

WALDEMAR KAEMPFFERT

WISSENSCHAFT
VON HEUTE
UND MORGEN

ERGEBNISSE DER FORSCHUNG
UND IHRE AUSWIRKUNGEN

KAEMPFERT / WISSENSCHAFT VON HEUTE UND MORGEN

W A L D E M A R K A E M P F F E R T

WISSENSCHAFT
VON HEUTE
UND MORGEN

ERGEBNISSE DER FORSCHUNG
UND IHRE AUSWIRKUNG



DER GREIFENVERLAG ZU RUDOLSTADT

Deutsche Uebersetzung von Dr. Karl Hofer

Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 116
der Sowjetischen Militärverwaltung in Deutschland.
Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das der Uebersetzung,
des Nachdruckes, der Verbreitung durch den Rundfunk
und durch öffentlichen Vortrag
Copyright 1946 by Falken-Verlag, Zürich
für Deutschland: Greifenverlag zu Rudolstadt



Umschlag: Kurt Hofmann
Satz und Druck: Buchdruckerei F. Mitzlaff, Rudolstadt (1070)

VORWORT

Obwohl Forscher gewöhnlich Prophezeiungen vermeiden, unterlassen sie es doch nicht immer, auf die Auswirkungen ihrer Arbeiten hinzuweisen. Ich habe mich ihrer Voraussagen bemächtigt und sie in mancher Hinsicht weiter entwickelt, von denen ich hoffe, daß sie nicht als zügellos betrachtet werden. Ich habe es im Gegenteil als notwendig erachtet, einige ihrer Phantasiegebilde zu dämpfen, weil mir enge Bekanntschaft mit der Arbeit praktischer Ingenieure gezeigt hat, was in nicht allzuferner Zukunft verwirklicht werden kann und was nicht. Die Begründung für meine Voraussagen und für meine Versuche zur Erläuterung liegt in der wachsenden Anteilnahme, die das Publikum gegenüber den sozialen Verflechtungen der Forschung zeigt. Die Aufgabe einer volkstümlichen Darstellung der Wissenschaft ist nicht länger auf die bloße grundlegende Erklärung der Naturgesetze und deren Vorgänge beschränkt. Man muß im Gegenteil nach bestem Können darlegen, welche Auswirkungen neue Entdeckungen und Erfindungen auf das Leben des Einzelnen und der Gemeinschaft möglicherweise haben können. Tatsächlich wurde ein ganzes Schrifttum über das, was man „den Stoß der Forschung auf die Gesellschaft“ nennt, im letzten Jahrzehnt auf den Markt geworfen.

Meine Verpflichtung gegenüber manchem ausgezeichneten Physiker, Biologen, Chemiker und Ingenieur, deren Arbeiten ich benutzt habe, ist offensichtlich genug. Besondere Dankesworte scheinen mir an dieser Stelle unnötig, da sie in den betreffenden Abschnitten ausgesprochen wurden.

Waldemar Kaempfert

ATOMENERGIE IN KRIEG UND FRIEDEN

Man übertreibt nicht, wenn man sagt, daß die über Hiroshima losgekoppelte Bombe das größte militärische und wissenschaftliche Ereignis der Geschichte bedeutet. Energie in der Form von Explosionen hat noch immer Schlachten gewonnen. Während einigen Jahrhunderten wurden diese durch Schießpulver ausgelöst, seit neuerer Zeit aber durch wirkungsvollere Sprengstoffe. Die Erfindung des Schießpulvers war in der Entwicklung unserer Kultur ebenso wichtig wie die Erfindung der Dampfmaschine. Geschichtsschreiber der Technik unterließen es gewöhnlich, darauf hinzuweisen, daß Schießpulver die erste Form künstlich erzeugter Energie war, die je zur Verfügung des Menschen gestellt wurde. Mit der neuen, Verheerung auslösenden Bombe, tritt die Welt in einen neuen Abschnitt der sozialen Veränderung. Keine Erfindung, die je den Menschen geschenkt wurde, trägt derart alle Möglichkeiten zum Guten und Bösen in sich. Die Atomenergie wurde endlich entfesselt — ein Traum erfüllt, der seit der Entdeckung der Radioaktivität gehätschelt wurde.

Bis ins letzte Jahrzehnt des neunzehnten Jahrhunderts wurde das Atom, wie wir wissen irrtümlich, als die grundlegende unteilbare, unzerstörbare Einheit des Stoffes betrachtet. Die Elemente wurden in einer „periodischen Tabelle“ verzeichnet. An der Spitze stand der Wasserstoff, denn sein Atom war das leichteste; am Schlusse war das Uran auf der 92. Stelle, mit einem 238mal größern Atomgewicht als der Wasserstoff. Dazwischen standen die Gase und die andern Elemente. Kohlenstoff zum Beispiel hatte die Atomzahl 6, was bedeutete, daß er sechsmal schwerer war als Wasserstoff; Chlor war an 17. Stelle, Silber an der 47. So hatte jedes der 92 Elemente oder der verschiedenen Formen des Stoffes seinen Platz in der Tabelle, der durch sein mit dem Wasserstoff verglichenes Gewicht bestimmt wurde. Diese Tabelle war die Erfindung des Russen Mendelejew. Sie war eine bedeutende Erfindung, für die Entwicklung von Chemie und Physik höchst wichtig.

Der Gedanke, daß aller Stoff aus Atomen zusammengesetzt ist, geht auf Demokritos zurück. Wie alle griechischen Philosophen begnügte er sich mit dem Ausdenken und hielt es nicht für notwendig, seine Behauptung durch Versuche zu beweisen. Es blieb dem englischen Chemiker John Dalton überlassen, die

Atomtheorie so genau zu formulieren, daß sie praktisch angewandt werden konnte. Das war in den Jahren 1807 und 1808. Dalton gelang es, den Aufbau verschiedener Stoffzusammensetzungen mengenmäßig zu erklären. Zwei oder mehr Atome verbinden sich zur Bildung von Molekülen. So ist ein Wassermolekül eine Verbindung von zwei Atomen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff, weshalb wir die vertraute chemische Formel H_2O haben. Ähnlich verbindet ein Molekül gewöhnlichen Salzes ein Atom Natrium und ein Atom Chlor. Zucker ist eine Verbindung von zwölf Atomen Kohlenstoff, zweiundzwanzig Atomen Wasserstoff und elf Atomen Sauerstoff. Eine Menge anderer Verbindungen kann aus Billionen und Trillionen von Atomen bestehen, aber jedes Molekül besitzt immer dieselbe Masse, vorausgesetzt, daß es eine einfache Verbindung wie Salz oder Zucker ist. Die Theorie Daltons wurde vom italienischen Physiker Avogadro im Jahre 1811 ausgebaut und machte aus der Chemie eine genaue Wissenschaft.

Dem englischen Arzt Prout genügte diese Atomlehre nicht. Nach seiner Meinung waren die verschiedenen Formen des Stoffes, die Elemente, nur Abarten irgendeiner gemeinsamen Form. Was war diese gemeinsame Form? Er fand sie im Wasserstoff; eine gute Annahme, im Hinblick auf das, was in den letzten fünfzig Jahren entdeckt wurde. Prouts Behauptung geht bis auf das Jahr 1815 zurück und wäre vielleicht von den zeitgenössischen Forschern anerkannt worden, wenn nicht die Besonderheiten der Atomgewichte ihr im Wege gestanden hätten. Die Gewichte der meisten Atome sind ganze Zahlen, zum Beispiel 12 für Kohlenstoff, 23 für Natrium; aber manche andere sind es nicht. Das Atomgewicht des Chlors ist 35,5, das des Zinns 118,7. Die Natur beschäftigt sich nicht mit Brüchen. Blätter, Bakterien, Tiere bilden immer ein Ganzes. Das Geheimnis der Brüche wurde erst aufgeklärt, als die moderne Atomtheorie entwickelt worden war. Der erste wirkliche Zweifel an der Gültigkeit der Daltonschen Atomtheorie wurde durch zwei Entdeckungen geweckt, von denen die eine durch Sir William Crookes, die andere durch Henri Becquerel gemacht wurde.

Die Entdeckung der Elektronen und der Radioaktivität

Crookes begann, mit Glasröhren Versuche anzustellen, aus denen er soviel Luft als möglich herauspumpte, so daß er einen beinahe luftleeren Raum erhielt. Er zeigte, daß Strom, der mit einer Elektrode am einen Ende der Röhre in Verbindung gesetzt wurde, durch den leeren Raum zu einer Elektrode am andern Ende übersprang. Es entstand ein herrliches Leuchten. Er hielt einen Magneten in die Nähe des Leuchtens. Zu seinem Erstaunen wurde es abgelenkt. Nichts dergleichen war bisher beobachtet worden. Es ist unmöglich, die Flamme eines Streichholzes oder einer Kerze bloß durch einen hingehaltenen Magneten seitwärts zu ziehen. Dennoch wurde das Leuchten in der Glasröhre derart beeinflußt. Offensichtlich war das Leuchten aus kleinsten Teilchen irgendwelcher Art zusammengesetzt. Darum begann Crookes von einem „vierten Aggregatzustand des Stoffes“ zu sprechen, den er „Protyl“ nannte. Wir wissen heute, daß das Crookes'sche Leuchten ein Strom von Elektronen ist, und daß die Elektronen ein Bestandteil der Atome sind. Durch planmäßige Untersuchung des geheimnisvollen Crookes'schen Leuchtens fand Wilhelm Konrad Röntgen im Jahre 1895 seine berühmten Strahlen. Sie werden dadurch erzeugt, daß der Elektronenstrom, der Crookes'sche Strom, ein passendes Schild berührt. Das Leuchten ist sichtbar, aber nicht die Röntgenstrahlen, die aus dem Schilde entspringen.

Während Röntgen seine Versuche durchführte, untersuchte in Frankreich Henri Becquerel das Uran. Er beobachtete, daß gewisse Uranverbindungen, wenn sie dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, Strahlen aussandten, die wie die Röntgenstrahlen durch Platten aus Aluminium oder Pappe hindurchgingen, und die gebrochen und polarisiert werden konnten. Eines Tages, im Jahre 1896, wütete ein Gewitter, so daß er seine Versuche nicht fortsetzen konnte. Er legte die Verbindung in eine Schublade, wo sich bereits in einer Kassette eine fotografische Platte befand. Als er die Platte entwickelte, sah er, daß sie bereits belichtet worden war. Offensichtlich strahlte das Uran aus eigener Kraft Strahlen aus. So wurde die Radioaktivität entdeckt.

Professor Pierre Curie und seine Gattin, Frau Marie Sklodowska Curie, waren von der Entdeckung Becquerels begeistert. Die beiden beschlossen, die Untersuchung fortzuführen. Sie fanden heraus, daß das Uran andere Elemente enthielt, die ebenfalls Strahlen aussandten. Thorium war eines davon. Aber sie

fanden auch heraus, daß die Pechblende, die hauptsächlichste bekannte Quelle des Urans, noch etwas Mächtigeres enthielt. Sie begannen die lange und schwierige Forschung nach dem geheimnisvollen Element und entdeckten im Jahre 1898 das Polonium. Im Dezember des gleichen Jahres fanden sie das Radium, das sich als wichtiger als das Polonium erwies. Nach Jahren der Arbeit gelang es ihnen endlich, ein Zehntelgramm reines Radiumchlorid zu isolieren (1902). Sie bestimmten sein Atomgewicht mit 225. Seither wurden in der Pechblende eine ganze Reihe radioaktiver Elemente entdeckt. Alle erwiesen sich als Erzeugnisse des Zerfalls und der ohne äußere Veranlassung bewirkten Umwandlung des Urans.

Hierdurch gelingt es uns, die Bedeutung dessen zu ahnen, was Crookes, Röntgen, Becquerel und die beiden Curies geleistet hatten. Die Teilchen, die Crookes mit einem Magneten seitwärts abgelenkt hatte, waren viel kleiner als Atome, so daß man die Atome nicht mehr länger als die letzte unteilbare Einheit des Stoffes betrachten durfte. Die Arbeit von Becquerel und den Curies zeigte, daß das Uran Teilchen von sich wegschoß, daß diese Teilchen kleiner als Atome waren, und daß überdies Uran zu Radium, Polonium und zu einer Reihe von Elementen wurde, die leichter sind als es selbst. Die Atome werden derart nicht bloß durch innere Kräfte ohne jede Beihilfe von Energie zerrissen. Diese Kraft stammt von Atomen eines radioaktiven Elementes. Bereits im Jahre 1905 begannen die Physiker von Atomenergie zu sprechen und sich zu fragen, ob es nicht eines Tages möglich sein werde, sie unter gewisser Kontrolle zu befreien. Der englische Physiker Sir Oliver Lodge ging so weit, zu sagen: „Wenn je die Menschheit der Mittel habhaft wird, bloß einen Bruchteil der in einem Atom ihres eigenen Planeten enthaltenen Energie abzapfen, werden die Folgen je nach dem Stande der Zivilisation wohlthätig oder zerstörend sein.“ Zu jener Zeit zweifelte er daran, ob ein solcher Stand in einer voraus-sagbaren Periode erreicht werden würde. Es gab auch allernstlichst romanhaftes Gerede über die Möglichkeit, ganze Städte in die Luft zu sprengen oder Dampfer über die Meere zu treiben mit der Energie, die in einer Tasse Wasser enthalten ist. Als die Journalisten unserer Tage zuerst von den Versuchen, die mit einer Atombombe im Juli 1945 in Neu-Mexiko vorgenommen wurden und später von der Zerstörung Hiroshimas und Nagasakis hörten, lauteten ihre Artikel fast wie die ihrer Vorgänger im Jahre 1905.

Die neue Theorie von der Materie

Die Entdeckungen Crookes', Röntgens, Becquerels und der Curies machten es offenbar notwendig, eine neue Theorie von der Materie zu formulieren. Das Atom wurde beibehalten, aber man mußte dabei folgende Frage beantworten: Wie sind die Atome gebaut? Da das Atom nicht eine einfache, unteilbare Einheit war, konnte es aufgebrochen und seine Teile untersucht werden. Wenigstens in der Theorie. Aber wie mußte das gemacht werden? Wir können Eisen aufbrechen und zu feinem Pulver zermahlen. Das hilft aber nichts. Ein jedes Pulverkorn ist bloß ein unendlich kleines Stücklein Eisen im ursprünglichen Zustande, wobei die Atome immer noch unversehrt bleiben. Viel stärkere Schläge müßten geführt werden, als je eine Maschine oder Werkzeug sie führen konnte. Und die Schläge müßten gegen etwas geführt werden, das mindestens so klein ist wie ein Atom.

Es gelang dem englischen Physiker Ernest Rutherford, dem späteren Lord Rutherford, die durch das Radium ausgestrahlten Teilchen auszunützen. Das Radium sendet drei Arten von Strahlen aus; Betastrahlen, die Elektronen — also genau gleiche Teilchen — sind, wie jene im Leuchten, mit denen Crookes Versuche anstellte; Gammastrahlen, die den Röntgenstrahlen gleichen, aber durchdringender sind; Alphastrahlen, die Helium, ein leichtes Gas, sind. Die Alphateilchen waren schwere Teilchen und deshalb für Rutherfords Vorhaben höchst geeignet. Tatsächlich hatten die englischen Chemiker Ramsay und Soddy gezeigt, daß Radium in Helium zerfällt, und daß die Alphateilchen Helium waren. Rutherford richtete die Alphateilchen des Radiums auf das eher starre Stickstoffgas. Er zerstörte damit nicht das Stickstoffatom, aber er beschädigte es. Aus ihm flossen Wasserstoffteilchen, Protonen genannt, die Herzstücke des Wasserstoffkernes. Das gleiche machte er mit anderen Elementen. Und oft, nicht immer, kam Wasserstoff heraus. So hatte Prout trotz allem recht. Die Atome der verschiedenen Elemente hatten etwas Gemeinsames. All dies geschah zwischen 1919 und 1922.

Was war die Bedeutung all dessen? Rutherford vermutete, daß das Atom einem Sonnensystem ähnlich sei. In der Mitte der Kern, eine Art von Sonne, um den herum die Elektronen kreisen — dieselben Elektronen, die in Crookes' Röhre und in den Röntgenröhren glühten. Aber die Theorie hielt nicht stand.

Aus theoretischen Gründen hätten die Elektronen schon vor Urzeiten in den sonnenähnlichen Kern fallen müssen. Mit anderen Worten, es konnte da keine Materie, keine sie untersuchenden Menschen, kein Weltall geben. Schließlich wurde die Theorie durch Rutherfords Schüler, den Nobelpreisträger Niels Bohr, abgewandelt. Man betrachtet die Elektronen, wie sie rund um den Kern kreisen, aber auch von Kreisbahn zu Kreisbahn hin- und zurückhüpfen und dabei Strahlen wie das Licht aussenden. Dabei verletzen die Elektronen das Newtonsche Gesetz. Ein Astronom vermag vorauszusagen, wo sich ein Planet zu einem gegebenen Augenblick im Sonnensystem befindet, aber der Physiker kann nichts über die Bewegung eines einzelnen Elektrons in einem Atom voraussagen. Die ganze Sammlung von Elektronen in einem Atom muß in Übereinstimmung mit mathematischen Verfahren betrachtet werden. Tatsächlich verschwinden Ursache und Wirkung — eine Neuerung in der Physik, die jedermann logisch und philosophisch in Verwirrung bringt, der im Sinne der Grundsätze des neunzehnten Jahrhunderts erzogen worden war. Weil aller Stoff im Weltall aus Atomen zusammengesetzt ist, folgert daraus, daß überall der Zufall herrscht.

Die „Naturgesetze“ erwiesen sich als menschengemachte Gesetze; sie werden nun als bloße Feststellungen statistischer Mittelwerte betrachtet. Bloß das zweite thermodynamische Gesetz bleibt bestehen, das lehrt, daß aufgezugene Uhren ablaufen, und daß heiße Körper abkühlen, wenn sie sich selber überlassen bleiben. Die Physiker bezweifeln sogar die Gültigkeit dieser scheinbaren Ausnahme.

Die Entdeckung neuer Teilchen

Um die Untersuchung des Atomaufbaus nach der Rutherford'schen Methode fortzuführen, bedurfte es viel stärkerer Geschosse als der Alphateilchen. So erfanden die Physiker Maschinen, die Teilchen mit hoher Geschwindigkeit gegen Atome zu wirbeln vermochten. Eine der erfolgreichsten dieser Maschinen war das Zyklotron des Professors E. O. Lawrence von der Universität Kalifornien. Mit Hilfe dieser Maschinen konnten wesentlichere Teilchen des Atoms entdeckt werden, zum Beispiel das Deuteron,

der Kern des „schweren Wasserstoffs“, ein Ausdruck, der weiter unten erklärt wird. Bis 1932 hatten die Physiker herausgefunden, daß das Atom aus Elektronen, Protonen, Deuteronen (die den Protonen ähneln, aber zweimal so schwer sind), Alphateilchen (Heliumkerne) und Gammastrahlen (die man nach der Lehre von Max Planck als „Photonen“, als Lichtteilchen auffaßt) besteht. Es gibt andere Teilchen, wie zum Beispiel das „Positron“, mit denen wir uns hier nicht zu befassen brauchen, und die im Jahre 1932 entdeckt wurden.

Die Physiker führen wie Rechnungsführer ihre Bücher. Mit andern Worten, wenn sie ein Atom durch das Beschießen mit Geschossen verändern, müssen sie sich über alles Rechenschaft geben, was hineingeht und was herauskommt. Die Atombuchhaltungen ergaben keine Bilanz. Deshalb vermutete Rutherford, daß es noch ein anderes Teilchen geben mußte, das der Entdeckung harpte. Es war das Neutron. Selbst diese Entdeckung ermöglichte es noch nicht, die Atombuchhaltung genau auszubalanzieren. Deshalb sprechen die Physiker immer noch von einem weiteren unentdeckten Teilchen, dem „Neutrino“.

Sir James Chadwick von der Universität Cambridge in England entdeckte im Jahre 1932 das Neutron. Beryll oder Bor werden mit Alphateilchen beschossen. Aus dem Beryll strömen Neutronen. Es gibt keinen andern Weg, Neutronen zu erzeugen, außer durch Beschießen irgendeines Elementes mit Alphateilchen. Die Entdeckung Chadwicks, für die er den Nobelpreis zugesprochen erhielt, war von höchster Bedeutung. Ohne die Neutronen wäre es nicht möglich, eine Atombombe herzustellen oder die Energie eines Uranatoms mit den gegenwärtigen Methoden für friedliche Zwecke zu befreien.

Alle Teilchen eines Atoms sind, mit Ausnahme des Neutrons, elektrisch geladen. Wegen dieser Tatsache ist es für sie schwierig, die äußern Hindernisse eines Elektrons, die den Kern beschützen, zu durchdringen. Deshalb sehen wir die geladenen abgeschossenen Elektronen mit den geladenen Atomteilchen kämpfen. Wenn eines der abgeschossenen Teilchen eindringt, wird es deshalb gewöhnlich gefangen genommen; das Atom kann auf diese Weise in seinem Wesen verändert werden, aber es bleibt unverehrt. Doch das Neutron ist anders. Es ist gar nicht geladen. Es ist, wie der Name sagt, neutral. Deshalb kann es durch die äußeren Hindernisse der Elektronenladungen schlüpfen und den Kern erreichen. Beim geladenen Proton, dem Wasserstoffkern, ist die Möglichkeit, den Atomkern zu treffen, 1 : 100 000, beim

Neutron aber 1 : 140. Billionen von Teilchen werden bei dieser Beschießung verwendet. Es muß deshalb Treffer geben.

Nachdem Chadwick seine bemerkenswerte Entdeckung gemacht hatte, mußte man die Auffassung vom Aufbau des Atoms wieder überprüfen. Vor Chadwick nahm man an, daß der Kern aus positiven Protonen und negativen Elektronen bestehe, wobei die negativen Elektronen rings um den Kern kreisen. Jetzt wird der Kern als eine Zusammensetzung von Protonen und Neutronen betrachtet, das Planetensystem, die kreisenden Elektronen, werden beibehalten. Ein Proton und ein Neutron haben dieselbe Masse, aber beide sind 1850mal größer als die negativen Elektronen. Es ist möglich, die äußeren Elektronen abzusondern (dies geschieht auf der Sonne) und dennoch ein Atom zu haben. Die ein Atom zusammenhaltende „Bindekraft“ ist viel mächtiger als die Schwerkraft, und diese Kraft wird teilweise frei gemacht, wenn eine Atombombe mit erschreckender Wirkung explodiert.

Umwandlung des Stoffes

Aus dem, was über die Elektronen, Protonen und Neutronen gesagt wurde, folgt, daß der alte Traum der Alchimisten von der Umwandlung des Stoffes ausführbar geworden ist. Als zum Beispiel Rutherford den Stickstoff mit Alphateilchen beschloß und Wasserstoff erhielt, verwandelte er die Materie. Ein Atom unterscheidet sich vom andern nur durch die Zahl der inneren Protonen und Neutronen. Wir müssen bloß diese Zahl verändern, um eine Form des Stoffes in eine andere zu verwandeln. Die Natur macht dies immer im Falle des Urans, das sich im Verlaufe von Jahrtausenden von sich aus in die verschiedenen Formen des Radiums verwandelt und im Laufe von Jahrmillionen als Blei endet. Man hat allen Grund zur Annahme, daß gewöhnliche, beständige und zur Ruhe gekommene Elemente die Enderzeugnisse eines ähnlichen Vorganges sind.

Im Laboratorium wurden manche Elemente in andere umgewandelt. Quecksilber wurde sogar in Gold verwandelt. Bei dieser wohlüberlegten Umwandlung wurden die „Isotopen“ entdeckt. „Iso“ bedeutet „das Gleiche“ und „Topos“ Platz. Der Platz wo? In der Mendeleejewschen Elemententabelle. Es gibt drei Arten von Wasserstoff. Die eine ist zweimal so schwer als gewöhn-

licher Wasserstoff, die andere dreimal. Alle drei finden sich in der Natur so miteinander vermischt, daß man sie kaum voneinander trennen kann. Die zweite Form ist bekannt als „schwerer Wasserstoff“, weil er zweimal so schwer ist wie der gewöhnliche Wasserstoff. Deshalb wird das aus Sauerstoff und schwerem Wasserstoff zusammengesetzte Wasser „schweres Wasser“ genannt. Alles Wasser enthält ein wenig von der schweren Art. Überdies ist der Kern des schweren Wasserstoffs zweimal so schwer wie das Proton, das, wie wir gesehen haben, der Kern des gewöhnlichen Wasserstoffes ist. Dieser schwere Wasserstoffkern wird als „Deuteron“ bezeichnet und ist eines der Teilchen, mit denen gelegentlich Atome, im Bemühen, sie zu zertrümmern, beschossen werden. Beinahe jedes Element hat seine Isotopen. Es gibt vier verschiedene Isotopen oder Arten von Blei, sieben verschiedene Arten Quecksilber, fünf verschiedene Isotopen von Zink. Das Uran hat mindestens vier Formen, die die Massenzahlen (Atomgewichte) 234, 235, 238 und 239 tragen. An diese Zahlen muß man sich erinnern. Man braucht sie bei der Erörterung der Atombombe und der Möglichkeiten der Atomkraft in der Industrie. Die einzige Möglichkeit, ein Isotop vom andern zu unterscheiden, besteht im Wägen desselben. Chemisch sind die Isotopen eines Elementes voneinander ununterscheidbar.

Die Entdeckung der Isotopen erhellte das Geheimnis der Atomgewichte. Wie man gelernt hat, haben einige der Atome in Bruchzahlen ausgedrückte Atomgewichte, so hat das Uran zum Beispiel ein Atomgewicht von 238,1. Aber dies ist bloß ein Mittelwert aus dem Gewicht der verschiedenen Uranarten. Als die Chemiker die Behauptung Prouts verabschiedeten, wußten sie nichts über die Isotopen und bestanden daher für die Atomgewichte auf runden Zahlen. Die Atomgewichte der Isotopen werden immer in runden Zahlen ausgedrückt.

Das Atom spaltet sich endlich

Durch die Entdeckung der Neutronen, die den Kern zu erreichen vermögen, wurden sich die Physiker klar, daß sie einen neuen, mächtigen Atombrecher gefunden hatten. Im Spätjahr 1938 beschossen die zwei deutschen Physiker Dr. Otto Hahn und Dr. E. Straßmann Uran mit Neutronen. Zum erstenmal in der Geschichte wurde tatsächlich ein Atom zertrümmert. Der

Urankern wurde entzweigespalten. Aber die zwei Teile waren nicht mehr Uran, sondern nach der Ansicht von Hahn und Straßmann Barium und Krypton, welch letzteres ein seltenes Gas der Lufthülle ist. Es gibt andere Möglichkeiten. So können durch die Zertrümmerung auch Yttrium und Jod entstehen. Die Atomkerne bestehen ungefähr zu gleichen Teilen aus Protonen und aus Neutronen. Die Zahl der Protone ist die gleiche wie die Stellenzahl der Elemente in der periodischen Tabelle — 1 für Wasserstoff, 2 für Helium, 6 für Kohlenstoff, 92 bei Uran. Das Atomgewicht gibt die Gesamtzahl der Teilchen, der Protone und Neutrone, an. Da das Uran die Atomzahl 92 und das Atomgewicht 238 hat, wissen wir, daß es 92 Protone besitzen muß. Man ziehe die Atomzahl 92 vom Atomgewicht 238 ab, so erhalten wir 146, die Zahl der Neutronen. Jede Zusammenstellung von Protonen und Neutronen, die zusammen 238 ergibt, ist theoretisch möglich. Deshalb kann sich das Uran in verschiedene Arten von Hälften spalten. Die Hälften werden nie Uran, sondern etwas anderes sein. So haben wir wieder die Umwandlung des Stoffes.

Als Hahn und Straßmann die Gewichte von Barium und Krypton zusammenzählten, die, wie sie vermuteten, aus ihrer Arbeit entstanden waren, fanden sie, daß die Gesamtsumme kleiner war als das ursprüngliche Uranatom. Was war aus dem Rest geworden? Dr. Lise Meitner und Dr. Otto Frisch, die später aus Deutschland vertrieben wurden, gaben die Erklärung. Der Rest war freigewordene Kraft. Sie gelangten mittels einer einfachen Einsteinschen Gleichung zu dieser Folgerung. Nach dieser Gleichung kann Kraft in Masse verwandelt werden und umgekehrt Masse in Kraft. Das bedeutet, daß Kraft und Masse dasselbe sind. Masse ist bloß erstarrte Kraft. Beim Uran hat ein dreißigstel ($\frac{1}{30}$) Volt 200 Millionen Volt — das sechs Billionenfache — befreit. Dies war das erstmal, daß mehr Kraft aus einem Atom herausströmte als in dasselbe hineingejagt wurde, um es zu zertrümmern.

Im Jahre 1939 stand ein neuer Weltkrieg vor der Tür. Jede Macht rüstete für die unausweichliche Auseinandersetzung, die Vereinigten Staaten mit eingeschlossen. Das Werk der Hahn, Straßmann, Frisch und Meitner hatte offensichtliche militärische Verflechtungen. Niels Bohr, der 1939 in den Vereinigten Staaten war, erhielt ein Telegramm, das ihn darüber unterrichtete, was in bezug auf die Atomzertrümmerung, das „Spalten“, wie Dr. Meitner es nannte, getan werden mußte. Nach Besprechungen mit Bohr wiederholten die Professoren J. B. Dunning und George

P. Pegram von der Columbia-Universität in New York die Versuche und bestätigten die Ergebnisse. Der aus Italien exilierte Fermi war mit Dunning und Pegram zusammen. In Italien hatte er eine ganze Reihe von Atomen mit Neutronen beschossen und viele neue Isotopen erhalten, aber keine große Menge Energie. Er sollte bei der Entwicklung der Atombombe eine hervorragende und glänzende Rolle spielen.

Bohr und Fermi wohnten am 26. Januar 1939 einer Konferenz über theoretische Physik in Washington bei. Dort erörterten die beiden die Atomspaltung. Fermi äußerte die Vermutung, daß bei der Beschießung von Uran oder eines andern geeigneten Elementes durch ein Neutron andere Neutronen aus dessen Kern flüchten würden. Die befreiten Neutronen, behauptete Fermi, würden benachbarte Kerne beschießen, so daß die sogenannte „Kettenreaktion“ ausgelöst würde, die gleiche Kettenreaktion, die nun beim Gebrauche der Bombe verwendet wurde. Eine Flamme ist das Ergebnis der Kettenreaktion. Das gleiche ist beim Explodieren eines Sprengstoffes der Fall.

Die Atombombe wird vorgeschlagen

Die Ansichten Fermis wurden in einem halben Dutzend amerikanischen und europäischer Laboratorien bestätigt. Physiker in den Vereinigten Staaten und in England erblickten in der Kettenreaktion militärische Möglichkeiten. Hitler war bereits auf dem Marsche, und man wußte, daß die deutschen Physiker an der Atombombe arbeiteten. Professor Fermi und Vertreter der Marine hielten eine Besprechung (1939). Die Marine war leicht interessiert, aber sie verlangte zu dieser Zeit bloß, über die Entwicklung auf dem laufenden gehalten zu werden. Einstein wurde beigezogen. Einer seiner Briefe an den Präsidenten Franklin Roosevelt hatte zum Ergebnis, daß ein beratender Ausschuß für Uran ernannt wurde. Im Jahre 1940 ging dieser Ausschuß im neugebildeten Nationalen Verteidigungs-Ausschuß für Forschungen auf, aber er behielt seine Identität bei. Verträge über die Weiterführung der Forschungen wurden mit den Universitäten und der Standard Oil Development Company abgeschlossen. Im November 1941 beliefen sich sechzehn Vorschläge auf einen Kostenaufwand von \$ 300 000.—. Am Schlusse hatten die

Vereinigten Staaten über 2 Milliarden Dollar für die Entwicklung der Atombombe in zwei gewaltigen Anlagen ausgegeben, von denen die eine in Oak Ridge (Staat Tennessee) und die andere in Hanford (Staat Washington) lag. Ungefähr 2000 Physiker und Ingenieure, darunter zahlreiche Flüchtlinge aus Deutschland und aus den von Deutschland und Italien besetzten Gebieten, führten die notwendigen Forschungen durch und erfanden die notwendigen Geräte und Maschinen. In der ganzen Geschichte der Wissenschaft gab es nie eine solche organisierte Anstrengung. Das Ergebnis war, daß bloß drei Jahre erforderlich waren, um einen Erfolg zu erreichen, von dem man annahm, daß er erst in fünfzig Jahren möglich sei, und dies trotz unsinniger militärischer Vorschriften, welche die Forscher behinderten und schließlich von ihnen übersehen werden mußten.

Die leitende Gruppe hatte zunächst zu entscheiden, welches Element in einer Bombe explodieren mußte. Es konnte nicht die gewöhnliche, reichlich vorhandene Form des Uran 238 sein. Diese zerbrach nicht immer, wenn Neutronen den Kern trafen. Thorium und Proaktinium konnten verwendet werden, aber sie waren schwierig zu gewinnen. Die Auswahl verengte sich schließlich auf U-235 und Plutonium, die zuletzt erzeugt worden waren, die aber in der Natur nicht gefunden wurden. Nur diese zwei vermochten eine Beschießung durch Neutronen mit der richtigen Geschwindigkeit zu erwidern. So beschränkte sich das Problem schließlich darauf, genug U-235 oder genug Plutonium herzustellen.

Mußte U-235 verwendet werden, so war es von U-238 zu trennen, mit dem es in der Natur immer verbunden ist. Auf eine Tonne U-238 entfallen nur 14 Pfund U-235. Die Ausscheidung war langsam und schwierig. Mit den vor dem Kriege bekannten Methoden hätte man 75 000 Jahre gebraucht, um ein Pfund U-235 zu gewinnen. Überdies belief sich die ganze in den Vereinigten Staaten befindliche Menge Uran bloß auf wenige Gramm, und diese waren von zweifelhafter Reinheit. Ungeheure Anstrengungen wurden gemacht, um rasche Verfahren zu erfinden. Des weitem mußte die ganze Lehre von der Kettenreaktion untersucht werden. Die Physiker kannten bloß Fermis' durch Versuche bestätigte Vermutung, daß sich eine Kettenreaktion abspielt, wenn U-235 mit Neutronen beschossen wird. Es gibt schnelle Neutronen, langsame Neutronen und Neutronen mit mittlerer Geschwindigkeit. Die langsamen Neutronen spalten U-235, aber nicht U-238. Bei gewissen Geschwindigkeiten nimmt U-238 die Neutronen einfach gefangen. Um die Kettenreaktion

zu erreichen, mußten die Unreinheiten im Uran entfernt werden, denn diese Unreinheiten nehmen die Neutronen gefangen, ohne die Kerne zu zerbrechen und ohne viel Kraft zu befreien.

Man mußte die Geschwindigkeit der Neutronen kontrollieren, das heißt schnelle Neutronen irgendwie verlangsamen, so daß sie U-235 zu zerbrechen vermochten. Das kann mit schwerem Wasser gemacht werden. Aber die Vereinigten Staaten hatten zu dieser Zeit sehr wenig schweres Wasser. Es gab eine solche Anlage in Norwegen, welche die Deutschen benutzen konnten, die aber von Norwegischen Partisanen unschädlich gemacht wurde. Fermi glaubte, daß reines Graphit dem Zwecke dienlich gemacht werden könnte. So wurde Graphit als Bremse verwendet, um schnelle Neutronen zu verlangsamen, oder als „Moderator“ zu wirken, wie der technische Ausdruck lautet. Vier Neutronen werden aus einer empfindlichen Form des Urans befreit, wenn ein Neutron den Kern trifft. Drei der Neutronen sind schnell und nur eines ist langsam. Um eine Kettenreaktion zu erhalten, müssen alle vier langsam sein. Graphit verlangsamt die drei schnellen Neutronen und ermöglicht so die Kettenreaktion. Nun wissen wir, warum das gewöhnliche Uran 238, das ein wenig Uran 235 enthält und bloß ein langsames Neutron freigibt, nicht von sich aus in der Erde explodiert. Es gibt keine Kettenreaktion, weil nicht genügend langsame Neutronen vorhanden sind. Es müssen immer mehr Neutronen herauskommen, als den Kern treffen. Aus diesem Grunde ist gewöhnliches Uran harmlos und explodiert nicht. Tatsächlich ist Uran in jeder Form harmlos, außer es sei radioaktiv. Wenn deshalb eine Masse von reinem Uran 238, das immer ein wenig Uran 235 enthält, mit langsamen Neutronen beschossen wird, wird allein das Uran 235 zerrissen. Einige der befreiten Neutronen treffen die Kerne der Uran-238-Atome bloß, um aufgesaugt zu werden und das U-238 zu verändern.

Schließlich wurden mehrere schnelle Methoden erfunden, um U-235 von U-238 zu trennen. Zuerst entschied man, es sei das Beste, das wenige U-235 in einer Masse von U-238 zu verwenden, um dieses in Plutonium zu verwandeln, da die bekannten Methoden zu langsam waren. In diesem Sinne wurde eine Gitter-Säule erbaut, die aus reinen metallischen Uran-238-Stäben bestand, die in Graphit eingebettet waren; das ganze wurde durch Wasser abgekühlt, das in Röhren zirkulierte. Langsame Neutronen beschossen die Säule. Diese spalteten die U-235-Atome. Aus ihnen flossen andere Neutronen heraus. Die langsamen zerstörten weiteres U-235, während die schnellen U-

238 trafen. Aber das U-238 wurde nicht zerstört. Es saugte die Neutronen auf. Dies machte die U-238-Atome noch unbeständiger, als sie von Natur aus waren. Das U-238 wurde so in U-239 verwandelt und dieses 239 in das radioaktive Neptunium, ein weiteres künstliches Element. Nach kurzer Zeit, einer Angelegenheit von Tagen, verwandelt sich das Neptunium von sich aus in Plutonium, das sich gleich dem U-235 spaltet, wenn es durch langsame Neutronen getroffen wird. Dennoch ist dieses radioaktive Plutonium beständig genug, um während langer Zeit gelagert zu werden. Zuletzt hatten die Physiker zwei explosive Stoffe, das U-235 und das Plutonium. Man hatte Grund zur Annahme, daß die eine der beiden auf Japan abgeworfenen Bomben mit U-235, die andere mit Plutonium geladen war.

Der Leser mag sich wundern, warum die ganze Säule nicht in die Luft geht und das ganze umgebende Land zerstört, nachdem einmal die blitzähnliche Kettenreaktion begonnen hat. Diese Frage beunruhigte auch die Physiker. Fermi riet zu einer Kontrollmethode. Streifen einer Cadmiumlegierung wurden in die Säule eingeführt. Wenn diese hineingestoßen sind, werden die Neutronen aufgehalten, wenn sie herausgezogen werden, haben die Neutronen freie Bahn. Durch bloßes Hineinstoßen und Herausziehen von Cadmiumstreifen ist es möglich, die Neutronen fast ebenso zu überwachen, wie man das Wasser mittels eines Ventils in der Röhre kontrolliert.

Man muß sich daran erinnern, daß das Plutonium noch immer in der ursprünglichen Masse von U-238 enthalten war, nachdem die Neutronen ihr Werk getan hatten. Deshalb war es notwendig, das Plutonium auf chemischem Wege von der Masse des reinen U-238 zu trennen. Es war keine Zeit mehr, Experimente in geringem Ausmaße zu unternehmen, um herauszufinden, ob all das möglich sei. Deshalb wurden die großen industriellen Anlagen von Oak Ridge und Hanford gebaut, und die Wissenschaftler vertrauten dem Glück und der Theorie. Niemand hatte bisher in dieser Weise Plutonium zu machen versucht, und man wußte nichts über die Chemie des Plutoniums. Mit Stückchen von Plutonium, die im Laboratorium gemacht wurden und die kleiner waren als Nadelköpfe, gelang es den Mikrochemikern, alles herauszufinden, was sie zu wissen begehrten.

Die Herstellung von Plutonium durch Beschießen von Uran in einer Gitter-Säule ist höchst gefährlich. Mächtige Strahlungen kommen aus dem gespaltenen Atom und von den Bruchstücken und haben tödliche Wirkungen. Deshalb ist die Säule in einer

mächtigen Masse von Gußmörtel und Stahl untergebracht. Wenn die metallischen Uranstäbe beschossen wurden, werden sie nachher nicht von Hand, sondern von einem aus der Ferne bedienten elektrischen Mechanismus entfernt. Erst wenn die Zeit zur Ausscheidung des Plutoniums gekommen ist, wird von der Überwachung aus der Ferne abgesehen. Die erste versuchsweise Uransäule wurde am 2. Dezember 1942 in der Universität Chicago hergestellt. Die Theorien erwiesen sich als richtig. Zum erstenmal in der Geschichte wurde eine Kern-Kettenreaktion ausgelöst und unterhalten. Das Verdienst für diese Tat fällt zum großen Teil dem obersten Leiter Enrico Fermi zu.

Die Versuchssäule der Universität Chicago war zu klein, um in genügender Menge Plutonium herzustellen. Sie arbeitete mit einer Mindestmenge von nur 200 Kilowatt. Um ein Kilogramm Plutonium am Tag herzustellen, mußte durch eine Kettenreaktion eine Energie mittels 500 000 bis 1 500 000 Kilowatt frei gemacht werden. Die kleine Säule Fermis hätte mindestens 70 000 Jahre in Gang gehalten werden müssen, um genügend Material für eine einzige Bombe herzustellen. Deshalb beschloß man, sofort die gewaltige Anlage in Oak Ridge, Tennessee, zu erbauen. Später kam die Anlage von Hanford, die so weit von der Atlantikküste entfernt war, daß sie praktisch vor Angriffen sicher war. In Oak Ridge wird nun U-235 durch Verfahren aus U-238 ausgeschieden, die schneller sind als alle vor dem Kriege bekannten. In Hanford wird Plutonium gemacht. Das Plutonium unterhält eine Kettenreaktion, während es erzeugt wird, aber das Uran 235 verschwindet nach und nach in der Masse des U-238. Da die Erzeugnisse der Atomzertrümmerung durch Absaugung von Neutronen dahinzielen, die Reaktion aufzuhalten, muß ein Fahrplan befolgt werden, um den Fluß der Uranstäbchen in der Säule zu kontrollieren und Stäbchen zu entfernen, die teilweise in Plutonium verwandelt worden waren. Ende Januar 1944 ging das Metall von der Säule in einer Menge von einer Dritteltonne am Tag in die Plutonium-Trennungsanlage. Im März 1944 waren einige Gramm Plutonium ausgeschieden und abgeliefert worden. Die Anlage in Tennessee diente als Führer für die Anlage in Washington.

Das Problem der Bombe

Selbst bevor es möglich war, Plutonium aus Uranmetallstäbchen zu trennen, wurden unter der Hauptleitung von Dr. J. R. Oppenheimer von der Universität Kalifornien vorläufige Pläne für eine Bombe entworfen. Ungefähr im November 1942 war Los Alamos in New Mexiko für die Anlage eines Bombenlaboratoriums auserwählt worden. Dr. Oppenheimer kam im März 1943 dorthin. Er hatte eine glänzende Versammlung von Wissenschaftlern um sich und wurde der Leiter des bestausgerüsteten physikalischen Laboratoriums der Welt.

Beim Planen der Bombe mußte besondere Aufmerksamkeit ihrer Größe gewidmet werden. Wenn die kritische Größe erreicht ist, ist es unmöglich, eine Kettenreaktion zu verhindern, weil die Sprengstoffe durch Neutronen entzündet werden können, die durch kosmische Strahlen erzeugt wurden. Bis sie entzündet wird, muß die Bombe aus einer Anzahl getrennter Stücke bestehen, von denen jedes kleiner ist als die kritische Größe, die zwischen einem und hundert Kilogramm liegt. Eine Masse von U-235 oder Plutonium, die kleiner als ein Kilogramm ist, wird nicht explodieren. Um die Bombe zum Platzen zu bringen, müssen die Stücke plötzlich zusammengebracht werden. Ein Mittel dazu besteht darin, einen Teil als Kanonenkugel gegen den andern zu schießen. Ein anderer Weg ist, Aufsauger von Neutronen derart einzubauen, daß sie in den ersten Stufen der Kettenreaktion nicht sehr wirkungsvoll sind. Solche Instrumente werden „Autokatalysatoren“ genannt. Die tatsächliche Methode, wie die einzelnen Stücke innerhalb einer Bombe vereinigt werden, ist militärisches Geheimnis.

Die Bombe in Tätigkeit

Die erste Prüfung einer Atombombe wurde am 16. Juli 1945 bei Alamogordo, einem Heeresluftstützpunkt 120 Meilen südöstlich von Albuquerque in New Mexiko, in einer von jeder menschlichen Siedlung weit entfernten Wüste durchgeführt. Die Bombe wurde auf einem etwa dreißig Meter hohen Stahlurm angebracht. Der nächste Beobachtungsposten war ungefähr 9150 Meter vom Turm entfernt — ein Unterstand, in dem der Kon-

trollapparat untergebracht wurde. Die meisten Wissenschaftler nahmen ihren Standort etwa 155 Kilometer vom Turm ein. Es gab andere Beobachtungsstellen, die alle mit der Kontrollstelle durch Rundfunk verbunden waren. Die Beobachter waren angewiesen, dunkle Brillen zu tragen, flach auf dem Boden zu liegen, die Füße gegen die Flamme gerichtet. Deshalb haben wir bloß Berichte von einem blendenden Blitzstrahle, der am frühen Morgen, um 5.30 Uhr, die ganze Umgegend so hell erleuchtete, als ob es hoher Mittag wäre, von einem Dröhnen „und von einer starken Luftdruckwelle, die die Menschen außerhalb der Hauptkontrolle niederwarf“, von „einer riesigen viel-farbigem, aufbrandenden Wolke, die bis zu einer Höhe von über 12 Kilometern kochte“. Der Stahlurm war verschwunden. Dort wo er gestanden hatte, war ein flacher Krater, in dem die Erde geschmolzen war. Während ungefähr zwei Wochen war die Erde in diesem Krater radioaktiv. Winzige Erdbeben (Mikro-seismen) wurden auf 3200 Meter Entfernung festgestellt.

Generalmajor L. R. Groves, der Ingenieur-Offizier, der mit der Obhut der Anlage von Oak Ridge betraut war, wo das Material für die Bombe hergestellt wurde, gibt folgenden Bericht:

„Eine dichte Wolke bildete sich, die mit erschreckender Kraft emporstieg, sich wellenförmig auftürmte und die Substratosphäre in ungefähr fünf Minuten erreichte. Zwei weitere Explosionen von kleinerer Wirkung, anders als die leuchtende, eigneten sich in der Wolke kurz nach der Hauptexplosion. Die Wolke fuhr zu großer Höhe empor, zuerst in der Form einer Kugel, dann wurde sie zu einem Pilze, dann veränderte sie sich zu langen, dahinziehenden kaminförmigen Säulen und wurde schließlich durch die eigentlichen Winde in den verschiedenen Höhen in die einzelnen Richtungen auseinandergetrieben.“

Die Beobachter waren von diesem Schauspiel überwältigt. Nach General Groves „spotteten die Lichtwirkungen aller Beschreibungen. Die ganze Gegend wurde durch ein vernichtendes Licht erhellt, das vielfach stärker war als die Mittagssonne. Es war golden-purpurn, violett, grau und blau. Es beleuchtete jeden Gipfel, jede Höhle und Falte der benachbarten Bergkette mit einer Klarheit und Schönheit, die nicht beschrieben werden kann, und die man gesehen haben muß, um sie sich vorstellen zu können... Dreißig Sekunden nach der Explosion kam der Luftdruck und drückte schwer auf Menschen und Gegenstände; er war fast unmittelbar gefolgt vom starken, andauernden, schreckeinfloßenden Getöse, das an das Jüngste Gericht denken ließ“.

Ähnliche Berichte stammten von denen, die Augenzeugen waren der tödlichen Wirkungen der beiden auf Hiroshima und Nagasaki abgeworfenen Bomben. Auch da gab es Springbrunnen, die mindestens bis 12 Kilometer aufstiegen, wiederum die Pilzgestalt, wieder die Farbwirkungen. Den Flugzeugen stand ungefähr eine halbe Minute zur Verfügung, um von den schrecklichen Springbrunnen wegzufiegen — Zeit genug, wenn die Fluggeschwindigkeit mindestens 480 Kilometer in der Stunde beträgt. Hiroshima und Nagasaki standen in Flammen. Überall Trümmer und Tod. Es gab kein Mittel, die Brände zu löschen. Von den dreiunddreißig Feuerwehrstationen Hiroshimas wurden siebenundzwanzig so zerschlagen, daß sie nutzlos waren. Innerhalb eines Kreises von gut zehn Kilometern war alles zerstört, mit Ausnahme von einigen Stahlbauten wie Brücken und einigen Kaminen. In entfernteren Bezirken war jedes Haus irgendwie durch den Luftdruck und die Hitze der Explosion beschädigt, eine Hitze, die eine Höhe von vermutlich über eine Million Grad Celsius erreicht. Ungefähr zwei Millionen Menschen wurden getötet oder starben als Ergebnis der beiden Explosionen. Viele Todesfälle wurden nach Tagen durch die mächtigen Strahlen verursacht, welche die Blutkörperchen zerstörten.

Die Atomenergie in der Industrie

Es ist klar, daß die Atomenergie ebenfalls industriellen Zwecken dienen kann, wenn sie mit einem einzigen Schlag eine Stadt von 400 000 Einwohnern niederzulegen vermag. Aber wie? Wir können keine elektrischen Maschinen mit Blitzen antreiben. Man kennt keinen Weg, um die Atomenergie unmittelbar zu nutzen, obwohl er schließlich gefunden werden muß. In dieser Beziehung können wir von der Kohle dasselbe sagen. Zuerst müssen wir die Kohle verbrennen, dann müssen wir Wasser durch das derart erzeugte Feuer zum Sieden bringen, hierauf müssen wir mit dem so hervorgebrachten Dampf eine Maschine beliefern, und schließlich müssen wir die Maschine entweder mit einem Dynamo verbinden, um Strom zu erzeugen, oder mit Treibriemen, die eine Welle in Bewegung setzen.

Gegenwärtig ist der einzige Weg, um die Atomenergie zu nützen, die Verwendung der während des Verfahrens zur Her-

stellung von Plutonium erzeugten Hitze. Wenn die Neutronen die Uranium-235-Atome spalten, fliegen die Bruchstücke umher. Sie besitzen das, was der Physiker als „kinetische Energie“, als Bewegungsenergie, bezeichnet. Wenn ein Zug angehalten wird, verwandelt sich seine kinetische Energie durch die heißwerdenden Bremsen in Hitze. Man halte irgendeinen sich bewegenden Gegenstand an, und Hitze wird erzeugt. Wir wissen, daß durch wiederholten Aufschlag eines Hammers auf ein Stück Eisen beide warm werden. Die Bewegungsenergie hat sich in Hitze verwandelt. Das gleiche ist bei den herumfliegenden Bruchstücken der durch Neutronen gespaltenen Atome in einer Säule aus Graphit und Uran der Fall. Ihre Geschwindigkeit ist hoch; wenn die herumfliegenden Bruchstücke der Atome mit andern Atomen zusammenstoßen und so aufgehalten werden, muß unvermeidlich Hitze entstehen. Aus diesem Grunde wird eine Uransäule mit Wasser gekühlt — mit soviel Wasser, das ausreichen würde, um die Bedürfnisse einer kleinen Stadt zu befriedigen. In Hanford läuft das Wasser schließlich in den Fluß zurück, aus dem es gepumpt worden war. In Oak Ridge wird ebenfalls viel Wasser verwendet, aber die meiste Hitze zieht durch den Kamin ab. Diese verschwendete Hitze muß gegenwärtig industriell ausgenützt werden. An Stelle der üblichen Öfen in der Anlage eines Kraftwerkes können wir zum Beispiel eine Gitter-Säule aus Uran und Graphit verwenden und so die Hitze benutzen, um Dampf zu erzeugen.

Wie wir bereits darauf hingewiesen haben, muß eine Uransäule sorgfältig durch Tonnen von Gußmörtel, Stahl oder beidem zusammen abgeschirmt werden, um die Arbeiter vor den mächtigen Strahlungen zu schützen. Dieses Problem wurde in Oak Ridge und Hanford gelöst, so daß die Technik den Schutz bereits kennt. Nichtsdestoweniger müssen Forschungen angestellt werden, bevor die ersten versuchsweisen Kraftanlagen in Gang gesetzt werden. Die Uran-Graphit-Säulen in Oak Ridge und Hanford werden bei niedriger Temperatur benutzt. Es ist nicht schwer, die Temperaturen zu erhöhen, so daß wir sicher sein können, genügend Hitze zu erhalten. Aber der Ingenieur muß von weiteren Tatsachen Kenntnis haben, bevor er ein Atom-Hitze-Werk erfinden kann. Die genaue Gestalt, die eine industrielle Kraftanlage besitzen wird, muß deshalb immer noch bestimmt werden. Es ist immerhin gewiß, daß Dampfturbinen und elektrische Motoren die gleichen bleiben werden. Deshalb wird für alle jene, die nie ein Kraftwerk betreten, keine äußerliche Veränderung bemerkbar sein. Elektrisches Licht

und Motoren, elektrische Straßenbahnen, elektrische Maschinen werden so bleiben, wie sie sind.

Da dem so ist, wo findet dann die Atomhitze ihren Platz in unserer Industriewirtschaft? Wird sie Kohle und Öl als Treibstoffe ersetzen? Nachdem die erste Begeisterung verraucht war, wurden sich die Ingenieure klar, daß Atomhitze vermutlich weder Kohle noch Öl vertreiben wird, aber daß sie möglicherweise als weiterer Treibstoff verwendet werden kann. Es ist möglich, daß Ozeandampfer, Schlachtschiffe und sogar Lokomotiven durch Atomhitze betrieben werden, aber nicht Flugzeuge und Kraftwagen. Wir müssen uns die Märchen aus dem Kopf schlagen, die davon erzählen, daß kleine leichte Luft- und Landfahrzeuge durch ein bloß walnußgroßes Stück Uran vorwärtsbewegt werden. Die in diesem Stücklein enthaltene Energie würde kaum genügend Hitze liefern. Überdies muß, wie wir gesehen haben, das Uran durch Tonnen von Gußmörtel oder Stahl abgeschirmt werden, und ein so riesiges Gewicht auf einem so kleinen Fahrzeug, wie es ein Auto ist, mit sich zu führen, steht außer Frage. Für eine industrielle Anlage von bloß 100 Pferdekraften sind 50 Tonnen Stahl oder Gußmörtel erforderlich. Wir müssen uns auch daran erinnern, daß, was die Billigkeit betrifft, nichts mit stürzendem Wasser in Wettbewerb treten kann. Deshalb werden durch Wasser betriebene elektrische Anlagen immer wirtschaftlicher sein als durch Atomhitze in Gang gesetzte Kraftwerke.

Wenn man die Möglichkeiten der industriell verwendbaren Atomhitze rühmt, müssen einige harte Tatsachen festgehalten werden. Bei allen durch Dampf betriebenen elektrischen Kraftwerken werden nicht mehr als zehn Prozent des nötigen Geldes für Treibstoffe verwendet. Der Rest verbleibt für feste Ausgaben (Amortisation, Zinsen usw.), Übertragungen und Unterwerke, Verteilungslinien von den Unterwerken zu den Verbrauchern, für die Verwaltung, Buchhaltung, Ablesen der Meßuhren, Bedienung und dergleichen. Daraus folgert, daß einzig der Treibstoff beim Anpreisen der Möglichkeiten der Atomhitze in Betracht gezogen werden kann. Man kann nicht genau feststellen, ob ein Geschäftsmann Geld sparen könnte, wenn er statt Kohle und Öl die Atomhitze verwenden würde. Gegenwärtig werden die verlockendsten Möglichkeiten der Atomhitze durch jene Gegenden ausgemalt, in denen es weder Kohle noch Öl gibt, und wo deshalb die Industrie im Rückstand ist.

Die sozialen Auswirkungen der Atomenergie

Jedermann weiß, welche tiefgehenden Verwandlungen durch die Dampfmaschine und den Elektromotor hervorgebracht wurden. Für die nächsten fünfzig Jahre dürfen wir keine entsprechende Veränderung im industriellen Europa oder im industriellen Amerika erwarten, weil wenigstens ein Weg gefunden worden war, um die erschreckend-gewaltige Kraft der in einem Uran-Atom gefesselten Energie zu befreien. Andererseits mag eine bemerkenswerte Veränderung in anderen Gegenden der Erde vor sich gehen.

Man nehme als Beispiel dafür Brasilien. Dieses Land ist größer als die Vereinigten Staaten. Es hat gewaltige Lager an Eisenerz und Mangan, aber keine Kohle und kein Öl. Deshalb hat es keine eigene Stahlindustrie. Aber es hat riesige Lager an Thorium in seinen Sandbezirken. Aus Thorium kann ebenso leicht Energie befreit werden wie aus Uran. Man nehme an, daß dieses Thorium verwendet würde, um als Treibstoff Hitze zu erzeugen. Brasilien könnte sehr gut eine Stahlindustrie schaffen, die mit den entsprechenden Industrien in den Vereinigten Staaten, in Großbritannien, Deutschland, Frankreich, Rußland und Indien in Wettbewerb treten kann. Die wirtschaftliche Wirkung könnte in den genannten Ländern größte Besorgnisse erregen. Man würde dem Problem der Arbeitslosigkeit von Stahlarbeitern gegenüberstehen. Noch mehr Zollmauern würden errichtet und mehr Bitterkeit und Haß erzeugt werden. Dieses Problem müßte tatsächlich die Beachtung der Vereinigten Staaten auf sich lenken.

Es besteht auch die Möglichkeit, daß kleine Inseln im Stillen Ozean zu Mittelpunkten von kleinen, aber wichtigen Industrien würden, vorausgesetzt, daß dort Urankraftwerke errichtet würden. Die Wüste Sahara kann sehr gut durch Pumpen bewässert werden, die durch Atomhitze betrieben würden, so daß die nordafrikanischen Lebensmittel mit denen Europas und Amerikas in Wettbewerb treten würden. Die Statistiker haben bezweifelt, ob die Welt sich selbst zu ernähren vermöge, wenn die Bevölkerung des Fernen Osten im gegenwärtigen Ausmaße sich vermehre. Es gibt keinen Grund, irgendeine Katastrophe zu befürchten, wenn die Atomhitze billig genug ist, und wenn Uran-Anlagen überall da errichtet werden, wo sie vonnöten sind.

Wir müssen auch den Wert des Urans in der Weltwirtschaft erwägen. Gegenwärtig wird Uran in der Pechblende und im Karnotit gefunden. Die hauptsächlichsten Lager befinden sich

im afrikanischen Katangagebiet, in Kanada, den Vereinigten Staaten, in der Tschechoslowakei (Joachimsthal), Schweden, Portugal. Auch Rußland hat vermutlich große Lager, obwohl darüber nichts bekannt ist. Eine Aufstellung über die Weltlager ist notwendig. Es gibt keinen Zweifel, daß Uran, das bisher hauptsächlich für die keramische Industrie gebraucht wurde, von wirtschaftlicher Bedeutung werden wird. Wegen seiner weiteren Verteilung wird es notwendig sein, den Handel mit Uran durch eine internationale Kommission der Vereinten Nationen zu überwachen. Selbst das kann wirkungslos sein, weil Uran nahezu in allen Felsen gefunden wird. Es lohnt sich, Obstgärten in Kalifornien umzugraben, um die 35 Cents Goldwert pro Tonne zu finden, die der Schmutz enthält. Daher ist es nicht unmöglich, daß ein angreiferisches Volk seine eigenen Felsen ausbeuten wird, wenn es keine reichen Uranlager hat. Selbst sorgfältigste internationale Inspektionssysteme für die Suche nach verborgenen Urananlagen könnten nicht alles entdecken. Abgesehen davon besteht die Möglichkeit, daß Atomenergie aus anderen Elementen befreit werden kann als aus Uran und Thorium. Die Energie wird in jedem Element gefunden, selbst in gewöhnlichem Kote, aber die sehr leichten Elemente (zum Beispiel der Wasserstoff) und die sehr schweren enthalten am meisten Energie. Man hat immer wieder gesagt, daß in einem Glas Wasser genügend Energie enthalten ist, um einen großen Dampfer über den Ozean zu treiben. Das ist wahr. Aber wir müssen noch manches Jahr warten, bevor dieser Traum Wirklichkeit wird.

II

UNBEGRENZTHEIT DER FORSCHUNG

In wenig mehr als einem Jahrhundert, einem bloßen Ticken der Uhr in der Entwicklung der menschlichen Gesellschaft, wurden die Vereinigten Staaten eine wirtschaftliche Großmacht. Die Geschichte dieser Umwandlung ist bekannt genug. Es ist die Geschichte von Grenzern, die von der Atlantikküste aus vorstießen und schließlich den Pazifik erreichten, während sie Farmen aus den Wäldern rodeten, Tabak und Baumwolle im Süden und Korn im Mittelwesten pflanzten, Dampfer vom Stapel ließen, Eisenbahnen bauten und alle Metalle förderten, die eine Industrienation benötigt.

Heute sind die besten Landgebiete besiedelt, die besten Bestände an Zimmerholz gefällt, die reichsten Bergwerke und Ölfelder entdeckt. Räumliche Ausdehnung ist nicht mehr möglich. Und schon winkt ein neues Ziel. Obwohl unsichtbar, ist es dennoch vorhanden. Seine Möglichkeiten sind unumschränkt. Sie liegen im Fortschritt der Forschung und der Technik, in neuen Industrien, in der zu neuen Höhen aufsteigenden Lebenshaltung, in ausgedehnterer Verteilung der Früchte der Forschung, in der Bannung des Gespenstes der Arbeitslosigkeit.

Wenn früher eine Pechsträhne kam, war es für eine Familie verhältnismäßig leicht, eine Industriestadt zu verlassen und an der Grenze auf jungfräulichem freiem Boden zu siedeln. Neuer Reichtum wurde sowohl für die Auswanderer als auch die Nation geschaffen; neuer Reichtum kam mit der Einführung von Industrien in Gegenden, wo bisher bloß Wildnis gewesen war.

Das bedeutet keineswegs, daß einzig neue Industrien in der Vergangenheit uns immer aus Krisenzeiten herausgerissen haben. Gewiß, Autos, Radio und Kunstseiden-Industrie blühten nach der Krise von 1922 und geben damit der Theorie eine bestechende Glaubwürdigkeit. Wenn wir die Produktionsstatistik genau untersuchen, ist es offensichtlich, daß die Prosperität von mehr abhängt, als von dem Anstoß, den vereinzelte, sich ausdehnende Industrien geben können. Die Welterzeugung an Kunstseide ist gewaltig gewachsen. Die Vergrößerung von 1935 ist allein beinahe so groß wie die Gesamtproduktion von 1925. Andere junge Industrien sind im gleichen Zeitraum stark gewachsen, unter ihnen jene, die uns Kunstharze gaben.

Dennoch ist die Formel gut, wenn auch nicht wegen der gewöhnlich angegebenen Gründe. Wir verbinden Prosperität mit Vollbeschäftigung. Die hauptsächlichste Aufgabe neuer Industrien ist es, Arbeit zu schaffen. In der Vergangenheit geschah dies durch die Wildnis, die Öffnung der Grenzen. Heute müssen wir es tun durch Schaffung neuer Industrien. Die Forschung bietet uns die Mittel hierzu.

In welcher Richtung führt uns augenscheinlich die Forschung? Vor vielen Jahren machte der britische Wirtschaftler Ravenshear die nützliche Unterscheidung zwischen schöpferischen und verbessernden Erfindungen.

Eine schöpferische Erfindung schafft eine bisher unbekannte Industrie. Beispiele dafür bieten der Telegraf, das Telefon, der Film, der Rundfunk, die Herstellung von elektrischen Erzeugnissen im allgemeinen. Alle waren Arbeitschaffer. Obwohl das Automobil zum Beispiel zweifellos Zehntausende aus der Waggonereiindustrie vertrieb, fanden sie dennoch rasch Beschäftigung als Karosseriebauer. Ja, sie reichten nicht aus zur Befriedigung der Nachfrage.

Eine verbessernde Erfindung andererseits ist ein Arbeitsparierer, deshalb ein Arbeitsplatzräuber, ein Landparierer oder Kapitalparierer. Auf jede schöpferische Erfindung folgt eine verbessernde Erfindung. Wie die Telefonindustrie sich ausdehnte, wurden immer mehr Frauen an den Schaltbrettern beschäftigt. Als die automatische Verbindung erfunden wurde, verschwanden die Mädchen aus den Hauptämtern der großen Städte: Der Telefonbenutzer drehte eine Scheibe und gab auf diese Weise Befehle, die durch die räumlich entfernte automatische Maschine ausgeführt wurden. Gleicherweise ersetzte die Elektronenröhre den hochgeschulten Chemiker und Techniker in der Öl- und Metall-Verfeinerung.

Sobald wir zwischen schöpferischer und verbessernder Erfindung unterscheiden, kommen wir zum Schlusse, daß diese schneller gemacht werden als jene. Die durch schöpferische Erfindung ins Leben gerufene neue Industrie weist bald die Wirkung einer starken Verbesserung in der Technik auf. Sehr rasch verlangt die Zahl der menschlichen Arbeitsstunden ein sie vermindernendes Mittel. Die Industrie beschäftigt noch immer Zehntausende, vielleicht Hunderttausende; aber nach einer gewissen Zeit beginnt der vertraute Vorgang der durch die Technik bedingten Arbeitslosigkeit. Menschen werden aus der Arbeit gestoßen, und wir rufen nach einer neuen Industrie, die sie aufnehmen soll.

Der Aufstieg einer schöpferischen Erfindung, die von einer verbessernden Erfindung und von der Entlassung von Arbeitern gefolgt sein wird, wird sich in Zukunft immer wiederholen. Der Grund liegt darin, daß die Zeit der großen schöpferischen Erfindungen und Entdeckungen, weit davon entfernt, der Vergangenheit anzugehören, erst beginnt. Die Wissenschaft ist ihrer und ihrer Zukunft sicherer als je zuvor.

Wir beginnen mit der Energie. Unsere Zivilisation beruht auf ihr — vor allem auf Kohle, flüssigen Treibstoffen und Wasser. Zur Zeit von Watt verbrannte jeder Fabrikant seine eigene Kohle und erzeugte seine eigene Energie. Mit Edison begann ein neuer Abschnitt. Energie konnte in Kraftwerken erzeugt und als Elektrizität an Tausende von Verbrauchern in ihren Heimen und in den Fabriken verteilt werden. Der Übergang von mechanischer zu elektrischer Kraft ist noch nicht vollendet.

Im Jahre 1902 erzeugten all unsere Kraftwerke insgesamt 1 845 048 Pferdestärken; die heutigen aber ungefähr 45 000 000. Vor dem Zusammenbruch von 1929 verdoppelte die elektrische Licht- und Kraft-Industrie ihre Leistungen in jeweils weniger als zehn Jahren. Die Zahl der mit Elektrizität in den USA. versehenen Heime wuchs von 3 Millionen im Jahre 1912 auf ungefähr 20 Millionen im Jahre 1937. Wir können heute den elektrischen Generator, den Motor, die Lampen und die zahllosen Erfindungen, die mit elektrischer Kraft betrieben werden, nicht mehr als schöpferisch betrachten. Dennoch hat die elektrische Industrie offensichtlich noch nicht ihren Höhepunkt erreicht: Es macht auch nicht den Anschein, als ob es in der kommenden Generation der Fall sein würde.

Elektrische Kraft ist billig. Sie wurde immer billiger, seit Edison vor über fünfzig Jahren sein historisches Pearl-Street-Werk in New York erbaute. Physiker wie Graf Dr. Van de Graaff vom Institut für Technik in Massachusetts glauben, daß durch ihre Versuche sich vollständig neue Wege der Erzeugung und Verteilung von Energie zeigen werden. Der verstorbene Dr. Karl P. Steinmetz ging vor einem Vierteljahrhundert so weit, zu behaupten, daß Elektrizität eines Tages so billig sein würde, daß es sich nicht mehr lohne, die Zähler abzulesen.

Durch billige Kraft wird die Landwirtschaft elektrifiziert. Mit andern Worten, Pflüge und Mähmaschinen werden eher durch Strom als durch das verhältnismäßig teure Benzin betrieben werden. Noch mehr, es wird möglich sein, den Boden zu heizen und Ernten zu fördern. Das mag für jene ein zweifelhafter

Segen sein, die in den Begriffen der Einschränkung denken; dennoch versichern uns Wirtschaftler, daß, wenn das schlecht ernährte Volksdrittel mit ausreichenden Lebensmitteln versehen würde, die Vereinigten Staaten um 1980 keinen Überschuß für die Ausfuhr mehr hätten.

Wir betrachten die Eisenbahn nicht deshalb als etwas aus vergangener Zeit, weil wir nun mit sechzig Stundenmeilen (ca. 96 Kilometer) in Automobilen dahinrollen oder mit zwei- bis dreihundert Stundenmeilen (ca. 320 bis 480 Kilometer) fliegen, sondern weil sie für eine bedeutende Weiterentwicklung unfähig ist. Hier irren wir uns. Billige Elektrizität wird die Eisenbahn umgestalten. Die 50 000 individualistisch betriebenen Lokomotiven der USA. werden elektrischen Lokomotiven Platz machen, die ihre Energie von einem der fünfzig oder hundert riesigen, an strategischen Punkten errichteten Kraftwerken beziehen. Neue Lokomotiven, neues Rollmaterial — es gibt Arbeit für eine Industrie, die keinen Stillstand kennt.

Sobald wir reichliche und billige Energie besitzen, können Aufgaben leicht gelöst werden, die man heute wegen der Kosten nicht erwägt. Zum Beispiel neue Stoffe für neue Zwecke. Die Steine, Erze, Fasern, Häute, Metalle, die unseren Industrien zugrunde liegen, wurden alle von der Natur mit Hilfe von Energie, meist sogar gewaltsam, hergestellt. Unsere eigenen Versuche zur synthetischen Erzeugung haben sich auf das Rösten, Sieden, Kristallisieren, Schaffen von Molekülverbindungen bei mäßigem Druck und Hitze beschränkt.

Nehmen wir an, daß 100 elektrische Pferdekkräfte nur wenige Cents kosten. Sofort begännen unsere Elektrochemiker mit synthetischen Verfahren in einem Ausmaße, das mit der heutigen Stahlproduktion verglichen werden kann. Stärke und Dauerhaftigkeit der Materialien genügen nicht länger. Leichtes Gewicht, Biegsamkeit und ein Dutzend anderer Eigenschaften werden verlangt. Die Nachfrage kann nicht durch natürliche Erzeugnisse befriedigt werden. Der Mensch muß die Natur im Laboratorium übertreffen. Mit der Möglichkeit, Energie zu einem außer acht fallenden Kostenpunkt zu erzeugen und zu verteilen, könnte dies geschehen.

Es gibt Anzeichen, daß wir unsere Ansichten über die Metalle ändern. Schon werden Aluminium, Magnesium und Beryll in der Industrie verwendet. Eisenbahnwagen, Teile von Automobilen, ganze Flugzeuge, Tragbalken für Brücken, Kochgeräte, elektrische Leitungen werden aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen hergestellt. Gewöhnlicher Ton besteht zu einem

großen Teil aus Alunit, dem Stoff, aus welchem Aluminium gewonnen wird. Aber man verwendet an seiner Statt Bauxit und Cvolit, weil das Gewinnungsverfahren leichter und billiger ist. Angenommen, daß Ton infolge billiger Energie zum Rohstoff wird, dann werden wir eine Hochblüte an Aluminium erleben, durch die Eisen und Stahl verdrängt werden.

Scheinbar leichte Verbesserungen mit vertrauten Stoffen können überraschende industrielle Auswirkungen haben. Es gibt harte Legierungen, die es ermöglichen, Glas wie ein Metall zu verarbeiten, so daß wir Glas in einer Weise verwenden werden, von der wir heute noch kaum träumen. Ausgespannte Gläser, leichter als Kork und widerstandsfähig gegen Hitze, und Ton werden als Baustoffe entwickelt werden.

Der Skeptiker wird darauf hinweisen, daß der Ersatz von schweren durch leichte Metalle nicht unbedingt neue Arbeitsplätze schafft. Die Geschichte der Technik lehrt es uns anders. Die Kunstseide zum Beispiel hatte eine vernichtende Wirkung auf die Seidenindustrie. Andererseits brachte sie den Massen seidenähnliche Fasern, so daß nicht nur chemische Anlagen geschaffen werden mußten, in denen die Fasern erzeugt wurden, sondern es wurden auch neue Maschinen und Arbeitsplätze für Zehntausende von zusätzlichen Spinnern und Webern benötigt.

Trotz der Einführung des Betons bauen wir immer noch Häuser aus Holz oder legen Stein auf Stein, um ein Obdach zu schaffen, das ein wenig besser als eine Höhle ist. Wir richten fließendes kaltes und warmes Wasser ein, elektrisches Licht, Bäder, Staubsauger, Gasherde und elektrische Kühlschränke. Aber die Architektur und der Häuserbau als solche haben, mit Ausnahme der Wolkenkratzer, keine Fortschritte gemacht.

Seit fünfundzwanzig Jahren hören wir vom fabrikmäßig hergestellten Hause. Es gibt heute in den USA. wenigstens fünfzig Unternehmen, die in der Lage sind, Gebäude und ganze Teile von Häusern nach irgendeinem Teil des Landes zu verschiffen und sie aufzurichten — schucke, schöne Wohnstätten, sogar mit Zentralheizung und Klimaanlage. Ungeachtet des offensichtlichen Bedürfnisses nach besseren und billigeren Häusern hinkt der Bau von Heimen nach. Es gibt keine andere Industrie, die die Arbeitslosen so vollkommen und so rasch aufsaugen könnte. Warum dieser Rückstand? Vermutlich wegen des Mangels an einer schöpferischen Erfindung.

Das Automobil ist vermutlich der größte Arbeitsschaffer in der Geschichte der Menschen. Während unsers Lebens haben wir den Aufstieg einer Industrie miterlebt, die einem Siebentel

der amerikanischen Arbeiterschaft direkt oder indirekt Beschäftigung gibt. Was nun? Offensichtlich das 500- oder 1000-Dollar-Flugzeug. Es gibt keinen Grund, warum es nicht in Massen geschaffen werden sollte, keinen Grund, warum die Luft nicht von zehntausend Propellern summen sollte. Man findet überall Flugplätze; Radio und sichtbare Signalzeichen (Leuchtfeuer) erleichtern es, den Bestimmungsort zu finden; Instrumente haben die Kunst des Flugzeugführers vereinfacht.

Die Erleichterung von Mitteilungen ist unsere nächste Möglichkeit. Das Fernsehen drängt sich selber auf. Das Rundfunksenden ist in Großbritannien eine öffentliche Unternehmung, weshalb man dort ein Theaterstück auf der Fernseh Bühne sehen kann. Aber in den Vereinigten Staaten? Der Anzeigende muß die Rechnung bezahlen. Weil die Wellen, auf denen Bilder durch den Äther gesandt werden, gleichsam optisch sind, das heißt eine Reichweite von ungefähr sechzig Meilen (ca. 90 Kilometer) haben. Wenn sich der Sender auf der Spitze des Empire State Building befindet, ist es klar, daß ein nationaler Aufschwung Hunderte von Stationen erfordern müßte. Mehr noch — es ist schwierig, dazu das Material zu finden — ein neues Spiel jeden Abend, Schauspieler, Szenerie und Verfasser. Wenn es sich durchsetzt, wird es sich zeigen, daß das Fernsehen einer der erstaunlichsten Arbeitsbeschaffer in der Geschichte der Technik sein wird.

Wenn das Bild der neuen industriellen Grenzen zu optimistisch zu sein scheint, müssen wir nur in die Vergangenheit blicken. Nach der Aufstellung der Nationalen Beratungskammer des National Industrial Conference Board wurden zwischen 1879 und 1929 achtzehn neue Industrien geschaffen. Sie beschäftigten im Jahre 1929 unmittelbar 1 123 314 Menschen — ungefähr ein Achtel aller Fabrikarbeiter dieses Jahres.

Genaue Zahlen sind nicht erhältlich. Aber man kann sicher sagen, daß die achtzehn neuen Industrien mindestens 15 Millionen, möglicherweise 20 Millionen Menschen in abhängigen Industrien und Diensten Arbeit gab. So machte die Einführung des Automobiles Tankstationen an den Straßen notwendig, vermehrte den Verbrauch von Benzin, stachelte an zur Herstellung von Zubehörteilen, wie Windscheibenreinigern, Instrumenten für die Armaturen Bretter, Zigarettenanzünder, unzerbrechlichem Glas; sie gab Zehntausenden Beschäftigung in Stahlwerken, beim Bau und dem Unterhalt von Straßen, schuf ein Bedürfnis für Reifen und machte die öffentliche Garage notwendig. Seit 1900

wurden 84 Milliarden Dollar an Löhnen für die Arbeiter in den Automobilfabriken und den von den Automobilen abhängigen Industrien ausbezahlt.

Die Schaffung von neuen Industrien durch Forschung und Erfindung war kein Zufall. Die große industrielle Ausdehnung der Vereinigten Staaten begann nach dem Jahre 1890. Dieses Jahr bedeutet das Überschreiten der alten Grenze. Die neue ist ebenso verführerisch als die alte. Es braucht dazu nur einen neuen Typ eines Daniel Boone, einen, der mit Versuchsröhren, elektrischen Strömen und Molekülen umzugehen versteht.

III

DER AUFSTAND DER CHEMIE GEGEN DIE NATUR

Der Wecker schrillt am Morgen. Sieben Uhr. Du gähnst, reckst dich, fährst aus dem Bett und begibst dich zur Brause. Die Vorhänge, die du vor- und zurückschlägst, sind — was? Ein wasserdichtes synthetisches Erzeugnis. Du gehst hinaus und sitzt, um dich abzutrocknen — auf was? Auf einem mit synthetischem Anstrich emaillierten Stuhl. Der Rasierpinsel und die Zahnbürste, die du einige Minuten später handhabst, haben aufgeputzte Griffe. Knochen? Nein, synthetisches Harz und sogar synthetische Borsten. Vielleicht brauchst du ein altmodisches Glas zum Spülen des Mundes, aber wenn du das nicht tust — und es stehen zwanzig zu eines, daß es nicht der Fall ist —, dann ist der Becher aus synthetischem Gummi.

Beim Frühstück beißt du in eine Grapefruit. Mit was wurde die gekühlt? Mit Eis, selbstverständlich, aber Eis, das durch ein Synthetikum in den Windungen des Küchenskühlschranks hergestellt wurde. Schau um dich und betrachte das Esszimmer. Diese Vorhänge an den Fenstern. Sie scheinen Seide zu sein, und vielleicht sind sie es. Aber, wenn dein Haus mehr oder weniger so eingerichtet ist wie Millionen andere, dann sind sie mit einer der sechs Arten von Kunstseide ausgestattet.

Du besteigst deinen Wagen, um den 8.15-Zug nach der Stadt zu erreichen. Das Steuerrad, das du umklammerst, ist ein synthetischer Vetter des Rasierpinsels, der Zahnbürste und des Bechers, die du vor einer Stunde in der Hand hattest. Die unzerbrechliche Windschutzscheibe, durch die du die Straße beobachtest, besteht wie ein Sandwich aus zwei Glasscheiben und einem durchsichtigen synthetischen „Schinken“, der die Splitter am Davonfliegen hindert, wenn es einen Zusammenstoß geben sollte. Selbst das Brillengestell, das die Linsen auf deiner Nase umschließt, ist ein synthetisches Erzeugnis.

In diesem Sinne sind Frauen noch „synthetischer“ als Männer. Die Farben ihrer Absätze, der Putz ihrer Hüte, die Lippenstifte, mit denen sie die Natur verbessern, die Spitze, in die sie die Zigarette pressen, die Handtasche, in der sie die üblichen Kleinigkeiten mit sich führen, das Geschmeide, das zu ihrem kunstseidenen Kleide oder ihren Augen paßt, der Reißverschluß, der die Knöpfe ersetzt, vieles, was sie sich anhängen, ist synthetisch.

Für Hans Müller bedeutet „synthetisch“ einen mutwilligen Ersatz für etwas Bewährtes — eine Ansicht, die unglücklicher-

weise ein Überrest von Amerikas Prohibitions-Experiment ist, wenn unverarbeiteter hitziger Alkohol von Laien gewürzt wurde, um einen starken, aber nicht überzeugenden Gin herzustellen. Dieses Mißverständnis macht die Chemiker unglücklich. Ihnen bedeutet Synthesis, was es immer bedeutet — eine Zusammensetzung. Ein synthetischer Stoff ist eines der vornehmsten menschlichen Erzeugnisse, denn es ist eine überlegte und oft sehr schwierige Vereinigung von Molekülen zu einer Verbindung, die ganz neu sein kann und immer interessante und manchmal kaufmännisch wertvolle Eigenschaften hat. Synthetische Vanille kann von der natürlichen nicht unterschieden werden, synthetischer Indigo ist ein Doppelgänger jenes Farbstoffes, der einstmals aus Pflanzen ausgezogen wurde, synthetischer Kampfer brach das japanische Monopol, denn er besteht alle Proben bezüglich seiner Reinheit; synthetischer Film für die Aufnahme von Bildstreifen — das sind nicht bloße Enttäuschungen. So wenig wie Aspirin oder wie die Sulfa-Arzneien, die dem Arzte neue Einschränkung ansteckender Krankheiten ermöglichten.

Die Kinderbücher sind voll von Feen, die Zauberstäbe besitzen und Kürbisse in Karossen und elende Hütten in Paläste verwandeln. Der Chemiker arbeitet nicht in solchem Ausmaße. Dennoch verblüffen seine Großtaten auch ihn. Synthetische Steine werden immer noch als „edel“ bezeichnet; auserlesene Erzeugnisse, über welche Tinte, ohne einen Fleck zu hinterlassen, ausgegossen werden kann, können nicht weggewischt werden; der in einer Fabrik hergestellte Kampfer kostet 48 Cents gegenüber 3,75 Dollar, die man einstmals für das reine natürliche Produkt bezahlte; synthetischer Moschus, die Grundlage aller Parfums, kostet 7 Dollar gegenüber 300 Dollar für das sehr unreine Sekret, das man von einem tibetanischen Wild erhielt. Kitt behebt die Notwendigkeit, das Oberleder und die Sohlen von Frauenschuhen zusammenzunähen; Fasern, die wie Seide aussehen und sich auch so anfühlen, sind aus Acetylgas gearbeitet; Sprengstoffe und Nährstoffe werden aus der Luft gegriffen — wir überblicken diese Errungenschaften und fragen: Was nun?

Für neun Zehntel der Menschen ist der Chemiker immer noch ein Zauberer, eine geheimnisvolle Gestalt, gezwungen, seltsame und oft gefährliche Verbindungen zu mischen, bloß um festzustellen, daß er einen Sprengstoff in seinem Dienste hat, der die Berge in die Luft sprengt, oder ein Kunstharz als Ersatz

für Holz. Aber der Chemiker weiß es besser. Er vertraut nicht dem Zufall. Er beschäftigt sich mit solchen Unsichtbarkeiten wie Atomen und Molekülen, genau als wenn diese Hebel und Zuggeschirre wären. Mit seinem geistigen Auge sieht er, wie sie sich zu neuen Strukturen verbinden. Er plant diese Strukturen überlegt, so wie ein Architekt ein Haus oder ein Ingenieur einen Stromlinienzug entwirft.

Man stelle einen organischen Chemiker von vor hundert Jahren seinem hochschulgebildeten Nachfolger von heute gegenüber. Wir denken an Goodyear. „Er erfand die Vulkanisierung des Gummis“, sagen wir bewundernd von ihm. Er kochte, zermalmte, knetete den Gummi, vermischte ihn mit einer Menge von verschiedenen Substanzen, setzte ihn dem Sonnenlichte aus und hielt ihn in Finsternis, und zuletzt hatte er Erfolg, als er den Gummi mit Schwefel briet. Es gibt heutzutage weniger solch ungeschicktes Sichabmühen, denn der Chemiker ist zum Planer der Moleküle geworden.

Das Bild, das der Chemiker von der Anordnung der Atome in einem Molekül entwirft, und das noch umgemodelt werden muß, mag zu Beginn nicht unbedingt genau sein. Aber es muß eine praktische Hilfe sein. Die Tatsache, daß es hilft, zeigt für gewöhnlich an, daß er einigermaßen damit recht hat, daß er nicht zu viel erraten muß. Die Erfindung ausführen, ist ebenso schwierig, wie sie zu ersinnen. Oft können die Atome nur unter unmöglich hohen Temperaturen und Drucken in der gewünschten Weise geordnet werden; oftmals gibt es Explosionen. Was sieht der Chemiker, wenn er mit dem Auge eines Fachmannes die Natur betrachtet? Die Bäume, Tiere, süßen Düfte, diese Gifte, die von Reptilien und Insekten ausgeschieden werden, all dies hat die Natur ohne hohe Temperaturen hergestellt, ohne Tonnen von zernessenden Säuren und Basen, ohne mächtige elektrische Ströme. Selbst die Wicken und die Bohnen auf dem Felde ziehen den Stickstoff ohne schreckliche Hitze und starke stählerne Gefäße aus der Luft.

Der Chemiker muß sich selbst, wie der Architekt, auf das Beschränken, was mit den verfügbaren Materialien und Energien vollendet werden kann. Marcellin Berthelot bemerkte einmal: „Das Gebiet, in dem chemische Synthese ihre schöpferische Macht ausübt, ist größer als die Natur selber.“ Chemiker müssen die Tore der Atome zerschmettern. Die Natur öffnet sie mit einem Schlüssel.

Vielleicht ist der nächste Wechsel, den die Chemie uns bringt, jener, der die Baustoffe des Ingenieurwesens angreift. Unser

Zeitalter der Energie ist auch das Zeitalter des Stahls. Das Zeitalter des Rostes wäre eine bessere Benennung. Wenn wir nicht die Farben und die Schutzanstriche hätten, würde von unserer Maschinenkultur in hundert Jahren nichts übrigbleiben. Keine geringere Autorität als Sir Robert Harfield hat geschätzt, daß 29 Millionen Tonnen Stahl im Werte von 1 400 000 000 Dollar jährlich durch Rost zugrunde gehen. Das ist nicht alles. Für die Herstellung eines jeden Pfundes dieses Metalles, das durch die Verwandlung in Oxyd verlorengelht, mußten vier Pfund Kohle verbrannt werden. Jetzt treten wir in das Zeitalter der nicht durch Ätzen zu zerstörenden Verbindungen ein. Es gibt deren mehrere Tausende. Teile von Benzinmotoren werden seit Jahren aus Aluminiumverbindungen hergestellt. Ganzmetallflugzeuge werden seit langem aus ähnlichen Metallen gebaut, die so stark wie Stahl sind, und die in der Industrie rasch ihren Weg machen, da sie beträchtlich an Gewicht und Arbeitskraft einsparen.

Welch ein ungeheurer Aufwand an Energie wird beim Ziehen, Heben und schnellen Drehen von unnötig schweren Metallstäben verschwendet! Das Bewegen des toten Gewichtes eines Straßenbahnwagens kostet 30 Rappen pro Pfund und Jahr. Man denke an die widerstandsfähigen, von Stahllokomotiven geschleppten Stahlzüge, an die meist aus Stahl gebauten Automobile, an die Kräne, die gigantische Ausmaße und Kraft haben müssen, um Massen von Stahlmaschinen zu heben! Wir sind überlieferungsgemäß von der Meinung besessen, daß Gewicht und Stärke eines sind. Der Hüttenchemiker zerstört nach und nach diesen alten Konservatismus.

Der Hüttenmann war seit zehntausend Jahren bis heute ein blinder Schmelzer und Mischer von Metallen. Die Bronze war eine seiner großartigen zufälligen Entdeckungen. Heute ist es anders. Mit Röntgenstrahlen dringt er bis ins Innerste eines Kristalls — beinahe die ganze Erde ist kristallisch — und sieht, wie die Atome geordnet sind. Er spielt mit Temperaturen — und bringt sie in Verbindung mit Eigenschaften wie Zähigkeit, Magnetismus und leichtes Gewicht. Er stellt ein Gemisch von Aluminium, Nickel und Kupfer her und erhält einen Magneten, der sein hundertfaches Gewicht heben kann, oder eine Verbindung, die so leicht ist, daß die Gondeln von Stratosphärenballons daraus gemacht werden können. Schon hat er die Stufe erreicht, auf der er ein Metall für bestimmte Zwecke synthetisch herstellen kann. Man nehme an, daß wir eine Legierung zu erfinden und herzustellen hätten, die ein fünffach

größeres Spannungsvermögen als jede andere bekannte aufweist — das wäre keine eingebildete Unmöglichkeit. Wenn er Erfolg hat, „dann werden der Transport zu Land und zu Wasser revolutioniert werden und unglücklicherweise auch die Methoden der Kriegsführung“, denkt Dr. Vannevar Bush, der Direktor des Carnegie-Institutes in Washington.

Viele von diesen noch zu schaffenden Legierungen werden zu Hause verwendet werden. Das Holz wird als Baustoff schlußendlich verurteilt werden, außer in den rückständigen, dichtbewaldeten Gebieten der Erde. In zwei Jahrhunderten wird ein gewöhnlicher weißtannener Küchenstuhl von heute als eine beinahe unbezahlbare Antiquität eingeschätzt werden. Bruchsteinhäuser werden nur noch in der Nähe des Bruches gebaut werden. Unsere Häuser werden zum größten Teil Käfige aus rostfreien Stahl- oder Leichtmetall-Legierungen sein, um welche Beton oder ein Kunstharz gegossen werden wird.

Man wird in diesem Hause der Zukunft viel Gummi finden, und der meiste wird synthetischer Gummi sein — eine falsche Benennung, denn wirklicher Gummi konnte noch nicht synthetisch hergestellt werden. Wie Stahl, ist auch Gummi ein Baustoff für Ingenieure. Natürlicher Gummi ist unnötigerweise geschmeidig. Wenn man eine Gummi-Türmatte kauft, so kauft man etwas Elastisches und einen guten elektrischen Isolator. Was man wünscht, sind die wasserdichten und dauerhaften Eigenschaften der Matte. Desgleichen beim Gummiband. Man will seine Elastizität und Stärke, und nicht seine Wasserundurchlässigkeit. Nun erzeugt der Chemiker für bestimmte Zwecke sogenannten synthetischen Gummi — „Elastomer“ — ist der richtige technische Ausdruck. Sein Erfolg muß teils seiner Geschicklichkeit, teils seinem Abweichen von der Tradition zugeschrieben werden.

Während Jahren haben die Chemiker versucht, im Laboratorium wirklichen Gummi herzustellen. Sie waren durch ihre Erfolge bei der synthetischen Herstellung natürlicher Düfte, Farben und Gerüche verblendet, die alle genaue chemische Doppelgänger der natürlichen Originale waren. Ein Bruch mit der Tradition ist immer schwierig. Die ersten Eisenbahnwagen waren bloße Postkutschen auf Rädern, die ersten Automobile bloß pferdelose Chaisen, manchmal noch immer mit Peitschenhüllen ausgerüstet. Es brauchte lange, bis Erfinder und Ingenieure begriffen, daß die Funktion wichtiger ist als die äußere Form. Nicht anders die Chemiker. Als es ihnen mißlang, Gummi zu zerreißen und dann wieder zusammenzusetzen — wie sie

es mit Düften, Farben und Gerüchen getan hatten — ging ihnen ein Licht auf. Sie stellten sich selber Fragen. Darf sich künstlicher Gummi nicht vom natürlichen unterscheiden? Man nehme an, daß die Moleküle so durcheinandergeworfen werden, daß sie zu einem Gummi werden, der den natürlichen übertrifft. Was dann? So schob man die Natur beiseite und machte den Gummi aus — was? Aus Gasen der Erdölraffinerien, Alkohol oder Koks, Kalkstein und Salz. Das Ergebnis ist nicht natürlicher Gummi, wir wiederholen es, aber ein Elastomer, der oftmals besser ist und macht, was Gummi nicht kann.

Wir klatschen verzückt in die Hände und rufen: „Wie wundervoll“, wenn ein Zauberer ein Glas mit Goldfischen unter dem weiten Mantel hervorholt, der seinen Abendanzug verhüllt. Wir müßten noch begeisterter klatschen, wenn wir uns vorstellen, was dieser von Menschen gemachte Gummi macht. Wenn man natürlichen Gummi in Öl, Benzin oder Fett legt, geht er zugrunde. Nicht aber „synthetischer Gummi“. Obwohl er mehr kostet, als das, was Hans Müller „den echten Artikel“ nennen würde, betrachten ihn große Fabrikgesellschaften als billig.

Wie schnell wird „synthetischer Gummi“ hergestellt? Ein Acre (= 0,406 777 Hektar) muß während fünf Jahren gepflegt und sonstwie verhätschelt werden, bevor 500 Pfund Gummimilch aus den Bäumen abgezapft werden können; ein Acre in einer chemischen Anlage erzeugt 200 Tonnen Gummi in weniger als zwei Stunden. Es gibt heute mancherlei „Gummi“, jeder mit seinen besonderen Eigenschaften. Gummi dämpft den Lärm und die Vibration in Eisenbahnzügen, Gummi ist wasserdichter als der in deinem Regenmantel, Gummi isoliert so gut wie Glimmer in den elektrischen Apparaten, und — das wird man nicht glauben, aber es ist wahr — Gummi radiert Steine und Stahl aus. Es gibt 30 000 Verwendungsmöglichkeiten dieses neuen natürlichen und künstlichen Gummis.

Manche dieser Synthesen sind bloß Verwandlungen eines natürlichen Produktes. Dennoch sind sie ein Beweis für den sozialen und wissenschaftlichen Fortschritt. Es war ein gewaltiger Schritt seit damals, da man ein Tier tötete und sein Fell zum Schutze trug, bis heute, da man Fasern auf einem ausgeklügelten Webstuhl webt und daraus einen weichen, biegsamen Stoff herstellt. Die Fasern waren trotz allem natürlich. Man beginnt heute, wirkliche synthetische Fasern aus Nylon und den Vinylverbindungen herzustellen. Es gibt nichts Ähnliches in der Natur. Die Leiter der Laboratorien prophezeien, daß zuletzt

die natürlichen Fasern einer starken Konkurrenz begegnen werden. Die Gewebe werden durch einen Spalt hindurchgezogen oder gestoßen, damit sie zu dünnen Zeugstücken sich verhärteten, wenn sie herauskommen. Baumwolle, Seide, Wolle und Leinen werden noch immer gesponnen werden, aber in einigen Generationen werden sich nur noch sehr reiche oder sehr snobistische Menschen in die Stoffe kleiden, die daraus gewoben werden. Sie werden so überflüssig sein wie die kostbaren Pelze, in die sich Modemenschen heute noch hüllen — Überreste einer Zeit, wo Tiere abgebalgt oder geschoren werden mußten, um Kleider herzustellen.

Man betrete das Haus von Morgen, das heißt das Haus vom Jahre 2050. Vorhänge, Decken und Polster sind aus sowohl unverbrennbaren als auch wasserundurchlässigen Geweben, und sie übertreffen in Webart und Zeichnung alles uns Vertraute. Es gibt in keinem Raum etwas nicht irgendwie Synthetisches. Das Reinigen des Hauses ist zu einem Waschen alles dessen vereinfacht worden, was mit einem Schlauch erreicht werden kann. Der Wasserstrahl, der auf jedes Möbelstück, jeden Vorhang, jeden Quadratzoll Wand, Boden oder Decke niederträufelt, fließt in einer Rinne ab. Ein warmer Luftstoß trocknet alles binnen fünf Minuten. Es gibt kaum Wäsche. Tischtücher und Leinentücher werden fortgeworfen. In der synthetischen Welt von Morgen ist es kostspieliger, zu waschen und zu bügeln, als neues „Leinen“ für Betten, Vorhänge und Tische zu kaufen.

Wenn das Waschen für das Haushalts-„Leinen“ abgeschafft wurde, so gibt es keinen Grund, warum man es für die Kleider beibehalten sollte. „Zeigen Sie mir etwas in Grau“, sagt der, welcher in der synthetischen Zukunft einen Anzug kaufen will. Der Händler bringt es ihm. Nicht einen Anzug, sondern Teile eines Anzuges. „Das genügt“, lautet das Urteil. Ein Zuschneider wird gerufen. Er legt gewandt die Stücke über den Besteller, heftet sie zusammen und schiebt sie zurecht, bis sie zur Zufriedenheit passen. Hierauf klebt er sie endgültig mit irgendeinem wasserbeständigen Kitt zusammen. „Das sieht gut aus“, sagt der Kunde. Preis? 10 Franken. Der Stoff ist knitterfest und benötigt kein Bügeln. Wenn sich nach einer Woche Spuren des Gebrauches zeigen, wirft man ihn in den Abfalleimer. Fünfzig Anzüge im Jahr, jeder nach Maß, und jedermann immer modern angezogen. Zerlumpte Kleider werden unbekannt und unentschuldigbar sein. Die Bettler, wenn es überhaupt solche gibt, können sich ebenso sehen lassen wie Ban-

kiers, Schauspieler und andere, die auf den Schnitt und das Passen ihrer Röcke und Hosen Wert legen. Es kann in der Tat so weit kommen, daß ein Arbeitsloser die Vorübergehenden nicht um die übliche Tasse Kaffee angeht, sondern um das Geld für einen Anzug.

Das gleiche wird der Fall sein mit Strümpfen, Krawatten, Taschentüchern und Schuhen. Der modische Mensch wird von Kopf bis Fuß ein lebendes Denkmal für die Kraft und die Erfindungsgabe des synthetischen Chemikers sein. Der Stock, mit dem er spielt, wird ebenso synthetisch sein wie der an seinem Finger blitzende Diamant (der nicht von einem südafrikanischen zu unterscheiden ist).

Der synthetisch gekleidete Mensch der Zukunft wird sich sicher mit synthetischen Lebensmitteln ernähren. Aber das Jahr 2000 ist noch ein zu frühes Datum für die Vollendung der synthetischen Nahrung, wenn man die bedenklichen Schwierigkeiten betrachtet, die in den Weg treten werden. Marcellin Berthelot, der große französische synthetische Chemiker, sagte eine Zeit voraus, da der Mensch drei Nahrungspillen pro Tag zu sich nehmen wird. Ärzte, die gute Kenner der Entwicklung sind, wissen es anders. Zähne, Rachen, Verdauungskanal, der ganze menschliche Organismus sind genial darauf eingerichtet, pflanzliche und tierische Gewebe in körperliche Energie zu verwandeln. Es liegen Beweise vor, daß die Ernährung mit zubereiteten Lebensmitteln von Krankheiten gefolgt ist, die der Wilde nicht kennt. Man sagt, daß Eskimos nichts von Zahnweh wußten, bis sie Lebensmittel der weißen Forschungsreisenden aßen. Aus dem einfachen Grunde, weil der Mensch darauf eingerichtet ist, mit natürlicher statt synthetischer Nahrung zu gedeihen, ist es nicht anzunehmen, daß er nur von Pillen leben kann. Er muß die Menge und die Zusammenstellung haben, an die sich sein Verdauungskanal seit langem angepaßt hat.

Vermutlich wird die erste Großtat des Chemikers bei der Schaffung synthetischer Nahrung die Verwendung künstlichen Zuckers sein. In unserer Zeit hat damit Prof. E. C. C. Baly von der Universität Liverpool einen Anfang gemacht. Er hat erkannt, daß grüne Pflanzen aus Kohlendioxyd und Wasser keinen Zucker erzeugen, wenn das Licht fehlt. Es muß also das vorhanden sein, was die Chemiker als „Photosynthese“ bezeichnen, der grundlegendste Vorgang in der ganzen organischen Natur. Der Saft einer Pflanze, also hauptsächlich Wasser, eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff, steigt von den Wurzeln zu den Blättern auf. Die grüne Farbe der Blätter (das

Chlorophyll) nimmt den Wasserstoff dieses Wassers und verbindet ihn mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure zu dem, was der Chemiker Kohlenwasserstoff nennt, eine chemische Verbindung von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Ein solches Kohlehydrat ist der Zucker. Ein grünes Blatt erzeugt ihn aus nichts anderem als aus Licht, Wasser und Kohlenstoff.

Da Prof. Baly diese Tatsache kennt, versucht er die Natur nachzuahmen. In seinem Liverpoolschen Laboratorium sind blendende elektrische Lampen — künstliche Sonnen. Es sind auch Quarzgefäße vorhanden, durch welche die von den Lampen ausgesandten unsichtbaren ultravioletten Strahlen hindurchgehen und chemisch auf den Inhalt der Gefäße einwirken. Und der Inhalt? Hauptsächlich Wasser mit gelöster Kohlensäure. Endlich werden verpulverte Eisen-, Nickel- und Aluminiumverbindungen dem Wasser beigelegt — als Katalysatoren, Substanzen, die am chemischen Vorgang nicht teilnehmen, aber für eine große Oberfläche sorgen, auf der der Vorgang sich abspielen kann, und die ihn beschleunigen. Die ultravioletten Strahlen der künstlichen Sonne werden auf die Gefäße gerichtet, und man erhält ein sirupartiges Kohlehydrat. Die Untersuchung zeigt, daß es sich um Zucker handelt.

Das Licht bewirkt dieses Wunder, wie Prof. Baly zu seiner Genugtuung immer wieder bewiesen hat. Er führte das Experiment hundertmal in der Dunkelheit durch. Nie konnte er Zucker ohne Licht herstellen. In der Natur ist die Photosynthese der Kohlehydrate mit dem grünen Farbstoff der Blätter verbunden; das Chlorophyll ist vermutlich ein Katalysator. Um die Natur noch getreuer nachzuahmen, ging Prof. Baly so weit, gefärbte Katalysatoren zu verwenden, wie Kohlen- und Nickel-Karbonate. Wieder wurde Zucker hergestellt — diesmal mit Hilfe von sichtbaren Strahlen.

Dies alles ist mehr als bloßer Ersatz eines natürlichen Erzeugnisses durch ein synthetisches. Knöpfe, die wie Elfenbein oder Knochen aussehen, aber keines sind; Fasern, die Seide imitieren, aber besser sind; Polster, die man für Leder hält, aber eine Art von Schießbaumwolle sind; photographische Filme, die Bildstreifen gleichzeitig zu einem für jedermann erschwinglichen Preis für mehrere Zehnmillionen bringen — das sind die hervorstechenden Beweise für den Zusammenbruch der sozialen Unterschiede, eines tiefen Wechsels im Leben. Schießpulver macht alle Menschen gleich groß, sagte Carlyle in einer hübschen, aber unbewußten Anerkennung für die Chemiker. Die Gleichmachung ist noch nicht zu Ende.

Wirtschaftler nennen den staunenswerten Wechsel, den die Dampfmaschine brachte, eine „industrielle Revolution“. Was für eine Revolution war es! Fabriken entstanden in jedem zivilisierten Lande. Das Zeitalter der Energie war angebrochen. Die Kohle wurde zu einer wichtigen, unbezahlbaren nationalen Hilfsquelle. Der Maschinen-Ingenieur beherrschte die auf die Ausnutzung der Kohlenenergie aufgebaute Zivilisation. Er „rüstete“ die Hitze und verwandelte die Erde.

Heute sind wir in den Geburtswehen dessen, was als „chemische Revolution“ bezeichnet wird, einer Revolution, die vielleicht so weite Auswirkungen haben wird wie die Dampfrevolution. Die Materie, aus der das Weltall zusammengesetzt ist, wird zerrissen, Molekül um Molekül, Atom um Atom; aus den Bruchstücken der Atome werden neue Arten von Stoffen geschaffen, und die Freiwerdung einer neuen Art von Energie ist uns versprochen.

Eine Übersicht über die Großtaten der synthetischen Chemie darf den Fortschritt in der Chemotherapie nicht vergessen. Was die chemische Heilkunde betrifft, so ist das eine Sache der Gesichtspunkte. Paul Ehrlich, der diesen Namen prägte, begrenzte ihn auf die chemische Behandlung von bakteriellen Krankheiten. Pharmakologen sind hingegen geneigt, Chemotherapie als den Zweig ihrer Wissenschaft zu betrachten, der sich mit der chemischen Wirkung von Heilmitteln auf den lebenden Organismus befaßt. Wenn wir ihre weitgehende Begriffsbestimmung anwenden, müssen wir unter die chemotherapeutischen Wirkstoffe die Vitamine, Hormone, die schmerzstillenden Mittel, die Schlafmittel und die die Blutarmut heilenden Leberextrakte mit einschließen.

Chemotherapie selbst in unserem Sinne ist jahrhundertealt. Wenn die peruanischen Indianer das Malariafieber mit Chinarrinde behandelten, von der das Chinin gewonnen wird, handelten sie chemotherapeutisch. Wir wissen, daß eine gewisse therapeutische Kraft im Gifte der Kobra, im Extrakt von Kröten und andern Verbindungen tierischen Ursprungs ist, die auf die Nerven und das Herz einwirkt.

Die Geschichte der wissenschaftlichen Chemotherapie beginnt mit Ehrlichs klassischer Studie über die Syphilis. Ehrlich wußte, daß gewisse Keime unter dem Mikroskop nur sichtbar werden, wenn man sie färbt. Aus unbekannten Gründen färbt der Stoff nur den Keim, nicht aber dessen Umgebung, weshalb sie sichtbar werden. Gleich ist es mit Textilien. Ein Farbstoff, der aus der Wolle nicht ausgewaschen werden kann, wird unter Um-

ständen Leinen oder Baumwolle nicht färben. Ehrlich dachte an einen Keimtöter wie an etwas einem Farbstoff Ähnliches und entschied, daß es möglich sei, einen zu finden, der wohl die Mikroben angreife, aber nicht das Gewebe.

Die meisten Tropenkrankheiten werden durch mikroskopische einzellige Tiere verursacht, die man Protozoen (Urtiere) nennt. Unter diesen Krankheiten sind Kala-agar, Schlafkrankheit und Ruhr. Ihre Sterblichkeitsziffern sind hoch. Ehrlich beschloß, seine Theorie auf die afrikanische Schlafkrankheit anzuwenden, eine Seuche, die durch Trypanosomen genannte Protozoen verursacht wird. Sowohl Mensch als auch Tier können durch den Biß der Tse-Tse-Fliege mit dieser Krankheit angesteckt werden. Welche Farbe wird nun diese Trypanosomen sichtbar machen? Ehrlich versuchte Dutzende. Um 1906 hatte er Trypanviolett entdeckt, um 1907 Trypanrot, später noch Trypanblau und Nagarat. Alles waren Farbstoffe aus Kohlenteer, die aus Naphthalin hergestellt wurden, dem Material unserer Mottenkugeln. Eine einzige Einspritzung war erfolgreich.

Diese Farbstoffe erwiesen sich für den menschlichen Organismus als so giftig, daß sie nicht verwendet werden konnten. Aber die zugrunde liegende Anschauung war richtig. Was erreicht worden war, machte klar, daß es Chemikalien gab, mit denen mikroskopische Parasiten sichtbar gemacht werden konnten. Ehrlich, der die Vorliebe der deutschen Professoren für lateinische Redewendungen teilte, verkündete seine Lehre als „*Therania sterilans magna*“, was Großzerstörung durch keimtötende Behandlung bedeutet.

Ehrlich verzagte nicht wegen der Giftigkeit seiner Farbstoffe, sondern er schlug einen neuen Weg ein. Angenommen, er könnte einen harmlosen chemischen Stoff finden, der die Keime färbte, und ihm ein Gift beifügen, würde das zum Ziele führen? Arsenik war ein solches Gift. Wenn er es nun an eine sorgfältig ausgewählte organische Verbindung fesselte? Um 1907 versuchte er es mit Atoxyl, was „nicht giftig“ bedeutet, und das den organischen Chemikern vertraut war. Tausende von Fällen der Schlafkrankheit wurden geheilt. Aber dieses Mittel mußte aufgegeben werden, weil es oft die Sehnerven angriff und zu Blindheit führte.

Ehrlich kämpfte weiter. Er befahl seinem organischen Chemiker, A. Bertheim, alle Arsenverbindungen herzustellen, die ihm in den Sinn kämen. Geduldig prüften Ehrlich und sein japanischer Gehilfe Hata alles. Die sechshundertundsechste, zuerst Salvarsan getauft und heute unter dem Namen Arsphenamin

bekannt, wurde an Trypanosomen versucht. Sie wurden augenblicklich getötet. Noch besser: dieses „606“ war zuverlässig.

All das hatte seine Folgen für die Syphilis, eine Krankheit, die durch als Spirochäten bekannte Protozoen verursacht wird. Ihr Entdecker Schaudin hatte darauf hingewiesen, daß die Trypanosomen und die Spirochäten sehr ähnlich seien. Da dies so war, warum sollte man „606“ nicht an den Spirochäten versuchen. Ehrlich experimentierte mit Küken und Kaninchen. Er war von seinem Erfolge besessen, mit dem er Trypanosomen durch einen einzigen starken Schlag getötet hatte. Aber dieser starke Schlag hatte keine Wirkung auf die Spirochäten. Sie vermochten sich irgendwie zu verbergen. Die Theorie der vollständigen Vernichtung durch eine einzige Einspritzung ließ sich nicht aufrechterhalten. Beharrlich in kleinen Dosen angewendet, war „606“ ein Erfolg. Ehrlich fuhr mit seinen Versuchen fort, in der Hoffnung, eine organische Verbindung zu finden, die schließlich doch seine Theorie von der einzigen Einspritzung als richtig erscheinen ließ. Seine neunhundertundvierzehnte Verbindung, heute Neoarsphenamin genannt, hat die Stelle des ursprünglichen „606“ eingenommen. Dr. Harold Thomas Hyman, Dr. Louis Chargin und Dr. William Leiffer haben gezeigt, daß die Theorie von einer einzigen Einspritzung in starker Dosis dennoch ihre Berechtigung hat. Sie tröpfelten Mapharsen, eine der Verbindungen, die Ehrlich beiseite geworfen hat, während fünf Tagen in die Venen eines Syphilitikers. Nach dieser Behandlung war er für die Gemeinschaft keine Gefahr mehr.

Die medizinische Welt war durch den Erfolg Ehrlichs elektrisiert. Wenn Syphilis durch Chemotherapie erfolgreich behandelt werden kann, warum dann nicht auch andere ansteckende Krankheiten. Manche Ansteckungen werden verursacht durch kleine, kugelförmige Keime, die „Cocci“. Es gibt Streptokokken, Staphylokokken, Gonokokken, Meningokokken, Pneumokokken. All diese, sowie die rutenförmigen Bazillen, können durch verschiedene zersetzungswidrige Mittel getötet werden. Aber nicht im Körper. Ehrlichs Grundsatz, etwas zu finden, das die Keime, den Kokkus, den Bazillus, das Protozoon kenntlich machen würde, war der einzige, der alle Versprechen erfüllte.

Während Ehrlich eifrig an der Arbeit war, reichte im Jahre 1908 der Student der Wiener Universität P. Gelmo eine Dissertation ein über sein Verfahren zur Herstellung einer neuen weißen kristallinen organischen Verbindung, des Sulfanilamids. Gelmo hatte nicht einmal den Schimmer eines Gedankens, er könnte etwas von höchster medizinischer Wichtigkeit entdeckt

haben. Dr. H. Hörlein, der Leiter eines der Laboratorien der Interessengemeinschaft Farbenindustrie, dachte, die Verbindung hätte Verwendungsmöglichkeiten in der Textilindustrie, wenn sie an einen Farbstoff gefesselt würde. Er fand ein für Wolle geeignetes Färbemittel. Obwohl er Chemiker war, machte er mit seiner Erfindung Versuche an Bakterienkulturen, weil er vermutlich wußte, daß einige Anilinfarbstoffe mit Erfolg bei der Behandlung von äußerlichen Augeninfektionen verwendet worden waren. Aus seiner Arbeit scheint nichts Wichtiges hervorgegangen zu sein außer dem Mercurochrom, das nun überall zur Behandlung von Augeninfektionen gebraucht wird. Die Farbstoffverbindungen mit Metallen und Schwefel waren viel zu giftig.

Einer der Mitarbeiter Hörleins, Dr. Gerhard Domagk, setzte die Arbeit fort. Da Domagk Bakteriologe war, nahm er die Mediziner Dr. Mietzsch und Dr. Klarer in seine Dienste. Domagk schritt auf Ehrlichs Bahnen vorwärts, das heißt, er suchte nach einem Farbstoff, der Keime ausfindig macht. Seit die Azorfarbstoffe Bakterien töten konnten, experimentierte er mit diesen. Mietzsch und Klarer belieferten ihn damit. Einige erwiesen sich als Desinfektionsmittel, die gewöhnlich giftig sind. Eines Tages kamen Mietzsch und Klarer mit einem Azorfarbstoff an, der eine bedeutende Wirkung auf Streptokokken hatte. Er erwies sich als eine der Sulfanilamidverbindungen, mit denen Hörlein experimentiert hatte. Mietzsch und Klarer erhielten den Auftrag, noch mehr Farbstoffe dieser Familie herzustellen. Buchstäblich Hunderte davon wurden Domagk unterbreitet. Im Jahre 1932 stellten Mietzsch und Klarer ein orangefarbenes Färbemittel dar, das zu gut um wahr zu sein schien. Sie patentierten es. Niemand schenkte seinen Möglichkeiten zuerst viel Aufmerksamkeit. Dann berichtete ein Dr. Foerster auf einem Dermatologenkongreß von einer bemerkenswerten Heilung, die er an einem an Blutvergiftung durch Streptokokken leidenden Kinde vollbracht hatte. Er hatte eine Verbindung benutzt, die von der Interessengemeinschaft hergestellt und von ihr „Streptozon“ genannt worden war. Es war der von Mietzsch und Klarer patentierte Farbstoff. Da ein Fall nicht überzeugt, wurde Foerstes Erfolg nicht sehr beachtet. Die Interessengemeinschaft änderte den Namen ihres Präparates auf „Prontosil“, gab den Ärzten Proben, die ihrerseits Erfolge bei der Behandlung von Blutvergiftungen meldeten. Domagk richtete nun seine ganze Aufmerksamkeit auf das „Prontosil“.

Er hatte während drei Jahren in aller Stille Tierversuche gemacht. Sein Aufsatz in der Deutschen Medizinischen Wochenschrift über hundertprozentig erfolgreiche Behandlungen von Streptokokkeninfektionen an Mäusen ließen keinen Zweifel aufkommen, daß er in der Chemotherapie einen bedeutenden Fortschritt gemacht hatte.

Niemand wußte genau, warum „Prontosil“ so wunderbare Erfolge gegen die meisten Kokken aufweist. Chemiker im Kaiser-Wilhelm-Institut und in Frankreich zerrissen die Verbindungen in ihre Teile und prüften jeden derselben, um herauszufinden, welcher wirksam sei. Sie isolierten das Sulfanilamid — die weißen Kristalle Gelmos. Das war der Wirkstoff, der die Kokken in Schach hielt. Wo aber blieb Gelmo? Er war verschwunden. Niemand scheint seit 1908 von ihm gehört zu haben. Er ist nicht der einzige, der durch Zufall eine große Entdeckung verfehlte. Am New Yorker Rockefeller-Institut hatten der Pharmakologe Dr. W. A. Jakobs und Dr. Maurice Heidelberger versucht, Chinin an andere Moleküle zu fesseln, in der Hoffnung, ein Heilmittel gegen die Lungenentzündung zu finden. Eines ihrer Produkte enthielt Sulfanilamid. Sie berichteten im Jahre 1919 der Amerikanischen Chemischen Gesellschaft über ihre Arbeit. Sulfanilamid war in ihrem Bereich; es glitt ihnen, wie schon Gelmo, durch die Finger.

Die chemische Analyse entkleidete das „Prontosil“-Patent jeglichen Wertes. Es gab kein Patent für Sulfanilamid, und wenn es eines gegeben hätte, wäre Gelmo der einzige Mann gewesen, dem es rechtmäßig hätte zugesprochen werden können. Ein Schlüssel war entdeckt worden, der viele Tore öffnete. Gegenwärtig müssen es über 2000 Sulfaheilmittel sein. Von diesen sind etwa ein Dutzend im Gebrauche; die wichtigsten davon sind das ursprüngliche Sulfanilamid, Sulfapyridin, Sulfadiazin und Sulfaguanidin; das letzte hat die Eigenschaft, in den Eingeweiden zu verbleiben und dort die Amöben, die die Tropenruhr verursachen, zu töten.

Warum all diese Tätigkeit? Weil die Sulfaheilmittel giftiger sind als andere. Sulfanilamid zum Beispiel macht die Patienten magenkrank. Abgesehen davon ist es für Eingeweideinfektionen nicht verwendbar.

Wenn man einige der Sulfamittel auf eine Kokkenkultur gießt, bleiben diese am Leben. Warum sind die Mittel dennoch wirksam? Offenbar ist die dünne Verbindung des Keimes zum Wirt unterbrochen. Eine glaubhafte Theorie behauptet, daß die

Sulfagifte störend auf die Ernährung der Keime einwirken, daß sie etwas Lebenswichtiges wegnehmen oder verkrüppeln, so wie ein Automobil sich nicht mehr aus eigener Kraft bewegen kann, wenn sein Magnet oder sein Vergaser entfernt werden. Unfähig weiter zu wachsen, sterben die Keime an Lähmung. Welcher lebenswichtige Teil wird ihnen genommen? Vermutlich ein Enzym. Was ist das? Ein lebendiger Katalysator, ohne den der chemische Lebensvergang unmöglich ist. Der menschliche Magen kann ohne Enzyme die Nahrung nicht verdauen. Einige der Vitamine sind ohne Enzyme ebenfalls ohnmächtig. Wenn eines der „B“-Vitamine, Para-aminobenzoic-acid, mit einem Sulfagift in eine Kulturröhre gebracht wird, beginnt ein Kampf um die Enzyme. Das Acid gewinnt die Schlacht mit dem Ergebnis, daß die Keime sich nicht vermehren können. Durch solche Versuche erfahren die Chemiker, daß die chemischen Eigenschaften der Sulfagifte und der Enzyme ähnlich sind.

Während noch die Sulfagifte ihren Weg in der Heilkunde machten, stellte Dr. René Dubos vom Rockefeller-Institut für medizinische Forschung Versuche mit starken Keimtötern an, die aus dem Boden stammten und die Wunden des Empyema (einer Infektion der Brusthöhle), der Karbunkeln, Furunkeln und hartnäckigen Geschwüre heilten. Tyrothrizin ist der Name eines dieser neuen Keimtöter. Dr. Dubos entdeckte es, als er sich fragte: Wie kann der Boden, der voll von tödlichen Keimen ist, dennoch in Überfülle Pflanzen hervorbringen? Und warum werden Krankheitskeime, die einen Menschen töten, selber vernichtet, wenn er beerdigt wird? Offensichtlich muß sich der Boden selber reinigen. Welches ist das Mittel hierzu? Ohne Zweifel eine Mikrobe. Aber welche? Der Boden ist voll von guten und bösen Mikroben.

Dieses Problem ist so alt wie die Bakteriologie. Dubos löste es, indem er Erde in Töpfe legte und sie mit Kulturen von tödlichen Mikroben tränkte. In den einen Topf brachte er Streptokokken, in den anderen Staphylokokken usw. Monate später prüfte er die Erde, indem er kleine Stücklein davon in trübe Mikrobekulturen tröpfelte. Die Kulturen wurden wasserklar. Offensichtlich hatte die Erde keimtötende Eigenschaften. Sie enthielt etwas, das die Mikroben vernichtete. Aber was? Unter dem Mikroskop stellte Dubos rutenähnliche Zellen fest, die übriggeblieben waren, nachdem die Mikroben in den Kulturen getötet worden waren. Er nannte sie „*Bacillus brevis*“. Die Erde ist voll davon. Dann kam die Aufgabe, den *Bacillus brevis* zu

untersuchen und seine auf die Mikroben so tödlich wirkende Chemikalie festzustellen. Diese wurde isoliert und erhielt den Namen Tyrothrizin.

Es ist schwer, die Wirkung des Tyrothrizins zu beschreiben. Wenn man einer Maus zuerst Pneumokokken und dann Tyrothrizin einspritzt, geschieht ihr nichts. Vergißt man das Tyrothrizin, stirbt die Maus. Eine stecknadelkopfgroße Menge Tyrothrizin genügt zum Schutze. Dennoch gibt es Rückschläge. Wenn man Tyrothrizin durch den Mund einnimmt, wird es einfach aufgesaugt. Beim Einspritzen ins Blut tötet es die roten Blutkörperchen, so daß bei langanhaltenden Versuchen Tiere daran sterben. Wenn man es aber in entzündete Blasen oder Hohlräume des Körpers einspritzt, ist der Erfolg da. Zerstäubt man Tyrothrizin auf eine Wunde oder ein entzündetes Gewebe, so erlebt man innerhalb eines Tages überraschende Ergebnisse. Ohne Rücksicht auf die vorhandenen Körperflüssigkeiten wie Serum, Eiter, Speichel, Urin wirkt Tyrothrizin immer. Man braucht keine Röhren, um Flüssigkeiten wegzusaugen, sondern nur um Tyrothrizin in die Körperhöhlen zu spritzen. Pneumokokken, Staphylokokken und Streptokokken werden getötet. Nunmehr beuten pharmazeutische Gesellschaften den Boden aus, das heißt sie züchten *Bacillus brevis* so wie wir zu Hause Geranien ziehen. Die Sulfagifte werden nicht verdrängt, sondern ergänzt, hauptsächlich dort ergänzt, wo sie unwirksam sind.

Tyrothrizin wird aus der Erde gewonnen, die, wie bekannt, voll von guten und bösen Organismen ist. Ein Gramm feuchter Erde bei gewöhnlicher Sommertemperatur enthält 100 bis 1000 Millionen Bakterien, abgesehen von winzigen Würmchen und hungrigen Pilzen. Dieses Gramm ist das Schlachtfeld, auf dem der Kampf ums Dasein ausgefochten wird. Ihn zu überleben, muß ein Organismus zähe sein. Der *Bacillus brevis*, von dem Tyrothrizin gewonnen wird, ist sehr widerstandsfähig. Wenn er seine Feinde in der Erde besiegen kann, dann auch die Mikroben im Körper. Aber es muß in der Erde auch andere Organismen geben, die eben so zähe, wenn nicht zäher sind als Tyrothrizin. Ein Zufall führte zu der Entdeckung eines chemotherapeutischen Wirkstoffes, der dem Ideal des Arztes besser entspricht als Tyrothrizin und jedes andere Desinfektionsmittel des Heilmittelkataloges. Sein Entdecker ist Dr. Alexander Fleming, und der überaus ideale chemotherapeutische Wirkstoff ist das Penicillin. Fleming hatte Staphylokokken auf flachen Glastellern gezüchtet. Eines Tages bemerkte er, daß die Mikroben an einigen Stellen nicht gediehen. Er stellte grüne Schimmel-

flecken fest, die Folge von zufälligen Verunreinigungen. Zwischen den Schimmelflecken und den Mikroben war nichts. Ein oberflächlicherer Beobachter hätte die Schale weggeworfen und von neuem begonnen. Aber Fleming stellte sich als echter Wissenschaftler einige Fragen. Warum waren an diesen hellen Stellen keine Staphylokokken? Er bewahrte die Schale bis heute auf.

Das war im September 1928. „Ich hatte keine Ahnung, daß ich den Schlüssel zum mächtigsten Heilmittel in der Hand hatte, das je zum Kampfe gegen Entzündungen im menschlichen Leibe verwendet worden war“, sagte Fleming. „Aber das Aussehen dieser Schale mit Kulturen war derart, daß ich dachte, ich dürfte sie nicht vernachlässigen. So zog ich von diesem Schimmelfleck Reinkulturen.“ Zu dieser Zeit konnte er mit seinem Wissen über Schimmel nicht prahlen — „weniger als bloß die Anfangsgründe“, gesteht er. Aber er erkannte diesen besonderen Schimmel als eine Abart von *Penicillium* und nannte ihn Penicillin. Er wußte, daß er einen sehr aktiven Stoff enthalte. Die endgültige Identifizierung des „*Penicillium notatum*“ nahm Dr. Charles Thom vor. Der Schimmel gedeiht auf Käse, Brot und Erde. Dr. Thom sagte: „Hunderte von Mikrobenzüchtern haben Schimmelkolonien gesehen, die von Flächen umgeben waren, auf denen nichts wuchs. Einige von uns versuchten zuweilen herauszufinden, was diese Beobachtung bedeute. Die meisten zeichneten sie auf und vergaßen sie. Aber Fleming hob den Schimmel ab, befreite ihn von andern Lebewesen und stellte das her, was man eine Kultur nennt.“

Fleming studierte das entgegenwirkende antibiotische Verhalten dieser Kultur gegen Staphylokokken und andere Mikroben im einzelnen. Die Mikroben starben alle, selbst wenn die Kraftbrühe, in der sie lebten, mehr als 800mal verdünnt worden war. „Sie war deshalb etwa zwei- oder dreimal so stark als reine Karbolsäure“, schätzte Fleming. Er bemerkte auch, daß dieses Penicillin gar nicht schädlich war, wenn man es Kaninchen und Mäusen einspritzte. Auch griff es nicht die Leukozyten an (die weißen Körperchen, die Straßenkehrer des Blutes). Er wußte, daß er etwas für die Medizin Bedeutungsvolles gefunden hatte. Tatsächlich verwendete er es mit guten Ergebnissen bei der örtlichen Behandlung von schwerheilenden Wunden. Er veröffentlichte über seine Forschungen im Juni 1929 einen Aufsatz im *British Journal of Experimental Pathology*.

So vorzüglich das Penicillin war, so hatte es doch keine guten Erfolgsaussichten, wenn der Schimmel, mühselig und kostspielig

gezüchtet, wenn der Nährboden, auf dem der Schimmel wuchs, chemisch behandelt werden mußte, um eine bloße Prise voll des chemotherapeutischen Salzes zu gewinnen. Fleming wandte sich an die Chemiker um Hilfe, in der Hoffnung, sie könnten das Penicillin analysieren und synthetisch herstellen, so daß man den Schimmel aufgeben könnte. Im Jahre 1932 entschieden die Chemiker, daß das Penicillin zu unbeständig sei, das heißt, daß es sich nicht aufbewahren lasse, und daß daher seine klinischen Möglichkeiten gering seien. Selbst Fleming unterzog sich diesem Urteil, obwohl er weiterhin Penicillin verwendete, um gewisse Mikrobenkulturen zu isolieren. Die Sulfagifte traten in den Vordergrund und schienen gut zu sein. Während Jahren beschäftigte sich niemand mehr mit Penicillin.

Dr. Howard Walter Florey (jetzt Sir Howard) betrat die Bühne im Jahre 1939. Er hatte im Jahre 1938 eine große chemische Untersuchung über Lysozym vollendet, ein die Bakterien auflösendes Gärmittel oder Enzym, das Fleming schon 1922 entdeckt hatte; es wird in Ausscheidungen des Körpers gefunden, besonders in den Tränen, dem Speichel (wir wissen jetzt, warum die Tiere ihre Wunden ablecken) und im Eiweiß. Bevor Dubos sein Tyrothrin bekanntgegeben hatte, war dieses Lysozym der stärkste Bakterientöter dieser Art. Nachdem sich Florey mit diesen Mitteln befaßt hatte, konnte er nicht beim Lysozym stehenbleiben. Er las Flemings Aufsatz von 1929 über Penicillin und konnte nicht verstehen, warum man etwas so Wichtiges über neun Jahre hatte liegen lassen. Er erhielt eine Penicillin-Kultur von der Sir-William-Dunn-Schule für Pathologie — eine, die Fleming weitergegeben hatte. Es war ein reiner Glücksfall, daß *Penicillium notatum* ausgewählt worden war.

Wieder machte man einen Versuch, Penicillin zu isolieren. Es wurde ein Konzentrat hergestellt, tausendmal stärker als die ursprüngliche Flüssigkeit. Selbst das hatte keine giftige Wirkung. Wenige Milligramme heilten versuchsweise Infektionen bei Mäusen. Die ersten ungereinigten Präparate vom Kulturnährboden erhielten nur ein Prozent reines Penicillin; aber sie waren schon in der Lage, das Wachstum der Bakterien in Lösungen von 1 : 500 000 aufzuheben. Dieses Ergebnis war so überraschend, daß Florey und seine Kollegen zuerst dachten, sie hätten eine äußerst reine Form des Penicillins an Stelle des zu 99 Prozent verunreinigten. Nachdem man etwa ein Gramm des rötlich-braunen Pulvers hergestellt hatte — das Natriumsalz des Penicillins — hatte Florey genügend davon, um Versuche an acht Mäusen durchzuführen, die mit einer tödlichen Menge

von Streptokokken geimpft worden waren. Vier Mäuse erhielten Penicillin. Vier nicht. „Wir saßen die ganze Nacht auf und spritzten der behandelten Gruppe alle drei Stunden Penicillin ein“, berichtete Florey. „Ich muß bekennen, daß es einer der erregendsten Augenblicke meines Lebens war, als wir am Morgen feststellten, daß die vier unbehandelten Mäuse tot waren, während die vier mit Penicillin behandelten lebten.“

Es war so schwierig, selbst für die Versuche mit wenigen Mäusen genügend Penicillin zu erhalten, daß Monate vergingen, bevor die erste Probe an einem menschlichen Kranken vorgenommen werden konnte. Dieser erste Patient war ein Polizist, der wegen *Staphylococcus septemica*, einer Blutinfektion, im Sterben lag. Die Sulfahelmmittel vermochten ihm nicht zu helfen, weil die Infektion seinen ganzen Körper ergriffen hatte: Gesicht, Kopfhaut und alles. Nachdem man ihm während fünf Tagen Penicillin eingespritzt hatte, zeigte er Besserung und begann wieder zu essen. Nach zehn Tagen war der Vorrat an Penicillin erschöpft. Darauf vermehrten sich die Mikroben wieder, und er starb. Der zweite Fall endete aus demselben Grunde auf die gleiche Weise. Die nächsten zehn Fälle, alles verzweifelte Fälle, waren volle Erfolge. Wir verdanken Fleming die Entdeckung des Penicillins und Florey und seinen Gehilfen die Enthüllung, was Penicillin in der Heilkunde zu leisten vermag.

Der Europäische Krieg war im Gange. Es bestand eine Nachfrage nach Penicillin. Um Zeit zu gewinnen, bildete Florey eine Forschungsmannschaft, die aus seiner Frau (einer Ärztin), Bakteriologen, Pathologen und Chemikern bestand, unter denen der bedeutendste Dr. Ernst Boris Chain war, dessen Name für immer mit dem Floreys verbunden sein wird. Penicillin mußte in größeren Mengen aus Schimmel hergestellt werden; man mußte es nach jeder Hinsicht untersuchen; es mußte gereinigt werden; wenn möglich, hatte man seine chemische Formel zu bestimmen. Man hatte endlose Schwierigkeiten, um den Schimmel zu schnellerem Wachstum zu veranlassen. Aber sie wurden überwunden. Durch die Luft zugeführte Bakterien infizieren den Schimmel und machen ihn für Versuche untauglich. Endlich erreichte Floreys Mannschaft jedes gesteckte Ziel — jedes, außer dasjenige der Feststellung der chemischen Formel. Neuerliche Forschungen anderer gipfelten in der Herstellung von Penicillin-Salzkristallen, die das äußerste an Reinheit zu sein scheinen. Das reinste bis heute hergestellte Penicillin unterbricht das Wachstum der *Staphylokokken* selbst bei einer Lösung von 1 : 150 Millionen. Man stelle sich vor, daß ein Mann

ein Heer von 150 000 000 Mann schlage und man hat ein Bild von der Kraft des Penicillins. Und Staphylokokken sind widerstandsfähiger als eine Armee. Etwas weniger sind es Gonokokken und Meningokokken. Eines der wenigen Kleinlebewesen, die Penicillin nicht besiegen kann, ist der Tuberkelbazillus.

Das Penicillin ist nicht das stärkste entdeckte bakterientötende Mittel. Im Jahre 1941 isolierten Dr. S. A. Waksman und Dr. H. B. Woodruff das Actinomycin A aus Filtraten von Kulturen aus Pilzen, die die Actinomycosis verursachen. Dieses Actinomycin ist mindestens ebenso wirksam. Warum man es nicht verwendet? Weil es sehr giftig ist. Penicillin ist in den bisher eingespritzten Mengen nicht giftig. Man denke daran: Eine Substanz, die die Mikroben besiegt, ohne den Menschen zu schädigen oder zu töten. Ohne Wirkung auf den Blutdruck, den Herzschlag oder den Stoffwechsel der Organe. Nach ungefähr einer Stunde wird das Penicillin durch den Urin ausgeschieden. Das ist gute Botschaft. Die Sulfameidmittel greifen die Nieren an. Was kann man noch mehr verlangen? Daß man Penicillin durch den Mund einnehmen kann. Hier versagt es, denn es wird durch die Magensäure zerstört.

Zwar tötet das Penicillin die Mikroben nicht im Augenblicke. Es hindert sie nur an der Vermehrung. Man mag denken, das genüge nicht. Aber man bedenke: Daß, wenn die Bakterien nicht in ihrem eigenen Saft sterben, wie es der Fall ist, oder nicht behindert würden, und sich nur eine einzige teilen könnte und immer wieder zu teilen vermöchte, ihre Masse in einer halben Woche ein Schlachtschiff an Schwere überträfe, dann beginnt man sich klarzumachen, was Bakteriostasis, das Aufhören des Wachstums bedeutet. Normalerweise verschlingen die weißen Blutkörperchen die feindlichen Mikroben und schützen so unsere Gesundheit. Unterstützt durch Penicillin können sie es mit Mikroben aufnehmen, die sonst zu triumphieren vermöchten.

Es gibt wenigstens 100 000 Schimmel und Pilze; mancher von ihnen kann vielleicht einen Mikrobentöter hervorbringen, der ebenso gut oder sogar besser ist als Penicillin, zum Beispiel einen, den man schlucken kann, und der uns damit vor den Einspritzungen verschont. „Es wäre, in der Tat seltsam, wenn das zuerst Beschriebene das beste bliebe“, drückt sich Dr. Fleming aus. Manche mit *Penicillium notatum* verwandten Arten wurden geprüft; manche von ihnen erzeugten Penicillin. Die Möglichkeiten zur Auswahl und zur Verbindung von Arten sind noch nicht alle untersucht. Selbst wenn das geschehen wäre, bietet Penicillin immer noch ungelöste Aufgaben. Wie ist seine

chemische Zusammensetzung? Diese Frage muß beantwortet werden, wenn wir einmal auf die Tröge und Flaschen verzichten wollen, in denen *Penicillium notatum* gezüchtet wird. Ein Bestandteil des Penicillins wurde als Schwefel erkannt, ähnlich wie man ihn in allen Sulfahelmmitteln, im Insulin, in mindestens zwei Vitaminen der „B“-Gruppe und in zwei wesentlichen Aminosäuren fand. Vermutlich ist Schwefel wichtiger für den Bestand des Lebens, als wir denken. Wenn das Penicillin schlußendlich in seine Bestandteile zerschlagen wird und der Aufbau seiner Moleküle feststeht, kann die Arbeit der Synthese beginnen. Nachher wird es nicht mehr länger notwendig sein, Schimmel in großen Trögen oder vielen Flaschen so mühsam und so kostenreich zu züchten, daß uns bei einem Dollar für 100 000 Einheiten*) ein Pfund Penicillin auf 100 000 Dollar zu stehen kommt.

Die Chemotherapie hat mit den Arsenverbindungen zur Behandlung der Syphilis, mit den Sulfadrogen, mit Tyrothrin und nun mit Penicillin einen tüchtigen Anfang gemacht. Aber erst einen Anfang. Die meisten Bakteriologen glauben, daß Infektionskrankheiten wirkliche Vergiftungen sind, daß zur Heilung einer Krankheit Gift gegen Gift kämpfen muß, daß sogar Krankheiten nichtbakteriellen Ursprungs möglicherweise chemisch behandelt werden müssen. Der Körper ist ein empfindlicher, ins Gleichgewicht gebrachter Teil eines chemischen Apparates. Wird das Gleichgewicht gestört, werden wir krank, vermutlich weil das Gift das Übergewicht bekommen hat. Der verstorbene Dr. John J. Abel und der ausgezeichnete Pharmakologe John Hopkins pflegten zu sagen: „Wir sind wandelnde Giftläden. Ein erfahrener Chemiker oder Apotheker hätte keine Mühe, aus einigen unserer Organe Pfeilgifte herzustellen, die das Herz eines Wilden erfreuten.“ Unter diesen Giften sind: Das Insulin, das die Verwendung des Zuckers im Körper kontrolliert und für Gesundheit und Leben notwendig ist; das Adrenalin oder Epinephrin, das in den Nebennieren-Drüsen, die gleich oberhalb der Nieren liegen, erzeugt wird und wertvolle Hilfe beim Eindämmen von Blutungen leistet; das von den Nebenschilddrüsen im Nacken erzeugte Hormon, dessen über-

*) Gegenwärtig wird die Stärke des Penicillins in „Oxford-Einheiten“ gemessen. Eine Einheit ist gleich dem Aufwand von Penicillin, der bei einer Lösung in 50 Kubikzentimetern Fleischbrühe gerade die Vermehrung des *Staphylococcus aureus* unterbricht, der Mikrobe, die gewöhnlich Nackengeschwüre und Karbunkeln erzeugt. Penicillin wird als Natriumsalz in Ampullen von 10 000, 100 000 und 1 000 000 Oxford-Stärke-Einheiten in den Handel gebracht.

mäßige Ausscheidung den Kalk in solchem Maße den Knochen entzieht, daß die Beine nicht länger das Körpergewicht zu tragen vermögen. Abel ging so weit, zu sagen, daß „keine lebende Zelle existiert, deren Bestandteile nicht für irgendeine andere Zelle giftig sind“.

Wenn wir dieser weiten Ansicht beistimmen, ist es offensichtlich, daß die Heilkunde immer noch auf einer halbwissenschaftlichen Stufe steht. In einem Serum ist eine heilende Chemikalie. In der Mikrobe ist eine tödliche Chemikalie. Eines Tages werden die Seren vollständig verabschiedet werden. Ihre Stelle wird durch Chemikalien eingenommen werden, die unbeirrbar die erkrankten Teile des Körpers aussuchen und deren Heilung bewirken. Bereits haben Dr. Linus Pauling, Dr. Dan Campbell und Dr. David Pressman vom Kalifornischen Institut für Technik synthetische Gegenmittel hergestellt, wie wir sie in uns automatisch im Kampfe gegen Mikroben erzeugen.

Einige der Vitamine und Hormone werden synthetisch hergestellt. Was ist das anders als ein Verfahren, die Natur in Glasgefäßen zu wiederholen! Wir verwenden Digitalis und Nitroglyzerin bei Herzkrankheiten — ebenfalls Chemikalien. Radio phosphorus und Radio calcium werden eingespritzt, um krebserkrankte Knochen herauszufinden und um anormales Wachstum zu hemmen — ein anderer Fall der Chemotherapie, wenn wir den Begriff weit fassen. Wer kann zweifeln, daß das Heufieber und andere überempfindliche Widerwärtigkeiten das Ergebnis einer chemischen Tätigkeit sind, und daß sie möglicherweise durch Chemikalien behoben werden? Wir können eine Dosis von einer der hundert synthetischen Verbindungen zur Bekämpfung der Schlaflosigkeit einnehmen. Warum? Weil das Nervensystem chemisch angegriffen wurde. Warum altern wir? Weil die Chemie des Körpers sich verändert. Selbst wenn wir unsere Muskeln massieren, spornen wir die chemischen Vorgänge im Körper an. Blicken wir in uns, wohin wir wollen, und wir entdecken chemische Wirkungen. Deshalb ist die Chemotherapie ein Teil der chemischen Revolution, die die Industrie und das Leben verändert — eine Revolution, dazu bestimmt, die Ausübung der Heilkunde zur Würde einer genaueren Wissenschaft, als sie jetzt ist, emporzuheben.

IV

EINE VORSTADT DER ZUKUNFT?

Es ist leicht, die Zukunft mit sonderbaren Maschinen zu füllen, die einen Panamakanal in wenigen Monaten graben können, mit Raketenschiffen, die ebenso regelmäßig zur Venus und zum Mars emporsausen, wie heutzutage ein Dampfer in normalen Zeiten in vier Tagen nach Europa fährt, mit anziehend und reizvoll gekleideten Männern und Frauen, die mitten auf der Straße stehenbleiben und mittels außerordentlich empfindlicher Taschensender mit Freunden in tausend Meilen entfernten Städten plaudern. Das ist bloß romanhaft. Wenn wir das heute Erreichte betrachten, zeigt es sich, daß es in gewissem Sinne schon vor Jahrhunderten bedacht wurde.

Als Watt die Dampfmaschine erfand, ging die Folgerung voraus, daß eines Tages Lokomotiven Züge schleppen, und Schiffe statt durch Segel mittels Dampf betrieben werden würden. Als die Nähmaschine erfunden wurde, brauchte es keine hellseherische Anlage, um billigere und bessere Kleidungen vorauszusagen. Und als die Kunstseide kam, war es offensichtlich, daß die Warenhäuser eines Tages Kleider verkaufen würden, die wie Seide aussehen, die aber den Mitteln jeder Frau zugänglich wären. Die Zukunft wächst gegenwärtig in tausend Laboratorien. Man kann sie sogar schon in Warenhandlungen und Kaufläden sehen. Die Büchsen und Lebensmittelverpackungen auf den Gestellen des Kolonialwarenhändlers und der billige Kleiderschmuck aus Kunstharzen sind Pfeile, die in die Richtung weisen, welche die Welt gehen wird. Zeit ist hier ein nebensächlicher Faktor. Wenn man der Forschung ihren Lauf läßt, kann sich das Leben in den nächsten fünfzig Jahren mehr ändern als seit dem Auftauchen des Automobils und des Rundfunks. Andererseits kann es aber auch hundert Jahre dauern, bevor die kommenden Generationen in der Lage sind, die Entdeckungen auszubeuten, die heute in den Laboratorien gemacht werden.

Wenn man das heutige Leben mit dem zur Zeit von Andrew Jackson vergleicht, erkennt man sofort, wie stark die Nivellierung ist. Es ist gegenwärtig schwer, „verschieden“ zu sein. Massenproduktion und Massenverbrauch sind nur möglich, wenn gleicher Wunsch und Geschmack vorhanden sind. Wir trinken Wasser von der gemeinsamen Brunnenstube, verbrennen Gas,

das aus dem gemeinsamen Gasometer stammt, verbrauchen Elektrizität, die aus einem gemeinsamen Kraftwerk kommt, lesen bei Lampen, die gleich sind, fahren in Automobilen, die einander sehr ähneln, hören auf ein Rundfunkprogramm, das für den ganzen Kontinent gesandt wird, lachen bei einem Filmstück, das zu gleicher Zeit auf Hunderten von Leinwänden erscheint: wir essen verpackte Lebensmittel, die dieselben sind in jedem Kolonialwarengeschäft von Genf bis Rorschach. Mit einem Wort: wir sind ein stark genormtes Volk. Der Zug zur Normung wird das wesentliche Element werden, so daß mit dem Vergehen der Jahrzehnte die Heime einander noch ähnlicher werden als jetzt. Es wird sozusagen unmöglich werden, einem ausgefallenen Geschmack in der Kleidung, Nahrung und bei mechanischen Fahrzeugen zu huldigen. Man darf nicht vergessen, daß sogar in unserer Zeit der Bruder Isadora Duncans wegen unanständigen Benehmens verhaftet wurde, 'bloß weil er in einer schicklichen und kleidsamen Toga durch die Fünfte Avenue spazierte. Stürmischer Individualismus verschwindet vor unseren Augen und mit ihm ein vielseitiger Haushalt. Das Leben wird in der Zukunft zwar maschinenähnlicher sein, dennoch nicht eng und grau.

Betrachten wir einmal in nicht allzuferner Zukunft das Heim der Familie Babcock in Oakwood, einem hauptstädtischen Vorort. Das Heim ist „funktionell“, wie das fortschrittliche Architekten nennen, worunter sie verstehen, daß es in seinem Entwurf und in seiner Ausstattung äußerst praktisch ist. Zur Zeit, da es gebaut wurde, hatte man bezüglich des Häuserbaues viel von Flugzeugen gelernt. Es wurde nicht, wie noch unsere heutigen Häuser, auf der Baustelle zurechtgeschneidert, sondern es ist zusammengesetzt. Der Chemiker hat dabei soviel zu sagen wie der Architekt. Das Gewicht und die Kosten des Baumaterials im frühen zwanzigsten Jahrhundert sind schuld daran, daß die Häuser nicht fabrikmäßig hergestellt werden. Stahl, Steine, Beton, Glas, gebrannte Ziegel, Backsteine und ähnliche schwere Materialien müssen zuletzt Platten aus synthetischen Stoffen weichen, die ebenso leicht sind wie Kork. Aus solchem Material ist das Haus der Familie Babcock erbaut. Ein Zehntonnenwagen schleppt alle Wände und Fußböden zur Baustelle. Man braucht gerade vierundzwanzig Stunden, um das Ganze zu errichten, die notwendigen Leitungen für Elektrizität und Wasser herzustellen und die Möbel einzuordnen.

Dieses Haus ist wie tausend andere; dennoch unterscheidet es sich von ihnen. Es ist in allen Teilen genormt, aber es bietet

keine Schwierigkeit, die Türhalle dort einzusetzen, wo man sie wünscht, und die Zimmer in der Reihenfolge anzuordnen, wie es einem am besten erscheint. In der Tat können Babcocks das Haus niederreißen, die Küche in den zweiten Stock, die Schlafzimmer in das Erdgeschoß verlegen, wann immer sie Lust haben.

Wenn einem eine solche leichte, aber starke Bauart immer noch als unmöglich erscheint, bedenke man, was die Ingenieure bereits getan haben. Einige Brücken besitzen Grundbalken aus Aluminiumlegierungen. Bereits kann man Arbeiter mit Aluminiumträgern auf den Schultern dahinschreiten sehen, die sonst mittels eines Kranes gehoben und bewegt werden müßten, wären sie aus Stahl. Angesichts der Stromlinienzüge und Flugzeuge aus Leichtmetall, bei denen unnützes Totgewicht vermieden ist, erscheint ein schwerer Pullman aus Stahl heute schon als unzeitgemäßer Scherz. Stahl wird in Zukunft den Werkzeugen vorbehalten bleiben. Wenige Lastwagen werden in Zukunft alle Maschinen befördern, die ein Kraftwerk braucht, um eine Stadt zu beleuchten. Das Haus der Babcock ist einfach ein Erzeugnis der Ingenieurkunst und der Chemie des frühen zwanzigsten Jahrhunderts.

Man kann im Heime der Babcocks die Hand auf eine Lampe legen und dennoch keine Hitze verspüren. Das Licht ist kalt. Wenn man ablehnt, an dieses kalte Licht zu glauben, betrachte man den Leuchtkäfer oder die Bakterie, die auf den Lebensmitteln im Kühlschrank schimmert. Die Ingenieure haben immer die Tatsache beklagt, daß wir etwas verbrennen oder Metall bis zur Weißglut erhitzen mußten, um eine Straße oder eine Wohnung zu erleuchten und dabei 95 Prozent der Kraft in unerwünschte Hitze zu verschwenden. Die industrielle Forschung hat uns die schimmernde Lampe geschenkt, die wir an- und ausknipsen wie eine gewöhnliche elektrische Lampe. Aber sie ist im Vergleich zum Leuchtkäfer noch immer unwirksam. „Luciferin“ ist der Name des chemischen Stoffes, der einige Insekten, Fische und Bakterien zum Glühen veranlaßt. Er muß isoliert und dann für den Gebrauch mit ein wenig Sauerstoff verbunden werden, damit er brennt. Wenn man ihn verwendet, ist es möglich, daß die Straßen von Oakwood Tag und Nacht erhellt sind. Im Hause der Babcocks fallen Deckel über die Glühbirnen, wenn das Licht unerwünscht ist.

Die Stadt Oakwood ist staubfrei, denn sie ist vollständig mit einem Dach aus unzerbrechlichem durchsichtigen Kunstharz bedeckt. Niemand braucht in der Stadt Regenschirme, Überschuhe, Übermäntel, Schneeschaufeln und ähnliche Notwendigkeiten un-

serer Zeit. Im ganzen Raum unter dem riesigen Dach wird durch eine städtische Anlage die Luft temperiert — eine natürliche Ausweitung unserer Versuche mit Klimaanlage zuerst in Einzelzimmern, Häusern, Gaststätten, Hörsälen und schließlich in ganzen Bürogebäuden. Abgesehen von dieser Normung der Klimaanlage für eine ganze Stadt, besitzen die Babcocks eine gewisse Kontrolle über das Klima ihres Heimes. Sie können die Stadtluft durch Kühler oder Erhitzer strömen lassen, wenn ihnen deren Temperatur nicht paßt, durch Metallflaschen mit flüssigen synthetischen Stoffen, die ihnen den Duft norwegischer Kiefern oder des Meeres vermitteln.

Das Wetter stört in Oakwood weder Geschäft noch Vergnügen. Wenn ein Abenteurer vom Streifzug durch das offene Land zurückkehrt, prahlt er mit den Bächen, durch welche er plantschte, oder mit dem peitschenden Regen, mit dem er sich herumbalgte. Es wäre unmöglich gewesen, die Stadt und die Klimaanlage einzuschließen ohne die ingenieurwissenschaftlichen und chemischen Fortschritte, die den Architekten der fabrikmäßigen Bauten leichte, aber haltbare Materialien in die Hand gegeben haben.

Es gab eine bittere Debatte über dieses riesige Dach. Sollte es durchsichtig oder dunkel sein? Alle Ingenieure waren dafür, die Sonne auszulöschen, und die Straßenlampen während vierundzwanzig Stunden im Tage glühen zu lassen. Sie wiesen darauf hin, daß es schon im Jahre 1925 kostspieliger war, Fenster zu reinigen, als die elektrischen Lampen brennen zu lassen. Schließlich gewann die Tradition, und die Stadt erwarb ein durchsichtiges Dach.

Wenn man wissen will, wie die Babcocks frühstücken, mittagessen und nachtmahlen, muß man nur erwägen, wie heute die meisten von uns essen. Man betrachte die Gestelle der eigenen Speisekammer und des Kühlschranks — die Büchsen mit Gemüse, Suppen und Fruchtsäften, das eingemachte Fleisch, die getrockneten Suppen und Gemüse, die Packungen mit Getreide, Zwieback und geröstetem Brote, das vom Bäcker gelieferte Brot, die Schachteln mit gefrorenem Fleisch, Früchten und Gemüse. Es ist selbstverständlich, daß ein großer Teil unseres Kochens durch Fabriken besorgt wird. Manche Hausfrau bereitet das Nachessen für eine fünfköpfige Familie in einer Stunde, indem sie den Inhalt einer Büchse oder einer Verpackung in einen Topf oder eine Pfanne leert und einen Gas-herd anzündet.

All das ist in der Redeweise der Professoren „gesellschaftlich bedeutsam“. Das heißt, daß wir in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts in einem Zustande des Überganges leben, und daß trotz allen gefühlvollen Lobeserhebungen, die zugunsten der Pasteten, des Brotes und der Kuchen, wie sie Mutter zu backen pflegte, verschwendet werden, das Kochen als große Plackerei betrachtet wird. Der nächste Schritt ist offensichtlich die Zubereitung von essenfertigen warmen und kalten Gerichten in der Fabrik und ihre Lieferung ins Haus.

Wenn Mrs. Babcock das Nachtessen wünscht, öffnet sie die „Oakwood Sun“ auf Seite zwölf. Dort findet sie zwanzig Speisezetteln. Hat sie sich entschlossen, wählt sie Oakwood 229, die Nummer der Staatlichen Lebensmittelgesellschaft und spricht: „Hier ist Röhre 7564. Bitte senden sie mir um sieben Uhr Nachtessen Nummer neun der heutigen Karte.“ Genau um sieben Uhr fällt ein nach dem Prinzip der Thermosflaschen konstruierter Torpedo, der die warmen Speisen warm und die kalten kalt hält, mit einem dumpfen Schlag aus einer Rohrpoströhre auf den Tisch der Speisekammer. Mrs. Babcock schiebt den Deckel beiseite und erblickt darin Suppe, Fleisch, Tunken, Salat, Nachtisch, eine Flasche mit Kaffee, Zucker, Pfeffer, Messer, Gabeln, Löffel, Geschirr. Sie richtet die einzelnen Gänge auf Tellern und Platten aus Kunstharzen an, die ungefähr 10 Cents für die Mahlzeit einer fünfköpfigen Familie kosten. Nach dem Nachtessen schickt sie das Besteck und das Kunstharzgeschirr der Staatlichen Nahrungsmittelgesellschaft zurück. Nicht weil das Geschirr noch einmal gebraucht würde — denn es wurde durch das Besteck zerkratzt — aber es wird an eine chemische Fabrik verkauft, um eingeschmolzen zu werden. Mrs. Babcock werden dafür 2 Cents gutgeschrieben.

Das Nachtessen ist zum Teil synthetisch. Die Gemüse sind „echt“, weil sie in den Laboratorien nicht zu einem erträglichen Preise hergestellt werden können. Aber das Fleisch stammt nicht aus dem Schlachthause. Dennoch gibt es etwas, das Rinderbraten mit scheinbarem Knochen oder gebratenem Truthahn gleichsieht.

Weil die Babcocks die Vergangenheit ebensoehr ehren wie wir, sieht das Rindfleisch dem Rindfleisch und der Truthahn dem Truthahn ähnlich. Tradition entzündet den Weihnachtsbaum noch heute, weil dieser Baum uns von vorchristlichen Heiden überliefert wurde. Das amerikanische Friedens- und Erntedankfest ist auch für die Babcocks noch die gleiche Feier; etwas in die Form eines Vogels Gegossenes mit glänzender,

brauner Haut und Oberschenkeln, wird, obwohl zur Konvention geworden, an diesem Tage in Übereinstimmung mit den alten Gebräuchen gegessen.

Man braucht keine Prophetengabe, um voraussagen zu können, daß dieses Nachtessen von Chemikern und nicht von erfahrenen Köchen zubereitet wird. Die Aufsätze, die wir heutzutage über Kalorien und Vitamine lesen, lassen keine andere Deutung zu. Gegenwärtig beschränken sich die Chemiker darauf, uns zu sagen, was wir essen sollten, um gesund zu bleiben. Sie überlassen es uns, die mineralischen Salze und die Vitamine beizufügen, die wir aus den Lebensmitteln herauskochen. Der nächste Schritt ist offensichtlich die Zubereitung der Mahlzeiten durch geschulte Chemiker, die zwar niemals ein Gericht kosten werden, die es aber gleicherweise herstellen wie ein Apotheker die Rezepte.

Es gibt im Hause der Babcocks wohl Zeitschriften und Zeitungen, aber keine Bücher. Die Familie besitzt eine Bibliothek von 10 000 Rollen Kleinfilm, auf denen die beste Weltliteratur photographiert wurde. Wenn Mr. Babcock sich mit der Statistik über die Erzeugung von synthetischem Elfenbein in China unterrichten will, schiebt er den betreffenden Film in einen Projektionsapparat und liest die Tabellen und den zugehörigen Text auf einem schrägen Lichtschirm von der Größe einer unserer Fensterscheiben. Ein neunundzwanzigbändiges Lexikon hat in einer Zigarrenschachtel Platz. Ein umfangreiches Wörterbuch kann in der Hüfttasche getragen werden. Die ganze Bibliothek von 10 000 Filmen ist in den Schubladen des Projektionsapparates untergebracht. Zeitungsbüros verkleinern die jährlich gebundenen Ausgaben der Nachrichten auf wenige Kubikzoll (ein Zoll gleich 2,54 Zentimeter). Das Volkszählungsamt der Vereinigten Staaten leert gleicherweise ganze Räume von zerbröckelnden, vergilbten Akten. Die Babcocks genießen den ganzen Erfolg unserer raumsparenden Versuche.

Selbstverständlich gibt es einen Fernsehapparat mit einer besonders bearbeiteten, als Leinwand dienenden Wand, so daß die in Paris oder London mit hervorragender Besetzung gespielten Stücke in Lebensgröße erscheinen. Mrs. Babcock macht ihre Einkäufe mittels des gleichen Fernsehapparates. Die Waren werden ihr zur Prüfung gezeigt; man spricht über ihre Vorzüge und Mängel. Die Wand dient auch als Lichtschirm für Filme. Zeitungen werden zu Hause durch ineinanderspielende Fernseh- und Rundfunkapparate auf Metern von Papier gedruckt. Dies auf Grundlagen, die von den Erfindern schon 1936 entwickelt wurden. Wenn Mr. Babcock zu Hause oder im Büro einen Brief schreiben will, spricht er in eine Diktierschreib-

maschine — die Fortentwicklung einer unzulänglichen Maschine, die John Flowers in den zwanziger Jahren des neunzehnten Jahrhunderts ersonnen und ausprobiert hatte. Da die Aussprache mancher Wörter wie „Saite“ und „Seite“ oder „lehren“ und „leeren“ sich nicht mit dem Schriftbild deckt, schreibt die Maschine dem Klang entsprechend.

Im Haushalt der Babcocks gibt es keine Seife. Wenn Mr. Babcock sich duscht, öffnet er einen Hahn mit einem Reinigungsmittel, das den wenigen Schmutz auf seiner Haut auflöst. Er trocknet sich mit einem Windstoß heißer Luft. Der Rasierapparat seines Großvaters war der einzige, den er je erblickte. Er bewahrt ihn wie ein Erbstück. Er rasiert sich, indem er ein Enthaarungsmittel auf seinem Gesicht einreibt, das alle Haare in 15 Sekunden entfernt.

Wie kleidet sich Familie Babcock? Die meisten Propheten nehmen an, daß sie reizvolle billige Kleider tragen und sie nach einer Woche wegwerfen wird. Die Billigkeit der Kleider wird von der menschlichen Natur leichter angenommen als der Wechsel. Wenn die Geschichte der menschlichen Rasse vom Höhlenbewohner bis zur Park-Avenue uns etwas lehrt, dann das, daß man in Oakwood ebenso der Mode gehorcht wie im New York des Jahres 1946. Es ist sicher, daß die Kleider der Babcocks von der Natur entfernter sind als die unsrigen. Mit andern Worten: Sie kleiden sich nicht in Gewebe aus natürlichen pflanzlichen und tierischen Fasern wie Baumwolle und Wolle. Wir haben heute nur drei oder vier Kunstfasern, die Babcocks kennen deren Hunderte. Statt aus Wolle werden die Bettdecken aus luftgekühltem, aufgeblasenem, federleichtem Glas hergestellt. Mrs. Babcock selbst kleidet sich zum Tanze in luftgefrorenes Glas. Das Reinigen ihres Abendkleides bereitet keine Schwierigkeiten. Sie taucht es in Wasser und wischt es mit einem Schwamme ab.

Es ist eine der kennzeichnenden Unfolgerichtigkeiten unserer beträchtlich mechanisierten Zeit, daß wir auf unsern feierlich gedeckten Tischen Kerzen brennen und uns des Besitzes von Altertümern rühmen. Ungeachtet der Voraussagen eines H. G. Wells und anderer, die die Schatten der kommenden Dinge entwerfen, sind die Babcocks so unlogisch wie wir. Sie bezahlen auf Versteigerungen hohe Preise für unsere häßlichen Dampfzentralheizungskörper (je rostiger, um so besser), die abgeschmackten Beleuchtungskörper, die elektrischen Brenneisen, Brotröster und Staubsauger und statten ein Stilzimmer mit ihnen aus, bloß um die altfränkische Eigentümlichkeit der Jahre von 1930 bis 1940 wiederzugewinnen. Es braucht mehr Zeit und Mühe, diesen Raum in Ordnung zu halten als das ganze übrige Haus.

Das Reisen ist die hauptsächlichste Erholung der Babcocks und ihresgleichen. In Oakwood findet niemand etwas Besonderes darin, ein Wochenende in Argentinien oder am Himalaya zu verbringen, oder eines Abends in Paris das Nachtessen einzunehmen und am folgenden Morgen rechtzeitig im Büro zu sein. Flugzeuge durchjagen die Stratosphäre, wo es keine Winde und immer schönes Wetter gibt. Unsere heutigen Stratosphärenflugzeuge fliegen bloß an der Oberfläche des dicken, sturm-erfüllten, widerstandleistenden Bodensatzes der Luft, in der wir leben und atmen. Eine Geschwindigkeit von 1000 Meilen (= 1609 Kilometer) in der Stunde ist bei den großen Flugzeugen der Zukunft üblich; das bedeutet, daß sie in der Lage sind, die Erde in vierundzwanzig Stunden zu umfliegen und mit der Sonne Schritt zu halten. Um ihren Flugweg zu erreichen, müssen sie 10 Meilen (= 16 Kilometer) in die Höhe klettern, weshalb ihre Kabinen luftdicht versiegelt und mit Luft der richtigen Temperatur und des richtigen Druckes versehen sind. Für den Privatgebrauch gibt es Heliconter, die senkrecht emporsteigen, und Flugzeuge, die mit 400 Meilen in der Stunde (ca. 650 Kilometer) dahinsausen.

Die Automobile in der Garage der Babcocks sind schneller als die unsrigen. Deshalb sind die Straßen gerader, breiter und sogar ebener als die unsern. Wegen der Geschwindigkeiten, die 150 Meilen in der Stunde (ca. 240 Kilometer) erreichen, gibt es eine ausgeklügelte Verkehrskontrolle. Ein Verkehrspolizist auf einem hohen Turme überwacht aufmerksam die Straße. Jeder Wagen muß einen Rundfunkapparat besitzen. „Sie dort, in der grünen Limousine, Polizeinummer XY-2465, beachten Sie die Haltesignale“, warnt die Kontrolle, und ihre Worte werden vom sorglosen Fahrer gehört, wie sie aus dem Lautsprecher des Wagens dringen.

Es gibt noch immer Eisenbahnen, aus dem einfachen Grunde, weil es keine Möglichkeit gibt, Fracht und Hunderte von Fahrgästen so billig wie mit den Bahnen zu befördern. Aber die keuchenden, rauchenden Lokomotiven fehlen. Die Bahnen werden elektrisch betrieben. Überdies laufen sie auf einer einzigen Schiene, die Räder hintereinander angeordnet. In den Patentschriften häufen sich heute wirre Haufen von Beschreibungen solch einschieniger Eisenbahnen mit hoher Geschwindigkeit. Wie stehen sie beim Halt eines Zuges auf den Bahnhöfen? Mittels eines Gyroskopes, eines sich schnell drehenden Kreisels. Jedermann hat schon versucht, einen Kreisel anzutreiben, bloß um ihn immer wieder hartnäckig sich aufstellen

zu sehen. Wenn ein einschieniger Zug auf einem Bahnhof umzufallen droht, richten ihn ein paar Gyroskope wieder auf.

Es ist unmöglich, hier alle Maschinen anzuführen, die alle im Grundlegenden bereits erfunden wurden und für die die Zukunft bessere Verwendung haben wird als wir. Musikinstrumente werden Zusammenstellungen von luftleeren Röhren sein, die jeden Ton, sei es das Klagen einer Geige oder das Pfeifen einer Flöte, das Wirbeln einer Trommel oder das Schmettern der Trompeten, erzeugen. In den Fabriken werden Maschinen andere Maschinen herstellen. Nur wenige Menschen werden dabei stehen, um Störungen zu überwachen. In Warenhäusern werden Maschinen Tuchballen, Geschmeide, Werkzeuge auswählen und sie von irgendeinem entfernten Lager zu einem Ladentische zur Vorführung bringen. Die Buchhaltung wird sogar noch mechanischer sein als heute. Photoelektrische Zellen laufen über jedes Konto, lenken die Aufmerksamkeit auf die überzogenen und veranlassen sogar Maschinen, Mahnbriefe zu schreiben. Aufgaben der höheren Mathematik werden durch Maschinen gelöst, die aus den heutigen weiterentwickelt wurden. Ganze Berge werden wegen des dafür nötigen Kupfers, Zinns und Nickels niedergerissen und zermalmt werden.

Blicken wir, wohin wir wollen, und wir sehen, daß wir immer mehr von Maschinen, deshalb von Energie abhängen. Selbst heutzutage ereignet sich ein kleineres Unglück, wenn der Blitz ein Kraftwerk trifft und Kurzschluß in den elektrischen Maschinen verursacht. Das Licht geht aus, die Filtriermaschine hört auf, Kaffee zu brauen, die Eismwürfel schmelzen in den Kühlschränken, Brotschnitten bleiben bleich in den Röstapparaten, die Trolleybusse halten an, eine ganze Stadt ist gelähmt. Was die Kultur der Zukunft von der unsern unterscheidet, ist die Verwendung von Energie und durch diese die Kontrolle der Umwelt. Da die ursprüngliche Welt nicht gut genug ist, haben Ingenieure und Chemiker sie verändert, seit sie es vermochten. Dampfgeheizte Wohnungen statt Keller, elektrisches Licht statt des Mondes oder Feuers. Eisenbahnzüge und Flugzeuge an Stelle von Muskeln. Wasser aus einer entfernten Brunnstube von einem Hahn statt von einem Ziehbrunnen, gewobene Stoffe statt Häute — wir sind durch die Verwendung von Energie in zwanzigtausend Jahren weit gekommen. Gebt dem Ingenieur noch mehr Energie, billigere Energie, und er wird die Erde modernisieren, um den Bedürfnissen der Menschheit entgegenzukommen. Wir mögen rufen so laut wir können, „zurück zur Natur!“, aber der Wissenschaftler in uns antwortet: „Vorwärts zum Laboratorium und zur Maschine!“

KEINE KOHLE MEHR — WAS DANN?

Vermutlich schon im Jahre 2500, sicher nicht später als im Jahre 3000, wird das letzte Stücklein Kohle in der Form von Koks in einen Ofen geworfen werden. Ein Jahrhundert später werden die Museen für einen Klumpen englischer Kannelkohle (vorzügliche, harte Kohle) oder amerikanischer Dampfkohle soviel bezahlen wie für das Ei eines Dinosaurus. Daneben wird man auf einem Zettel lesen können:

Seminolen — KOHLE

Zwischen den Jahren 1800 und 2500 (der sogenannten Kohlenzeit) gewann man Energie hauptsächlich von versteinertem Holz oder Kohle. Kohle wurde zuerst zur Erzeugung von Dampf verbrannt, als Newcomen im achtzehnten Jahrhundert die Dampfmaschine erfunden hatte. Ein Jahrhundert später wurde die Dampfmaschine (James Watt) in Europa und Amerika für alle industriellen Zwecke allgemein eingeführt.

Um das Jahr 2500 werden in aller Welt rund zweitausend Millionen Tonnen Kohle gefördert worden sein. Später wird es technisch unmöglich, die tiefer gelegenen Flöze zu nutzen. Ungefähr die Hälfte dieser Kohle wurde nicht destilliert, sondern einfältigerweise verbrannt und damit vergeudet. Die Preise stiegen stetig von 25 Cents die Tonne in der Grube im Jahre 1850 auf über 300 Dollar die Tonne im Jahre 2000, so daß trotz der äußersten Wirtschaftlichkeit in der Entwicklung von Nebenprodukten (siehe nächster Schaukasten) und trotz der zwingenden Anwendung der Quecksilberturbine die Industrien nach und nach die Kohle zugunsten anderer Energiequellen aufgaben.

Es ist Tatsache, daß seit ungefähr fünfzig Jahren sich die Regierungen, Ingenieure und Wirtschaftler über unsere Kohlenreserven sorgen. Im Jahre 1910 verkündete der verstorbene Sir William Ramsay, einer der größten englischen Chemiker, vor der Britischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft das Verhängnis Englands. Die Szene glich der aus einem Roman von Wells. Ein großer Wissenschaftler warnte sein in Industrie und Handel noch immer führendes Land. Seine Vorherrschaft beruht auf der Kohle. Diese reicht aber wahrscheinlich nicht mehr länger als für einhundertfünfundsiebzig Jahre aus. Noch leben Männer, die dabei waren und die sich der

lautlosen Stille erinnern, welche die Zuhörer befahl. Seit Jahren hatte kein Wissenschaftler seinesgleichen derart aufgerüttelt. England muß, vom Schicksal getroffen, den gleichen Weg gehen wie Ägypten, Griechenland und Rom! Es schien unglaublich. Doch konnten die Zahlen der Förderung und des Verbrauches an Kohle nicht bestritten werden. Die übrige Welt war in einer ähnlichen schlimmen Lage, wenn auch nicht in einer so unmittelbar bedrängten. Im Ganzen gesehen gab es noch genug Kohle, um die Welt noch für ungefähr tausend Jahre im Gang zu halten. Was aber dann?

Wie in einem Roman von Wells war das Parlament genügend aufgestört, um etwas zu unternehmen. Die Britische Wissenschaftliche Gesellschaft wurde beauftragt, bekannte und unbekannte Möglichkeiten des Maschinenantriebes zu überprüfen, Ebbe und Flut, die Kraft des Windes und der Wasserfälle, die innere Hitze der Erde, die chemische Energie von Holz und Torf, der Vorrat von Kraft in jedem Atom, sogar das Drehen der Erde um ihre Achse und ihre Jahresbahn durch das Weltall wurden kritisch untersucht. So verzweifelt war der offensichtliche Mangel an Kohle, daß keine Anregung wild genug war, um in Bausch und Bogen zurückgewiesen zu werden. Andere britische Ausschüsse haben seit dieser historischen Versammlung der Britischen Gesellschaft besondere Energiequellen untersucht.

Die Kohle ist bequem; wir sind dermaßen an deren Verwendung gewöhnt, daß wir nicht einen plötzlichen Wechsel, sondern nur den allmählichen Übergang zu einer andern Energiequelle sehen. Der Ingenieur will immer tiefer graben, schneiden und sprengen. Wie weit können wir gehen? Keiner weiß es. Die Gruben führen heute bis zu einer Tiefe, die man vor fünfzig Jahren als hoffnungslos betrachtete, weil die Ingenieure bessere Lüftungssysteme, Maschinen zum Hauen der Kohle, wirksame Aufzüge und elektrische Lokomotiven erfunden haben. Man wird Tiefen erreichen, die heute noch unglaublich erscheinen. Sobald dies der Fall sein wird, werden die Ingenieure nicht der Kohle, aber der Hitze gegenüberstehen, der inneren Hitze der Erde, einer so starken Hitze, daß sie an die Stelle von Treibstoff treten kann. Je tiefer ein Schacht abgeteuft wird, desto größer ist die sich entgegenstellende Hitze. In der Village Deep Mine in Johannesburg wird die herumströmende Luft in der Tiefe von 7000 Fuß (ca. 2133 Meter) so heiß, daß sie imstande wäre, 3000 Pferdestärken zu erzeugen, würde sie entsprechend verwendet.

Angenommen wir bohren nach Hitze. Aus einem einzigen Bohrloch könnte weit mehr Energie gewonnen werden, als die Vereinigten Staaten benötigen. Sir Charles Parsons, der Erfinder der Dampfturbine und einer der großen Ingenieure unserer Zeit, legte einmal einen solchen Plan der Britischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft vor. Er verlangte, einen Schacht bis in die Tiefe von 12 Meilen (ca. 19,2 Kilometer) zu treiben. Die Kosten? Zwischen 25 und 100 Millionen Dollar. Die Zeit? Zwischen fünfzig und fünfundachtzig Jahren. Die Ingenieure erhoben Einwände. Der Felsen würde einstürzen und den Schacht zermalmen. Daraufhin machte Professor Frank D. Dams in Montreal einige Versuche und bewies, daß in Kalkstein und Granit Tiefen von 15 bis 30 Meilen (ca. 24 bis 48 Kilometer) möglich sind. Parsons erschienen die dafür nötigen Auslagen gering im Vergleiche zu dem daraus erwachsenden Nutzen — neue Erkenntnisse über den Aufbau der Erde, Flöze von radioaktiven Mineralien, Gold und andere wertvolle Metalle und vor allem Energie, unbegrenzte Energie aus den glühenden Felsen.

Die zu überwindenden technischen Schwierigkeiten sind bedeutend, wenn Parsons Vorschläge tatsächlich ausgeführt werden sollten. Je tiefer die Grubenarbeiter vorstoßen, desto höher wird die Temperatur. Wie vermögen sie die Hitze zu ertragen? Der englische Ingenieur John Hodgson, der ebenfalls der Erde Energie abzapfen möchte, schlug mit gekühlter Luft aufgeblasene Kleider vor. Es müssen auch Mittel gefunden werden, die es erlauben, mit dem Schacht in siedend heißes, aus unterirdischen Quellen sprudelndes Wasser vorzustößen, und die Arbeitsplätze in einem bisher unausgeprobten Ausmaße zu lüften. Man muß neuartige Schachtverkleidungen erfinden, die den widerstrebenden gewaltigen Druck aushalten.

Wenn nach der inneren Hitze der Erde gegraben werden soll, muß die Dampfmaschine noch immer als unerläßliche Triebkraft hingenommen werden. Es muß auch eine Tiefe von Meilen erreicht werden, bevor Kraftwerke unterirdisch erbaut werden können — Kraftstationen, in denen die gleiche Temperatur das ganze Jahr vorherrschen und ein künstliches Klima ständig aufrechterhalten werden wird. Die Menschen des Kraftwerkes werden von und nach Hause eine größere Strecke senkrecht reisen, als dies gegenwärtig täglich der durchschnittliche Vorortsbewohner tut, der in New York arbeitet und in New Jersey schläft.

Lange bevor Hitzegrubengesellschaften gegründet werden, wird sich die Industrie, um sich selbst zu retten, mit den Ge-

zeiten beschäftigen. Was kann leichter und einleuchtender sein, als das Wasser vom Mond über die Oberfläche der Erde hochtreiben zu lassen und es in ein Sammelbecken einzuschließen, so daß es durch ein Rohr wieder abwärts fließen und ein Wasserrad zu treiben vermag, das Elektrizität erzeugt? Leicht und einleuchtend — aber kostspielig im Vergleich zu den Kosten einer Dampfanlage in der ersten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts.

In dem 40 Quadratmeilen (ca. 103,5 Quadratkilometer) großen Mündungsgebiet der Severn, wo das Meer bei Flut um 28 Fuß (ca. 8,5 Meter) steigt, kostet eine Kraftanlage 150 Millionen Dollar, wobei die Auslagen für Material und Arbeit den Hauptanteil tragen. Rund 100 Millionen Dollar erforderte es, um die Gezeitenhöhe von 60 Fuß (ca. 18 Meter) der Fundybai auszunützen. Nur wenn England einer Kohlenkrise gegenübersteht, wird die Severn zu einem Kraftwerk werden. Passamaquoddy, Maine, hat diese Möglichkeit schon heute. Dort kann man 500 000 Pferdestärken erzeugen, wenn ein Absatzgebiet gefunden wird. England wird gewiß eines Tages seine Gezeitenenergie ausnützen müssen. Ein Sonderausschuß, der zufolge der Prophezeiungen Ramseys eingesetzt wurde, hat alle für Gezeitenkraftwerke geeigneten Plätze der Britischen Inseln festgestellt. Der Severn war eine Abhandlung ganz allein gewidmet.

An zweiundsiebzig Stellen der Britischen Inseln übersteigen Ebbe und Flut die Höhe von 10 Fuß (ca. 3 Meter), wo eine beständige Energieerzeugung von mindestens 1000 Pferdestärken erreicht werden kann. Vier Millionen Pferdestärken könnten sogar heutzutage in Großbritannien und Irland erzeugt werden, wenn man dem Mond die Förderung des Wassers überläßt. Aber damit würde man jährlich nur 40 Millionen Tonnen Kohle sparen. Großbritanniens jährliche Kohlenförderung beträgt 230 Millionen Tonnen. Es ist offensichtlich, daß der Mond und die Gezeiten allein nicht imstande sind, Großbritannien vor dem industriellen Untergang zu retten. Dennoch wird sicher der Tag kommen, da ein Londoner auf eine Straßenlampe hinweisen und sagen wird: „Sieh mal diese Lampe da drüben! Sozusagen strahlendes Mondlicht. Es wird durch Energie von der Severn angezündet, und die Energie stammt aus dem Mond.“

Man merkt, daß wir bei all diesen Plänen für die Ausnutzung der Gezeiten uns auf das stützen, was in der Auswirkung ein künstlicher Wasserfall ist. Warum nun nicht die Energie der natürlichen Wasserfälle ausnützen und von all diesem schwerfälligen Mechanismus absehen? In hundert Jahren wird jeder Wasserfall in jedem zivilisierten Lande zweifellos aus-

genützt sein. Aber die Rettung unserer industriellen Zivilisation liegt nicht bei einem stürzenden Gießbach. Selbst wenn jeder dazu verwendbare Strom der Vereinigten Staaten völlig für die Energiegewinnung ausgenutzt würde, würden wir weiterhin von Kohle und Erdöl beherrscht. Denn es ist wahr, daß die natürlichen Fälle nicht genügend Energie liefern können, um bloß die gegenwärtige Nachfrage der Vereinigten Staaten zu befriedigen.

Für die Welt, als Ganzes gesehen, ist die Lage bloß zeitweilig günstiger. Angenommen, daß alle Wasserfälle der Welt gegenwärtig ausgenutzt würden, und daß selbst diejenigen in unbewölkerten Gebieten irgendwie auf elektrischem Wege die Räder in weitentfernten Ländern antrieben, würde die zivilisierte Menschheit gerade bloß ihr gegenwärtiges Bedürfnis nach Energie stillen können. Ohne Zweifel werden neue Essen und Pittsburgh entstehen in der Nähe der Viktoriafälle, des Sambesi in Afrika und auf andern Kontinenten, wo Katarakte in Dschungeln dröhnen, die gegenwärtig wilden Tieren und undurchdringlicher Pflanzenwelt überlassen sind.

Das Bedürfnis der Welt nach industrieller Energie wächst von Jahr zu Jahr. In einem kommenden Jahrhundert werden die vereinigten Hilfsquellen aller Wasserkräfte der Erde sich als ungenügend erweisen. Die Vereinigten Staaten sind das Vorbild einer Industrienation der Zukunft. Schon 1939 war die Leistungsfähigkeit ihrer bereits erbauten hydroelektrischen Anlagen beinahe gleich groß wie die aller europäischen Wasserkraftanlagen zusammengenommen. Die Welt als Ganzes muß sich nach anderem Ersatz für die Kohle umsehen.

Das Problem wird beträchtlich vereinfacht, soweit es die Prothezeiungen betrifft, durch den außerordentlichen, von der Wasserturbine erreichten Wirkungsgrad. Ein hundertprozentiger Nutzeffekt ist selbstverständlich das Höchste, was eine Maschine vollbringen kann. Die Wasserturbine ist bereits zu über 90 Prozent wirksam. Daher können die leichten Verbesserungen, die noch angebracht werden müssen, nicht bedeuten, daß wir durch eine geniale Leistung aus einem Wasserfall eine bedeutend größere Energiemenge gewinnen können, als dies bis jetzt der Fall ist.

Man kann daher mehr Hoffnung auf das Meerwasser setzen, nicht für England, aber für die Tropen. Die Energie beruht auf den Temperaturunterschieden zwischen der Oberfläche und dem Grund. Je höher der Wasserfall, desto größer die Energie auf der Welle des Wasserrades. Je größer der Temperatursturz, desto größer die innere Möglichkeit der Energie (die potentielle Energie).

Der ausgezeichnete französische Chemiker und Ingenieur Georges Claude sah in diesem Prinzip die Rettung. „In den tropischen Gewässern liegt ein unerschöpflicher Vorrat an Energie, der bei der Ausnutzung den ganzen Charakter der äquatorialen Gemeinwesen verändern wird, die heute noch industriell schlafen“, äußerte er vor der Französischen Akademie der Wissenschaften. „Der Bau der notwendigen Anlagen ist nicht schwieriger als die Verlegung eines transatlantischen Kabels.“

Claude erwarb ein Vermögen durch flüssige Luft, synthetischen Stickstoff, Azeton und Neonlampen und war deshalb in der Lage, mehr als nur eine Prophezeiung zu äußern. Auf Cuba baute er ein Versuchskraftwerk ohne tobende Öfen und hohe Kamine. Für ihn war es der Vorläufer einer neuen Zeit von kohlenloser Energie, denn es sollte Energie einfach dadurch erzeugen, daß es Hitze wie Wasser bergabwärts ablaufen ließ. Claude wählte Matanzas auf Cuba für seinen Versuch, denn er hatte dort einen genügend großen Temperaturunterschied gefunden. Die Oberflächenwärme des Meeres in der heißen Zone schwankte zwischen 79 bis 86 Grad Fahrenheit (= 25 bis 30 Grad Celsius). In einer Tiefe von 2000 bis 3000 Fuß (ca. 600 bis 900 Meter) verzeichnete das Thermometer 39 bis 41 Grad Fahrenheit (= 9 bis 10,5 Grad Celsius).

Das Wasser siedet bei einer Temperatur von 212 Grad Fahrenheit (= 100 Grad Celsius). Wie kann man dann bei 86 Grad (= 30 Grad Celsius), der Oberflächenwärme des Wassers in den Tropen, Dampf erzeugen? Der Siedepunkt wird durch den Luftdruck bestimmt. Vermindert man den Druck, sinkt der Siedepunkt. Auf dem Gipfel eines Berges siedet das Wasser leichter als auf Meereshöhe, weil der atmosphärische Druck in Höhenlagen geringer ist. Wenn man Luft aus einem Gefäß pumpt, kann man Wasser leicht genug bei gewöhnlicher Zimmertemperatur zum Sieden bringen. Eine Luftpumpe war deshalb unerlässlich. Claude erfand eine Pumpe zum Heben des Wassers mittels Luftleere, die das von der Oberfläche des Golfes von Mexiko hergeleitete Wasser zum Sieden brachte. Der erzeugte Dampf trieb eine Turbine und ging dann in einen Kondensator, der gekühlt wurde. — Mit was? Mit Meerwasser, das aus einer Tiefe von 2000 Fuß (ca. 900 Meter) heraufgeholt wurde — mit Meerwasser, dessen Temperatur während des ganzen Jahres nur wenige Grade oberhalb des Gefrierpunktes lag. So wurde der durch die Turbine ausgenutzte Dampf abgekühlt und es entstand ein luftleerer Raum, der sich rückwärts durch die Apparatur ausdehnte. Der Dampf stürzte sich natürlich in das Vakuum des Kondensators,

versuchte ihn zu füllen und trieb im Verlaufe des Vorganges die Blätter einer Turbine. So wurde die Welle eines Dynamos gedreht. Die vordere Luftpumpe wurde dann abgedrosselt, als das Wasser im „Boiler“ Dampf abzugeben begann.

Das war keine Erfindung auf dem Papier. Claude hatte tatsächlich in Belgien eine kleine Versuchsanlage gebaut, die auch bei weit geringerem Temperaturunterschied in Gang kam, als er ihn in Cuba zur Verfügung hatte. Die Anlage von Mantazas war, obwohl kaufmännisch erfolglos, bedeutsam in der Geschichte der Dampfindustrie.

Die Gezeitenenergie erscheint als bedeutungslos im Vergleich zu der aus dem warmen Tropenwasser gewonnenen Kraft. Unter dem Einfluß der Gezeiten kann ein Kubikyard (etwas weniger als ein Kubikmeter) Wasser im Mittel um etwa 10 Fuß (ca. 3 Meter) steigen und fallen. Aber ein Kubikyard in Dampf umgewandeltes Wasser leistet zum mindesten soviel, als wenn es 100 Yards herunterstürzte (ca. 91 Meter). Es ist nicht verwunderlich, wenn Claude sich veranlaßt sah, vor der Akademie der Wissenschaft festzustellen: „Ein solches Verfahren, das in der Lage ist, aus dem Meere die Energie von 10 Niagarafällen zu gewinnen, wird Wüsteneien in bevölkerte Gemeinwesen verwandeln. Der Ozean wird in einer Art und Weise für uns eingespannt werden, wie man es nie erträumte.“

Ähnliche Voraussagen hört man von jenen, die auf die Kraft des Windes bauen. Um industriell verwendbar zu sein, müßte die Windenergie gelagert werden können. Die Brisen sind Zufällen unterworfen, die Bedürfnisse der Industrie hingegen beständig. Es wurde deshalb immer wieder vorgeschlagen, durch den Wind elektrische Generatoren anzutreiben und die Elektrizität in Speicherbatterien zu lagern. Die Einrichtungen sind kostspielig und der gewonnene Strom viel teurer als der, den jedes gut geführte Kraftwerk liefert. Dennoch betrachtet der phantasiebegabte J. B. S. Haldane den Wind als hoffnungsvoll. Er ist sich der Mängel unserer gegenwärtigen Speicherbatterien bewußt. „Wenn eine Windmühle im Hofgarten täglich einen Zentner Kohle zu erzeugen vermöchte (und sie kann es in der gleichwertigen Form von Energie), könnten unsere Kohlengruben morgen geschlossen werden. Vielleicht wird schon morgen eine billige, zuverlässige und dauerhafte Speicherbatterie erfunden werden, die es uns ermöglicht, die aussetzende Energie des Windes in beständige elektrische Kraft umzuwandeln.“

So veranlaßt uns Haldane, uns England in vierhundert Jahren vorzustellen — ein von metallischen Windmühlen bedecktes

England, die elektrische Motoren antreiben, „die ihrerseits große elektrische Leitungen mit sehr starkem Hochspannungsstrom beliefern“. Laßt die Stürme wüten! Große Kraftstationen werden ihre überschüssige Energie aufspeichern, die ihrerseits auf elektrolytischem Wege Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zersetzen wird. „In Zeiten der Ruhe werden die Gase wieder in Explosionsmotoren vereinigt werden, welche Dynamos antreiben, die wiederum elektrische Kraft erzeugen... Flüssiger Wasserstoff ist das wirksamste bekannte Mittel, um Energie zu speichern... Riesige Sammelbecken flüssiger Gase ermöglichen es, die Windkraft zu speichern, so daß sie für Industrie, Heizung und Beleuchtung verfügbar ist.“

Die Windenergie wäre in der Lage, mehr als nur die Maschinen der Welt in Gang zu setzen, wenn ein solches Speichersystem, wie es Haldane vorschwebte, erfunden werden könnte. Wir können die im Winde enthaltene Kraft bloß erraten. Aber nach den zuverlässigsten Berechnungen kann es nicht viel weniger sein als das Fünftausendfache der jährlichen Weltkohlenproduktion. Darum darf sie in keiner Betrachtung über die kohlenlose Zukunft außer acht gelassen werden.

Wind, Kohle, jede Form freier oder verborgener Kraft stammt letztlich aus der Sonne. Weshalb sollen wir deshalb nicht geradewegs die Sonne ansehen? Die Erde badet sich offensichtlich in ihrer Hitze und ihrem Lichte — zwei Formen der Energie. Ingenieure haben die Hitzemenge berechnet, die von der Sonne auf die Erde fällt. Es ist so viel, daß auf der Erde jährlich eine Eisschicht von 424 Fuß Dicke (ca. 1,38 Meter) geschmolzen werden könnte. Während eines Achtstundentages verschwendet die Sonne in den Tropen auf einer einzigen Quadratmeile (ca. 2,5 Quadratkilometer) soviel Energie, wie sie durch Verbrennung von 7400 Tonnen Kohle frei wird. Ungefähr 1800mal mehr Energie überschwemmt die Sahara, als in der im Laufe eines Jahres geförderten Kohle enthalten ist. Wenn man sechs Milliarden Tonnen Kohle verbrennt, befreit man die Energiemasse, die diese Wüste in einem einzigen Tage erhält.

Wir benötigen eine Falle, um die Sonne zu fangen. Der erste, der eine solche erfand, war John Ericsson, der Erbauer des „Monitor“. Er entwarf einen riesigen Hohlspiegel, der die Sonnenstrahlen widerspiegelte und auf einem geschwärmten Kochkessel im Brennpunkte sammelte, welcher sich mechanisch drehte, so daß er der Sonne folgte. Dünne Metallplatten wurden durch die Sonnenhitze geschmolzen.

Ericsson erzeugte in seinem Kessel Dampf. Es gelang ihm, Pumpen und andere Maschinen mit dem höchsten Nutzeffekt

zu betreiben, der bis dahin durch Sonnenhitze erreicht worden war. Einige Nachfolger füllten ihre Kessel mit Flüssigkeiten, die bei tiefen Temperaturen verdampften — mit Ammoniak, Schwefeldioxyd und einigen organischen Verbindungen. Frank Shumann veränderte die Ericssonsche Erfindung, indem er eine dünne Schicht Wasser in einen langen glasbedeckten Trog fließen ließ, auf welchen Hohlspiegel die Sonnenstrahlen sammeln. Auf diese Weise gelang es ihm, eine Pumpe in Gang zu setzen und in Ägypten Land zu bewässern.

Falls die Sonnenmaschinen unsere letzte Hoffnung sind, dann sind Sonne und Erde zusammengeschirrt. Mühlen werden mit einem flammenden Gestirn in Einklang gebracht. Der kalte Norden, wo sich die meiste Kohle befindet, wird seine Bevölkerung verlieren. Wieder einmal wird die menschliche Rasse wandern. Die Kapitalisten werden die Tropen überfallen, um dort Textilfabriken, Eisenwerke und chemische Unternehmungen zu errichten. Eine neue Hauptstadt wird im Südwesten der Vereinigten Staaten oder in der Wüste Sahara aufblühen. Trockenes tropisches Land, wo selten Regen fällt, wird hohe Preise erreichen. Dennoch nicht zu hohe. Man bedenke, daß es sich um Quadratmeilen handelt, wenn die Sonnenhitze in großem Maßstabe ausgenutzt werden soll.

Die Sonnenmaschine wird durch Hitze betrieben. Was geschieht mit dem von der Sonne ausgestrahlten Lichte? Auch das ist Energie. Seine Wirkungen sind zum Teil chemisch. Wir sehen deshalb, daß auch die Chemiker sich mit der Rettung unserer Maschinenkultur befaßt haben. Jedes grüne Blatt speichert Sonnenlichtenergie. Obwohl nur drei Prozent aller Strahlen, die auf die Erde fallen, derart eingefangen werden, ist die Gesamtsumme dennoch groß. Ein Wunder geschieht. Gase der Atmosphäre werden in lebende Zellen umgewandelt, die sich aus Stärke, Zucker und Zellulose zusammensetzen. Wenn das Wachstum beschleunigt werden könnte, so daß ein Baum zusehends vor unsern Augen größer wird und in Tagen statt in Jahrzehnten reift, wäre das Brennstoffproblem der Welt für tausend Jahre gelöst. Eine der Folgen wäre, daß Zucker und Holz nur noch wenige Dollar kosteten.

Schließlich bleibt noch die Atomenergie als möglicher Retter unserer Kultur. Doch hierüber wurde bereits im I. Kapitel ausführlich gesprochen.

VI

DIE FORSCHUNG ZEICHNET NEUE WEGE DES LEBENS

Während des Zweiten Weltkrieges war Zinn so knapp, daß Rundfunkwellen verwendet wurden, um es in dünnen Schichten abzulagern. Da Malaya und Niederländisch Indien in der Hand der Japaner waren, mußten die Vereinigten Staaten jährlich 800 000 Tonnen Gummi in Fabriken erzeugen — Gummi, der in gewisser Beziehung besser war als der natürliche. Da Lebensmittel an die alliierten Bevölkerungen ebenso wie Waffen für die Streitkräfte verschifft werden mußten, mußte man Schiffsraum sparen, indem man dem Fleisch, dem Gemüse, ja sogar Suppen und saftigen Früchten wie den Orangen die Feuchtigkeit entzog. Flugzeuge mußten aus Leichtmetall hergestellt werden. Daher erzeugt man Aluminium und Magnesium in bisher nicht dagewesenen Mengen. Besondere Treibstoffe ermöglichten es den Motoren, ohne „Klopfen“ höhere Geschwindigkeiten zu entwickeln. Man setzte so die Kampfflieger und Bomber in die Lage, ihre Aufträge auszuführen. In der Tat wurde das ganze Verfahren der Petrolraffinerie revolutioniert. Das hatte zur Folge, daß nicht nur der richtige Treibstoff wie ein Haus entworfen wurde, sondern daß die Raffinerieindustrie Ersatz für tierische und pflanzliche Fette und Chemikalien, an die sie vorher nie gedacht hätte, zu erzeugen begann. Die Produktion von Kunstharzen wuchs in wenigen Monaten wie ein Pilz zu einer größern Industrie heran.

Der Krieg gab dem Forscher und dem Erfinder die herrlichste Gelegenheit, jeden Widerstand gegenüber Neuerungen zu brechen. Er bereitete die Geister für scheinbar neue Gedanken vor, beschleunigte den normalerweise langsamen Vorgang der technischen und sozialen Entwicklung und verkürzte Jahre zu Monaten.

Wie werden die Neuerungen das Leben verändern? Es gibt nur einen Prüfstein: das Bedürfnis nach Anpassung. James Watt und Thomas A. Edison verursachten mehr soziale Verwirrungen als Alexander der Große oder Napoleon. Das Leben wird nicht stark verändert, wenn wir einen Rohstoff durch einen andern ersetzen, weil darin kein Wechsel der Gewohnheiten eingeschlossen ist. Aber Dampfmaschine, elektrisches Licht und Kraft, Film, Rundfunk, Automobil und Flugzeug zerreißen die üblichen Gewohnheiten.

Wenn wir das Bedürfnis nach Anpassung als Prüfstein betrachten, ist es nicht schwer, die Großtaten der industriellen Kriegsführung als Ausdruck eines künftigen sozialen Wandels zu preisen. Wir brauchten vor dem Kriege Gummi für 30 000 verschiedene Zwecke. Ein synthetischer Ersatz, der übrigens zweimal soviel kostet wie das natürliche Erzeugnis, hat technische Möglichkeiten, die nicht außer acht gelassen werden können, dennoch dienen Autos und Lastwagen, Heißwasserflaschen und Gummitürvorlagen weiterhin ihren alten Zwecken. Aber wenn wir eine Handvoll getrocknetes Gemüse bloß in heißes Wasser werfen müssen, um eine gute Suppe zu kochen, oder wenn wir einen zubereiteten luftdicht abgeschlossenen Schmorbraten bloß erhitzen müssen, ist das Kochen vereinfacht, und die Dienstmädchenfrage ist ganz leicht gelöst. Wir mußten uns nicht Bleistiften anpassen, die durch eine Drehung des Handgelenkes hervorgeschraubt werden können, oder an Kleiderschmuck aus Kunstharzen, aber wir mußten uns an Eisenbahn und Lift gewöhnen.

98 Prozent des Kriegsmaterials, der Ersatzstoffe, der Erfindungen und der Notbehelfe zwingen uns nicht zur Veränderung unserer geschäftlichen und häuslichen Gewohnheiten. Aber die übrigen zwei Prozent bedeuten einen Wechsel — einen tiefgreifenden Wechsel.

Man betrachte die riesige Erzeugung an Leichtmetallen. Wie können diese verwendet werden? Nicht für den Bau von Flugzeugen und Maschinenteilen, nicht für Töpfe und Pfannen, sondern auch für neue Zwecke. Bergwerke verwenden bereits Aluminium für Förderkörbe, was ein Anwachsen der gehobenen Lasten zur Folge hat. Das Gewicht eines Lastwagens kann von 45 000 Pfund auf 15 000 Pfund (von ca. 20 400 Kilogramm auf ca. 6800 Kilogramm) vermindert werden, was natürlich die Transportkosten vermindert. Ein fahrbarer Kran kann aus dem einfachen Grunde aus Leichtmetall erbaut werden, weil das Gewicht der ganzen Konstruktion weitgehend vom Gestell abhängt. Um 1970 wird Stahl wahrscheinlich nur noch für Werkzeuge, stark abgenutzte Oberflächen und für Zwecke, für die es keinen Ersatzstoff gibt, verwendet werden.

Auf dem Höhepunkt des Zweiten Weltkrieges sagten die Ingenieure bereits voraus, daß die Autos leichter und geräumiger sein werden als heutzutage. Sie werden kein Verdeck haben, denn der Motor wird hinten angebracht werden, so daß der Fahrer volle Sicht auf die Straße hat. 1500 bis 2000 Pfund (ca. 680 bis 900 Kilogramm) nutzlosen Gewichtes werden eingespart

werden. Bei einem Treibstoff von hoher Oktanzahl in einem Motor von 40 Pferdestärken wird ein Verbrauch von einer Gallon (= 4,54 Liter) Benzin auf 40 Meilen (ca. 64 Kilometer) eine durchschnittliche Leistung sein. Hier haben wir eine kleinere Umwälzung in der Herstellung. An Stelle von 25 Millionen Wagen werden in den Vereinigten Staaten deren 50 Millionen sein; so billig, daß nur der ärmste Arbeiter sie nicht zu kaufen vermag. Mehr Tankstellen, mehr Lager am Straßenrande, und eine vermehrte Anpassung unseres Lebens an das Benzin werden daraus folgen.

Noch größer wird der Einfluß der Leichtmetalle auf den Luftverkehr sein. Aus dem Leichtmetallbomber wird ein neuer Typ eines riesigen Flugzeuges bereits entwickelt. Truppen und Nachschub wurden durch die Luft an manche Front gebracht. Die Cunard-White-Star-Company sagte in einem ihrer letzten Jahresberichte, daß sie mit dem Riesenflugzeug rechnet und möglicherweise einen eigenen Überseeluftverkehr einrichten müsse, so daß Luxusdampfer vom Typ der Queen Mary ihre alte Bedeutung verlören.

In Südamerika wird gegenwärtig weit mehr Fracht in Form von Grubenmaschinen, Edelsteinen, Lebensmitteln, Möbeln und Baumaterial durch die Luft befördert als in den Vereinigten Staaten. Wo immer Urwälder und Sümpfe sind, wo immer es billiger ist, Menschen und Frachten in wenigen Stunden über Entfernungen zu befördern, die mit Maultieren, Kamelen und Pferden nur in Tagen und Wochen zurückgelegt werden können, werden wir Flugplätze sehen. Das Flugzeug wird nie mit dem Eisenbahnzug und mit dem Frachtdampfer in der Beförderung von Sperrgütern in Wettbewerb treten. Andererseits werden in Afrika und Südamerika Gemeinwesen dort entstehen, wo die natürlichen Hilfsquellen nicht ausgebeutet werden — Gemeinwesen, die für lange Zeit vom Lufttransport abhängen. Man baute bereits Fünfundsiebzig-Tonnen-Flugzeuge; Zweihundert- und fünfzig-Tonner werden angekündigt, nachdem die Physiker die notwendigen Forschungen durchgeführt haben. Schiffsbauer wie Kaiser und Higgins haben gezeigt, wie man sie zu beträchtlich niedrigeren Kosten erbauen kann.

Wir müssen die Entfernungen eher in Begriffen der Zeit als in denen von Meilen betrachten. Arbeiter aus der Stadt werden während ihrer Ferien nicht allein nach Europa fliegen, sondern nach Asien, Südamerika, Australien, Afrika, Indien und Java — Orte, die sie nur auf der Filmleinwand sahen. Palmenbestandene Inseln werden zu blühenden Haltestellen werden,

und Sommer- und Wintersportplätze werden in Gegenden errichtet werden, die nur der Forschungsreisende besuchte.

Der Transport ist so eng mit dem Verkehr verbunden, daß wir ganz natürlich zum Einfluß der neuen Entwicklungen in Rundfunk und Fernsehen auf das amerikanische Leben übergehen.

Vor dem Zweiten Weltkriege war der Äther so mit Langwellensendern überfüllt, daß die Wellenbänder durch internationale Übereinkommen und nationale Regelungen abgegrenzt werden mußten. Im Kurzwellenband fand man eine sozusagen unbegrenzte Zahl von Rinnen. Wir können uns Lokomotiv-Ingenieure, Vorarbeiter von Holzfällerlagern, Ingenieur-Unternehmungen, Gesellschaftsfarmen, die eine halbe Grafschaft bedecken, und Fahrer von Überlandlastzügen vorstellen, wie sie mittels Kurz- und Ultrakurzwellen mit dem Meilen entfernten Hauptbüro telefonieren. Selbst zeitweise Vereinsamung fällt dahin.

Die Patentschriften und die technischen Zeitschriften deuten darauf hin, daß das Fernsehen von all diesen Forschungen auf dem Gebiete der Kurz- und Ultrakurzwellen gewinnen wird. Man hat jeden Grund, anzunehmen, daß der durch dicken Nebel oder eine sternenlose Nacht fliegende Pilot eines Passagier- oder Privatflugzeuges auf einem Schirm das Feld sehen wird, auf dem er zu landen beabsichtigt. Auf Grund dieser neuen Sicherung muß man sich auf mehr Privatflugzeuge gefaßt machen.

Der Fortschritt im Fernsehen wird zum Gewinn der Massen werden. Unsere Fernsehapparate sind noch unentwickelt. Die Bilder erscheinen in Schwarz und Weiß auf kleinen Schirmen. Das Fernsehen in allen Farben ist bereits eine Errungenschaft der Laboratorien. In weitem zehn Jahren wird niemand mehr einen Apparat kaufen, der einen entfernten Vorgang nur in Schwarz und Weiß wiedergeben kann.

Man wird im allgemeinen mehr Zeit für Filme und zur Erholung haben. Die Inserenten werden ihre Ware sowohl vorführen als auch darüber sprechen. Rundfunk-Unterhalter werden ausgewählt werden, weil sie etwas vorstellen oder weil sie dem Auge für eine bestimmte Rolle in einem Stück als „natürlich“ erscheinen. Da Wettkämpfe bereits durch den Fernseher übertragen wurden, ist es keine große Kunst, vorauszusagen, daß ein ganzes Volk den Verlauf einer Baseball-Meisterschaft verfolgen wird. Gleich ist die Auswirkung auf das Bühnenstück und auf politische Wahlfeldzüge. Wenn der Film es nicht vermochte, die Bühne aus dem Leben zu verdrängen, was könnte dem Film geschehen? Vermutlich werden wir nie in ein Kino

gehen, aber wir werden irgendeinen Claré Gable auf der Leinwand zu Hause verfolgen.

Wir haben neue Kunstverfahren von den „Vorfabrikanten“ auf den Schiffswerften und den Erbauern von anhängerrähnlichen beweglichen Krankenhäusern und Heimen gelernt. Ein Haus kann heute in zwei Stunden hergestellt werden. Zehn Männer können es auf dem Bauplatze in einem Tage zusammensetzen. Es gibt keinen technischen und finanziellen Grund, warum ein solches Haus nicht für 100 Dollar in bar oder in Monatsraten von 35 Dollar erworben werden könnte.

Vorfabrikation in diesem Ausmaße verlangt neue Planung. Es ist bereits offensichtlich, daß man mehr Gewicht auf rationelle Einrichtung technischer Erleichterungen legen wird. Kamin und Herd waren der Hauptgegenstand eines Hauses von den Zeiten der alten Ägypter bis heute. Aber im vorfabrizierten Hause wird die Haupteinheit auch alle elektrischen Anlagen, Wasserversorgung und Abzugskanäle, Heizungs- und Klimaanlage umfassen, um den gesamten Aufbau unmittelbar zu bedienen. Man wird bei den Wasserleitungsanlagen und Drahtlegungsarbeiten viel einsparen können. Vermutlich wird es nur eine einzige dauernde Trennwand geben. Alle andern Zwischenwände werden beweglich sein, so daß das Innere nach den wechselnden Bedürfnissen der Familie umgeordnet werden kann. Der Lift, der die hohen Wohnhäuser ermöglichte und die Wohnungen auf wenige Räume zusammendrängte, war einer der Einflüsse, die die Geburtenzahl beschränkten. Es ist gut möglich, daß diese wieder steigen wird, da das vorfabrizierte Haus die Menschen aus den Stadtwohnungen herauszieht.

Nicht nur wird die Bauart leichter und stabiler sein, wenn Faltholz, Kunstharze und Aluminium verwendet werden, nicht nur wird es möglich sein, ein Haus mit Hilfe weniger Männer aufzustellen, sondern auch die Kosten werden sinken. Seit beinahe jede Holzart zu Fournierblättern geschnitten und zusammengeleimt werden kann, sind neue Wirkungen in der Inneneinrichtung möglich. Bei der Verwendung von rostfreiem Stahl für Dächer und von Aluminium und Faltholz für Innenausbau und Möbel, wird das Vorstadthaus und selbst die Stadtwohnung anziehender als je werden. Auch Glas muß freier verwendet werden, nicht nur für Wände, sondern auch für Wasserleitungen. Es wird Häuser geben, die nichts anderes als Blasen aus Glas sind. Alle Häuser werden weniger dauerhaft sein, als jene, in denen wir zu leben gewohnt sind. Das Haus der Vorfabrikation ist veraltet. Es wird ganz und gar verschwinden.

Da es weniger Dienerschaft geben wird, werden die Hausfrauen sich mehr auf Maschinen verlassen. Mit den durch das ganze Jahr erhältlichen getrockneten Lebensmitteln, mit den in Fabriken fertig zubereiteten Mahlzeiten, die in luftdicht-gelöteten Büchsen verkauft werden, wird die Küche viel von ihrer drückenden Wichtigkeit verlieren. Die Gewöhnung an das Fabrikkochen wird viel weiter gehen, als es die Anpassung an die Konservenbüchse je sein könnte.

Solche Veränderungen greifen gleicherweise in den Bauernhof und die Stadt ein. Sie schließen die Schaffung neuer Industrien und die Ausweitung der alten in sich und damit noch mehr Abwanderung vom Lande in die Stadt der Zukunft. Aber man wird keinen Grund haben, sich über die Landarbeit zu beklagen. Eine Gesellschaft stellt nun Maschinen her, die einhundertundzwei verschiedene Ernten einbringen. Fords „Ferguson-System“-Maschine ermöglicht es, einen Schlepper mit einem Pfluge oder einem andern von dem halben Dutzend arbeitssparender Zubehöre zu verbinden. Das ist nichts Neues. Aber die Erfindung, die auch die Mechanisierung der Kleinbauern ermöglicht, ist neu.

Die Wirkung dieser gesellschaftlichen Bewegung kann in das einzige Wort Normung zusammengefaßt werden. Vergangener technischer Wandel deutet dasselbe an. Massenherstellung ist unmöglich ohne Normung. Wir haben uns selbst der Massenproduktion angepaßt, seit die Dampfmaschine erfunden war. Die jetzt entstehenden Verfahren und Erzeugnisse werden diese Bewegung beschleunigen. Das Ergebnis ist, daß es schwerer als je sein wird, „verschieden“ zu sein. Mit jedem Fortschritt in der Chemie, im Ingenieurwesen, müssen wir größere soziale Anpassung an die Maschine erwarten. Das ist der Preis, den wir bezahlen müssen, wenn die Luxusgegenstände von gestern Notwendigkeiten von heute werden.

VII

DER MENSCH UND SEINE WELT

Der Mensch saust in Passagierflugzeugen mit Geschwindigkeiten von 300 Meilen (ca. 480 Kilometer) durch die Luft und träumt von Raketenschiffen, die ihn zwischen Frühstück und Mittagessen über den Atlantik wirbeln. Er steigt meilenweit in die Stratosphäre, wo er aus einem Behälter Sauerstoff einatmen muß, will er das Bewußtsein nicht verlieren. Er bohrt und sprengt nach Gold in Südafrika in einem vom Dampf heißer Quellen dumpfigen Gang, und in Stahlwerken behandelt er Metall, das flüssiges Feuer ist. Er drängt sich in Städten aus Eisen und Stahl und wird eine Beute von Keimen, von denen er in seinem primitiven Jägerleben vor wenigen tausend Jahren noch nichts wußte. Auf seine Ohren und Augen dringen Töne und Bilder ein, die seine Nerven zugrunde richten. Er schafft sich eine künstliche Umgebung und lebt in ihr ein künstliches Leben. Kleider, Lichter, Zimmer, Wasserleitungen, Dampfhitze, gekochte Nahrung, Geschirr, Messer und Gabeln, selbst die Atmosphäre in einem Theater, Hotel oder Schiff mit Klimaanlage — alles ist künstlich. Kann dieser primitive Wilde, der vor bloß ein paar Jahrtausenden Leib und Seele dadurch zusammenhielt, daß er den Tieren im Walde Fallen stellte, sie mit Steinen tötete und Fische spießte, diese Nervenspannung der Maschinenwelt ertragen, die er sich selber schuf? Seit Darwin zweifeln Physiologen und Anatomen daran. Neulich wurden diese Zweifel hörbarer als je.

Auf einer der letzten Tagungen der Amerikanischen Chirurgischen Gesellschaft führte Dr. R. C. Buerki, der ehemalige Vorsitzende der Vereinigung amerikanischer Krankenhäuser, ein Bild dieses modernen Menschen vor: Ein Opfer hohen Blutdruckes, Herzerweiterung, fehlender Stoffwechsel, verstimmte Nerven — Beschwerden, verursacht durch Erfindungen, die es ermöglichen, mehrere Dinge zur gleichen Zeit zu tun, zum Beispiel mehr Nahrung in fünf Minuten zu verschlingen, als ein Zulukaffer während eines Tages erbeuten kann und gleichzeitig auf den Rundfunk zu lauschen oder Zeitung zu lesen. Anlässlich eines Kurses der Terry-Vorlesungen an der Yale-Universität zeigte der Nobelpreisträger Sir Joseph Barcroft, wie empfindsam das Gleichgewicht zwischen Körper und Geist ist und wie schnell der Geist erliegt, wenn die Bedingungen, unter denen der Körper natürlicherweise gedeiht, bloß ein wenig verändert werden. Auf der Jahresversammlung von 1936 der Bri-

tischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft nannte der ausgezeichnete Paläontologe Professor H. L. Hawkins den Menschen „das einzige unvernünftige Geschöpf“. Und anlässlich der Dreihundertfeier der Harvard-Universität machten es die Spezialärzte für Nervenkrankheiten deutlich, daß der uns durch die Maschinen aufgedrungene Schritt zu schnell für den gequälten Organismus ist.

Ruhm und Fluch des Menschen sind sein Gehirn. Es erhebt ihn über die Tiere des Feldes und des Waldes, aber es verurteilt ihn auch als Gattung. Denn es ist überentwickelt, über-spezialisiert. Es stattet ihn mit einem Geiste aus, der neue Maschinen erfindet, um die Muskeln zu ersetzen, neue Instrumente, um die unzulänglichen Sinne zu unterstützen, neue und vierteiliger Wege, um in der Gemeinschaft zu leben. Der arme Leib kann sich nicht geschwind genug den durch den Geist ersonnenen sozialen und technischen Veränderungen anpassen. Herz und Muskeln gehören zum Dschungel; der moderne Geist aber in eine Umgebung seiner eigenen Schöpfung. Das Urteil scheint zu lauten, daß der Mensch unter dieser Spannung bersten muß.

Betrachten wir zuerst die Geschichte, die uns die fossilen Gebeine jener Geschöpfe erzählen, die einst die Erde beherrschten und dann verschwanden. Sie rufen Prophezeiungen einer Cassandra hervor.

„Wir entwickelten erst dieses Organ und dann jenes, um uns einen Vorteil zu sichern über unsere Feinde im Kampfe ums Dasein“, warnen sie. „Schaut, wie einige von uns ihre Geschwindigkeit vergrößerten, andere wurden stärker und größer, und wieder andere übten die Kunst der Mimikri, indem sie sich der Umgebung anpaßten. Alles vergeblich. Wir gingen zugrunde, einer nach dem andern.“

Sie stellen unheilvolle Fragen — diese Knochen. „Wo sind die ersten Dinge, die aus dem Meere hervorkrochen? Wo ist der Pterodactylus — das riesigste Lebewesen, das je flog? Wo ist der Dinosaurus, der einst die Erde erschütterte? Wo sind die gemeinsamen Ahnen von Affen und Menschen? Wo sind die ersten unentwickelten Menschen von Java, China, Rhodesien und England, diese Halbaffen, die vor Millionen Jahren die Wälder beherrschten? Wo sind die Neandertaler und die Cro-Magnons von vor bloß fünftausend Jahren?“

Die Knochen predigen über die Tugend der Einfachheit. Im großen und ganzen ist es das einfache Lebewesen, das überdauert — der einzellige Organismus, der beste von allen. Sie

sind nicht glänzende, geschickte Spezialisten, sondern biologische „Hansdampf in allen Gassen“. Nicht daß Kompliziertheit und Spezialisierung notgedrungenerweise verhängnisvoll sein müssen. Sie sind bloß sehr gefährlich. Die niedern Wesen sind harmonische Ganze. Man führe die Differenzierung ein — wirkungsvollere Wege zum Erwerb und Verschlingen der Nahrungsmittel, ein sicherer Halt auf einem Felsen oder Baume, ein mit den Gefahren der Umgebung in besserem Einklang stehendes Nervensystem — und die alte Harmonie ist gestört, der Weg zum Untergang gebahnt. Als der Mensch seinen Geist zu gebrauchen lernte, war darin mehr als bloße Entwicklung der Verstandeskraft. Wells und andere schrieben Novellen von überintelligenten Ameisen, die den Menschen besiegten und die Nachfolge antraten. Gute Literatur, aber schlechte Biologie. Der Mensch stammt aus der Auster und dem Seestern, dem Hai und dem Tiger, von der Kuh und von irgendwem, von dem er und der Affe abstammen.

Jeder Schritt aufwärts ist durch eine wichtige körperliche Veränderung gekennzeichnet — eine bessere Zusammenarbeit von Geist und Körper. Der Fuß und die Hand des Schimpansen, des nächsten niedrigen Verwandten des Menschen, sind im Bau und sogar in der Aufgabe verschieden von der unsern. Kiefer, Brauen und Zähne sind ebenfalls im Bau verschieden. Die Anpassung an eine aufrechte Stellung, das Erlernen der Kunst, auf zwei statt auf vier Füßen zu gehen, die Verwendung der Hand als Werkzeug zum Zugreifen und Festhalten — all das war begleitet von der Entwicklung des Gehirnes, des kompliziertesten, einzigartigsten Apparates der Welt.

Dieser Aufstieg von der Auster ist offensichtlich noch nicht beendet. Überdies war es nicht ein einheitlicher Vorgang. Zuweilen war dieses Organ ein wenig voraus, dann wieder ein anderes. Das zentrale Nervensystem, dessen Spitze das Gehirn ist, hat alles andere übertroffen. Der Mensch ist ein seines Gehirns wegen überspezialisiertes Lebewesen. Diese Überspezialisierung verdammt ihn zum endlichen Aussterben.

Als der verstorbene Professor Elie Metchnikoff vom Pasteur-Institut den Menschen mit kritischem Blick untersuchte, erkannte er ihn nicht als das Kunstwerk, für das Hamlet Bewunderung forderte. „Was ist der Nutzen des Haares?“, fragte der russische Schmäher. Es hält Keime fest; es ist das Überbleibsel des Affen in uns. Man betrachte den Blinddarm und das große Eingeweide. Vollständig überflüssig. Bloße Kloaken. Man schneide sie heraus, war Metchnikoffs Rat — eine chirurg-

gische Operation, die wirklich mit Erfolg vorgenommen wird. Das Auge. Wir mögen seine optischen Fehler in Entwurf und Ausführung übersehen, wenn es nur seine Kraft beibehielte. Mit fünfundvierzig Jahren ist die Linse bereits alt. Der zweifüßige Gang bringt Senkfüße, Krampfadern, eine neue unvernünftige Verteilung der Klappen im Blutkreislauf, verstopfte Lebern und hundert andere Entartungen der physischen Vollkommenheit. Der Mensch braucht als soziales Wesen Berichtigungen und Verbesserungen. Der Chirurg ist hilflos. „Beschleunigt die Entwicklung“, lautete die von diesem großen russischen Rebellen gegen die Natur gezogene Schlußfolgerung. Bevor das nicht getan wird, muß der Mensch ein Opfer seines eigenen Gehirnes und seiner Arbeit werden.

Die heutige Belastung des Nervensystems ist noch nichts gegen das, was kommen wird, wenn die Ingenieure und Erfinder im gleichen Schritt weitergehen. Utopisten wie Professor H. J. Mueller sagen voraus, daß jeder von uns eines Tages mit jedermann auf der Erde in unmittelbare Verbindung zu treten vermag. Kann die Rasse das aushalten?

Metchnikoff steht nicht allein. Anatomen, Physiologen, Paläontologen stimmen mit ihm im großen überein. Hören wir auf Sir Arthur Keith:

„Ohne Zweifel unterwirft die Zivilisation den menschlichen Körper einem unermesslichen und gefährlichen Versuch. Die Zivilisation hat einige der schwachen Punkte des menschlichen Körpers an den Tag gebracht; aber die Bedingungen, durch die sie hervorgerufen wurden, stammen nicht aus Verordnungen der Natur, sondern aus der freien Wahl des Menschen.“

Der verstorbene Dr. Charles B. Davenport, Genetiker des Washingtoner Carnegie-Institutes, erklärt:

„Der Mensch ist offensichtlich mit den großen, hornhäutigen, gepanzerten Dinosauriern, dem Riesenelch und manchem fossilen Nautilus zu vergleichen, bei denen auf die übergroße Entwicklung eines Körperteiles das Aussterben folgte.“

Angeborene Gesetze des Wechsels und evolutionäre Veränderungen werden sich auswirken, und der Mensch wird zu seiner Zeit den Weg aller andern Gattungen gehen.

Im Jahre 1936 äußerte sich Professor H. L. Hawkins von der Britischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft:

„...sowohl die hohe Spezialisierung des Gehirnes, die alle diese Entwicklungen ermöglicht, als auch der außerordentliche Maßstab, in dem der Erfolg erreicht wurde, weisen auf die Forderung hin, daß dies eine Gattung ist, bestimmt zu einem

schauspielhaften Aufstieg und einem gleicherweise schauspielhaften Sturze, vollständiger und schneller, als die Welt ihn je erblickt hat.“

Man denke nur an das, was Physiologen über den auf die Wildnis abgestimmten Körper gesagt haben. Für einen Augenblick halte man sich allein an das Blut und schaue, was dem Geiste zustößt, wenn sein physisches und chemisches Gleichgewicht auch nur im geringsten gestört werden.

Man überhitze das Blut und man tobt. Dennoch müssen Menschen nahe dem Punkte, da sie zu toben beginnen, in tiefen dampfenden Goldgruben arbeiten, in Heißwasseranlagen, vor den Öffnungen glühender Öfen, um Gegenstände zu produzieren, die für die künstliche Umgebung verlangt werden.

Man kühle das Blut, wie es Sir Joseph Barcroft tat, als er unter der Überwachung eines Assistenten sich nackt in ein eisiges Zimmer legte. Eine Weile suchte der Körper die Kälte zu bekämpfen. Barcrofts Geist befahl ihm aufzustehen, umherzugehen, das Blut im Umlauf zu erhalten. Aber er weigerte sich, zugunsten der Wissenschaft. Dann gab der Geist den Kampf auf. Der Forscher streckte seine Beine aus. Er fühlte Wärme. „Es war, als ob ich mich in der Kälte sonne“, sagte er. Er war zufrieden, still liegen zu können, wonnevoll gleichgültig gegenüber dem Tode, vor dem ihn sein wachsamer Gehilfe bewahrte. Sein Geist hatte es aufgegeben, ihn zu bewachen.

Man entferne den Sauerstoff aus dem Blute. Der Mensch verliert die Fähigkeit zum Denken. Barcroft und seine Assistenten litten auf 18 000 Fuß (ca. 5500 Meter) Höhe in den Anden an der „Bergkrankheit“ — einem Anzeichen von Sauerstoffmangel. Nicht einer dachte an das Einatmen des für einen solchen Notfall in Flaschen mitgebrachten Sauerstoffes. Später fuhr Barcroft in England auf einem feststehenden Fahrrad in einem Raume, aus dem nach und nach der Sauerstoff entzogen wurde. Er hatte beabsichtigt, bestimmte Gasventile zu bedienen. Beobachter zeichneten die Fehler auf, die er machte. Dennoch war er bereit, vor Gericht zu beschwören, daß er die Hähne richtig gedreht habe. Sein Geist hatte zu versagen begonnen.

Ebenso ist es mit der Atemlosigkeit, die die in großer Höhe fliegenden Menschen befällt. Sie leiden nicht, wie sie glauben, an einem krankhaften Zustande der Brustmuskeln, sondern der Nerven, die die Muskeln beherrschen. Das zentrale Nervensystem erfüllt seine Pflicht nicht mehr.

Man vermindere den Kalziumgehalt des Blutes um die Hälfte. Krampfartige Zuckungen, Schlafsucht und schließlich Tod sind

die Folgen. Man verdopple das Kalzium. Das Blut wird so dick, daß es kaum mehr fließen kann. Schwere, Gleichgültigkeit, Bewußtlosigkeit sind die aufeinanderfolgenden Stufen der Entthronung des Geistes. Und wieder ist das Ende der Tod.

Man vermindere nur ganz wenig den Zuckergehalt des Blutes. Man hat das Gefühl des Verlorenseins, schlimmstenfalls eines Auslöschens des Gedächtnisses. Dann Tod. Man vermehre den Zucker um wenige Milligramm auf den Kubikzentimeter und Furcht packt den Geist — Furcht vor Kleinigkeiten. Man sieht doppelt. Die Sprache wird schwer. Man hat Wahnbilder.

Das Blut ist leicht alkalisch. Man säuere es ganz wenig. Schlafsucht folgt, was beweist, daß der Geist leer ist. Man mache das Blut ein wenig alkalischer. Krämpfe kündigen das Ende an.

Man entziehe dem Blute Wasser. Wir brechen vor Schwäche zusammen. Man füge ihm Wasser bei. Wir leiden an Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindel.

Man verändere etwas am Blute — die Menge des Sauerstoffes, des Kohlendioxydes, eines der vielen Chemikalien — und immer wirkt sich das auf den Geist aus. Der springende Punkt ist die Tatsache, daß einige der durch die Zivilisation verursachten Krankheiten den physikalischen und chemischen Aufbau des Blutes angreifen. Die Zuckerkrankheit zum Beispiel. So wurde die chemische Untersuchung des Blutes zu einer beinahe unerläßlichen Hilfe zur Feststellung mancher Leiden. Weil sie unerläßlich ist, spricht sie beredt von dem Sturze, den die Paläontologen voraussagen.

Man mag entgegenhalten, daß wir nicht so bedenkenlos mit dem Körper umgehen wie Barcroft. Aber wir tun es. Taucher und Tunnelbauer zum Beispiel arbeiten unter hohem Druck. Mehr Gas wird in den Blutstrom getrieben. Das kann nicht ohne physiologische Auswirkungen bleiben. „Die Gedanken des menschlichen Geistes“, sagt Barcroft, „seine Kraft, Differenzialgleichungen zu lösen oder auserlesene Musik zu würdigen, setzt zweifellos eine Art von chemischem oder physikalischem Muster voraus, das in einer gewaltsame Veränderungen erleidenden Umgebung besudelt würde.“ Das heißt in schlichtem Deutsch, daß ein Wechsel in der Umgebung — jene Art von Wechsel, den die Erfindungen aufzwingen — zu viel für den Körper und damit für den Geist ist.

Professor Harlow Sharpley, der ausgezeichnete Leiter des astronomischen Observatoriums der Havard-Universität, verglich einmal gesprächsweise die Ameise mit dem Menschen. Beides sind Gemeinschaftswesen. Aber die Ameise paßte sich

schon vor 160 Millionen Jahren ihrer Umgebung an. Vulkane haben Lava ausgespien, Kontinente haben sich gespalten und sich voneinander entfernt, Eiszeiten sind gekommen und gegangen, das Klima hat gewechselt, aber die Ameise ist aus jeder Sintflut ruhig und gelassen wieder aufgetaucht.

Die Ameise von heute ist im großen und ganzen die gleiche wie vor geologischen Zeitaltern. Sie ist ein hochgradig spezialisiertes Geschöpf, diese Ameise. Aber sie verteilt ihre besonderen Aufgaben — Vermehrung, Arbeit, Kampf — unter Kasten. So ist es ihr möglich, das Gleichgewicht zwischen ihrer Umgebung und ihrem gesellschaftlichen Selbst zu erhalten. Es ist durchaus kein Stillstand im Sinne der Entwicklung, aber es scheint dauerhaft zu sein.

Und der Mensch? Ein unstetes Wesen. Ein Dutzend Arten haben sich in den letzten Millionen Jahren entwickelt und sind wieder untergegangen. Er ist im Vergleich zu jedem gesellschaftlichen Insekt ein Emporkömmling. Er hat die Art seines Gemeinschaftslebens in den letzten 25 000 Jahren immer wieder gewechselt. Aber der gesellschaftliche Aufbau der Ameisen ist unverändert derselbe geblieben, wie zu jener Zeit, als die Erde noch sehr jung war. Wenn das Überleben ein Beweis für die Tauglichkeit im Sinne Darwins ist, dann müssen wir nicht nur zur Ameise gehen und ihre Lebensart betrachten, sondern wir müssen uns vor ihr verneigen. Im Sinne Sharpleys wird eines Tages eine Ameise aus einer Augenhöhle des ausgestorbenen Menschen kriechen und zu sich selber sprechen: „Ein wunderbarer Versuch der Natur! Was für ein Gehirn! Ach, das arme Geschöpf verstand nicht die Kunst des Überlebens.“

Es kann vielleicht in diesem Aufstieg und Niedergang des Menschen einen Ausgleich geben. Wenn bloßes Überleben einer Gattung das summum bonum (das höchste Gut) ist, dann ist die Ameise in der Tat das ideale gesellschaftliche Tier. Aber die Vernichtung von Entfernung und Zeit durch Flugzeuge und Rundfunk, die Verwandlung der Nacht in Tag durch Lampen, kleine Sonnen, das Sichkleiden in Gewebe aus Fasern, die die Natur niemals kannte, das Betrachten von Filmschauspielern, die die Ereignisse eines rein eingebildeten Lebens spielen — all das ist außerhalb des Bereiches der unerschütterlichen Ameise. In uns arbeitet ein unruhig verlangender Geist. Aber die Belohnung des erfolgreichen Verlangens ist das Aussterben.

Nehmen wir an, daß der Mensch den Weg der Dronte, des Brontosaurus, des säbelzahnigen Tigers geht. Ist das das Ende der Geistigkeit? Muß die Welt in bloße Wildheit zurückfallen

gerade so wie die wundervollen alten Städte von Yukatan und Indien in den ursprünglichen Dschungel zurücksanken? Die Biologen als Gesamtheit lieben es nicht, von Zweck und Richtung der Entwicklung zu sprechen. Dennoch ist es schwer zu glauben, daß das Leben „nichts anderes ist als eine Krankheit der greisenhaften Materie“, wie einst Sir James Jeans zu sagen wagte, als er die Entwicklung der Welten schilderte.

Mit dem Vermögen des Verstandes gemessen, ist der Zug zur Entwicklung im Gange. Die Natur ist bereit, mit zahllosen Gattungen Versuche anzustellen, sie beiseite zu schleudern, wie sie es mit Tausenden von Vögeln, Fischen und Vierfüßern tat. Aber schließlich sorgt sie dafür, daß etwas Besseres daraus hervorgeht. Man mag aus ihrer erbarmungslosen Vernichtung der ursprünglichen Halbaffen und der herrlichen Muster wirklicher Menschen wie der Cromagnons schließen, daß der moderne Mensch in ihren Augen ein armes Wesen ist, gerade gut genug für den Abfallhaufen. Aber etwas anderes wird an seine Stelle treten, wenn auf die Vergangenheit Verlaß ist.

Vielleicht sind wir nur vorläufige Entwürfe, Vorbereitung für ein großartigeres Geschöpf, bedeutsamer Versuch in der Entwicklung einer höheren Geistigkeit, als sie der Tiger und der Affe in uns zulassen. Vielleicht ist das Aussterben kein zu hoher Preis für die Entwicklung.

VIII

NEUE BLICKPUNKTE AUF DIE SONNE

In ungefähr 93 Millionen Meilen (ca. 150 000 000 Kilometer) Entfernung glüht die Sonne, ein kleines Gestirn unter den Hunderten von Millionen im Weltall. Da sie der nächste Stern ist, ist sie für den Astrophysiker von außerordentlicher Bedeutung. Warum ist sie heiß? Warum scheint sie? Wie lange glüht sie schon? Aus was besteht sie? Welches ist ihre Temperatur?

Die Astronomen haben diese Fragen gestellt, seit es Mediziner gab, die Feiern zu Ehren der Sonne leiteten und Tiere ihrer Ehre und ihrer Stärke opferten. Von Jahrzehnt zu Jahrzehnt veränderten sich die Antworten im Lichte neuer Entdeckungen. Durch die Erfindung des Fernrohres wurden Nahaufnahmen und damit genaue Beschreibungen und Folgerungen möglich.

Die Sonne ist nicht ein Ball, sondern ihre Form gleicht derjenigen einer Zwiebel. Sie besteht aus Schichten von Stoffen. Zuerst kommt die Corona, die etwa 350 000 Meilen (ca. 563 000 Kilometer) umfaßt und so wunderbar dünn ist, daß man während einer totalen Finsternis Kometen durch sie hindurchgehen sieht, ohne daß sie behindert werden, und so einflußreich auf strahlenförmige Nordlichter, daß sie von Natur aus elektrisch sein muß. Wegen des Glanzes unseres Himmels sieht man sie nur während der flüchtigen Augenblicke einer totalen Sonnenfinsternis. Auf dem luftlosen Monde wäre es anders. Man setze sich auf einen Mondfelsen. Die geheimnisvolle Corona würde sich täglich wie ein Hof ausbreiten. Hinter der Sonne erschiene ein schwarzer, mit Sternen besäter Himmel — Sternen, die niemals glitzern.

Innerhalb der Corona, den äußeren Rand der Sonne umschließend, liegt die Chromosphäre — ein karmesinrotes, 5000 Meilen (ca. 8000 Kilometer) tiefes Sauerstoffmeer, von Stürmen durchtobt, im Vergleich zu denen die unsern leichte Winde sind. Rote Fangzähne schießen mit der hundertfachen Geschwindigkeit einer Gewehrkugel 10 000 bis 350 000 Meilen (ca. 16 000 bis 563 000 Kilometer) in die Höhe. Die Astronomen nennen sie „Protuberanzen“. Einige werden höflich als „ruhig“ eingruppiert, bloß weil sie pilzförmig sich ausbreiten, mit Stielen, die vermutlich zwei Schichten tiefer (bis in die Photosphäre) reichen.

Vor nicht langer Zeit waren die roten Ausbrüche der Chromosphäre noch sehr rätselhaft. Warum wurde der Wasserstoff überhaupt emporgeschleudert, wenn man die ungeheure und

unerbittliche Anziehungskraft in Betracht zog, die auf der Sonne siebenundzwanzigmal größer ist als auf der Erde? Dort wiegt ein 150 Pfund (ca. 68 Kilogramm) schwerer Mann auf der Chromosphäre 2 Tonnen. Alle die Sonnenhüllen müßten doch zu einer weniger als eine Meile (= 1,609 Kilometer) dicken Schicht zusammengepreßt werden; ein ungestützter Körper, zum Beispiel ein Gas, müßte in der ersten Sekunde 450 Fuß (ca. 136 Meter), 400 Meilen (ca. 643 Kilometer) in der Minute, 230 000 Meilen (ca. 370 000 Kilometer) in der Stunde fallen. Doch bleiben diese Protuberanzen oft länger als einen Monat. Was hält sie empor?

Der Astrophysiker liefert die Antwort. Die Ausstrahlung äußert sich in Druck. „Mit einem genügend starken Licht könnte man ebenso gewiß einen Menschen niederschlagen wie mit einem Wasserstrahl aus einem Feuerweherschlauch“, sagt Jeans. Wir bemerken den Druck des Lichtes auf die Erde bloß deshalb nicht, weil er auf der ganzen beleuchteten Halbkugel nur 75 000 Tonnen beträgt. Innerhalb der Sonne ist die Wirkung weit beträchtlicher — stark genug, um großen, phantastischen Geisterspuk aus Wasserstoff ungeachtet der Anziehungskraft auszustoßen.

Innerhalb der scharlachroten Chromosphäre ist die 1000 Meilen (= 1609 Kilometer) dicke „Umkehrungsschicht“, die ihren Namen von ihren Wirkungen auf breite Linien des Spektrums hat, wenn es unter den richtigen Bedingungen betrachtet wird. Noch tiefer liegt die Photosphäre, eine Schicht von weißglühenden Wolken von unbekannter Dicke — für uns die richtige Sonne.

Galilei sah auf der Sonne Flecken. Das war sozusagen das natürliche Ergebnis der Erfindung des Fernrohres im Jahre 1608. Da er ein feiner Beobachter und scharfsinniger Denker war, machte er nicht den verbreiteten Fehler, die Flecken als Planet zu betrachten, die vor dem glühenden Hintergrund der Sonne standen. „Bourbonische Sterne“ nannten sie die Franzosen. Unsinn. Diese schwarzen Flecken waren auf dem eigentlichen Antlitz der Sonne. Die Erklärung Galileis wurde nicht mit Dank entgegengenommen. Gebrechen auf diesem strahlenden Antlitz, dem eigentlichen Symbol der Reinheit und Vollkommenheit? Das war Lästerei.

Galilei war nur ein Beschreiber dessen, was er sah. Es brauchte Jahrzehnte geduldiger Beobachtung, die äußerste Abhängigkeit der Erde von diesen Flecken festzustellen. Und zwar durch genaues Aufzeichnen, wann sie kamen und gingen. Schwabe, ein unermüdlicher Deutscher, zeigte den Weg und verlor sein Augenlicht beim Zusammenstellen von diesbezüg-

lichen Statistiken. Während zwanzig Jahren beobachtete und rechnete er, zeichnete die Zahl der Flecken Tag um Tag auf, und zuletzt verkündete er, daß wir im Durchschnitt alle 11,4 Jahre eine Höchstzahl von Sonnenflecken haben. Ein Jahrhundert der Beobachtung ermöglichte den Astronomen nur eine leichte Verbesserung. Als Durchschnittsperiode werden heute 11,1 Jahr festgestellt.

Die unermüdliche Beobachtung der Sonne durch die Astronomen brachte die erstaunliche Tatsache ans Licht, daß die Sonne sich nicht wie eine weißglühende Metallkugel als ein einheitliches Stück dreht. Je größer die Entfernung vom Sonnenäquator, desto langsamer ist die Drehung. Am Sonnenäquator braucht eine Umdrehung 24,65 Tage, auf 35 Grad Breite 26,63 Tage und an den Polen ungefähr 34 Tage. Aber die Flecken selbst erscheinen selten in hohen Breiten. Sie flankieren den Äquator zwischen dem fünften und dem vierzigsten Breitengrad.

Tausende von Zeichnungen und Photographien der Flecken wurden gemacht. Immer ist ein zentraler purpurner Fleck vorhanden, die „Umbra“. Sie ist umsäumt von einem Gewebe heftig bewegter Federn, spitzenartiger Fasern, der Penumbra. Man betrachte irgendeine Aufnahme eines Flecks, und man wird sagen: „Das ist ein Loch.“ Die Astronomen waren einst derselben Ansicht. Aber statt eine schreckliche Hölle zu enthüllen, scheinen diese „Löcher“ etwas zu verbergen. Sie sind schwarz, und Schwärze bedeutet, daß sie eine niedrigere Temperatur haben als die sie umgebenden blendenden Gase. Man halte das brennende Ende einer Zigarre gegen einen strahlenden elektrischen Lichtbogen: es scheint schwarz zu sein. So ist es auf der Sonne. Die Flecke sind trotz ihrer Schwärze weißglühend, aber sie sind kühl im Verhältnis der glühenden Masse ringsherum. Ein scheinbar „schwarzer“ Fleck mit einem Durchmesser von vielleicht 50 000 Meilen (ca. 85 000 Kilometer) ist hundertmal heller als der Vollmond.

Diese Flecken werden nicht mehr für Flecken gehalten. Ihre wirkliche Natur ist keine Frage. Es sind Zyklone wie jene, die in Kansas die Dächer von den Häusern reißen; es sind kreiselnde erhöhte Trichter aus heißem Wasserstoff, Beweise von Stürmen auf einem Gestirn, das selbst ein einziger kolossaler Sturm ist.

Ein Astronom würde einen Fleck von weniger als 8000 Meilen (ca. 13 000 Kilometer) Durchmesser als „klein“ bezeichnen. Es gibt Flecke von 50 000 Meilen (ca. 80 500 Kilometer) Durchmesser. Alle sind flammende Tornados, Wirbelwinde, aus denen

ungestüme glühende Gase herausgeschleudert werden; in sie könnte die Erde hineinfallen, ohne die Seitenwände zu berühren. Kansas geht in die Zyklonkeller, wenn ein Tornado vorüberwirbelt und die Quellen trocken saugt. Was aber bei einem Wirbelwind, der so groß ist wie die ganze Erde — ein Wirbelwind aus lechzendem flammenden Gas? Was aber noch bei einem Wirbelwind, der nicht nur von kolossaler Größe ist, sondern auch Tage, Wochen und Monate dauert?

Dennoch vergleicht der Physiker diese ungestümen glühenden Wirbelwinde mit Kühlgefäßen. Wenn wir an Kälte denken, denken wir an Frost, Schnee und Eis. Er denkt an Temperaturunterschiede. Gefrierendes Wasser hat eine Temperatur von 32 Grad Fahrenheit (= 0 Grad Celsius). Das Thermometer in der Küche mag selbst an einem heißen Sommertag 92 Grad Fahrenheit (= 33,3 Grad Celsius) verzeichnen. Gleicherweise verschaffen uns die weißemallichten Kühlschränke und ihre Windungen einen Temperatursturz von 60 Grad Fahrenheit (= 15,5 Grad Celsius) — ein Triumph der mechanischen Ingenieurkunst.

Blicken wir auf die Sonne und sehen wir, was da geschieht. Dieser kreiselnde Tornado, den wir als Fleck bezeichnen, saugt heiße Gase aus dem Innern und kühlt sie durch Ausdehnung ab — genau das, was in den Windungen eines Kühlers geschieht. Die Temperatur fällt um 2000 Grad. So groß ist der Unterschied zwischen 6000 Grad absoluter Temperatur (= 6273 Grad Celsius) an der Sonnenoberfläche und der Temperatur eines Flecks.

Wenn diese Sonnentornados auf ihrem Höhepunkte sind, werden die Kompassse wild; es werden mächtige Erdströme erregt, die zuweilen den Telegrafendienst in Unordnung bringen; Nordlichter schimmern mit ungewohnter Pracht. Sie sind deutliche magnetische Erscheinungen. Deshalb sahen sich die Astrophysiker natürlich nach magnetischen Wirkungen in den Flecken um. Es dauerte lang, bis sie sie fanden.

Dem verstorbenen Dr. George E. Hale kommt die Ehre zu, bewiesen zu haben, daß jeder Sonnenfleck ein riesiger Magnet ist. Er fand, daß die Pole zweier benachbarter Flecke immer entgegengesetzt sind. Wenn ferner der östliche zweier Flecke einen positiven Pol hat, so ist dies bei allen östlichen Flecken der weitem Fleckpaare auf der nördlichen Halbkugel der Fall. Auf der südlichen Halbkugel haben die entsprechenden Flecken einen negativen Pol. Entsteht ein neuer Zyklus, ist die Polarität umgekehrt. Warum? Das weiß keiner.

In vierzig über die ganze Erde verstreuten Observatorien sind empfindsame Magnete aufgestellt, die alle mit unsicht-

baren, aber spürbaren Fesseln mit der Sonne verbunden sind. Neben dem Licht rast etwas über den Abgrund von 93 000 000 Meilen (ca. 150 Millionen Kilometer), die die Sonne von der Erde trennen. Elektronen, zertrümmerte Atome — Ione genannt — vielleicht ganze Moleküle, werden von der Sonnenoberfläche und den Flecken abgeschossen. Fünfzig Meilen (ca. 80 Kilometer) von der Erdoberfläche wird dieser unsichtbare Strom zum größten Teile durch die Atmosphäre aufgehalten. Dann klemmen oder schwingen die Magnete in den Observatorien. „Stürme!“ rufen sie. Aber die Stürme bestehen nicht aus peitschendem Wind oder Regen, sondern aus Elektronen. Zu solchen Zeiten glüht das Nordlicht mit mehr als seiner gewöhnlichen Erhabenheit, und die Kompassse wackeln.

Magnetische Stürme ereignen sich zwei- bis fünfmal im Jahr und dauern ungefähr zwei Tage. Wenn die Sonnenflecken groß sind, können die Störungen heftig sein. Seit über fünfundzwanzig Jahren wurden tägliche Aufzeichnungen auf den Observatorien gemacht. Wenn die Sonnenflecken in einem Zyklus von siebenundzwanzigtägigen Intervallen wieder erscheinen, wie das oft geschieht, zeigen die Akten der Observatorien eine siebenundzwanzigtägige Übereinstimmung mit den irdischen erdmagnetischen Störungen. Die Übereinstimmung ist nicht genau, aber doch verblüffend. Siebenundzwanzig Tage sind zufällig die Zeit der Sonnenumdrehung. Dennoch ist das Weitergehendste, was eine Autorität über Erdmagnetismus sagen wird, das, daß magnetische Tätigkeit bestimmten Gebieten der Sonnenoberfläche zugeschrieben werden muß, und daß es einen Elfjahrzyklus der Sonnenflecken gibt.

Wir suchen deshalb nach Ursachen. Man stelle sich eine sich drehende Mündung eines Gartenschlauches vor, so groß wie die Sonne. Sie stäubt Elektronen, Ionen und vielleicht andere kleine Teilchen in den Raum. Diese Stäubchen fallen in Bogen wie das Wasser. In anderthalb Tagen ist der Abgrund überbrückt. Aber eine Minute verstreicht zwischen dem ersten Stoß und der Zeit, da die Erde ganz vom magnetischen Sturm eingehüllt ist. Nur durch einen solchen Mechanismus kann man es erklären, weshalb die Magneten in den vierzig Observatorien zu schwingen beginnen, bald nachdem ein großer Fleck erschienen ist.

Kaum hatte man den Elfjahrzyklus der Sonnenflecken festgestellt, als auch schon der Versuch gemacht wurde, ihn mit ähnlichen Erscheinungen auf der Erde in Verbindung zu bringen. Das ist der Blumenpfad, der entweder zu erstaunlichen wissen-

schaftlichen Übereinstimmungen oder zu einer milden Form der Verrücktheit führt. Man kann irgendeinen Eisenbahnfahrplan nehmen und an Hand der Abfahrts- und Ankunftszeiten der Züge an einem Endpunkte verblüffende Beziehungen zum Auftauchen und Verschwinden der Sonnenflecken finden. Es böte keine Schwierigkeiten, die Vermehrung nervöser Verstimmungen mit dem Aufstieg des Rundfunks zu verbinden oder zu zeigen, daß die Verbreitung der Kaffeehäuser mit einem erschreckenden Anwachsen der Krebssterblichkeit übereinstimmt.

Das menschliche Leben ist eine Folge von Ereignissen, von denen sich einige regelmäßig wiederholen, zum Beispiel Geburtstage, Zahltag, Erntezeiten, Tennisspiele und finanzielle Krisen. Eine Kurve über die andere zu zeichnen, die beide Rhythmen wiedergeben; zu zeigen, daß die beiden übereinstimmen; auf diese Weise Ursache und Wirkung abzuleiten: was gibt es augenscheinlich Logischeres? Wir stellen deshalb fest, daß nicht nur die Mystiker, sondern auch Wissenschaftler in Wirklichkeit durch die Sonnenflecke beeinflusst werden.

Was unter der Photosphäre sich befindet, auf der die magnetischen Flecke dahintreiben, muß immer bloße Mutmaßung bleiben. Wer darf hoffen, 432 500 Meilen (ca. 686 600 Kilometer) Gas (den Radius der Sonne) zu durchdringen und zu entdecken, was sich im Innersten eines Gestirns befindet, das mehr als 93 Millionen Meilen (ca. 150 Millionen Kilometer) entfernt ist? Dennoch versucht der moderne Astrophysiker wagemutig die Großtat, weil er auf sein Wissen von Atomen und Elektronen vertraut. In den Umdrehungen und Bewegungen der Elektronen, in den irdischen Atomen liest er die Geschichte der Sonne. Einstmals verehrten wir Helmholtz und Kelvin als die höchsten Autoritäten über die Vorgänge auf der Sonne. Heute sitzen wir zu den Füßen von Eddington und Jeans, zwei Physikern, deren Ansichten über die Tätigkeit der Sonnenatome und Elektrone die Astronomen nötigten, ihre Auffassung von der Sonne zu ändern.

Wenn der Physiker zu erklären vermag, warum die Sonne überhaupt scheint, dann kann er nahezu alles erklären. Nach der schlichten Auffassung der vergangenen Jahrhunderte brannte die Sonne wie eine Treibstoffmasse. Nach Lord Kelvins Berechnungen würde eine Sonne aus massiver Kohle ungefähr 5000 Jahre brennen. Könnten Schwärme von Meteoren dieses Feuer unterhalten? Mehrere Berechnungen verwerteten diese Vermutung. Eine erdengroße Menge Meteore könnte den Sonnenofen kaum während eines Jahrhunderts unterhalten. Abgesehen

davon würde der notwendige Zuwachs das Gewicht der Sonne in 30 Millionen Jahren verdoppeln und damit das ganze Sonnensystem in Unordnung bringen.

Der deutsche Physiker Helmholtz bot eine die modernen Astrophysiker zufriedenstellende Erklärung. Die Sonne ist eine Gasmasse. Sie zieht sich zusammen. Aber wieviel? Er gebrauchte seine mathematischen Tastzirkel und fand 250 Fuß (ca. 76 Meter) im Jahre. Hitze und Licht werden aus der Sonne herausgequetscht.

Hie und da gab es eine Auseinandersetzung zwischen Physikern und Geologen. Lord Kelvin berechnete, daß der Schrumpfungsvorgang vor nicht mehr als ungefähr 40 Millionen Jahren begonnen hätte, und Newcomb, daß er nicht mehr als weitere 7 Millionen Jahre dauern könne. Die Lebensdauer der Sonne war damit eine Angelegenheit von vielleicht 47 Millionen Jahren. Die Geologen widersprachen und wiesen darauf hin, daß einige der Erdgesteine 100 Millionen Jahre alt seien, und daß die Sonne, die mindestens so alt wie die Erde ist, weit entfernt davon sei, eine geschwärmte Schlacke zu sein.

Als die radioaktiven Elemente entdeckt wurden, wurde die Stellung der Geologen sogar verbessert. Uran braucht eine Billion 300 Millionen Jahre, um selbsttätig in verschiedene Elemente (eines davon ist das Radium) zu zerfallen, bevor es zu Blei wird. Sogar die Geologen hatten zu wenig Vorstellungskraft besessen, als sie das Alter der Kugel schätzten, auf der wir leben.

Als die Elektronentheorie des Stoffes formuliert worden war, wurde die wirkliche Quelle der großen Sonnenenergie entdeckt. „Wir gingen daran, das Innere eines Gestirns zu erforschen“, erklärte Eddington. „Wir fanden bald heraus, daß wir das Innere eines Atoms erforschten.“ Damit meinte er, daß die Atomenergie für die Sonnenstrahlung verantwortlich ist.

Die ein Atom zusammenfesselnden Kräfte sind ungeheuer. Dennoch können äußere Elektronen weggesprengt werden, wodurch das Atom ein „Ion“ wird. Man braucht Energie, um ein Atom zu trennen. Die Sonnenoberfläche hat eine Temperatur von 10 000 Grad Fahrenheit (= 6000 Grad Celsius). In der Mitte mag die Temperatur 40 Millionen Fahrenheit (= ca. 22 Millionen Grad Celsius) betragen. Wenn in Chicago ein bißchen Eisen auf die berechnete Temperatur des Sonneninnern erhitzt würde, strahlte es genügend Hitze aus, um alles Leben im Umkreis von 1000 Meilen (ca. 1600 Kilometer) zu versengen.

Eine Temperatur von 40 Millionen Grad Fahrenheit (= ca. 22 Millionen Grad Celsius) bedeutet, daß die Moleküle sich rasch

bewegen. Bei der gewöhnlichen Zimmertemperatur schießen die Moleküle mit einer Geschwindigkeit von 500 Yards (ca. 460 Meter) in der Sekunde einher; bei 40 Millionen Grad Fahrenheit (= ca. 22 Millionen Grad Celsius) sausen sie mit mehr als 60 Meilen (ca. 100 Kilometer) in der Sekunde umher. Durch den Druck der Schwerkraft entwickelt sich eine Energie, welche die Temperatur der Gestirne steigert, bis sie innerlich in erschreckender, unfasbarer Hitze glühen. In dieser Hitze haben wir die Kraft, die die Atome in ihre einzelnen Elektronen zerreißt, die Umwandlung der Elemente bewerkstelligt, und noch mehr Energie befreit. Nun sind wir imstande, Eddingtons sensationelles Bild vom Sonneninnern zu erfassen:

Zerzauste Atome rasen mit 100 Meilen in der Sekunde (ca. 160 Kilometer) daher; die normale Anordnung der Elektronen wird im Getümmel zerrissen. Die verlorenen Elektronen schießen einhundertmal schneller einher, um neue Haltepunkte zu finden. Laßt uns den Weg eines von ihnen betrachten. Es gibt beinahe einen Zusammenstoß, wenn sich ein Elektron einem Atomkern nähert; aber seine Geschwindigkeit erhöhend, fegt es in einer scharfen Kurve herum. Zuweilen droht in der Kurve ein Ausgleiten, aber das Elektron geht mit gesteigerter oder verminderter Kraft weiter. Nachdem es tausendmal mit knapper Not davongekommen ist, was alles innerhalb einer Milliardstelssekunde sich abspielt, wird die fieberhafte Laufbahn durch ein schlimmeres Ausgleiten als vorher beendet. Das Elektron wird gepackt und zu einem Atom gefesselt. Aber kaum hat es seinen Platz eingenommen, als ein Röntgenstrahl in das Atom einbricht. Das Elektron saugt die Energie des Strahles auf und stürzt sich in sein nächstes Abenteuer davon.

Jeans führt den Vorgang weiter: Nicht nur werden die Atome in ihre einzelnen Protone und Elektrone gespalten, wie Eddington es so lebhaft schildert, sondern die Protonen und Elektronen selbst werden vernichtet. Der Beweis für diese Vernichtung ist die schreckliche Hitze und das Licht der Sonne. Oder, wie Jeans sich ausdrückt: „Die Sonne zerstört ihre Substanz, damit wir leben können... Die Atome in der Sonne sind in ihrer Einwirkung Energiebündel, die in der Form von Licht und Hitze durch das Weltall verspritzt werden.“ Dennoch ist der Vorrat der Sonne so enorm und der Energiegehalt jedes Bündels so groß, daß selbst nach einem Leuchten von sieben oder acht Billionen Jahren — so alt schätzt Jeans die Sonne — noch immer genug für viele weitere Billionen Jahre vorhanden ist. Die Geologen haben damit die verlangte Zeit, in welcher die Erde Felsen, Meere und Festländer bildete.

Es kann nicht bestritten werden, daß bei diesen Billionen Jahren das Mutmaßen eine gewisse Rolle spielt. Aber es ist ein Mutmaßen auf fester Grundlage, die auf der Beziehung zwischen der leuchtenden Beschaffenheit der Sonne und ihrem Gewicht beruht. Je schwerer ein Gestirn, desto heller ist es. Aber das Verhältnis zwischen Gewicht und Leuchtkraft ist nicht 1 : 1. Wäre die Sonne nur halb so massiv als sie ist, so strahlte sie nicht einhalbmals soviel Licht und Hitze aus, sondern nur ein Achtel. Gleicherweise schiene sie bei doppeltem Gewicht nicht zweimal, sondern achtmal so hell. Vor zwei Billionen Jahren hatte die Sonne 1,00013mal das heutige Gewicht. Als die Erde vor ungefähr drei Billionen Jahren geboren wurde, war die Sonne im ganzen so wie heute. Für den Astrophysiker ist die Sonne noch jung, obwohl die Menschen der Victorianischen Zeit sie als dem Ende nahe betrachteten.

Jeans und Eddington stimmen miteinander betreffs des Verhältnisses von Masse zu Helligkeit über das Alter der Sonne überein. Geht man sieben Billionen sechshundert Millionen Jahre zurück, so wird die Sonne unmöglich schwer — ungefähr hundertmal schwerer als sie jetzt ist. Ein Alter von sieben oder acht Billionen Jahren gibt gerade das richtige Gewicht und die richtige Helle.

Aber wie weiß Jeans, welches die richtige Helle ist? Durch Vergleich der Sonne mit anderen Gestirnen desselben Typs. Es ergibt sich, daß jeder Quadratzoll (ca. 6 Quadratcentimeter) der Sonnenoberfläche ungefähr 50 Pferdestärken ausstrahlt, die in einem Jahrhundert ungefähr 1,42 Gramm Materie vernichten. Für die Sonne summiert sich dieser unscheinbare Betrag zu mehr als 4 Millionen Tonnen in der Sekunde. Morgen wird die Sonne 360 000 000 000 Tonnen weniger wiegen als heute. Dennoch ist sie so riesig, daß sie noch mindestens fünfzehn Billionen Jahre scheinen wird.

Bevor Jeans und Eddington uns diese neuen Ansichten gaben, betrachtete man die Sonne als einen schrecklichen glühenden Gasball. Aber Jeans zeigte, daß ein Gasball entweder zusammensinken oder explodieren müßte. Er denkt sich den Kern flüssig. Nur die äußeren Hüllen sind im eigentlichen Sinne gasförmig. Im Kerne sind, wie er annimmt, überaktive Atome, die schwerer sind als Uran oder Radium. Wir haben auf der Erde 92 Elemente; wenn Jeans recht hat, dann gibt es noch einige mehr im Innersten der Sonne. Einige kurzlebige Elemente, schwerer als Uran (unser 92. irdisches), wurden in Laboratorien hergestellt.

Da die Sonne sich selber zerstrahlt und täglich 360 000 000 000 Tonnen verliert, muß der Griff ihrer Schwerkraft auf die Erde schlaffer werden. Jeans hat berechnet, daß wir uns in einem Jahrhundert ungefähr einen Meter spiralförmig von der Sonne entfernen. In einer Billion Jahren werden wir ca. 163 Millionen Meilen statt 150 Millionen Meilen von ihr entfernt sein. Zu dieser Zeit wird die Sonne sechs Prozent ihrer gegenwärtigen Hitze durch Strahlung verloren haben, und ihre Fähigkeit zur Energieerzeugung wird um zwanzig Prozent abgenommen haben. Die Erdtemperatur wird um 54 Grad Fahrenheit (= 12 Grad Celsius) niedriger sein als heute, und die Erde wird zu einem durch den Raum schwimmenden Eisball geworden sein. Wenn die Ozeane nicht schon lange vorher verdunstet sind, werden sie gefrorene Massen sein.

Wird der Mensch zugrunde gegangen sein? Er hat die Kraft, sich eine künstliche Umgebung zu schaffen. Er versteht es, sein Heim und seine Fabriken zu heizen. Es braucht mehr als Gletscherkälte, um ihn auszutilgen. Aber so wie die Erde im Laufe der Jahrhunderte dahintreibt, wird eine mit Hilfe der Wissenschaft gletscherhafte und noch erträglich erhaltene Temperatur sich dem absoluten Nullpunkt des Zwischensternraumes nähern.

Der Vorhang fällt, wenn die Atmosphäre sich zuerst als Eissturm von Kohlendioxyd und schließlich als Platzregen von flüssiger Luft niederschlägt. Kein erfinderischer Scharfsinn kann den Tod abwenden. Nachdem er in ein Weltall hineingestolpert ist, das nie zum Leben bestimmt war, wird der Mensch durch Kräfte ausgelöscht werden, die ihm feindlich waren vom Anbeginn der Zeit her, und über die er für eine kurze Stunde sieg jubelte. „Er wird“, nach Jeans Worten, „das Weltall verlassen, als ob er nie gewesen wäre.“

IX

EIN STERN EXPLODIERT

Ein Lichtstrahl, der seinen Weg zur Erde mit einer Sekundengeschwindigkeit von 186 000 Meilen (ca. 300 000 Kilometer) zurücklegt, berichtet uns von einer erstaunlichen Katastrophe, die sich im Sternbilde des Herkules vor 1300 Jahren ereignete. Ein Stern barst auseinander. Während gepanzerte Ritter sich zu einem Kreuzzug nach dem andern rüsteten, während Königreiche entstanden und stürzten, während die skandinavischen, portugiesischen, spanischen und italienischen Seefahrer ihre großen Entdeckungsreisen unternahmen, war das Licht dieser Explosion auf dem Wege zu uns.

Jetzt, da es angekommen ist, ist die Wissenschaft in einer bessern Lage als je, um die Botschaft zu verstehen. Wenn Planeten um die entfernte Sonne kreisten, wenn unter ihnen Welten waren, auf denen Ozeane rollten und intelligente Geschöpfe sich bemühten, sich selber und das unendliche Weltall um sich herum zu verstehen, dann sind sie zerstört worden in einem mitleidsvoll schnellen, blendenden, alles verzehrenden Blitzstrahl. Wir können uns kein Bild von der Heftigkeit des Ausbruches machen, auch wenn wir von ihm wissen. Die Explosion einer Menge Nitroglyzerin von der Größe der Erde wäre im Vergleich dazu wie der Brand eines Streichholzes eine schneckenartige Vorführung.

Menschliche Augen haben niemals so große Katastrophen, wie die durch dieses plötzliche Funkeln angezeigte, geschaut. Unbedeutende Flecke, so schwach, daß sie das unbewaffnete Auge nicht wahrnehmen kann, wachsen zu leuchtenden Körpern der ersten Größe. So wuchs der neue Stern im Herkules innerhalb weniger Tage in seiner Helligkeit um das Hunderttausendfache. Nur Sirius, Wega, Capella, Arcturus, Rigel, Prokyon, Atair und Beteigeuze, die hellsten Fixsterne, überstrahlten ihn schließlich an Helligkeit.

Der Astronom nennt diese plötzlichen Erscheinungen Novae, neue Sterne. Es ist ein schlechter Name, der vermuten läßt, daß dort Himmelskörper in Zukunft leuchten, wo bisher keine waren. Gewöhnlich zeigt ein schwacher Lichtfleck auf einer vor zehn, zwanzig oder dreißig Jahren gemachten Photographie die Geschichte eines Körpers, der seit Millionen und Millionen Jahren seinen gleichmäßigen Sternengang verfolgt hatte, bloß um plötzlich und überraschend aufzuflammen, so daß selbst ein unbewaffnetes Auge ihn zu erblicken vermag. Selbst wenn die photo-

graphische Aufnahme keinen Anhaltspunkt für ein Gestirn gibt, das eines Tages zu bersten bestimmt ist — Nova Aurigae, Nova Persei und Nova Cygnus sind solche Fälle — so hat man wenig Grund, von „neuen Sternen“ zu sprechen. Himmelskörper werden nicht in einem Augenblick geschaffen.

Die Klasse der Novae ist die hellste unter den Sternen unseres Systems. — Im Durchschnitt zwanzigtausendmal heller als die Sonne. „Könnten wir von einer ungeheuren Entfernung, in der mit Ausnahme der hellsten Sterne alles in einen verschwommenen Fleck verschmilzt, auf unser System zurückblicken“, sagt Hubble, „so sähen wir noch immer die Novae, wie sie aufblitzten, für eine Weile scheinen und dann verblassen. Wir erblicken gegenwärtig solche Blitze in der Andromeda, einem unserer Milchstraße ähnlichen Sternensystem.“ Wenn die meisten Ausbrüche als schwach erscheinen, so nicht darum, weil sie matter sind als der im Herkules zutage getretene, sondern weil sie so weit weg sind.

Die berühmteste aller Novae wurde im November 1572 durch den damals sechsundzwanzigjährigen Tycho Brahe im Sternbild der Cassiopeia entdeckt. Er wagte kaum seinen Augen zu trauen. Man lese seinen Bericht:

„Als ich während eines meiner Spaziergänge wie gewöhnlich die Augen zum wohlbekannten Himmelsgewölbe erhob, beobachtete ich mit unbeschreiblichem Erstaunen nahe dem Zenith, im Sternbild der Cassiopeia, einen Fixstern von nie vorher gesehener Größe. In meiner Verwunderung zweifelte ich an der Wahrnehmung meiner Augen. Um mich immerhin zu überzeugen, daß es kein Trugbild war, und um die Bestätigung anderer zu besitzen, befahl ich meine Gehilfen von der Sternwarte zu mir und fragte sie und alle vorübergehenden Landleute, ob sie ebenfalls den Stern gesehen hätten, der so plötzlich ausgebrochen war.“

Der Stern Tychos wetteiferte mit der Venus an Glanz und war um die Mittagszeit sichtbar. Niemals in historischer Zeit gab es eine gleiche Nova. Sie wechselte von weiß zu rot und dann wieder zu weiß und entschwand im März 1574 der Sicht. Sie glimmt immer noch schwach irgendwo in der Cassiopeia, welcher Stern dieses Bildes es ist, wissen wir nicht. Es war unmöglich, mit den plumpen Instrumenten jener Zeit die Lage mit der heutigen Genauigkeit anzugeben.

Für Tycho war der Stern ein Vorzeichen, das er mit dem Stillestehen der Sonne auf Josuahs Befehl verglich und mit dem Gestirn, dem die Magier anlässlich der Geburt Christi folgten. Kepler hatte ähnliche Ansichten über die mit bloßem Auge

sichtbare Nova, die er im Jahre 1604 beobachtete. Für ihn war der Stern von Bethlehem eine Nova.

Was ist die Ursache dieser Ausbrüche? Die Astronomen haben sich seit Jahrhunderten diese Frage gestellt. Je mehr man entdeckt, desto rätselvoller scheint die Sache zu sein. Keine noch so gewagte Annahme befriedigt ganz. Nach der Meinung einiger handelt es sich um die Folgen der leichten Kollision zweier Sterne. Sie verschmelzen sich zu einer neuen Kugel aus weißglühendem Dunst.

Die Mathematiker spitzen ihre Bleistifte und schätzen die Möglichkeiten eines solchen Zusammentreffens. Einmal innerhalb einer Million Jahre, ist ihre Antwort. Falsch, erklären die Beobachter. Die Novae sind im Weltall zu häufig. Abgesehen davon gab es den seltsamen Fall der Nova Pictoris, die sich spaltete und einen dunklen Raum zwischen den getrennten Teilen sichtbar werden ließ. Sie ist vielleicht keine typische Nova gewesen, diese Nova Pictoris, aber wenn die Hypothese von der Kollision etwas taugte, hätte sich der dunkle Zwischenraum nicht zeigen sollen.

Der deutsche Astronom Dr. Seeliger entwickelte eine Vermutung von Professor Monck und zog daraus interessante Folgerungen, die während Jahren in hoher Gunst standen. Im Weltenraum ist dunkle Materie zerstreut, kosmischer Staub, Dämpfe, wer weiß es? Er erscheint auf Photographien, wenn ein heller Stern nahe durch dunkle Materie scheint. In der Tat scheint auf einigen Bildern ein Stern eine Gasse hindurch gepflügt zu haben. Nova Pictoris leuchtete und verblaßte mehrere Male wie andere Novae auch. Sie mag da eine dichte, dort eine dünne Masse dieser dunkeln Materie angetroffen haben, in die sie untertauchte.

Wir wissen, daß ein Meteor aufblitzt, wenn er durch die Atmosphäre schießt. Hier sehen wir, was sich ereignen mag, wenn ein riesiger Stern in einen dunklen Nebelfleck hineinschwimmt. Im übrigen sind die Novae mit Nebelflecken verbunden. Hier und da sieht man einen Ring aus glühender Materie, einen planetenähnlichen Nebelfleck, und in der Mitte eine glühende Masse. Sind diese Ringe vielleicht Wracks ehemaliger Novae?

So annehmbar auch Seeligers Theorie erscheinen mag, so werfen sie die Astronomen doch. Während des vermuteten Durchganges eines Sternes durch einen Nebelfleck wird die Hitze durch die Reibung viel zu langsam entzündet, um für eine sozusagen augenblickliche, blitzähnliche Eruption in Frage zu kommen.

Die Astrophysiker sind nun geneigt, die Sternenexplosionen reiner Unbeständigkeit zuzuschreiben. Aus unbekanntem Grunde sinkt ein Stern in sich zusammen. Die äußeren Schichten werden weggeblasen und mit Geschwindigkeiten von Hunderten, ja sogar Tausenden von Meilen in der Sekunde in den Raum hinausgeworfen. Der Zusammenbruch des übrigbleibenden Kerns schließt ein Schrumpfen in sich — eine reine Wirkung der Anziehungskraft. Licht, Hitze, Energiewellen werden buchstäblich herausgequetscht. Wo aber bleiben die Tatsachen, die es glaubhaft machen, daß solche Wechsel sich oft genug ereignen, um alle Fälle zu erklären? Wir hängen bloßer wissenschaftlicher Spekulation nach. Es gibt bis jetzt keinen andern Weg.

Was wir von den Novae wissen, haben wir zum Großteil seit der Erfindung des Spektroskops im letzten Jahrhundert erfahren. Es ist die Aufgabe dieses Instrumentes, dessen Hauptbestandteil ein Prisma ist, das Licht in seine wesentlichen Farben zu zerlegen. Wir erhalten dadurch einen Regenbogen, ein Spektrum in der Form eines bandähnlichen Streifens. Jedes Element glüht in seiner charakteristischen Reihenfolge von gefärbten Bändern und Linien; jede Farbe und Linienfolge hat ihren bestimmten Platz im Spektrum. Wenn eine Linie oder eine Farbe sich bewegt, dann weiß der Physiker, daß ein Gestirn sich uns nähert oder von uns entfernt, je nach der Richtung der Veränderung.

Gerade wie der Ton einer Lokomotive sich erhöht, wenn sie sich nähert, und sinkt, wenn sie sich entfernt, so heult das Licht höher oder tiefer, je nachdem sich die Quelle von uns weg oder zu uns hin bewegt. Denn das Licht hat, wie der Ton, seinen Höhepunkt. Durch Messen dieser Veränderungen kann die Schnelligkeit berechnet werden. Das Spektrum macht daher die Elemente in einem Gestirn oder in einer Gasmasse, sowie ihren physikalischen Zustand und ihre Bewegungen erkennbar. Regenbogen der Gestirne haben es Dr. Wright und Dr. Lundmark, Dr. Walter S. Adams von der Mount-Wilson-Sternwarte und Donald A. Menzel ermöglicht, ein plumpes Bild davon zu geben, was geschieht, wenn ein Stern birst.

Wir müssen uns eine unbeständig gewordene Sonne vorstellen, die ihre äußere Schale aus heißem Gas davongewirbelt hat. Was übrigbleibt, schrumpft vielleicht um ein paar hundert Meilen zusammen; das bedeutet aber nichts im Vergleich mit den Durchmesser von einer Million und noch mehr Meilen. Dennoch ist es genug, um die Temperatur derart zu steigern, daß die Astronomen auf der Erde eine Flamme gewahr werden.

Wie eine aufschwellende Wasserblase stürzt die Hülle in einem immer größer werdenden Halbmesser von 1000 Meilen (ca. 1600 Kilometer) und mehr in der Sekunde nach außen. In einer Woche wächst der Rauminhalt der Schale um das Millionenfache. Sie müßte eigentlich schon bloß durch die Ausdehnung und das Ausstrahlen sich abkühlen. Statt dessen glüht sie beinahe so intensiv wie das Gestirn selbst, obwohl sich zuweilen Anzeichen der Abkühlung zeigen.

Zuerst ist die Schale undurchsichtig. Alle Strahlung des Gestirns im Mittelpunkt muß sich ihren Weg erkämpfen. Elektronen und Ionen schießen in aufrührerischer Geschäftigkeit umher. Kosmische Strahlen, Gammastrahlen, Röntgenstrahlen, ultraviolette Strahlen kämpfen mit diesem Widerstand. Zuletzt brechen sie durch, aber sie sind umgewandelt, schwächer. Waren sie einst unsichtbar und durchdringend, so sind sie jetzt „weich“. Deshalb kann man sie sehen.

In dieser frühen Phase, während der die Helligkeit der ganzen Masse ungeheuer zunimmt, ist die Glut leuchtend weiß oder bläulich-weiß. Später wird sie orange oder rötlich. Das Spektrum meldet Wasserstoff, Eisen, Kalzium, Titanium, Chrom, Silizium und andere bekannte Dämpfe, die erhitzt werden, bis ihre tanzenden Atome charakteristische Lichtwellen aussenden. Ähnliche Metaldämpfe erscheinen auf der Sonne. Gegen das Ende wird der Stern grünlich. In den spätern Phasen wird die vorerst dunkle Schale durchsichtig, so daß kosmische Strahlen und andere mächtige Strahlen sie leicht durchdringen können. Zu unserem Glück hält unsere eigene Atmosphäre sie auf.

Bald nachdem die größte Helligkeit erreicht ist, nimmt die Nova wieder ab. Nach wenigen Wochen ist sie ein schwaches Überbleibsel von ihrer kurzen schauspielhaften Glorie. Während Monaten und Jahren verblaßt sie gleichmäßig. Schließlich wird sie zu einem gewöhnlichen Stern unter Millionen an ihrem Platz am Himmel. Zuweilen gibt es noch ein wechselvolles Pulsieren des Lichtes, ein Anzeichen, daß das Gleichgewicht noch nicht vollständig erreicht ist. Sie ist ein kleinerer, aber heller und heißer Stern, der so das Ende einer Explosion kennzeichnet.

Man halte fest, daß wir in diesem Gemälde vom Aufstieg und vom Falle einer Nova auf kosmische Strahlen hinweisen, die von dem zentralen Gestirn aus die Gas- und Dunsthülle durchdringen. Haben wir hier den Ursprung der geheimnisvollen Ausstrahlung, von der Dr. Millikan glaubt, sie sei eine intensive, aber unsichtbare Form des Lichtes? Dr. W. Baade von der Universität Kalifornien und Dr. F. Zwicky vom Kalifornischen Institut für Technik vermuten diese Möglichkeit.

Aus einer von Dr. Bailey in Harvard verfaßten statistischen Abhandlung scheint sich zu ergeben, daß jährlich ein oder zwei Novae dem bloßen Auge sichtbar werden, obwohl tatsächlich wenige entdeckt werden. Im selben Zeitraum erreichen wenigstens zehn die neunte Größe. (Ptolemäus war der erste, der die Sterne nach ihrer Helligkeit ordnete. Er bezeichnete die hellsten als Sterne „erster Größe“ und die dem bloßen Auge gerade noch sichtbaren als solche „sechster Größe“. Eine Nova der neunten Größe hat nur ein Sechzehntel der Helligkeit des schwächsten, dem bloßen Auge sichtbaren Sterns.) Bailey folgert daraus, daß es im Laufe einer Million Jahre ebenso viele entstandene und eingefallene Novae gäbe als sichtbare Sterne.

Jeder Stern war deshalb zu seiner Zeit eine Nova. Man bedenke, was das im Lichte der modernen astronomischen Photographie bedeutet. Billionen von Sternen wurden bis jetzt auf die Platten gebannt. Wenn diese Gestirne nur den zehnten Teil derer darstellen, die immer noch auf ihre Entdeckung warten, dann machen wir uns mit dem Gedanken vertraut, daß eine Nova etwas Gewöhnliches ist. Es mag sogar sein, daß Gestirne mehr als einmal Novae waren.

Eine neuerliche statistische Untersuchung der Novae wurde durch Dr. Conrad Lonnqvist von der Königlichen Sternwarte in Lund (Schweden) durchgeführt. Nach seiner Feststellung birst im Durchschnitt jeder Stern einmal in vierhundert Millionen Jahren und wird zur Nova. Lonnqvist läßt sich selbst genügend Ellbogenweite, wenn er sich mit solchen astronomischen Möglichkeiten beschäftigt. Seine Zahlen sind zugegebenermaßen so oder so um die Kleinigkeit von dreihundert Millionen Jahren unrichtig. Dreihundert Millionen Jahre! Zeit genug, um Berge durcheinander zu schütteln und abzutragen, um Meere auszutrocknen und um die menschliche Rasse die letzten Spuren der Wildheit wegwerfen zu lassen.

Wenn Bailey und Hubble recht haben, wundern wir uns selbstverständlich, was aus unserm Sonnensystem werden soll. Unsere Sonne ist ein Stern, um den zufällig Planeten kreisen. Sie hat eine Photosphäre, eine Art von leuchtender Schale oder Lufthülle von fürchterlich glühendem Gas, die für immer den darunter liegenden Kern verhüllt. Zungen aus rotem Wasserstoff schießen aus der Hülle herauf, und Sonnenflecken wirbeln darin. Beides bestätigt, daß erschreckende Kräfte im Spiele sind.

Der bloße Gedanke daran, was sich ereignen könnte, wenn die Sonne bersten sollte wie vor dreizehnhundert Jahren jener Stern im Herkules, macht einen schauern. Nichts könnte einen Ausbruch der Energie überleben, die das Sonnensystem über-

schwemmen würde. Ein Funke, der uns blendet, eine Flut von Strahlungen — kosmische, ultraviolette, elektrische — würde ausströmen. Innerhalb weniger Tage würde sich die äußerliche, wandernde Hülle aus weißglühendem Dampfe auf unsere Erde stürzen. Bald würde sie Mars, Jupiter und Saturn einhüllen. Es ist sogar wahrscheinlich, daß sie in immer größere Bereiche ausgriffe, bis sie Uranus, Neptun und Pluto umfaßt. Hüllen von dieser Unermeßlichkeit wurden beobachtet.

All dies geschähe mit einer Plötzlichkeit, von der wir keine Vorstellung haben. Der erste Strahl würde genügen, unser aller Leben auszulöschen. Die Planeten, die auf ihren Bahnen um die verwandelte Sonne einherfahren, würden wie Meteore erhitzt werden. Wieder einmal würden sie Dampfbälle werden und sich mit dieser Schale voll Zerstörung und Tod vermischen. Schließlich würden sie wie rauchiger Spuk verstreut werden. Nichts würde von einem System übrigbleiben, das vielleicht im unendlichen Raume des Weltalls einzigartig ist. Dann, nach Monaten oder vielleicht Jahren würde die Sonne sich beruhigen. Es würde eine kleinere und hellere Sonne sein — ein weißer Stern, der einsam durch den Raum treibt.

Wird sich dann die kosmische Geschichte wiederholen? Vielleicht werden ein neues Sonnensystem und eine neue Erde geboren werden. Vielleicht wird das die Geburt eines neuen Lebens sein, wo ein Stücklein ursprünglichen Protoplasmas aus der See auftaucht und von neuem den alten, langsamen Aufstieg beginnt, der möglicherweise zu sich neigenden Bäumen, zu kriechenden und laufenden Tieren, zu die Luft durchheulenden Vögeln und zuletzt zu etwas dem Menschen Gleiches hinführen wird, das verwundert den Himmel über sich anstaunt und weit weg einen Blitzstrahl entdeckt, der von der Zerstörung einer Sonne erzählt und von seiner eigenen zyklischen Laufbahn.

X

DAS LEBEN IM SONNENSYSTEM

Vor einigen Billionen Jahren schwebte in unserm Teil des Himmels ein ungeheurer Stern dahin. Er trieb in die Nähe der Sonne und zog durch die bloße Anziehungskraft seiner Masse langflatternde Gasbänder aus der Sonne. Der Wanderer zog vorüber. Diese Bänder schrumpften zu Kugeln zusammen und wurden unsere Planeten. So lautet die vorherrschende Theorie über den Ursprung unseres Sonnensystems.

Die Wetten stehen hundert Millionen zu eins gegen eine solche Begegnung. Daher bemerkt Eddington: „Das Sonnensystem ist nicht das typische Produkt der Entwicklung eines Sterns, es ist nicht einmal eine gewöhnliche Abart der Entwicklung: es ist eine Schrulle.“

Es gibt viele Gründe für die Annahme, daß das Sonnensystem auf diese Weise entstanden sein kann. Jeans hat darauf hingewiesen, daß „die lange, aus der Sonne herausgezogene Faser offensichtlich in ihren mittleren Teilen sehr reichhaltig an Materie gewesen ist; diese Teile wurden herausgezogen, als der zweite Stern sehr nahe und seine Anziehungskraft am stärksten war“. Stellt man die Planeten in eine Reihe, unter Berücksichtigung ihrer bezüglichen Entfernungen untereinander, und zieht man eine Linie um sie herum, so erhält man eine Zigarre. In der Mitte der Zigarre stehen Jupiter und Saturn, die zwei größten Planeten.

Wenn wir die Untersuchung im Sinne Eddingtons weiterführen, so stellen wir fest, daß jeder der Planeten unseres Systems seinerseits wieder eine Schrulle ist. Nicht zwei haben die gleiche Größe und Masse, oder gleiche Tag- und Nacht-längen, oder gleiche Lufthüllen, oder im gleichen Winkel gekippte Achsen. Ungeachtet ihres gemeinsamen Ursprungs unterscheiden sich die Planeten mehr voneinander als Kinder der gleichen Familie.

Wegen der Einzigartigkeit des Sonnensystems und wegen der Einzigartigkeit der Erde ist das Leben ein unsicheres, aufregendes kosmisches Abenteuer. Man verschiebe die Erdachse, so daß sie mit der Ekliptik (dem großen Kreis der Himmelskugel, der offensichtlichen Bahn der Sonne, die ihren Namen davon hat, weil Finsternisse = Eklipsen nur dann stattfinden können, wenn der Mond in ihrer Nähe ist) eine neue Achse bildet, man verlängere oder verkürze den Tag oder das Jahr wesentlich beraube die Lufthülle des Sauerstoffs und des Wasserdampfes,

verändere die Kugelmasse und damit die Anziehungskraft, vermehre oder vermindere die Entfernung zur Sonne bedeutend, und jede Pflanze und jedes Tier geht zugrunde.

Die Verbindung von einem Dutzend bekannten und vielleicht vielmehr unbekannten Bedingungen ermöglichten es dem ersten Protoplasmaschlamm, belebt zu werden, sich selber wiederzuerzeugen, und, was mehr ist, sich durch Schwamm, Fisch, Kriechtier, Vogel und Säugetier zu einem Buddha, Leonardo und Beethoven zu entwickeln. Die vielen wesentlichen Umstände des Lebens sind untereinander so bemerkenswert verbunden, daß es scheint, als könne es kein zufälliges Leben geben, denn es ist die eigentliche Aufgabe der Natur, mit tausend Millionen Sternen zu experimentieren, um eine kleine Welt für die Schaffung eines Protoplasmas zu erzeugen, das die Fähigkeit hat, sich in eine Myriade von organischen Formen zu entwickeln.

All dies wird uns durch die neuerlichen Entdeckungen kundgetan, die über die Atmosphäre der größeren Planeten gemacht wurden. Der Astrophysiker versetzt sich mit Hilfe des Spektroskopes über Millionen Meilen hinweg in unglaublich erschreckende und schöne Welten. Hier stellen zum Beispiel Dr. Slipher und Dr. Adel und Dr. Wildt in verschiedenen Gegenden Amerikas und Europas stückweise die Geschichte des Jupiter, Saturn und Uranus zusammen, und dort enthüllen Dr. Walter S. Adams und Dr. Theodor Dunham vom Mount Wilson neue Tatsachen über die Venus.

Man kannte die Spektroskopie schon vor fünfzig Jahren. Warum mußten wir trotzdem so lange auf neue Entdeckungen warten? Weil man eher neuer technischer Methoden bedurfte als neuer Instrumente.

Man kann das Sonnenlicht mit einem durch Hunderte von Instrumenten erzeugten Lärm vergleichen. Gerade so, wie wir nicht sagen können, welche Instrumente verwendet wurden, wenn wir bloß zuhören, so können wir durch bloßes Betrachten des Sonnenscheines oder des Sternenlichtes nicht sagen, welche Elemente es erzeugen. Wir benötigen einen Filter, um eine Art Licht von der andern auszusieben. Durch das Studium der so herausortierten Lichtarten ist es möglich, die Quellen festzustellen.

Was die Planeten betrifft, so erblickt man die verräterischen Bänder und Linien hauptsächlich in dem sichtbaren roten und im unsichtbaren infraroten Teile des Spektrums. Als eine Chemikalie gefunden wurde, die photographische Emulsion für die unsichtbaren roten Strahlen empfänglich machte, war es, als ob Schuppen vom geistigen Auge fielen.

Aber obwohl die Spektroskopie derart der Astrophysik zu Hilfe kam, war die Entdeckung der Zustände auf einem Planeten, der so weit entfernt ist, daß er auch im stärksten Teleskop nicht größer als ein Frankenstück erscheint, nicht leicht. Die Linien und die farbigen Bänder dieser planetarischen Regenbogen oder Spektra sind blaß. Es sind vermutlich noch einige unsichtbar, trotz aller Fortschritte der Emulsion.

Seit es Spektroskope gibt, bemerkte man seltsame orange-farbige Bänder in den regenbogenähnlichen Spektren des Jupiters und des Saturns. Um das Jahr 1905 entdeckte Dr. V. M. Slipher vom Flagstaff Observatorium, daß die Bänder von Uranus und Neptun sogar kräftiger, und andere von Jupiter und Saturn so schwach waren, daß niemand sie vorher bemerkt hatte. Professor R. Wildt in Göttingen (Deutschland) prüfte die Aufnahmen Sliphers und veröffentlichte im Jahre 1932 die Folgerung, daß die kräftigen Bänder vermutlich von Ammoniak und Methan herrührten. Doch war Gewißheit wünschenswert.

In einem solchen Falle nimmt der Physiker die Planeten ins Laboratorium. Er schafft mit andern Worten die Lage, die auf ihnen vorzuherrschen scheint. Man betrete ein solches sanctum sanctorum. Man findet hier keine Planeten in Kleinausgabe, keine Umgebung, die das Arbeitszimmer eines mittelalterlichen Astrologen vermuten läßt. Stahlflaschen mit Ammoniak, Methan und Wasserstoff, eine lange Röhre, in der unter richtigem Druck eine Atmosphäre dieser Gase gefangen gehalten wird, ein Spektograph, der die Bänder und Linien aufzeichnet, in die ein durch die Röhren scheinender Lichtstrahl zerbrochen wird — das ist alles.

Linien, die im Spektrum der wirklichen Planeten blaß sind, treten jetzt deutlich neben andern hervor, die man überhaupt nicht sieht — vor allem in der infraroten Gegend. Es ist, als ob wir die fehlenden Stücke eines unvollständigen Zusammensetzungsspiels gefunden und sie in die passenden Lücken eingefügt hätten. Mit Hilfe eines solchen Apparates füllte Dr. Dunham von Mount Wilson die Einzelheiten des ziemlich unbehelfenen Bildes aus, das man durch direkte spektroskopische Untersuchung der Planeten erhalten hatte; er kam zum Schlusse, daß Jupiter und Saturn Lufthüllen von Wasserstoff und Ammoniakgas haben. Auf die gleiche Weise bewiesen Dr. Slipher und Dr. Adel, daß die blassen Bänder von Jupiter und Saturn durch Methan- und Naturgas hervorgebracht werden.

„So, das ist also der Jupiter“, sagen Sie zum Physiker vom Dienst, der wahrscheinlich eine leinene Jacke trägt und eher

einem wachsamen Vorarbeiter einer Maschinenfabrik gleicht als einem pittoresken Gaukler mit Welten, als den man sich ihn vorstellt.

„Nein, nur seine vermutliche Atmosphäre“, ist seine Antwort. „Kein Mensch hat je Jupiter oder Saturn erblickt. Nur ihre Atmosphäre.“

Solche Arbeit trägt viel dazu bei, die Meinung zu zerstören, daß der Jupiter noch immer rotglühend sei seit der Trennung von der Sonne, die vor vielleicht fünf Billionen Jahren stattfand. Rote Hitze setzt eine so hohe Temperatur voraus, daß Ammoniak und Methan zersetzt würden. Ihre Bänder und Linien würden nicht in den geprüften Regenbögen erscheinen.

Derart wurden zwei neue Welten sichtbar gemacht. Sie haben Kerne wie die Erde — schwer, dicht, solide Klumpen von Nickeleisen. Außen ist eine dicke Eisschicht unter hohem Druck, darüber eine stark gepreßte Atmosphäre mit viel Wasserstoff, Ammoniak und Methan. Warum der hohe Druck? Wegen der bekannten Massen der beiden Planeten. Der Griff der Schwerkraft wirkt sich mächtiger auf sie aus als auf die Erde. Auf dem Jupiter könnte ein Mensch des Gewichtes wegen kaum seinen Arm heben. Die Erde verlor ihrer geringen Masse wegen den meisten Wasserstoff schon vor langer Zeit. Jupiter und Saturn behalten ihre Zuteilungen wegen ihrer größeren Massen.

Um die Geschichte ganz zusammenzusetzen, benötigen wir Temperaturmessungen. Dr. Petit und Dr. Nicholson von Mount Wilson liefern sie. Die beiden richten ein empfindliches Wärme-Element ihrer eigenen Erfindung auf die Planeten. Es ist eine der köstlichsten Erfindungen im Dienste des modernen Physikers; so empfindsam, daß es Schwankungen eines dreihunderttausendstel Grades zu messen imstande ist. Und wie einfach! Die Hitze eines Billionen Meilen entfernten Sternes fällt auf unendlich kleine Streifen einer Wismuth- und Zinnlegierung. Ein schwacher Strom wird durchgesandt. Wenn man den Strom mißt, hat man die Temperatur festgestellt. Der wirksame Teil des Instrumentes wiegt weniger als ein Nadelkopf.

Welches sind die Feststellungen von Petit und Nicholson? Kalt, bitter kalt. Minus 220 Grad Fahrenheit (= minus 140 Grad Celsius) auf dem Jupiter und minus 280 Grad Fahrenheit (= minus 173,3 Grad Celsius) auf dem Saturn.

Die Kälte ist so stark, daß Ammoniak fest gefriert. Dunham, Slipher und Wildt kommen unabhängig voneinander zum Schlusse, daß die zwei großen Planeten in Wolken von Ammoniakkristallen gehüllt sind. So dick sind die Wolken, daß es

unmöglich ist, auf die Oberfläche hinunterzusehen, wo das Methan besonders reich vorhanden sein muß. Zündet man ein Streichholz auf der Oberfläche an, was immer auch sie sein mag, so würde die Atmosphäre Feuer fangen, sie würde zu einem dröhnenden Ofen — wäre Sauerstoff vorhanden. In der Tat gäbe es eine Explosion, eine sofortige chemische Kombination, die Kohlendioxyd und Wasser ergäbe.

Die Ammoniakwolken laufen, vom Sturme getrieben, über die zwei Planeten und bestätigen so die schrecklichen Hurrikane, die mit 400 bis 600 Meilen (ca. 650 bis 960 Kilometer) in der Stunde über den Saturn, und mit mindestens 250 Meilen (ca. 400 Kilometer) über den Jupiter dahinfahren. Warum diese heftigen Windstöße? Niemand weiß es. Unsere eigenen Winde sind die Folge der Sonnenhitze. Aber bei der Entfernung von Jupiter und Saturn ist die Sonne so entlegen, daß sie kaum den eisigen Wasserstoff und die festen Ammoniakkristalle zu erwärmen vermag. Hier haben wir das Hauptargument jener, die glauben, daß Jupiter und Saturn immer noch rotglühend sind.

Dieselben Methoden der spektroskopischen Analyse und dasselbe Vertrauen auf künstliche Atmosphären in Röhren haben es in den Händen von Dr. Adams und Dr. Dunham klargemacht, daß die Luft auf der Venus zum Großteil aus Kohlendioxyd besteht — dem Gase, das in Bier schäumt und in Ingwerbier sprudelt, und das für das irdische Leben so notwendig ist wie der Sauerstoff. Zufolge einer geheimnisvollen Alchimie, von der wir kaum die Anfangsgründe kennen, erzeugt die Einwirkung des Lichtes auf das Kohlendioxyd unserer Atmosphäre grüne Pflanzen und durch sie Stärke und Zucker. Haben wir die grüne Vegetation, so folgt daraus, daß es Wasser und die notwendigen mineralischen Salze geben muß, um sie zu ernähren, und den Sauerstoff als ausgeatmetes Nebenprodukt. Die Pflanzen ihrerseits veranlassen das erhabene Drama der Entwicklung.

Wir wenden uns dem Mars zu. Vor nicht langer Zeit waren die Physiker über seine Temperatur verschiedener Meinung. Dr. Coblentz vom Büro of Standards erledigte alle Zweifel mit der Hilfe eines wundervollen empfindlichen Wärme-Kräftelementes von nur einem zweihundertstel Inch (= 1,27 Millimeter) Durchmesser. Mit diesem Instrument maß er die Hitze, und zwar nicht die des ganzen Planeten, sondern nur die aus bestimmten Gegenden aufgefangene. Für den Südpol las er ab im Sommer 15 bis 50 Grad Fahrenheit (= -9,5 bis + 10 Grad Celsius), für die südlich gemäßigte Zone in der gleichen Jahreszeit 65 bis 75 Grad Fahrenheit (= 18 bis 23,5 Grad Celsius),

für die Tropen am Mittag 65 bis 85 Grad Fahrenheit (+ 18 bis 29,5 Grad Celsius), und für die nördlich gemäßigte Zone im Winter 30 bis 60 Grad Fahrenheit (— 1 Grad bis + 15,5 Grad Celsius). Der Planet erwies sich als wärmer, als die Skeptiker angenommen hatten. Vermutlich ist es am Marsäquator nachts bitter kalt, aber nicht kälter als im schlimmsten New Yorker Winter.

Wie steht es um die Atmosphäre des Mars? Wasserdampf und Sauerstoff sind vorhanden, beides Voraussetzungen des Lebens. Astronomische Zweifler glaubten einstmals, daß die weißen Polkappen des Mars nicht Schnee, sondern gefrorenes Kohlendioxyd seien. Nun steht es aber fest, daß die Kappen Schnee oder Reif sind, die im Frühling oder Sommer schmelzen und den Wasserdampf vermehren. Dr. Wright hat den Mars von Mount Wilson aus mit verschiedenfarbigem Licht photographiert und entdeckte gelbe wässerige Wolken, die in einer Höhe von 15 000 Fuß (ca. 4600 Meter) dahinfluteten.

Andererseits glaubt Professor Henry Norris Russel von Princeton, daß die roten Flächen auf dem Mars anders erklärt werden können. Er veranlaßt uns, den Sauerstoff in Betracht zu ziehen, den die Erde mit sich forttrug, als sie sich anläßlich der großen schöpferischen Katastrophe von der Sonne trennte. Die Hälfte der ursprünglichen Menge ist weg. Wir finden ihn überall in der Form von Eisenerz (reiner Rost), eisenhaltigem roten Tone und rotem Sandstein. Eisen verbindet sich gierig mit Sauerstoff. Schlußendlich wird so aller Sauerstoff chemisch der Atmosphäre entzogen werden. Wenn der Mensch nicht nach Atem ringend sterben will, muß er eines Tages den Sauerstoff aus den Erzen, dem Ton und den Felsen befreien, in denen er gefangen gehalten wird. Professor Russel sieht in den roten Marswüsten Lager von rostigem Erz. Nichtsdestoweniger mögen Weinstöcke den Boden überziehen und selbst die Art von Vegetation, von der Dr. Coblentz vermutet, daß sie auf dem Mars blüht, mag den Rost in der warmen Jahreszeit verhüllen.

Bei all diesen Beweisen bleibt wenig Zweifel möglich, daß es auf dem Mars eine einfache Form des Lebens gibt. Der Planet ist eine erschöpfte Welt, die austrocknet und langsam vor Altersschwäche stirbt. Die dunkelgrünen Flächen, die sich im Sommer ausbreiten und die im Herbst zu einem ockerfarbigen Rot werden, sind vermutlich Pflanzenflächen. Aber welcher Art? Niemand weiß es. Coblentz meint, man könne sie betrachten als „büschelbildende Gräser, wie sie auf den hohen Prärien wachsen, und besonders als Moose und Flechten, die in den arktischen Gegenden gedeihen“.

Wenn wir uns zu den andern Planeten wenden, stehen wir Rätseln gegenüber. Der Merkur ist so nahe bei der Sonne, daß Blei auf seiner Oberfläche schmilzt und Wasser als Dampf verpufft. Uranus und Pluto sind so weit weg, daß die Sonne dort wie ein heller Stern erscheint. Die Tage sind nicht heller als unsere späte Dämmerung, die Jahreszeiten werden nach Jahren gemessen, die Kälte ist so stark wie die auf dem Jupiter herrschende; Saturn beschwört eine Vision von erschreckender Unfruchtbarkeit herauf.

So scheint es, als ob nur die Erde fähig wäre, die höheren Formen des Lebens zu fristen — die einzige schrullige Welt in einem schrulligen Sonnensystem. Der Astronom, der immer gähnt, wenn er etwas liest, was sich mit den Möglichkeiten des Lebens auf andern Planeten beschäftigt, freut sich über diese Tatsachen. „Ein kleineres zur Kruste gehörendes Phänomen auf der Oberfläche eines Planeten“ nennt Shapley das Leben. Für Jeans ist es „ein rein zufälliges und möglicherweise ganz unwichtiges Nebenerzeugnis natürlicher Vorgänge“. Menschliche Wesen, menschenähnliche Affen, Vögel, niedrige Tiere, Bakterien — spielen keine Rolle in der Astrophysik.

Wenn man die Kanäle des Mars als Ingenieurarbeiten erklären will, sind die Tore der Spekulation weit geöffnet. Die Polarkappen, obwohl offensichtlich natürliche Erscheinungen, mögen von Romantikern als künstlich betrachtet werden. Da es nicht immer möglich ist, zwischen den Werken der Natur und denen verstandesbegabter Wesen zu unterscheiden, verschwindet der Starrsinn der gegenwärtigen Überlegungen. Daher wenden sich die Beobachter des Himmels mit vollkommener Zufriedenheit vom Mars — dem einzigen Planeten, der neben der Erde als der Aufenthaltsort einer niedern Form des Lebens betrachtet werden kann — zu Jupiter und Saturn, mit ihren Wolken aus erstickendem Ammoniak und ihren Stürmen aus unentzündbarem Methan, zum schmorenden Merkur, und zur bitteren Kälte von Uranus, Neptun und Pluto. Das Leben, wie wir es kennen, hatte auf ihnen nie eine Möglichkeit.

Die Bemerkung Eddingtons über die Schrulligkeit des Sonnensystems bleibt im Geiste haften. Ist es möglich, daß die Natur eine Million Sterne schafft und sie ihre Substanz ausstrahlen läßt, um eine Schlacke oder zwei zu erzeugen mit gerade dem richtigen Verhältnis zu einer zentralen Sonne, mit gerade der richtigen Atmosphäre und den chemischen Bedingungen für den Unterhalt des Lebens? Haben wir hier die Rechtfertigung für den Eigendünkel des Menschen, für seine tiefe Überzeugung, daß er die wahre Krönung des Weltalles sei?

RAKETENFLUG IM WELTENRAUM

Der Romanschriftsteller J.-H. Rosny der Ältere prägte das Wort „Astronautik“. Vor dem Zweiten Weltkrieg wurde von der Astronomischen Gesellschaft Frankreichs im Auftrage der Stifter Robert Esnault-Pelterie und André Hirsch jährlich die Summe von 5000 Franken für den verdienstvollsten Beitrag zur Förderung der Astronautik verliehen. Der Preis wurde von Franzosen, Deutschen und Amerikanern gewonnen. Astronautik! Die Wissenschaft und die Kunst des Reisens von Stern zu Stern. Wie sehr scheinen die Transozeanflüge der kühnsten Flieger kindlich und bedeutungslos zu sein im Vergleiche mit den aufregenden Verwicklungen dieser einzigartigen Welt.

Die Erde verlassen und durch den Raum mit vorher nie erreichten Geschwindigkeiten fliegen; mit den eigenen Augen die Züge jenes andern Mondgesichtes sehen, das für immer von der Erde abgewandt ist; ein für allemal durch persönlichen Augenschein die wirkliche Natur jener geheimnisvollen „Kanäle“ des Mars abklären, die Lowell für Bewässerungsgräben hielt, in planetarischem Ausmaße von einer Rasse intelligenter Wesen gezogen, um die Vernichtung durch Bewirtschaftung des schmelzenden Polarschnees abzuwehren; den Schleier der Venus durchdringen, der für die irdischen Fernrohre undurchdringlich ist, und schauen, was dahinter liegt: Gewiß, die technische Vorstellungskraft kann nicht einen herrlicheren Flug aussinnen.

Eine Aufzählung der vergangenen „Unmöglichkeiten“, die dennoch möglich geworden sind, beweist nicht, daß der Mensch die Erde zu verlassen und durch das Sonnensystem zu reisen vermag. Man muß notwendigerweise die vom Astronauten zu bewältigenden Hindernisse prüfen, einen Mechanismus erfinden, der als künstlicher Meteor betrachtet werden kann, der in seinem Fluge überwacht wird und von Fahrgästen bewohnt ist, und die Reaktionen des menschlichen Organismus auf eine Umgebung voraussagen, in der das Wort „Gewicht“ jede Bedeutung verliert.

Was hindert uns an Reisen nach dem Mond und nach weiter entfernten Planeten? In erster Linie die durch das Gewicht spürbar gemachte Anziehungskraft der Erde. Um in den Welt- raum zu entkommen, müssen wir unser Gewicht und das des Fahrzeuges überwinden — eine Kraft durch eine andere überwäl- tigen.

Jeder, der auch nur einmal einen Ball geschlagen hat, hat die Anfangsgründe des Wissens von der Erdkraft erworben. Er schleudert den Ball in die Luft. Er braucht eine meßbare Zeit, um zurückzukehren. Während eines Teils dieser Zeit besiegt er wirklich die Schwerkraft. Er schleudert ihn nochmals — diesmal kräftiger als vorher und deshalb höher. Er braucht längere Zeit, um zurückzukehren. Daraus ergibt sich die Tatsache: Mit je größerer Kraft der Ball geschlagen wird, desto höher wird er fliegen und desto längere Zeit zur Rückkehr brauchen. Wenn es deshalb eine genügend starke Schleudermaschine gäbe, wäre es theoretisch möglich, einen Ball auf jede beliebige Entfernung, sogar bis zum Monde zu schleudern.

Das führt natürlich zur Berechnung der zur Überwindung der Schwerkraft nötigen Wucht, durch die ein Geschöß nicht mehr auf die Erde zurückfällt. Unter Berücksichtigung des Newtonschen Gesetzes von der Anziehungskraft ergibt sich, daß ein Körper eine Geschwindigkeit von ungefähr 7 Meilen (ca. 11 Kilometer) in der Sekunde haben muß, um dem Zug der Erde zu entgehen. Sieben Meilen in der Sekunde. Die schnellste Kugel hat eine Mündungsgeschwindigkeit von weniger als 3000 Fuß (ca. 914 Meter) in der Sekunde. Jules Verne ließ sich durch die entmutigend geringe, durch Entzündung eines explosiven Pulvers freiwerdende Energiemenge nicht abschrecken und schoß nichtsdestoweniger in seinem Romane „Die Reise zum Mond“ Menschen in die Luft. Verne hatte offensichtlich die Unterstützung eines erfahrenen Ballistikers, der seiner Erzählung alle Illusion wissenschaftlicher Wirklichkeit verlieh, die die Darlegung von leicht erhaschten mathematischen Berechnungen begleitet. Als die Reisen in das Weltall durch fähigere Leute als Verne diskutiert wurden, entdeckte man, daß trotz all ihrer Glaubwürdigkeit sein Geschütz und seine riesige Pulverladung zu schwach waren. Man darf in der Tat daran zweifeln, ob sein Geschöß, halb Villa und halb Granate, überhaupt je das Geschütz verlassen hätte. Die Wahrheit ist die, daß mit keiner konstruierten Kanone der Mensch sich selbst über den schrecklichen Abgrund hinwegbefördern kann, der ihn von dem benachbarten Monde trennt.

Wir wenden uns daher andern Fahrzeugen zu. Flugzeuge? Die fallen sogleich außer Betracht. Der interplanetarische Raum ist luftleer; Luft gehört aber zu einer fliegenden Maschine wie das Wasser zu einem transatlantischen Dampfer. Die ganze Maschine wird von der Luft getragen, der Motor muß wie ein menschliches Wesen Luft atmen, und der Propeller muß seinen

Weg durch die Luft schrauben? Zeppeline? Die müssen aus ähnlichen Gründen ausgeschaltet werden. Auch Strahlantrieb genügt nicht. Wir benötigen einen Motor, der sich in einem luftleeren Raum forttreibt. Einzig die Rakete erfüllt die Bedingungen, denn sie wird bloß durch den Rückstoß der brennenden, mit hoher Geschwindigkeit rückwärtsströmenden Gase angetrieben, und der Brennstoff enthält den nötigen Sauerstoff.

Warum gerade die Rakete so angetrieben wird, ist nicht schwer zu verstehen. Eines der Newtonschen Bewegungsgesetze lautet, daß Stoß und Gegenstoß einander gleich, in der Richtung aber entgegengesetzt sind. Eine Steinmauer stößt einen so hart, als man sie stößt. Man schieße ein Gewehr ab, und die Schulter spürt den Rückschlag. Die Rakete wird durch Rückschlag angetrieben. Eine Rakete stößt sich buchstäblich selber auf ihrem Wege vorwärts, ob dieser nun mit Luft gefüllt sei oder nicht. Der Ingenieur reiht die Raketen unter die Gegenstoßmaschinen ein; der Physiker anerkennt sie als das einzig Mögliche, mit dem man unter Umständen den Abgrund überqueren kann, der einen Planeten vom andern trennt.

Man könnte beim unkritischen Lesen der Zeitungen annehmen, daß einzig in unsern Tagen die Rakete als ein Mittel der interplanetarischen Verbindungen betrachtet wurde. Jules Verne gab zu, daß er durch keinen geringern als Cyrano de Bergerac angeregt wurde, der einst eine Erzählung einer Flucht aus New-Kanada in einem durch Raketen zum Mond getriebenen Schiffe beschrieben hatte. Achille Eyraud, ein obskurer Zeitgenosse Vernes, schlug den Gebrauch der Raketen für die Erforschung des Raumes vor, und zwar schon 1865, im selben Jahre, da „Die Reise zum Mond“ veröffentlicht wurde. In unserer Zeit sind wenigstens an die zwanzig Romanschreiber mittels ihrer Einbildungskraft in Raketen von Planet zu Planet gereist. Bedeutsamer aber ist die Tatsache, daß eine ganze Schule von Physikern und Ingenieuren sich mit Astronautik befaßt hat. Dies führte zum Ergebnis, daß eine riesige, hochmathematische Literatur sich anhäufte, in der die Rakete in allen erdenklichen Lagen betrachtet wird: Vom Augenblick, da sie die Erde verläßt, bis zum Augenblick, da sie, ein bloßer Fleck im Sonnensystem und doch als dessen Teil durch das Weltall zieht.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen über die kosmischen Möglichkeiten der Rakete beginnen im Jahre 1881 mit Hermann Ganswindt, dessen unglücklicher Name nur die Lächerlichkeit noch vermehrte, die ihm seine Untersuchungen zuzogen. Seit-

her beschäftigten sich damit Franz von Hoefft, Professor K. E. Ziokowsky, Dr. G. Tichoff, Professor Hermann Oberth, Franz A. Ulinski, Dr. Walter Hohmann, Professor R. H. Goddard, André Bing, Robert Esnault-Pelterie und andere. Es ist überflüssig zu sagen, daß die mathematischen und experimentellen Forschungen dieser Männer nicht gleichwertig sind. Auf der andern Seite haben die Monographien von Oberth, Hohmann, Goddard, Esnault-Pelterie und Valier das interplanetarische Raketen-schiff aus der Vorhölle solchen Irrsinns wie des Perpetuum mobile und der Quadratur des Kreises befreit. In der Tat bewirkte die verblüffende Vorführung der Geschwindigkeit eines Raketenautomobiles durch Opel auf der Berliner Avus-Rennbahn im Jahre 1928, daß die kühnen phantasieerfüllten Wanderungen seines Freundes Valier durch das Sonnensystem Anerkennung fanden. Bücher über Raketenschiffe sind in Deutschland volkstümlich. Oberths preisgekrönte „Wege zur Raumschiffahrt“ haben mehrere Auflagen erreicht. Es gibt oder gab einen Reichsdeutschen Verein für Raumschiffahrt in Breslau. Ein anderer, in Wien durch Hoefft gegründet, ist eingegangen. Sogar eine Erste Internationale Ausstellung für Raumschiffahrt wurde durch Professor Fedrow im Jahre 1927 organisiert. Obwohl Professor R. H. Goddard von der Clarc University in Worcester nicht der erste war, gab er doch Gedanken und Pläne über die Aufgabe und Führung von Astronauten. Sein erstes Ziel war, die oberen Schichten der Atmosphäre mit Hilfe von Instrumenten zu erforschen, die hervorragende künstliche Sinnesorgane sind und die automatisch Temperaturen, Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, elektrische Entladungen und Lichtstärke aufzeichnen. Seine Berechnungen zeigen, daß es möglich ist, ein Pfund Magnesiumblitzlichtpulver auf die Oberfläche des Mondes zu befördern und seine Explosion von der Erde aus durch Fernrohre zu beobachten. Zum Unterschied von seinen Vorgängern und Nachfolgern führte er Versuche durch, die der ganzen Astronautik einen gewaltigen geistigen Auftrieb gaben, weil sie zeigen, wie die Wirksamkeit der Raketen als Gegenstoßmaschinen bedeutend erhöht werden kann. Durch richtige Formung der Raketennase gelang es Goddard, mit dem im Handel erhältlichen rauchlosen Pulver eine Geschwindigkeit von 8000 Fuß (ca. 2400 Meter) in der Sekunde zu erreichen. Neuerliche Versuche zeigen, daß 12 000 Fuß (ca. 3650 Meter) in der Sekunde möglich sind. Die während des Zweiten Weltkrieges verwendete deutsche V-2-Rakete erreichte viel höhere Geschwindigkeiten.

Eine Rakete wird in ihrem Laufe zum Teil dadurch beschleunigt, daß sie Gewicht verliert, weil der Treibstoff verbraucht wird. Die Endgeschwindigkeit macht dem Physiker Bedenken. Professor Goddard hat berechnet, daß 600 Kilogramm Treibstoff benötigt werden, um ein Kilogramm Blitzlichtpulver auf den Mond zu befördern. Er kam deshalb zum Schlusse, daß nutzlos gewordene Kammern automatisch abgeworfen werden müßten, um Gewicht zu sparen. Die Menge des nötigen Treibstoffes wird dadurch in ein vernünftiges Verhältnis gebracht. Deshalb entwerfen beinahe alle Astronauten ihre Raketen-schiffe derart, daß Abteilungen, die ihren Zweck erfüllt haben, abgeworfen werden. Einige Physiker empfehlen, daß der Treibstoff in Patronen, eine nach der andern, wie bei einem Maschinengewehr, in Brand gesetzt werde, und daß die leeren Patronen automatisch ausgeworfen werden.

Aber 8000 bis 12000 Fuß (ca. 2400 bis 3600 Meter) in der Sekunde sind für die Raumschiffahrt ungenügend. Wir müssen deshalb nach Treibstoffen suchen, die stärker sind als Schießbaumwolle. Goddard, Oberth und andere stimmen darin überein, daß ein aus Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetztes explosives Gas die benötigte Energie enthält. Dies verwickelt das Problem insofern, als Pumpen vorgesehen und Legierungen erfunden werden müssen, die in Berührung mit äußerst kalten, flüssigen Gasen nicht brüchig werden. Sowohl Goddard und Oberth haben mit Treibstoffen dieser Art experimentiert. Sie fanden dabei heraus, daß 43,5 Pfund einer solchen Mischung imstande sind, ein Pfund Gewicht aus dem Einflußbereich der Anziehungskraft der Erde hinauszutreiben. Die genaue Zusammensetzung dieser Treibstoffe ist unbekannt. Oberth hat mit einer Mischung von Sauerstoff und einem unentzündlichen Gas oder einer Flüssigkeit wie Wasserstoff, Benzin, Alkohol oder Straßengas experimentiert. Bei richtig entworfenen Raketen-spitzen und der Möglichkeit, nutzlose Lasten zu entfernen, glauben sowohl Goddard als Oberth den Mond und sogar den Mars erreichen zu können. Der verstorbene Max Valier war überzeugt, daß kein dem Menschen bekannter Treibstoff eine Rakete über den Mond hinaus treiben könnte. Robert Esnault-Pelterie, ein glänzender Ingenieur mit einer unendlichen Erfahrung als Flugzeugkonstrukteur, glaubt, daß nur die Atomenergie dem Astronauten den Besuch anderer Planeten und die Rückkehr zur Erde ermöglicht. Goddard und die Deutschen haben gezeigt, was man mit richtig konstruierten Raketen-spitzen erreichen kann, und Oberth war besonders erfinderisch in der Verminderung der Lasten.

Man darf nicht glauben, daß die Astronauten alle für den Bau von Raumschiffen in der Größe von Ozeandampfern ohne vorausgehende Versuche eintreten. Nach dem Beispiel Professor Goddards befürworten sie die Konstruktion kleiner unbemannter Raketen, die in noch von keinem Drachen und keinem Registrierballon erreichte Höhen gesandt werden können. Der nächste Schritt besteht nach Goddards Plan darin, den Mond zu treffen und dort ein oder zwei Pfund Magnesiumblitzlichtpulver zur Entzündung zu bringen. Was folgt, ist eine Angelegenheit der Redeschlachten. Einige möchten eine Maschine bauen, die als Bastard zwischen Flugzeug und Rakete zu versuchsweisen Flügen über große Entfernungen in der Erdatmosphäre befähigt. Ein Flug von Berlin nach New York nähme weniger als einen Vormittag in Anspruch. Andererseits ist Oberth davon überzeugt, daß eine Rakete von hoher Geschwindigkeit nicht mit einem Flugzeug verbunden werden kann. Er möchte nach und nach eine Rakete bauen, die zu Experimenten gebraucht werden könnte — eine Rakete, die eine Höhe von vielleicht 350 Meilen (560 Kilometer) erreicht, und in der eine Reise um die Erde bei einer Geschwindigkeit von 24 000 Meilen (ca. 38 600 Kilometer) in der Stunde zu einem unterhaltsamen Ausflug zwischen Frühstück und Mittagessen würde. Die im Zweiten Weltkrieg verwendete V-2-Rakete erreichte eine Höhe von 60 Meilen (96 Kilometer). Ihre Höchstgeschwindigkeit war mindestens der von Oberth bestimmten gleich.

Um die Last des Treibstoffes auf praktische Grenzen zu vermindern und die Rückkehr zur Erde zu erleichtern, hat Oberth kühn angeregt, den Mond als Tankstelle für Raketenschiffe nach Mars und Venus zu benutzen. Da aber der Mond luftlos und seine Oberfläche während eines halben Monats schwärend heiß und während der andern Hälfte beinahe von der Kälte des absoluten Nullpunktes (-273 Grad) ist, wäre seine Verwendung als Tankstelle eine technische Großtat von nicht geringer Bedeutung. Aber die Astronomen denken an alles. Man muß dabei Kleider tragen, die mit komprimierter Luft aus Behältern aufgeblasen werden können. Riesige Sammelbecken für Treibstoff und Lagerhäuser für Lebensmittelvorräte müssen errichtet werden. Das ist sehr leicht, da auf dem Monde Tonnen tatsächlich nicht schwerer wiegen als Pfunde auf der Erde. Die Astronauten regen sogar an, daß künstliche Trabanten geschaffen werden, die sich um Erde und Venus in vorbestimmten Entfernungen zu kreisen haben. Diese Trabanten können nach ihrer Erklärung in fünfzehn oder zwanzig Jahren geschaffen werden

und werden Forschungen erleichtern, die mit irdischen Fernrohren für immer unmöglich sind. Die Asteroiden zwischen Mars und Jupiter werden so zu vielen natürlichen Haltestellen auf Reisen nach dem Jupiter.

Obwohl man beabsichtigt, den Mond in ungefähr der gleichen Zeit zu erreichen, die ein schneller Dampfer von New York nach Southampton braucht, ist eine Rakete nicht komplizierter als ein Schiff. In der Tat sind die Rückstoßmotoren (bloße Kammern, aus denen Gas in hoher Geschwindigkeit ausgestoßen wird) viel einfacher als die Schiffsturbinen. Es ist nicht besonders schwierig, eine Rakete im Gewicht von 300 bis 1000 Tonnen zu bauen, von der ein Teil nach dem andern nach Erfüllung seines Zweckes fallen gelassen werden kann. Das Wichtigste ist Standfestigkeit. Das heißt, daß die Rakete nicht schwanken darf. Um den zugespitzten Kopf in der Flugrichtung zu halten, müssen Gyroskope eingebaut werden — kleine rasend kreisende Flugräder, stark genug, um jeder Kraft zu widerstehen, welche die Rotation ihrer Flügel stören will. Im luftleeren Raum sind Ruder unnütz. Es können deshalb seitwärts Düsen angebracht werden, durch die Gas abgelassen werden kann, wenn der Kurs geändert werden muß, obwohl Gyroskope zuverlässiger sind.

Wie kann der Kapitän eines Raketenschiffes seinen Kurs bestimmen? Die Lage und die Größe der Erde sagen ihm alles Nötige. Er muß fähig sein, ihren Durchmesser genau zu messen. Wenn in einem bestimmten Augenblick die Erde zu groß oder zu klein ist, war die entsprechende Anfangsgeschwindigkeit zu hoch oder zu gering. Sollte der Winkel zur Erde oder im Verhältnis zu zwei Sternen zu groß sein, dann ist das Schiff in einem meßbaren Bogen vom Kurse abgewichen.

Man darf sich aber nicht vorstellen, daß, wenn das Raumschiff ebenso hoch entwickelt sein wird, wie jetzt das Flugzeug, ein abgenutzter Millionär einfach sagen kann: „Ich mache mich morgen nach dem Mars davon“, und daß er so in das weite Weltall davonzufiegen vermag, wie er gelegentlich über Nordamerika oder über den Atlantik fliegt. Wann das Schiff fahren soll, wird nicht so sehr durch die es besitzende Aeronautische Gesellschaft bestimmt, als vielmehr durch die Stellung der Planeten. Und es fliegt nicht auf die Stunde oder Minute, sondern genau auf die Sekunde ab. Die Fahrpläne werden durch Astronomen aufgestellt. Wenn Treibstoff gespart und die Hin- und Zurückreisen nicht mit Jahren gemessen werden sollen, müssen Mars und Erde einander verhältnismäßig nahestehen.

Wenn ein Raketenschiff mit sieben Meilen (ca. 11 Kilometer) in der Sekunde dahinfährt, und Mars in seiner nächsten Stellung nur 36 Millionen Meilen (ca. 58 Millionen Kilometer) entfernt ist, warum sollte dann eine Hin- und Rückreise mehr als wenige Wochen dauern? Weil wir nicht einer geraden Linie folgen, sondern den durch die Planeten selbst vorgeschriebenen Kurven. Jules Verne schätzte richtig, daß man 97 Tage, 13 Minuten und 27 Sekunden braucht, um den Mond zu erreichen, wenn die Anfangsgeschwindigkeit 12 000 Yard (ca. 11 000 Meter) in der Sekunde beträgt. Den Mond zu treffen, ist ähnlich, wie einen Vogel an den Flügeln zu treffen. Der Schütze muß mit Vorhalt auf seine Scheibe zielen, so daß die Kugel sie gerade im berechneten Augenblicke trifft. Aber es gibt kein Sichverlassen auf das Gefühl, wenn wir mit Entfernungen von 260 000 Meilen (ca. 414 000 Kilometer) zum Mond und mit 36 Millionen Meilen (ca. 58 Millionen Kilometer) bis zum Mars in ihren nächsten Stellungen rechnen. Nur ein guter Mathematiker kann bestimmen, wann die Rakete starten und welche Richtung sie nehmen soll. Er muß die Bewegung der Erde und ihre Umdrehung um die Achse und die Bewegung seines planetarischen Zieles berücksichtigen. Der Mars muß wie auf Verabredung an einem bestimmten Punkt des Weltalls angetroffen werden.

Nichts fährt im Kosmos in einer geraden Linie dahin. Notwendigerweise beschreibt unser Raketenschiff eine Kurve. Die Astronauten haben festgestellt, daß es am besten während einer bestimmten Zeit eine ihm eigene elliptische Bahn befolge. Mit einem Wort, seine Motoren werden zur richtigen Zeit gedrosselt; es wird ein künstlicher Planet, ein Glied des Sonnensystems, das in einer bestimmten Zeit um die Sonne kreist. Wenn der Mars auf seiner eigenen Bahn sichtbar wird, werden die Raketenmotore wieder angelassen, und das Schiff steuert auf sein Ziel zu.

Es ist nicht leicht, jene Ellipse auszuwählen, die das Raumschiff in der kürzesten Zeit dem Mars am nächsten bringt. Alle Grundsätze der Himmelsmechanik müssen angewendet werden. Es müssen auch Veränderungen in der Geschwindigkeit und Wechsel in der Richtung des Schiffes einberechnet werden. Die Mündungsgeschwindigkeiten der entweichenden Gase müssen bekannt sein. Hohmann hat alle Ellipsen, die möglicherweise für die Astronauten der Zukunft in Betracht kommen, in Tabellen zusammengestellt. Man schlägt in der Tabelle nach und findet, daß der Mars am wirtschaftlichsten durch eine das

Schiff um die Sonne herumführende Ellipse in etwas weniger als zwei Jahren, genauer in 531 Tagen erreicht werden kann. Die Ausreise wird gewöhnlich 260,5 Tage dauern, wenn die Ellipse sowohl die Bahn des Mars als auch der Erde verfolgt. Nur eine Hälfte der Ellipse muß beschrieben werden, um den Planeten zu erreichen. Man könnte Ellipsen wählen, die die Reise auf 171 Tage verkürzen würden, aber die Kosten für den Treibstoff würden vermutlich größer sein, als die Astronautische Gesellschaft zu bezahlen gedenkt.

Der Mensch ist ein Geschöpf, das sich einer besonderen Umgebung angepaßt hat. Wenn er im Zwischensternraum leben soll, muß er selbstverständlich ein künstliches Doppel dieser Umgebung mit sich führen. Da die Unterseebootbauer dieses Problem für ihn bereits gelöst haben, wird es für den Astronauten nicht schwer sein, die Passagiere und die Mannschaft mit Luft zu versehen und die ausgeatmeten Stoffe zu verwenden.

Aber Luft genügt nicht. Die Kabinen müssen geheizt werden. Man lasse eine Rakete von der Erde zum Mars fahren: Die Sonnenseite wird sengend heiß werden, während die andere dem absoluten Nullpunkte nahe sein wird. Oberth verkleidet die Sonnenseite seiner Rakete mit schwarzem Papier oder Seide, das die Hitze aufsaugt und sie in den Kabinen wieder ausstrahlt. Er hat auch daran gedacht, die Sonnenhitze mit Hohlspiegeln zu sammeln, wenn gewöhnliches Aufsaugen und Wiederausstrahlen ungenügend sein sollten. Andere Physiker wollen die Rakete auf dem Prinzip der Thermosflaschen bauen. Der Hohlraum zwischen den beiden Wänden wäre ein so vorzüglicher Isolator, daß künstliche Hitze für die Wärme notwendig würde.

Nicht mit der Schnelligkeit, aber mit einem Wechsel der Geschwindigkeit muß gerechnet werden. Wenn ein Auto vorwärts schießt, fühlt man sich plötzlich gegen den Rücken des Sitzes gepreßt. In einer Rakete bleibt diese Wahrnehmung wegen der Beschleunigung bestehen. Das Raumschiff startet aus einem Zustand der Ruhe. Schon in acht Minuten rast es mit 7 Meilen (ca. 11 Kilometer) in der Sekunde dahin, wobei die Beschleunigung mit 25 Metern in der ersten, mit 50 Metern in der zweiten, mit 75 Metern in der dritten Sekunde usw. angenommen werden muß. Die Beschleunigung äußert sich als Druck und während ihrer ganzen Dauer als Zunahme des Gewichtes. Es ist so, als ob ein Riese von einer halben Tonne Gewicht einem auf der Brust kniete und jeden Quadratzoll platt drückte. Das lose Silbergeld in der Tasche brennt sich von selber in

das Fleisch. Die Brust kann sich kaum heben, wenn man nach Atem ringt. Man versuche den Arm zu heben. Man muß sich dabei so anstrengen, daß der Schweiß in die Augen tröpfelt. Es gelingt einem, den goldenen Bleistift aus der Westentasche zu ziehen, wo er schmerzhaft gegen den Leib drückt. Weil der Griff zu wenig stark ist, wird der Bleistift aus der Hand gerissen und gegen die Schottenwand dahinter geworfen. Vermutlich kann die Geschwindigkeit stufenweise erreicht werden, daß solche Wirkungen vermieden werden.

Selbst die optimistischen Astronauten räumen ein, daß die physiologische Wirkung der raschen Beschleunigung eine Gefahr ist, mit der sie rechnen müssen. Oberth glaubt, daß innere Verletzungen erlitten und die normalen Nervenreaktionen unterbrochen werden könnten. Die Flüssigkeit in der Wirbelsäule wird ebenso gewiß betroffen werden wie die Flüssigkeit im Labyrinth des Mittelohres — dieser geistigen Wasserwaage, die unseren Gleichgewichtssinn leitet. Auf der andern Seite ist zu sagen, daß niemand weiß, welche Gewalten der menschliche Körper aushalten kann. Piloten in Looping-Flugzeugen überleben Zentrifugalkräfte, die Arme und Beine aus den Gelenken und die Köpfe von den Schultern reißen müßten. Akrobaten fallen mit Beschleunigungen in die Netze, die gewisse Verletzungen hervorrufen müßten. Deutsche Versuche mit Zentrifugalmaschinen haben gezeigt, daß Beschleunigungen von 160 Fuß (ca. 48 Meter) in der Sekunde während neun Minuten ohne Krankheitswirkungen ertragen werden können. Die Aussicht für das Raketenschiff ist wenigstens mathematisch gut.

Wenn der Start heftig sein muß, ist es klar, daß man während der ersten schrecklichen Augenblicke des Fluges nach einer andern Welt nicht behaglich dasitzt. Tatsächlich sitzt man überhaupt nicht. Man wird in eine reichlich mit Kissen versehene Hängematte geschleudert, denn man kann nur in waagerechter Lage den peinvollen Druck der Beschleunigung ertragen. Wehe dem, der auf seinen Füßen ist, wenn das Schiff vorwärts springt. Er wird gegen die hintere Schottenwand seines Abteiles gewirbelt, plattgedrückt und vielleicht getötet. Alle Astronauten befürworten geringstmögliche Startgeschwindigkeiten. Oberth verbrennt zuerst eine Mischung von Alkohol und Sauerstoff und geht erst nach einer Minute zu Sauerstoff und Wasserstoff über.

Wenn das Schiff aus der Anziehungskraft der Erde heraus ist, was bedeutet, daß es nicht zurückfallen kann, muß man sich auf eine ganze neue Reihe physikalischer Umstände ein-

stellen. Würde man einen Augenblick vorher durch den hohen Druck gequält, wird man jetzt erschreckt, weil man überhaupt keinen Druck mehr spürt. Man wiegt nichts mehr, denn die Erde ist zu entfernt, um einen spürbar anzuziehen, obwohl theoretisch ihr Einfluß niemals aufhört. Man hält seine Hängematte mit Verzweiflung fest. Das Schiff scheint zu fallen. Gewiß, es fällt, aber nur in dem Sinn, wie jeder planetarische Körper fällt — wie zum Beispiel der Mond immer der Erde zufällt, aber dabei gezwungen ist, eine geschlossene Kurve zu beschreiben.

In Wahrheit ist nun das Schiff ein Teil des Sonnensystems, eine Miniaturwelt, die keinen Motor zum Antrieb erfordert und die um die Sonne kreist, in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Sonnenschwerkraft in einem für sie bestimmten eigenen Jahr. Die Offiziere kommen, einen zu beruhigen. Man bindet sich los und versucht einen Schritt oder zwei zu machen. Man stellt fest, daß man in der Luft stehen kann. Nichts fällt im irdischen Sinne. Man lasse die Tasse frei, die man in der Hand hat: sie bleibt, wo sie ist. Ein weggeworfenes Streichholz fliegt dahin, bis es durch eine Schottenwand aufgehalten wird, wo es bleibt. Stühle und Tische werden festgeschraubt, daß sie nicht seltsame Lagen einnehmen, wenn sie zufällig umgekippt werden. Überall befinden sich Seile und Riemen. Man lernt rasch genug, daß es das beste ist, sich ihrer zu bedienen und Hand über Hand von einem Platze zum andern voranzugehen. Falls das Schiff magnetische Böden hat, trägt man Schuhe mit Stahlsohlen, so daß man in ziemlich irdischer Weise herumgehen kann. Man benötigt kein Bett. Man schlüpft mit den Armen und Beinen in Riemen und schläft ein. Kissen? Sie sind nutzlos, da der Kopf kein Gewicht hat.

Wenn man zwei Jahre so reist, werden die Muskeln schwinden. Der zur Erde zurückkehrende Passagier findet es schwer, sich wieder an wirkliche Arbeit und normalen Druck zu gewöhnen. Einige der Astronauten, unter ihnen Oberth, haben sich die Mühe genommen, drehbare Kabinen zu konstruieren, so daß die damit erzeugte Zentrifugalkraft einen Ersatz für die Schwerkraft oder die Wirkung des Gewichtes darstellt, an die der menschliche Organismus gewöhnt ist.

Essen und Trinken werden irgendwie schwierig. Es ist unmöglich, Wein aus einer Flasche zu gießen. Der Wein bleibt einfach, wo er ist. Das Glas muß zerbrochen und wie eine zerdrückte Eierschale entfernt werden, so daß der Wein wie ein Ball serviert werden kann — in der Gestalt, die er annimmt.

Oder man kann die Flasche herumwirbeln, so daß der Wein durch Zentrifugalkraft herausgetrieben wird. Selbst dann muß er als kugelförmiger Klumpen serviert werden. Die Suppe erscheint nicht in einer Terrine, sondern als eine aus der Küche hereinfließende Kugel, der Fleisch und Tunken folgen. Jeder Gang muß von den hungrigen Passagieren verfolgt werden. Wenn sie schlucken, so laufen sie Gefahr, Selbstmord zu begehen. Natürlicherweise fallen Speise und Trank dank der Schwerkraft, unterstützt von den peristaltischen Bewegungen der Speiseröhre, in den Verdauungskanal hinunter. Im interplanetarischen Raum ist die Speise bereit, ebenso durch die Luftröhre als auch durch die Speiseröhre zu gehen. Mittels einer Tasse Tee ertränkt zu werden, ist auf einem Raketenschiff nichts Unmögliches.

Die Astronauten verwenden die Abwesenheit jeglicher bemerkenswerten irdischen Anziehungskraft sehr praktisch. Wenn man in einen mit Luft zum richtigen Drucke aufgeblasenen Anzug bekleidet und mit einer Sauerstoffflasche ausgerüstet ist, gibt es keinen Grund, warum man nicht durch eine Luftöffnung in den Raum hinaustreten sollte. Man fällt nicht vom Schiffe weg. Man kann nicht zurückgelassen werden, denn man bewegt sich in seiner eigenen Bahn mit genau derselben Geschwindigkeit wie das Schiff. Man setze sich gleich zu dem Schiff, so wie man in seiner Bibliothek einen Stuhl zu einem Tisch hinstellt und weiß, daß die Lage festgelegt ist. Der Rückstoß eines Pistolenschusses wird einen zu und vom Schiff treiben, wenn man sich im Raum herum bewegen muß. Wir verstehen nun, warum Oberth seine Rakete so konstruierte, daß der Bogen vom Körper getrennt werden kann. Wenn die Befestigungen gelöst worden sind, genügt ein leichter Stoß, den Bogen nach vorwärts zu treiben. Ein langes Seil ermöglicht es, ihn wieder zurückzuziehen und an seinem Platz zu befestigen.

Man steigt in seinem luftgefüllten Anzug auf die Beobachtungsplattform des Oberthschiffes und schaut sich um. Ein überwältigendes Gefühl der Einsamkeit. Es gibt nichts, worauf das Auge sich „stützen“ könnte, nichts als das Schiff, das jammervoll klein zu sein scheint, obwohl es so groß wie eine Yacht ist. Ein neuer Himmel ist entfaltet. Hier ist keine Nacht und kein Tag. Die bewegungslose Sonne glüht unbarmherzig in einem bräunlichschwarzen Baldachin — ein Stern, der ein riesiger Ball weißglühenden Metalls zu sein scheint. Man verdecke die Sonne mit der Hand. Rund um die Sonne erscheint die geheimnisvolle perlengleiche Corona, die man auf der Erde

nur bei totalen Finsternissen erblickt. Trotz des Glanzes dieser glühenden Scheibe sind die Sterne überall sichtbar. Sie scheinen mit dem harten, gleichmäßigen grausamen Licht so mancher elektrischer Bogenlampen. Man vergegenwärtigt sich, wie viel Schönheit die Atmosphäre der Erde verleiht — die staub- und dunstgeladene Atmosphäre, welche die Sonnenstrahlen zerstreut, dem Himmel seine lichtblaue Färbung gibt und die Sterne funkeln macht. Erde und Mond erscheinen wie ein wunderbar schöner Doppelplanet. Ein roter Reif umgibt die Erde und um diesen sind blaue Fransen — beides die Wirkung des übermittelten und zurückgeworfenen Sonnenlichtes auf die Atmosphäre. Über den Polen flackern die Nordlichter. Durch die Wolken kann man tiefgrüne Dschungel, gelbe Wüsten und blaßgrüne Steppen erhaschen.

Überließe man das Schiff sich selbst, würde es für immer in einer Ellipse kreisen. Die Anziehungskraft der Sonne und der Planeten halten es auf seinem Kurse. So treibt es Woche um Woche dahin, bis die geprüften und überprüften Rechnungen den Kapitän überzeugen, daß er sich selbst aus seiner Bahn herausdrängen muß. Der Mars wird zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort sein. So läßt der Kapitän den Raketenmotor wieder an. Wenn er den Mars erreicht, stürzt er nicht plötzlich in seine dünne Atmosphäre. Das Schiff wird ein Trabant des Mars und kreist vielleicht während Wochen um ihn, oder bis die Erde wieder in eine günstige Lage zur Rückkehr gekommen ist. Valier zog kühn in Erwägung, auf einem der beiden Trabanten des Mars zu landen und ihn als Basis für die Erforschung des Planeten zu benutzen, bevor die Heimreise beginnt.

Eine Rückkehr zur Erdoberfläche ist nicht ohne Gefahren. Ausgeklügelte Bremsvorrichtungen, wurden ersonnen. Vorwärtsfeuernde Raketen haben das Schiff zu verlangsamen. Die Gefahren, daß die Rakete durch die bloße Reibung mit der Atmosphäre schmilzt, sind sehr groß. Meteore flammen am Himmel in einer Höhe von ungefähr 60 Meilen (ca. 96 Kilometer) auf. Die meisten von ihnen sind verzehrt, bevor sie die Erde erreichen — verbrannt durch das Reiben der rauen Luft. Ein Raketenschiff ist ein künstlicher Meteor. Warum sollte es nicht in Tropfen glühenden Metalls verwandelt werden? Hier haben wir einen andern Grund für eine niedrige Startgeschwindigkeit. Der Abstieg ist besonders wegen der hohen Geschwindigkeit, mit der man auf die Erdatmosphäre trifft, gefährlich. Wenn die geschlossenen Gleitflächen geöffnet werden, segeln die Passagiere in weiten Spiralen durch die

Luft zur Erde. Es sind auch Fallschirme vorgesehen. Beinahe alle Astronauten sahen nichts anderes vor, als das Schiff zu verlassen und es in Stücke zerschellen zu lassen.

Nach der Meinung von Professor F. R. Moulton „treffen täglich mehr als 20 Millionen Meteore die Erde“. Andere Astronomen nehmen so hohe Zahlen wie eine Billion am Tage an, wobei sie natürlich auch erbsengroße Massen mit einschließen. Welche Energie! Was wäre, wenn 10 000 Meteoriten, so fein wie Staub, nach den Schätzungen von Dr. E. A. Lindemann und Dr. G. B. M. Dobson aufgefangen werden könnten? Während seines kurzen Fluges gibt jeder so viel Energie ab, um 100 000 gewöhnliche Lampen erglühen zu lassen.

Die mittlere Höhe, in der 106 von W. F. Denning, einer bekannten britischen Autorität, beobachtete Meteore über den Himmel dahinstrichen, war 73,6 Meilen (ca. 116 Kilometer). Diese 106 Meteore schossen in Sicht und verschwanden mit einer mittleren Geschwindigkeit von 26,9 Meilen (ca. 43 Kilometer) in der Sekunde, aber es wurden auch so hohe Geschwindigkeiten wie 62 Meilen (ca. 97 Kilometer) beobachtet. Ein Sandkorn kann mit einer solchen Geschwindigkeit töten. Zu unserm Glücke werden fast alle Meteore in der Luft durch bloße Reibung verbrannt.

Es ist klar, daß der wissenschaftliche Eindringling in den Weltenraum, der durch den Rückstoß eines hochkonzentrierten Treibstoffes dahingeschleudert wird, auf Hunderte und vielleicht Tausende von Meteoren treffen muß. Er kann ihnen nicht ausweichen, selbst wenn er sie erblickt. Was bedeutet seine Geschwindigkeit im Vergleich mit der ihren von mehr als 100 000 Meilen (ca. 160 000 Kilometer) in der Stunde? Sein Raketenflugzeug kann von etwas, das nicht größer ist als ein Sandkorn, durch und durch gebohrt werden.

Die Auswirkungen des Raketenschiffes enden nicht mit der bloßen Erforschung der näheren Gegenden des Sonnensystems. Immer und immer wieder haben die Astrophysiker versichert, daß die Erde zuletzt zu einer kalten, um die Sonne fahrenden Schlacke wird. Die Atmosphäre wird verschwinden. Welches ist das Schicksal der menschlichen Rasse? Muß der letzte Mensch vor Hunger und Durst sterben? Vielleicht ist das Raketenschiff des Menschen letzte Hoffnung. Um die Zeit, da die Erde altersschwach und unbewohnbar geworden sein wird, wird die Venus für verstandesbegabte Wesen reif sein. So kann es in Aeonen geschehen, daß die Venus von der Erde aus so kolonisiert wird, wie es Amerika von Europa aus wurde. Und die Erde wird auf ihrer Bahn dahinfahren, ein verlassenes planetarisches Wrack ihres ehemaligen grünen Selbst.

XII

GEBURT UND TOD DES MONDES

In ferner Vergangenheit war die Erde zweifellos eine vollkommene Gaskugel. Der verstorbene Sir George Darwin, der Sohn des großen Charles, versetzte sich mathematisch um Hunderte von Millionen Jahren zurück. Henri Poincaré macht es ebenso. Beide erblicken in ihren Gliederungen ein Schauspiel, von dem seinesgleichen nirgendswo sonst im Sonnensystem erblickt wurde — sie sahen die gasige Erde schneller und schneller um ihre Achse kreiseln, so daß sie aufhörte, eine vollkommene Kugel zu sein und die Gestalt eines Sphäroids annahm. Mit den Augen ihres mathematischen Geistes sahen sie Jahrmillionen vorbeigleiten und die Erde immer schwindlicher sich drehen. Zusätzliche Gleichungen ergaben, daß sich die Erde unter dieser beschleunigten Drehung aus einem Sphäroid in etwas Ei-ähnliches verwandelte.

Die eiförmige Gasmasse kühlte sich ab, wurde flüssig und fuhr fort, immer schneller und schneller zu kreiseln. Darwin sah einen vorübergehenden Zusammenbruch, was das Ei veranlaßte, die Form einer Birne anzunehmen. Noch mehr Jahr-millionen vergingen. Das Stielende der Birne entwickelte eine Zwiebel, und der Umfang des Stieles wurde dünner und dünner.

Die Erde drehte sich so schnell, daß der Tag nur drei Stunden lang war; ihre Geschwindigkeit war sechzehnmal schneller als diejenige einer Gewehrkugel. Durch die Sonne hervorgerufene Gezeiten unterstützten die Zentrifugalkraft beim Zerreißen der Erde. Die flüssige Birne, die nun zu dieser Zeit eine Kruste von ungefähr 35 Meilen (ca. 46 Kilometer) Dicke aufwies, konnte dieser Kraft nicht widerstehen. Eine Sintflut von schauerlicher Größe brach herein. 5000 Kubikmeilen (ca. 218 000 Kubikkilometer) Materie, die die Zwiebel bildeten, wurden gewaltsam losgerissen. Durch diese wundersame Erschütterung wurde der Mond geboren. Einige Astronomen glauben, im heute vom Stillen Ozean gebildeten Becken die Narbe dieser planetarischen Katastrophe zu erblicken.

Kein anderer Trabant hat einen ähnlichen Ursprung. Einem Astronomen auf dem Mars erscheinen Erde und Mond als das, was sie sind, als ein Doppelplanet von wunderbarer Schönheit. Die Physiker haben den Mond mathematisch gewogen. Er wiegt 75 Trillionen Tonnen — ein Achtzehntel der Erdmasse. Keiner der Trabanten in unserm Sonnensystem erreicht den Mond in Masse und Größe.

Der Mond war zuerst nicht 239 000 Meilen (ca. 385 000 Kilometer) in den Weltraum hinausgewirbelt worden, wo er jetzt leuchtet. Anfänglich kreiste er in Berührungsweite um die Erde. Während ganzer geologischer Zeiträume zittert sein Schicksal um das Gleichgewicht. Wäre die Geschwindigkeit der Umdrehung nur um den Bruchteil einer Minute schneller gewesen, wäre der Mond auf die Erde zurückgeschmettert worden. Aber die verwickelte Maschinerie, die Planeten und Trabanten regiert, beschloß, daß der Mond sich verlangsamen solle, so daß der Monat den Dreistundentag um eine oder zwei Sekunden überschritt. So wurde es für eine Mondzeitenwelle möglich, dem Mond voranzukriechen. Die Gezeiten ließen ihre Reibungsbremsen spielen, und so begann der Mond vor 54 Millionen Jahren sich langsam spiralförmig zu entfernen. Im weitem verlängerte sich der Erdentag. Das gleiche war beim Mond der Fall. Der astronomische Mondtag ist nur ein irdischer Monat.

Wenn man diese vergangenen Wechsel in der Länge des Mondtages betrachtet, muß man sich daran erinnern, daß die Erde eine flüssige Masse war. Sie hatte das, was die Physiker als natürliche Periode der Vibration bezeichnen. Durch rhythmisches Schütteln konnte eine Welle ausgelöst werden, die für ihre Periode von der Größe und der Form der Erde abhing. Die flüssige oder halbflüssige Erde war in dieser entfernten Zeit solchen Schwingungen unterworfen. Sie hatte eine natürliche Zweistundenperiode. Alle zwei Stunden erzeugte die Sonne auch zwei Gezeiten-Ausbauchungen auf entgegengesetzten Seiten der Erde. Man berühre ein Pendel im richtigen Augenblick, und seine Schwingungen werden verlängert. Eine solche Wirkung wurde auf die Erde hervorgerufen. Die Schwingungen der flüssigen Masse waren wie die Schwingungen eines Pendels; die Sonne bewirkte diese Ausbauchungen gerade im richtigen Augenblick, da sie mit den Schwingungen übereinstimmten und sie erhöhten. Kein flüssiger Planet konnte dieser Verbindung widerstehen. Eine Ausbauchung brach auf. Der Mond wurde geboren.

Der Mond begann, von der Erde wegzukriechen, sobald er geboren war. Zuerst waren Tag und Monat von gleicher Länge — vier oder fünf Stunden lang. Je mehr der Mond zurückwich, wurden beide länger, aber der Monat schneller als der Tag.

Schlußendlich wird der Mond wieder seine Bahn ziehen. Steif und gefroren wie er ist, wird er verzerrt werden, je näher er kommt. Er weist in der Richtung auf die Erde eine Ausbauchung auf, die auf die Zeit zurückgeht, da der Mond noch knetbar war.

Wenn der Mond sich auf Zweifünftel seiner bisherigen Entfernung der Erde genähert hat, werden sich auf die Ausbauchung riesige Anziehungskräfte geltend machen. Die Astronomen werden Zeugen von aufregenden Ereignissen sein. Die Mondberge werden kopfüber hinfallen. Man wird riesige Lawinen erleben. Auf der Erde werden sich Risse öffnen, in denen ganze Städte verschwinden. Schreckliche Erdbeben werden den ganzen Planeten erschüttern.

Man kann sich den Schrecken der Menschen leicht vorstellen. Die Erde als bewohnter Ort ist gerichtet. Am Himmel ist der Mond im Gleichgewichte, nicht der Mond, den wir heute sehen — ein bloßes Zweifrankenstück aus einer Armlänge Entfernung — sondern ein schreckeinflößendes Gestirn, das den zwanzigsten Teil des Himmels bedeckt. Riesige Felsen werden von der Erde angezogen. Glücklicherweise fallen sie nicht auf Europa oder Amerika herunter, sondern sie fliegen in ihren eigenen Bahnen um die Erde. Während einiger Jahrhunderte werden die Astronomen diesen Vorgang betrachten. Dann wird der unvermeidliche Platzregen die Erde ertränken.

Auf dem Monde werden die Berge bersten, und ihre Bruchstücke, von der Erde unwiderstehlich angezogen, werden unbarmherzig auf alles niederstürzen, was die Menschen lieben. Der Himmel ist ein flammendes Meer von Meteoriten, die durch die Reibung mit unserer Atmosphäre bis zur Weißglut erhitzt werden. Die Felsen und die Meteorite fallen, soweit sie nicht verzehrt werden, auf die Erde, verbrennen mit lauten Explosionen und erhitzen das umgebende Land auf Tausende von Graden. Wälder brennen aus; Ozeane siedeln.

Die Astronomen werden das Ende seit einem Jahrtausend oder länger vorausgesehen haben. Die menschliche Rasse wird ihren Haß, ihre eigensüchtigen Länderdiebstähle, ihre wirtschaftlichen Eifersüchteleien zugunsten einer wundervollen gemeinsamen Anstrengung, um der Vernichtung zu entgehen, begraben. Vergeblich. Riesige unterirdische Zufluchtsstätten werden unter dem Nord- und Südpol gegraben und beschützen einige wenige Hunderttausende, die es schaffen, dem schrecklichen Schlag des Mondes zu entgehen. Welches sind ihre Aussichten in einem dampfenden Ozean, der die große Eisschranke des Südens, die Gletscher, die großen Eisschollen und Eisberge des Nordens verschlingt?

Das Ende kommt, wenn der Mond näher als 20 000 Meilen (ca. 32 000 Kilometer) an die Erde herangekommen ist. Das Bombardement wird schrecklicher als je zuvor, und die durch den

Zusammenstoß der Bruchstücke mit der Erde erzeugte Hitze ist so groß, daß nichts sie überstehen kann. Der Himmel ist flammenbedeckt mit weißglühenden Meteoriten. In den unterirdischen Zufluchtsstätten haben die letzten Menschen längst ihr Leben ausgehaucht. Die Zeitungen auf der Venus verkünden die sensationelle Neuigkeit: „Der Mond ist endlich in die Erde gestürzt.“ Ja, endlich. Denn die Bewohner der Venus haben das Ende seit Jahrhunderten erwartet.

Um die Erde kreist ein Ring von Meteoriten — alles, was vom Monde übriggeblieben ist. Und die Erde treibt weiter, ein geschwärzter Ball, auf dem einst die Ozeane wogten, die Luft den lichtblauen Himmel zu einem entzückenden Bilde für die Augen schuf, grüne Bäume im Winde rauschten, und der Mensch auf dem langen Wege der Entwicklung kämpfte, der ihn vom ersten Stücklein belebten Protoplasmas zu etwas der göttlichen Vernunft Ähnlichem führte. Wer weiß, ob die alte Planetenruine wieder blühen wird? Der Kosmos hat seine Zyklen.

XIII

ERFORSCHUNG DER LUFTHÜLLE

Als vor einer Million Jahren der Mensch noch immer ein Halbaffe war, schaute er umher und wunderte sich. Was waren das für funkelnde Lichter am dunklen Nachthimmel? Was war das für ein riesiger Feuerball, der hoch am Himmel aufsteigt, bloß um am Abend wieder hinabzusinken? Woher kommt er? Wohin geht er? Wie weithin dehnen sich diese Bäume, dieser feste Grund unter den Füßen aus?

Trotz aller Fernrohre und Spektroskope, der Sternwarten und Laboratorien, unserer mathematischen Errungenschaften und kosmischen Theorien, gleichen wir dennoch weitgehend diesem ursprünglichen Wilden, der sich von den Tieren durch seine Fähigkeit, zu fragen, unterscheidet. Mit ihm begann die Wissenschaft. Denn die Wissenschaft ist weitgehend damit beschäftigt, über den Menschen und seine Umgebung Fragen zu stellen — die richtige Art von Fragen — und darauf die Antworten zu finden.

Unter den ersten dieser zur menschlichen Gattung gehörenden Frager waren die Forschungsreisenden, starkgebaute Wilde und Wikinger, die auf unbekannten Meeren kühn dem Sonnenuntergang entgegenfuhren oder sich ihren Weg durch gleicherweise unbekannte Wälder bahnten. Man betrachtet sie gemeinhin als Abenteurer, die nach Aufregungen dursteten. Sie waren aber auch Wissenschaftler. Bewußt oder unbewußt versuchten sie, Fragen zu beantworten. Wo bin ich? Wie weit kann ich zu Fuß oder in meinem Boot reisen? Was ist dort, wo Himmel und Erde zusammenstoßen?

Kolumbus, Da Gama, Magelhaens, van Diemen, Kapitän Cook, Peary, Amundsen, Scott, Shackleton, Byrd — sie alle sind direkte Abkömmlinge jener Wilden, die umherschweiften, mit wilden Tieren kämpften und Entbehrungen und Krankheiten trotzten, um immer mehr von dieser Erde zu entdecken. Die Umschiffung der Erde durch Magelhaens war ein gewaltiges wissenschaftliches Unternehmen. Er bewies durch einen Versuch, daß die Erde eine runde Kugel ist.

Der Mensch kroch derart während Jahrhunderten wie ein vernunftbegabtes Insekt über Land und Meer. Zuletzt erkannte er die wichtigsten Eigenschaften des Planeten, auf dem er lebt. Er kennt seine allgemeine Gestalt und Größe. Er gleicht einem Fremdling in einem einstmals geheimnisvollen, weil unbekannten Hause. Er ist nun fähig, Grundrisse zu zeichnen — er

nennt sie See- und Landkarten — und mit ihrer Hilfe seinen Weg zu finden.

Doch ist alles nur ein Anfang. Zur Erde gehören mehr als nur Land und Meer, Berg und Wüste. Wahrscheinlich berührte es Kolumbus nie, daß die von uns eingeatmete Luft ein Teil der Erde ist, etwas, das wie der greifbarere Ozean erforscht werden muß. Er nahm sie als bloße Lebensnotwendigkeit hin. Erst in unserer Zeit — darunter verstehen wir ungefähr das letzte Jahrhundert — hat sich das nachdenkliche Staunen des Forschers auf die Wolken gerichtet. Der Ballon und das Flugzeug gaben ihm neue Kräfte. Er ist nicht länger ein auf zwei Dimensionen beschränkter Abenteurer, der in seinem Tale herumstöbert oder in einem undurchdringlichen Walde herumtappt, kahle schneebedeckte Berggipfel erklettert oder über glühende gelbe Sandwüsten kriecht. Als dreidimensionaler Wissenschaftler von heute muß er sich in die Luft erheben, um neue Fragen über die Erde zu beantworten. Wie weit erstreckt sich die Atmosphäre? Welches sind ihre Beziehungen zu den Wolken, Nordlichtern, Blitzen, Meteoren und deshalb zu Land und Wasser, zum grünen Blatte und dem Menschen selbst? Eine Jahrillion des Fragens hat ihm endlich einen Ausblick in das Weltall gestattet.

Den Ballonfahrern der frühen Zeit, den ersten Forschern in drei Dimensionen, gelang es wenigstens, eine Tatsache festzustellen: es gibt eine Grenze in der Ausdehnung der Atmosphäre. Die Menschen ringen nach Luft und sterben, wenn sie hoch genug emporsteigen. Dennoch ist weit oberhalb der sogenannten Todeshöhe immer noch ein Weltmeer an Luft. Denn wir wissen alle, daß die Atmosphäre sich von der Erde aufwärts über Hunderte von Kilometern erstrecken kann, daß aber der Mensch ohne Sauerstoffbehälter in einer größeren Höhe als drei Meilen (ca. 4,8 Kilometer) nicht mehr zu atmen vermag.

Man nehme an, daß Kolumbus im Jahre 1492 in einer ähnlichen Lage gewesen sei: Daß er es nicht wagen durfte, sich mehr als ein oder zwei Meilen vom Lande zu entfernen, ohne zugrunde zu gehen, daß er aber Gründe zu der Annahme hatte, daß im Westen, jenseits des Ozeans, sich Land befinde. Man stelle sich vor, daß er, nach Antworten auf seine Fragen dürstend, zu automatischen Behelfen seine Zuflucht nahm. Er erfand ein kleines Schiff, das ohne einen Menschen an Bord nach Westen segelt. Es wird mit Maschinen vollgestopft, die fast ebenso menschlich sind wie Kolumbus selbst. Die selbsttätigen Instrumente zeichnen die physikalischen Tatsachen der Reise auf: Die

Stürme, denen man begegnet, alle die unbekannten Hindernisse (Land), die es nicht zu überwinden vermochte, und ihre Entfernungen von Spanien. Von sich aus wendet sich das Schiff und segelt nach Spanien zurück. Kolumbus liest die durch die Instrumente gemachten Aufzeichnungen und zieht daraus, soweit als möglich, seine Schlüsse über das Land im Westen. Mit ähnlichen Methoden müssen die modernen Kolumbusse der Atmosphäre, der unsichtbaren Erdhülle, einige ihrer Forschungen vornehmen.

Vor dem Jahre 1896 glaubte man, daß die Luft mit zunehmender Höhe immer dünner und immer kälter werde. Das entsprach der Wahrheit, war aber nur ein Teil der Wahrheit.

Die systematische Forschung durch Teisserenc de Bort zerstörte diese Auffassung von einer Atmosphäre aus einem Stück. Dieser fleißige französische Meteorologe ließ seit 1896 unbemannte Registrierfreiballons aufsteigen, mit Instrumenten ausgestattet, welche die Temperatur, den Druck und andere die Wissenschaftler interessierenden Tatsachen vermerkten. Zuerst vermochte er kaum die gewonnenen Aufzeichnungen zu glauben. Sie erzählten Dinge, die ebenso erstaunlich waren wie jene, die Marco Polo aus dem Reiche des Dschinghis Khan oder Kolumbus aus dem westlichen Lande jenseits des Ozeans heimbrachten.

In der Höhe von mehr als 6 Meilen (ca. 9,5 Kilometer) liegt nach den Aufzeichnungen eine seltsame Luftschicht, die von der Luft, in der wir leben, ebenso verschieden ist wie die Arktis von Yukatan. Es gibt dort keine Wolken, keine Stürme, nichts von dem, was wir als „Wetter“ bezeichnen. Ein Tag ist gleich wie der andere. Niemals wird die Luft auch nur durch eine Trübung verdickt. Die Sonne und die Sterne glühen in einem schwarzen Himmel. Dort herrscht ewiges Schweigen, Klarheit und Kälte — eine Kälte, die bis zu minus 70 Grad Fahrenheit (= minus 94 Grad Celsius) sinkt.

De Bort und die Meteorologen seiner Zeit sprachen von einer „Isothermale“ oder „uniformen Temperaturschicht“. Später prägte er den Ausdruck „Stratosphäre“ und bezeichnete die dicke Luftschicht, welche die Oberfläche der Erde umfaßt, und die wir atmen, als „Troposphäre“. Obwohl Troposphäre und Stratosphäre ziemlich scharf getrennt sind, schwanken ihre Grenzen. Zwischen ihnen liegt die Tropopause, eine Art von Niemandsland. Die Stratosphäre ist an den Polen am tiefsten (ca. 9,5 Kilometer) und in den Tropen am höchsten (ca. 16 Kilometer).

Ein mit einem genügend scharfen Fernrohr ausgestatteter Wissenschaftler auf dem Monde wäre vermutlich in der Lage,

Troposphäre und Stratosphäre zu unterscheiden. Ihm erschien die Luft als bläulicher, sich am Erdäquator ausbauchender Nebel. In der Tiefe erblickte er eine dicke, verwirrte Ablagerung. In diesem vom Winde aufgewühlten Bodensatz blüht das Leben, umspülen die Ozeane die Ufer der Kontinente, fliegen die Flugzeuge. Zu unserm Glücke ist diese Ablagerung ein mechanisches Gemisch von Wasserdampf, Stickstoff, Sauerstoff und Kohlendioxyd, wenig Wasserstoff und kaum feststellbaren Mengen von Helium, Argon, Krypton, Niton, Xenon und Neon; zu unserm Glücke, weil es genügend mögliche chemische Zusammenstellungen gibt, um den ganzen Planeten in die Luft zu sprengen.

Schon bevor Auguste Piccard seinen ersten Aufstieg unternahm, hatten Menschen die Stratosphäre erreicht. So Glaisher und Coxwell, die im Auftrage der Britischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft am 5. September 1862 aufstiegen, ohnmächtig wurden, aber wunderbarerweise zurückkehrten, nachdem sie vermutlich eine Höhe von 11 Kilometern erreicht hatten. Desgleichen Berson und Süring, zwei Deutsche, die bis zu 10,5 Kilometern emporgetrieben wurden und trotz ihrer Sauerstoffmasken während mindestens einer Viertelstunde bewußtlos waren.

Im Jahre 1927 stieg Hauptmann Hawthorne Gray von der Amerikanischen Luftflotte in einer offenen Gondel bis zu einer Höhe von 8 Meilen (ca. 13 Kilometer) empor, um dann während des Absinkens infolge des Aufenthaltes in der dünnen Luft zu sterben. Flieger sind immer wieder in die Stratosphäre hinaufgeflogen. Einer von ihnen, Hauptmann Albert W. Stevens, nahm an den von der Nationalen Amerikanischen Geographischen Gesellschaft und der Amerikanischen Luftflotte in den Jahren 1934 und 1935 veranstalteten Atmosphärenflügen teil. Im Oktober 1928 stieg er über Dayton, Ohio, in einem Flugzeuge bis zu 39 150 Fuß (ca. 11 900 Meter) Höhe.

Es wäre diesen Abenteurern gegenüber ungerecht, sie als bloße aeronautische Sportler zu bezeichnen. Glaisher und Coxwell, Berson und Süring, Stevens und seine Gefährten wurden dazu sicher nur durch wissenschaftliche Beweggründe angespornt. Dennoch kann man nicht bestreiten, daß alle den Höhenrekord zu brechen versuchten.

Es ist eine überraschende Tatsache, daß die Ballonfahrer des letzten Jahrhunderts nicht der seltsamen neuen atmosphärischen Welt gewahr wurden, obwohl sie die Stratosphäre bereits vor siebzig und mehr Jahren erreicht hatten. Sie wurden nur von

der Kälte und der Dünne der Luft überrascht. Die Neuigkeiten, die sie und ihre unmittelbaren Nachfolger unter Lebensgefahr zurückbrachten, entsprachen kaum dem Aufwand an Zeit, Anstrengung und eingesetztem Geld. Die Meteorologen auf dem Boden entdeckten die Stratosphäre mit ihren 6 Fuß (ca. 1,80 Meter) großen Ballonen und Instrumenten, bloßen Automaten. Tatsächlich haben sie die Atmosphäre bis zu einer Höhe von ungefähr 21 Meilen (ca. 34 Kilometer) ergründet.

Der zusammengefaßte Angriff der letzten Jahre auf die Stratosphäre wurde durch die Entdeckung und die Erforschung der seltenerweise mit Radioaktivität verbundenen kosmischen Strahlen bewerkstelligt. Man muß in die ersten Jahre unseres Jahrhunderts zurückgehen. Uran, Thorium, Radium, Polonium und andere radioaktive Elemente waren die Wunder und Rätsel des Tages. Sie gaben Strahlen verschiedener Art ab. Manche berühmten Quellen wurden als radioaktiv erkannt. Aus den Felsen der Erde entsprang Energie, die den Atomen die Elektronen entreißen und sie somit ionisieren konnte — das heißt, die Luft wie einen Draht für Elektrizität leitungsfähig machen.

Was war natürlicher, als das Ausmaß der Ionisierung oder Elektrisierung zu messen? Der Jesuitenpater Dr. Theodor Wulff stellte mit einigen Instrumenten auf der Spitze des Eiffelturmes in Paris fest, daß dort die Ausschläge etwas geringer waren als auf dem Erdboden. Gerade das hatte er erwartet. Dennoch schien es Wulff, als ob die Verminderung nicht so deutlich sei, wie sie hätte sein sollen. Daraufhin faßte der Schweizer Physiker Professor Gockel den Plan, während eines Ballonaufstieges die Wirkung der Radioaktivität zu messen. In den Jahren 1910 und 1911 erreichte er Höhen von ungefähr 13 000 Fuß (ca. 4000 Meter) und kam mit mehr Rätseln wieder hinunter, als er aufgestiegen war. Die Ausschläge waren zuerst in der Tat schwächer, aber sie nahmen mit der Höhe wieder zu.

Überrascht durch die Ergebnisse Gockels, stellte Dr. Viktor F. Heß, dessen Arbeit später mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde, Berechnungen an, aus denen er folgerte, daß die Gammastrahlen des Radiums, vermutlich dessen stärkster Wirkstoff, einige hundert Yards über Meer vollständig aufgesaugt werden sollten. Entweder hatte Gockel unrecht oder seine Beobachtungen waren der Wiederholung wert. Deshalb ließ Heß unbemannte Ballone mit Registrierinstrumenten aufsteigen. Es wurden Höhen von 16 000 Fuß (ca. 4900 Meter) erreicht. Es gab keinen Zweifel über Gockels Feststellungen. Die Strahlen waren in großer Höhe stärker als in der Nähe der Erde.

Heß stieg auch selbst in Ballonen auf und arbeitete später mit Professor Kolhörster bei Messungen in Höhen von nahezu 6 Meilen (ca. 9,6 Kilometer) zusammen. Immer das gleiche Ergebnis. Die Strahlen wurden zweifellos bei zunehmender Höhe stärker. Es konnte nur eine Folgerung gezogen werden. Diese Strahlen hatten mit Radioaktivität nichts zu tun. Sie stammten entweder aus der Erdatmosphäre oder aus dem äußeren Raum. Sie waren überdies von furchtbarer Kraft. Selbst die Gammastrahlen waren nicht so durchdringend. Die Erkenntnis des kosmischen Charakters dieser Strahlen muß Heß zugebilligt werden.

Im Jahre 1925 beschloß Professor Millikan, dieses seltsame neue Forschungsgebiet zu betreten. Er ließ unbemannte Ballone von Kelly-Field, Texas, aufsteigen, kletterte auf Berge in Bolivien, erklimmte den Pike's Peak mit 300 Pfund Blei und einem Wasserbehälter, bestieg den Mount Whitney, um Instrumente in den mit Schneewasser gespeisten Lake Muir zu versenken, reiste in die Arktis, um dort noch mehr Beobachtungen anzustellen, und stieg so hoch er konnte in Flugzeugen mit sinnreich ausgedachten Vorrichtungen eigener Konstruktion. Er bestätigte nicht nur die Entdeckungen seiner Vorgänger, sondern er veröffentlichte viel genauere Aufzeichnungen.

Dann kamen Fragen: Was sind diese Strahlen? Woher stammen sie? Da die Strahlen bei zunehmender Höhe an Stärke zunehmen, müssen sie von außerhalb der Erdatmosphäre stammen. Sie können nicht von der Sonne und den Sternen kommen, da bei Tag und Nacht ihre Stärke sich nicht viel unterscheidet. Man nimmt an, daß die Quellen in entfernten Nebulae (Meteoritenschwärmen) oder in andern Mengen von Materie als Sternen gesucht werden müssen.

Das auf die Erde strömende Ausmaß kosmischer Strahlung ist enorm. Es ist beinahe so groß wie alles Licht und alle Hitze, die wir von den Sternen erhalten. Für Jeans ist es ausgemacht, daß „die kosmische Strahlung ungeheuer viel reicher als Sternenlicht und Hitze und deshalb die überschwenglichste Form der Strahlung im ganzen All ist“. Das bedeutet viel. Die Röntgenstrahlen sind durchdringender, aber sie werden leicht durch dünne Bleiplatten aufgehalten. Kosmische Strahlen wurden übrigens auf dem Grund des Bodensees (236 Meter) entdeckt; sie vermögen 18 Fuß (ca. 5,5 Meter) Blei zu durchdringen. Niemand weiß, welches die Wirkungen auf unsern Körper sind. In jeder Minute gehen kosmische Strahlen durch uns hindurch und zerstören Millionen von Atomen.

Die kosmischen Strahlen sind nicht, wie Sonnen- oder Sternenlicht, unmittelbar sichtbar. Sie werden nur durch ihre Wirkungen erkannt. Sie reißen die Elektronen aus den Atomen. Die Elektronen laufen ihrerseits wenige Augenblicke Amok und zerstören andere Atome — sogar deren eigentliche Kerne. Alles was der Physiker sieht, sind Bruchstücke der Zerstörung.

Das Geheimnis verlockte Professor Arthur H. Compton. Er organisierte und leitete einen weltumfassenden Beobachtungsdienst, der ihn zum Schlusse führte, den bereits Clay, Kolhörster und andere Europäer gezogen hatten, daß die Strahlen zum größten Teil Stücklein der Materie sind. Es besteht kein Zweifel, daß sie in der Nähe der Pole stärker sind als am Äquator; genau das, was man erwarten muß, wenn sie elektrisch geladene Partikeln sind. Die Erde ist ein riesiger Magnet. Theoretisch muß er solche Partikeln nach seinen Polen ziehen.

Wir ersehen daraus, daß Bergsteigen und Ballonfahren immer ein Bestandteil kosmischer Forschung war, und daß die Stratosphäre für den Atomphysiker ebenso wichtig ist wie für den Meteorologen. Der Wissenschaftler muß gezwungenermaßen sich in die oberen Luftschichten begeben, wenn er die kosmischen Strahlen bis zu ihrem Ursprung verfolgen will. Man muß gestehen, daß die Forschung noch nicht soweit erfolgreich war. Wie so manche Vorgänge hat Professor Regener unbemannte Registrierballone mit Instrumenten aufsteigen lassen, um zu untersuchen, ob die Strahlen unbegrenzt an Stärke zunehmen. Bei einer Gelegenheit erreichten seine Ballone eine Höhe von 22 Kilometern.

Es müssen noch mehr Aufstiege unternommen werden, um die Frage nach dem Ursprunge der kosmischen Strahlen zu beantworten. Abgesehen davon stellt sich heraus, daß die Stratosphäre auch um ihrer selbst willen der Untersuchung wert ist. Hier haben wir eine von Strahlen überschwemmte Gegend, vor denen uns die Troposphäre schützt: Gewöhnliche Sonnenstrahlen, aber von einer uns unbekannten Wildheit; ultraviolette Strahlen, infrarote Strahlen, kosmische Strahlen, ein endloser Strom von Elektronen von der Sonne, und vermutlich andere Partikeln, deren wir nicht einmal gewahr werden. Weiter draußen, bei 35 Meilen (ca. 56 Kilometer), jenseits des Bereiches selbst der Registrierballone, scheint eine aktive Ozonschicht zu sein, wo die Erde so warm ist wie an der Erdoberfläche und wo die Stimme eines Menschen vernommen werden könnte. Noch weiter draußen, bei 60 bis 65 Meilen (ca. 96 bis 104 Kilometer), ist ein unsichtbarer Elektronenspiegel, der die drahtlosen Wellen rund um die Erde reflektiert. Jenseits davon gibt es immer noch andere.

Man sieht, weshalb die Physiker erfahrene, rekordbrechende Ballonfahrer geworden sind. „Höhe, größere Höhe“, lautet ihr Ruf. Sechs Meilen (ca. 9,6 Kilometer) sind nicht genug. Acht, zehn, fünfzehn genügen kaum. Mit Sauerstoffmasken und Pelzen wie ein Polarforscher dahin aufsteigen zu müssen, ist ein unüberwindbarer Nachteil. Die Hände sollten frei sein. Der Mensch muß sich bewegen können, wenn er seine wissenschaftliche Sendung erfüllen soll. Er muß ohne Hilfe von elektrisch geheizten Kleidern warm gehalten werden.

Stellt man die Frage so, wird es klar, warum Piccard sich entschloß, die alte offene Ballongondel aufzugeben. Er erfand die nun vertraute Kugelgondel, einen luftdicht verschlossenen hohlen Ball aus Leichtmetall, in dem zwei Menschen bequem während einiger Stunden leben können, während sie in abgemessener Menge aus einer Stahlflasche strömenden Sauerstoff atmen, ihre Instrumente ablesen, hier und da aus Gucklöchern blicken und die bemerkenswerten Phänomene in einem Logbuch festhalten.

Man muß sagen, daß die Welt Piccard als einen sanften Geisteskranken des Erfindertyps betrachtete, als sie zuerst von seinem Vorschlage hörte. Gewiß, er war Professor, aber er war nicht eine hervorragende Gestalt in der Welt der Physiker. Die von ihm veröffentlichten Bilder versprachen nichts Gutes. Das lange Gelehrten Gesicht mit der Brille, die intellektuelle Braue, der kahle Schädel mit dem Kranz unmodern zerzausten Haares mochten einem Hauslehrer des Zweiten Kaiserreichs gehören, aber nicht einem Abenteurer, der erfolgreich zu Höhen aufsteigen konnte, die nie zuvor ein menschliches Wesen erreicht hatte.

Aber Piccard bewies, daß ein viereckiges Kinn und eine rohe athletische Gestalt für den, der das Unbekannte in der Atmosphäre wagt, in letzter Linie wichtige Erfordernisse sind. Als ein vom Geheimnis der kosmischen Strahlen behexter schweizerischer Professor machte er den ersten bemerkenswerten Fortschritt im Freiballonfahren, seit der Wasserstoff zur Füllung der Gasschläuche eingeführt worden war. Jeder Ballonflug in die Stratosphäre befolgt seit 1931 die von ihm festgelegten Grundsätze. Er ist der erste einer neuen Art von Forschern. Was er bloß unternahm, um mehr Auskünfte über kosmische Strahlen zu erhalten, hat solches Interesse an der Stratosphäre geweckt, daß ein neuer Abschnitt der Entdeckungen begann, ein Abschnitt, der mit jenem vergleichbar ist, der mit Kolumbus im Jahre 1492 seinen Anfang nahm.

Sowjetphysiker eigneten sich als erste diese weitere Sicht an und stiegen nicht nur zur Häufung von Feststellungen über die kosmischen Strahlen in die Stratosphäre. Sie nahmen nicht nur die üblichen elektrischen Vorrichtungen mit sich, die die Intensität der kosmischen Strahlen und deren Ursprungsrichtung aufzeichnen, sondern auch eine Gruppe von Instrumenten, die es der Wissenschaft ermöglichen, ihre Kenntnis von der höheren Atmosphäre zu erweitern. Ein größerer Ballon als der ihre kann mehr Instrumente heben, mehr Tatsachen zurückbringen, und möglicherweise höher in diese oberen Bereiche der Luft emporsteigen.

So wurden unter dem Beistand der Amerikanischen Nationalen Geographischen Gesellschaft und der Amerikanischen Luftflotte in den Jahren 1934 und 1935 die beiden Ballone Explorer I und Explorer II gebaut. Der erste der beiden kam beim Abstieg aus 60 000 Fuß (18 287 Meter) Höhe zu Schaden, aber in etwa 18 000 Fuß (5486 Meter) Höhe retteten Major Kepner, Hauptmann Stevens und Hauptmann Anderson ihr Leben durch Fallschirmabsprung.

Explorer II war der größte je gebaute Ballon. Sein Durchmesser betrug 192 Fuß (58,5 Meter), sein Fassungsvermögen 3,7 Millionen Kubikfuß (ca. 105 000 Kubikmeter) — beträchtlich mehr als fünfmal so groß als jener, in dem Settle und Fordney aufgestiegen und ungefähr viermal so groß als jener, in dem die Russen eine Höhe von nahezu 13 Meilen (ca. 20 Kilometer) erreichten. Explorer II war so riesig, daß ein elfstöckiges Haus im aufgeblasenen Gasraum Platz gefunden hätte. Er konnte eine Tonne Instrumente mit sich führen. Die Gondel war tatsächlich ein Laboratorium. In dieser riesigen Blase sind Hauptmann (später Major) Stevens und Hauptmann Anderson bis zu einer Höhe von 72 395 Fuß (22 888 Meter) über Meer aufgestiegen, eine Rekordhöhe für bemannte Ballone. Es war der 11. November 1935.

Das Geheimnis der Stratosphäre kann nur durch eine ganze Gruppe von kunstvollen Hilfsmitteln aufgehehlt werden. Der unbemannte Registrierballon kann nicht mehr leisten, als er bereits in den Händen der Bodenmeteorologen vollbracht hat. Außer den bereits erwähnten Tatsachen — Höhe, starke Kälte, Stille, langsam mit der Höhe ansteigende Temperatur — weiß man kaum etwas über die Stratosphäre. Auf jede Tatsache kommen zehn Hypothesen.

Man nehme die Zusammensetzung der Luft. Theoretische Berechnungen von den hervorragenden Autoritäten verlangten

bei 12 Meilen (ca. 19 Kilometer) Höhe nicht mehr als 15 bis 18 Prozent Sauerstoffgehalt. Aber die von dort heruntergeholten Proben unterschieden sich ganz und gar nicht von Proben aus Meereshöhe. Der Bestand von Sauerstoff war 21 Prozent — gerade so wie unten. Gegenwärtig neigen die gleichen Autoritäten dahin, zu glauben, daß die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre selbst in 30 Meilen (ca. 48 Kilometer) Höhe die gleiche ist, wie wir sie kennen. Man nimmt an, daß oberhalb dieser Höhe das Ozon zunimmt. Auf 100 Meilen (ca. 160 Kilometer) soll bemerkbar mehr Sauerstoff sein. Aber das in jeder Höhe verbreitetste Gas ist der Stickstoff. Wasserstoff und Helium verflüchtigen sich vermutlich wegen ihrer Leichtigkeit in den äußeren Raum.

Dann haben wir den Wind. Seit die Stratosphäre durch die Bort entdeckt wurde, wurde sie als Gegend tödlicher Stille betrachtet. Aber da die Gase in 12 Meilen (ca. 19 Kilometer) Höhe genau so gemischt sind, daß die chemische Zusammensetzung die gleiche ist, wie unten auf der Erde, besteht die Ansicht, daß dort zum mindesten eine leichte Brise herrschen muß. Nebenbei wird die Stratosphäre bei Tag erwärmt und bei Nacht abgekühlt. Solch eine tägliche Veränderung muß irgendeinen Wind entstehen lassen — nach dem gleichen Grundsatz, auf dem der Zug der durch einen Kamin aufsteigenden erhitzten Luft beruht.

Gibt es vielleicht auf dem Grunde der Stratosphäre einen Zephyr und immer weniger Bewegung, je mehr man sich deren obern Ende nähert? Stimmt es, daß die Gase sich nach ihren Gewichten über der Höhe der möglichen sanften Winde selber zu ordnen versuchen? Die Stratosphärenfahrer müssen antworten, wenn sie es können, obwohl die in Freiballonen erreichbaren Höhen begrenzt sind.

Welches ist die Farbe des Himmels? Sie wird dunkel, wie Piccard und die Russen feststellen. Aber die Aufzeichnungen, die wir besitzen, taugen nur für etwa 13 Meilen (ca. 20 Kilometer). Es besteht kein Zweifel, daß der Anblick des Himmels sich verändert, je höher ein Ballon steigt. Bei 25 000 Fuß (ca. 7600 Meter) ist das Firmament blaßgrau, bei 35 000 Fuß (ca. 10 600 Meter) dunkelblau, bei 42 000 Fuß (ca. 13 000 Meter) violett, bei 60 000 Fuß (ca. 18 200 Meter) schwarz-violett-grau und bei 68 000 Fuß (ca. 21 000 Meter) purpurn, bräunlich oder schwärzlich-grau. So wenigstens berichten es die Aufzeichnungen über das Himmelslicht, die nach dem tödlichen Absturz der russischen Ballonbesatzung unversehrt aufgefunden wurden.

Die neugierigen Augen der Physiker beobachten von der Erde aus seltsame Phänomene. Auf 45 Meilen (ca. 72 Kilometer) Höhe entdeckten sie Anzeichen eines Zwielfichtes, eine Lichtstreuung. Aber eine solche Streuung ist in einem luftleeren Raume unmöglich. Deshalb folgert man, daß sich die Atmosphäre bis zu 45 Meilen erstreckt. Welches aber ist die Natur der Luft?

Was sind das für erstaunliche Wolken, die am Nordhimmel durch die Nacht schimmern? Die Stratosphäre ist sicher wolkenlos. Dennoch sind diese geheimnisvollen Spiegelungen auf 50 Meilen (ca. 80 Kilometer) Höhe deutlich genug. Die Meteorologen gehen so weit, sie als „nachtsleuchtende Wolken“ zu bezeichnen. Aber Wolken aus was? Vielleicht Staub? Wenn ja, wie kommt der Staub dazu, sich in bestimmten Schichten einer solchen Höhe zu sammeln? Woher stammt er? Von irdischen Vulkanen? Die Physiker sind nach einer Probe gierig. Aber kein Ballon ist in der Lage, solche herunterzubringen. Nicht einmal ein unbemannter Ballon.

Weit über die feenhaften, nächtlich leuchtenden Wolken blitzen Meteore und schimmern Nordlichter. Ihre Höhe muß bei 400 Meilen (ca. 640 Kilometer) liegen. Beide Phänomene setzen eine Atmosphäre voraus. Denn die Meteore verbrennen durch bloße Reibung mit der Luft, und Nordlichter glühen gleich wie dünne Gase in einer Glasröhre, durch die ein Strom von Elektronen hindurchgeschossen wird. So muß selbst auf 400 Meilen etwas Luft vorhanden sein. Was macht die Luft erglühen? Ohne Zweifel liefert die Sonne die Elektrizität in Form von Elektronen. Aber welches ist der Mechanismus?

Die Professoren Mc Lennan und Shrum von der Torontoer Universität wirbelten Elektronen durch dünnen Sauerstoff und erhielten ein dem Nordlicht ähnliches Spektrum, vor allem eine leuchtende grüne Linie, die zur großen Verwirrung der Physiker seit Jahren beobachtet wurde. Folgt aus diesem Laboratoriumsversuch, daß hoch oben, wo die Nordlichter glühen, Sauerstoff vorhanden ist?

Schließlich gelang es Dr. Josef Kaplan von der Kalifornischen Universität in Los Angeles, das vollständige Spektrum der schwächeren Linien und Bänder des nächtlichen Himmelslichtes wiederzugeben. Ist er auf den Mechanismus gestoßen, der die uns sichtbaren Wirkungen hervorbringt? Er verwendet eine Entladungsröhre — die Neoninschriften auf den Straßen sind solche — um Spuren von Stickstoff und Sauerstoff mit Elektronen zu bombardieren. Die Energie der Elektronen wird während der Entladung von den Stickstoffmolekülen und Sauer-

stoffatomen aufgesaugt. Wenn die Elektronensperre aufgehoben wird, strahlen die Moleküle und Atome die aufgesaugte Energie in Form von Licht aus, das so ziemlich das gleiche ist wie das Licht des Nachthimmels. Es scheint, daß in den verdünnten höheren Schichten der Atmosphäre ein stetiger Strom von aus der Sonne stammenden Elektronen am Tage die Stickstoffmoleküle und Sauerstoffatome mittels eines leitenden Mechanismus erregt, so daß sie schwach glühen. Vielleicht ist das das Beste, was als Erklärung vorgebracht werden kann. Selbst ein Aufstieg von 20 Meilen (ca. 32 Kilometer) in die Stratosphäre kann möglicherweise dem Physiker helfen.

XIV

DIE ENTWICKLUNG SEIT DARWIN

Am 16. September 1835 stieg Charles Darwin vom Kriegsschiff *Beagle* auf den Chatham-Inseln des Galapagos-Archipels, ungefähr 500 Meilen (ca. 800 Kilometer) westlich von Amerika, an Land. „Bei weitem der wichtigste Augenblick meines Lebens“, schrieb er in sein Taschenbuch, „einer, der meine ganze Laufbahn bestimmt hat.“

Auf den Galapagos sah Darwin die große Wahrheit der Entwicklung sich entfalten — die innige Verbindung der Arten und Abarten in einem erhabenen Plan, der die niedrigsten Wesen, die da wachsen und kriechen und die höchste Form des zivilisierten Menschen umfaßte. Die Lehre der natürlichen Auslese mußte noch entwickelt werden, aber der Gedankengang, der dahin führte, hatte begonnen.

Die Biologie hat sich zweifellos seit der berühmten Reise des *Beagle* ausgeweitet. Sie wurde immer mehr zu einer experimentellen Wissenschaft. Das Mendelsche Vererbungsgesetz gibt eine taugliche Formulierung für Pflanzen- und Tierzüchter. Man entdeckte die Chromosomen und Gene, — die biologischen Gegenstücke zu den Molekülen und Atomen der Chemie. Mutationen (Abarten lebender Gattungen) wurden künstlich erzeugt. Zuletzt betrat der Mathematiker das Feld und beleuchtete mit einer Lichtflut die Art und Weise, in denen sich die Gattungen im Kampfe um das Dasein erhalten und wie sie überleben. Was war die Wirkung der Darwinschen Lehre? Wo steht die Theorie von der natürlichen Auslese heute?

Falls die Entwicklung eine Tatsache ist, muß etwas die Entwicklung von Tieren oder Pflanzen verursachen. Lamarck entschied sich dahin, daß man sich nach etwas im Tiere oder in der Pflanze selbst Vorhandenem umsehen müsse, und daß der Organismus einem innern Anstoß oder einer Art von Drang folgen muß. Ein Vogel begibt sich infolge neuer Notwendigkeiten oder Gelegenheiten auf das Wasser und beginnt zu paddeln. Es entsteht deshalb ein heftiges Verlangen nach Schwimmpfüßen. Nicht nur das: Das Verlangen nach Schwimmpfüßen, der Wunsch zu paddeln werden nicht nur übermittelt, sondern verstärkt. „Gebrauchsvererbung“ ist der technische Ausdruck für diesen Vorgang. Es gibt auch eine „Nichtgebrauchsvererbung“.

Darwin gelangte zu einer anderen Auffassung. Er hatte die Methoden der Züchter studiert. Er unternahm tatsächlich auf

eigene Verantwortung Versuche mit Pflanzen. Immer gab es Abarten der Eltern. Aber auch große Ähnlichkeit. Starke schwere Zugpferde stammen von starken schweren Hengsten und Stuten. Die Züchter achteten darauf und verhüteten für sie üble Paarungen. Desgleichen bei Schweinen, Rindvieh und Hunden. „Künstliche Auslese“, nannte Darwin den Vorgang. Gab es bei unerwünschten Pflanzen und Tieren in Wald und Meer ein ähnliches grausames Ausrotten? Er las Malthus: die Wahrheit flammte vor ihm auf.

Malthus brachte Beweise dafür, daß die Bevölkerungen sich rascher vermehren als die Vorräte an Lebensmitteln. Das muß zu Entbehrungen und Tod führen. Wer hungert und stirbt? Selbstverständlich der Schwache. Die Völker müssen deshalb einen Gleichgewichtspunkt erreichen. Wirkt sich in der Natur ein ähnlicher Einfluß aus? Selbst ein so langsam sich vermehrendes Tier wie der Elefant müßte die Erde überlaufen, wenn der Tod nicht Einhalt geböte. Nahrungsmittelmangel, körperliche Mängel, ein jedes von hundert ungünstigen Merkmalen kann sein Vernichten beweisen. Ungünstig für was? Für das Leben in der Wildnis. Sehr geschickt und unmerkbar wählte die Natur den Tauglichen aus. Jede Generation wurde derart erbarmungslos geprüft. Nur die richtige Abart eines Elefanten, Papageis, einer Mücke, Eiche oder des Grases vermochte zu überleben.

Der Gegensatz zwischen den Auffassungen von Lamarck und Darwin ist offensichtlich. Nach Lamarck muß ein Geschöpf wollen und sich zu entwickeln bestreben; nach Darwin muß es das tun oder untergehen. Häckel sah keine Unvereinbarkeit zwischen beiden Ansichten und widmete seine „Schöpfungsgeschichte“ sowohl Lamarck als auch Darwin. Und selbst der große Darwin nahm die „Gebrauchsvererbung“ als Teilerklärung des Entwicklungsvorganges an, wann immer es ihm paßte.

Bevor wir Darwin zu schätzen vermögen, müssen wir uns klar werden, was er unter natürlicher Auslese verstand. Er entschied sich dahin, daß neue Arten durch zufällige Veränderungen entstünden — das Erscheinen einer leichten Besonderheit, die bei den Eltern nicht vorhanden war und die spätern Generationen übermittelte wurde. Veranlaßte die natürliche Auslese die Arten abzuarten? Oder prüfte sie einfach Abarten und Besonderheiten und vernichtete jene, die nicht für die Umgebung taugten, zum Beispiel beinlose Löwen und augenlose Insekten?

Der „Ursprung der Arten“ ist eines der am klarsten über eine neue Theorie geschriebenen Bücher. Dennoch ist es schwer,

genau zu verstehen, wie Darwin sich den Ursprung der neuen Arten dachte. Die Veränderungen mußten unbedeutend sein, und sie mußten durch Zufall auftauchen. Zuweilen bezeichnete er als Abarten, was bloße körperliche Unterschiede sind, von denen man weiß, daß sie für die Entwicklung bedeutungslos sind (zum Beispiel die Erzeugung großer Trauben durch Treibhaushitze), und zuweilen glaubte er, daß Unterschiede das Ergebnis eines inneren, von Lamarck geschilderten Dranges seien. Als er erklären mußte, wie die natürliche Auslese und der Kampf um das Dasein sowohl das Untaugliche verwerfen als auch neue Arten schaffen, vermochte er nur unklar von „einem starken Grundsatz der Vererbung“ zu sprechen.

Es gibt tatsächlich keinen Beweis dafür, daß die Vernichtung des Untauglichen in der Natur etwas erzeugt. Eine Mähmaschine kann nichts für das Sprossen des neuen Grases oder die Richtung, in der es wachsen wird, oder für die Form seiner Blätter. Es gibt keinen haltbaren Beweis, daß bloßer Kampf um das Dasein einen Wechsel verursachen kann, außer wenn wir uns auf den verschrienen Lamarck berufen.

Ein Experimentalbiologe unserer Zeit kann mindestens hundert zweckdienliche Einwände gegen die Theorie von der natürlichen Auslese erheben. Dies sind die wichtigsten:

1. Einige Arten sind wohl an einem Orte, aber nicht an andern Orten ausgestorben. Warum ist das so, da kein Wechsel der Umgebung stattfand?
2. Es gibt keine Beziehungen zwischen tödlichen Faktoren (Krankheit, Wetter, Feinde) und vorteilhaften Eigenschaften. Der Tod trifft gleichermaßen den Tauglichen wie den Untauglichen. Der Naturforscher Dewar, der die auswählende Ausmerzung der Vögel in Indien studierte, kam zum Schlusse: „Von den Einzelwesen überleben eher jene, die mehr Glück haben, den Kampf um das Dasein am längsten, als die Tauglichen.“
3. Die Unterschiede, von denen man annimmt, daß sie für das Überleben in Betracht fallen, sind nicht genügend von der Art des Lebens oder Todes. Es ist unsinnig, zu behaupten, daß ein Vogel sich weigert, einen Wurm zu fressen, der vermutlich einen sehr schlechten Geschmack hinterlassen wird. Gleich steht es mit den Mimikry. Das Abweichen davon muß als nutzlos bezeichnet werden. Wenn es zu auffallend ist, überlebt es gewöhnlich nicht.
4. Die Veränderungen können im Kampf um das Dasein entweder wertlos oder schädlich sein. Warum werden sie nicht

rasch ausgerottet? Warum nahm sich die Natur die Mühe, während Millionen Jahren ungelenke Dinosaurier zu entwickeln?

5. Die natürliche Auslese sollte umkehrbar sein, wenn die Umgebung sich umkehrt. Dieses Phänomen wurde bis jetzt noch nicht beobachtet.
6. Bloß von leichten Veränderungen nimmt man an, daß sie eine wichtige Rolle in der Entwicklung spielen. Wo ist der zuverlässige Beweis, daß es so ist?
7. Die Zeit, da der Tod eintritt, ist gewöhnlich den Anhängern der natürlichen Auslese unbekannt. Die natürliche Auslese muß ihren Zoll im geeigneten Alter erheben. Aber kommt der auswählende Tod im richtigen Alter?
8. Wenn die Veränderung ein zufälliger Vorgang ist, wie Darwin annimmt, kann der Ursprung einer Veränderung keine Beziehung zu ihrer Bedeutung für das Überleben haben.
9. Die Entwicklung im Sinne Darwins umfaßt Veränderung und Überleben. Festzustellen, daß zufällige Veränderungen überleben, weil sie ausgewählt wurden, heißt bloß, daß sie überlebt haben. Die Veränderung muß erklärt werden.
10. Die natürliche Auslese setzt unausgesprochen voraus, was sie sich zu erklären festlegt: Daß fortgesetzte vererbliche Veränderung beständig in allen Richtungen vorkommt, was nicht der Fall ist.

Wir stehen genau da, wo wir waren, als Lamarck und Darwin umjubelt wurden; wir fragen uns noch immer: Wie entstand genau die unendliche Vielfalt des Lebens? Wie verwandelt sich eine Gattung in eine andere? Hier haben wir den richtigen Ausgangspunkt.

Huxley, der glühendste und geschickteste Verfechter Darwins, sagte seinem Lehrer, daß der Mangel an experimentellen Beweisen der schwächste Punkt seiner Angelegenheit sei. Und Darwin selbst schrieb einstmals an Huxley: „Wenn, wie ich annehmen muß, ewige Bedingungen kleine Wirkung erzeugen, was zum Teufel bestimmt jede besondere Veränderung?“

Wir wollen genau diese Art von Versuchen, die die Physik und Chemie zu exakten Wissenschaften gemacht haben. Nicht bevor wir Abarten ins Leben treten sehen, nicht bevor wir sie tatsächlich im Laboratorium unter Kontrolle bringen, nicht bevor wir mit unseren eigenen Augen eine Art sich aus der andern entwickeln sehen, können wir verstehen, was den Fischen des Meeres, den Vögeln in der Luft, den vierfüßigen Geschöpfen des Waldes in vergangenen geologischen Zeiträumen zustieß.

Während Darwin die Welt mit seiner Theorie von der natürlichen Auslese überraschte, nahm ein unbekannter österreichischer Mönch, Pater Gregor Mendel, Zuflucht zu dieser richtigen Methode des Experimentes. Darwin hätte vielleicht seine Ansichten geändert, hätte er von dessen Arbeit gehört.

Der Mönch züchtete süße Erbsen in einem Garten, kreuzte sie unter genauester Kontrolle und formulierte zuletzt die berühmten Mendelschen Vererbungsgesetze. Er legte seine Entdeckungen in einem Aufsatz nieder, der vor einer unbekannten Gesellschaft in Brünn im Jahre 1865 vorgelesen wurde. In den Abhandlungen dieser Körperschaft schlummerte er während fünfundvierzig Jahren bis zum Anfang dieses Jahrhunderts. Dann formulierten unabhängig voneinander und beinahe gleichzeitig de Vries in den Niederlanden, Correns in Deutschland und Tschermak in Österreich die gleichen Gesetze, nachdem sie Zuchtversuche durchgeführt hatten.

De Vries entwickelte zuerst die Entdeckung der Art und Weise, in der Veränderungen vererbt werden. Der Augenschein zeigt, daß Veränderungen — Mutationen — plötzlich zutage treten. Die unversöhnlichen Darwinianer waren verwirrt. Sie waren gelehrt worden, daß es beim Vorgang der Entwicklung nichts Plötzliches gebe. De Vries freilich sah darin nichts mit der natürlichen Auslese Unvereinbares und blieb Zeit seines Lebens ein unerschütterlicher Anhänger Darwins.

Nachdem die Wirkung des ersten Schlages überwunden und weitere Experimente durchgeführt worden waren, stellte es sich heraus, daß die Veränderungen und Mutationen rasch ausgerottet wurden, wenn sie zufällig waren. Die Natur hat für Absonderlichkeiten keine Verwendung. Nur wenig anormale Tiere und Pflanzen überleben, vermehren sich richtig und vererben die Anormalitäten. Wir stehen wieder bei Darwin. Er hatte mit seiner Feststellung recht, daß bloß die kleinen Unterschiede zählen. Aber er irrte sich, wenn er dachte, daß die Entwicklung ein fortlaufender Vorgang sei, die alle Glieder einer Generation umfasse.

Zur Zeit Darwins waren die meisten Naturforscher überzeugt, daß Nasen, Augen, Arme und Beine als solche vererbt seien, daß Kohlköpfe und Könige als ganze Sammlungen von äußeren Gestalten und Teilen vererbt würden. Nach der durch die Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze hervorgerufenen Umwälzung und den Arbeiten von de Vries, Correns, Tschermak, Bateson, Cuénot, Morgan und einer Menge anderer

dickköpfiger Tatsachenmenschen war es offensichtlich, daß der lebende Körper wie ein Haus aus gegebenen Stoffen in Übereinstimmung mit einer unsichtbaren Reihe von Plänen aufgebaut wird. Die Wechsel, die sich bei Pflanzen und Tieren zeigen, werden von dem vorgeschrieben, was sich im Ei ereignet.

Weismann, einer der unerschütterlichsten Anhänger Darwins, bezweifelte das alles. So auch Darwin, wenn wir einige seiner Definitionen über Veränderungen genau lesen. Weismann schnitt den Ratten während einer Reihe von Generationen die Schwänze ab. Aber immer kamen die Schwänze beim Nachwuchs wieder. Er führte andere Versuche durch, die zeigten, daß, wie sehr man auch ein Lebewesen verstümmelte, die Wirkung auf die nachfolgenden Generationen gleich null war. Darum predigte er die Lehre vom Keimplasma — die besagt, daß die Keimzellen oder Eier nicht das Erzeugnis des Körpers seien, in dem sie gefunden werden, sondern die Keimzellen oder Eier der vorangehenden Generation.

Weismann und andere erblickten innerhalb der Zellen Körperchen, heute als „Chromosomen“ — wörtlich „gefärbte Körper“ — bezeichnet, weil sie leicht gefärbt unter dem Mikroskop sichtbar gemacht werden können. Aber die Chromosomen sind nicht die letzten Einheiten. Innerhalb der Chromosomen liegen die wirklichen Bestimmer. Wie die Atome müssen auch die Bestimmer gefolgert werden. Man kann sie selbst mit dem stärksten Mikroskop nicht sehen. Man nennt sie Gene.

Die Eingebung des Genies bestimmte Thomas Hunt Morgan, mit der nun berühmten *Drosophila melanogaster*, einer alle neun Tage neue Generationen ausbrütenden Fruchtfliege, Versuche anzustellen. In einem einzigen Jahre konnte er fünfundzwanzig Generationen studieren, was fünfhundert Jahren menschlichen Familienlebens gleichkommt. Wenn Keimplasma beeinflußt werden könnte, müßten die Fruchtfliegen Abweichungen von den Ahnen aufweisen.

Mit einer nur durch den Ansporn der großen Idee aufrecht erhaltenen Geduld züchtete Morgan die Fliegen millionenweise und führte sorgfältig einen Gothaer Almanach über ihre Kinder und Kindeskinde. Keine menschliche Familie ist ihrer Ahnen so sicher, wie er der Vorfahren seiner Fruchtfliegen. Er und seine Schule prüften mehr als 20 Millionen Fliegen und fanden ungefähr 400 Mutanten, die sich wirklich vermehrten. Heutzutage kennt man mehr als das Doppelte solcher Mutanten.

Morgan nahm an, daß die Gene der männlichen Chromosomen genau zu den Genen der weiblichen Chromosomen paß-

ten. Deshalb liegen die Gene, die die Flügelform in einem Chromosom bestimmen, dem entsprechenden Gen im andern Chromosom gegenüber. Mit den zusammengehörenden Genen, die die Augenfarbe, die Länge der Haare und hundert andere kennzeichnende Merkmale einer Fruchtfliege, eines Vogels, einer Kuh, eines Menschen bestimmen, ist es gleich. Die Gene kreuzten von einem Chromosom zum andern; deshalb erhalten die Kinder sie von Vater und Mutter. Zuletzt wurde es offenbar, warum die Kinder so sehr den Eltern gleichen. Kreuzung und Rückkreuzung erklärten, warum die Kinder sich von ihren Großeltern unterscheiden.

Im Verlaufe dieses Vorganges können Merkmale in verschiedener Weise verbunden werden. Darum erben wir von unsern Eltern nicht Nasen und Augen, so wie man Grundstücke oder Geld erbt — was man zu Darwins Zeit glaubte —, sondern Gene. Man kann an ihrem Vorhandensein nicht zweifeln. Es muß deren 2000 bis 2500 geben, wie Perlen auf eine Schnur gezogen, jedes vom andern der Schnur verschieden, jedes spielt seine eigene Rolle in der höchst verwickelten Wirtschaft der Zelle.

Aber noch ist es nicht durch Versuche erwiesen, daß die Gene tatsächlich die Einheiten der Vererbung sind. Man begann erfindungsreiche Bemühungen zu unternehmen, um die Gene zu erschüttern — ihren Bau und ihre Ordnung zu verändern. Die Experimentatoren versuchten alles: Gewürze, Gifte, Rauschmittel, Betäubungsmittel, strahlendes Licht, äußerste Dunkelheit, Ersticken, Herumwirbeln in Zentrifugalmaschinen, mechanisches Schütteln, Verstümmelung, Erhitzen, Kälten, Hunger, Überfütterung. Vergeblich.

Dann entschloß sich Professor H. J. Muller zu den Methoden der Atomphysiker. Wenn, so überlegte er, Röntgenstrahlen ein Elektron aus einem Atom herausreißen und sich deshalb in ein so erregtes Stücklein Materie verwandeln können, daß es glüht, was ergäbe sich, wenn man es bei Genen versuchte?

Das Ergebnis war überraschend. Was tatsächlich geschah, ist noch nicht klar. Die Gene wurden entweder chemisch verändert oder aus ihren Stellungen fortgeschoben. Vielleicht beides. Anstatt 400 Mutanten unter 20 Millionen erhielt Muller 150mal so viele. Er hatte den Entwicklungsvorgang um 15 000 Prozent beschleunigt. Und was für Absonderlichkeiten! Fliegen mit hervortretenden Augen, Fliegen mit eingesunkenen Augen; Fliegen mit purpurn, weißen, grünen, braunen und gelben Augen; Fliegen mit krausem, aufgeplustertem, zerteiletem, zartem und

rauhem Haar; kahle Fliegen, Fliegen mit zusätzlichen Beinen und Fühlern oder ohne Beine und Fühler; Fliegen mit jeder erdenklichen Flügelform oder tatsächlich überhaupt keinen Flügeln; große Fliegen und kleine Fliegen; lebhafte und schwerfällige Fliegen; fruchtbare und unfruchtbare Fliegen.

Was war geschehen? „Die Wurzeln des Lebens — die Gene — waren tatsächlich getroffen worden und hatten sich gefügt“, sind Mullers Worte. Kann man nach all dem noch am Vorhandensein von Genen zweifeln?

Das Problem der Entwicklung verengt sich bis zum Gen. Wir sind nun auf dem Felsengrund des Lebens angelangt, aber noch immer nicht in der Lage zu erklären, wie neue Arten entstehen. Man hat Grund, anzunehmen, daß die Gene einfach höchst vielseitige chemische Substanzen sind. Dies verschiebt bloß die Richtung der Forschung und Vermutung. Wie kamen diese Substanzen, die Gene, zusammen? Durch Zufall oder Plan? Wenn sie bloße Chemikalien sind, wie verändern und verewigen sie sich selbst, während Eisen, Gold und andere Stoffe im Ganzen das bleiben, was sie sind?

Der nächste Schritt gilt der Ergründung der Chemie der Gene. Der Entwicklungsverlauf wird nicht klarer und solche Begriffe wie „erworbener Charakter“, „Gebrauchsvererbung“, „natürliche Auslese“, „Überleben des Tauglichen“, „Kampf um das Dasein“ werden erst dann von ihrer Geheimniskrämerei befreit sein, wenn das getah sein wird. Wir haben bloß das romanhaft übertrieben, was wir als wissenschaftliche Mode betrachteten, und dadurch, daß wir geheimnisvolle Tätigkeiten benannten, haben wir uns selbst getäuscht, weil wir glaubten, daß wir sie verstünden.

Bereits ist es klar, daß das Problem der Gene das Problem des Atoms ist. Deshalb werden der Physiker, der den Aufbau der Materie untersucht, und der Biochemiker, der die Gene studiert und sich fragt, warum sie sich chemisch verändern und deshalb neue Formen des Lebens schaffen, schlußendlich den gleichen Phänomenen gegenübergestellt. Denn das Problem des Entwicklungsvorganges ist nicht bloß das Problem des Lebens. Es ist das Problem des Kosmos selber.

XV

KANN DAS LABORATORIUM LEBEN ERZEUGEN?

Das Leben wurde einst als eine rein chemische Kundgebung der Materie betrachtet. Nun anerkennt man, daß sich Kräfte innerhalb und außerhalb der Zelle auswirken, die es ihr ermöglichen, sich in einem begrenzten Grade der Umgebung anzupassen.

Nicht ein einzelner Mensch machte diese Entdeckung. Aber trotzdem ist, wie Professor F. G. Donnan darlegte, „der Tag näher, da die Physiker imstande sein werden, Leben zu erzeugen, denn es gibt keinen Grund, warum das Leben nach physikochemischem Plane nicht durch die Erzeugung lebender Zellen geschaffen werden könnte“.

Diese gewagte Feststellung beruht zum Großteil auf einigen bemerkenswerten Untersuchungen, die Professor A. V. Hill über die chemische Rolle des Sauerstoffs in der Muskeltätigkeit machte. Er fand, daß fünfstündliche Pferdestärken bei einer Anstrengung wie Rudern erzeugt wurden. Eine Gallon (4,543 Liter) Sauerstoff schafft bei einer Ausnützung von 25 Prozent genügend Energie, um sein eigenes Gewicht von 140 Pfund um 125 Fuß (38 Meter) zu heben. Herz und Lunge können minütlich beinahe eine Gallon Sauerstoff liefern.

Die Natur hat es dem Menschen ermöglicht, sich während kurzen Zeitabschnitten durch chemische Eilvorgänge zu überlasten. Das Glykogen, die tierische Stärke des Körpers, wird in Milchsäure verwandelt — dieselbe Säure, die in saurer Milch festgestellt wird. So werden riesige Massen von Energie frei. Aber die Bildung von Milchsäure ist von Müdigkeitserscheinungen begleitet. Deshalb rastet der keuchende Ruderer. Wenn er tief Sauerstoff einatmet, befreit er sich von der Milchsäure und damit von der Müdigkeit.

Die von einem Menschen leistbare Muskularbeit hängt, wie Professor Hill es nennt, von der „Größe der Sauerstoffschuld“ ab, die gemacht werden kann. Vier oder fünf Quarts (4,543 bis 5,678 Liter) ist ungefähr die Schuldgrenze eines Athleten, und 15 Quarts (17,034 Liter) bedeuten physischen Zusammenbruch. Darüber gibt es kein Raten. Atmen des Sauerstoffs und Essen von Lebensmitteln, um sich Energien zu verschaffen, sind allen Tieren gemeinsam. Hill hat sogar den Sauerstoffverbrauch der Küchenschabe gemessen und ihre „Schuld“ bestimmt.

Das Muskelgewebe ist aus Zellen zusammengesetzt, die Sauerstoffschulden machen und wieder abbezahlen. Daher hat Don-

nan sich über Hills Arbeit geäußert: „Wenn man die lebende Zelle des Sauerstoffs oder der Nahrung beraubt, stirbt sie und zerfällt sofort in Stücke. Warum das? Was ist der Tod der Zelle? Die Atome und Moleküle sind noch immer vorhanden... Ist irgendein lebenswichtiger Antrieb unbeachtet entwichen?“

Je mehr Philosophen und Wissenschaftler vom Leben entdecken, desto klarer werden ihre Definitionen, auch wenn sie noch immer verworren sind. Sie sprachen während Jahrhunderten von „Lebenskraft“, leere Worte. „Biotische Energie“ ist nichts Besseres. Selbst der große Huxley sprach von „irgendeiner Art allen lebenden Wesen gemeinsamen Stoffes“ (eine andere Form dessen, was die Biologen als „Vitalismus“ bezeichnen) und erfüllte die Wissenschaft mit der Vorstellung, daß Protoplasma „lebendes Protein“ sei.

Daß wir nach einer unentdeckten Kraft oder Zusammensetzung suchen müssen, statt nach neuen Energieverhältnissen, ist eine Ansicht, die nicht sterben will. Professor Henry Fairfield Osborn fragte sich, ob es nicht „einige bekannte Elemente gibt, die sich bis jetzt in chemischer Analyse noch nicht verraten haben“, und was das lebensspendende Prinzip sein könnte — ein Element wie Radium, das während Zeitaltern in Felsen verborgen blieb, bis die Chemiker dessen gewahr wurden. „Vielleicht gibt es auch irgendein unbekanntes chemisches Element, dem man den hypothetischen Namen Bion geben mag, das noch seiner Entdeckung durch die Chemiker harrt. Oder eine unbekannte Quelle von Energie kann hier tätig sein.“ Wir erkennen den „Vitalismus“ und das „Lebenselixir“, obwohl sie in modernen Wortgewändern gut verkleidet sind. Der Chemiker macht mit dem Einwurf des Glaubens an ein unbekanntes Element kurzen Prozeß. Er kennt genau die Zahl der Elemente und ihre Eigenschaften.

Wir leben. Aber wer von uns kann sagen, was das Leben ist? Wir gehen, sprechen, wachsen, vermehren unsere Sippe und sterben*). Die Felsen sind uns in dieser Beziehung nicht gleich. Straßen und Häuser wurden durch Elektrizität schon lange beleuchtet, bevor die Ingenieure wußten, daß der Strom aus unzähligen Billionen von Elektronen zusammengesetzt ist. Definitionen sind deshalb im voranschreitenden Gang der Wissenschaft nicht unbedingt unentbehrlich.

Andererseits wußten die Ingenieure genau, was ein Generator ist und wie er konstruiert werden mußte, um Strom zum Er-

*) Fünftausend Jahre Forschung haben es bis jetzt noch nicht möglich gemacht, das Leben zu definieren.

leuchten der Lampen und zum Betrieb eines Straßenbahnwagens zu erzeugen. Mit andern Worten, sie wußten alles, was zum Bau eines elektrischen Generators notwendig war — sie kannten die Merkmale und die Aufgabe eines jeden Teiles. Man weiß wenig über die Generatoren des Lebens, und das ist ein Grund, warum die Wissenschaft immer noch durch die Geheimnisse des Lebens getäuscht wird. Je einfacher Tiere und Pflanzen sind, desto tiefer ist das Geheimnis. Die Funktionen des einfachsten lebenden Organismus aufzuzählen und dann darauf zu bestehen, daß eine lebendige Struktur vorhanden ist, wenn sie ihre Funktionen erfüllt, ist nutzlos.

Ein Wesen muß sich von sich aus bewegen, wenn es am Leben sein soll, sagt man. Eine Lokomotive macht das. Wenn man etwas weniger Verwickeltes nehmen will, so tropfe man etwas Chloroform auf eine erhärtete Schellackoberfläche. Der Tropfen bewegt sich wie ein Amöbe. „Oberflächenspannung“ nennt der Chemiker das. „Die Kraft, die einige Insekten befähigt, auf dem Wasser zu gehen und die bewirkt, daß sich der Regen auf einem wasserdichten Tuch in Kugeln sammelt. Vermutlich ist es dieselbe Oberflächenspannung, die die lebende Amöbe ruhelos macht.

Die Amöbe ißt, indem sie sich in einem einfachen Verfahren um ihre Mahlzeit wickelt. Leblose Materie kann nicht essen, wird behauptet. Wirklich nicht? Man bringe einen Chloroformtropfen in die Nähe eines mit Schellack überzogenen Glasparkittels. Es ereignet sich etwas Außerordentliches. Der Tropfen fließt rund um den Partikel herum, verschlingt ihn, verdaut den Schellack und dann, das Wunderbarste, spuckt tatsächlich den unverdaulichen Glasparkittel wieder aus!

Tief beeindruckt durch diese Vorstellungen der leblosen Materie erinnern wir uns, daß Tiere und Pflanzen wachsen. Die leblose Materie wächst gewiß nicht. Man werfe ein Stück Kupfersulfat in eine verdünnte Lösung von Kaliumeisencyanid. Eine braune Hülle entwickelt sich. Aufwärts wachsende Wurzelsprosslinge schießen aus. In einer halben Stunde ist die Lösung mit einer „Pflanze“ gefüllt, die sehr dem Seetang ähnelt. — Etwas ist in einem sehr wirklichen Sinn gewachsen. Das Gewicht der künstlichen Pflanze mag 150 mal größer sein als das ursprüngliche Kupfersulfat. Dutzende von anorganischen Kristallen wachsen derart und vermehren ihre Art. Wie irgendein lebendes Wesen benötigen sie aber Ergänzung der erforderlichen Nahrung. Selbst der Vorgang der Selbstteilung, wodurch eine einfache Zelle sich selber vermehrt, kann mit Lösungen aus

gewöhnlichem Tafelsalz, das einige Kohlenstoffpartikel enthält, auf einfache Weise nachgeahmt werden.

So rennt der Biochemiker die Leiter der vermutlich ausschließlichen Merkmale des Lebens hinauf, bloß um festzustellen, daß die „tote“ Materie sie ebenfalls hat, wenn auch nicht alle zur gleichen Zeit. Herbert Spencer erkannte das. Dennoch konnte er der Versuchung nicht widerstehen, das „Leben“ als „die fortwährende Anpassung der innern an die äußern Verhältnisse“ zu definieren. Das ist von einer schönen, mit Überzeugung vorgetragenen Eindringlichkeit. Wenn wir herausfinden, was der Ausdruck tatsächlich bedeutet, entdecken wir, daß der elektrische Kühler in der Küche ihm vollkommen entspricht. Der den Motor überwachende Thermostat ist immer bereit, die innern den äußern Verhältnissen anzupassen.

Nun beweist uns diese Unfähigkeit des Biologen, zu sagen, was das Leben ist, daß wir nicht sicher sein können, daß wir das Leben immer erkennen, wenn wir es sehen. Es gibt keinen scharfen Unterschied zwischen dem Organischen und dem Anorganischen, zwischen dem Lebenden und dem Nichtlebenden. Atome sind zu Molekülen verbunden und die Moleküle zu solchen ausgeklügelten Strukturen wie Salz, Rohrzucker oder Mensch. Alle Materie hat sich entwickelt und entwickelt sich noch immer vom Einfachen zum Verwickelten. Daher folgerte Professor T. C. Chamberlin, es habe eine ununterbrochene Reihe von sich entwickelnden Organismen, von der ersten mit Leben begabten Zelle bis zum Doktor der Philosophie, gegeben.

Die Natur kann immer noch geschäftig Leben schaffen und es zur Entwicklung auf Wegen veranlassen, deren wir noch nicht gewahr sind. Sie kann Reihen von Experimenten unternehmen, um zu versuchen, Leben aus der leblosen Materie zu entwickeln. Wenn es keine fossilen Dokumente dieser Versuche gibt, so darum, weil sie nie so weit gediehen.

Da die Schaffung des Lebens keine plötzliche Belebung von etwas Trägem war, sondern ein stufenweiser Vorgang des Wandels von einer Gasmasse, einem Felsen, einem Erdkloß durch eine Zwischenstufe zwischen dem Belebten und dem Unbelebten bis zu dem lebenden Schleim, den wir als Protaplasma bezeichnen, gibt es genug Biologen, die glauben, daß die Wissenschaft in der Natur nach Übergangsformen des Lebens suchen sollte.

Es kann leichter sein, etwas dem Leben Nahes künstlich zusammenzusetzen, als es als solches in einer widerlichen schlüpfri- gen Masse zu erkennen, die am Ufer eines Sees gesammelt wurde. In einem Laboratorium könnten die Bedingungen eines

Experimentes überwacht werden. Aus diesem Grunde allein sind die Bemühungen der Biochemiker, das Rätsel des Lebens durch die synthetische Erzeugung von etwas zu lösen, das physikalisch und chemisch einer reizbaren, hungrigen, ruhelosen, sich selber wieder erzeugenden Zelle gleicht, mehr als gerechtfertigt. Hand in Hand mit den Laboratoriumsversuchen, lebende Materie synthetisch zu schaffen, müssen tiefergreifende Untersuchungen der Natur gehen — die Suche nach etwas, das belebt scheint und doch nicht als vollständiges Lebewesen anerkannt werden kann.

Selbst wenn der Biologe dogmatisch versichert, daß die niedrigste Form des Lebens das Protoplasma ist, und daß jede einfache Zelle einen Kern hat, ist er nicht so genau, wie er denkt. Einst, zu einer gewissen Zeit, erklärten die Chemiker, daß das Eisen roste, weil es eine „Verwandtschaft“ mit Sauerstoff habe, was keine wissenschaftlichere Erklärung dessen war, was geschah, als wenn sie schlichter gesagt hätten: „Eisen und Sauerstoff lieben sich leidenschaftlich und können einander nicht lassen.“ Dadurch, daß man eine schleimige Masse Protoplasma nennt, die aus einzelnen lebenden Zellen zusammengesetzt ist, und daß man das dichte Innere jeder Zelle als „Kern“ bezeichnet, identifizieren wir bloß Gegenstände wissenschaftlicher Untersuchung. Wir werfen keinen Lichtstrahl auf das dunkle Geheimnis des Lebens.

„Alles Leben stammt aus dem Leben“, war während zweier Jahrhunderte die anerkannte Lehre der Wissenschaft gewesen. Dennoch gab es sicher einmal eine Zeit, da die Erde zu heiß war, um Leben zu tragen. Offensichtlich muß die Natur einmal das mit Erfolg versucht haben, was der Biochemiker heute versucht — Leben aus nicht lebendem Stoffe zu schaffen. Deshalb sind die ehrgeizigen Bestrebungen unserer wissenschaftlichen Frankensteins nicht so irrsinnig und voltigierend, wie es auf den ersten Blick scheint.

Man betrachte die einfachste Protoplasmazelle unter dem Mikroskop — ein Protozoon. Seine Vermehrung ist einfach. Die Zelle teilt sich einfach in zwei Zellen und jede neue Zelle wieder in zwei. Der Vorgang kann für immer weitergehen. „Die Zelle ist unsterblich“, erklärte vor Jahrzehnten Weismann. So scheint es. Professor L. L. Woodruff hat einen einfachen, Paramecium genannten Organismus beobachtet, wie er sich durch Selbstteilung durch 9000 Generationen in dreizehneinhalb Jahren vermehrte — was mit zweihundertfünfzigtausend Jahren menschlichen Lebens zu vergleichen ist.

Man verbinde mehrere Billionen Körper- und Keimzellen zu dem, was die Chemiker als geschlossenes System bezeichnen. Es erweist sich als menschliches Wesen. Seine Eltern taufen es Hans Müller. Eines Tages liest man in den Zeitungen, daß diesem geschlossenen System etwas Sensationelles zustieß: „Hans Müller starb in seinem Hause nach kurzer Krankheit im Alter von 64 Jahren. Stille Bestattung. Keine Blumen.“

Was geschah tatsächlich? Warum mußte er sterben, wenn er aus unsterblicher Hülle bestand? Das Beste, was wir aus der Wissenschaft herausbringen können, ist das, daß Hans Müller zu sterben begann, als er ein Kind war. Jeden Tag stieß er nutzlose Zellen und nutzlose Moleküle von sich, die er in brauchbaren Stoff und in Abfälle zersetzt hatte. Tatsächlich mußte er sterben, um leben zu können. Wenn es ihm doch gelang, das Alter von 64 Jahren zu erreichen, so darum, weil er schneller neue Zellen schuf, als er vernichtete. Der Tag kam, da ihn der Arzt als tot erklärte.

Der Arzt irrte sich natürlich. Die Zellen des menschlichen Herzens wurden wieder belebt, und das Herz wurde veranlaßt, noch achtzehn Stunden regelmäßig weiter zu schlagen, nachdem der Arzt den Totenschein unterschrieben hatte. Bei einigen niedrigen Tieren wurde dasselbe Ergebnis während Tagen nach dem „Tode“ erreicht. Hans Müller war nicht wissenschaftlich tot, bevor die letzte lebende Zelle in ihm unfähig war, sich selber zu ernähren, Energie aus etwas außer ihr Liegendem zu ziehen, und sich zu vermehren, zu zerteilen.

Die Vielfaltigkeit Hans Müllers erwies sich als sein Untergang. Der Preis dafür, Fernrohre erfinden, durch sie hindurch sehen und entdecken, daß der Mars zwei Monde hat, den Hamlet schreiben, die Neunte Symphonie komponieren und die Giocconda malen zu können, ist der Tod. Für Carrel ist das preiswert. „Die geheimnisvolle Kraft, die durch die Gehirnzellen geschaffen wird, oder die sich durch sie ausdrückt, ist schließlich das größte Wunder des Alls.“

Für Metschnikoff war hohes Alter eine Krankheit. Die Experimente von Carrel unterstützen diese Ansicht. Sein berühmtes Kükenherz ist unsterblich, bloß weil seine Zellen von jungem embryonischen Stoff genährt werden und weil die Abfälle, die es wegwirft, gewegewaschen werden. Ein altes Plasmaherzgewebe gedeiht nicht so gut. Es scheint, als ob ein alter Organismus irgendeine Substanz erzeuge, die seine Kraft untergräbt, und daß das Altern in der Tat eine Krankheit ist. Deshalb muß

das „Lebenselixir“, nach dem die Wissenschaft während manchen Jahrhunderten suchte, tatsächlich ein Jugendelixir sein.

Wenn wir den Tod verstehen, verstehen wir das Leben. Daher ist der Fall Hans Müller von höchster Bedeutung für den Biologen und den Wissenschaftler, der Leben zu schaffen sucht. Der Tod ist ein biologisches Ereignis. Wenn wir nur wüßten, was geschieht, wenn eine Zelle stirbt oder getötet wird, dann wüßten wir auch, was das Leben ist. Darum beschäftigen sich die Biologen so sehr mit dem Tode wie mit dem Leben. Sie suchen zu entdecken, warum die einzelnen Zellen Hans Müllers unsterblich sind, obwohl er als Einzelwesen stirbt. Wenn man mehr über das unsterbliche Protoplasma wüßte, könnte man vielleicht das menschliche Leben verlängern.

Durch die Verminderung der Bruttemperatur von 30 auf 10 Grad verlängerte Jacques Loeb das Leben der Fruchtfliegen um 90 Prozent. Er berechnete, daß das menschliche Leben um 1900 Jahre verlängert werden könnte, wenn er die Temperatur des menschlichen Körpers auf 7,5 Grad zu senken vermöchte. Hans Müller war ein chemischer Begriff. Sein Leben war kurz und glücklich, weil er heiß war. Menschliche Wesen sind keine Fruchtfliegen. Ihre Temperaturen können nicht schroff erhöht und gesenkt werden. Aber Loeb bewies, daß der Tod verzögert werden kann, wenn wir nur eine der Bedingungen des Lebens zu überwachen vermögen. Er machte einen großen Schritt zum Beweise hin, daß Protoplasma ein Name für einen chemischen und physikalischen Mechanismus ist — daß das Leben im niedrigen Lebewesen kontrolliert werden kann, so wie wir jede einfache chemische Reaktion zu überwachen vermögen.

Der Chemiker muß bedeutend mehr wissen, bevor eine lebende Zelle im Laboratorium geschaffen werden kann. Bis jetzt kann er das Protoplasma nicht besser definieren als das Leben. So einfach ein Protozoon unter dem Mikroskop erscheinen mag, so ist es doch nichtsdestoweniger eine Kleinwelt, die viel entwickelter ist als ein Dynamo.

Innerhalb der Zellen sind Körper von vielen verschiedenen Typen, und jeder hat eine bestimmte Aufgabe. Der Biochemiker weiß nicht, welches sie sind. Einige der Körper leben, andere nicht. Sogar die Leblosen spielen eine Rolle in dem winzigen Organismus. Was für eine? Die Antwort ist Schweigen. Der Biologe kann nicht auf einen Teil der Mikrophotographie hinweisen, die eine Zelle in mehrhundertfacher Vergrößerung zeigt, und bestimmt erklären: „Das ist der wirkliche Sitz des Lebens,

der Schrein der Schreine.“ In der Tat legt aller Augenschein dar, daß das Leben eine Eigenschaft der Zelle als Ganzes ist, eine verwickelte Zusammensetzung aus unzähligen chemischen und physikalischen Reaktionen in ein System.

Man nehme an, wir versuchen eine Zelle aufzubauen. Wir müssen dabei vor allem herausfinden, aus was eine Zelle zusammengesetzt ist. Wir analysieren das Protoplasma wie Wasser oder Stein. Bloß ist die Aufgabe sehr viel schwieriger. Was zeigt die Analyse? Sauerstoff 72 Prozent, Kohlenstoff 13,5 Prozent, Wasserstoff 9,1 Prozent, Stickstoff 2,5 Prozent. Man findet auch Spuren von Chlor, Phosphor, Schwefel, Natrium, Kalzium, Silizium, Eisen, Mangan, Jod, Magnesium und Fluor. Das Protoplasma besteht aus ziemlich denselben Stoffen wie die Erde selbst. Wir mischen alle diese Chemikalien im richtigen Verhältnis untereinander. Das Ergebnis? Das Laboratorium muß zu Kreuze kriechen. Nicht eine Spur von Leben. Nichts, das auch nur von Ferne dem Protoplasma als Organismus gleicht. Das Leben kann nicht wie ein Arztrezept zusammengestellt werden.

Ein Kolloid-Chemiker schaut mißbilligend auf diese Masse. „Eine Zelle ist ein kolloidales System“, stellt er fest. Was versteht er darunter? Ein Kristall irgendeines gewöhnlichen mineralischen Salzes geht nach seiner Auflösung durch ein dünnes tierisches Häutchen. Wäre nicht dieses Häutchen, so würde sein Inhalt, darunter mineralische Salze, sich einen Weg hindurch bahnen, als Ergebnis dessen, was man als Osmose bezeichnet. Es genügt nicht, die richtigen Elemente in den richtigen Verhältnissen zu mischen. Die Moleküle müssen auch die richtige Größe haben. Ebenso muß sich auch die Oberflächenspannung auswirken, um diese Zusammenhäufung der Moleküle innerhalb des dünnen Mäuerchens zusammenzuhalten.

Der Kolloidchemiker hat die Physik in der Chemie eingeführt. Wir müssen wieder von vorne beginnen. Dieses Mal gelingt es uns, winzige mit den richtigen chemischen Elementen in der richtigen Zusammensetzung gefüllte Zellen zu schaffen. Wir blicken durch das Mikroskop. Wir sehen Bewegung. Während eines Augenblicks scheint es, als ob diese unendlich kleinen künstlichen Organismen lebten. Dann aber erinnern wir uns an den Chloroformtropfen, der auf dem harten Schellack mit solch enttäuschender realistischer Eigenwilligkeit dahinglitt. Was wir sehen, ist sich auswirkende Oberflächenspannung, die die Zellen hierhin und dorthin treibt. Wir haben trotz allem noch kein Leben geschaffen. Wir schauen genauer hin. Da gibt es keinen Kern und keine Verteilung von Körperchen über die ganze

Masse, wie wir sie in den Protozoen beobachten. Abgesehen davon, weigert sich diese Zelle, sich zu teilen und andere ihr gleiche Zellen zu bilden.

Wir rufen einen andern Fachmann: den Gärungschemiker. „Ihr solltet etwas über Enzyme lernen, wenn ihr Frankensteins zu sein begehrt“, lautet seine verheerende Kritik. Man befragt ihn über Enzyme und stellt fest, daß das Körper sind, die die besondere Eigenschaft haben, in der lebenden Materie chemische Reaktionen hervorzurufen, ohne aber im schließlichen Erzeugnis zutage zu treten. Enzyme sind daher Katalysatoren. Wasserstoffchloridsäure kann als Katalysator wirken, denn es löst das Zuckerrohr in Glukose und Fruktuose auf. Am Schlusse wird gleichviel Wasserstoffchloridsäure vorhanden sein wie vorher, bereit, ein neues Bündel Zucker zu zersetzen.

Das gewöhnlichste Katalysator-Enzym ist die Zymase, die durch die Hefe erzeugt wird. Gerade die Zymase ermöglicht es der Hefe, schnell Zucker in Alkohol und Kohlendioxyd zu vergären. In einer Zelle bauen die Enzyme Verbindungen auf, brechen sie nieder und unterstützen so den Vorgang, den wir Leben nennen. Es gibt viele Enzyme und jedes vollbringt nur eine besondere Aufgabe. So wie ein Schlüssel nur zu einem Schloß paßt, so wirkt ein bestimmtes Enzym nur auf eine bestimmte Substanz.

Es nützt wenig, die Frankensteinschen Experimente weiterzuführen. Wir wissen nicht genug über Enzyme. Sie haben viel daran zu schaffen, die Nahrung, die eine Zelle aufnimmt, in Energie zu verwandeln. Wie ein Heizkörper oder eine Dampfmaschine arbeitet die Zelle mit Energie. Kohle ist mögliche Energie; ebenso auch die Nahrung, von der Zellen und menschliche Wesen gedeihen. Die roheste Art synthetischen Lebens, noch roher als das Protoplasma, erweist sich vielleicht als organische Zusammensetzung, die Energie von außen mit Hilfe einiger weniger Enzyme aufsaugt und Kohlendioxyd abgibt, ganz ähnlich, als ob sie ein mikroskopisch kleiner Heizofen wäre.

So überraschend die Schwierigkeiten sind, denen der Wissenschaftler gegenübersteht, der in das Geheimnis des Lebens einzudringen versucht, so sind sie doch nicht furchtbarer als jene, welche die Physikochemiker zu überwinden hatten, bevor sie zu entdecken vermochten, daß das Atom, weit davon entfernt, die kleinste stoffliche Einheit zu sein, in sich selbst aus einem Kern und äußern Elektronen zusammengesetzt ist. Röntgenstrahlen und Radioaktivität waren die Schlüssel, die zu der Formulierung der Elektronentheorie führten. Vermutlich kann

man gewisse neue Entdeckungen über das Protoplasma machen, ein ungeahntes Merkmal, das den Biologen dazu verführt, eine neue Theorie vom Leben zu schmieden. „Das Geheimnis vom Leben bleibt immer“, erklärt Professor Donnan. Man darf hinzufügen, daß das auch mit dem Geheimnis der Materie der Fall sein wird, trotz aller Beweise, die man aufhäufte, daß die Elektronen Wirklichkeiten, und daß Stoff und Elektrizität eines seien.

Das Leben ist Energie. Das Atom ist Energie. Wenn die Mathematik und die physikalische Chemie den Schleier wegziehen können, der einst das Geheimnis der Kraftquelle des Atoms verhüllte, was können sie dann nicht alles zur genauen Erklärung des Lebens leisten? Sie werden es dem Biochemiker ermöglichen, die Moleküle des Protoplasmas in ihren richtigen Verwandtschaften zu sehen, die Funktionen der Enzyme, die Oberflächenspannung und andere Kräfte, die das Leben der Zelle beherrschen, besser als heute zu verstehen, und auf dem Papier in Einzelheiten darzulegen, wie man vorgehen muß, wenn man die niedrigste Form des Zellenlebens künstlich herstellen will.

Die Unterscheidung zwischen Leben und Nichtleben ist nicht die gleiche wie früher. Man hat in der Tat vorgeschlagen, daß wir ein Atom als lebend bezeichnen sollen, wenn es erregt ist, wenn es zum Beispiel Licht ausstrahlt. So sehen wir den englischen Physiker L. L. White kühn den Plan eines künstlichen lebenden Organismus in Übereinstimmung mit der Elektronentheorie ins Auge fassen, weitgehend zum Zwecke, die Natur des Problems offen zu legen, und die Notwendigkeit, das Element der Zeit zuzubilligen.

„Kann ein unendlich weiser Physiker heute die notwendigen Chemikalien bestellen und morgen einen künstlichen Menschen darstellen“, fragte er. „Und wenn nicht, warum denn nicht?“

Er lädt uns ein, den Physiker an der Arbeit zu betrachten. In wenigen Augenblicken hat er einige einfache Moleküle aus ihren Elementen hergestellt. „Jetzt hat er das erste Kolloid vervollständigt, dessen es bedarf, und beginnt seine erste organische Synthese. Aber diese unendliche Weisheit gibt ihm nicht in einem Augenblicke die Ewigkeit, und man bemerkt, daß er nun langsamer vorangeht. Während die tatsächliche Zusammenstellung der ersten Moleküle nur den tausendsten Teil einer Sekunde in Anspruch nahm, nachdem er den Apparat fertiggestellt hatte, brauchte er für das einfachste Kolloid eine Sekunde. Das organische Kolloid nahm eine Minute in Anspruch. Es scheint, daß die Natur nicht schneller arbeitet. Sie

hat ihren eigenen Rhythmus und will nicht beschleunigt werden. Wenn wir bis zum Ende des Tages warten, dann kann unser Freund das erste Stücklein Protoplasma haben, und alle Geschicklichkeit in der Welt könnte ihn in diesem Spiel der Entwicklung nicht weiter geführt haben.

Aber schaut ihn nur an! Er rechnet hastig, als ob er gerade ein großes Geheimnis der Natur erkannt hätte und wüßte, daß er nie imstande wäre, seinen Homunkulus zu erschaffen.“ White gibt uns die Aufzeichnungen dieses imaginären Physikers über die schätzungsweise kleinsten Zeiten, die der synthetische Prozeß der Natur braucht, um die verschiedenen Entwicklungsstufen zu erreichen:

Einfache organische Verbindung	$\frac{1}{1000}$ Sekunde
Einfaches Kolloid	1 Sekunde
Protein	1 Stunde
Primitives Protoplasma	1 Monat
Einfachster einzelliger Organismus	10 Jahre
Geißeltierchen	1000 Jahre
Säugetiere, den homo sapiens eingeschlossen	1 000 000 Jahre

White benutzte die Aufstellung, um daraus die Lehre zu ziehen, daß jede chemische Reaktion, ob sie lebende oder nicht lebende Materie in sich schließt, Zeit erfordert; je größer die Zahl der Atome ist, die sich zusammen in einer besondern Anordnung niederlassen müssen, um so größer muß die zugebilligte Zeit sein. Ein im Laboratorium hergestellter Mensch ist undenkbar. Das beste, was ein Physikochemiker machen kann, ist, eine sehr niedrige Form des Lebens zu schaffen, seine Umgebung während manchen Generationen zu überwachen, und die Entwicklung ihren Gang gehen zu lassen.

Wenn jemals der Mensch im Laboratoriumsglas entwickelt werden sollte, müssen Hunderttausende von Jahren vorbeigehen. Die von White angegebenen Zeiten sind Minima. Den für die Entwicklung erforderlichen Zeitabschnitt bis zum Ende abzuwarten, ist, wenn es gut geht, eine schrullige Hoffnung. „Einzig ein Internationales Institut für Entwicklungsforschung unter einem sehr stabilen Völkerbund könnte hoffen, einen künstlichen Menschen zu schaffen, und selbst dann könnte der Mensch sich dabei wenig zuschreiben, denn die Zeit hätte mehr getan als er“, sagte White.

Das Beste, auf das wir hoffen können, ist die Erschaffung des einfachsten einzelligen Lebewesens in einem theoretischen Minimum von zehn Jahren. Aber welche Aufregung, wenn

dieses erste Stücklein belebter Eiweißmaterie sich zu bewegen, Zeichen des Lebens zu geben beginnt! Telegraf und Rundfunk werden die Neuigkeit über die ganze Welt jagen. Auf der ersten Seite jeder Zeitung wird die verblüffende Schlagzeile stehen: „Leben im Laboratorium erschaffen!“ Wie wird man dieses künstliche bißchen Leben überwachen! Kein königliches Kind würde mit mehr Hingabe umsorgt werden. Wie es die Mahlzeiten zu sich nimmt, wie sein Benehmen sein allgemeines Wohlbefinden anzeigt, wird an jedem Frühstückstisch besprochen werden. Die Chemiker werden die Brühe, in dem es lebt, untersuchen, um sich zu vergewissern, daß es nicht verhungert, und daß es nicht vergiftet wird. Und wenn es sich in zwei Zellen teilt und damit den einfachsten aller Vermehrungsgänge ausführt, dann wird es noch mehr Rundfunksendungen geben, noch mehr Schlagzeilen, noch mehr kluge wissenschaftliche Abhandlungen. Die Chemie wird ihren höchsten Triumph erreicht haben.

XVI

WARUM KÖNNEN WIR NICHT EWIG LEBEN?

Man stelle sich vor, man sei in der Jugendblüte: Nirgends Schmerzen. Man springt morgens voll berstender Energie aus dem Bett. Man springt drei Treppenfluchten hinauf, ohne außer Atem zu kommen. Man spielt drei Sätze Tennis, ohne jedes Zeichen von Müdigkeit. Warum soll es nicht auf diesem Weg für immer weitergehen? Es gibt nichts in unserm Plan, der das Gegenteil anzeigt. Nur die Erfahrung lehrt einen anders — das sichtbare Altern und den Verfall von Freunden und Verwandten, das Wissen, daß Krankheit nicht abgewehrt werden kann.

Wie Sie, haben große Philosophen und große Wissenschaftler sich gewundert, warum Unsterblichkeit unmöglich ist. Und wie Sie in der Blüte ihrer Gesundheit und Lebenskraft, haben sie sich geweigert, Krankheit und Verfall als unausweichlich hinzunehmen. Der spanische Forscher Ponce de Leon, der in Florida nach dem Brunnen der Jugend suchte, ist für sie kennzeichnend. Man schrieb eine ganze Literatur über den alten Dr. Faust, diesen wissenschaftlichen Klausner des Mittelalters, der seine Seele gegen endlose Jugend, Reichtümer und Liebe eintauschte. Tausende von Chemikern und Biologen lehnen es ab, die siebzig Jahre des Psalmisten als Höchstalter des Menschen hinzunehmen.

„Was ist das Alter“, fragen sie. Eine Krankheit, die man sich wie eine andere erwirbt, antworten einige. Der Fortschritt der Medizin, das geduldige Experimentieren mit dem Leben in seinen zehntausend Formen, die erstaunliche, im letzten halben Jahrhundert entwickelte chirurgische Geschicklichkeit — was hat das alles etwas anderes zum Ziel, als die unbegrenzte Verlängerung unserer Tage? Angesichts der neuen Fernrohre, die den äußeren Raum erforschen, der Physiker, die immer mehr über die Materie enthüllen, aus der diese Welt geschaffen ist, und die das Versprechen anbieten, die basischen Metalle in Gold zu verwandeln und ganze Städte mit der in einem Löffel voll gewöhnlichen Schmutzes enthaltenen Energie zu beleuchten, in Anbetracht der Raketenschiffe, die bereit sind, Menschen nach dem Mond zu bringen — wer wünschte da nicht, für immer zu leben? Für den Experimentalbiologen von heute ist das Leben eine Aufgabe der Physik und Chemie, ein Problem der

Abnutzung, der Krankheit und des chemischen Zerfalls. Für ihn ist ein Mensch nur eine Maschine wie das Automobil, nur viel verwickelter, und deshalb viel schwieriger zu untersuchen. Man nehme an, überlegt er, wir zerlegen diese Maschine in ihre Stücke, untersuchen jeden Teil; wir finden heraus, wie und warum sie arbeitet. Wüßten wir so nicht mehr über das, was geschieht, wenn Krankheit uns heimsucht, und deshalb mehr über die beliebige Verlängerung unserer Tage?

Der eifrigste dieser Sucher war vermutlich Dr. Alexis Carrel vom Rockefeller-Institut für medizinische Forschung in New York. Dort stand er in einem fensterlosen Laboratorium, so vollständig in ein keimfreies Kleid gehüllt, daß einzig seine Augen durch einen Schlitz in der Kapuze schauten, täglich der Unsterblichkeit gegenüber. Er bewies tatsächlich, daß das Fleisch, aus dem wir zusammengesetzt sind, unsterblich ist.

Der 17. Januar 1922 war ein geschichtlicher Tag in Carrels Leben. An diesem Tage nahm er aus dem Brutapparat ein neun Tage altes befruchtetes Ei, wusch es, machte es keimfrei, hob das ungeborene Küken heraus und legte es auf eine keimfrei gemachte Unterlage. Er schnitt geschickt das schlagende Herz heraus, schnitzelte ein bloß ein achthundertstel Inch (= 0,00806 Quadratmillimeter) großes Stück ab und übertrug es auf einen Tropfen embryonischen Kükenensaft — seine Nahrungsquelle.

Zwei Tage gingen vorüber. Das Stücklein verdoppelte sich. Carrel schnitt die Hälfte davon mit einer bloß ein zehntel Inch (= 0,254 Quadratzentimeter) großen Klinge ab. Die andere Hälfte wusch er, um sie von den tödlichen Abfällen zu befreien, und brachte sie auf einen frischen Safttropfen.

Es war irgendwie erschreckend, die Schnelligkeit festzustellen, mit der das Stücklein des Herzens des ungeborenen Kükens wuchs. Jede Zelle halbierte sich, und jede Hälfte wiederum. So vermehrten sich die Zellen durch Selbstteilung. Der Vorgang glich der Ausbreitung eines Feuers. Theoretisch wäre das ursprüngliche Bruchstücklein in einem Jahre dreizehn quadrillionenmal größer gewesen als die Sonne, hätte man es nicht regelmäßig beschnitten, gewaschen und gefüttert.

Das Stücklein Kükenherz Carrels hat seinen Zweck erfüllt. Dennoch werden möglicherweise in einem Jahrhundert die Nachkommen der ursprünglichen Techniker sich über die Kultur beugen und dieselben chirurgischen und antiseptischen Riten vollführen. Küken und Menschen kommen und gehen, Regierungen werden wanken und neue an ihre Stelle treten. Diese

kostbare lebende Flamme wird weiter brennen, solange geschulte Techniker sorgfältig für sie sorgen. Sie ist unsterblich.

Alles einzellige Leben ist unsterblich. Wenn niedrigere aufblühende, sich selbst teilende Lebewesen nicht durch ihre Feinde und durch Katastrophen, wie das Austrocknen eines Teiches oder einen Felssturz, in Schach gehalten würden, ergriffen sie von der Welt Besitz.

Alle lebenden Wesen bestehen aus Zellen — aus zahllosen Millionen von ihnen. Einige von ihnen sind Keimzellen, die in sich die Entwürfe fertiger Pflanzen, Mücken, Vögel, Hunde, Elefanten oder Menschen tragen. Wenn sie wachsen, geben sie Befehle. „Laß hier eine Hand und dort ein Gehirn wachsen“, scheinen sie zu sagen. Und an der richtigen Stelle erscheinen Hand und Gehirn und andere aus Körperzellen gebildeten Teile. Sowohl die Keim- als die Körperzellen sind unsterblich. Aber wir, die aus ihnen zusammengesetzt sind, können nicht ewig leben.

Carrel sorgte dafür, daß die Zellen, mit denen er experimentierte, die Möglichkeit hatten, ewig zu werden, indem er die Bedingungen überwachte, unter denen das Wachstum auf immer weitergehen könnte. Andere, ungestümere Experimentatoren entdeckten, daß das Leben in seinen niedrigsten Formen außerordentlich zäh ist.

Als Beispiel nehme man Paul Becquerel. Dieser französische Forscher tauchte getrocknete Sporen und Bakterien während drei Wochen in flüssige Luft und während siebzehn Stunden in flüssigen Stickstoff. Im Vergleich zu solchen äußerst kalten flüssigen Gasen ist ein Stück Eis glühendes Eisen. Dennoch waren sie zwei Jahre nach diesem Eintauchen in diese tödlichen Flüssigkeiten so lebend als je und vermehrten sich normal.

Der verstorbene Professor Jacques Loeb vollbrachte mit Fruchtfliegen einen ähnlichen Versuch. Bei 50 Grad Fahrenheit (= 10 Grad Celsius) lebten seine Fruchtfliegen 177 Tage, beinahe sechs Monate. Bei Zimmertemperaturen 54 Tage; bei 86 Grad Fahrenheit (= 30 Grad Celsius) nur drei Wochen. Heißes Leben bedeutet für ein Insekt schnelles Leben. Der Mensch ist ein warmblütiges Geschöpf; mit seiner Körperhitze gibt es kein Quacksalbern. Selbst Loeb konnte nicht anders als sich wundern, was geschähe, wenn wir Fruchtfliegen wären und wenn wir von der Geburt bis zum Tode bei einer Temperatur von 45,5 Grad Fahrenheit (= 7,5 Grad Celsius) in Kühlschränken gehalten würden. Die Antwort war, daß das menschliche Leben um 1900 Jahre verlängert werden könnte.

Wohin führen alle diese Versuche mit Zellen und Fruchtfliegen? Bloß zu der Erkenntnis, daß ein Körper, eine Sammlung von Zellen, wie ein Automobil, das ist, was die Physiker als „geschlossenes System“ bezeichnen. Hier liegt unsere Unfähigkeit, ewig zu leben. Kein geschlossenes System kann ausdauern, außer es könne sich selber überwachen, die Abnutzung aufhalten, sich selber ölen und sich selber ausbessern. Ein Automobil kann das nicht tun. Der Körper vermag es, aber er macht es unvollkommen. Wenn wir nicht ewig leben können, so gerade wegen dieser Unvollkommenheit.

Was geschähe, wenn man mit diesem geschlossenen System, Mensch genannt, quacksalbern könnte? Was, wenn wir es verlangsamen oder beschleunigen könnten, als wäre es eine Maschine? Was, wenn wir einige seiner verbrauchten Teile, wie Vergaser und Bremsklötze, entfernen und für sie Ersatz einfügen könnten?

Die Biologen haben tatsächlich die ersten Schritte zur Entwicklung der Methode getan, um Teile des Körpers auszuwechseln, so wie wir eine ausgebrannte Glühbirne aus- und eine neue einschrauben. Da es bis jetzt unmöglich ist, mit lebenden Geschöpfen Versuche anzustellen, ohne sie bei diesem Ersetzen alter Teile durch neue zu töten, haben die Wissenschaftler begonnen, Glaskörper zu erfinden, in denen die Organe am Leben bewahrt und überwacht werden können. Der weitaus erfolgreichste dieser Experimentatoren war Carrel. Innerhalb des keimfreien Glases der Pumpe, die Oberst Charles A. Lindbergh erfunden hatte, hielt er mehr als tausend Organe von zwei bis zweiunddreißig Tagen am Leben — Herzen, Lungen, Milze, Lebern, Zeugungsorgane und Drüsen.

Wenn eines Tages der Kniff, ausgebrauchte Nieren oder elende Schilddrüsen durch neue zu ersetzen, zu einem gewöhnlichen chirurgischen Eingriff wird, dann muß es ein Lagerhaus geben, von wo man diese frischen Organe bei Bedarf beziehen kann. Man stelle sich in New York, Paris oder London ein der Aufbewahrung der Organe dienendes Haus vor, so eingerichtet, daß die Bakterien ganz aus der Luft entfernt werden.

In jedem Stockwerk sind Glaskörper mit Organen — Hunderten davon. Schilddrüsen im ersten, Hornhaut von menschlichen Augen im zweiten, Geschlechtsorgane im dritten, Lungen im vierten, Blasen und Nieren im fünften Stock.

Im obersten Stockwerk ist der Überpflanzungsraum mit ultravioletttem Licht, um die wenigen Bakterien zu vernichten, denen

es gelungen ist, wissenschaftlicher Wachsamkeit zu entgehen. Dort vollbringen die Meisterchirurgen ihr Werk der Verjüngung.

Man nehme an, daß diese Überpflanzungen gelingen. Was wäre das Ergebnis? Zehn, zwanzig Jahre würden dem Leben beigelegt, die Jugend wäre verlängert, die Krankheit mehr oder weniger besiegt. — Aber keine Unsterblichkeit!

Wir stoßen zum Innersten des Problems des ewigen Lebens vor. Die Folgerungen sind klar. Wollte man den Amöben und dem Paramecium, die den Kniff des ewigen Lebens besitzen, gleich sein und durch schleimiges Wasser treiben, nur auf Berührung der Nahrung reagieren? Das Leben einer im Eisschrank überwinternden Fruchtfliege — ist das lebenswertes Leben? Wenn das zehntausendjährige Leben unser Ehrgeiz ist, sind wir dann bereit, ein Eisklumpen in einem flüssigen Gas zu werden, das so kalt ist, wie der Weltraum, unbewußt der Sterne über uns, der im Winde rauschenden Bäume, die Flamme des Lebens so klein gestellt, daß sie beinahe erlischt? Jeder vorstellbare theoretische oder praktische Weg zur Erlangung der Unsterblichkeit schließt das Opfer des Künstlers, des Patrioten, des Heiligen, des Liebenden in sich — vor allem aber ein Opfer des Geistes.

Es tagt in uns stufenweise die Erkenntnis, warum wir nicht für die Unsterblichkeit bestimmt sind. Der lange Fortschritt des organischen Lebens, das in einem bißchen Schleim seinen Anfang nahm, das sich zuerst durch Selbstteilung vermehrte und durch Austern, Schnecken, Fische, Vögel, Elefanten, Hunde weiterging und augenblicklich mit dem Menschen endigt, bedeutet etwas. Es scheint wie ein Streben nach etwas — scheint, daß die Natur schon früh bestimmt hatte, daß es keine Unsterblichkeit geben könnte, wenn es eine Entwicklung geben sollte. Unsterblichkeit bedeutet Stillstand.

Trotz des fruchtbaren Lebens der Erde gibt es nur wenige Überlebende aus den frühesten Tagen, die Protoplasmen und die einzelligen Geschöpfe, die ursprünglichen Bausteine. Bei ihren Versuchen, den Menschen zu schaffen, schuf die Natur mehr Formen des Lebens als wir heute haben.

Aber bei all diesen Versuchen mit Tieren und Menschen wurde ein Organ immer verbessert. Das Gehirn. Hier gibt es nicht Vernachlässigung oder Rückfall, wie bei Schwänzen, Blinddarm, überzähligen Augenlidern und dritten Augen (es gibt ein solches im Gehirn, die Zirbeldrüse, das nie sich entwickelte). Zuerst erscheint das Rückenmark. Dann das Kleinhirn. Und das Gehirn wird größer, besser, verwickelter, je höher man die Leiter

des Lebens hinaufsteigt. Offensichtlich war die Vernunft das Ziel. Ist der Mensch das Ende dieses Experimentes der Natur?

Man kennt die Antwort gut genug — man weiß, daß die Natur nicht bei Flossen, Flügeln und Vorderfüßen stehenblieb, sondern weiterschritt, bis sie wirklich Greifhände geschaffen hatte; daß sie nicht bei den Kiemen anhielt, sondern Lungen formte. So ist es auch mit dem Gehirn. Es gibt keinen Zweifel, daß sie einen Übermenschen mit einem Übergehirn erstrebt.

Man stelle sich vor, daß der Mensch den Weg des Dinosaurus gehen wird. In welcher Beziehung wird dann sein Nachfolger in bezug auf das Gehirn und den Geist vollkommener sein? In der Aufmerksamkeit. In der Aufmerksamkeit auf das, was „draußen“ ist, wenn er die Sterne, die Meere, das wogende Gras betrachtet und in dem, wem seine Liebe und sein Haß gelten.

Hier spricht Einstein zum Beispiel von der vierten Dimension. Die Fachleute geben zu, daß ohne sie einige Vorgänge im riesigen Weltraum nicht zufriedenstellend erklärt werden können. Aber unsere Gehirne und unser Geist vermögen sie nicht besser zu erfassen, als ein Fisch sich vorstellen kann, was sich hinter dem Felsen befindet, um den er herumgleitet. Wenn Einstein recht hat, wird der Nachfolger des Menschen dieser vierten Dimension wegen seines bessern Gehirns gewahr werden.

Zusammen mit unserm Gehirn erhielten wir die wundervolle Gabe des Denkens, Sprechens und den Gebrauch der Hand, um Werkzeuge zu packen. Wenn wir überleben, wird unser Nachfolger uns studieren und ob unseres Geplauders staunen. Er wird nicht mit einem Freunde sprechen, sondern bloß an ihn denken, ungeachtet der trennenden Entfernungen. Beliebig kontrollierte Telepathie? Genau das. Einige von den Untergebenen des Professors J. B. Rhine von der Duke University haben mit solcher Genauigkeit die Bilder ungesehener Ansichtskarten in einem durcheinander gemischten Pack benannt, daß glückliches Erraten als Erklärung außer Betracht fällt. Es gab Zeiten, da man den Hypnotiseur verhöhnte. Wir sind plumpe Gedankenleser und Hellseher wegen unserer unentwickelten Gehirne.

So ist es auch mit den seltsamen Vorahnungen von Unglück, die einige Menschen an Land zu bleiben veranlaßten, obwohl sie bereits ihre Fahrkarten für die unheilvolle Titanic gekauft hatten; mit den Winken, denen wir folgen, im Gegensatz zur Logik einer Lage, und die sich so oft als richtig erweisen; dem zweiten Gesicht, mit dem Mystiker und Künstler begabt scheinen. Vermutlich müssen diese Fähigkeiten, so wie sie sind, mit dem Denken eines Hundes auf unserer Stufe der Entwicklung

verglichen werden. Ein großer Komponist wie Beethoven überlegt sich nicht lange eine Symphonie, außer den Wert der Noten und die musikalische Form. Er „bekommt“ die Musik, erfährt sie unmittelbar. Eine Fähigkeit wie diese, noch ungefügt, noch wenigen nur gegeben, ist der Anfang einer neuen Annäherung an das Geheimnis des Weltalls, aber ein Anfang, der ohne ein neues Gehirn nicht weiter entwickelt werden kann.

Aber wenn dieser Übermensch kommen soll, muß er durch uns hindurchgehen, so wie wir durch alles Leben hindurchgingen, das uns in jenem Sinne voranging, daß es geschaffen werden mußte, bevor wir im Verlaufe der Entwicklung erscheinen konnten. Der denkende Mensch wäre nie aus einer unsterblichen und deshalb stillstehenden Affenart oder was immer es war, entstanden. Warum können wir nicht ewig leben? Weil die Natur den Übermenschen erstrebt. Und der Übermensch muß aus dem sterblichen Menschen entstehen.

GEHIRNWELLEN

Sie legten ihn auf eine mit Rädern versehene Bahre und rollten ihn einen Gang des Krankenhauses entlang, bis sie zu einer Tür kamen, die die Inschrift „Elektroenkephalographie“ trug. Ein seltsames Wort, dachte er. Ein wenig von all dem vergessenen Griechisch und Latein tauchte auf. „Elektro“ war leicht. „Graph“ bedeutete Schreiben oder Aufzeichnen. „Enkephalon“? Ach ja, das bedeutete: Was im Kopfe ist, mit andern Worten, das Gehirn. „Elektrisches Aufzeichnen des Gehirnes“. Das also bedeutete „Elektroenkephalographie“. Sein Kopfweh, seine Krämpfe, die ihn so oft ohne jede Warnung zu einer sich windenden, klagenden bewußtlosen Masse machten, seine gelegentliche üble Angewohnheit, während Minuten geradeaus zu starren und die Freunde nicht zu erkennen — er wußte, daß das alles mit irgendeiner Unordnung in seinem Gehirn zu tun hatte. Und nun mußte das Gehirn etwas aufschreiben — vielleicht etwas, das Auskunft gab, was mit ihm nicht in Ordnung war.

Das Laboratorium hinter der Türe war ein weißgekachelter Raum, so unverpflichtend, wie Krankenhausräume gewöhnlich sind. In der Ecke stand ein Käfig aus Kupfermaschen, der an ein Moskitonetz erinnerte, aber viel derber war. Da drinnen war ein Bett. In der Mitte des Laboratoriums waren einige schwarze Kisten mit Kontrollknöpfen wie beim Rundfunkapparat, aber viel zahlreicher. Aus einer der schwarzen Kisten ragten sechs tintengefüllte Federn heraus, die auf einem Band Papier ruhten, zehnmal so breit wie ein Telegrafestreifen.

Sie brachten ihn in das Bett im Käfig. Eine Schwester tupfte ein wenig Azeton auf fünf Stellen seiner Kopfhaut und in ein Ohr. Die Wahl der betupften Stellen war nicht Zufall. Sie gehorchte einem Plan. Das Betupfen mit Azeton bezweckte, das Öl in Haut und Haaren zu entfernen. Nachher befestigte sie mit Kollodium sechs kleine Silberscheiben auf die gereinigten Stellen. Dünne Drähte liefen wie zarte Fühlhörner von den Scheiben weg. Diese gab sie einem weißgekleideten Manne, der beim „Gehirnschreiber“ stand, beim „Elektroenkephalographen“, der so sehr einem Rundfunkempfänger glich. Er verband sie mit den richtigen Enden.

„Entspannen“, befahl die Schwester dem sich wundernden Kranken im Bett. Er entspannte sich. Sie sprach mit ihm — über das Wetter, den Krieg, die Fußballtore. Sie machte das,

damit er sich wohl fühle. Während er so dalag, mit sechs langen Drähten, die von seinem Kopfe zu einem seltsamen Instrument hinliefen, mußte er beruhigt werden. „Es geschieht Ihnen nichts“, erklärte sie. „Es tut nicht weh. Sie werden überhaupt nichts spüren. Wir machen bloß eine Aufzeichnung. Nun schließen Sie die Augen. Sprechen Sie nicht, denken Sie an nichts, bewegen Sie sich nicht.“

Der Mann in Weiß an der Maschine beobachtete ihn durch eine Glasscheibe und drehte die Knöpfe. Der Papierstreifen begann sich zu bewegen, und die sechs Federn zogen seltsame Wellenlinien. Einmal hob der Kranke den Arm, einmal hustete er. „Bewegen Sie sich nicht“, warnte die Schwester. Als er den Arm hob, und als er hustete, veränderten die Wellenlinien vollständig ihr Aussehen. „Künstlich“, schrieb sie in Kurzschrift auf den Streifen des sich bewegenden Papiers. Es war eigentlich unnötig, so falsche Noten in einer Melodie zu vermerken, aber es erleichterte die folgenden Ausdeutungen.

Die Federn schrieben sozusagen pausenlos während einer halben Stunde, während der Kranke auf dem Rücken in seinem Bett lag. Dann wurde er wieder weggerollt. Der Mann in Weiß sammelte etliche Meter Papier ein, faltete es sorgfältig, adressierte es an einen leitenden Arzt und legte es zur Beförderung und Ausdeutung in einen Korb.

Was sagten die sechs Wellenlinien? Im skizzierten Falle, der aus den Akten eines ausgezeichneten Gehirnnchirurgen stammt, zeigten sie den Ursprung epileptischer Anfälle an, in andern den Ort von Gehirntumoren, großen Blutklumpen und Verletzungen.

Man betrachte einen Kranken, wenn er, elektrisch mit einer Schreibmaschine verbunden, daliegt, und die Bedeutung dieser neuen Methode der Gehirnforschung dämmert einem auf. Die Maschine und die von ihr zum Schädel laufenden Drähte — was sind sie anders als ein künstliches Nervensystem? Das Gehirn kann den Fingern zu schreiben befehlen: „Vater kommt morgen“, aber es kann sie nicht beauftragen, seine eigene Tätigkeit zu beschreiben. Man muß ihm besondere Finger geben, damit es über sich selber schreiben kann. Die Maschine und die von ihr zum Schädel laufenden Drähte sind eine Ausweitung des zentralen Nervensystems des Körpers, gerade so wie Mikroskop oder Fernrohr Ausweitungen des Auges oder Brecheisen Verlängerungen des Armes sind.

Die Bedeutung dieses künstlichen Nervensystems und der künstlichen Finger, die Befehle des Gehirns niederschreiben,

liegt in der überraschenden Natur ihrer Enthüllungen. Theorien über die Art des Handelns des Gehirns, die man lange Zeit als Gewißeheiten annahm, erweisen sich als ebensoviel Dichtung. Ganze Kapitel in hervorragenden Lehrbüchern über Psychologie, Physiologie und Neurologie müssen verabschiedet werden. Man hat die überraschende Entdeckung gemacht, daß das Gehirn elektrisch ausschlägt, drahtlos ausschlägt, so lange wir leben ausschlägt, und daß seine elektrischen Schläge vollständig verschieden sind, wenn es gesund oder verletzt oder erkrankt ist. Die Hoffnung steigt auf, daß manche Krankheit, die ihre Opfer in das Irrenhaus schickt oder mit dem Tode endet, entdeckt und erfolgreich behandelt werden kann, lange bevor sie sich äußerlich bemerkbar macht.

Während Jahrzehnten hat man das Gehirn mit einem lebenden Schaltbrett verglichen, viel verwickelter und verwirrender als eine Telephonzentrale. Man sah ein Mädchen sich einem nähern. Das Auge gab einen Eindruck auf einem Wege an das Gehirn weiter; das Gehirn sandte eine Botschaft auf einem andern zurück und sagte dem Auge, daß es Mary Schmid erblickte. Daraufhin gab ein anderer Teil des Gehirnes der rechten Hand und dem rechten Arm den Befehl, den Hut zu lüften, und wieder andere Teile befahlen den Lippen und der Zunge zu sagen: „Guten Tag, Mary!“

Diese Auffassung der Art und Weise, wie das Gehirn und das Nervensystem arbeiten, taugt noch immer. Das Zentralnervensystem, von dem das Gehirn ein lebenswichtiger Teil ist, ist zweifellos einer verwickelten Telephonzentrale sehr ähnlich, und es ist sehr wahrscheinlich, daß Gruppen von Gehirnwellen miteinander verbunden oder voneinander getrennt werden, um Nachrichten hierhin und dorthin zu funken, so wie ein Fräulein vom Telefonschaltschrank Verbindungen herstellt, so daß jemand in New York mit jemand anderem in Chicago sprechen kann. Aber die Theorie war falsch, die besagte, daß die verschiedenen Teile des Gehirns in Untätigkeit versanken, nachdem sie die besondern Muskeln mit dem beauftragt hatten, was sie auszuführen hatten, als man das Mädchen erblickte, das sich als Mary Schmid erwies. Das Gehirn ist nicht nur ein Schaltbrett. Es ist ein Kraftwerk, das Elektrizität erzeugt, solange Leben da ist. So gut wir in einem elektrischen Sinne von einem „Lebensdraht“ sprechen, so können wir von dem elektrisch „lebenden Gehirn“ reden. Um das zu beweisen, hat man das Gehirn eines Frosches entfernt, es lebend in einer Salzlösung aufbewahrt und durch Drähte mit einem Schreiber verbunden. Die

Wellen, die das eingepökelte Gehirn aussandte, waren genau die gleichen wie jene, die aus dem lebenden Herzen des Frosches kamen.

Wer erfand den Gehirnschreiber? Der verstorbene Hans Berger, der Leiter des psychiatrischen Institutes der deutschen Universität Jena, der von seiner Stelle durch die Nazis entfernt wurde, weil er tief davon überzeugt war, daß das demokratische Recht der Wissenschaft, der Wahrheit nachzuspüren, sich über jede Parteiideologie erhebt. Seine Geschichte weist alle Erfordernisse des Romans auf. Da ist das übliche Brennen der Vorstellungskraft eines seltenen Menschen, die rastlose Verfolgung einer Theorie, die Selbstbefriedigung, wenn die Theorie sich als richtig erweist, die Vorträge vor den wissenschaftlichen Gesellschaften, um die Theorie und den Beweis darzulegen, die Ungläubigkeit und die Gegnerschaft, die immer neuen Gedanken gegenüber treten müssen, der endliche Triumph der Ursprünglichkeit und des kühnen Denkens über Schulfuchseriei und Überlieferung.

Berger begann schon im Jahre 1902 mit Gehirnen in ungeöffneten Schädeln — mit Hundeschädeln zu experimentieren. Empfindliche Galvanometer mußten beschafft werden, die bei den leichtesten elektrischen Strömen ausschlugen. Berger wollte mit ihrer Hilfe herausfinden, ob das Gehirn wirklich elektrisch geladen sei. Er glaubte nicht daran, trotz einigen von andern gesammelter Beweise. Seine erste Arbeit veranlaßte ihn, seine Ansichten zu ändern. Aber bevor weiterer Fortschritt möglich war, benötigte er ein neues technisches Hilfsmittel. Er fand es in der Elektronenröhre, die rasch für Rundfunksendungen eingeführt wurde. Diese Elektronenröhre ist eine der bemerkenswertesten Erfindungen aller Zeiten. Als Verstärker unmerkbarer Kräfte vermag sie das Gehen einer Fliege so laut zu machen wie das Galoppieren eines berittenen Aufzuges, das Nagen eines Wurmes im Apfel wie das Knirschen eines Steinbohrers.

Wie, wenn man diesen Verstärker zur Untersuchung des Gehirnes auf elektrische Wirkungen verwendete? Man hatte festgestellt, daß die Muskeln elektrisch pulsierten. Man wußte seit einem halben Jahrhundert, daß ein während eines chirurgischen Eingriffes offen daliegendes Gehirn den Zeiger eines empfindlichen elektrischen Instrumentes zum Ausschlagen bringen konnte. Man hatte jeden Grund, anzunehmen, daß das Gehirn elektrisch „lebte“. Was sind überdies die Nerven, die vom Gehirn zum Auge, zum Ohr, zum Finger, zu einer Zehe führen, anderes als fadenähnliche Verlängerungen des Gehirnes? Man

brauchte etwas, um die unmerklichen Ströme, die durch das Gehirn fließen, zu verstärken. Dabei kam Berger der Gedanke, daß die luftleere Röhre für die elektrischen Ströme das sei, was das Mikroskop für Bakterien, die das unbewaffnete Auge nicht erblicken könnte. Dann kam der Krieg von 1914/18, und er mußte an Granatkoller Leidende behandeln und ihnen das Leben erträglich machen.

Als der Friedensvertrag unterzeichnet war, begann Berger sein Werk von neuem. Das war im Jahre 1924. Um diese Zeit hatte der Rundfunk einen gewaltigen Auftrieb erhalten. Die Amerikaner telephonierten über den Ozean. Es gab Dutzende von Abarten luftleerer Röhren, während es früher nur einige wenige gegeben hatte. Verstärkungen um das Hundertmillionenfache waren möglich. Berger bestellte eine neue elektrische Schreibmaschine. Sie hatte einige Merkmale eines Rundfunkgerätes. Im Innern installierte er eine Reihe von luftleeren Röhren und verband sie mit einem elektrischen Aufzeichner. Diese bezogen ihre Energie von einer Batterie oder dem elektrischen Lichtstrom; das Gehirn mußte ihnen sagen, was sie aufzuschreiben hatten.

Berger verband seine Schreibmaschine mit Leuten, die schliefen oder wachten, betrunken und betäubt waren, empfindlos gemacht oder hypnotisiert, ruhig oder aufgeregt. Einige dieser Leute waren neugeborene Säuglinge, einige Männer und Frauen in den letzten Stufen des Greisentums, einige junge Studenten, andere Schriftsteller und Künstler, wieder andere Handarbeiter und Bauern. Von jedem Kopfe strömten Wellen. Es gab Wellen, die in fast endlosen Zügen ausströmten, Wellen, die abbrachen und dann wieder begannen, Wellensägezähne und Dornen, Wellen rund wie Hügel, und Wellen wie die Wogen eines sturmgepeitschten Ozeans. Es war klar, daß die Gehirne, von denen diese Wellen kamen, etwas sagen wollten. Aber was? Man mußte eine neue Sprache lernen. Chiffre-Botschaften mußten entziffert werden. Schließlich fand man die Bedeutung in der Schnelligkeit, der Höhe und der Form der Wellen.

Im Jahre 1929 glaubte Berger, dafür genug Tatsachenmaterial gesammelt zu haben. Er wollte vor medizinischen Gesellschaften sprechen und Aufsätze in medizinischen Zeitschriften veröffentlichen. Eine neue Kunst war geboren worden. Zum erstenmal in der Geschichte war es möglich, das lebende Gehirn zu untersuchen, ohne den Schädel durchbohren zu müssen. Gehirne von Leichen, zu was anderem taugten sie, als um den Aufbau zu enthüllen? Das Wichtigste war, herauszufinden, was das Gehirn

macht, wenn wir betrunken oder nüchtern sind, verrückt oder normal, schlafen oder wachen. Er fand es heraus. So stand er auf und sprach. Er setzte sich hin und schrieb. Er erwartete einige gesunde Zweifel, denen zu begegnen er vorbereitet war, aber nicht den Sturzbach der höflichen Lächerlichkeit, der auf ihn einströmte.

Deutsche Wissenschaftler sind in ihren Meinungsverschiedenheiten ungeschliffener als französische, englische oder amerikanische Widersacher. Berger dachte an Koch. Stieg nicht Pettenkofer auf das Podium, während Koch über Cholera sprach, und verschlang er nicht eine ganze Röhre voll Keime, um seine äußerste Verachtung für die Theorie von Krankheitskeimen zu beweisen? Und stampfte nicht der große Virchow entrüstet aus dem Raume, als Koch eine Vorlesung über den Tuberkelbazillus als die Ursache dessen hielt, was man „Auszehrung“ nannte?

Die Erfahrung Bergers war die Erfahrung Kochs. „Jeder Muskel erzeugt Wellen wie die Ihren“, war die häufigste Erklärung. „Die Kopfhaut ist eine Muskel. Die Gehirnwellen sind einfach Kopfhautwellen.“ Es gab elektrische Herzwellen, die wie seine Gehirnwellen aussahen, aber es gibt auch Herzwellen, die wie Muskelwellen aussehen, gab Berger zurück. Warum sollten die Gehirnwellen nicht einigen Muskel- und Herzwellen gleichen? Abgesehen davon, kamen Arten von Wellen aus dem Gehirn, die noch niemand vorher gesehen hatte. Berger verwies auf sie. „Jede Maschine hat ihren innern Rhythmus, ihr Pochen und ihre Abneigungen“, war die Antwort. „Sie haben einfach jene ihrer aufzeichnenden Instrumente verstärkt und halten sie für Gehirnwellen.“ Während mehrerer Jahre redete und schrieb Berger. Niemand in Deutschland achtete viel auf ihn.

Es brauchte einen hervorragenden Wissenschaftler, um sich darüber klar zu werden, daß etwas an Bergers Gehirnwellen sein mochte. Es war der Nobelpreisträger E. D. Adrian von Cambridge, England, einer der großen Neurologen unserer Zeit. Viel von dem, was wir über die Wege wissen, wie die Nerven Sinnesempfindungen von und nach dem Gehirn leiten, hatte er mittels luftleerer Röhren entdeckt. —

Adrian benutzte ein ähnliches Instrument wie Berger und traf jede Vorsorge, um es am Lügen zu verhindern. Denn Maschinen können lügen. Je empfindlicher sie sind, desto eher lügen sie. Das wissenschaftliche Wort für dieses Lügen ist „Interferenz“. Der Hauptschutz Adrians gegen die Interferenz war ein käfigähnlicher Kupferschirm, hinter dem der zu Beobachtende lag. Er schützte den Gehirnschreiber vor täuschen-

den Strahlen, die ausgesandt wurden von der Beleuchtung, vom Magnetzünder eines Taxameters an der Ecke, den Röntgenapparaten des Spitals, in dem er arbeitete, den Blitzen der elektrischen Reklamezeichen, den Bögen von nahen fehlerhaften elektrischen Motoren. Ja, die Gehirnstöße waren vorhanden. Die Maschine zeichnete sie photographisch in Form von Wellen auf einen sich bewegenden Filmstreifen oder schrieb sie mit Tinte auf Papier.

Adrian arbeitete mit dem Eifer eines Missionars. Dieser Berger und seine Entdeckung mußten der Welt bekanntgemacht werden. So hielt Adrian Vorträge und schrieb auf eigene Rechnung. Sein machtvoller Einfluß änderte den Gezeitenstrom. Um es besonders herauszustreichen, daß das Gehirn ein schwingendes Kraftwerk ist, ersetzte Adrian die Federn zuweilen durch einen Lautsprecher. Die elektrischen Schläge des Gehirnes wurden vernommen wie explosives Spucken und Poltern, das sich statisch anhörte. Bei einer dieser Gelegenheiten fing dieses abgewandelte Rundfunkgerät — das ist im Grunde der Gehirnschreiber — die Wellen eines Rundfunksenders auf, die durch das Gehirn der auf der Bühne befindlichen Person hindurchgegangen waren. Aus dem Lautsprecher klang „God save the King“. Die aus Ärzten bestehende Zuhörerschaft erhob sich patriotisch, stand in Stellung da, und nachdem die letzte Note verklungen war, setzte sie sich wieder nieder und lauschte dem Loblied auf Berger und der Verkündung einer neuen Zeit in der Erforschung des Gehirnes.

Berger entdeckte im Irrgarten der elektrischen Gehirnrhythmen einen, der grundlegend zu sein schien. Er nannte ihn „Alpha“. Er machte sich auf dem Papier als eine Reihe von Wellen bemerkbar, von denen ungefähr zehn in der Sekunde erscheinen. Wir können diesen Rhythmus mit dem des Herzens vergleichen. Wenn wir laufen, schlägt das Herz schneller, um nachher zu seinem gewöhnlichen Gang zurückzukehren. So ist es auch mit dem Gehirn. Man liege auf dem Rücken, schließe die Augen, schalte die Gedanken möglichst aus, und man sendet die Alphas scharenweise, etwa zehn in der Sekunde auf das Papier. Man öffne die Augen und gebe dem Gehirn Arbeit durch Umherschauen und durch Deuten dessen, was die Augen sehen, und die Alphas werden weggewischt durch das, was Berger als „Beta-Wellen“ bezeichnet, die ungefähr zu 25 in einer Sekunde erscheinen.

Der Schlag des Herzens ist gleichmäßiger als der des Gehirnes. Der Grund liegt darin, daß das Herz nur dann heftig an-

getrieben wird, wenn wir uns körperlich anstrengen. Aber das Gehirn? Das ist immer tätig, wenn wir wachen, und selbst wenn wir schlafen. Anblicke, Töne, Bewegungen zerstören das Alpha-Muster. Ein Seufzer genügt. Auch das Zuknallen einer Türe. Man multipliziere im Kopfe 35 mit 72 und die Alphas machen andern Wellen Platz. Tatsächlich gibt die Aufzeichnung auf die Sekunde genau an, wie lange man mit dem Kopfrechnen beschäftigt war. Wenn man sich an das Zuknallen der Türen und an das Aufblitzen von Licht gewöhnt hat, und die Alphas wieder friedlich bei geschlossenen Augen dahinströmen, wird der Tritt eines Fußes oder das Rascheln einer Zeitung einen aufregen und die Aufzeichnungen verderben.

Unsere Alphas — sie mögen lange dahinwogen — unterscheiden sich ebenso wie unsere Gesichter oder Stimmen. Die leichtlebigen, passiven Menschen, die nur unter Widerspruch arbeiten, und die an ihren Müttern oder andern Frauen hängen, haben starke, reiche Alphas. Die Rackerer, die lieber arbeiten als essen, die alle Verkaufsrekorde schlagen wollen, die auf den Mount Everest klettern müssen und die die Beute internationaler Gewalten sind, haben schwache Alphas. Wir erwarten dieses Verhältnis der Alphawellen zur Persönlichkeit. Wenn wir zerschlagen und schlafbereit zu Bette gehen und deshalb am wenigsten an den Verkauf von Staubsaugern oder an die Verbesserung der Welt denken, sind unsere Alphas am stärksten. Geborne Müßiggänger, die handeln, als ob sie jederzeit schlafen könnten, haben ebenfalls gute Alphawellen.

Um herauszufinden, was mit den Alphawellen geschieht, wenn wir schlafen gehen, haben Dr. A. L. Loomis, Dr. G. A. Hobart, Dr. E. Newton Harvey und Dr. Hallowell Davis einen Hans Meier in einen Kupferschirmkäfig gesetzt, befahlen ihm, sich niederzulegen, und gaben ihm einen Gummiball. „Drücke einmal auf den Ball, wenn du das Gefühl hast, für einen Augenblick einzuduseln, und zweimal, wenn du fühlst, daß du nach einem richtigen Schlaf aufwachst“, wurde ihm befohlen. Ein elektrischer Fächer wurde angelassen, damit er eintönig und beruhigend summe und die Laboratoriumsgeräusche übertöne.

Bald wurde Hans Meier schläfrig. Seine Alphas rieselten hinweg, kamen wieder und rieselten wieder fort. Nach der ersten fünf Sekunden langen Lücke gab er das Zeichen: „Ich schlummere ein.“ Selbstverständlich kamen seine Alphas für ungefähr eine Sekunde zurück, bevor er auf den Ball drückte. Dann tröpfelten sie wieder hinweg. Zuletzt verschwanden sie

vollständig. Schließlich traten langsame Wellen, Deltas genannt, an ihre Stelle. Hans Meier war eingeschlafen.

Die Aufzeichnungen hätten fast gleich ausgesehen, wenn Hans Meier in einem Boxkampf knock out gegangen, chloroformiert, erstickt, ohnmächtig geworden wäre, oder zuviel Whiskys mit Soda getrunken hätte. Darum würde ein vorsichtiger Neurologe, wenn er Hans Meiers Aufzeichnungen sähe, nicht sagen: „Er schlief ein.“ „Das sind die Wellen der Bewußtlosigkeit“, ist alles, was er äußern würde, außer wenn er tatsächlich selber Hans Meiers Aufzeichnungen unter von ihm überwachten Bedingungen gemacht hätte.

Wenn man sechs Scheiben an der Kopfhaut befestigt, und wenn sechs Drähte von ihnen zu der Schreibmaschine führen, wird es möglich, festzuhalten, was die verschiedenen Gegenden des Gehirnes zu einer bestimmten Zeit tun. Die graue Gehirnschicht, unser denkender Teil, schläft nicht als Einheit ein, wie uns die Bücher lehren. Normale Alphas können von einem Teil des Gehirnes ausströmen und langsame und schnelle Wellen von einem andern. Hans Meier kann unter diesen Umständen in seinem Kupferkäfig schnarchen, dennoch wird ein einziger Teil seines Gehirnes schlafen. Die meisten der verschiedenen angenommenen Theorien des Schlafes müssen überprüft werden.

Bei einer Prüfung wurde Hans Meier gesagt, daß er alle dreißig Sekunden einen Ton hören würde. Die Aufzeichnung ließ keinen Zweifel darüber, daß er eingeschlafen war. Dennoch begann sein Gehirn zweieinhalb Sekunden, bevor der Ton erklang, im Vorgefühl Wellen auszusenden. Hans Meier schlief wieder ein, um die Vorstellung zu wiederholen. Bedeutet das, daß wir einen unbewußten Zeitsinn haben?

Was geschieht in der Trance? „Du schläfst“, sagten Dr. Loomis und seine Kollegen zu einer hypnotisierten Person. Aber die vom Gehirnschreiber aufgezeichneten Wellen waren nicht die eines wirklichen Schlafes. Die Augen des Hypnotisierten blieben ständig ein wenig geöffnet. „Du kannst nicht sehen.“ Die Alphawellen erschienen, als ob seine Augen geschlossen wären. „Du kannst wieder sehen.“ Die Alphas verschwanden sofort. Der Versuch wurde sechzehnmal wiederholt, und sechzehnmal zeigte die Aufzeichnung einen Wechsel im Rhythmus, der genau jenem gleicht, wenn ein normaler Mensch die Augen schließt oder öffnet. Was geschieht mit der hypnotisierten Person? Augenscheinlich werden Ströme im Schaltbrett des Gehirnes getrennt oder durch die Suggestion aufgehalten — die

eigentlichen Ströme, die von Nervenbotschaften vom Auge zum Gehirn gefolgt werden.

„Du fühlst nichts“, sagte Dr. Loomis und stieß eine Nadel in den Arm eines Hypnotisierten. Kein Schrei, kein Schmerz. Aber die Alphas wurden für einige Sekunden aufgehalten. Offensichtlich kann der Geist betrogen werden, nicht aber das Gehirn.

Nicht lange vorher entdeckten die erfahrenen Entzifferer der Gehirnschrift in den Wellen Absonderlichkeiten, die mit Tumoren und Zysten verbunden werden konnten. Die anormalen Wellen kamen nicht vom Gewächs, sondern von der umgebenden Gehirnschicht. „Ein Tumor auf dem linken Stirnlappen“, erklärt ein Chirurg wie Dr. Wilder Penfield von der McGill University in Montreal, wenn er Wellenaufzeichnungen untersucht hat. Warum weiß er das? Jede Feder zeichnet das auf, was vom Gehirn durch die entsprechende kleine, an einem besondern Teil der Kopfhaut befestigten Scheibe telegraphiert worden war. Normale Gehirne senden normale Wellen — normal in Form, Höhe und Schnelligkeit. Ein geschickter Deuter der Wellen bemerkt die leichteste Abweichung vom normalen Rhythmus und zieht seine Schlüsse.

Die Entdeckung von Gewächsen durch den Gehirnschreiber ist begrenzt. Die auf dem sich bewegenden Papierstreifen erscheinenden Wellen stammen von der „Rinde“ oder der dünnen Schutzdecke des Gehirnes — was die Ärzte als Cortex und wir von der Straße als „graue Substanz“ bezeichnen. Einige Tumore können sehr tief liegen; diese müssen auf anderen Wegen entdeckt werden.

Bei der Diagnose der Fallsucht zeichnet sich der Gehirnschreiber vor allem aus. Für die meisten von uns bedeutet Epilepsie quälende Krämpfe oder „Anfälle“, die mit Bewußtlosigkeit enden. Diese besondere Form ist das „Große Übel“ der Neurologen. Aber es gibt auch ein „Kleines Übel“, eine „kleine Krankheit“. Es mag nichts anderes sein als ein Zwicken im Gesicht, das bald vorübergeht. Oder es kann vorkommen, daß die Welt einem vor den Augen plötzlich für eine Minute oder zwei während eines Spazierganges schwarz wird, oder beim Röcheln einer Lokomotive, oder am Steuer eines Automobils, oder im Theater. „Ein Schwächeanfall“, sagt das Opfer und geht über sein „Kleines Übel“ hinweg. Dann gibt es auch eine rein seelische Form der Fallsucht, die ihr Opfer in Raserei ausbrechen, das Geschirr zerschlagen, einen Brief zerreißen und ihn zu verschlingen versuchen, und schließlich sich niedersetzen und

leer in die Luft starren läßt. Die Rückkehr zu vernünftigem Benehmen ist oft von vollkommenem Vergessen dessen begleitet, was geschehen ist.

Wenn man den Gehirnschreiber mit der Kopfhaut eines Fallsüchtigen verbindet, zeigen die Wellen an, ob es sich um das „Große Übel“, das „Kleine Übel“ oder um einen seelischen Fall handelt. Man nehme an, es sei das „Große Übel“. Einige Stunden vor dem Anfall erscheinen die ersten sprechenden Zeichen. Sie sind wie die ersten Windstöße, die einem Sturm auf dem See vorangehen. Die Wellen kommen immer schneller und steigen immer höher. Der epileptische Sturm braut sich offensichtlich zusammen. Er gewinnt an Wucht, wenn eine Gegend des Gehirnes nach der andern im neuen Rhythmus zu schlagen beginnt, bis zuletzt alle zusammenschlagen. Der Anfall ist nun auf seinem Höhepunkte. Die Wogen werden stufenweise wieder langsamer. Wenn die tiefste Stufe erreicht ist, liegt der Epileptiker in der Betäubung.

Bei dem „Kleinen Übel“ und den seelischen Formen liegt der Fall gleich. Ein Fachmann braucht bloß die Aufzeichnungen zu betrachten, um sie an der Geschwindigkeit, der Höhe und der Form der Wellen zu erkennen. Noch bemerkenswerter ist, daß die Aufzeichnungen verborgene oder maskierte Epilepsie verraten, die sich selbst in einem heftigen Anfall nicht enthüllt und der Aufmerksamkeit entginge, wenn es keinen empfindsamen Gehirnschreiber gäbe.

Was geschieht bei einem epileptischen Anfall? Die Aufzeichnung erweist es deutlich genug. Das Vorderhirn hat seine Schrittmacher verloren. Es ist ähnlich, als wenn der Dirigent eines Orchesters plötzlich zusammenbräche und jeden Musiker seinen Part einer schwierigen und vielfältigen Symphonie ohne Rücksicht auf seine Kameraden spielen ließe. „Großes Übel“ und „Kleines Übel“ — diese Ausdrücke sind gut genug für die Beschreibung der Anfälle, aber sie taugen nicht zum Aufzeigen der Ursachen. Deshalb zieht es der Neurologe vor, von „Rhythmusstörung des Gehirnes“ zu sprechen und meint, daß die Schrittmacher des Gehirnes entthront wurden. Wir mögen den Ausdruck wegen seiner Neuheit und seiner Erschrecklichkeit nicht schätzen. Aber ist er beunruhigender als „Rheumatismus-ähnliche Arthritis“ oder „Angina pectoris“? Man lasse einen Fachausdruck oft genug über die Zunge gehen, und er verliert seinen Schrecken. Wer spricht heute von „Auszehrung“? Die Entdeckung des Tuberkelbazillus wischte dieses Wort als Name einer besondern Krankheit auf den Abfallhaufen. In wenigen

Jahren wird „Epilepsie“ die Bahn für „Rhythmusstörung des Gehirnes“ frei machen, ebenso wie die „Fallsucht“ der „Epilepsie“ wich. Der Wechsel in den Fachausdrücken erleichtert es, Gehirnkrankheiten offen zu besprechen und das Gewisper darüber zu unterbinden.

Weil die Gehirnwellen von Geschwistern, Eltern und Kindern untereinander wie Gesichter eine Familienähnlichkeit aufweisen, und weil die Gehirnwellen einzelner Zwillinge sich so ähnlich sind, fragten sich Dr. Lennox und die Gebrüder Gibbs, ob Epilepsie wie blaue Augen und blondes Haar erblich sei. Man machte von 185 Verwandten von Epileptikern Gehirnwellenaufzeichnungen — von Eltern, Geschwistern und Kindern. Sechzig Prozent der Aufzeichnungen erwiesen sich als anormal.

Bedeutet das, daß die Epilepsie von einer Generation an die andere weitergegeben werden kann? Es gibt Grund dafür, das anzunehmen. Die Gehirnwellenaufzeichnungen zeigen, daß die Epilepsie in einem Elternteil bloß veranlagt und in einem Kinde offen sein kann. Zwischen veranlagter und offener Epilepsie liegt nur ein haarfeiner Strich. Ein halbes Prozent der amerikanischen Bevölkerung oder 600 000 Menschen sind offene Epileptiker, das heißt, daß sie Anfälle oder zeitweilige Störungen haben; 12 Prozent oder 16 000 000 sind mögliche Epileptiker, das heißt, daß sie nie einen Anfall hatten und vermutlich auch nie an einem leiden werden, aber daß sie ihren Mangel an ihre Kinder weitergeben. Bevor man den Gehirnschreiber erfunden hatte, gab es keine Möglichkeit, diese Krankheits-träger zu entdecken.

Diese 16 Millionen Träger der Epilepsie durch Untersuchung mit dem Gehirnschreiber auszuschalten und ihnen nach ihrer Entdeckung die Heirat zu verbieten, könnte nicht einmal ein totalitärer Staat unternehmen. Aber es kann vorkommen, daß Paare, die an Eugenik glauben, schon jetzt Gehirnwellenaufzeichnungen austauschen und eine Autorität der Vererbungskunde vor der Heirat befragen. Man lasse einen Mann und eine Frau heiraten, die äußerlich frei von Epilepsie, aber unrichtig geformte und zu schnelle Gehirnwellen haben, und sie können sicher sein, epileptische Kinder zu bekommen.

So durchschlagend auch dieser Erfolg sein mag, so ist er dennoch nur ein plumper Beginn einer Technik, die zuletzt sehr genau werden wird. Da die Gehirnwellen durch Federn aufgezeichnet werden, sind sie Mischungen oder Zusammensetzungen, so wie das Lärmen einer Menge oder das Tongemisch der vielen Instrumente eines Orchesters. Der nächste Schritt geht

dahin, einzelne Stimmen aus den Wellen auszuscheiden. Alfred H. Graß, ein junger Ingenieur, der die meisten Gehirnschreiber der Vereinigten Staaten herstellte, hat einen Analysator erfunden, der das nicht nur an Gehirnwellen, sondern an allen regelmäßig wiederkehrenden Wellen vornimmt. Man nehme an, daß der Lärm einer Menge untersucht werden soll. Wie viele Stimmen sind hoch, wie viele tief und wie viele liegen dazwischen? Wieviel Niesen, Husten und Knurren ist mit Schreien und Rufen vermischt? Der Graß'sche Analysator wird die Antwort geben. Darum ist es heute möglich, aus einer Welle die kennzeichnenden Bestandteile oder Stimmen des als Schizophrenie oder Persönlichkeitsspaltung bekannten Irrsinnstyps auszusieben. — Stimmen, die heute noch im Lärm des elektrischen Gehirnschlages verborgen sind.

Man wird nie von einer Gehirnwellenaufzeichnung die Gedanken lesen können, aber es ist kein wilder Traum, daß von einer untersuchten Welle festgestellt werden kann, warum John Jones klüger ist als Bill Smith, oder ausdauernder beim Tennis, oder empfänglicher für Aufforderungen zur Mildtätigkeit. Doch ist das nicht alles. Die Gehirnzellen atmen wie Lungen, verbrauchen Sauerstoff und Brennstoff wie Öfen. Das Blut versorgt die Zellen mit dem Nötigen. Man vermindere das Kalzium im Blute um die Hälfte. Man verändere irgend etwas am Blute und jedesmal wird das Tempo des Gehirnes verändert, und immer schwindet der Verstand. Der Unterschied zwischen geistiger Gesundheit und Krankheit ist ein Unterschied des Tempos, des elektrischen Schlages. Der Schlag kann zuweilen durch Chemikalien beeinflußt werden.

Man nehme an, daß dieser Vorgang umgekehrt werde. Man stelle sich vor, daß man das Gehirn statt zu langsam oder zu schnell zu schlagen veranlasse, mittels Chemikalien versuche, es zu beschleunigen oder zu verlangsamen und so Krankheit in Gesundheit zu verwandeln. Es genügt, darauf hinzuweisen, daß die Entfernung der Schilddrüsen den schöpferischen Geist in Stumpfsinn verwandelt, und daß der Geist von Blödsinnigen durch Einspritzungen von SchilddrüSENSaft wiederhergestellt wurde. Ein neuer Zweig der Heilkunde gewinnt Raum, ein Zweig, der die Chemie des Blutes mit dem Tempo des Gehirnes verbinden wird.

Eine andere Angriffslinie wurde angeregt durch die Wirkung von Giftstoffen auf die Nerven und damit auf das Gehirn. Berger und seine Schüler haben gezeigt, daß Koffein, Beruhigungsmittel und Schmerzbetäubungsmittel sich auf den Gehirn-

schlag auswirken. Das ist kein medizinischer Kniff. Diese Verbindungen vermindern nicht nur die Schläfrigkeit, sondern wirken auf das Tempo des Gehirnes ein. Auf Grund dieses Fingerzeiges haben Dr. Tracy H. Putnam und Dr. H. Houston Merritt das krampfverhindernde Mittel in einem dieser Beruhigungsmittel, im Phenobarbital, isoliert. Das Ergebnis war „Natriumdilantin“. Epileptiker, die es einnehmen, sind nicht schläfrig. Bei manchen hat es die Anfälle, den Koller, das Schwarzwerden oder die seelischen Störungen während vieler Monate abgehalten. Dieses Natriumdilantin ist ein Milderungsmittel, so wie das Insulin eines ist für die Zuckerkrankheit.

Man betrachte ein auf einer Glasschale in einem Laboratorium liegendes Gehirn — eine graurosa, eher unangenehme Masse, ungefähr so groß wie eine Warzenmelone und äußerlich faltig und verschrumpft. Das ist der eigentliche Gipfel der Entwicklung, die höchste Vollendung des langen Kampfes aufwärts vom Fisch und Wurm, dem Hai und Geier, dem Hund und Affen. Der Gehirnschreiber erkennt es als eine lebende Maschine, als etwas, das untersucht werden kann wie eine elektrische Batterie, oder ein Fernsehgerät, oder ein Telefonschaltbrett, als etwas, das teilweise mit elektrischen und chemischen Fachausdrücken erklärt werden kann. Man kann heute sogar von einer Voltspannung des Gehirnes sprechen. Viel von dem Mystizismus, der an der grauen Substanz hängt, ist heute bereits durch die Enthüllungen des Gehirnschreibers entblößt worden. Aber das Geheimnis der Beziehungen zwischen Gehirn und Gedanken wird immer bleiben. Selbst wenn es möglich wäre, das eigenartige elektrische Zucken der Gehirnzellen zu verfolgen, werden wir nie wissen, wie wir denken. Denn die Gehirnwellen sind bloß ein Nebenerzeugnis, das man mit der rhythmischen Erschütterung eines Gebäudes durch eine im Keller befindliche Maschine oder mit dem Ticken einer Uhr vergleichen kann.

Vielleicht ist es gut, daß der Gehirnschreiber seine Grenzen hat. Sir Charles Sherrington, der den Nobelpreis mit E. D. Adrian teilte, freut sich darüber. Wenn der Mensch je herausfindet, wie sein Gehirn denkt, wird er versuchen, den Vorgang durch Behinderung gewisser Teile, durch die Beschleunigung anderer, und durch Veranlassen von Kurzschlüssen zu verbessern. Darin liegt nach Sherringtons Meinung die Ausrottung der menschlichen Rasse.

XVIII

DER UMGESTÜLPTE GEIST

Es muß in den Vereinigten Staaten mehrere hundert Männer und Frauen geben, die seelische Wirrnisse hatten, an Verfolgungswahn, Selbstmordabsichten, Besessenheit, Unentschlossenheit, nervösen Spannungen litten, welche buchstäblich mit einem Messer durch eine neuartige Gehirnoperation aus ihrem Geiste weggeschnitten wurden. Sie sind die Nutznießer der Psychochirurgie; dieses Wort ist noch nicht im Wörterbuch. Viele Sorgenkinder für ihre Familien und Ärgernisse für sich selbst, Erfolglose und Arbeitsunfähige wurden zu nützlichen Mitgliedern der Gesellschaft umgewandelt. Eine Welt, die einst der Wohnort von Elend, Grausamkeit und Haß zu sein schien, strahlt nun für sie voller Sonnenschein und Güte.

Es gibt nichts physisch Anormales am Gehirn, in dem der Geistchirurg operiert. Im Aussehen und Aufbau unterscheidet es sich nicht von dem eines ehrsamten Bürgers, der seine Steuern bezahlt, die Vorschriften befolgt, den richtigen Klubs angehört, großzügig den örtlichen Wohltätigkeitsunternehmungen seine Beiträge leistet und ein tadelloses Leben führt. Dennoch vermag er nicht logisch zu denken. Es ist nicht das Gehirn eines kranken Geistes, aber eines Geistes, der in einer unmöglichen, eingebildeten Welt seiner eigenen Schöpfung lebt. Der Chirurg stößt sein Messer tief auf beiden Seiten in das Gehirn, schneidet genau im richtigen Winkel an genau dem richtigen Orte ein und hat gewöhnlich Erfolg, den gequälten Geist nach außen zu wenden und in eine Persönlichkeit zu verwandeln.

Die Psychochirurgie ist kein rascher und plötzlicher Versuch, da Erfolg zu haben, wo freundliche Worte, Heilmittel und Beweisführungen während Jahrhunderten versagt haben. Sie zieht aus all dem Wissen Nutzen, das man vom Gehirn als einem Mechanismus gewonnen hat. Selbst die Gründer der Phrenologie, F. J. Gall und J. C. Spurzheim, leisteten einen Beitrag, denn hinter ihrem ein wenig quacksalberischen System aus dem Abtasten von Beulen auf dem Kopfe den menschlichen Charakter und seine Fähigkeiten zu beurteilen, liegt die richtige Auffassung eines Gehirnes, in dem Züge von Begabung und das, was wir als „Charakter“ bezeichnen, ihren Ort zugewiesen erhalten. Seit ihrer Zeit wurde jeder Winkel und jede Rille des Gehirnes betastet, auseinandergeschnitten, untersucht, aufgezeichnet, benannt und auf andere Weise identifiziert, als ob

sie Bestandteile eines Automobiles wären. Verschiedene Teile von Tiergehirnen wurden entweder entfernt oder mit elektrischen Strömen aufgepeitscht und die Flächen und Zentren entdeckt, welche das Bewegen, Sehen, Schlucken, Blinzeln, Atmen, Schwitzen und andere Tätigkeiten kontrollieren.

Die Wirkung von Verletzungen auf das menschliche Gehirn wurde untersucht — launenhaftes Benehmen, Krämpfe, Verlust des Gedächtnisses und der Denkkraft, Lähmung der Muskeln und der Organe. Der berühmte italienische Neurologe Dr. Leonardo Bianchi lebte und teilte seine Nahrung mit Affen, deren Vorderhirn er entfernt hatte, und zeichnete den Verlust dessen auf, was er als ihren „gesellschaftlichen Sinn“ bezeichnete: Initiative und Gedächtnis. Der Russe Pawlow zeigte, daß in den Schnauzen von Hunden, die daran gewöhnt waren, das Läuten einer Glocke mit Essen zu verbinden, das Wasser zusammenlief und der Magen sich zur Nahrungsaufnahme bereitmachte, wenn bloß die Glocke erklang. Er gab uns so den Begriff der bedingten Reflexe und bewies, daß die obern Schichten des Gehirnes mehr mit dem Magen zu schaffen haben, als die alten Psychologen dachten. In der Universität Yale operierten Dr. John F. Fulton und Dr. Carlyle Jacobsen an vierzig verschiedenen Affenarten, hohen und niedern, und kamen zum Schlusse, daß das Herz ebenso von einem schaukelnden Stuhl wie von dem Platze des Werfers auf dem Baseballplatze beeinflußt werden kann; daß viele sogenannte Magenstörungen in Wirklichkeit Gehirnstörungen sind; daß Blutdruck, Schwitzen und andere automatische Funktionen durch besondere Teile des Gehirnes überwacht werden; daß Erfindsamkeit im Lösen von Problemen verschwindet, wenn das Vorderhirn verloren ist. Harvey Cushing und seine Schule entwickelten eine Technik zum Entfernen von Gehirntumoren, die vor vierzig Jahren von keinem Chirurg berührt worden wären.

Das Gehirn gilt nicht mehr als geheiligt. Die Chirurgen denken sich heute bei einer solchen Operation nicht mehr, als wenn sie den Blinddarm entfernen. Es gibt Männer und Frauen, die ihre Geschäfte nur mit einem rechten oder linken unversehrten Vordergehirn leisten und dennoch keinen Verlust an Vorstellungskraft und Klugheit verraten. Alle diese Versuche an Tieren und die notwendigen Operationen an Menschen haben es ermöglicht, zu sagen, welche Teile des Gehirnes die willensmäßigen Bewegungen der Zunge, der Augenlider, der Finger, Knie und Hüften und die nicht dem Willen unterstehenden Bewegungen der Muskeln und des Magens, das

Rülpsen, Erbrechen, Erröten und Verdauen der Nahrung kontrollieren.

Das reichhaltigste Material brachte der Weltkrieg von 1914/18. Kugeln durchbohrten die Köpfe von Tausenden von Soldaten in beinahe jedem Winkel. Verletzte Gehirne heilten wie verletzte Hände oder Beine. Waren sie nicht zu verkrüppelt, wurden die Aufgaben des einen Teiles durch andere übernommen, aber nicht immer mit derselben Leistung.

All die durch Experimente an Tieren und durch Beobachtung gesammelten Feststellungen mußten eines Tages ineinander einklinken. Teilweise geschah dies auf dem Internationalen Neurologenkongreß im August 1935 in London. Beinahe jeder hervorragende Gehirnnchirurg und Führer auf dem Gebiete der Neurologie war dabei, um sich darüber Rechenschaft zu geben, was erreicht worden war. Unter ihnen war der Portugiese Egas Moniz. Als er nach Lissabon zurückkehrte, fand er, daß die Zeit gekommen war, wo Wirrnisse, Angstzustände und Täuschungen aus dem Gehirn herausgeschnitten werden mußten. Er hatte bemerkt, wie stereotypisch die Symptome seiner geistig gestörten Kranken waren. Immer dieselben Verwünschungen und Klagen, dieselbe Wut, die gleichen wilden Blicke, dieselben Weinkrämpfe, derselbe Mangel an Selbstbeherrschung in denselben Lagen und selbst dieselben Worte und Phrasen, um Täuschungen und Furcht zu äußern. Ihm gaben solche feststehenden Schemata des Benehmens den Gedanken an ebenso starre Schemata von Gehirnzellen ein, die Leidenschaften, Begierden und Furcht beherrschen. Wenn man das Schema der Gehirnzellen zu verändern vermochte, mußte man auch das Schema des Benehmens verändern können.

Aber wie wird ein Gehirnzellenschema starr? Durch wiederholten Gebrauch. Ein Gedanke kann zu einem Besessensein führen, wenn er lang genug genährt wird. „Ich werde diese Tonfolge nicht los“, sagen wir von irgendeiner belästigenden Melodie. Oder wir wiederholen endlos irgendeinen seltsamen Namen immer wieder. Ein Loch in einem Strumpfe, ein Flecken auf der Weste macht uns „nervös“. Das Miauen einer Katze auf einem Zaun im Hofe genügt, um das Verlangen zum Töten in uns zu wecken. Das sind milde, harmlose Besessenheiten. Wir schütteln sie ab. Tatsächlich schütteln wir sie so leicht ab, daß wir unsern Groll nähren müssen, um ihn warm zu halten. Man nehme an, daß der Geist ermüdet ist, daß den Erregungen kein Ausdruck gegeben wird, daß sie aber sich ins Innere fressen, daß die Furcht davon Besitz ergriffen hat — die Furcht, eine

Stelle zu verlieren, an einer unheilbaren Krankheit zu leiden, daß wir das Opfer einer Verschwörung im Büro sind. Solche Befürchtungen schüttelt man nicht so leicht ab. Sie placken uns in der Nacht, sie höhnen uns selbst am Tage. Nervenbotschaften bringen sie zu unserm Bewußtsein. — Nervenbotschaften, die immer auf denselben Pfaden dahinblitzen und immer die gleiche Gruppe von Zellen beanspruchen. Zuletzt werden Pfade und Gruppen starr. Um eine Heilung zu bewirken, müssen neue Bahnen gefunden werden, und neue Zellen müssen neue Gruppen mit der erforderlichen Biegsamkeit des Schemas bilden lernen.

Egas Moniz erfand ein dem Apfelkernstecher ähnliches Instrument und veranlaßte seinen Kollegen Ameida Lima, es an einer Schar von enttäuschten, furchtbesessenen Patienten, von denen einige tatsächlich krank waren, anzuwenden. Lima führte das Instrument sorgsam durch Löcher, die in die Schädeldecke gebohrt worden waren, ein und zerschnitt so die Verbindungen der Vorderhautlappen. Man machte keine Versuche, das Innerste zu entfernen, es genügte, daß die Pfade zerschnitten waren.

Im großen und ganzen rechtfertigte sich dieses aufsehen-erregende Vorgehen von selbst. Alte Fälle von *dementia praecox* wurden nicht geheilt, aber eingebildete Kranke, die glaubten, an Krebs oder Verblödung zu leiden. Die Selbstmordkandidaten hörten auf, nach dem Tode zu verlangen und Selbstvernichtung zu versuchen. Die an Verfolgungswahn Leidenden vergaßen die Anschläge eingebildeter Verschwörer. Als Egas Moniz in Frankreich einen neuen klassischen Bericht über seine Ergebnisse veröffentlichte, gingen die Kommentare der Fachleute für Geistes- und Nervenkrankheiten alle Wege des höflichen Zweifels bis zur offenen Bezeichnung. Aber er hatte seine Sache bewiesen. Sture Gedanken konnten zerstreut werden durch das Aufbrechen starrer Zellgruppen und Pfade. In der ganzen Geschichte der Geistestherapie gab es keinen solchen Erfolg.

Die Psychochirurgie wurde in den Vereinigten Staaten im Jahre 1936 eingeführt und durch Dr. Walter Freeman und Dr. James W. Watts entwickelt. Beide sind Mitglieder der medizinischen Fakultät der George-Washington-Universität. Dr. Freeman ist Neurologe — der Mann, der einen Fall nach allen geistigen Blickpunkten untersucht — Dr. Watts, ein Schüler des verstorbenen Harvey Cushing, ist Chirurg. Sie übernahmen das Verfahren von Egas Moniz und benutzten seinen Bohrer. Sie formulierten ihre eigene Theorie von den Methoden des Gehirnes, Erregungen durch Gedanken und Logik zu überwachen

und erfanden neue Instrumente. Weil ihre Theorie zeigt, wie die Operation ausgeführt wird, müssen wir sie erklären.

Man spricht vom Gehirn, als ob es ein einheitliches Stück wäre, wie das Herz. Tatsächlich haben wir ein Dutzend Gehirne, Erbstücke unserer tierischen Vorfahren. Es brauchte Jahrmillionen, sie zu schaffen. Die Natur veränderte das Gehirn dieses Tieres, vergrößerte das des andern, zog jenes des dritten zusammen, entwickelte hier den Gehörsinn und dort den Gesichtssinn. Nichts wurde weggeworfen. Das Dokument über die Entwicklung des Gehirnes vom Wurm über Fisch, Kröte, Vogel, Hund, Pferd, Affe liegt in jedem menschlichen Schädel. Wir schrecken instinktiv vor einem Schlag zurück, weil ein Stück des Gehirnes, das wir von einem Dschungeltier erbten, in Tätigkeit tritt; wir springen in der Schlacht auf einen Feind los, weil der Tiger in uns geweckt wird. Wir verdauen das Frühstück mit Hilfe einer Nerven- und Muskelausrüstung, die genau der eines Fisches, einer Kröte oder Schlange gleicht. Wir blinzeln und schlucken unfreiwillig, weil uns Gehirnteile von den ersten Geschöpfen mit Augenlidern vererbt wurden, die als Windschutzscheibenwischer sich betätigten, und mit Kehlen, die bestimmt waren, den Magen mit Nahrung eher in kleinen Dosen als in einem einzigen Klumpen zu versorgen.

Dr. Freeman und Dr. Watts befassen sich mit all diesen Gehirnen und ihren Aufgaben. Aber ihre Theorie setzt ein wichtiges Wechselspiel zweier Gehirne aus der beträchtlichen, in unsern Schädeln sauber eingehüllten Sammlung voraus. Das eine ist der Thalamus (Kleinhirn), das andere das Cerebrum oder 'Großhirn mit seiner Cortex oder' „Rinde“, das vollständig über das Kleinhirn sich erstreckt. Die Pfade, die durchzuschneiden sich Freeman und Watts in Übereinstimmung mit ihrer Theorie entschlossen, verbinden den Thalamus mit den Lappen des Großhirnes, die gerade hinter der Stirne liegen und die manchmal „stirnseitige Verbindungsgebiete“ und manchmal „Vorderstirnlappen“ genannt werden. Sie kamen zu diesem Entschlusse wegen der verschiedenen Aufgaben, die vom Kleinhirn und diesen Lappen erfüllt werden.

Der Thalamus ist sehr alt — so alt, daß ihn jedes Tier vom Wurm aufwärts besitzt. Er ist der Sitz der groben Empfindungen: Begierden, Leidenschaften, Haß, Furcht, Kampflust, Liebe und Appetit. Man ziehe im Geiste eine Linie von einem Ohrloch zum andern. Das Kleinhirn liegt gerade über der Mitte dieser Linie — zwei kleine Massen von der ungefähren Größe einer Brasilnuß. Es ist nicht imstande, zu denken oder sich

etwas vorzustellen. Dennoch kann keine Nervenankegung, die durch das, was wir in der Außenwelt sehen, hören, fühlen, berühren, schmecken oder riechen, veranlaßt wird, das Gehirn erreichen oder verlassen, ohne dort hindurchzugehen. Obwohl es nicht denken kann, gibt es den Gedanken Farbe.

Wenn wir bloß den Thalamus hätten, würden wir bei der kleinsten Erregung in Wut geraten, vor Haß auflodern, uns vor Angst winden oder mit Grausamkeit werben. Das Rascheln eines Blattes, der Ton eines auftretenden Fußes, der plötzliche Schrei eines Vogels würde den Bremsschuh im Thalamus wegziehen und einen Wutanfall von Feindseligkeit, Ärger und Grausamkeit veranlassen. Warum hüpf, fliegt, zwitschert, ficht, wirbt, frißt und putzt sich ein Vogel für alle Zeiten? Weil sein Gehirn hauptsächlich aus dem Thalamus besteht und so nur geringer Beherrschung untersteht.

Das riesige Großhirn und vor allem sein hinter der Stirne liegender Teil machen den Menschen zu dem, was er ist — dem Schöpfer der Musik, Erfinder, Philosophen, Moralisten, Wissenschaftler und Planer.

Dennoch wäre vermutlich bloß mit einem Großhirn das Dasein unmöglich. Und wenn es möglich wäre, dann fehlten ihm alle Gefühlswallungen. Wir dächten, ohne zu fühlen. Niemand würde eine Träne wegen des Todes seines Vaters oder Sohnes vergießen, nie würden wir vor Liebe seufzen, nie entränne uns ein Wort des Hasses. Man betrachte den Kopf eines Hundes oder Pferdes. Er besteht nur aus einem Gesicht mit kleiner Stirne. Man betrachte den Menschen. Seine Stirne nimmt wegen seiner Denkstellen beinahe die Hälfte des Gesichtes ein.

Wir müssen Gefühle und Verstand ins Gleichgewicht bringen. Nach der Theorie von Freeman und Watts ist die Bewahrung dieses Gleichgewichtes eine Angelegenheit des richtigen Anpassens des Kleinhirnfühlens an das Großhirndenken. Noch einfachere Gehirne als der Thalamus sind vermutlich mit ihm und den Stirnlappen des Vorderhirnes in Zusammenarbeit verbunden, aber bis jetzt mußte man sie bei der Umstülpung des Geistes noch nicht berücksichtigen. „Noch ein Cocktail“, sagen wir aus Gehorsam gegenüber dem Kleinhirn. „Besser nicht“, warnen die Stirnlappen. „Du weißt, was zwei Cocktails dir antun können.“ Der Wunsch, triebhaft zu töten, stammt aus dem Thalamus; die Furcht vor dem Gesetze aus dem Großhirn. Der Mensch mit dem Pokergesicht, der Ausbrüche roher Leidenschaft oder kindische Freude unterdrückt, ist hauptsächlich ein Großhirnwesen. Wenn wir begehren, fechten, lieben und glü-

hend streben, um ein Gefühlsbedürfnis zu befriedigen, stürzt das Kleinhirn das innerliche Gleichgewicht. Nur die rasche Sicherung der Autorität durch die Stirnlappen des Großhirnes stellen es wieder her und helfen uns aus dem Gefängnis heraus.

Bewußte Erfahrung ist eine endlose, wechselnde Reihenfolge von gefühlsmäßigen Antrieben, Gewalten, von geistigen Abschätzungen und überlegender Wahl der Tat. Unsere Gehirne sind das Schlachtfeld, auf dem das alte Kleinhirn und die neuen Stirnlappen um den Sieg kämpfen. Dennoch wäre das Leben ohne Kleinhirn grau.

Bündel von Nerven, Verbindungsfasern genannt, verknüpfen die Stirnlappen mit dem Kleinhirn. Antriebe fliegen über diese Bündel hin und her. Bei geistigen Störungen hat das Kleinhirn die Stirnlappen überwältigt. Ärger, Furcht, Sorge, Haß triumphieren so vollständig über den gesunden Menschenverstand, daß das Heben einer Augenbraue, die Modulation einer Stimme, die Stellung einer Tischlampe, das Gefühl, daß das Haar nicht richtig gekämmt worden war, eine vernunftmäßige Leitung unmöglich machen.

Wir verstehen nun, warum Freeman und Watts vorschlugen, daß die Verbindungen zwischen den Stirnlappen und dem Kleinhirn zerschnitten werden sollen. Das Gehirn und das Nervensystem sind wunderbar anpassungsfähig. Wenn die hochspezialisierten Geruchs- und Tastnerven verletzt sind, werden ihre Pflichten unter Umständen von andern, benachbarten übernommen. Man entferne die eine Hälfte des Vorderhirnes vollständig, und die andere Hälfte leistet doppelte Arbeit und findet neue Pfade, über die sie Zeichen geben kann, damit die Muskeln sich richtig bewegen. Das gleiche ist der Fall, wenn Stirnlappen und Kleinhirn getrennt werden. Es gibt zuerst eine Zeit der Richtungslosigkeit, des Erstaunens, eine Zeit, wo die alten Angstgefühle und die sturen Gedanken noch immer die Oberhand haben, aber schließlich werden die Nervenzellen in neue Gruppen geordnet, und Pfade werden gebahnt, über welche die Stirnlappen die Kontrolle gewinnen.

Nachdem Freeman und Watts diese Theorie entwickelt hatten, erfanden sie ein neues Instrument und eine neue Technik. Sie gaben den Apfelsausstecher von Egas Moniz auf und führten eine lange Holznadel zur Untersuchung des Gehirnes ein, sowie ein besonderes Messer eigener Erfindung. Statt der Schädeldecke durchbohrten sie die Schläfen.

Ungefähr zehn amerikanische Gehirnochirurgen übernahmen im Grunde ihre einfache Technik, obwohl die meisten sie aus

verschiedenen Gründen abwandeln. Von den einigen hundert Männern und Frauen der Vereinigten Staaten, die sich ihre Gehirnstörung chirurgisch beheben ließen, ging eine große Zahl durch die Hände von Dr. Freeman und Dr. Watts. Das Ergebnis war in 65 Prozent aller Fälle gut, zufriedenstellend bei 20 Prozent und schlecht bei ungefähr 15 Prozent. Einige wenige Kranke starben. Seltsam genug, daß einige von ihnen vom Verlangen gequält worden waren, entweder durch eigene oder durch fremde Hand zu sterben. Einige der Kranken waren am Rande des Irrsinns. Die meisten von ihnen waren erfolglos mit Heilmitteln, Insulinschlägen, Psychoanalyse, Bädern, Überredung und aller überlieferten Kunst der Psychiater behandelt worden. Die andern standen an der Schwelle der Lebensunfähigkeit oder des Selbstmordes. Alles waren verzweifelte Fälle, das heißt, sie waren verurteilt, ihr Leben als Anstaltsinsassen oder als Last ihrer Familie zu verbringen. Die Psychochirurgie gab ihnen die Wahl zwischen zwei Entscheidungen — zwischen lebenslangem geistigen Elend oder Wiederherstellung für die Welt mit einer biegsamen Persönlichkeit.

Man stelle sich einen Uhrmacher vor, der der Aufgabe gegenübersteht, die Unruhe eines vorzüglichen Chronometers zu regulieren, dabei aber gezwungen ist, nur zwei Löcher durch die äußere Schale zu bohren und durch sie seine Instrumente einzuführen. Er weiß, wie das Werk gebaut ist, wo sich die Unruhe befindet. Um sich selber zu leiten, wird er auf dem Gehäuse Linien und Punkte festlegen. Man kann sich vorstellen, wie er genau an den richtigen Orten seine Löcher bohrt, wie er sehr vorsichtig seine Instrumente einführt, um kleine Räder, die verletzt werden könnten, nicht zu berühren, und wie er die Führungslinien benutzt, um ein Werkzeug genau in der richtigen Höhe und im richtigen Winkel zu halten. Dr. Freeman und Dr. Watts machen das gleiche. Sie kennen das „Werk“ im Innern des Schädels, sie wissen, welche Arterien, Höhlungen und Stellen vermieden werden müssen.

Die Erfahrung hat bewiesen, daß nur vorübergehende Befreiung von der geistigen Störung erreicht wird, wenn das Schneidinstrument, ein Stecher oder ein Messer, zu nahe der Stirne graue oder weiße Masse abschneidet. Eine zweite verbessernde Operation ist notwendig. Wenn andererseits die Trennungsstelle zu weit hinten ist, wird ein Selbstmordkandidat, der glaubt, daß jedes Flugzeug in der Luft auf ihn Gift heruntersirrt, zu einem unbändigen, geltungsbewußten, taktlosen, gesellschaftlich verantwortungslosen Galgenstrick, der prahlend und

tobend durchs Leben geht, selbst über Todesfälle in der Familie witzelt, unfähig, Zukunftspläne zu machen, sich an die Torzahl des Fußballkampfes zu erinnern, das er vor einer Stunde sah, oder an den Namen der Siegermannschaft. Keine zweite Operation ist möglich. Es ist besser, sich auf der vor-dern Hälfte zu irren, die Aussicht auf Verbesserung bietet.

Man lasse mich nun einen Eingriff an einem kennzeichnenden Fall beschreiben, den ich durch Dr. Watts im Krankenhaus der Medizinschule der George-Washington-Universität ausgeführt sah. Zuerst wird der Schädel von der Stirne bis zum Scheitel rasiert und die Kopfhaut entkeimt. Da die Operation zum Teil ein geometrisches Problem ist, geht Dr. Watts so vor wie der geschilderte Uhrenmacher, dem man die Entfernung des Chronometergehäuses bei der Regulierung der Unruhe verboten hat. Deshalb zeichnete er auf dem Schädel violette geometrische Linien, die ihm als Wegweiser dienen sollen.

Wegweiser zu was? Zu einer Naht oder Fuge in den Schädelknochen. Sie verlaufen annähernd über den Scheitel von Schläfe zu Schläfe. Naht oder Fuge kennzeichnen die einzige Stelle, durch die das Messer sicher schneiden kann, um die gewünschten Ergebnisse zu erreichen.

Beim richtigen violetten Zeichen an der Schläfe wird ein ungefähr ein Inch (= 2,54 Zentimeter) langer Schnitt in die Kopfhaut gemacht. Diese wird zurückgelegt und die Naht gesucht. Ah, da ist sie, beinahe an der vorsorglich bezeichneten Stelle. Dr. Watts muß des Ortes, den er durchbohren will, sicher sein. Daher nimmt er einen kleinen Meißel und einen Hammer, und schlägt gegen den Knochen, um ihn anzuzeichnen, so wie viele Mechaniker es dort tun, wo sie einen Nagel einschlagen oder eine Schraube eintreiben sollen.

Mit einem Instrument, das ein Doppelgänger des Drehbohrers eines Zimmermannes ist, wird an der angezeichneten Stelle ein-einhalb Inch großes Loch gebohrt. Dadurch wird die äußere Hülle des Gehirnes freigelegt und untersucht.

Noch wird das Messer nicht eingeführt. Ein Pfad muß gefunden werden — ein sicherer Pfad, der lebenswichtige Arterien und Höhlungen mit Flüssigkeiten vermeidet. Ganz langsam wird die bereits erwähnte Hohnadel eingeführt. Sie zielt nach dem Ohr läppchen auf der andern Seite und wird um Bruchteile eines Inch in das Gehirn hineingestoßen.

Dr. Watts achtet auf verräterische Flüssigkeitstropfen, die durch den hohlen Schaft der Nadel herausträufeln könnten. Wenn er solche erblickt, zieht er die Nadel schnell zurück und

beginnt auf einem neuen Pfad. Derart tastet er sich seinen Weg durch die eine Seite des Gehirnes, um einen Kanal für das schneidende Instrument zu schaffen, das nachher kommt.

Dieses Schneidwerkzeug ist kein Meser im eigentlichen Sinne. Seine Kanten sind stumpf, damit sie über lebenswichtige Adern hinweggleiten, ohne sie zu verletzen. Es ist schmal. Seine Klinge ist ungefähr drei Inch (= 7,62 Zentimeter) lang. Es wird sehr vorsichtig eingeführt. Hinter dem Kranken sitzt Dr. Freeman. Das stumpfe Messer darf nicht von der violett bezeichneten Ebene abschweifen. Deshalb sagt Dr. Freeman zu Dr. Watts, während es vordringt: „Ein bißchen höher“, oder „Ein wenig tiefer“, oder „Halte ein klein wenig nach links“.

Nachdem das Meser korrekt eingeführt wurde, werden zwei fächerförmige Schnitte durch Schwingen des Messers einmal in der Richtung des Scheitels und einmal in der Richtung der Wange ausgeführt. So sind die Pfade auf der einen Seite zerschnitten. Die Operation wird auf der gegenüberliegenden Seite wiederholt — das Anschlagen des Knochens mit Hammer und Meißel, das Bohren des Loches, das Suchen des Pfades mit der Hohnadel, die Einführung des Messers und dann dessen Schwingen. Kaum einen Fingerhut voll Blut hat das Gehirn selber verloren.

Der Mann auf dem Tisch stöhnt und wimmert nicht. Dennoch ist seine geistige Angst groß, da die äußere Welt durch Tücher und Bretter ausgeschlossen wird, da Instrumente klirren, sein Schädel mit Hammer und Meißel angeschlagen wird, und der Bohrer in den Schädel dringt. Sein Herz schlägt heftig und schnell, sein Blutdruck steigt, Schweiß läuft an ihm hinunter. Aber nach dem vierten und letzten Schnitt ist er wieder ruhig. Sein Herz schlägt normal, der Blutdruck sinkt, die Haut ist so frisch, wie sie sein muß.

Die meisten Eingriffe werden mit örtlicher Betäubung durchgeführt; denn das Gehirn selbst ist unempfindlich. Es ist verwunderlich, einen Mann auf dem Tisch sprechen zu hören, während ein Loch in seinen Schädel gebohrt wird, eine Nadel und ein Messer tief in sein Gehirn hineingestoßen werden. Tatsächlich wird er zum Sprechen ermutigt.

„Sprich das Vaterunser“, sagt Dr. Freeman. Das Gebet wird fehlerlos gesprochen. „Ziehe sieben von hundert ab, sieben vom Ergebnis, sieben von diesem Resultat und so weiter“, lautet der zweite Befehl. Die Subtraktionen werden richtig ausgeführt. Dann folgt ein Gespräch über die letzten Wahlen logisch und zusammenhängend. Dann kommt der letzte Schnitt.

„Wer bin ich“, fragt Dr. Freeman.
 „Dr. Walter Kaufmann.“
 „Was ist mit dem Verwandten los, der Sie plagte?“
 „Er war hinter mir her.“
 „Sind Sie glücklich?“
 „Ja.“
 „Was ist eine Witwe?“
 „Sie gehört einem Manne, und ging mit einem andern Manne. Und er las eine andere Frau auf. Das ist alles.“
 „Was ist der Unterschied zwischen einem Zwergen und einem Kind?“
 „Es verletzt einen Zwerg, nicht aber ein Kind.“
 Eine halbe Stunde später im Bett:
 „Wo sind Sie?“
 „Im George-Washington-Krankenhaus.“
 „Wer bin ich?“
 „William Randolph Hearst.“
 „Zählen Sie die Monate des Jahres auf.“
 „Januar, Februar, März, April, Mai, Juni, Juli, August. O. K., Herr, erlöse mich.“
 „Ziehen Sie sieben von hundert ab und immer weiter.“
 „Eins, sieben, vierzehn, sechsundzwanzig.“
 „Was ist das? Erinnern Sie sich nicht, ich wollte, daß Sie zu sieben von hundert rückwärts zählen?“
 „Hundert, dreiundneunzig, sechsundachtzig, achtundneunzig, achtundachtzig. — Es sollten achtundfünfzig, neunundfünfzig, fünfundfünfzig, vierundfünfzig sein.“
 „Sagen Sie die Monate rückwärts auf.“
 „Dezember, November, Oktober, Bettag, der Dreizehnte. Ich gehe da für bloß wenigstens hinunter — das letztemal mußte ich arbeiten, und das Jahr vorher war meine Frau noch nicht dort hinuntergegangen.“

Eine kritische Woche im Krankenhaus folgt — kritisch, weil eine Persönlichkeit, die buchstäblich zerrissen wurde, nun versucht, sich selbst in einer neuen Form wieder zusammenzufassen und zu finden. Es ist eine Periode der Wiedergeburt. Wenn wir durch einen Schlag betäubt worden sind, ist es schwer, wieder zum Bewußtsein zu kommen. Aber nicht dieser Mann und andere ihm ähnliche. Was bedeutet der Turban von Verband? Was ist das für ein Raum und wer sind diese Männer und Frauen in Weiß? Die Fragen werden nicht gestellt. Solcher Art ist die geistige Trägheit, der Mangel an Unternehmungslust, daß eine Hand in die Luft ausgestreckt bleiben wird, bis

eine Pflegerin sie auf die gestickte Bettdecke legt. Die matte Stimme, das ausdruckslose Gesicht bezeugen eine vollkommene Gleichgültigkeit. Das Gedächtnis leidet. Gichtkranke vergessen sogar ihre Schmerzen. Es gibt nicht nur keine Erinnerung an die Operation mit all ihrem Ritual, sie wird zuweilen sogar heftig geleugnet. Nach einer großen Mahlzeit kann der Kranke fragen, wann die Mahlzeit gebracht werde, obwohl sein Mund erst einige Minuten vorher abgewischt worden war. Der Zeitsinn ist aus dem Gleichgewicht gebracht worden.

„Doktor“, sagte ein Geschäftsmann, „ich habe diese Store jenseits der Straße den ganzen Tag beobachtet, und das Licht scheint sich nicht zu verändern. Hier aber haben wir Abend.“ Als er gefragt wurde, wie spät es sei, antwortete er: „Sieben Uhr abends.“ Es war kaum elf Uhr vormittags. Ebenso steht es mit dem Sinne von Raum und Ort. Eine Frau bestand darauf, sie befinde sich in Hagerstown. Als man durch das Fenster auf das Washington-Denkmal wies, erklärte sie: „Oh, man muß es nach Hagerstown versetzt haben.“

Alte Gewohnheiten dauern noch einige Tage nach dem Eingriff an. Es gibt „Handwäscher“, die beständig unsichtbare Wanzen von der Bettdecke wischen und ihre Hände über die Bettseite halten, um sie von unsichtbarem Schmutz zu befreien. Alkoholiker tapen unter den Kissen nach eingebildeten Flaschen, trinken unsichtbare Getränke und verschlingen sie mit der vollkommenen Zufriedenheit der Wirklichkeit. Selbst nachdem sich die ersten Zeichen der Neuorientierung bemerkbar machen, ist das Benehmen vernunftwidrig. Eine Frau rührte ihr Glas Wasser mit einem Buttermesser; eine andere streute Zucker auf ihr gesottenes Ei, mischte ihren Tee mit Getreide und hielt, im Bett halb zurückgelehnt, ein Butterbrot in die Luft. „Ich liebe es so“, war alles, was ein Mann sagen konnte, der eine ganze Schale voll Zucker in seinen Milchtee schüttete und dann Salz und Pfeffer darauf streute. Der Appetit ist manchmal sehr groß. Gelegentlich wurde eine riesige Mahlzeit zusammen mit einem Quart (= 1,135 Liter) Eiscreme verschlungen. Andererseits kann es anderthalb Stunden dauern, bis ein einfaches Frühstück eingenommen ist.

Nicht alle Kranken sind sanft, gleichgültig und phlegmatisch während der ersten Tage der versuchten Wiederanpassung. Es gab zum Beispiel einen angriffslustigen Geschäftsmann, der an seinem Bettgestell zog, die vorbeigehenden Pflegerinnen schlug, die Farbe vom Bett und einem Stuhl kratzte und so seine Nägel vollständig abnützte, elektrische Leitungen herausriß, das

Loch in der Wand mit seinen Fingern erweiterte, am Feueralarm zog und die Mückenvorhänge von seinem Fenster aufschlitzte. „Nein, es war nicht richtig, was ich getan habe“, gab er später zu. „Jetzt, nachdem es geschehen ist, sehe ich ein, daß ich unrecht tat; aber vorher konnte ich nicht sagen, ob es recht war oder nicht.“ Diese Unfähigkeit, zu beurteilen, was gesellschaftlich recht oder unrecht ist, ist allen Kranken während der ersten schweren Woche gemeinsam.

Nach ungefähr fünf Tagen ist die neue Persönlichkeit zu mehr als zur Hälfte geboren. Die Entlassung aus dem Krankenhaus folgt in etwa zehn Tagen. Zu Hause setzt sich der Vorgang der gesellschaftlichen Anpassung während Monaten und sogar während eines Jahres fort. Noch immer ist ein Mangel an Unternehmungslust vorhanden, so daß Baden und Sichankleiden Probleme stellen. Die Einsicht wird rasch wiedergewonnen, und damit die Kraft zum Zusammensetzen, das heißt die Kraft, die einzelnen Teile des Zusammensetzspiels des sozialen Lebens zu kombinieren. Aber während Wochen vergnügt sich die neue Persönlichkeit mit Wortspielen, Witzeln, mit überraschend offenem Äußern seiner Meinung, obwohl die Umstände Zurückhaltung und Takt erfordern. Entschuldigungen für Derbheit sind rasch zur Hand und echt. Es gibt keine Enttäuschung und keine Hinterlist. In den meisten Fällen gewinnt man die Selbstbeherrschung zurück, und das Gedächtnis und die Klugheit kommen wieder.

Ich habe mit Kranken gesprochen, an denen der Eingriff vollzogen wurde. Sie unterscheiden sich nicht vom Rest der Menschheit. Sie zeigten mir, wo ihre Schädel durchbohrt worden waren, denn die Haut war über die Löcher gewachsen, und es war schwierig, irgendein Anzeichen zu finden. Die Trübnis war aus ihrem Geiste herausgeschnitten worden. Die alte Dame, die mehr als einmal versucht hatte, sich aus dem Fenster zu stürzen, hatte ihre tödlichen Ängste ganz vergessen. Ein Radiotechniker und ich besprachen technische Einzelheiten von Elektronenröhren und -strömen. Die Hausfrau, die zu tränender Hilflosigkeit geistiger Angst wurde, wenn der falsche Löffel zum Eistee gegeben wurde, oder der Teppich im Wohnzimmer schief lag, wies alle Wirrnisse zurück, „selbst wenn das Haus einstürzte“. Der Lehrer für Werkzeugentwürfe, der wegen Angstzuständen seine Stellung aufgeben mußte, zeigte ein Patent für eine verdienstvolle Erfindung; das Mädchen, das mit eingebundenen Füßen herumging, weil es überzeugt war, daß alle, selbst neue Schuhe angesteckt waren, nahm ihre mathe-

matischen Studien wieder auf, zwar nicht mit glänzendem Erfolg, aber ohne die tödliche Angst vor dem Versagen; die Frau, die in kein Gasthaus eintreten konnte, ohne daß sie glaubte, es würde ein eingebildetes Giftgas gegen sie abgeblasen, die glaubte, daß Feinde ihre Matratze mit Radium gefüllt hätten, und die ihre Türe verriegelte und die Risse mit Seife verstopfte, kehrte in die Stellung zurück, die sie fünf Monate vor dem Eingriff aufgegeben hatte. In all diesen erfolgreichen Fällen wurde die Furcht gebannt, die Grundfurcht, die von tausend kleinen geformten und ungeformten Ängsten begleitet ist. Unter Furcht versteht Dr. Freeman „alles, was die Unversehrtheit einer Persönlichkeit bedroht“.

Ein nach innen gewendeter Rock ist noch immer ein Rock. Er ist sogar als der gleiche Rock erkennbar. Das gleiche ist mit diesen Persönlichkeiten der Fall, die einst in sich gewandt waren und nach außen gewendet sind. Sie sind ein wenig langsamer als vor dem Eingriffe, obwohl nur eine psychologische Prüfung einen Geschwindigkeitsverlust enthüllt. Andererseits sind sie genauer und sachlicher. Etwas stößt der Vorstellungskraft zu. Sie ist offensichtlich verändert. Psychologische Prüfungen beweisen, daß sie zweifellos noch immer lebhaft ist. Die Tatsache, daß Mechaniker gute Erfindungen machen, nachdem sie unter dem Messer gewesen waren, daß Advokaten wirksam schwierige Gesetzesfälle behandeln, beweist das. Die Klugheit wird kaum verändert.

Wie Dr. Freeman behauptet, bewirken die zwei hinter der Stirne liegenden Lappen, daß wir unser selbst bewußt werden; sie befähigen uns, uns in zukünftigen Lagen zu erblicken und uns richtig zu leiten. Der große Unterschied zwischen den niedrigen Tieren und den Menschen liegt in dieser hochentwickelten Selbstbewußtheit und der Fähigkeit, uns in die Zukunft zu versetzen. Voraussicht ist ein verwickelter Vorgang. Sie bedeutet, daß wir uns erinnern müssen, was in hundert Erfahrungen geschah, und die beste Weise des Handelns unter vielen sich bietenden Möglichkeiten auswählen müssen. Glück und Zufriedenheit kommen, wenn die Voraussicht Wirklichkeit wird. Aber es gibt Grenzen der Voraussicht; weil es sie gibt, bricht der Geist zusammen.

Man stelle sich einen Menschen vor, der sich über die Folgen des Krieges Sorgen macht, die großen Auslagen zur Ausführung des nationalen Verteidigungsprogrammes, die Zügelung der Industrie durch die Regierung. Er denkt an sein Geschäft und Vermögen und versucht, beides auf manche Weise zu retten.

Dennoch wird es durch die Angst, etwas zu übersehen, gehetzt. Er stellt sich neue, wilde, unmögliche Lagen vor. Und immer weiß er, daß ihm einige entgangen sind. Darum versucht er es in einem hoffnungslosen Streben nach Vollendung immer wieder. Er kann nichts ins Auge fassen. Ein Problem, das die kluge Anwendung von Vorsicht, Urteilskraft und Voraussicht erfordert, wird zur Besessenheit. Das Kleinhirn liefert den Beigeschmack der Unruhe und der Unsicherheit. Es verhindert gerades Denken. Die Furcht vor Unfähigkeit, Geisteskrankheit, und schließlich völlige Panik vernichten alles Planen. Oder der Geist kann sich statt der Furcht einer Schuld anklagen. Ein zunichte gemachter Geist sucht zu fliehen, und manchmal scheint der Selbstmord der einzige Ausweg zu sein.

Wenn es richtig ist, die Stirnlappen als Organe des Selbstbewußtseins und der Fähigkeit zur Voraussicht zu betrachten, ist das ein wichtiger Beitrag zur praktischen Psychologie. Der „Vorderstirnlappenschnitt“, wie die von Dr. Freeman und Dr. Watts ausgeführte Operation genannt wird, ist in der Hauptsache nichts anderes als ein Weg zur Wiederherstellung des Selbstbewußtseins durch das Selbst und der Fähigkeit, dieses Selbst in die Zukunft zu versetzen.

Die Erfolgsaussichten müssen genau berechnet werden, bevor eine größere Operation erwogen wird. So, wenn zum Beispiel seelische Störungen durch einen Faserschnitt tief im Gehirn geheilt werden müssen, müssen die günstigen Aussichten so groß sein, wie wenn eine Gallenblase entfernt wird. Hundert Faktoren müssen abgewogen werden. Wurden Psychoanalyse, der Insulinschreck und andere Methoden versucht? Wie ist die geistige Geschichte der Familie? Wie ist die gesellschaftliche Stellung des Mannes, der seine Sorgen mit einem Messer herausgeschnitten wünscht? Sorgen seine Verwandten während der Zeit der geistigen Wiederherstellung für ihn? Was arbeitet er jetzt, und was wird er nach der Operation vermutlich unternehmen? Wird er aufbauender denken als jetzt, oder wird er das Leben als den tollsten aller Scherze betrachten und die Familie noch unglücklicher als in seinen schwärzesten Augenblicken machen?

Der Entschluß ist nicht leicht getroffen, und man nimmt dabei schwere Verantwortung auf sich. Deshalb muß man sorgfältige Nachforschungen erheben, sorgfältige psychologische Prüfungen vornehmen, vertrauensvolle Gespräche mit Gattinnen und Gatten, Geschäftsteilhabern und nahen Verwandten führen.

In jedem Falle lehnen es Dr. Freeman und Dr. Watts ab, Eingriffe vorzunehmen an Geisteskranken, an tatsächlichen oder möglichen Verbrechern, an Männern und Frauen, die in sich einen Zug zur Grausamkeit haben und sich damit brüsten, die ihre Gefühle und ihren Verstand so gehen lassen, daß es nicht mehr möglich scheint, ihr Schicksal zu bessern. Ebenso wenig werden die berührt, die nur gelegentlich viel Aufhebens oder sich Sorgen machen. „Es ist gut, daß man eine gewisse Ängstlichkeit, gewisse Furcht vor den Folgen und einen gewissen Grad von Selbstbewußtsein hat“, drückt sich Dr. Freeman aus. „Diese zwingen uns, zurückhaltend zu sein.“ Gesellschaftliche Verantwortlichkeit beruht auf dem, was die Welt von uns denkt. Das Gemeinschaftsleben wäre unmöglich, hätte man nicht Angst vor der Polizei, Furcht vor dem Tadel unserer Frauen und Kinder, Furcht vor dem Arbeitgeber und seinen Launen. Furcht und Wirrnisse müssen tatsächlich schwerwiegend sein, bevor sich Dr. Freeman und Dr. Watts entscheiden, daß nur die Operation die einzige Hoffnung sei. „Wir wünschen ein wenig Gleichgültigkeit, ein wenig Trägheit, ein wenig Lebensfreude, welche die Kranken ihr Leben lang gesucht haben“, sagt Dr. Freeman. Obwohl die Operation zuweilen einen tödlich verängstigten Mann in eine sorglos glückliche Drohne verwandelt, denkt Dr. Freeman, das sei besser, als ein Leben voll Todesangst, Haß und Verfolgungswahn zu leben.

XIX

ELEKTRISCHE UNSTERBLICHKEIT

Rings um uns sind Geister. Sie schlüpfen unsichtbar durch den Äther mit der Geschwindigkeit des Lichtes. Sie gleiten in weniger als einer Sekunde über Drähte von New York nach San Franzisko. Sie kommen und gehen auf der Fernsehleinwand. Sie sind nicht Geister von Toten, sondern die von zahllosen lebenden Männern und Frauen, die in ihren Heimen sitzen und in ihren Büros, und ihre entfleischlichten Persönlichkeiten bis zu den äußersten Teilen der Welt senden und sie mit der Bestellung von Botschaften des Hasses und der Liebe, der Trauer und der Freude beauftragen, um Neuigkeiten von Tod und Liebe zu sammeln, von Erfolg und Mißerfolg, und sie in einem Augenblick wieder zurückbringen. Nichts in den zweifelhaften Annalen des Spiritismus ähnelt auch nur entfernt dem Wunder, das die Wissenschaft mit der Entkörperlichung des Lebens vollbringt.

Ich nehme den Telephonhörer auf und verlange eine Verbindung mit Clarence Brayton, Stockton Straße 23, London. Fünfzehn Minuten später schrillt meine Glocke, und das Fräulein vom Amt teilt mir mit, daß London da ist. Brayton und ich sprechen. Während der ganzen Unterhaltung sind wir unsichtbar, ja sogar unkörperlich. Die Ingenieure haben aus uns zwei Stimmen gemacht und zwei Ohrenpaare, und sie sandten deren elektrische Gegenwerte hin- und herwerfend über den Atlantik. Wenn je ein seines Fleisches beraubter Mensch sich mitteilen kann, so dann, wenn er telephonierte. Die Fähigkeit, den Körper zu verlassen und durch den Raum zu wandern, hat einen Sinn erhalten; dennoch bleibt der des Vorganges unbewußte Körper unversehrt.

Durch die Rundfunksendung erhält die Entfleischlichung noch ein erstaunlicheres Aussehen. Der Präsident sitzt im Weißen Haus, ein halbes Dutzend Mikrophone auf seinem Schreibtisch, und spricht über die Lage der Nation. Sein elektrischer Geist geht durch Berge und Mauern wie durch Glas. Er rieselt durch den Raum und betritt Millionen Heime. Der halbe Planet lauscht. Der Übermittlungsapparat, durch den er entkörperlicht wird, ist eine kleine schwarze Sonne, die ihn unsichtbar ausstrahlt. Und die Empfänger in unsern Häusern sind bloße elektrische und mechanische Augen, die ihn sehen und ihn in unsere Begriffe des gesprochenen Wortes übersetzen. Wir schaffen

einen elektrischen Organismus, um ein Bild von ihm zu erhalten, für das unsere körperlichen Augen blind sind. Er ist uns nur Stimme. Wir sind für ihn nur Ohren.

Da wir jetzt das Fernsehen haben, führen wir diesen Vorgang noch weiter. Ganz schmerzlos wird ein Gesicht in jeder Sekunde in 250 000 Stücklein Licht und Schatten zerschnitten. „Nimm ein Stücklein des linken Auges und wirf es genau dort, wo es hingehört, auf die Leinwand“, befiehlt der Übermittler. Und der Empfänger setzt es genau auf die richtige Stelle in Chicago, St. Louis und an einem Dutzend anderer Orte zu gleicher Zeit. So geschieht es mit jedem Teil des Gesichtes. Ein Mosaik — ist dieses Fernsehbild auf der Empfangsleinwand. Aber ein Mosaik, das so rasch immer wieder auseinandergerissen und zusammengesetzt wird, daß das Auge dem Vorgang nicht zu folgen vermag und die Vision als Ganzes hinnimmt, so wie es den Menschen als Ganzes hinnimmt, der die Straße überquert.

Eines Tages werden wir plastisch fernsehen — Bilder in allen Farben und einer scheinbaren dritten Dimension. Obwohl wir von einem Drama auf der Kinoleinwand gefesselt werden, wissen wir, daß die photographierten Spieler nur flache, erkennbare Massen von Licht und Schatten sind. Beim Fernsehen der Zukunft ist es anders. In der Tat werden sie als so wirklich erscheinen, wie wenn sie im Raum gegenwärtig wären. Man gehe aber zu ihnen hin und befühle sie. Man versuche von einer Gespensterhand die Blumen anzunehmen, die sie anbietet. Man wird nur die Oberfläche der Leinwand fühlen, und das wird beweisen, daß die Männer und Frauen, die lächeln und Gesten machen, schließlich nichts anderes als Geister sind.

Es gibt genug Hellsehergeschichten — von Personen, die dunkel Ereignisse gesehen haben, die am äußersten Winkel der Erde geschehen. Im Fernsehen besitzen wir das Hellsehen der Wissenschaft, das durch elektrische Ströme und Schalter überwacht werden kann. Das Bestarren der Kristalle erhält eine neue Würde, wenn das Glas eine Fernsehleinwand ist.

Man denke nur an die sozialen Folgen in ungefähr der nächsten Generation. Die Welt taumelt am Rande des Krieges. Verzweifelt suchen die Erstminister der darin verwickelten europäischen Länder, der Präsident der Vereinigten Staaten und die Häupter der wichtigsten Glieder des britischen Weltreiches (einst Kolonien) den Weg, der zum Frieden führt. Sie reisen nicht körperlich Hunderte von Meilen an einen Ort, wie das Chamberlain, Hitler, Daladier und Mussolini 1938 taten. Sie

treffen sich elektrisch. Eine Zusammenkunft von Gespenstern bringt das Schicksal der Zivilisation in Ordnung.

Der Präsident sitzt in einem Fernsehzimmer neben seinem Büro. Um ihn stehen ein Dutzend Leinwände, so groß wie die in einem heutigen Kino. Er ist im Dunkeln, dennoch in einem Glanze von unsichtbaren infraroten Strahlen. Eine Kamera ist unaufhörlich auf ihn gerichtet. Unbarmherzig greift sie nach jedem vorübergehenden Stirnrunzeln, jedem hoffnungsvollen Aufleuchten seiner Augen. Gleich ist es mit den Konferenzteilnehmern in entfernten Städten. Er sieht ihre elektrischen Geister auf den Schirmen um ihn herum, er hört ihre entfleischten Stimmen.

„Ich bestreite energisch, daß Paragraph 45, Absatz 2 des Vertrages von Madrid besagt oder einschließt, daß wir keine Atomenergie für die synthetische Herstellung von Gold benutzen dürfen“, sagt heftig der japanische Premierminister. „Ich halte das Dokument empor und zeige auf den in Frage stehenden Paragraphen und Absatz. Lesen Sie selbst.“ Er schüttelt seine freie geballte Faust gegen die ihn umgebenden Gespenster. Auf zwölf Schreinen in zwölf weit entfernten Hauptstädten starrt dieser Japaner entrüstet durch seine horngefaßte Brille, und eine Großaufnahme des Vertrages erscheint, so daß alle ihn lesen können. Seine geballte Faust wurde mit samt dem Dokument übermittelt.

„Es ist wahr, daß der Absatz nichts im besonderen über synthetisches Gold besagt“, bemerkt der Geist des britischen Premierministers, während er gleichzeitig in zwölf Räumen erscheint. „Aber ich stelle es Ihnen anheim, ob der Satz ‚Die Atomenergie soll nicht dazu verwendet werden, den wirtschaftlichen, finanziellen und monetären Aufbau irgendeines der Unterzeichnerländer zu untergraben‘, nicht einen einzigen Sinn hat.“ Es gibt Zeiten, da die zwölf Geister alle zu gleicher Zeit reden und gestikulieren, so daß der Vorsitzende nach Ordnung rufen und sie bitten muß, sich selbst zu beherrschen und ihm zu gestatten, die Konferenz in anständiger Form durchzuführen.

Ein Zweifler mag einwerfen, daß internationale Besprechungen, auf denen das Schicksal der Welt bestimmt wird, gewöhnlich geheim sind, und daß Rundfunk in irgendwelcher Form so öffentlich ist wie der blaue Himmel. Die Ingenieure antworten, daß lange vor 1929 überseeische Gespräche bei der Übermittlung verzerrt und beim Empfang durch besondere Apparate wieder in Ordnung gebracht wurden, so daß selbst, wenn durch

ein Wunder von Glück ein Horcher an der Türe des Welt-
raumes auf die betreffende Wellenlänge getaumelt wäre, er nichts
als ein Kauderwelsch vernommen hätte. Das wird auch bei
diesen Besprechungen der wichtigen Gespenster der Zukunft der
Fall sein. Man nehme an, daß sie aus dem Äther gepflicht
würden. Auf der Leinwand erscheint bloß ein gestaltloses,
wirres, immer wechselndes Geschmier von Licht und Schatten.
Und aus dem Lautsprecher dringen unverständlich Gezische und
Gaumenlaute.

Aber der Kernpunkt dieser kontrollierten, elektrischen Hell-
seherei, diese Zusammenkunft von Bildern, Geistern und Stimmen
an ausgewählten Punkten der Erde, ist die Trennung des Sehens
vom Körper. Selbst in unsern technischen rückständigen Tagen
sind zwei Sinne entfleischt: das Gesicht und das Gehör. Ist das
das Ende?

Bevor die modernen Erfinder auf den Plan traten, wagten
nur Dichter, indische Mystiker und Ersinner von Märchen von
Persönlichkeiten, die ihre Körper verließen, zu träumen und sie
über die ganze Welt zu versetzen. Es schien bis 1870 vollständig
unmöglich, daß ein Mensch auf eine größere Entfernung mit
einem andern sprechen konnte, als ein menschlicher Ruf zu
überbrücken vermochte. Sogar nachdem das Telephon eingeführt
und der Weg für elektrische Wunder bereit war, war es un-
glaublich, daß das Bild eines Antlitzes eines Tages zergliedert
und tausend Meilen entfernt wieder zusammengesetzt werden
würde. Die Romane von Gestern wurden Wirklichkeit von Heute.
Deshalb, gerade weil mein Großvater und der Ihre das Tele-
phon und den Fernseher als dichterischen Mondschein betrachtet
haben, glaube ich an Fernfühlen — ein elektrisches Fühlen auf
Entfernungen — als eine Wirklichkeit der Zukunft.

Wie es mir möglich sein wird, auf elektrischem Wege die
Hand meines Freundes in San Franzisko oder Paris zu schüt-
teln, oder wie ich mit einer fernen elektrischen Hand das Haar
der Geliebten streicheln werde, während sie mitten auf dem In-
dischen Ozean ist und ich in New York bin, weiß ich nicht.
Wenn ich mich sehr darum bemühe, kann ich mir vorstellen,
wie ich meine Hand in eine Schachtel stecke, worin kleine
Metallfühler fast zärtlich den elektrischen Hauchring der Haut
erforschen. Ich kann mir entsprechende elektrische Stromstöße
denken, die in den Raum hinausfahren, so wie Stöße es jetzt
tun, wenn ich in ein Rundfunkmikrophon spreche. Und ich kann
mir vorstellen, daß diese Stromstöße von meiner warmen, ein
wenig feuchten Hand einen Apparat erreichen, in dem eine Vor-

richtung ist, um ein elektrisches Feld oder einen Hof zu schaffen, der genau dem am Senderende gleich ist. Am Empfänger bringt mein Freund seine Hand ganz nahe an diese Vorrichtung heran, berührt sie aber tatsächlich nicht. Leichte elektrische Wellen gehen von ihr aus. Ein Ring wird erzeugt, das Abbild meiner Hand. So wie eine Membrane in einem Telephonhörer die Stimme verdoppelt, so werden diese Wellen eine Antwort geben, die er als Berührung meiner Hand empfinden wird. Die Wirkung der kleinen Falten, die Wärme, die leichte Feuchtigkeit, alles wird er fühlen.

Die Übermittlung von Geruch und Geschmack mögen leichter sein, als Fernberührung, obwohl sie heute ebenso phantastisch erscheinen. Die beiden sind innig verbunden, was mich daran erinnert, daß der elektrische Gaumen mit seiner elektrischen Nase verbunden werden muß, wenn ich in New York ein in New Orleans serviertes Nachtessen schmecken und daran schnuppern soll. Es gibt bei diesen elektrischen Barmekidenschmäusen keine Nahrung. Ich kann verhungern, wenn ich die Schöpfungen eines entfernten Escoffier gerochen und geschmeckt habe. Aber ich könnte auch bei dieser zugellosen Prasserei schwelgen, ohne mir den Magen zu verderben oder die leichteste Störung zu fühlen. Und die Weine des berühmten Weinberges, die ich fünfliterweise trinken könnte, ohne daß ich in einer betrunkenen Betäubung unter den Tisch gleite!

Wenn wir heute ein Filmdrama auf der Leinwand abrollen sehen, schreiben wir die Stimmen den photographierten Schauspielern zu und vergessen für den Augenblick, daß Bilder nicht sprechen können. Sind unsere Vorstellungen so mächtig, daß sie gleicherweise fünf verschiedene Sinnesempfindungen auf einmal verbinden und eine überwältigende Einbildung der Wirklichkeit schaffen können? Vielleicht. Bevor der Tonfilm eingeführt war, zweifelten die Skeptiker, daß Augen und Ohren gleichzeitig zum Narren gehalten werden könnten. Die Notwendigkeit, gleichzeitig fünf verschieden aufgenommene Sinnesempfindungen hinzunehmen, macht mich glauben, daß wir dann nicht mehr genug Zeit haben, sie auseinanderzuhalten. Abgesehen davon sind wir von einem leicht zu täuschenden Geisteszustand, der uns heute vergessen macht, daß die Schauspieler auf der Kinoleinwand keine lebenden menschlichen Wesen sind.

Wie unmerklich sind diese elektrischen Ausweitungen der Sinne! Wenn ich den Telephonhörer aufhänge, wird die Welt wieder wie sie war. Das Schnappen eines Schalters beim Unterbrechen des Stromes und der Rundfunkgeist ist weg, ob er nun

das Zimmer durch den Lautsprecher oder durch den Fernsehschirm betritt. Dennoch muß das nicht so sein. Man kann diesen Geistern auflauern, sie erwischen, sie dazu bringen, daß sie sich wieder brüsten, spielen und singen. Denn jede Schwingung kann aufgezeichnet und wiederholt werden.

Es ist heute üblich, Rundfunkansprachen zu überschreiben. Die erschütternde Abschiedsrede des ehemaligen König Eduard, die er anläßlich seiner Abdankung hielt, wurde in New York vierundzwanzig Stunden später auf Platten verkauft. Gleich steht es mit dem Fernsehen. Das sich bewegende Bild kann als deutliche Spur auf einem Phonographen aufgenommen werden, denn die elektrischen Wellen, welche die Bildpünktlein tragen, können veranlaßt werden, eine Aufnahmenadel zum Schwingen zu bringen. Die Bilder werden jetzt in Grunzen, Winseln und Keuchen übersetzt. Dem ungeschulten Ohr erscheinen diese seltsamen Geräusche bedeutungslos. Aber der erfahrene Fernsehingenieur kann sagen: „Das tönt wie Bergers Gesicht. Und die zweite Platte war, ich bin beinahe sicher, ein Park oder eine Wiese. Grünes Gras knistert derart.“

Man braucht nicht während Monaten solchen Schallplatten zu lauschen, wie dieser Ingenieur, um durch das Gehör ein Gesicht von anderem unterscheiden zu lernen. Die Geräusche können wieder in elektrische Wellen zurückverwandelt werden, und die elektrischen Wellen in sinnhaftes Fernsehen. So wird es mit der „Teletaction“ (Fernfühlen), Telegustation (Fernschmecken) und Teleolfaction (Fernriechen) sein, wenn wir Wörter prägen müssen, die dem „Telephon“ entsprechen. Man kann jede Sinnesempfindung, welcher Art sie auch sei, durch Töne wiedergeben. Der Ton kann erzeugt und in Wellen umgewandelt werden, die über einen Draht durch den Äther schlüpfen; die Wellen können an ihrem Bestimmungsort in Dinge übersetzt werden, die wir bereitwillig für die geschmeckten, gerochenen oder gefühlten Originale halten.

Mit den fünf aufzuzeichnenden und nach Laune wiederzugebenden Sinnesempfindungen wird das Nachtessen, das ich im Jahre 1982 in der Villa Farnese mit Rosalie so sehr kostete, nicht von bloß geschichtlichem Interesse sein. Ich kann mich immer wieder daran erfreuen. Unsere flirtenden Sticheleien, ihr spöttisches Lachen, die dazwischen brausende Musik des kleinen Orchesters, unser Anblick, wie wir im Freien unter Bäumen saßen, alles wird für meine wehmütige Freude bewahrt bleiben. Selbst die dunkle Andeutung des Comersees im Hintergrunde und das gelegentliche Auffallen eines Blattes auf dem Tische.

Man sieht, wohin ich treibe. Unsterblichkeit! Elektrische Unsterblichkeit! Diese alten Erzählungen von Toten, die auf dem Friedhofe wieder für einige Stunden Leben gewinnen, scheinen nun glaubhafter zu sein. Denn alle elektrischen Geister der toten Vergangenheit können aus ihren Klangspurgräbern wieder heraufgerufen werden, zwar nicht durch das Murmeln geheimnisvoller Formeln und anderen mittelalterlichen Hokus-pokus, sondern durch Elektronenröhren, Induktionsröhren, Schalter und Kontrollknöpfe, die sehr denen eines heutigen Rundfunkgerätes gleichen. Es gibt nur eine Bedingung. Die Vergangenheit muß mit Hilfe der Wissenschaft geziemend als Ton begraben worden sein. Läßt man sie in den Raum entweichen, ist sie für immer verloren.

Gewiß, die Geister werden die gleichen Gesten machen, die gleichen Worte wiederholen. Ihre Hände werden die unsern immer mit dem gleichen Drucke drücken. Und der Duft der Rosen der Vergangenheit, den wir einschlürfen werden, wird sich niemals ändern. Dennoch werden diese elektrischen Gespenster viel wirklicher sein als die leblosen Worte meines Tagebuches: „31. Dezember 1944. Silvesterabend im Flamingo-Club mit der Familie Underwood; jedermann fröhlich und lärmend. Ging erst um 5 Uhr früh nach Hause.“ Es ist ein vergnüglicher Zeitvertreib, einen solchen Eintrag mit seiner Bedeutung zu umkleiden. Aber das erfordert schöpferische Anstrengung der Vorstellungskraft. Und wie dankbar auch das Ergebnis sein wird, ist es dennoch ein Abweichen von der Wirklichkeit.

Was wissen wir von den Umständen, die die Unterzeichnung des Versailler Vertrages begleiteten? Die Berichterstatter beschrieben die öffentlichen Zusammenkünfte der Bevollmächtigten mit den lebhaftesten Worten, die sie zu finden vermochten. Noch leben Menschen, die Schauspieler in diesem Drama waren. Dennoch, was sind ihre Worte im Vergleich mit dem Ereignis selber? Selbst die Kunst eines Shakespeares ist unfähig, das Geschehene zu beschreiben. Wir wollen nahe der Bühne sein — wollen Wilson, Clemenceau, Lloyd George und Orlando sehen, hören, berühren. Wir wollen das Ereignis erleben, an ihm teilnehmen. Das wirkliche Leben der Vergangenheit: das wollen wir. Die Wissenschaft hat bereits die Grundlagen zu dem gelegt, was man „überlebende Ingenieurkunst“ nennen kann, mit dem Telephon, Rundfunk, Fernsehen und der Kunst, elektrische und mechanische Wellen und Schwingungen aufzuzeichnen.

Es ist mehr als wahrscheinlich, daß Ihre Ur-Ur-Urenkel die Möglichkeit haben, mit Ihnen durch Ihren gefangenen Geist be-

kannt zu werden. „Laßt uns den alten, netten Kerl sehen und feststellen, wie er war“, wird Ihr Nachkomme sagen. Er wird eine Stufenleiter emporsteigen und vom Gestell ein Paket von Tonfilmen (Band oder Platten) herunternehmen, zu dem Sie nun geworden sind, entstaubt Sie und „spielt“ Sie, gerade als wenn Sie die neueste Tanzplatte wären. Und Sie leben wieder, so wie Sie in jenem Augenblicke lebten, als der Wohlgeruch Ihrer Knopflochblume, der Anblick, der Ton und Ihre Berührung in elektrische Wellen übersetzt wurden. Ihr Geist geht, lächelt, lacht und öffnet die Arme zu einer Umarmung.

„Warum mußte er sich mit dieser Krawatte und diesem Kragen selber würgen?“, fragte jemand.

„Man sieht leicht, daß unser Jugendbewahrer, Androsteron 27, noch nicht isoliert worden war“, wird ein anderer ergänzen. „Dieses graue Haar mit Sechzig, diese Falten, diese lederne Haut — wie abstoßend, wie unnötig, wie leicht zu vermeiden!“

Man vergrößere irgendeine Tonspur, und sie erscheint als wellenförmige Linie mit seltsamen Sägezähnen, gerundeten Buckeln und Tälern. Physiker und Ingenieure, die ihr Leben dem Studium der Sprech- und Hörapparate widmen, können beinahe aus dem Gedächtnis eine ziemlich genaue Kurve aufzeichnen, die uns nichts sagt, die aber in ihren geistigen Ohren so laut als „Boot“ ertönt, als wären die Worte gerufen worden. Tatsächlich hat ein deutscher Ingenieur sogar vorgeschlagen, daß Tonfilmhersteller sich von dem Orchester befreien. „Man zeichne auf dem Papier jene Art der welligen Tonspur, wie sie die Musik erzeugt, wenn sie den Donauwalzer spielt, man übertrage das entweder auf eine Platte oder einen Streifen, und man braucht keine Posaunen, Geigen und Klarinetten mehr und muß sich nicht mehr mit hundert Männern von Künstlerblut herumschlagen“, lautet seine Formel. Kein Zuhörer würde es merken, wenn der Zeichner seine Arbeit gut getan hat. Wie leicht kann eine falsche Note verbessert, ein unangenehmes Geschmetter des Bleches gedämpft werden, indem man einige Zentimeter der Kurve neu zeichnet.

Wenn das heute schon möglich ist, werden wir in einem Jahrhundert vermutlich schon schneller Sinneseindrücke von Dingen schaffen, die niemals waren. In wellenförmigen Tonspuren zeichnet man Bankette auf, bei denen unmögliche Gerichte serviert werden, die aber täuschend echt erscheinen, wenn sie auf dem Phonographen „gespielt“ oder durch einen Filmprojektoren abgerollt werden. Himmel und Hölle, Engel und Teufel werden jene von Dante und Milton übertreffen, denn sie werden

dreidimensionale sinnesmäßige Überzeugung mit sich bringen. Eine neue dramatische Kunst wird geboren werden, welche die vereinten Gaben Shakespeares, Wagners und Michelangelos und Fachleute der Synthese von Tonspuren der Düfte und Gerüche, der Berührungsempfindungen fordert, die ein Abgrund des Schreckens oder ein Gipfel des Glückes sein werden. Die letzten Spuren der Bühne werden verschwinden. Das Drama wird zu Hause durch Schauspieler gespielt werden, die niemals mehr als eine Erdichtung der Vorstellungskraft, niemals mehr als Geister waren, die Gedichte singen und Worte äußern werden, die nie gesungen und gesprochen worden waren, und die in Palästen und Gärten gehen und leben und lieben werden, die nicht einmal als Szenerie gemalt worden sind. Synthetische Geister, die ihr Leben in der synthetischen Welt haben, die nie sein konnte: selbst indische Mystiker dachten nie an solches.

LAIEN UND FACHLEUTE ALS ERFINDER

Nachdenkliche Studenten der Geschichte, der Wirtschaft und der Ingenieurkunst müssen durch den seltsamen Umstand überrascht werden, daß umwälzende Erfindungen gewöhnlich nicht innerhalb, sondern außerhalb einer Industrie gemacht werden. Der innenseitige Erfinder scheint durch die Tradition gefesselt zu sein; der „Außenseiter“ kümmert sich nicht um die Vergangenheit oder um den eingerichteten Herstellungsvorgang und greift ein Problem kühn an, ohne sich um die festbegründeten Rechte zu kümmern. Hier und da finden wir einige Spinner und Weber wie Hargreaves oder Crompton, die gewagte arbeitssparende neue Typen von Textilmaschinen patentieren ließen; aber in der Regel waren die Erfinder, deren Pläne es ermöglichten, in großem Maßstabe zu spinnen und zu weben und das Garn und das Kleidermachen aus dem Heim in die Fabrik zu verlegen, Außenseiter, die nie Textilien herstellten oder damit handelten.

So erfand Arkwright, ein ungebildeter Barbier und Friseur, den Spinnrahmen. Cartwright war ein Geistlicher und Dichter, als er seinen Sinn zufällig auf die Erfindung des Maschinenwebstuhls richtete. Watt beschäftigte sich nie selbst mit Dampfmaschinen, bis ihm ein Modell der Newcomen-Pumpe in seiner Eigenschaft als Instrumentenmacher des Glasgow-College zur Reparatur gegeben wurde. Eli Whitney war kein Baumwollpflanze, als er den Baumwollentkörner erfand, sondern ein junger Lehrer, der Anwalt werden wollte.

Weder Howe noch Singer waren von Berufs wegen an der Schneiderei interessiert, als sie ihre Nähmaschine erfanden. Fulton und Morse waren Künstler. Westinghouse, der Erfinder der Luftdruckbremse, war in seiner Jugend nicht Eisenbahningenieur, sondern ein glänzender Mechaniker, mit einer gewissen Kenntnis von landwirtschaftlichem Gerät und einigen ingenieurwissenschaftlichen Grundsätzen. Das Problem der Vulkanisierung des Gummi wurde durch Goodyear gelöst, einem erfinderischen Angestellten in einem Eisenwarenladen. Das erste menschentragende Motorflugzeug wurde durch die Gebrüder Wright, zwei Fahrradmechaniker, erbaut. Weder Mergenthaler noch Lanston waren berufsmäßige Schriftsetzer oder Drucker, als sie die Linotype- und die Monotypemaschinen patentieren ließen.

Derselbe seltsame Einfluß der Außenseiter zeigt sich in der Geschichte der Kriegsführung; nicht der feuerfressende, säbelsesselnde, sporenklirrende Soldat träumt von der Vernichtung ganzer Armeen, sondern der mildgesittete Zivilist und Mechaniker, der nie in seinem Leben unter den Fahnen gedient hatte. Die Outsider folgen einfach dem, was Veblen als den „Instinkt der Geschicklichkeit“ und Professor William McDougall besser als „Instinkt der Empfindsamkeit“ bezeichnet. Sie sehnen sich nach Reichtum, wie andere menschliche Wesen, aber sie waren nicht mehr von der Begierde nach Geld bedrängt als Milton, als er sein Verlornes Paradies schuf. Sie lassen ihre Erfindungen patentieren, aber die Patentgesetze sind für große Erfindungen nicht verantwortlicher, als das Autorenrecht für Dante und Shakespeare verantwortlich ist. Wirtschaftliche Bedingungen können den Charakter seiner Schöpfung bestimmen, aber der Außenseiter würde sie erfinden, selbst wenn er hungern müßte, so wie es Goodyear und Morse taten. Andererseits zeigt auch der Innenseiter den Instinkt der Betriebsamkeit, aber eher als Handwerker, der sich seine berufene Arbeit zu erleichtern und davon Nutzen zu ziehen sucht.

Der Außenseiter ist der weniger Beständige der beiden. Gewöhnlich ist er in traurigen Geldverhältnissen, und gewöhnlich fliegt er von einer halbvollendeten Erfindung zur andern. Selbst Edison, dessen Zahl von erfolgreichen, praktischen, gut-bezahlten Erfindungen ohnegleichen ist, wechselte seine Aufmerksamkeit vom Telegraphen zum Telephon, vom Phonographen zur Glühlampe, vom Film zu Lagerbatterien, von der magnetischen Ausscheidung von Eisenerzen zur Zementherstellung und arbeitete oft an verschiedenen Erfindungen zur gleichen Zeit. Cartwright, der immer in geldlichen Schwierigkeiten lebte, muß seine Familie zur Verzweiflung gebracht haben. Er machte in seiner eigenen Küche mit Maschinen Brot; er beschäftigte sich selbst mit Entwürfen zu einem Verfahren für feuersichere Häuser; brachte die Chemie dazu, die Landwirtschaft zu unterstützen; führte einen Dreifurchenpflug ein; experimentierte mit Fruchtbarkeitsstoffen; patentierte Maschinen, um Leinen heiß zu pressen (kalandern), um Seile zu drehen und Samtstöße zu zerschneiden und liebte nichts mehr, als Lesen und Gedichte zu schreiben. Eine Beschreibung von Ericssons Erfindungen (Kondensatoren, militärische Waffen, Lokomotiven, Schiffsantriebsmaschinen, Rattenfallen, Sonnenenergieanlagen und Kriegsschiffe) würde einen Band füllen. Sir Hiram Maxim gab sich mit beinahe allem ab, von Flugzeugen

und Maschinengewehren bis zu Glühlampen und gebackenen Bohnen.

Diese erfinderischen Außenseiter, die in einer Art von Raserei erfinden (Howe, Goodyear, Morse, Edison sind solche Fälle), benötigen eine Bremse oder einen Lenker in der Gestalt eines kühlen, leidenschaftslosen, hartherzigen, analysierenden Geschäftsmannes oder Geschäftsführers. Ihre Energien müssen richtig geleitet und überwacht werden. Nur wenige, wie Arkwright, Stephenson, McCormick und Bessemer, haben etwas Ähnliches wie ein zügelndes geistiges Schwungrad, und nur diese sterben reich. Wenn er nicht seinen hartgesinnten Freund und Partner Boulton besessen hätte, hätte Watt nicht die Dampfmaschine zu erfolgreichem Ertrag gebracht. Die eigenen Briefe Watts beweisen das. Ericssons finanzielle Transaktionen waren so seltsam, daß er vermutlich selber nicht wußte, wieviel er besaß. Seine Scheckbücher waren die einzigen Aufzeichnungen über das von ihm bezogene oder ihm geschuldete Geld. Seine geschäftlichen Partner allein vermochten ihn auf einem Wege des Geldverdienens zu halten, und selbst sie hatten es schwer, ihn dazu zu bringen, seine wertvollen Heißluftmaschinenpatente zu verkaufen.

Edison führte in den ersten Zeiten seiner blendenden Laufbahn keine Bücher, gab für die von ihm benötigten Materialien und Maschinen bloße Zahlungsversprechungen und kümmerte sich nie um deren Bezahlung, bis das Geld von ihm eingetrieben wurde. „So kam ich um diesen Humbug der Buchführung herum“, erklärte er. Erst später, als fähige Männer seine Geschäfte leiteten, wurde er reich. Hätte er nicht auf eigene Rechnungen Millionen verdient und verloren, wäre er vielleicht der reichste Mensch seiner Zeit gewesen. Es ist klar, der Geschäftsmann ist für den Außenseiter lebenswichtig, nicht bloß als Kapitalist, sondern auch als Erzieher.

Die andere Tatsache, die den Studenten der Wirtschaftsgeschichte verblüfft, ist das dem Spielglück vergleichbare zufällige Auftreten von großen erfinderischen Außenseitern. Ein Titan an mechanischer Genialität bringt eine industrielle Revolution. Er stirbt. Der Innenseiter erzeugt kleinere Verbesserungen, aber für den Augenblick ist der Fortgang der Erfindungsgabe in dieser besondern Industrie belanglos. Ein neuer Außenseiter muß auftreten, ebenso ungefesselt, ebenso romantisch, bevor eine neue Umwälzung geschieht.

Gewöhnlich vergehen zwanzig Jahre, bevor eine epochemachende Erfindung erfolgreich eingeführt ist, teils weil Zeit

und Geld für ihre Verbesserung verwendet werden müssen, teils weil die Trägheit der Geschäftsleute, die durch die Erfindung zum Gewinn bestimmt sind, überwunden werden muß. Zuweilen müssen mehr als zwanzig Jahre vergehen, bevor eine neue Erfindung erscheint, bloß um durch denselben Kreislauf zu gehen. So kann kein bemerkenswerter Fortschritt über Morse hinaus aufgezeichnet werden, bevor Edison seinen vierfachen Telegraphen erfand. Zwischen 1814, als Koenig seine erste wirklich verwendbare Dampfdruckmaschine für die Londoner „Times“ baute, und 1865, als Bullock die erste Maschine erfand, mit welcher er von einer Papierrolle drucken konnte, gibt es keine verblüffenden Veränderungen in den Druckmaschinen. Die vorkommenden Verbesserungen, obwohl wichtig, tragen nicht den sehr gewagten Charakter, der mit großen Erfindungen verbunden ist. Watt hat seine Erfindung um 1780 zu kaufmännischer Vollendung gebracht, aber obwohl das wichtige Prinzip der verbundenen Zylinder und der Richtweg von Corliss schon bald entwickelt wurden, packten De Laval und Parsons erst zwischen 1885 und 1890 das Problem der einander abwechselnden Kolben — eine Aufgabe, an der Watt gescheitert war — an und schufen damit die moderne Dampfturbine — einen ganz neuen Maschinentyp. Man brannte das Öl seit Jahrhunderten mit viel Ruß in Lampen, bis Argand im Jahre 1783 den zylindrischen Docht und das Rohr erfand. Seither gab es keine staunenerregende Verbesserung. Denn selbst die Anwendung des Welsbach-Brenners auf Ölgaslampen ist nur eine Übertragung der mit den Mänteln bei der Verbesserung der Gas-Straßenbeleuchtung gemachten Erfahrungen. Zwischen der Muskete und dem Maschinengewehr klafft eine Lücke von Jahrhunderten. Das letztere bleibt in der Hauptsache so, wie Maxim es hinterließ. Maschinenwebstühle, schon 1785 durch Cartwright erfunden, wurden nicht wesentlich verändert, bis automatische Webstühle vor verhältnismäßig wenigen Jahren eingeführt wurden. Der Phonograph von heute ist ziemlich so, wie Edison ihn erfand, denn selbst er experimentierte in den ersten Anfängen mit Schallplatten. Lowe und Welsbach sind die einzigen ganz hervorragenden Gestalten während eines Jahrhunderts der Gas-Straßenbeleuchtung, ungeachtet der vielen Männer, die die Methoden des Erzeugens, Verteilens und der Ausnützung des Gases für die Beleuchtung verbesserten.

Die Erfindungen sind so zufällig und spiellaunenhaft, weil sie nicht systematisch sind. Es war nicht eine Funktion der Industrie, neue Maschinen und Verfahren zu erfinden, weshalb

die Industrie auf eine den Aufschwung bringende Erfindung wartete, bloß um sie vor der zaghaften Anwendung hochfahrend zu betrachten. Der Begriff Erfindung wird hier in seinem weitesten Sinne gebraucht, um nicht bloß Fortschritte in der Mechanik einzuschließen, sondern auch den Fortschritt in der industriellen Verwendung von physikalischen und chemischen Entdeckungen.

Erfindung schließt Forschung in sich. Die „heroische“ Theorie von der Erfindung, die Annahme, daß ein Gedanke blitzartig aus dem Gehirn zuckt und der Welt einen plötzlichen frischen Anstoß gibt, muß verabschiedet werden. Die Maschine von Watt war eine Entwicklung. Neue Maschinenwerkzeuge mußten entworfen werden, um Zylinder mit der erforderlichen Genauigkeit zu bohren; die Hitzeverluste mußten untersucht werden; Modell nach Modell mußte gebaut werden, um die bewegenden Teile im richtigen Verhältnis zu bauen und den genauen Punkt zu bestimmen, an dem der Dampfstrom abgeschnitten und als Ausdehnungskraft benutzt werden konnte.

Das gleiche war mit der Linotype, mit der Schreibmaschine, dem Phonographen, der Glühlampe, mit jeder der Maschinen und jedem Verfahren der Fall, die uns so vollkommen scheinen, wenn sie ihren Platz in der Fabrik oder im Hause einnehmen. Meist war es ein unbeholfenes, immer wieder prüfendes Experimentieren, aber es verdient nichtsdestoweniger mit dem Namen Forschung bezeichnet zu werden. Es ist mit dem beschwerlichen, experimentellen Suchen nach dem geeigneten Wort verwandt, das die Werke eines lyrischen Dichters auszeichnet, und mit den vielen vorbereitenden Studien, die der Künstler macht, bevor er ein Wandgemälde zu malen unternimmt.

Das Bild hat sich verändert. Forschung, die Erfinden in sich schließt, wird nun in industriellen Laboratorien durchgeführt. Wissenschaftler und Ingenieure arbeiten in Gruppen. Sie werden fachmännisch geleitet. Sie folgen einem Plan. Als Ergebnis davon verschwindet der „heroische“ Erfinder.

Ein blendendes Beispiel dafür, was organisierte Forschung erreichen kann, zeigt die Deutsche Chemische Industrie. Mauve, der erste Anilinfarbstoff, wurde durch den englischen Chemiker Perkin im Jahre 1856 entdeckt, aber die chemische Kohlen-
teerindustrie war von 1900 an deutsch. Hunderte von Kohlen-
teerfarben, Drogen, Sprengstoffen, photographischen Entwick-
lern, Parfums und Gerüchen strömten aus Deutschland — alles
Erzeugnisse organisierter industrieller Forschung. Die deutschen
chemischen Gesellschaften schlossen sich bald zu einem macht-

vollen Trust zusammen und verlangten von jedem Stoff-Färber, Krankenhaus, Arzt, Krüppel, Lebensmittelerzeuger, Bäcker, Großschneider und Drucker in der Welt ihren Tribut. Wenn organisierte Forschung in der Erfindung neuer chemischer Produkte Erfolg haben konnte, konnte sie das auch bei der Entwicklung von Maschinen, Telegraphen, Beleuchtungsmitteln, Automobilen und andern Plänen.

Obwohl hervorragende Namen wie Coolidge und Langmuir mit der modernen Glühlampe, Cary und Scribner mit dem Telephon verbunden sind, sind Gruppenerfindung und -forschung zur Namenlosigkeit bestimmt. Wie kann es anders sein, wenn eine einzige Organisation, wie die Bellschen Telephon-Laboratorien, wenigstens tausend geschulte Wissenschaftler und Ingenieure beschäftigen? Gruppenerfindungen spiegeln eher eine Einrichtung als eine Persönlichkeit wider. Sie haben Charakter, aber es ist der Charakter der Eisenbahnen, einer Gemeinschaft, einer disziplinierten Gesellschaft. Der alte pittoreske und pathetische Kampf des gegen große Widerstände erreichten Erfolges ist vollständig verschwunden. Morse war dankbar für ein Darlehen von zehn Dollar, das ihn vor dem Hunger bewahrte; Howe war glücklich, seine Überfahrt über den Ozean durch Kochen für die Zwischendeckpassagiere zu verdienen; Goodyear wurde wegen Schulden ins Gefängnis geworfen — solche Gestalten werden immer seltener. Gruppenerfinder sind gut bezahlt; sie essen dreimal am Tage; sie gehen an ihre Aufgabe, neue Maschinen zu schaffen, so methodisch heran, als ob sie Büroangestellte wären. Sie gehören zu einer Berufsschicht, die nichts mit solchen ungenormten Sterblichen wie Eigensinnigen und ähnlichen Überspannten zu tun hat. Sie leben und sterben wie ihre Kameraden in jedem ertragreichen Unternehmen. Ein Samuel Smiles der Zukunft wird es schwer haben, anklagende menschliche Biographien über Männer zu schreiben, die miteinander in Laboratoriums-Gemeinschaften arbeiteten.

In diesen industriellen Laboratorien wird jede mögliche Phase eines Gegenstandes in Betracht gezogen. Daher finden wir, daß die Bellschen Telephonlaboratorien die Akustik und die Beziehungen des Ohres zum Klang untersuchen. In den Laboratorien der General Electric werden nicht nur die Lampen verbessert, sondern auch die chemischen Reaktionen in luftleeren Gefäßen studiert. Die Chemiker und Physiker der Eastman Kodak Laboratorien beschäftigen sich mit dem ganzen Gebiet der Chemie und sind vermutlich die über die chemische Wirkung des Lichtes bestunterrichteten Männer der Welt. Ähnlich wird

in den Du-Pont-Laboratorien die vielseitige Verwendung der Zellulose gemeistert, und damit die Herstellung von Farben, Lacken, künstlicher Seide und Hunderten von Ersatzstoffen für Knochen, Elfenbein und Leder ermöglicht. Die gemieteten Erfinder und Forschungsingenieure haben Hilfsquellen zu ihrer Verfügung, um die der Außenseiter kaum etwas weiß: Großzügig ausgestattete Bibliotheken, Versuchsapparate, Patentanwälte, Geld und Zeit. Es werden mit ausländischen Unternehmungen Verbindungen hergestellt, die sich ebenfalls mit systematischer Erfindung und Forschung beschäftigen, und es werden Übereinkünfte getroffen, um Patentrechte auszutauschen. Die Welt ist daher in ein Schleppnetz einer gutgeleiteten, weit-sichtigen Forschungsorganisation verstrickt; nicht der geringste Hinweis in der technischen Literatur, nichts in ausländischen Laboratorien Erfundenes kann ihnen entgehen.

Gezwungen, mit der organisierten Forschung, wie sie sich in einem gutorganisierten industriellen Forschungslaboratorium zeigt, in Wettbewerb zu treten, verschwindet der außenstehende „heroische“ Erfinder, der pittoresk und allein in einer Dachstube arbeitete. Edison mag der letzte und größte dieses Schlages gewesen sein. Wenn der heroische Erfinder oder Entdecker dennoch überlebt, ist es gewiß eher ein geschulter Wissenschaftler als ein Empiriker, der, wie Goodyear, geduldig und dank der Eingebung zehntausend Experimente durchführt, bevor er endlich die Vulkanisierung des Gummis erreicht.

XXI

W E R E R F A N D E S ?

Über 350 000 anerkannte Patente in einem Jahrhundert, ungefähr 45 000 Bewerbungen strömen jährlich in das Patentamt, ungefähr 31 000 Patente werden in einem Jahr anerkannt — gewiß, die Nordamerikaner sind das erfindungsreichste Volk der Weltgeschichte. Für die meisten von ihnen sind die Patente Maßstäbe, die es ermöglichen, die erfinderische Spannungsstärke abzulesen. Wie viele Patente werden jeder Million unter den wichtigsten Völkern der Welt zuerkannt? Die Antwort muß enthüllen, wo sie als Erfindervolk stehen.

Die Statistiker, die nach dieser leichten Methode vorgehen, stürzen in Fallgruben. Canada zum Beispiel anerkennt 85 Prozent seiner Patente für Ausländer, die zum großen Teil in den Vereinigten Staaten wohnen. Aber die Canadier gleichen sehr den Nordamerikanern. Die an sie ausgegebenen Patente in ihrem eigenen Dominion können keinen Anhaltspunkt für ihre technischen Fähigkeiten bieten, und Amerikaner, die ihre Erfindung in Canada patentieren lassen, versuchen offensichtlich, in einen nahen Markt einzudringen. Europa zeigt ähnliche Anomalien. Im Stichjahr 1925 anerkannte Holland 368 Patente und Belgien deren 2211. Ist es möglich, daß von zwei kleinen Nachbarländern, die kulturell ähnlich sind, das eine sechsmal erfindungsreicher ist als das andere? Abgesehen davon, ist die Natur des Patentbesitzes Bürgschaft genug. Einige Länder machen es leicht, eine Erfindung zu schützen, andere hingegen schwer.

Mark Jefferson löste dieses Problem glücklich. Er verglich die von 26 Ländern anerkannten Patente nicht mit ihren eigenen Bewohnern, sondern mit denen von 38 andern Ländern. Auf dieser Grundlage zeigte es sich, daß die Holländer in einem Stichjahre auswärts 1737 Patente erhielten und die Belgier 1559.

Wie stehen die Vereinigten Staaten da, wenn dieses Ellenmaß angewandt wird — das Land eines Bell, Morse, McCormick und Edison? Es steht auf der Liste an zwölfter Stelle. Hoch über allen stehen die Schweizer auf einem Turme mit 930 in fremden Staaten anerkannten Patenten auf jede Million ihrer Einwohner. Die Nordamerikaner sind daneben mit bloß 160 rührende Mittelmäßigkeit, die von Schweden mit 299 auf die Million, den Österreichern (298), den Deutschen (271), Neu-Seeländern (257), Dänen (236), Holländern (233), Norwegern (229), Franzosen (195), Engländern (188) und Belgiern (180) übertroffen

werden. Jefferson hat seine Folgerungen auf jedem zulässigen Wege geprüft. Wie er auch immer seine Tabellen jonglierte, immer standen die Schweizer an der Spitze.

Die Patrioten werden es nicht unterlassen, hervorzuheben, daß die USA. ein riesiges, wirtschaftlich unabhängiges Land sind; daß sie reiche und mannigfaltige Bodenschätze, eine protektionistische, die Ausländer entmutigende Politik und einen riesigen Binnenmarkt haben; daß ihre Bevölkerung Millionen von Negern einschließt, die keine Erfinder zu sein scheinen; daß sie, im Gegensatz zur Schweiz, nicht vollständig von industriell bedeutenden Ländern umgeben sind. Da er die Tauglichkeit dieser und ähnlicher Behauptungen anerkennt, untersuchte Dr. S. C. Gilfillan die Ursachen, entwarf neue Grundlagen des Vergleiches, machte alle Zugeständnisse, die vernünftigerweise verlangt werden konnten. Und doch standen die Schweizer wieder an erster Stelle.

Dieser patriotische, lebenslustige Mythos von der erfinderischen Vorherrschaft der Nordamerikaner stirbt nur schwer. Während ungefähr eines Jahrhunderts haben aufgeklärte Philosophen ihn zu ersticken versucht, womit sie jene meinten, denen Kriege, religiöse Bewegungen, wirtschaftliche Krisen, Forschung in der Wissenschaft, Versuche mit neuen Kunstformen, Forschungsfahrten in unbekannten Teilen der Erde, Aufstiege in die Stratosphäre Anzeichen eines ungehemmten innern Antriebes sind, der nicht nur ein einziges Land, sondern die ganze Gattung vorwärts und aufwärts aus dem heraustreibt, was immer noch ein halbbarbarischer Zustand ist. Um ihren Standpunkt zu beweisen, führen die Soziologen und Anthropologen Scharen von Erfindungen an, die gleichzeitig gemacht wurden. Professor William F. Ogburn und Dr. Dorothy Thomas haben eine Liste von 148 bedeutenderen wissenschaftlichen Entdeckungen und Erfindungen aufgestellt, die ungefähr zur selben Zeit auftraten. Es wäre nicht schwer, noch einige hundert beizufügen. Elisha Gray und Alexander Graham Bell reichten ihre Patentanmeldung für das Telephon am selben Tag ein; Tessie du Mozay (Frankreich) und Thaddeus Lowe (USA.) erfinden unabhängig voneinander das Verfahren, das Straßen-Leuchtgas herzustellen, indem sie Dampf über rotglühende Kohle streichen lassen. Kelly und Bessemer, der eine in Amerika, der andere in England, entdeckten, wie man Stahl erzeugt, indem man Luft durch das geschmolzene Eisen bläst und so die Kohle zum Brennen bringt; Hall in Amerika und Héroult in Frankreich stoßen innerhalb eines Monats auf den gleichen Weg der Aluminiumerzeugung.

Solche Beispiele findet man in der Geschichte der Technik immer wieder. Jedes Jahr gibt es Hunderte von „Interferenzen“ im Patentamt — gerichtliche Verfahren, um die Rechte der Erfinder zu wahren, die um Patente für genau gleiche Maschinen und Verfahren nachsuchen. Ist die notwendige Übung da, werden die Erfindungen, die wir unserm besondern Genie zuschreiben, unvermeidlich. Als die Dampfmaschine erfolgreich Wasser aus den Bergwerken pumpte und andere nützliche Arbeit leistete, war es selbstverständlich, daß Hunderte von Mechanikern daran dachten, mit ihr auf Hügel zu steigen, um Menschen und Waren zu befördern. Bevor es eine Lokomotive geben kann, müssen ein Dutzend Erfinder technische Probleme überwinden. Der letzte Mann in der Reihe, ein Mann mit dem Sinn des Ingenieurs für Proportionen und technische Tauglichkeit, der zufällig im richtigen sozialen und wirtschaftlichen Augenblick geboren wird und die richtige Rückendeckung hat, hämmert die besten Gedanken der Vergangenheit in ein praktisches Ganzes. Hierauf feiert ihn die Welt als den einen und einzigen Erfinder der Erfindung, die er nun vollendet hat.

Man denke an das Dampfschiff. Wer erfand es? Robert Fulton sicher nicht. Ungefähr dreißig mehr oder weniger erfolgreiche Dampfer waren gebaut worden, bevor sein Clermont im Jahre 1807 den Hudson pflügte. Wenn man wirklich prahlen will, muß man ein Genie wie John Fitch erwähnen, der mit Dampf im Jahre 1790 den Delaware auf- und abwärts fuhr; Oliver Evans baute 1804 für Philadelphia eine Verbindung von Bagger und Prahm, der auf dem Lande als Dampfautomobil und auf dem Schuylkill als Dampfboot fuhr; James Rumsey begann seine Experimente in der Gegenwart George Washingtons; John Stevens baute einen schraubengetriebenen Dampfer im Jahre 1799. In England brachte William Symington mit einem Ruderradboot im Jahre 1787 das Wasser zum Schäumen. Seine Charlotte Dundas (1802) war ein bemerkenswerter Erfolg. Fulton wußte alles über die Bahnbereiter. Die Dampfschiffahrt begann kaufmännisch in den Vereinigten Staaten mit ihm, weil er und sein Teilhaber Livingston ein Monopol für die Schifffahrt auf dem Hudsonfluß erhielten. Wenn Gedanken wichtig sind — und sie bedeuten bei der Erfindung alles — muß man bis zu Jonathan Hulls zurückgehen, der im Jahre 1736 ein Patent in seinem heimatlichen England erhielt für ein Dampfschiff, das er zwar nie baute, das aber wenigstens ein Ausgangspunkt war. Man verfolge das mit Benzin getriebene amerikanische Automobil

bis zu seinem Ursprung zurück; es erweist sich an ihm sehr wenig als Amerikanisch. Man machte in den Vereinigten Staaten viel Lärm um George Selden, einen Patentanwalt aus Rochester, der 1879 um ein Patent für ein Automobil nachsuchte, mit dem seine Anwälte während einiger Zeit die Automobilindustrie aufhielten und tatsächlich 2 Millionen Dollar Entschädigungsgelder einzogen, bis Henry Ford eine Klage wegen Vertragsverletzung erfolgreich bestritt. Seldens Anspruch auf Unsterblichkeit ist nicht besser als der des Schweizers Isaac de Rivaz, der im Jahre 1807 einen gasbetriebenen Wagen patentieren ließ, oder der Lenoirs, der 1860 ein kleines Automobil baute, mit dem er die Spaziergänger auf den Pariser Boulevards in Erstaunen versetzte. Der Österreicher Siegfried S. Marcus begann seine Versuche vier Jahre später. Im Technischen Museum in Wien kann man immer noch seinen gasbetriebenen Wagen sehen, mit dem er 1875 fuhr, bis ihn die Polizei anhielt, weil er den Frieden störte. Tatsächlich stammen die heutigen Wagen von den von den Deutschen Daimler und Benz zwischen 1883 und 1885 unabhängig voneinander erfundenen und in die Tat umgesetzten Wagen ab. Von den seither gemachten zahllosen ingenieurwissenschaftlichen Verbesserungen können nur wenige den Amerikanern gutgeschrieben werden.

Man sage einem Europäer, daß Samuel E. Morse den elektrischen Telegraphen um das Jahr 1837 erfunden habe, und der Amerikaner macht dabei eine erstaunliche Entdeckung in bezug auf seinen Patriotismus als auch auf die Geschichte der Technik. Die Deutschen weisen mit Recht darauf hin, daß von Sömmering bereits 1809 elektrisch telegraphierte und daß Steinheil das Induktionsprinzip gleichzeitig mit Morse anwandte. Man gehe nach England, und man findet, daß die Lehrer ihren Schülern sagen, daß Cooke und Wheatstone im Jahre 1837 den Nadeltelegraph erfanden, der so heißt, weil eine Nadel auf einem Zifferblatt auf die Buchstaben zeigt und so die Wörter buchstabiert, dieses Verfahren ist so gut, daß es noch immer nicht aufgegeben wurde. Die berühmte Erfindung von Morse erweist sich als eine Verbindung von vertrauten Grundsätzen, was nicht gegen eine praktische Erfindung spricht, aber sie in ein wahres Licht setzt. Selbst das berühmte Morsealphabet war eine Anpassung des beim Signalisieren mit Semaphoren verwendeten Alphabetes.

Erfand Bell das Telephon? Zweifellos. Aber ein Deutscher wird auf das Instrument verweisen, mit dem Philipp Reis 1860, fünfzehn Jahre vor Bell, Musik, aber nicht Rede über einen

Draht sandte. Die Franzosen setzen sich für Charles Bourseul ein, bloß weil er den richtigen Gedanken hatte, obwohl er ihn nie verwendete. Europäische Zeitungen priesen ihn im Jahre 1854 als einen Zauberer, weil sein Prinzip ein solches Aufsehen erregte, und sie nannten seine Erfindung tatsächlich „Telephon“.

Der Deutsche Stampfer schlug im Jahre 1833 als erster den Film vor. Aber der Gedanke mußte von einem Lande zum andern weitergestoßen werden, bevor 1895 endlich Lumières das erreichte, was man einen praktischen Erfolg nennt. Muß man den Franzosen glauben, wenn sie darauf bestehen, daß die Vorgänger Lumières nicht zählen? Oder muß man auf die Amerikaner hören, die auf das von Coleman Sellers im Jahre 1861 patentierte Spielzeug „Stereophantoskop“ als das Urbild aller Filmprojektoren hinweisen? Oder soll man sich durch die Bewunderer von Edison beeindrucken lassen, die behaupten, daß wir ihm allein sowohl für den modernen Weg der schrittweisen Filmprojektion als auch für die ersten Tonfilme Dank schulden?

Wer erfand das moderne Verfahren der Stahlerzeugung? Selbstverständlich war es Kelly (1851), der Bessemer vorausahnte, aber seinen Prozeß vor den eigenen amerikanischen Gerichten aus gesetzlichen Gründen verlor. Aber der meiste Stahl wird heute nicht nach dem Bessemer-, sondern nach dem Siemens-Martin-Verfahren erzeugt. Der Deutsche Siemens erfand im Jahre 1861 den notwendigen Schmelzofen, und seine französischen Lizenzinhaber, die Gebrüder Martin, machten bedeutende Verbesserungen. Der Gebläseschmelzofen geht zurück auf den Engländer Darby (1713). Ebenso die Walz-Mühle.

Wer erfand die Glühlampe? Ganz Nordamerika ruft „Edison“. Aber der Engländer Joseph W. Swan trat gleichzeitig mit Edison mit einer verwertbaren Lampe hervor. Einige behaupten, daß seine Glühfäden sogar besser waren — eine engere Annäherung an das, was die Fäden in der Hochblüte des Kohlenstoffes wurden. Die Glasröhren, in denen das Neongas in einem durchdringenden Rot auf jeder Hauptstraße glüht, sind die Erfindung des französischen Physikers und Ingenieurs Georges Claude. Vor seiner Zeit gab es Dutzende von Versuchsrohren, in denen Gase und Dämpfe elektrisch geladen und damit durch Deutsche, Amerikaner und Franzosen zum Leuchten gebracht wurden.

Wer erfand die Mähmaschine? Natürlich Cyrus McCormick um das Jahr 1833. Aber die Schottische Mähmaschine (1794), die Salmon-Mähmaschine (1807) und Bells Scherenmähmaschine

(1826) schnitten Schwaden europäischen Getreides, bevor McCormick in Virginia seine erste Vorführung machte.

Wer erfand die Nähmaschine? Die Amerikaner preisen dafür Elias Howe. Aber es gab erfolgreiche Nähmaschinen, bevor er mit der seinen im Jahre 1846 hervortrat. Jene des Franzosen Thimmonier (1829) war so gut, daß die Pariser Arbeiter sie zerstörten.

Wer erfand den Lift? Nicht Otis. Er erfand bloß eine Sicherheitsbremse. Bergarbeiter wurden gehißt und in Schächte eingefahren schon Jahrhunderte vor ihm. Selbst in seiner modernen Entwicklung ist der Lift nicht amerikanischen Ursprungs. Der Engländer Armstrong erfand den hydraulischen Typ (1846), der Deutsche Siemens den elektrischen (1880).

Da die wirtschaftlichen Gegebenheiten in Amerika andere sind, passen sich die nordamerikanischen Erfindungen vor allem den Bedürfnissen an. Amerikanische Lokomotiven sind größer und stärker, die Züge länger und schwerer als die europäischen Gegenstücke, weil das Land riesiger, die Strecken länger sind. Die Eisenbahnen als solche wurden in Europa entwickelt. So ist es mit den meisten Erfindungen, die von den Amerikanern als Beweis ihrer technischen Überlegenheit herausgestellt werden. Wenn sie etwas erfinden, das verblüffend neu zu sein scheint, zeigt es sich, daß es die Europäer vor ihnen erdachten oder um dieselbe Zeit. Das ist genau das, was erwartet werden muß. Eine Kultur ist ein Teich, in den jede Nation mit der erforderlichen sozialen und wirtschaftlichen Umgebung hineintritt, um mit dem erforderlichen Geist und dem Ehrgeiz industriell groß zu werden.

Die Erfindungen springen nie vollkommen aus dem Gehirn des Erfinders auf das Zeichenbrett. Wie Pflanzen und Tiere sind sie Entwicklungen. Aus dem schleimigen Protoplasma entstand der Mensch; aus dem rollenden Klotz das Rad. Getriebe wird an Getriebe gefügt, Stab an Stab, bis zuletzt ein Gesamtes geschaffen ist, das keine Nationalität hat, aber das die Gedanken von tausend getrennten Vorstellungen verkörpert. Bevor diese technische Entwicklung sich abspielen kann, muß eine Erbschaft da sein. Edison hätte als Cromagnon-Mensch nicht die Glühlampe oder den Phonographen erfunden, sondern eine wirksamere Steinaxt, einen neuen Speer. Bevor es Edison, Morse oder Bell geben konnte, mußte es einen Volta, Faraday, Henry und hundert andere geben. Und vor diesen mußten Guericke und Franklin und staunende Barbaren sein, die aus geriebener Ambra und Pelzen Funken entlockten.

Wenn wir den Aufmarsch der Erfinder überblicken, die dieses Maschinenzeitalter geschaffen haben, vergessen wir die Nationalitäten, vergessen den kindischen Patriotismus, der dieses oder jenes Erreichte einem bestimmten Volksgeist zuschreibt. Diese Mechaniker, denen Kurbelwellen, Kettenglieder und Ventile so vertraut und sprechend sind wie die Wörter den Dichtern, und die aus einem Dutzend verschiedenen Böden entstammen, erscheinen im Gange der Zeit wie Kunstgenossen, die während Jahrhunderten einander ablösend an derselben Aufgabe schufen. Einer gibt seine Erfindung und seinen beschränkten Erfolg an den andern weiter, bis nach vielen langen Jahren und selbst Menschenaltern wir das Pferd und die Kutsche beiseite schieben und von New York bis San Franzisko durch die Luft hüpfen, miteinander über riesige Raumbereiche hinwegsprechen, und einander auf dem Fernsehschirm erblicken. Wir können die Edisons, Marconis und Bells nicht entbehren. Sie machen Kurzschuß in den technischen Bestrebungen der menschlichen Rasse. Aber wir hätten ihre Erfindungen früher oder später erhalten. Es ist die Rasse, die den Strom ergänzt, den Trieb nach vorwärts und aufwärts.

ELEKTRONEN

Das Elektron ist in jedem Hause, in der Luft und in jeder Fabrik am Werk. Wo immer Passagierflugzeuge über weite Strecken Landes oder Meeres fliegen, wo immer gezählt, eingehüllt, sortiert, verpackt, geheizt, Öl verfeinert und beobachtet wird, ist das Elektron tätig. Dennoch ist diese Elektronen-Industrie nicht neu. Während Jahren brauchte man Elektronen in Röntgenstrahlen, im Rundfunk und Fernsehen, in photoelektrischen Zellen, die bei unserer Annäherung Tore öffnen und während einer Minute oder Stunde an einem bestimmten Ort und auf hundert verschiedenen Wegen vorübergehende Fahrzeuge zählen. Der Krieg verwandelte Jahre zu Monaten.

Was wir hier haben, ist eine neue Herrschaft über elektrische Energie. Während Menschenaltern war die Elektrizität zum Telegraphieren, Telephonieren und Beleuchten verwendet worden. Dennoch wußte keiner, was Elektrizität ist. Franklin und die ihm nachfolgenden Physiker sprachen unbestimmt von einem „Fluidum“. Um die Jahrhundertwende kamen J. J. Thomson, Cambridge, und eine ganze Schule von Physikern, die zeigten, daß Elektrizität immer ein Strom von Elektronen ist, ob sie sich nun in einem Blitzstrahl oder einer Röntgenröhre oder einem Draht zeigt.

Die Entdeckung war von aufsehererregender Bedeutung. Die Elektrizität war nicht länger an Drähte gebunden. Sie war frei. In Zukunft konnte man sie durch dünnes Gas oder durch den Raum einer luftleeren Röhre schießen, um Wunder in Rundfunk und Industrie zu vollbringen. Eine seltsame neue Welt wurde eröffnet — eine Glaswelt, in der sich die Elektronen mit einer Geschwindigkeit bewegen, die zwischen 25 000 und beinahe 186 000 Meilen (ca. 40 000 bis 300 000 Kilometer) in der Sekunde liegt, eine Welt, in der die Zeit nach Millionstelsekunden gemessen wird.

Aber das ist nicht alles. Eine Lichtflut wurde auf den Aufbau der Materie geworfen — auf alles, vom Wasserstoff bis zum Uran. Der erste Wissensschimmer kam von der Röntgenröhre. Man halte einen Magneten nahe an eine solche Röhre. Das Glühen in der Röhre wird angezogen, als ob es aus sichtbaren Eisenkörnern bestünde. Wenn man aber diesen Magneten in die Nähe einer Kerzenflamme hält, geschieht nichts. Es ist klar, daß das Glühen in der Röhre etwas anderes ist. Aber

was? Thomson fand es heraus. Es ist aus Teilchen zusammengesetzt, die kleiner sind als ein Atom. Wir nennen sie Elektronen.

Die Physiker waren bei dieser Enthüllung wie vom Schlag getroffen. Sie hatten gelehrt, daß das Atom das kleinste unteilbare Stoffteilchen sei. Aber da war nun etwas viel Kleineres. Tatsächlich besteht zwischen einem Elektron und einem Atom ungefähr das gleiche Größenverhältnis wie zwischen einem Fußball und einer Scheune. Dann kam die erstaunliche Entdeckung, daß das Atom nicht ein einfaches Wesen ist, sondern einen Aufbau hat, der verwickelter ist als der einer Rechenmaschine. Es hat einen Mittelkern oder „Sonne“, um das die Elektronen wie Planeten kreisen — dieselben Elektronen, die in einem Blitz oder Strom durch einen Draht rasen, um einen Motor zu treiben oder eine Stimme von New York nach San Franzisko zu übertragen. Stoff und Elektrizität sind ein und dasselbe. Die Elektronen sind der Felsengrund des Weltalles. Nun verwenden die Ingenieure die Elektronen, Teile dieses Felsengrundes, als ihre machtvollsten und empfindlichsten Werkzeuge, mit einer in den Tagen von Morse und Bell ungeträumten Geschicklichkeit.

Bevor die Elektronen praktisch verwendet werden können, müssen sie aus dem Stoffe herausgerissen und befreit werden. Dies besorgt die Hitze. Jeder heiße Körper schießt daher Elektronen aus. Wir begegnen einer Schwierigkeit in der Form der Luft. Die Elektronen sind winzig klein, aber die Atome und Moleküle der Luft sind im Vergleich dazu riesenhaft. Sobald ein Elektron aus einem rotglühenden Eisenstück flieht, stößt es mit einem Luftatom zusammen und beendet seine Laufbahn. Deshalb mußten Elektronenröhren erfunden werden — Röhren, in denen nur wenig oder praktisch kein Gas ist, so daß die Elektronen hierhin und dorthin gelenkt werden können.

Schon in den achtziger Jahren hatte Edison bemerkt, daß die Birnen seiner Lampen schwarz wurden. Er erriet richtig, daß die Ablagerung auf dem Glas von den Fäden stammte. Er befestigte eine kleine Metallplatte in der Birne und bemerkte, daß der Strom von den Fäden an die Platten strömte und daß durch die Platte eine Art Schatten geworfen wurde. Im Schatten wurde das Glas nicht schwarz. Das war die erste Elektronenröhre dieser Art. Es war nicht Edisons Schuld, daß er diese Erfindung nicht ausnützte. Niemand wußte etwas von Elektronen.

Eine Elektronenröhre, die der Edisons sehr glich, wurde zuerst im Rundfunk von Professor J. Ambrose Fleming in Eng-

land verwendet. Aber es gab keine Kontrolle über die Elektronen. Dann kam die bemerkenswerte Erfindung von Lee de Forest. Er brachte zwischen den Fäden und der Platte ein Gitter an und lud das Gitter mehr oder weniger elektrisch. Wenn das Gitter elektrisch geladen war, wurden die Elektronen, die immer negativ sind, zurückgestoßen oder abgewehrt. Wenn das Gitter aber positiv geladen war, strömten die Elektronen mit erschreckender Geschwindigkeit hindurch. Das Gitter wirkte wie ein Zapfen in einem Rohr. Man konnte die Elektronen wie Wasser laufen lassen oder abstellen. Wenn man bloß ein Tröpfeln wollte, konnte man es haben; oder auch einen Schwall, wenn man es wünschte. Die Gründung der Elektronenindustrie war damit vollzogen. Endlich waren die Elektronen unter Kontrolle.

Beim Rundfunk wurde die von De Forest geschaffene Elektronenröhre zum ersten Male im Großen verwendet. Man kann diese Röhren in seinem Empfänger sehen. Sie sehen wie Lampen aus und glühen wie solche. In den Sendestationen sind ähnliche, aber viel größere Röhren. Eine Röhre kann Wellen aussenden und auch Wellen entdecken. Die Wellen sind unsichtbar, aber sie gleichen denen des Meeres, abgesehen davon, daß sie auf Wunsch größer oder kleiner gemacht werden können. Ein Empfangsgerät ist nur ein Sinnesorgan, das auf Wellen abgestimmt ist. Einige der Röhren in einem Rundfunkgerät sind Detektoren (Entdecker) und andere Verstärker. Die aufgefundenen Wellen sind so schwach, daß sie verstärkt werden müssen, sollen wir einen Vortrag oder die große symphonische Musik hören. Und wie sie verstärken! Man kann eine Stimme so anschwellen lassen, daß die Fenster zittern. Wenn man über den Ozean hinwegspricht, beleben solche Verstärker-röhren den ersterbenden Stimmstrom und beschleunigen ihn auf seinem Weg.

Auch beim Fernsehen sind die Elektronen an der Arbeit. Elektronenröhren erzeugen die bildtragenden Wellen, andere bieten das Bild dem Auge dar.

In der Schlacht werden die Elektronen zweifellos in hervorragendstem Maße durch Radar verwendet (Radar = Radio detekting and Ranging, das heißt Entdeckung und Ortsfeststellung durch Rundfunk). In England nennt man Radar „Rundfunk-Peiler“. Wie man es auch nennen mag, so rettete Radar Großbritannien in den schwarzen Tagen, die auf Dünkirchen folgten. Woche um Woche warfen die Deutschen Bomben auf Fabrikstädte. Weil die Engländer Radar besaßen, waren sie in

der Lage, ihre wenigen verfügbaren Jagdflieger genau dort einzusetzen, wo die feindlichen Flugzeuge auftauchten.

Radar entstammt nicht unmittelbar dem Kriege. Während Jahren hatten die Physiker die Höhe der sogenannten „Ionosphäre“ gemessen, die eine Art von unsichtbarem und unberührbarem, die Radiowellen zurückwerfendem Spiegel ist. Wäre dieser Spiegel nicht, so wäre es unmöglich, durch Rundfunk über den Ozean zu sprechen. Die stimmtragenden Wellen, die denen von Hitze und Licht gleichen, schossen in geraden Linien hinaus und würden in der Mitte des Ozeans von der sich krümmenden Erde abspringen. Nun aber werden die Wellen zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche hin- und zurückgeworfen und erreichen so schließlich ihr entferntes Ziel. Weil die Ionosphäre steigt und fällt, muß ihre Höhe täglich bestimmt werden, damit die Rundfunkwellen nicht die Empfangsstation verfehlen.

Einer dieser Messer war Sir Edward V. Appleton. Eines Tages bemerkte er, daß die Wellen vom Boden mit verdächtiger Raschheit zurückgeworfen wurden. Er forschte nach und fand, daß die Passagierflugzeuge über dem Flugplatz von Croydon die Wellen zu rasch zurücksandten. Den Briten ging ein Licht auf, und sie begannen sofort ihren Rundfunkpeiler zu entwickeln. In den Vereinigten Staaten wurden ebenfalls eine Anzahl Physiker ungefähr zur gleichen Zeit zu diesem Problem herangezogen, so daß es schwer ist, die große Erfindung einer Partei zuzuschreiben. Die Patente wurden für Rundfunk-Flugzeug-Entdeckungsmaschinen bereits im Jahre 1929 anerkannt. Man kann kaum von einem militärischen Geheimnis sprechen, sofern es sich um das Prinzip handelt.

Man wird für Radar auch Friedensverwendung finden. Seine beinahe grenzenlosen Möglichkeiten liegen nun zutage. Schiffe werden in dickem Nebel Zusammenstöße vermeiden, die Führer von Passagierflugzeugen werden genau ihre Höhe über einem Berge kennen, Uferlinien werden schon lange festgestellt werden, bevor sie erreicht sind.

Es muß heute mindestens tausend verschiedene Elektronenröhren geben, aber mit Ausnahme der photoelektrischen Zelle beruhen sie alle auf dem gleichen Prinzip. Immer schießt ein heißer Faden Elektronen aus, immer ist da eine Platte, und immer finden wir ein Gitter zwischen Platte und Faden. Öfter gibt es mehrere Platten und Gitter.

Die Röhren tragen Phantasienamen wie Pliotron, Thyatron, Klystron, Ignitron. Oft werden Röhren miteinander zur Erfül-

lung besonderer Aufgaben verbunden. Sie können so klein wie eine Walnuß oder so groß wie ein Mensch sein. Wenn man eine oder mehrere davon mit einem Motor, einer Türe, einem Treibriemen, mit irgend etwas, das sich bewegt, das schneidet, heizt, wacht, mißt, verbindet, so schafft die Verbindung, was menschliches Auge und Hand nie tun können. Keine andere menschliche Erfindung ist so vielseitig.

Die meisten dieser Röhren sind Blitzberechner und -messer. Gewöhnliche Handwerker haben keine Zeit und kein Wissen, sich vorzustellen, was in einem Schmelzofen oder einer Lohgrube von Augenblick zu Augenblick geschieht. Die Elektronenröhre mißt und berechnet in einem Nu. Sie macht das alles durch Umwandlung in elektrische Begriffe, die mit einem Blick von einem beliebigen Meßinstrument abgelesen werden können.

Wenn man wissen will, was eine kreisende Turbine in einem bestimmten Augenblicke macht, verwandelt die Elektronenröhre solche Veränderlichkeiten wie Druck, Schnelligkeit, Temperatur und einige andere in Stromschwankungen, und ein Meßinstrument gibt durch Überwachung der Schwankungen sofort die Antwort. Wenn man wissen will, ob ein Turm Benzin mit hoher Oktanzahl von irgend etwas anderem im richtigen Ausmaße und mit dem richtigen Grade der Reinheit trennt, erhält die Elektronenröhre wiederum die Auskunft in elektrischen Begriffen und übersetzt sie in die Maßsprache. Wir könnten ohne solche Hilfe synthetischen Gummi machen, aber der Chemiker wüßte nicht zu jeder Minute, wie es steht. Die Produktion wäre sicherlich langsamer und verschwenderischer. Wenn Schmelzofengase zuviel Feuchtigkeit enthalten, kann sich auf den Stahlteilen von Flugzeugen, Geschützen und Panzern Rost entwickeln. Die Röhre stellt genau den Augenblick fest, in dem die Gase zu feucht werden, weil der Wasserdampf die Elektronen mit den Sauerstoffatomen des Dampfes verbindet. Darauf fällt der elektrische Strom ein wenig in seiner Spannung, und der warnende Zeiger eines Messers weist auf eine Zahl der Skala, oder ein Licht blitzt auf. Ein solcher Elektronenmesser kann Feuchtigkeit in einem Gas feststellen, das dreitausendmal trockener als die Sommerluft ist.

Dann haben wir das Problem der Wärmekontrolle. Bei jedem Fabrikverfahren braucht man Hitze. Die Temperatur muß genau auf einem kritischen Punkte sein. Es gibt genug Thermometer, Pyrometer und andere hitzemessende Hilfsmittel. Aber wenn man die Temperatur auf hundertstel Grad genau

überwachen muß, benötigt man etwas Überempfindliches. Hier wirken besondere Elektronenröhren (Thyratronen und Pilotronen) als Impulsverstärker der Wärmeelemente oder Thermostaten. Die zum Löten von Maschinenteilen nötige Zeit wurde derart von 4 Minuten auf 40 Sekunden vermindert.

Es ist seltsam genug, daß eine der verbreitetsten Methoden zur Hitzekontrolle durch Elektronen aus der Medizin stammt. Während Jahren gebrauchten die Ärzte Rundfunkwellen, um innerliche Körpergewebe zu erwärmen. Man sitzt dabei zwischen zwei Platten, ohne sie zu berühren. Der Arzt schaltet den Strom ein. Kleine Elektronenröhren glühen, was bedeutet, daß die Elektronen von den glühenden Fäden abgeschossen werden. Es werden elektrische Wellen erzeugt. Sie durchdringen den Leib und veranlassen in unsern Molekülen eine solche Bewegung, daß tiefliegendes Fleisch erwärmt wird. So erzeugen die Maschinen künstliche Fieber, die den Blutumlauf verbessern und physiologische Vorgänge beschleunigen bei der Gicht, Geschlechtskrankheiten usw. Nun werden ähnliche Fiebermaschinen in den Fabriken aufgestellt. Tatsächlich wird in der Industrie mehr Rundfunkenergie verwendet, als alle Rundfunkstationen aufbringen können.

Die von den industriellen Fiebermaschinen ausgesandten Wellen erhitzen die Metalle und Kunstharze. Die Kontrolle ist genau die, die der Ingenieur braucht. Er kann ein Metall rotglühend machen oder bloß ein wenig erhitzen. Oder er kann die Hitze auf einen Fleck richten, der nicht größer als ein Stecknadelkopf ist, oder aber auf einen Quadratmeter. Man braucht Stunden und Tage, um Faltholzplatten aneinander zu befestigen. Jetzt benötigt man bloß einige Minuten.

In einem Metall werden zu gleicher Zeit ein Dutzend Nähte gemacht — 1800 „Stiche“ in der Minute. Beim „Fleckschweißen“ erfüllt die Elektronenheizapparatur ihre Aufgabe, bevor die ganze Metallmasse Zeit findet, sich zu erwärmen. Elektronenschweißen ersetzt im Flugzeugbau das Nieten. Diese Elektronenhitzer polieren auch das Metall. Es wird genug Hitze erzeugt, um die winzigen Hügelchen, die Rauheit verursachen, wegzuschmelzen. Mehr ist nicht nötig. Dabei wird Zinn gespart.

Eines Tages wird man in der Küche zum Brotbacken, zum Kochen von Eintopfgerichten und Braten von Fleisch Fiebermaschinen finden. Da diese Maschinen von innen heraus erhitzen, wird man die braune Rinde auf einem Brotlaib oder einem Rindsbraten vermissen. Aber es gibt keine Zweifel über die Wirksamkeit dieser Methode. Backen und Kochen können

auf die Sekunde genau festgelegt und automatisch abgestoppt werden. Man stelle sich vor, wie man ungekochte Nahrungsmittel im schönsten Porzellangeschirr auf einen Elektronenherd stellen, einen Schalter drehen und das Essen in wenigen Minuten auf den Tisch bringen kann. Das ist Kochen mit Elektronen.

Ingenieure sprechen von positiver und negativer Elektrizität, sie jonglieren damit je nach ihren Vorhaben. Dieses Jonglieren ist heute leicht geworden, denn eine Elektronenröhre, das Kenotron, verwandelt eine Art in die andere, hundert-, tausend- ja wenn nötig, sogar millionenmal in der Minute. Positive und negative Elektrizität ziehen einander an, aber negative stößt negative und positive die positive ab. Man stelle sich vor, die Küche muß gestrichen werden. Ein Kenotron wird angelassen, worauf die Farbe negativ geladen wird. Die Farbe fliegt zur positiv geladenen Oberfläche und bleibt dort haften.

Ähnlich kann man den Staub niederschlagen. Man lade den Staub mit einer Art Elektrizität und eine metallische Oberfläche mit derselben Art, und der Staub regnet nieder, um eimerweise weggebracht zu werden. In gewissen metallverfeinernden Anlagen sieht man eine fußweite, sich langsam drehende Trommel. Diese Trommel ist entweder positiv oder negativ geladen, so daß Erz auf die Trommel fällt. Zehn Millionen Teilchen, das heißt 10 Pfund konzentriertes Erz fallen herab, während der Rest ein wenig weiter geht, bevor er fällt. So hat man zwei deutliche Haufen, einer mit Erz, einer mit Abfall. Es ist möglich, so wenig wie ein halbes Prozent Zinn aus einem Erz herauszuziehen. Lebensmittel können sortiert werden, weil Wasser ein guter Elektrizitätsleiter ist. Vermutlich können Schmutz und Fremdkörperchen, wie Stiele von Trauben und kleinen Früchten, getrennt werden.

Diese Elektronenröhren sind, wie die Ingenieure sagen, „Rektifikatoren“. Mit anderen Worten, sie können Wechselstrom in Gleichstrom umwandeln. Wechselstrom fließt von einer Kraftstation in eine Lampe oder einen Motor und zurück, und zwar gewöhnlich 120mal in der Sekunde, so daß wir einen sogenannten 60-Phasen-Strom haben, da eine Phase aus zwei Schwingungen besteht. Gleichstrom fließt nur in einer Richtung, wie das Wasser in einer Leitung. Maschinelle Werkzeuge werden mit einzelnen Gleichstrommotoren getrieben, weil sie mit jeder Geschwindigkeit laufen können. Aber die Kraftwerke senden gewöhnlich Wechselstrom, der für Gleichstrommotoren ungeeignet ist. Deshalb hat man Umformer verwendet.

Sie sind verwickelt und infolge des Krieges schwer erhältlich. Da kommt die viel einfachere Elektronenröhre zu Hilfe.

Das ist für jedes Geschäft von größter Bedeutung. Es kann in einem Stockwerk zweihundert Maschinenwerkzeuge geben. Die Arbeit muß vom einen zum andern weiterfließen. Ein Unterbruch kann das ganze System zerstören, gerade wie ein geparkter Wagen den ganzen Verkehr einer lebhaften Straße blockieren kann. Alles hängt von dem Rhythmus des Systems ab, das wiederum vom Rhythmus der einzelnen Maschinen abhängt. Die Elektronenröhren (Thyratrone) liefern nicht nur den richtigen Strom, sondern sie halten auch Wache. Sie beschleunigen einen langsamen Motor, sie verlangsamen einen zu schnellen, sie halten die Geschwindigkeit gleichmäßig. Die Röhren werden in der Schwerindustrie unerläßlich, besonders bei der Umwandlung von Bauxit in Aluminium. Es wird Metall gespart, Energieverlust beschnitten, der Lärm gedämpft, die Reibung vermindert. Die Kontrolle ist von der Art eines Stechers an einer Büchse — empfindlich und unfehlbar.

Eine vertraute Art der Elektronenröhre, die aber für sich steht, weil sie keine Gitter besitzt, ist die photoelektrische Zelle oder das „Elektrische Auge“. Es schließt und öffnet seit Jahren Türen auf Bahnhöfen, wann immer es jemanden kommen sieht. Wie arbeitet es? Es verwandelt Licht in Elektrizität oder Elektrizität in Licht. Das ist die Grundlage des Fernsehens und aller Erfindungen, die Lichtbilder über einen Draht senden.

Man gehe in irgendein gutes pharmazeutisches Laboratorium, und man erblickt die Photoröhre, wie sie in eine Lösung guckt und dem Chemiker sagt, wieviel Vitamine sie enthält. Man gehe in eine Tabakfabrik; dort trennt die Elektronenröhre die billigen von den teuren Zigarren. Man gehe zu irgendeiner Fabrik, wo gepulvertes Metall zu Maschinenteilen gepreßt wird, und man sieht wie die Photoröhre die Teilchen sortiert und deren 50 000 in der Minute zählt. Man sieht in einem Eisenwerk, wie sie nadelfeine Löcher im Stahl entdeckt und die Dicke prüft. Eine dieser Elektronenröhren, das Spektrophotometer, unterscheidet 2 Millionen Farbschattierungen. Das Höchste, was ein Künstler in dieser Beziehung leistet, sind ungefähr 10 000 Farben. Man sieht leicht ein, was eine solche feinste Unterscheidung für Schneider, Tintenfabrikanten oder irgend jemand, der genau in der Besonderung sein muß, bedeutet. Das Raten im Zusammenstellen von Farben hat aufgehört.

Die Aufgaben der photoelektrischen Zelle gehen vom Herausfinden einer guten Pokerhand und dem Feststellen eines Diebes

beim Geldschrankknacken bis zum Leisten eines schlüssigen Beweises, daß ein Autofahrer die Schnelligkeitsgrenze überschritten hat. Wenn der Rauch aus dem Kamin zu dick ist — immer ein Zeichen, daß Brennstoff verschwendet wird — wird der Lichtstrahl abgeschnitten, wodurch die Ingenieure gewarnt werden, auf das Feuer achtzugeben. Alles wird genau abgeschätzt werden, die einen Tunnel durchfahrenden Automobile, oder die einen bestimmten Punkt auf der Straße passiert haben, die aus der Maschine kommenden gedruckten Papierblätter. Die Dicke des Papiers, wie es aus einem Brei in einer Maschine gebildet wird, wird gemessen und gleichmäßig erhalten. Risse und Löcher in dünnen Blättern werden entdeckt. Beim Stahl wird der „Müdigkeits“-Punkt bestimmt. Winzige Schwingungsquellen bei Flugzeugpropellern und Motoren werden entdeckt.

Es gibt in Maschinenfabriken Mikrometer, die Größen bis zu einem Tausendstelmillimeter hinunter messen. Die Elektronenröhre macht es noch besser. Kein Maß kann die Größe von Pulverteilchen von mikroskopischer Größe messen. Aber die Elektronenröhre vermag das. Tatsächlich ist sie imstande, einen Millionstelmillimeter zu messen. Das gleiche ist mit den Dämpfen der Fall. Wenn bloß ein Hauch von Unreinheit in einem Schmelzofen ist, findet es die Elektronenröhre heraus und wird rote Warnlampen anzünden oder Glocken schlagen. Die Fruchtplanzer haben Tausende von Dollars im Jahr gespart, dadurch, daß sie mittels Elektronenröhren zu schwere, zu leichte, entfärbte Orangen und Birnen ausschalten. Und all das mit Lichtgeschwindigkeit. Elektronenröhren prüfen sogar die Reife einer Melone und sagen genau, wenn sie von höchster Vollendung ist. Und dabei gibt es keine Druckstellen. Eines Tages wird jeder Gemüsehändler seinen Elektronenfruchtprüfer haben, und das heute unvermeidliche Raten wird beim Kaufe einer Melone überflüssig geworden sein.

Als wissenschaftliches Instrument ist das Elektronenmikroskop der bemerkenswerteste aller Elektronenapparate. So seltsam es scheinen mag, ist das Licht doch so plump, daß Vergrößerungen mehr als 2500mal praktisch nicht möglich sind, weil es mit Lichtwellen überschwemmt wird. Es ist ähnlich wie bei einem Schiffe, das wegen berghohen Wellen nichts mehr sehen kann. Deshalb muß etwas Feineres als Licht die Welt des Winzigen erforschen. Dieses Etwas ist das Elektron. Hüttenfachleute, Physiker und Biologen überfluten nun das, was sie sehen wollen, mit Elektronen und dringen derart in eine Welt vor, die ihnen bisher verschlossen war. Theoretisch kann das

Elektronenmikroskop um das 100 000fache vergrößern. Die Welt für einen neuen Pasteur ist offen, damit er uns sagen kann, was ein Virus ist.

Mittels des Elektronenmikroskopes hat man entdeckt, daß der Rauch in seiner Zusammensetzung beträchtlich verschieden ist. Mancher Rauch ist aus kleinen Würfeln zusammengesetzt, anderer aus kleinen nadelähnlichen Teilchen. Man hat Virus photographiert, das sonst unter dem stärksten optischen Mikroskop unsichtbar ist. Die geheimnisvollen Bakteriophagen, die, wie der Name sagt, Keime fressen, würden gleicherweise sichtbar gemacht. Die Schuppen auf den Fliegenflügeln wurden so stark vergrößert, daß sie wie Wolkenkratzerblöcke aussehen. Feine Pulver, Chemikalien, Papier, Kohle, der Aufbau der Metalle und synthetischer Gummi wurden untersucht. Jede Wissenschaft hat aus der Einführung des Elektronenmikroskopes Nutzen gezogen.

Die Ingenieure sind gegenwärtig über ihre eigenen Großtaten auf dem Gebiete der Elektronen beunruhigt — beunruhigt, weil sie fürchten, daß die Geschäftsführer der Industrie und die Öffentlichkeit zuviel erwarten. Der Verkauf der Elektronenapparate wird zweifellos abnehmen, aber die durch die Maschinenüberwachung und durch den Ersatz menschlicher Sinne durch Elektronenapparate gemachten Gewinne werden erhalten bleiben. Man fragt sich nur, bis zu welchem Ausmaße die Röhre gebraucht werden kann. Es ist gewiß, daß sie überall eingeführt werden, wo Zeit erspart und die Kosten vermindert werden können. Welches die Wirkung auf die Ausschaltung von menschlichen Arbeitskräften sein wird, ist unmöglich zu sagen. Aber eine Elektronenindustrie mit einem Kapital von 4 Billionen Dollar wird nicht so bald welken und sterben.

XXIII

DURCH FORSCHUNG ZUR EINHEIT DER WELT

Lange bevor Wissenschaft und Technik als formelle Lehrfächer anerkannt wurden, wurde die Forderung nach einer internationalen Organisation zur Erhöhung ihrer Wirksamkeit erhoben. In seiner „Neuen Atlantis“ schlug Francis Bacon ein „Haus Salomos“ vor, um das Wissen zu sammeln und für das Wohl der Menschheit auszusäen. Zehn Jahre später sprach Jan Comenius so erfolgreich von seiner „Pansophia“, die kaum vom „Hause Salomos“ unterschieden werden kann, daß sogar ein Gesetz eingebracht wurde, um ihr Form und Inhalt zu geben. Der Baconsche Plan hatte so viel Lebenskraft, daß er nicht zu sterben vermochte. Immer wieder wurde er verändert und ausgeweitet, um den Bedürfnissen des Tages zu genügen.

So wurde die Einheit der Welt mehr besprochen als heute. Wenn zu ihrer Ausführung bisher noch kein Plan von den im Amte befindlichen Staatsmännern vorgeschlagen wurde, so teilweise deshalb, weil wir im Griff der Überlieferung gefesselt sind und teils, weil wir uns fürchten, ein soziales Experiment ohne Vorgänger in diesem Ausmaße zu unternehmen. Mit einem Worte, die führenden Völker sind weder sozial noch psychologisch darauf vorbereitet, in Begriffen zu denken und zu handeln, die den Planeten und die Menschheit umfassen als in Begriffen von wirtschaftlichem und militärischem Interesse. Gedankliche Führer stimmen mehr oder weniger überein in bezug auf die Abrüstung und die Schaffung einer internationalen Polizeimacht, um den Frieden aufrechtzuerhalten, aber es gibt keine solche Übereinstimmung über das Bedürfnis nach einem Weltstaat oder selbst nur eines Staatenbundes.

Obwohl Abrüstung und internationale Polizeimacht das Gespenst des Krieges bannen könnten, sind sie sozial unzulänglich. Sie leisten keinen direkten Beitrag zur Vernichtung von rassischen und religiösen Vorurteilen oder wirtschaftlichen Rivalitäten, für die Hebung der wirtschaftlichen Lage der gegenüber den fortschrittlichen Ländern industriell rückständigen Nationen, für die Beseitigung des gegenseitigen Mißtrauens zwischen den Asiaten und Europäern, für die Schaffung einer Weltdemokratie, die sich auf die gemeinsame Erringung des Glückes stützt. So gut die Atlantik-Charta ist, so bewahrt sie doch das gegenwärtige System der Aufteilung der Erde in

unabhängige Staaten. Sie kann für jene Nationen Hilfsquellen und Märkte öffnen, die damit nicht so reichlich bedacht sind wie die Vereinigten Staaten, Rußland oder das Britische Weltreich, aber sie kann nicht die Menschheit mit einer gemeinsamen sozialen Zielsetzung erfüllen. Zutritt zu den Rohstoffen und Weltmärkten, was im vierten Artikel der Atlantik-Charta versprochen worden war, genügt nicht, kulturelle und wirtschaftliche Gleichheit zu bringen, wenn fördernde und erzeugende Technik das geistige Monopol der Amerikaner, Engländer, Deutschen und Russen bleiben. Öle in Indien bedeuten nichts für den Eingeborenen auf Borneo, wenn die organische Chemie für ihn ein Buch mit sieben Siegeln ist. Rückständige Völker werden sich ihres Mangels an wissenschaftlicher und technischer Unterweisung bewußt. Die Welt ist industriell bereits so weit geeint, daß eine Krise in einem Lande sich auf die andern Länder auswirkt. Aber Utopias erstehen nicht aus Krisen. Und Utopias haben eine Methode, das Muster der Kultur zu verändern.

Ungeachtet des Widerstrebens der großen Mächte, ihre alten Unabhängigkeitsrechte aufzugeben, sind die Anzeichen deutlich genug, daß Wissenschaft und Technik auf dem Wege zur Einigung vorangehen. Nur sehr langsam. Es bedeutet etwas, daß ein Engländer, Franzose, Amerikaner, Australier oder Italiener kaum unterschieden werden kann, sofern es die Kleider betrifft, nicht bloß, weil London die Mode in Kleidern und Hüten bestimmt und England das Textilzentrum der Welt war, sondern auch wegen der Nähmaschine. Es bedeutet etwas, daß die Automobile in allen Ländern sich einander sehr gleichen, daß die elektrischen Lichter in Millionen von Häusern in Europa und Amerika in Übereinstimmung mit denselben Prinzipien glühen. Es bedeutet etwas, daß Hottentotten, Chinesen, Kanadier, Franzosen, Amerikaner und Engländer sich über denselben Hollywood-Film vor Lachen schütteln oder sich an derselben aus New York oder London auf Kurzwellen übertragenen Musik begeistern. Es bedeutet etwas, daß jedermann in den fortgeschrittenen Ländern in ähnlichen Zügen, Dampfern oder Flugzeugen reist. Es bedeutet etwas, daß man in denselben Ländern mit Gas kocht, das von einer einzelnen örtlichen Quelle kommt, und den Schmutz aus den Teppichen saugt mit Hilfe der aus einem einzelnen Kraftwerk bezogenen Elektrizität. Es bedeutet etwas, daß Massenerzeugung und Normung, Qualitätsstempel der entwickelten Technik, durch jedes industrielle Volk übernommen wurden. Und es bedeutet ebenso etwas, daß die

Ärzte die Krankheiten überall, wo medizinische Schulen und Krankenhäuser sind, auf die gleiche Art feststellen und heilen.

Es ist aus all diesem offensichtlich, daß Wissenschaft und Technik langsam die Welt einen, auch wenn sie bisher mehr oder weniger steuerlos dahintrieben. Es ist wahr, dieser ungeleitete Vorgang war von neuen Bedürfnissen begleitet. Gummi und Öl, wolframsaurer Kalk und Zinn, Kohle und Eisen sind nicht gleichmäßig verteilt, mit dem Ergebnis, daß Hilfsquellen, die für Napoleon oder sogar Abraham Lincoln nichts bedeuteten, so wichtig sind für das industrielle Wachstum, daß militärische Völker nach ihnen hungern und sogar bereit sind, um sie zu kämpfen. Wir befassen uns hier mit der psychologischen Wirkung der Wissenschaft und der Technik. Diese Wirkung mag zersprengen, wie es zwei Weltkriege erwiesen zu haben scheinen, aber es ist eine tiefe Überzeugung vorhanden, daß Wissenschaft und Technik an sich gut sind, und daß sie es wert sind, aus sozialen und wirtschaftlichen Gründen gepflegt zu werden.

Wir besitzen in Wissenschaft und Technik sozusagen die einzigen einigenden Kräfte, über die alle Menschen übereinstimmen. Kriege wurden um Ländereien, um Märkte, um eine Reihe von wirtschaftlichen Gründen und sogar um Religion geführt.

Wie viele erstklassige chemische Forscher, Biologen, Physiker und Ingenieure auf der Welt sind, weiß keiner. Ihre Zahl kann nicht weit von 250 000 entfernt sein. Mit anderen Worten, 250 000 Männer und Frauen, die sich im Glauben, politischer Überzeugung, Farbe und Nationalität unterscheiden, ein Block der Menschlichkeit, der einen Großteil der geistigen Elite umfaßt, und der lebhaft damit beschäftigt ist, Gebräuche und Umgebungen zu verändern, hat dargelegt, daß Vorurteil, Patriotismus, Verschiedenheiten der persönlichen Überzeugung in einer gemeinsamen Aufgabe versinken können. Diese Männer und Frauen treffen sich in normalen Zeiten auf internationalen Tagungen und geben frei ihr Wissen der Welt. Es gibt in der ganzen Geschichte kein solches Beispiel. Die Religion predigt die Bruderschaft der Menschen. Die Wissenschaft übt sie aus. Man scheint auf diese Lektion nicht geachtet zu haben.

Die Wortführer der Wissenschaft und Erfindung haben nie auch nur eine halbe Möglichkeit gehabt, zu zeigen, was sie können. Wir stehen verwundert vor einer Glasscheibe, die wie eine Türvorlage gerollt werden kann, vor Vitaminen, die Pellagra und Beriberi heilen, vor Hormonen, die aus einem Idioten ein vernünftiges Wesen machen, vor dem Fernsehen, vor den Enthüllungen der synthetischen Chemie. Aber das ist das

Wunder, daß diese Triumphe so spät kamen. Nur unsere Blindheit, unsere Selbstzufriedenheit, unsere Überlieferungen, unsere Tabus, unsere angelegten Gelder können es erklären, warum wir nicht billige Automobile, herrliche Brücken, elektrisches Licht, Nylonstrümpfe und synthetischen Gummi schon vor Menschaltern und sogar vor Jahrhunderten hatten.

Gewiß, Regierungen, große industrielle Organisationen und Universitäten haben die Wissenschaft begünstigt und so zur totalen Summe des Wissens beigesteuert. Dennoch wuchs die Wissenschaft auf einem schmutzigen Wege. Sie war ohne bewußten sozialen Zweck. Galilei und Pasteur führten ihre Experimente mit wenig oder gar keinen Ermunterungen durch und stießen sogar auf Gegnerschaft. Selbst in unsern aufgeklärteren Tagen, trotz unseres Kultus der Wissenschaft, ist es für einen Physiker oder Biologen nicht leicht, für gewagte Ideen die nötige finanzielle Hilfe zu erhalten. Er muß mit dem Hute in der Hand vor irgendeinen Universitätsausschuß oder vor eine Stiftung treten und um Unterstützung bitten. Nur in den großen industriellen Laboratorien erhält er die nötigen Ausrüstungen und Geldmittel. Und dann muß er in einem engen Rahmenwerk für Gewinne arbeiten. Regierungen leiten Forschungen, aber sie geben viel mehr Geld für Rüstungen aus, als für die Wissenschaft als solche. Wegen dieses Systems des „laissez faire“ haben die physikalischen Wissenschaftler die Biologie übertrumpft, mit Ausnahme der Heilkunde und der Agrikultur. Der Grund liegt darin, daß in der Pflege der Chemie und der Ingenieurkunst Gewinne und militärische Vorteile liegen, während die biologischen Wissenschaften wenig versprechen, daß das Geld wieder herauskommt, oder daß ein Massenmord durchgeführt werden kann. Die Sowjetunion hat gezeigt, was auf allen Gebieten geleistet werden kann, wenn die Forschung richtig organisiert wird, und wenn die soziale Aufgabe vor Augen gehalten wird. Für sie sind Geologie und Botanik ebenso wichtig wie Hüttenkunde. Keine Wissenschaft hat den Vorrang vor den andern. Dieses Beispiel wurde noch nicht allgemein befolgt.

Weil die Zeit gekommen ist, wo man an die Menschheit statt an die nationalen Interessen denken muß, weil die Welt übereinstimmt, daß Wissenschaft und Technik gut sind, weil die Einheit der Welt durch die Forschung erreicht werden kann, wird hier vorgeschlagen, daß wir den Weg ebnen für die Welt-einheit durch Organisation und Pflege der Forschung im Weltmaßstabe und mit dem überlegten Zwecke, alle Länder auf

einen einzigen hohen wirtschaftlichen Stand zu bringen, allen Völkern einen gemeinsamen Blick in die Zukunft zu geben und sie derart für die Annahme einer einheitlichen politischen Ordnung vorzubereiten. Wir müssen Erfahrung bekommen in gemeinsamem Handeln und Denken, so daß wir uns selbst an den Gedanken der Zusammenarbeit gewöhnen können und uns selbst überzeugen können, daß wir gewinnen können, wenn wir Land, Meer und Luft als ein Ganzes betrachten, als die Gegenden und Länder als Einheiten für sich selbst.

Man nehme an, daß wir eine wissenschaftliche Weltkommission, einen Weltausschuß organisieren, und daß wir ihn durch Beiträge der teilnehmenden Völker finanzieren — Beiträge, die nicht höher sein werden als ein Viertelprozent der Vorkriegsbudgets, und die im Vergleiche zu den riesigen stehenden Heeren oder einer riesigen Armee keine finanzielle Belastung darstellen. Der erste Schritt besteht darin, aufzuzeichnen, was erreicht wurde und was noch erreicht werden muß. Die Wissenschaft als Ganzes muß das oberste Gebot sein. Der wissenschaftliche Weltausschuß muß nur seine Aufzeichnungen prüfen, um Lücken im Wissen festzustellen und ein Programm zu formulieren, das durch seine Ausführung sie ausfüllt. Wenn die Ergebnisse hereinströmen, werden einige der größeren Schandflecke unserer wissenschaftlichen Akten ausgelöscht sein.

Es ist zum Beispiel ein Schandfleck, daß noch immer Millionen über Gicht stöhnen, weil die Ärzte kaum etwas über ihre Ursache und Heilung wissen. Es ist ein Schandfleck, daß die Besiegung des Krebses wegen des Mangels an systematischem Studium über sein normales und anormales Wachstum noch nicht in Sicht ist. Es ist ein Schandfleck, daß wir bloß die unbestimmte Ahnung davon haben, was geschieht, wenn ein Rindsbraten gekaut und verdaut wird. Weil wir so wenig über die Mechanik der Vererbung wissen, warum wir blaue Augen oder Stumpfnasen von unsern Eltern erben — ist es ein Schandfleck, daß man nicht die 18 Millionen aus der amerikanischen Bevölkerung herausgreifen kann, die selbst geistig gesund sind, die aber als Träger von geistigen Mängeln betrachtet werden, die auf die nächste Generation überliefert werden können. Es ist eine Schande, daß man von den Viruskrankheiten so wenig weiß, daß ihnen Millionen erliegen. Obwohl ein heute geborenes Kind gute Aussichten hat, 64 Jahre zu leben, ist es eine Schande, daß ein Mensch mit fünfzig Jahren keine größeren Aussichten hat, hundert Jahre alt zu werden, als George Washington. Es ist eine Schande, daß Mil-

tionen von chemischen Verbindungen noch immer entdeckt werden müssen, die in der Heilkunde, Landwirtschaft und Industrie von ungeheurer Bedeutung sein können. Es ist eine Schande, daß wir nicht die Atome durcheinander schütteln können, um die Metalle industriell umzuwandeln, oder daß wir noch nicht eine lebende Zelle geschaffen haben, die sich zu etwas Höherem entwickeln kann. Es ist eine Schande, daß wir sehr wenig über das Innere der Erde wissen. Es ist eine Schande, daß wir nicht voraussagen können, wie das Wetter in vierzehn Tagen in Chicago oder New York sein wird.

Wenn die Wissenschaft durch den wissenschaftlichen Weltausschuß organisiert wäre, würden diese Lücken in unserm Wissen und viele andere endlich ausgefüllt werden. Da ein Erfolg in der Wissenschaft nie ein Endergebnis ist, sondern nur eine Türe, die neue Ausblicke eröffnet, würden beständig neue Fragen auftauchen. Diese würden systematisch aufgegriffen. Die Arbeit des wissenschaftlichen Weltausschusses würde nie zu Ende kommen. Mit einem solchen Zwecke und einem so weitreichenden Programm gibt es Aussichten, daß wir den Schritt der Entdeckungen beschleunigen könnten und den Vorgang der Einigung der Menschheit rascher zu machen vermögen, als durch die verfrühten Versuche zu verbündeten Staaten, die in wirtschaftlicher Lage, völkischer Zusammensetzung, politischer Überzeugung und industriellem Stand weit auseinandergehen, und die kein Zeichen geben, daß sie ihre Unabhängigkeit aufgeben wollen. Die Ergebnisse können nur soziale Bedeutung haben. Die Zivilisation ist die Herausforderung eines unpersönlichen Weltalls, besonders eine wissenschaftliche Zivilisation. Wissenschaft und Technik sind die mächtigsten Einflußkräfte in der heutigen Welt, sofern die Formung der Zukunft in Frage kommt, und sie sind noch zu Mächtigerem in der Welt von Morgen bestimmt. Wenn wir die Wissenschaft international organisieren und die Hilfe der Soziologen anwerben, um die Folgen von Entdeckungen und Erfindungen vorauszusagen, so weit das möglich ist, liegt es in unserer Macht, soziale Veränderungen zu lenken, die Welt mit neuen sozialen Absichten zu erfüllen, die Welt für die Einheit vorzubereiten.

Die Bedingungen, die zur Ausführung eines jeden solchen Vorschlages erfüllt werden müssen, sind jene, unter denen die Forschung am besten gedeiht, das heißt, volle Freiheit zu experimentieren, zuzuteilen, zu reisen und die Früchte der Entdeckungen für das Wohl der Gesellschaft anzuwenden. Polyani wirft ein, daß Planung unvereinbar ist mit der Freiheit der

Forschung oder irgend etwas anderem. Wenn Wirtschaftler den Begriff „Planung“ anwenden, dann denken sie an strengen Zwang in der kaufmännischen, industriellen und finanziellen Politik. Internationale Planung der Forschung aber fordert keinen Zwang, kein Geben und Hinnehmen von Befehlen. Aber es schließt die Planung von Gebieten in sich, die der Ausbeutung, der Rekrutierung von Forschern, der Fortdauer von Forschung und der Aufsicht. Da das Verfahren vollständig den in der Forschung beschäftigten Wissenschaftlern und Technikern überlassen werden muß, gibt es kein Vorrechnen der auf Projekte verwendeten Zeit und keine Vorwürfe, wenn greifbare Erfolge mißlingen. So riesig die Organisation sein kann, so braucht sie nicht jedes gute Laboratorium in der Welt zu umfassen, noch ist es nötig, daß sie es müßte. Die Universitäten, die im Sinne dieses Planes Hilfe erhalten, werden noch immer Forschung auf eigene Rechnung weiterführen.

Die Mitglieder des wissenschaftlichen Weltausschusses würden so freigiebig bezahlt wie die Richter des Obersten Gerichtes. Sie können nicht länger als zehn Jahre dienen, so daß Raum geschaffen würde für Männer, die Initiative und Vorstellungskraft der Jugend besitzen. Der Ausschuß wäre voll gewahr seiner sozialen Aufgabe, was bedeutet, daß das Unbekannte mit keinem Gedanken an Gewinne durchdrungen werden muß, aber mit der Überzeugung, daß die direkten materiellen Wohltaten sich vermehren. Er würde sich selbst nicht mit Erfindungen als solchen befassen, aber mit der Entdeckung der Grundsätze, die Erfinder, Ingenieure und Physiker anwenden könnten.

Selbst Völker, die die Vorschläge für einen Weltstaatenbund zurückweisen, haben alles zu gewinnen und nichts zu verlieren, wenn sie jeden Plan zur Lenkung der Forschung auf allen Gebieten unterstützen. Wir wünschen neue brauchbare Theorien und Entdeckungen, neues Wissen, neue Mittel, um fremde Völker zusammenzukitten.

Es gibt in all diesen grundlegenden Forschungen nichts Glücksspielmäßiges. Die Arbeit geht Jahr um Jahr weiter. Wenn ein neuer Pater Mendel neue Vererbungsgesetze aus Erfahrungen beim Pflanzenzüchten ableiten sollte, müßten wir nicht, wie in seinem Fall, vierzig Jahre warten, bevor unsere Aufmerksamkeit durch Wiederentdeckung auf sie gelenkt wird. Die nachhinkenden biologischen Wissenschaften erhielten einen gewaltigen Auftrieb, und die sozialen Wissenschaften könnten es ermöglichen, in bisher unbekanntem Ausmaße Gebiete zu erforschen und Versuche durchzuführen. Wir wünschen diesen

Vorgang der Einigung zu beschleunigen, der mit Dampfschiffen, Eisenbahnen, Rundfunk, Film, Automobilen und Ingenieurwissenschaft begonnen hat. Alle diese Erfindungen stammen aus der Wissenschaft.

Die internationale Organisation der Forschung schließt weit mehr in sich als die Förderung der Wissenschaft und Technik. Eine höhere Lebenshaltung muß begleitet sein von einer höheren Denkhaltung. Die Großtaten der Wissenschaft sind der Gegenstand manchen Wunders, obwohl ihre Verflechtungen oft übel vermerkt werden. Tief verwurzelte Tabus stehen den Versuchen mit Tieren, der Euthanasie, der Anwendung von Genetischen Gesetzen bei der Heirat entgegen. Rassenvorurteile, Chauvinismus, kirchliche, geschäftliche und berufliche Interessen müssen unterdrückt werden. Es gibt vielleicht weniger Aberglauben als zur Zeit, da Kolumbus sich auf seine Entdeckungsreise begab, aber es ist keine Ehre für eine angeblich aufgeklärte Wählerschaft, daß ein Dutzend astrologische Magazine in den Vereinigten Staaten gedeihen, daß Handlesen immer noch ein einträglicher Beruf ist, daß selbst gesetzte Geschäftsleute spiritistische Medien um Rat fragen. Whitehead hat bemerkt, daß leidenschaftslose, sachliche Haltung der Wissenschaft „den innigsten Wechsel in der Zukunftsaussicht gebracht hat, den die menschliche Gattung je erfuhr“. Diese Feststellung bezieht sich hauptsächlich auf intellektuelle Leser. In der Politik fehlt bekanntlich der wissenschaftliche Blick in die Zukunft. Wenn dieser Ausblick nicht der gemeinsame Besitz aller Menschen wird, werden die Parlamentarier immer gewählt werden, weil sie in ihren Gemeinwesen volkstümlich sind, und nicht weil sie Fachleute im Steuerwesen, in der industriellen Führung, Arbeit und Soziologie sind, und werden Demagogen immer mit ihren rednerischen Beschwörungen um sich werfen. „Einer der beiden einzigen Artikel, die mir in meinem Glauben bleiben“, sagt John Dewey, „ist der, daß die Zukunft unserer Zivilisation auf der Ausweitung und Vertiefung der wissenschaftlichen Haltung unseres Geistes beruht. Und daß das Problem der Probleme deshalb ist, zu entdecken, wie diese wissenschaftliche Haltung wirksam gemacht werden kann... Ohne im geringsten den Trost außer acht zu lassen, der den Menschen aus ihrer literarischen Erziehung kommen kann, möchte ich sogar so weit gehen und sagen, daß nur der stufenweise Ersatz der literarischen durch die wissenschaftliche Erziehung dem Menschen die fortschreitende Verbesserung seines Lohnes sichern kann.“ Es folgt daraus, daß eine der Aufgaben des wissenschaft-

lichen Weltausschusses der Entwurf eines neuen Erziehungsplanes ist. Die tote Hand des mittelalterlichen Klassizismus lastet immer noch zu hoch auf Volks-, Mittel- und Hochschulen.

Es ist nicht so sehr der Fall, daß die falschen Gegenstände gelehrt werden, als daß man sich den Gegenständen in falscher Weise nähert. Der Biologie- oder Chemielehrer behandelt seine Schüler so, als ob sie ebenso viele künftige Mendels oder Bunsens wären. Einige Laboratoriumsarbeit ist selbstverständlich notwendig, wenn auch zu keinem andern Zwecke, als um die wissenschaftlichen Methoden zu lehren. Ungefähr ein Jahr sollte für alle genügen, die nicht berufsmäßige Wissenschaftler werden wollen. Ungeachtet seiner soziologischen Pflichtversäumnis bildet sich kein Professor der Geschichte oder Literatur ein, daß er Universitätsneulinge und fortgeschrittenere Studenten zu Geschichtsschreibern und Dramatikern ausbildet. Er lehrt seinen Gegenstand kulturell, obwohl er selbst „Kultur“ zu eng auslegt.

Das so dargestellte Erziehungsproblem taumelt in einer Erhabenheit. Ohnmächtig, sich mit Volksschullehrern zu beschäftigen, die Gesetze einbringen, um die Entwicklungslehre zu verbieten, oder mit Professoren, die sich daran entzücken, wenn sie den syntaktischen Wunderlichkeiten bei Sophokles nachstellen, muß sich der wissenschaftliche Weltausschuß weitgehend auf das ungeheure Ansehen stützen, das er erwerben wird, und auf die Freidenkenden an den Schulen und Universitäten.

Trotz all unserer Druckknopf-Bequemlichkeit, trotz all unserer „elektrischen Augen“, die uns kommen sehen und bei unserm Annähern Türen öffnen, trotz all unseres Geredes von Umwandlung und Radioaktivität, ist die Wissenschaft dennoch nicht tief in die Massen eingedrungen. Man frage einen Geschichtspräsidenten, wie ein Telephon funktioniert oder was das grundlegende Prinzip des Filmes sei, und er ist verlegen. Es ist nicht sein Fehler, sondern der Fehler des Erziehungssystems. Es war nicht immer so. Ein geschulter Grieche der Perikleischen Zeit kannte die Geometrie und was es an Naturwissenschaften gab, und er sprach verständig beim Mittagessen darüber.

Die Wissenschaft muß mit Philosophie, Geschichte, Wirtschaft und den Schönen Künsten ein Ganzes bilden. Darwins Theorie von der natürlichen Auslese und vom Ursprung der Arten haben ihre Spuren nicht bloß in der Biologie, sondern auch in der Literatur hinterlassen. Aber wo ist der Universitätsprofessor, der sich viel aus Darwins Einfluß macht? Die Auffassung Newtons vom Weltall durchdrang jede Ritze des wissenschaft-

lichen Geistes. Aber nur wenige Philosophieprofessoren und Geschichtsschreiber der Wissenschaft verweilen bei dieser Tatsache. Freud hat die Behandlung des menschlichen Charakters in Bühnenstücken und Romanen mehr beeinflußt als irgendein Denker unserer Zeit, aber es bleibt den Studenten überlassen, seinen Einfluß zu entdecken, so gut es ihnen möglich ist. Dadurch, daß man durch Presse, Film, Rundfunk und in der Schule zeigt, was Wissenschaft bedeutet, wird die „wissenschaftliche Haltung des Geistes“, wie sie Dewey meint, am besten eingepreßt. Wenn einmal diese wissenschaftliche Haltung des Geistes erworben ist, werden wir für öffentliche Ämter nicht Anwälte und Bauern wählen, die zufällig in ihrem Gemeinwesen volkstümlich sind, und die politischen Ehrgeiz haben, sondern Männer, die das Recht haben, in den gesetzgebenden Behörden über Steuerfragen, Erziehung oder über so große Unternehmen wie den Bau von riesigen Wasserkraftanlagen und Kanälen gehört zu werden.

Der wissenschaftliche Weltausschuß muß sich deshalb mit diesem neuen, breiten Erziehungsplan befassen, ebenso wie mit der Organisierung und der Unterstützung der Forschung. Dieser Plan muß vollständig mit sozialem Zweck erfüllt sein. Was bedeutet Relativität und wozu veranlaßt sie mich? Warum beschießen die Physiker die Atome, um sie zu spalten? Was nützt es, wenn sie herausfinden, wie die Materie und damit das Weltall zusammengesetzt ist? Aus was bestehen die Sterne und was gewinnen wir mit dem Wissen über ihre Zusammensetzung? Solche Fragen sind berechtigt. Sie durchforschen tief die Ansichten, die selten in den Schulzimmern enthüllt werden. Der soziale Gesichtspunkt und die „wissenschaftliche Haltung des Geistes“ müssen sowohl von den Massen Asiens als auch Europas und Amerikas erworben werden. Es mag Jahrzehnte in Anspruch nehmen, sogar Menschenalter, aber es lohnt sich, diesen Versuch zu unternehmen.

I N H A L T

	Seite
Vorwort	5
I Atomenergie in Krieg und Frieden	7
II Unbegrenztheit der Forschung	29
III Der Aufstand der Chemie gegen die Natur	36
IV Eine Vorstadt der Zukunft	58
V Keine Kohle mehr — was dann?	67
VI Die Forschung zeichnet neue Wege des Lebens	76
VII Der Mensch und seine Welt	82
VIII Neue Blickpunkte auf die Sonne	90
IX Ein Stern explodiert	100
X Das Leben im Sonnensystem	107
XI Raketenflug im Weltenraum	114
XII Geburt und Tod des Mondes	128
XIII Erforscher der Lufthülle	132
XIV Die Entwicklung seit Darwin	144
XV Kann das Laboratorium Leben erzeugen?	152
XVI Warum können wir nicht ewig leben?	164
XVII Gehirnwellen	171
XVIII Der umgestülpte Geist	185
XIX Elektrische Unsterblichkeit	201
XX Laien und Fachleute als Erfinder	210
XXI Wer erfand es?	217
XXII Elektronen	224
XXIII Durch Forschung zur Einheit der Welt	234

