auf die internationalen Beziehungen und auf die Bedingungen des menschlichen Lebens erkannten. Die Wirkung der Atomenergie auf die Menschheit und auf die Zukunft ist noch nicht abzuschätzen, wenn auch viele engstirnige Leute der Gegenwart in ihr nur eine weitere Waffe neben all den schon vorhandenen Waffen sehen.

Mit der Vakuümrohre war es ähnlich. Im Anfang wurde sie nur als zusätzliches Hilfsmittel zum Ausbau der schon bestehenden Fernsprechtechnik angesehen. Die Elektroingenieure erkannten die wirkliche Bedeutung der Vakuümrohren zunächst so wenig, daß sie sie nur als speziellen Teil der Übertragungsapparaturen auffaßten. Dieser Teil wurde dann mit anderen Elementen verbunden, die nur aus den üblichen sogenannten inaktiven Stromkreiselementen — Widerstand, Kapazität und Induktivität — bestanden. Erst seit dem Kriege sind die Ingenieure in der Anwendung der Vakuümrohre sicher genug geworden, um sie mit derselben Freiheit einzuschalten, mit der sie früher diese drei passiven Elemente verwandten.

Die Vakuümrohre wurde zunächst benutzt, um vorher vorhandene Bauteile in den Schaltungen der Ferntelefonie und der damaligen drahtlosen Telegraphie zu ersetzen. Es dauerte indessen nicht lange, bis man erkannte, daß die drahtlose Telefonie den Stand der drahtlosen Telegraphie erreicht hatte und daß Rund-

funksendungen möglich waren. Man lasse sich durch die Tatsache, daß dieser große Erfindungserfolg der Seifenreklameoper und den Schlagerstars ausgeliefert worden ist, nicht blind machen gegenüber der ausgezeichneten Arbeit, die bei seiner Entwicklung geleistet worden ist, und gegenüber seinen großen zivilisierenden Möglichkeiten, auch wenn bei uns diese jetzt zu allgemeinen Werbesendungen für Arzneimittel pervertiert werden.

So erlebte die Vakuumröhre ihren ersten Auftritt in der Nachrichtenindustrie. Grenzen und Möglichkeiten dieser Industrie wurden lange Zeit hindurch nicht voll erkannt. Es gab vereinzelte Anwendungen der Vakuumröhre und ihrer Schwestererfindung, der fotoelektrischen Zelle, zur Prüfung von Industrieprodukten, beispielsweise zum Regeln der Dicke der aus einer Papiermaschine herauskommenden Papierbahnen oder zum Überwachen der Farbe von Ananasdosen. Diese Anwendungen bildeten aber noch kein eigentliches neues Verfahren und waren ingenieurmäßig noch nicht mit den Problemen der Kommunikation verknüpft.

All das änderte sich im Kriege. Eine der wenigen positiven Erscheinungen dieses großen Konfliktes war die schnelle Entwicklung von Erfindungen unter dem Zwang der Notwendigkeit und dem Anreiz der unbegrenzten Geldmittel; dazu kam noch besonders, daß viel junges Blut zur industriellen Forschung herangezogen wurde. Bei Kriegsbeginn bestand unsere größte Aufgabe darin, England vor dem vollständigen Zusammenbruch durch die überwältigenden Luftangriffe zu bewahren. Dementsprechend war eines der ersten Objekte unserer wissenschaftlichen Kriegsanstrengungen das Flakgeschütz, besonders in Verbindung mit der Flugzeugpeilung durch Radar oder ultrakurze Hertzische Wellen. Die Radartechnik gebräuchte dieselben Gegebenheiten wie die bestehende Radiotechnik und erfand daneben neue eigene. Radarforschung wurde dadurch ganz natürlich zu einem Zweig der Kommunikationstheorie.

Ich habe das Problem der Flakfeuerleitung im ersten Kapitel dieses Buches behandelt. Ich habe gezeigt, wie die Schnelligkeit des Flugzeugs es nötig machte, dem Flakrechenggerät selbst Kommunikationsfunktionen zu geben, die früher menschlichen Wesen zugeteilt gewesen wären. So machte das Problem der Feuerleitung den Begriff einer Kommunikation geläufig, die nicht an eine Person,

sondern an eine Maschine gerichtet war. Wir haben übrigens in unseren Betrachtungen über die Sprache bereits ein anderes Gebiet erwähnt, in dem dieser Begriff einer begrenzten Gruppe von Ingenieuren schon lange Zeit vertraut geworden war, nämlich das des automatischen Wasserkraftwerks.

Schon in der Vorkriegszeit hatten sich auch andere Anwendungen ergeben, bei denen die Vakuumröhre mehr mit der Maschine direkt als mit menschlichem Tun gekoppelt war. Die Großrechenanlagen, wie sie unter anderen von Vannevar Bush entwickelt worden sind, arbeiteten ursprünglich rein mechanisch. Die Integration geschah durch Reibradgetriebe, die mit Hilfe von Wellen und Zahnrädern gekoppelt waren, und die Übertragung zwischen diesen Reibrädern geschah durch einen klassischen Aufbau aus Wellen und Zahnrädern.

Die Mutteridee dieser ersten Rechenmaschinen ist viel älter als die Arbeit von Vannevar Bush. In gewisser Hinsicht geht sie auf das Werk von Babbage im Anfang des letzten Jahrhunderts zurück. Diesem schwebte eine Rechenmaschine vor, die überraschend modern ist. Aber seine mechanischen Hilfsmittel blieben weit hinter seinen Ideen zurück. Die erste Schwierigkeit, auf die er stieß und mit der er nicht ins Reine kam, war, daß ein großes Zahnradgetriebe bei seiner Bewegung beträchtliche Energie verbraucht, so daß die Abgabe von Kraft und Drehmoment sehr bald zu klein wird, um die übrigen Teile des Geräts zu treiben. Bush sah diese Schwierigkeit und überwand sie auf einem sehr genialen Wege. Neben den von Vakuumröhren und ähnlichen Geräten abhängenden elektrischen Verstärkern gibt es gewisse mechanische Drehmomentverstärker, die jedem vertraut sind, der Schiffe und deren Entladeweise kennt. Der Stauer hebt die Lasten, indem er eine Windung des Seils, an dem seine Last hängt, um die Trommel einer kleinen Seilwinde oder eines Spills legt. Auf diese Weise wird der Zug, den er mechanisch ausübt, um einen Faktor vermehrt, der ungeheuer schnell mit dem Umschlingungswinkel zwischen seinem Seil und der rotierenden Trommel anwächst. So genügt ein Mann, um das Heben einer Last von vielen Tonnen zu beherrschen.

Dieses Hilfsmittel ist grundsätzlich ein Kraft- oder Drehmomentverstärker. Es war ein geistreicher Konstruktionseinfall

von Bush, solche mechanischen Verstärker zwischen den Stufen seiner Rechenanlage einzuführen, und so gelang ihm, das wirklich auszuführen, was sich Babbage nur erträumt hatte.

Bei einem der ersten Modelle der „Integrieranlage“ von Vannevar Bush wurden alle hauptsächlichen Verstärkungsfunktionen durch mechanische Geräte dieser Art ausgeführt. Die einzige Aufgabe der Elektrizität bestand darin, die Energie für die Antriebsmotoren der ganzen Maschine zu liefern. Dieser Typ von Rechenanlagen war ein Übergangs- und Zwischenstadium. Man sah sehr bald, daß mittels Drähten statt Wellen verbundene Verstärker auf elektrischer Basis nicht nur billiger, sondern auch anpassungsfähiger sind als mechanische Verstärker und Übertragungen. Deshalb machte man auch bei den späteren Formen von Bushs Anlage Gebrauch von Vakuumröhrengeräten. Dies ist bei allen nachfolgenden Geräten beibehalten worden, sowohl bei den heute als Analogiegeräten bezeichneten, die vorzugsweise durch Messen physikalischer Größen arbeiten, als auch bei den Ziffernmaschinen, die hauptsächlich zählen und arithmetische Operationen ausführen.

Die Entwicklung dieser Rechenmaschinen ist seit dem Kriege ungeheuer rasch gegangen. Für eine große Reihe von Berechnungsarbeiten haben sie sich als weitaus schneller und weitaus genauer als der menschliche Rechner erwiesen. Ihre Geschwindigkeit hat schon lange eine derartige Höhe erreicht, daß das Einschalten menschlicher Vermittlung bei ihrer Arbeit gar nicht mehr in Frage kommt. So erzwingen sie wie beim Flakrechengerät auch hier den Ersatz menschlicher Fähigkeiten durch Fähigkeiten der Maschine. In der Maschine müssen die Teile in einer ihnen angemessenen Sprache zueinander sprechen, ohne — ausgenommen in den End- und Anfangsstufen des Prozesses — zu irgendeinem Menschen zu sprechen oder auf irgendeinen Menschen zu hören. Hier treffen wir wieder etwas, das zur allgemeinen Ausdehnung der Kommunikationsidee auf Maschinen beigetragen hat.

In diesem Gespräch zwischen den Teilen einer Maschine ist es oft nötig, das nochmals zur Kenntnis zu nehmen, was die Maschine bereits gesagt hat. Hier tritt der Begriff der Rückmeldung auf, den wir bereits besprochen haben; er ist älter als seine Anwendung in der Schiffs-Rudermaschine, ja, er findet sich schon beim Drehzahlregler an Watts Dampfmaschine. Dieser Regler

wird benötigt, um zu verhindern, daß die Maschine durchgeht, wenn ihre Belastung wegfällt: Wenn sie zu schnell zu laufen beginnt, fliegen die Kugeln des Reglers durch Zentrifugalkraft nach oben, und durch ihre Aufwärtsbewegung verschieben sie einen Hebel, der den Dampfzustrom teilweise drosselt. So erzeugt die Neigung schneller zu werden, eine teilweise ausgleichende Neigung zum Langsamerwerden. Clerk Maxwell hat im Jahre 1868 diese Regelungsmethode einer gründlichen mathematischen Analyse unterzogen.

Hier wird die Rückmeldung benutzt, um die Schnelligkeit einer Maschine zu regeln. Bei der Schiffs-Rudermaschine regelt sie die Stellung des Ruders. Der Mann am Steuer bedient ein leichtes Übertragungssystem, das über Ketten oder auf hydraulische Weise einen Hebel in dem Raume bewegt, in dem die Rudermaschine steht. Dort stellt ein besonderes Gerät den Abstand zwischen diesem Hebel und der Ruderpinne fest, und das Maß dieses Abstandes steuert den Zustrom des Dampfes zur Dampf-Rudermaschine; bei einer elektrischen Rudermaschine regelt es in ähnlicher Weise die Zufuhr der elektrischen Energie. Diese Änderung der Zufuhr ist, unabhängig von der Art des jeweiligen Übertragungsmechanismus, immer so gerichtet, daß die Ruderpinne und der von dem Rade in Bewegung gesetzte Hebel in Übereinstimmung gebracht werden. So kann ein einziger Mann am Rad mit Leichtigkeit das tun, was an dem alten, von Hand gesteuerten Rade eine ganze Mannschaft nur mit Mühe tun konnte.

Wir haben bisher Beispiele gegeben, bei denen der Rückmeldevorgang hauptsächlich mechanisch vor sich geht. Indessen kann eine ganze Reihe ähnlicher Operationen mit elektrischen Hilfsmitteln und sogar mit Vakuumröhren ausgeführt werden. Sie versprechen, die zukünftige Standardmethode beim Entwurf von Regelungsgeräten zu werden.

Die Neigung, Fabriken und Maschinen zu automatisieren, hat völlig unabhängig von Vakuumröhre und Regelungstechnik schon seit langem bestanden. Außer für Sonderfälle würde man nicht mehr daran denken, Schrauben mit einer gewöhnlichen Drehbank herzustellen, bei der ein Mechaniker den Vorschub des Drehstahls überwachen und von Hand bedienen muß: Die Massenherstellung von Schrauben ohne wesentliches Eingreifen von Hand ist zur

normalen Aufgabe der gewöhnlichen Automattendrehbank geworden. Obwohl diese weder Regelungstechnik noch Vakuumröhre benutzt, erledigt sie eine irgendwie ähnliche Aufgabe. Der Fortschritt, den Regelungstechnik und Vakuumröhre gebracht haben, liegt aber nicht in dem vereinzelt Entwurf solch spezieller Automaten, sondern in allgemeinen Konstruktionsmöglichkeiten für automatische Mechanismen vielfältigster Art. Dabei kommt unsere moderne theoretische Behandlung der Nachrichtenübermittlung zu Hilfe, welche die Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Maschine und Maschine voll berücksichtigt. Erst dieses Zusammenreffen von Umständen macht unser automatisches Zeitalter möglich.

Der gegenwärtige Stand industrieller Technik umschließt neben der Gesamtheit der Ergebnisse der ersten industriellen Revolution gleichzeitig viele Erfindungen, die wir nun als Vorläufer der zweiten industriellen Revolution erkennen. Es ist noch zu früh, um sagen zu können, wo die genaue Grenze zwischen diesen beiden Revolutionen liegt. In ihrer potentiellen Bedeutung gehört die Vakuumröhre sicherlich einer anderen industriellen Revolution an, als derjenigen im Kraftzeitalter. Aber erst heute ist die wahre Bedeutung der Erfindung der Vakuumröhre genügend erkannt worden, um uns zu erlauben, das gegenwärtige Zeitalter einer neuen, der zweiten industriellen Revolution zuzuschreiben.

Bis jetzt haben wir über den gegenwärtigen Stand der Dinge gesprochen. Dabei haben wir lediglich einen kleinen Teil der Aspekte der vorausgegangenen industriellen Revolution überblickt. Wir haben weder das Flugzeug noch den Raupenschlepper mit samt den anderen mechanischen Werkzeugen des Bauwesens, noch das Automobil, noch auch nur ein Zehntel jener Faktoren erwähnt, die das moderne Leben vom Leben in allen früheren Zeiten völlig verschieden gestalten. Abgesehen von einer ganzen Reihe einzelstehender Beispiele hat die industrielle Revolution, wie man zugeben muß, Mensch und Tier als Kraftquellen entthront, ohne bis jetzt andere menschliche Funktionen näher berührt zu haben. Das Beste, was ein Erdarbeiter heutzutage noch machen kann, um seinen Lebensunterhalt zu verdienen, ist, als eine Art Nacharbeiter hinter der Planierdrape herzugehen. Wer nichts als seine Körperkraft zu verkaufen hat, hat — im großen gesehen — nichts anzubieten, wofür jemand Geld ausgibt.

Gehen wir nun weiter zum Bild eines noch vollständiger automatisierten Zeitalters. Stellen wir uns etwa die Automobilfabrik der Zukunft vor und insbesondere ihr Fließband, denjenigen ihrer Bestandteile, der die meiste Arbeit umsetzt. Vor allem wird der Arbeitsablauf durch etwas gesteuert werden, was einer modernen Hochgeschwindigkeitsrechenmaschine ähnelt. In diesem Buche und an anderen Orten habe ich oft gesagt, daß die Hochgeschwindigkeitsrechenmaschine in erster Linie eine logische Maschine ist, die verschiedene Vorschläge einander gegenüberstellt und daraus einige der möglichen Folgerungen zieht. Man kann die gesamte Mathematik in die Ausführung einer Folge rein logischer Aufgaben übersetzen. Wenn die Mathematik in der Maschine auf diese Art dargestellt wird, so wird die Maschine eine Rechenmaschine im gewöhnlichen Sinne sein. Über die gewöhnlichen rechnerischen Aufgaben hinaus ist eine solche Maschine für die logische Aufgabe eingerichtet, eine Folge von Befehlen, die mathematische Operationen betreffen, richtig ablaufen zu lassen. Deshalb wird sie, wie es bei den heutigen Hochgeschwindigkeitsrechenmaschinen tatsächlich der Fall ist, zum mindesten eine große Baueinheit enthalten müssen, die rein logisch ist.

Die Anweisungen an solch eine Maschine — auch hier spreche ich von der jetzigen Praxis — werden durch etwas gegeben, das wir das Programm (taping) genannt haben. Die Befehle können in die Maschine eingeführt werden durch ein Programm, das vorher völlig festgelegt ist. Aber auch die bei der Arbeit der Maschine bereits aufgetretenen Vorgänge können als Grundlage zu weiterer Steuerung an ein neues durch die Maschine selbst hergestelltes Programm oder an eine Abwandlung des alten übergeben werden. Ich habe bereits dargelegt, daß meiner Ansicht nach solche Prozesse dem Lernen verwandt sind.

Man könnte meinen, daß der heutige hohe Preis von Rechenmaschinen von ihrer Verwendung in industriellen Prozessen abschreckt, und daß ferner die bei ihrem Bau benötigte Feinarbeit und der weite Spielraum ihrer Funktionen den Gebrauch von Massenproduktionsmethoden ausschließt. Keine dieser Annahmen trifft zu. Gewiß kosten die riesigen, heute für den höchsten Stand mathematischer Arbeit benutzten Rechenmaschinen Hunderttausende von Dollars. Für eine wirklich große Fabrik würde selbst eine so

teure Steuerungsanlage nicht unerschwinglich sein, aber tatsächlich braucht der Preis nicht einmal so hoch zu werden. Die heutigen Rechenmaschinen entwickeln sich so außerordentlich schnell, daß praktisch gesprochen jede einzelne ein neues Modell ist. Mit anderen Worten, ein großer Teil dieser anscheinend ungeheuren Beträge geht in neue Entwicklungsarbeit ein und in neue Teile, die durch sehr hochqualifizierte Arbeit unter kostspieligsten Umständen hergestellt werden. Wenn nun daher eine dieser Rechenmaschinen im Modell und Preise festgelegt und in Mengen von zehn oder zwanzig Stück hergestellt würde, läge ihr Preis vermutlich nicht höher als bei einigen zehntausend Dollar. Eine ähnliche Maschine kleinerer Kapazität, nicht für die schwierigsten rechnerischen Probleme, aber immerhin durchaus geeignet für Fabrikationssteuerung, würde wahrscheinlich bei einer Herstellungsart in mittlerer Serie nicht mehr als ein paar tausend Dollar kosten.

Wie steht es nun mit der Massenproduktion? Wenn die einzige Möglichkeit für Massenproduktion die von vollständigen Maschinen wäre, ist es klar, daß wir auf lange Zeit hin höchstens auf Produktion in mittlerer Serie hoffen könnten. Indessen wiederholen sich in jeder dieser Maschinen gleiche Teile in sehr beträchtlicher Anzahl. Das ist der Fall beim Gedächtnisteil, beim logischen Gerät und beim Rechenwerk. So würde die Produktion von nur einigen wenigen Dutzend Maschinen die Massenproduktion gewisser Einzelteile ermöglichen und dabei die entsprechenden wirtschaftlichen Vorteile mit sich bringen.

Es könnte noch scheinen, als ob bei solch hochentwickelten Maschinen jede Aufgabe ein besonderes neues Modell verlange. Das ist ebenfalls falsch; denn selbst wenn die verschiedenen mathematischen und logischen Operationen, die man von den mathematischen und logischen Einheiten der Maschine verlangt, nur eine schwache Ähnlichkeit miteinander haben, kann der gesamte Arbeitsablauf durch das Programmieren geregelt werden. Das Programmieren einer solchen Maschine ist eine hohe geistige Anforderung stellende Spezialaufgabe für eine qualifizierte Fachkraft, aber es ist weitgehend oder überhaupt eine einmalige Aufgabe und braucht, wenn die Maschine für einen neuen industriellen Produktionsgang abgewandelt wird, nur teilweise wiederholt zu

werden. So verteilen sich die Kosten solch eines geschulten Spezialisten über eine ungeheure Produktionsmenge und werden im Gebrauch der Maschine kein wirklich ins Gewicht fallender Faktor sein.

Die Rechenmaschine stellt das Zentrum der automatischen Fabrik dar, aber sie wird niemals die ganze Fabrik sein. Auf der einen Seite empfängt sie ihre ins einzelne gehenden Anweisungen von Elementen, die Sinnesorganen entsprechen. Ich denke an „Sinnesorgane“ wie fotoelektrische Zellen, Kondensatoren für das Ablesen der Dicke einer Papierbahn, Thermometer, Wasserstoffionenkonzentrationsmesser und an die große Zahl von Geräten, die allenthalben von Instrumentenfirmen für nichtautomatische Steuerung industrieller Prozesse gebaut werden. Diese Instrumente werden heute bereits so hergestellt, daß sie über entfernte Stationen elektrisch berichten. Damit sie ihre Information in einen automatischen Hochgeschwindigkeitsrechner einführen können, benötigen sie lediglich ein Gerät, das Stellungs- oder Skalenwerte abliest und in das Schema einer Ziffernfolge übersetzt. Solche Geräte gibt es bereits, und weder ihr Prinzip noch ihre Konstruktionseinzelheiten bieten große Schwierigkeiten. Das Sinnesorgan-Problem ist nicht neu, es hat bereits gute Lösungen gefunden.

Neben diesen Sinnesorganen muß das Regelungssystem Effektoren oder Stellglieder enthalten, die auf die Außenwelt einwirken. Einige von diesen sind von bereits bekanntem Typ, wie ventilbetätigende Motoren, elektrische Kupplungen und ähnliches. Einige andere müssen erfunden werden, um die Funktionen der vom menschlichen Auge unterstützten menschlichen Hand möglichst gut zu ersetzen. Bei der maschinellen Bearbeitung von Automobilchassis ist es ohne weiteres möglich, gewisse Metall-Ansätze stehen zu lassen, die auf der glatten Oberfläche als Bezugspunkte dienen; das Werkzeug — sei es nun Bohrer oder Nieter oder was immer wir brauchen — wird zuerst durch einen fotoelektrischen Mechanismus, der z. B. durch Farbpunkte in Gang gebracht wird, in die ungefähre Nachbarschaft dieser Oberfläche geführt. Die endgültige Einstellung bringt es dann auf die Bezugspunkte, und zwar so, daß eine feste, aber nicht zu enge Berührung hergestellt wird. Das wäre einer der Wege, um diese Aufgabe zu erfüllen. Jedem sachverständigen Ingenieur werden ein Dutzend weitere einfallen.

Natürlich nehmen wir an, daß die als Sinnesorgane handelnden Geräte nicht nur über den augenblicklichen Stand der Arbeit, sondern auch über das Ergebnis des Arbeitens aller vorhergehenden Prozesse berichten. So kann die Maschine Regelungshandlungen ausführen, sowohl solche der einfachen jetzt schon häufig erwähnten Art, als auch solche mit komplizierten Unterscheidungsprozessen, die von der zentralen Regelung mit ihrem logischen oder mathematischen „Gehirn“ ausgeführt werden. Mit anderen Worten: Das Gesamtsystem kommt einem vollständigen Lebewesen mit Sinnesorganen, Effektoren und Propriozeptoren gleich und entspricht nicht, wie die Höchstgeschwindigkeitsrechenmaschine, einem isolierten Gehirn, das für seine Erfahrung und für seine Wirksamkeit von unserem Eingreifen abhängt.

Die Schnelligkeit, mit der diese neuen Erfindungen in industriellen Gebrauch kommen werden, wird bei den einzelnen Industriezweigen sehr verschieden sein. Automatische Geräte, die den hier beschriebenen vielleicht nicht genau gleichen, die aber roh genommen die gleichen Funktionen erfüllen, sind bereits in ausgedehntem Maße in Industrien mit kontinuierlichen Fabrikationsprozessen wie Blechdosenfabriken, Walzwerken und besonders Draht- und Feinblechwerken in Gebrauch. Ebenso sind sie in Papierfabriken üblich, die auch einen kontinuierlichen Ausstoß haben. Unerläßlich sind sie auch bei Herstellungsprozessen, deren Regelung für eine größere Anzahl von Arbeitern mit Lebensgefahr verbunden wäre, und in denen eine Störung wahrscheinlich so ernsthaft und kostspielig wäre, daß man ihre Möglichkeit besser vorher in Betracht ziehen und nicht der erregten Beurteilung im Ernstfalle überlassen sollte. Kann man einen Produktionsablauf im voraus ausarbeiten, so kann man ihn auch in ein Programm übertragen, das den vorgesehenen Ablauf in Übereinstimmung mit den Ablesungen der Anlage steuern wird. Mit anderen Worten, solche Fabriken sollten unter einem Kommandosystem stehen, das dem des Eisenbahnstellwerks mit seinen Signalen und Weichen ähnelt. Ein solches System besteht schon in Ol Raffinerien, ebenso in manchen anderen chemischen Werken und bei der Verarbeitung derjenigen gefährlichen Stoffe, die bei der Ausbeutung der Atomenergie auftreten.

Wir haben schon erwähnt, daß beim Fließband diese Methoden

angewandt werden. Beim Fließband wie in der chemischen Fabrik oder in der kontinuierlich arbeitenden Papierfabrik ist es nötig, eine gewisse statistische Kontrolle über die Güte des Produktes auszuüben. Solche Kontrollen beruhen auf einer Probenahme. Durch Wald und andere sind diese Probenahmen heute zu einer Methode entwickelt worden, die wir *Sequenzanalyse* nennen; hierbei entnimmt man nicht vorher festgelegte Stichproben, sondern die Entnahme erfolgt als fortlaufender Prozeß Hand in Hand mit der Produktion. Da diese Auswertung nun so genormt ist, daß sie in die Hände eines statistischen Rechners gelegt werden kann, der die zugrunde liegenden Theorien nicht versteht, kann sie auch durch eine Rechenmaschine ausgeführt werden: d. h. die Maschine sorgt — wieder mit Ausnahme von Sonderfällen — für die regelmäßigen statistischen Kontrollen ebenso gut, wie sie schon für den Produktionsprozeß sorgt.

Im allgemeinen ist in Fabriken die Buchhaltung unabhängig von der Produktion. Alle die Kostenberechnung angehenden Daten könnten, soweit sie von der Maschine oder dem Fließband kommen, direkt in die Rechenmaschine eingegeben werden. Andere Daten würden von Zeit zu Zeit durch menschliche Operatoren eingegeben, aber die große Masse der nötigen Schreibearbeit könnte auf die außergewöhnliche beschnitten werden. Man würde also für den Außenschriftverkehr und ähnliches noch Angestellte brauchen. Aber sogar davon könnte ein großer Teil durch die Korrespondenten auf Lochkarten empfangen oder durch äußerst niedrig-bezahlte Arbeitskräfte auf Lochkarten übertragen werden. Von diesem Punkte an kann alles von der Maschine getan werden. Auch ein nicht zu unterschätzender Teil der Bücherei- und Registratureinrichtungen eines industriellen Betriebs ließe sich so mechanisieren.

Mit anderen Worten: Der Maschine ist es einerlei, ob sie Werkkittel-Arbeit oder Stehkragen-Arbeit tut. Die neue industrielle Revolution wird daher wahrscheinlich in sehr viele Gebiete eindringen und sich jede Arbeit, die in der Ausführung von Entscheidungen einfacher Art besteht, erobern, in ähnlicher Weise, wie die frühere industrielle Revolution auf allen Gebieten die menschliche Kraft verdrängte. Es wird natürlich Berufszweige geben, in die die neue industrielle Revolution des Entscheidens nicht eindringen wird: sei es, daß die neuen Regelungsmaschinen für Industrien nicht

wirtschaftlich sind, die die beträchtlichen damit verbundenen Kosten nicht zu tragen vermögen, oder sei es, daß durch die Vielgestaltigkeit ihrer Arbeit für fast jeden neuen Arbeitsgang eine neue Programmierung notwendig würde. Ich glaube nicht, daß automatische Maschinen des beschriebenen Typs beim Kolonialwarenhändler an der Ecke oder in der Hinterhof-Tankstelle in Gebrauch kommen, während ich sie mir sehr wohl beim Großhändler und dem Automobilhändler vorstellen kann. Auch der Landarbeiter ist, obwohl er ihren Einfluß zu spüren beginnt, vor ihrem vollen Druck geschützt, teils wegen des Bodens, den er zu bearbeiten hat, teils wegen der Verschiedenartigkeit der Ernten, die er einbringen muß, und teils wegen der besondern Witterungsumstände usw., mit denen er rechnen muß. Trotzdem wird auch hier der Plantagenfarmer zunehmend abhängig von baumwollpflückenden und krautverbrennenden Maschinen, so wie der Weizenfarmer bereits seit langem von dem McCormick-Mäher abhängt. Wo derartige Maschinen benutzt werden können, ist auch eine gewisse Verwendung von Entscheidungsmaschinen vorstellbar.

Wie und wann die neuen Geräte eingeführt werden, hängt natürlich weitgehend von wirtschaftlichen Bedingungen ab, für die ich kein Fachmann bin. Abgesehen von heftigen politischen Änderungen oder einem neuen großen Krieg möchte ich sagen, daß es grobgeschätzt etwa 10—20 Jahre dauern wird, bis sich die neuen Geräte durchsetzen werden. Ein Krieg würde all dies über Nacht ändern. Wenn wir in einen Krieg mit einer Großmacht wie Rußland verwickelt werden sollten, was ernste Anforderungen an die Infanterie und infolgedessen an unsere Menschenreserven stellen würde, wäre unsere industrielle Erzeugung nur sehr schwer aufrechtzuerhalten. Unter diesen Umständen könnte der Ersatz menschlicher Produktionskraft durch andere Produktionsweisen für uns wohl eine Frage auf Leben oder Tod werden. Wir haben bei der Entwicklung eines einheitlichen Systems automatischer Regelungsmaschinen bereits den Stand erreicht, den wir bei der Radarentwicklung 1939 hatten. Ebenso wie durch die gefährliche Lage der Schlacht um England das Radarproblem in intensiver Art und Weise in Angriff genommen werden mußte und dadurch die natürliche Entwicklung eines Gebietes beschleunigt wurde, die sonst Jahrzehnte erfordert hätte, genau so wird wahrscheinlich im

Falle eines neuen Krieges auch die Notwendigkeit des Arbeiterersatzes einwirken. Der Kreis geschulter Radioamateure, Mathematiker und Physiker, die sich damals rasch für die Zwecke der Radarplanung in brauchbare Elektroingenieure verwandelten, ist für die sehr ähnliche Aufgabe der Entwicklung automatischer Maschinen noch verfügbar, und eine neue und von ihnen ausgebildete Generation wächst heran.

Unter diesen Umständen wird die Entwicklungszeit von zwei Jahren, die Radar bis zur vollen Einsatzfähigkeit auf dem Schlachtfelde brauchte, von der automatischen Fabrik wahrscheinlich kaum überschritten werden. Am Ende eines solchen Krieges wird das für den Aufbau derartiger Fabriken benötigte „Wissen-Wie“ allgemein geworden sein. Von den für die Regierung hergestellten Geräten wird sogar recht viel überschüssig sein und wahrscheinlich verkauft oder für die Industriellen verfügbar werden. So wird ein neuer Krieg fast unvermeidlich innerhalb weniger als fünf Jahren das automatische Zeitalter in vollem Schwange sehen.

Ich habe davon gesprochen, wie aktuell und gegenwartswichtig diese neue Möglichkeit ist. Was können wir an wirtschaftlichen und sozialen Folgen von ihr erwarten? In erster Linie wird wohl die Nachfrage nach demjenigen Typ von Arbeitskräften, der rein repetitive Aufgaben erfüllt, plötzlich und endgültig aufhören. Auf lange Sicht gesehen, wäre das bei der tödlich stumpfsinnigen Natur repetitiver Aufgaben nur zu begrüßen und böte zugleich die Freizeit, die zur ganzheitlichen Bildung des Menschen erforderlich ist. Freilich könnten dadurch auch ebenso oberflächliche und überflüssige kulturelle Begleiterscheinungen angebahnt werden, wie die bislang von Radio und Kino ausgelöst.

Sei es, wie es wolle, die Anlaufzeit dieser neuen Methoden wird — vor allem wenn sie in der bei einem neuen Kriege zu erwartenden, einschneidenden Form kommt — sofort zu einer Periode von verheerender Verwirrung führen. Wir wissen ja zur Genüge, wie die Industriellen ein neues industrielles Potential betrachten. Ihr ganzes Bestreben geht dahin, zu erreichen, daß es nicht als ein Geschäft der Regierung betrachtet werde, sondern für alle Unternehmer, die darin Geld zu investieren wünschen, offengelassen werden muß. Wir wissen ebenso, daß sie sehr wenig Hemmungen haben, wenn es sich darum handelt, den gesamten Profit, der aus

einer Industrie gezogen werden kann, auch herauszuziehen und dann für die Allgemeinheit die Krümel übrigzulassen. Die ganze Geschichte der Holz- und der Grubenindustrie besteht nur daraus. Das gehört zu dem Phänomen, das wir bereits an anderer Stelle die traditionelle Fortschrittgläubigkeit des Amerikaners genannt haben.

Unter diesen Umständen wird die Industrie mit den neuen Geräten rasch in solchem Umfange durchsetzt werden, daß sie sofortigen Gewinn abzuwerfen versprechen, — ohne Rücksicht auf die Dauerschäden, die sie anrichten könnten. Wir werden dann einen Vorgang erleben, der dem bei der Benutzung der Atomenergie gleicht: Ihre Verwendung für Bomben hat es problematisch gemacht, sie an Stelle unserer Öl- und Kohlenvorräte zu setzen, die in Jahrhunderten, wenn nicht Jahrzehnten vollkommen erschöpft sein werden. Man bedenke wohl, daß Atombomben und Energiewirtschaft zweierlei sind.

Erinnern wir uns, daß der Automat, abgesehen von unserer Meinung über die Gefühle, die er haben oder nicht haben kann, das genaue wirtschaftliche Äquivalent des Sklaven ist. Jede Arbeit, die sich mit Sklavenarbeit mißt, muß sich an die wirtschaftlichen Bedingungen von Sklavenarbeit angleichen. Es ist völlig klar, daß das eine Arbeitslosigkeitslage herbeiführen wird, mit der verglichen die augenblicklichen Rückgänge und sogar die Depression der dreißiger Jahre als harmloser Spaß erscheinen werden. Diese Krise wird viele Industrien ruinieren und vielleicht gerade diejenigen Industrien, die aus den neuen Wirkungsmöglichkeiten Gewinn gezogen haben. Nun, in der industriellen Überlieferung gibt es nichts, was einem Industriellen verböte, einen sicheren und schnellen Profit einzustreichen und auszusteigen, bevor der Bankrott ihn persönlich berührt.

So ist die neue industrielle Revolution ein zweiseitiges Schwert. Sie kann zum Wohl der Menschheit benutzt werden, vorausgesetzt, daß die Menschheit lange genug am Leben bleibt, um in eine Zeit einzutreten, in der das möglich wird. Wenn wir indessen den klaren und sichtbaren Linien unseres traditionellen Verhaltens folgen und unserer traditionellen Vergötterung des Fortschritts und der fünften Freiheit — der Freiheit, auszubeuten — treu bleiben, ist es so gut wie sicher, daß wir ein Jahrzehnt oder mehr des Darniederliegens und der Verzweiflung gewärtigen müssen.

XI

Einige Kommunikationsmaschinen und ihre Zukunft

Wir haben eben ganz allgemein das Problem der systematischen Mechanisierung der Entscheidungshandlung in der Industrie und ihrer Auswirkungen auf die Menschheit betrachtet. Nun möchte ich einige Maschinen besprechen, bei deren Anregung oder Entwurf ich selbst beteiligt war und bei denen recht ins einzelne gehende Kommunikationsprobleme auftreten. Die erste dieser Maschinen wurde als Modell für eine frühere Arbeit entworfen, die auf theoretischer Grundlage von meinen Kollegen Dr. Arturo Rosenblueth und Julian Bigelow bereits vor einigen Jahren durchgeführt worden war. Damals vermuteten wir, daß der Mechanismus willentlichen Handelns einen Rückmeldekreislauf entfalte, und dementsprechend suchten wir im menschlichen willentlichen Handeln nach Erscheinungen des Zusammenbrechens, wie sie bei Rückmeldemechanismen vorkommen, wenn sie überlastet werden.

Im einfachsten Falle zeigt sich dieses völlige Versagen als eine Schwingung in einer zielstrebigem Handlung, die nur dann auftritt, wenn diese Handlung in Gang gebracht wird. Das ist etwa das Bild der als Intentionstremor bekannten Erscheinung beim Menschen, bei der beispielsweise die Hand eines Patienten, der nach einem Glase Wasser langt, immer stärker hin und her zittert, so daß er das Glas nicht heben kann.

Es gibt beim Menschen noch eine Art des Tremors, die dem Intentionstremor gewissermaßen diametral entgegengesetzt ist. Sie ist als Parkinsonsche Krankheit bekannt und uns allen als die Schüttellähmung alter Menschen geläufig. Hier zeigt der Patient den Tremor auch bei Ruhe und, wenn die Krankheit nicht zu stark ausgeprägt ist, sogar nur bei Ruhe. Wenn er sich dagegen