

# atom am horizont

Ernst H. Krause



BINDER

ERNST HERBERT KRAUSE

# **Atom am Horizont**

Mit einem Geleitwort von  
Professor Dr. Josef Schintlmeister

URANIA-VERLAG · LEIPZIG/JENA  
VERLAG FÜR POPULARWISSENSCHAFTLICHE LITERATUR

**Dieser Band ist eine wesentlich überarbeitete Zusammenfassung der beiden PASSAT-Bücher  
„Dem Atom auf der Spur“ und „radioaktiv!“ vom gleichen Autor**

**Lektor: Ewald Oetzel**

**1. Auflage, 1.–40. Tausend · Alle Rechte vorbehalten**

**Copyright 1960 by Urania-Verlag, Verlag für populärwissenschaftliche  
Literatur, Leipzig Jena**

**VLN 212 – 475,59,60 · ES 18 B 7**

**Einband, Schutzumschlag, Illustrationen: Eberhard Binder, Staßfurt**

**Satz und Druck: VEB Messe- und Musikallendruck, Leipzig**

**Buchbinderei: VOB Leipziger Volkszeitung**

**Printed in the German Democratic Republic**

## Geleitwort

Das künstlerische Schaffen beruht wie keine andere Betätigung des Menschen auf einem inneren Antrieb. Es ist aus mancher Lebensbeschreibung bekannt, daß dieser Trieb nach künstlerischer Tätigkeit oft als Zwang, als ein Müssen empfunden wird.

Auch von den großen Wissenschaftlern ist überliefert, daß sie unter diesem Zwang standen, der sich in einer Art besessener Hingabe an ihre Arbeit äußerte. Kunst und Wissenschaft werden also mit Recht oft in einem Atemzuge genannt. Sie unterscheiden sich aber in einem wesentlichen Punkt. Durch das Kunstwerk spricht die Persönlichkeit des Künstlers zu uns. Die wissenschaftlichen Resultate jedoch treten uns unpersönlich entgegen. Wäre Goethe durch irgendeinen Zufall als Kind gestorben, so wäre sein „Faust“ ungeschrieben geblieben, und auch niemand anders hätte dieses Werk schaffen können. Hätte jedoch nicht Röntgen die nach ihm benannten Strahlen entdeckt, so wäre, davon sind wir überzeugt, später jemand anders auf diese Strahlen gestoßen. Wir besäßen heute auch ohne Röntgen eingehende Kenntnisse über diese Röntgenstrahlen.

Dieser unpersönliche Charakter der wissenschaftlichen Ergebnisse, der wissenschaftlichen Literatur, insbesondere der Lehrbuchliteratur wird meist stark betont. Populärwissenschaftliche Bücher, welche in diesem Lehrbuchstile geschrieben sind, gewinnen meist wenig Freunde. Es ist aber notwendig, die grundlegenden Erkenntnisse der Naturwissenschaften in breiten Bevölkerungskreisen zu popularisieren. Nur so kann die Wissenschaft ihre gesellschaftliche Funktion, die Arbeit zu erleichtern und das Leben freundlicher zu gestalten, erfüllen.

Das vorliegende Buch von Dipl.-Phys. E. H. Krause geht in der Popularisierung der wissenschaftlichen Ergebnisse einen sehr glücklichen Weg. Es zeigt, daß hinter der „trockenen“ Wissenschaft die Persönlichkeit des Gelehrten steht, der, geistig ringend, sein Werk gestaltet und viel häufiger, als der Außenstehende denkt, seine neuen Erkenntnisse intuitiv gewinnt.

Die erzählende Gestaltung trägt dazu bei, daß sich das Buch wie ein Roman liest, den das Leben selbst geschrieben hat. Die Wissenschaft von den Atomen wird so mit pulsierendem Leben erfüllt.

Der Autor ist als Wissenschaftler im Zentralinstitut für Kernphysik in Dresden-Rossendorf tätig. Sein Beruf ist es, unsere Erkenntnisse über die Atome und insbesondere die Atomkerne zu erweitern. Daß es ihm auch erfolgreich glückt, diese Erkenntnisse zu popularisieren, zeigt der große Erfolg der ersten Auflage dieses Werkes, dessen zweite, stark überarbeitete Auflage nunmehr vorliegt. Die Vorzüge des Werkes werden auch der neuen Auflage eine weite Verbreitung sichern.

Prof. Dr. phil. habil. Josef Schintlmeister  
Zentralinstitut für Kernphysik  
in Dresden-Rossendorf

Dresden, im August 1960



## Der Bau der Welt

Er war weit genug gegangen, um die Eile der ersten Flucht aufzugeben. Ruhig schritt er aus, atmete gleichmäßig, um in der heißen, trockenen Luft Kräfte zu sparen, achtete auf die scharfkantigen Steine, die Flüchtlingswagen vor ihm aus dem Wege gerissen hatten. Die Sonne schien ihm von oben ins Gesicht, und weit vor ihm klapperte ein zweirädriger Karren.

Xenophanes sah nicht zurück, wo die Stadt Sardes schon vor Stunden hinter Hügeln und Zedernwäldern zurückgeblieben war, und er sah nicht zur Seite, wo grasbewachsene Hügel den Blick begrenzen. Er sah nicht die Erschöpften im Schatten einer Zypresse und dachte nicht an die verlorene Herberge. Gleichmäßig prägten seine Sandalen Spuren in den grauen Staub. Er wanderte westwärts nach der ionischen Küste.

Zur gleichen Stunde stiegen dort, wo die Stadt Sardes lag, Rauchwolken in den klaren Himmel. Der Horizont überzog sich mit dunkelgrauem Dunst. Das Feuer selbst konnten die Flüchtlinge nicht mehr sehen.

Xenophanes überholte den Karren, sah, wie die Leute zurückschauten, und hörte ihre Worte, aber seine Gedanken waren anderswo. Er dachte an Sardes. Der Perserkönig Kyros, der Sieger, würde auf dem Hügel vor seinem Zelt sitzen, inmitten kostbarer Beutestücke. Edelgeformte Krüge und getriebene Becher aus den weltberühmten Werkstätten, kunstvolle Waffen griechischer Schmiede, Tuche, Gold und Silber umgaben ihn. Und in seinem Zelt würden griechische Mädchen hocken, seine persönliche Beute, und der Sieger würde seine plündernden Soldaten gewähren lassen, würde hart und verächtlich die Gefangenen aburteilen, und seine Priester würden das Dankopfer

## Ein Flüchtling aus Sardes

für ihre Götter bereiten. Xenophanes dachte an seinen alten Lehrer, der tot oder gefangen sein mußte, und er hörte noch einmal die Stimme des alten Philosophen, der ihn gelehrt hatte, seinen Verstand gegen den blinden Glauben zu setzen. „Unsere Götter haben Menschengestalt, weil sie von den Menschen geschaffen wurden.“ Und Xenophanes fügte sarkastisch hinzu: „Besäßen Ochs, Pferde und Löwen Hände und könnten damit Statuen ihrer Götter anfertigen, so würden sie diesen ohne Zweifel die Gestalten von Ochs, Pferd und Löwen verleihen.“

Wer von den griechischen Kolonisten rechtzeitig vor den Persern hatte fliehen können, zog westwärts, um eine neue Heimat zu suchen. Xenophanes dachte über ihr und sein Schicksal nach. Er sah, wie manche den besten Hammel opferten, um die Götter günstig zu stimmen. Grimmig lächelte er darüber und ging grüßlos vorbei, ohne auf den eigenen Hunger zu achten. Was hatten die Götter getan, um seine Landsleute vor dem Unglück zu schützen? Hatte man den Göttern nicht Tempel gebaut, Stiere und das Herzblut von Lämmern geopfert? Hatte man ihre Bilder nicht geehrt? Und sie hatten nicht geholfen, nicht helfen können, weil sie gar nicht existierten. Schwerter und Pfeile gab es, Krieger, Weiber, Kinder und Sklaven lebten, Sand und Zedern, Oliven und Steine, Erde, Luft und Wasser waren wirklich. Sonne, Sterne und Feuer leuchteten, Berge und Flüsse, Land und Meer waren da. Gab es eine göttliche Allmacht, so mußte sie allgegenwärtig und in allen Dingen sein, weise und unnahbar für die Menschen, nicht für oder gegen diesen und jenen. Die Götter, die seine Stammesgenossen verehrten, denen sie noch auf der Flucht ihre Opfer brachten, waren leerer Wahn, Produkte verirrter Phantasie.

Und als Xenophanes am Abend in der Nähe eines kleinen Gewässers lagerte und zusah, wie die Familie eines Töpfers unter der Anleitung eines Priesters ihren einzigen Zugstier opfern wollte, weil Zeus ihnen ein Wagenrad zerbrochen und mit noch anderen Zeichen seinen Zorn kundgetan haben sollte, da ging er zu ihnen hin. Er sprach den Töpfer an, sprach ruhig und vorsichtig; doch allmählich verdunkelte sich das Gesicht des Töpfers, die Frauen verhüllten vor Angst ihre Augen, und der Priester verfluchte ihn. Xenophanes zog sich zurück, setzte sich an das Wasser und sann, sah zu, wie sich die Sterne des Himmels langsam bewegten, hörte den Bach murmeln und dachte lange, dachte nach über die Lehren der alten Philosophen, über das Leben und die Wahrheit.

Da lebten die Leute, bauten sich Häuser, hintergingen einander, handhabten Waffen und disputierten miteinander, wurden von feindlichen Heeren vertrieben und zogen an andere Orte. Dort würden sie sich wieder einrichten, Kinder gebären, ihrer Arbeit nachgehen und Handel treiben. Aber vielleicht werden einige unter ihnen sein, die sich um die Erkenntnis der Welt bemühen, die ihre Gedanken auf das Wesen der Dinge und des Naturgeschehens richten.

Xenophanes sah zum Lager der Töpferfamilie hinüber, die ihn von ihrem Feuer getrieben hatte. Mußte man Zugeständnisse an die

geistige Trägheit der Menschen machen? Sie vertrugen es wohl nicht, wenn man ihnen die Götter plötzlich nehmen wollte. Er überlegte, wartete, bis der Morgen graute und zog weiter, ehe der Töpfer an Aufbruch dachte.

Tage und Wochen wanderte der Philosoph und Dichter Xenophanes. Auch als er den Machtbereich des Perserkönigs hinter sich gelassen hatte, suchte er keine Bleibe, sondern zog von Stadt zu Stadt, kehrte bei einfachen Menschen ein und sprach mit ihnen. Auf seinen langen, einsamen Wegen durch das ionische und griechische Land vertiefte er seine Weltansicht. Er lehrte, daß sich aller Stoff formt, bewegt und verwandelt durch den Weltgeist, der in allen Steinen, Pflanzen, Tieren und Menschen enthalten sei. Er sei das Einheitliche in allen Stoffen; er verkörpere das lebendige Naturgesetz.

Viele wandten sich aus Furcht vor der Rache der Götter von ihm ab, wenn er seine lästerlichen Reden von der Allmacht des Weltgeistes hören ließ, einer Kraft, die überall wirkt, unerschaffbar und unzerstörbar. Bei den Aristokraten fanden seine Ideen Verständnis. Die Lehren des Xenophanes leuchteten ihnen ein. Hier waren Gedanken, mit denen man den Bau der Welt, die Ordnung der Stoffe, das Schicksal der Lebewesen und die eigene Herrschaft erklären konnte.

Auch unter den Kaufleuten fand Xenophanes Anhänger. Sie rühmten seine Klugheit und Weitsicht, wenn er gegen die verschiedenen Stadtgötter und Stammesgötter auftrat. Jene religiösen Phantasievorstellungen behinderten oft die Produktion, hemmten den Handel und verteuerten die Waren. Leute wie Xenophanes schafften freie Bahn. Seine kritischen Gedanken waren für die großen Kaufleute bares Geld, und man unterstützte ihn und förderte seine Ideen.

Viele Jahre zog Xenophanes umher, trug selbst seine Lehren vom allgegenwärtigen Weltgeist von Stadt zu Stadt, disputierte mit anderen Philosophen über den Bau der Welt und erklärte jedem, der ihm zuhören wollte, daß alle Stoffe, die Flüsse, die Steine und die Ackerkrume, das Gras und die Bäume, belebt seien von ein und demselben Weltgeist, der nicht den Menschen gleiche. Der Philosoph Xenophanes starb im Jahre 473 v. u. Z.

Thales von Milet hatte das Wasser, das Flüssige, Feuchte, für den Urstoff der Welt gehalten, aus dem alle anderen Stoffe, die Pflanzen, Tiere und Menschen hervorgegangen seien, aus dem sie sich ernährten und in den alles, seine Gestalt verlierend, zurückfließe. Ein anderer Philosoph aus Kleinasien, Anaximenes, hatte gelehrt, die Luft, das Gasförmige, sei der erste Urstoff. Erde, Wasser und Wolken seien Verdichtungen, Feuer sei Verdünnung der Luft. Die Luft sei Trägerin allen Lebens, sie sei die Seele der Natur. Sie hatten als erste die Naturerscheinungen mit Hilfe eines einheitlichen materiellen Prinzips zu erklären versucht. Hauptgegenstand ihrer Philosophie war die Frage nach dem Urstoff, der sich im Wechsel der Erscheinungen erhält, aus dem alle anderen Stoffe gebildet sind und in den sie sich schließlich zurückverwandeln. Aus der ewigen Bewegung der Materie selbst erklärten sie alles kosmische Geschehen. Der Urstoff schien ihnen das

wichtigste Geheimnis der Natur zu sein, dem sie kraft ihres Geistes auf die Spur zu kommen hofften.

Xenophanes dachte sich diesen Urstoff belebt, beseelt, von einem göttlichen Geist tief durchdrungen. Er trat zwar dadurch der weitverbreiteten Vielgötterei entgegen, begründete jedoch, obschon in seiner Lehre noch materialistische Elemente enthalten waren, die idealistische Schule der Eleaten, die den Materialismus und die Dialektik der alten milesischen Denker bekämpften.

### **Der Einsame und sein Palast**

Die Stadt Ephesus lag an der ionischen Küste zwischen den Inseln Chios und Samos. Hier wohnte, abseits von den Häusern der vornehmen Kaufleute, abseits von den Werkstätten der Tuchmacher, Waffenschmiede und Bäcker, abseits von allen in einem weißen Palast Heraklit, der große Weise. Er verehrte die Künste und Wissenschaften. Doch er verachtete die einfachen Leute, die Handwerker und Händler, strebte leidenschaftlich nach sittlichen Idealen und schrieb seine Gedanken für die wenigen nieder, die ihn begreifen konnten. Freunde hatte er nicht. Selten klopfte jemand an sein Tor. Doch er wollte diese Ruhe, die ihm Zeit zum ungestörten Denken ließ. Er bemühte sich, frei von niedrigen Begierden zu leben. Die Götter, die solcher niedrigen Regungen wie Rache und Eitelkeit fähig sein sollten, verachtete er.

Mit seinem naturwissenschaftlichen Denken stand Heraklit zwar allein. Doch er erhielt genügend Kunde von dem Leben des Volkes, von den Fortschritten der Künste, von neuen Erfindungen, Lehren und Entdeckungen.

Der lebhafteste Handel mit Ägypten, Phönizien und Persien, die wachsende Produktion und die durch Erfahrungsaustausch verbesserte Herstellung der verschiedenen Waren förderten das wissenschaftliche Denken. Die besonders von Persern und Ägyptern übernommenen astronomischen Beobachtungen, die dazu notwendigen Gerätschaften und Rechenkünste belebten die Mathematik. Der sich entwickelnde Verkehr auf den Meeren lockte kühne Seefahrer auf Entdeckungsexpeditionen. Um 497 v. u. Z. veröffentlichte Hekataios von Milet eine Erdbeschreibung mit Erdkarte. Scylax erreichte auf seiner Entdeckungsexpedition den Indus. Brosius erfand für die Griechen die in anderen Ländern schon bekannte Sonnenuhr, Kleoxomenos und Demokleidos erfanden den optischen Buchstaben-Telegraphen.

Dieser allseitige Aufschwung befruchtete das Denken des Heraklit. Die Entwicklung der empirischen Wissenschaften verlangte nach neuen Grundlagen, die dem praktischen Denken neue Impulse zu geben vermochten. Heraklit dachte oft über das Sein nach; er schaute sich in der Natur um. Er sah die ruhelosen Wellen an den Küsten seiner Heimatstadt Ephesus, schaute nachdenklich in das braune Wasser des Mäanderflusses, und er sagte: „Ich kann nicht zweimal in denselben

Fluß steigen. Er wird dauernd ein anderer.“ Er beobachtete das Blut in den Adern, den Saft in den Bäumen, Zweigen und Blättern und den Flug der Wolken. Alle Naturerscheinungen beruhten auf einem Urprinzip, dem Feuer. „In Feuer verwandelt sich alles, und das Feuer in alles...“. Der Gegensatz schien ihm Vater und König aller Dinge zu sein. Alles floß, bewegte und veränderte sich ruhelos. Er erkannte den wechselseitigen Zusammenhang der Erscheinungen. Er sah die Ordnung in den Bewegungen. Wasser floß von oben nach unten, Dampf stieg von unten nach oben, Licht fiel aus der Dunkelheit und fiel wieder in sie zurück. Und er schrieb auf Papyrus diesen Satz: „Diese eine Ordnung aller Dinge hat keiner der Götter, so wenig als einer der Menschen gemacht, sondern sie war immer, sie ist und sie wird sein, ewig lebendes Feuer, das sich nach Maßen entzündet und nach Maßen erlischt.“ Er hatte die Welt befreit von der Willkür der Götter, gerettet aus den dunklen Irrwegen des Glaubens an dämonische Mächte. Sein Wissen war ihm Waffe. Nicht mehr fürchten! Wissen, woher etwas kommt und wohin es geht.

Alle diese Gedanken waren Héraklit nicht an einem Tage gekommen. Er hatte Reisen unternommen, Beobachtungen notiert, Schlußfolgerungen gezogen. So frei und unabhängig er in seinem Denken auch immer gewesen war, so hatte es ihn doch Mühe gekostet, althergebrachte Vorstellungen aus der griechischen Götterwelt zu überwinden, Platz zu schaffen für neue Ideen. Sein Urfeuer war Grundstoff allen Lebens. Ihm entsprachen alle körperlichen und geistigen Eigenschaften. Der Kampf der Gegensätze war das Prinzip, das allen Veränderungen in der Natur zugrunde lag.

Unterdes war Heraklit ein alter Mann geworden. Am Abend seines Lebens begriff er, daß er auf der Schwelle zu einem neuen Reich des Denkens stand. Er wußte, daß sein Leben bald zu Ende gehen würde, und wünschte sich nichts sehnlicher als einen Schüler, der seine Ideen, seine Erkenntnisse weitertragen, seine Gedanken weiterdenken würde. Doch, er war allein, er hatte niemanden, dem er seinen Gedanken hätte zurufen können: „Ihr müßt ohne Vorurteil sein, müßt die Natur beobachten, müßt sehen lernen!“

Mehr als 2000 Jahre sind vergangen, seitdem die Wissenschaften in Griechenland in voller Blüte standen. Nur aus spärlich überlieferten Aufzeichnungen wissen wir, was jene Menschen gedacht haben, wie sie lebten und forschten. Sie verehrten Zeus und Aphrodite, Hermes und Poseidon, bauten ihren olympischen Göttern Tempel und schufen Meisterwerke vor allem der bildenden Kunst. Die Wohlhabenden liebten sich von ihren Sklaven zu den Thermen, den warmen Bädern, tragen. Sklaven verrichteten alle groben Arbeiten; die Jünglinge der Reichen übten sich in Sport und Kriegsspielen, ihre Väter gaben üppige Symposien. Man las die Fabeln des Aesop, lauschte den

## **Griechische Wissenschaft**

Versen des Pindar, sah die Dramen des Euripides und bewunderte die Fresken des Polygnot.

Die griechische Wissenschaft wurde von Männern gepflegt, deren Werke heute noch Bedeutung haben. Hippokrates von Chios verfaßte das erste Werk über Geometrie. Die Mathematiker Euklid und Archimedes sind heute jedem Schüler bekannt. Aristyllos und Timocharos stellten das erste Verzeichnis der Fixsterne auf. Die Griechen beschäftigten sich bereits mit Medizin und Botanik, mit Musiktheorie und Physik, mit Geschichte und Geographie. Als Krone aller Wissenschaften galt die Philosophie. Sie faßte die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zu der großen Erkenntnis vom Bau und Wesen der Welt zusammen. Doch die Naturwissenschaften wurden ja nicht so betrieben, wie wir es heute kennen. Es gab nicht das gezielte Experiment, nicht den als Frage an die Natur gestellten Versuch. Die Weisen der Griechen konnten nur der Zuverlässigkeit ihrer Erfahrungen und der Kraft ihres Geistes vertrauen. Durch intensives logisches Nachdenken leisteten sie Erstaunliches. Aber in ihrer Methode lag zugleich die Grenze ihrer Möglichkeiten. Die Wissenschaft besaß nur lose Beziehungen zum Leben des Volkes, zur handwerklichen Arbeit, zu Handel und Wandel. Vielen erschien es, als sei die Wissenschaft überhaupt nur der menschlichen Neugier nach Erkenntnis entsprungen. Der Nutzen, den Astronomie und Mathematik etwa für die Seefahrt brachten, schien Nebensache, zumindest nicht Hauptzweck der Wissenschaften zu sein. Trotzdem leistete die griechische Wissenschaft für ihre Zeit Hervorragendes. Thales von Milet bestimmte eine Sonnenfinsternis voraus. Um 250 v. u. Z. lehrte Aristarch von Samos bereits die Umdrehung der Erde. Empedokles aus Agrigent auf Sizilien befreite seine Vaterstadt von immer wiederkehrenden Seuchen, indem er einen ausgedehnten Sumpf trockenlegen ließ und der Stadt durch einen Felsdurchbruch Nordwind und gesundes Klima verschaffte. Hippokrates aus Kos begründete um 370 v. u. Z. die Pathologie und verfaßte eine Schrift „Über Epidemien“. Straton von Lampsakus und andere beschäftigten sich mit physikalischen Experimenten. Überall zeigten sich Ansätze einer empirischen Forschung. Vernunft war hochangesehen, weil sie sich in unzähligen Fällen bewährt hatte.

**Atomos** Von dem griechischen Philosophen Leukipp sind keine Aufzeichnungen erhalten geblieben. Unsere Kenntnisse stammen lediglich aus Sätzen, die seine Zeitgenossen und Nachfolger über ihn schrieben. Nicht einmal Ort und Zeit seines Lebens sind genau bekannt. Fest steht nur, daß er der Lehrer des Demokrit war und dessen Ideen über den Bau von Welt und Materie wesentlich beeinflußt hat. Demokrit, der etwa von 460 bis 370 v. u. Z. lebte, unternahm weite Forschungsreisen, lernte die Lehren der ionischen Naturphilosophen, die mathematischen und musikalischen Erkenntnisse des Pythagoras und seiner

Schule, das Weltbild des Heraklit und die Ideen anderer Philosophen kennen. Er beschäftigte sich intensiv mit allen Wissenschaften von der Mathematik und Physik bis zur Ethik und Poetik.

Die meisten der von ihm verfaßten Schriften sind verlorengegangen. Was aber erhalten blieb, zählt zu den wertvollsten Zeugnissen griechischer Philosophie. Einiges über Demokrit ist aus den Schriften seiner Zeitgenossen bekannt. Er lebte in der Stadt Abdera an der thrakischen Küste. Obwohl seine philosophischen Lehren stark umstritten waren, wurde er wegen seiner lauterer Gesinnung von jederman hochgeachtet.

Seine Philosophie ist besonders dort interessant, wo er sich mit der Entstehung und der Beschaffenheit der Welt beschäftigt. Demokrit versuchte den Urstoff, aus dem alle Dinge entstanden sein sollen, auf ganz neue Art zu bestimmen. Dabei prägte er einen Begriff, der die Jahrtausende überdauern sollte, den Begriff Atomos, das Unteilbare. Demokrit stellte sich vor, daß die Welt aus einem Urstoff bestehe und nicht aus den vier viel genannten: Erde, Wasser, Luft und Feuer. Dieser eine Urstoff sollte nur die eine Eigenschaft der Raumerfüllung besitzen, er sollte undurchdringlich sein. Der Urstoff sollte aus einer Vielzahl winziger, nicht weiter teilbarer Teilchen, den Atomen, bestehen, die untereinander nach Gestalt, Größe und Lage verschieden seien. Zwischen den einzelnen Atomen mußte leerer Raum sein. Auch er existierte nach Demokrits Auffassung ebenso wie die Atome, die er als ungeworden, unveränderlich und unvergänglich ansah. Diese deutliche, verhältnismäßig genaue Vorstellung vom Bau der Materie ging weit über die Lehren aller seiner Vorgänger hinaus. Die Eigenschaften „Raumerfüllung“ und „Undurchdringlichkeit“, die er den Stoffen zuschrieb, waren wirkliche physikalische Eigenschaften. Er schloß auch jeden Geist von der Mitwirkung aus. Bei ihm existierte die Materie für sich, ohne Seele. Ja, er zerlegte die geistigen Vorgänge selbst in besondere Bewegungen der Atome. Mit dieser Lehre versetzte er den religiösen Deutungen allen Geschehens einen entscheidenden Schlag.

Der große Fortschritt in der Lehre des Demokrit zeigte sich vor allem darin, daß er nicht bei der Beschreibung stehenblieb, sondern versuchte, Erscheinungen seiner Umwelt mit Hilfe der neuen Hypothese zu erklären. Zum Beispiel erklärte er den Unterschied zwischen harten und weichen Stoffen durch kleine und große leere Räume zwischen ihren Atomen. Demokrit dachte auch über die Entstehung der Welt nach. Er meinte, daß sich die Atome ursprünglich nach allen Richtungen im leeren Raum bewegten, sich dabei an verschiedenen Orten zusammenballten, verhäkelten, gleichzeitig in Wirbelbewegung gerieten und so die Weltkörper bildeten. „In diesem Weltgetriebe“, so lehrte er, „geschieht nichts zufällig, sondern alles aus einem Grunde und unter dem Zwange der Notwendigkeit.“

Die Seele betrachtete er als eine Verbindung kleiner, glatter, runder Atome. Sie waren Träger der seelischen Vorgänge. Der Tod war für ihn die natürliche Trennung der Körper- und Seelenatome.

Demokrit verwarf damit eine der wichtigsten Lehren der griechischen Mythe, das Fortleben der Seele. Die atomistische Lehre des Demokrit stellte den Höhepunkt der alten Naturphilosophie dar. Seine Konsequenz, die jede Mitwirkung göttlicher Wesen beim Bau der Welt ausschloß, ging weit über das hinaus, was die Sklavenhalter der antiken Welt vertragen konnten.

Man muß sich recht genau überlegen, was Demokrits Atomlehre in seiner Zeit bedeutete. Danach waren alle Menschen aus dem gleichen Stoff geschaffen. Nach ihrem Tode verflüchtigten sich die Atome ihrer Körper, ohne eine Seele übrigzulassen.

Ein Dichter seiner Zeit, der bekannte Euripides, drückte die natürlichen Folgerungen deutlich aus: „Den Bastard schilt der Name, die Natur ist gleich. Was Sklaven schändet, ist der Name nur, in allem andern ist ein edler Knecht um nichts geringer als ein freier Mann.“

Solche Ideen waren den Aristokraten nicht angenehm. Sie waren natürlich nicht für die Sklaven gedacht, die in den vornehmen Häusern dienten, für die Sklavenheere, die die attischen Straßen bauten, den Marmor auf Paros brachen und von der Insel auf das Festland schafften. Demokrit pries den allgemeinen Nutzen der Klugheit und die Gemeinsamkeit der Interessen der freien Bürger einer demokratischen Sklavenhalterrepublik. Seine Gedanken waren schleichendes Gift für die Selbstherrschaft der Aristokraten.

Vor allem die politischen Konsequenzen der Atomlehre waren es, die Demokrit heftige Gegner zuzogen. Man suchte ihn zu widerlegen oder einfach der Vergessenheit preiszugeben. Für die Atomlehre sprach kein exakter Beweis, kein unwiderlegliches wissenschaftliches Argument. Alles hing davon ab, ob sie Anhänger fand oder nicht. Zunächst fand sie keine. Nichts zwang die griechischen Denker, an Demokrits Vorstellungen vom Bau der Welt aus kleinsten, nicht weiter teilbaren Teilchen zu glauben. Die Naturwissenschaft war noch weit davon entfernt, solche Probleme mit exakten Methoden prüfen zu können. Demokrits Atomlehre ragte weit über den Gedankenkreis des antiken Griechenlands hinaus, in dem die meisten seiner Zeitgenossen befangen blieben.

Auch der große Aristoteles erfaßte die Bedeutung der Lehren des Demokrit nicht. Seine Ablehnung der Atomlehre sollte fast zwei Jahrtausende die Entwicklung der Wissenschaft bestimmen.

Aristoteles stammte aus der Stadt Stageira in Makedonien und lebte von 384 bis 322 v. u. Z. Mit 17 Jahren kam er nach Athen und trat in die Reihe der Schüler des berühmten Philosophen Plato. Im Gegensatz zu seinem künstlerisch und wissenschaftlich genialen Meister war Aristoteles ein leidenschaftsloser, scharfsinniger und fleißiger Gelehrter mit einem ungeheuren Arbeitspensum. Sein Ziel war es, das Wissen seiner Zeit umfassend zu sammeln und systematisch zu ordnen.

Aristoteles' Vater, der Leibarzt am Makedonischen Hof war, verschaffte ihm im Jahre 343 eine Stelle als Erzieher des vierzehnjährigen Prinzen Alexander. Später, als Alexander die Regierung antrat, kehrte Aristoteles nach Athen zurück und gründete dort ein Lykeion, eine philoso-

phische Schule und Turnstätte. Sein früherer Schüler, Alexander der Große unterstützte ihn und erhöhte das Ansehen des Aristoteles.

Auch Aristoteles nahm an, daß eine Urmaterie existiere, die durch formgebende Prinzipien zu den verschiedensten Dingen und Wesen der Welt geworden sei. Nicht die Urmaterie, sondern die formenden Ideen schienen ihm das Wesentliche und Erkennenswerte. Deshalb hielt er die Atomlehre des Demokrit für belanglos. Sein Idealismus führte ihn dazu, sich ein höchstes göttliches Wesen als Urprinzip und Quell aller Ordnung vorzustellen.

Aristoteles beschäftigte sich mit allen Wissenschaften, entwickelte eine Kategorienlehre der Logik, beschäftigte sich mit Religions-, Rechts- und Naturphilosophie, schuf eine Kunstlehre und schrieb über Ethik und Staatslehre.

Unter den Philosophen vor der Zeitwende war nur einer, der die Atomlehre des Demokrit wieder aufnahm: Epikur. Er lebte von 341 bis 270 v. u. Z. und war der Sohn eines athenischen Kolonisten auf Samos. Als Jüngling war er nach Athen gekommen und hatte hier die Vorträge verschiedener Philosophen gehört. Später (306 v. u. Z.) gründete er eine eigene philosophische Schule. Seine Naturphilosophie schloß unmittelbar an Demokrit an: Alles Wirkliche ist materiell. Alles Wirken erfolgt durch materielle Berührung. Materie und Raum sind unendlich. Die Materie besteht aus Atomen verschiedener Gestalt, Größe und verschiedenen Gewichts. Wollen und Handeln beruhen auf Bewegung der Seelenatome. Gefühl ist ein Kriterium für das der menschlichen Natur Entsprechende oder Widerstrebende. Er verteidigte den Materialismus und Atheismus Demokrits gegen die Angriffe der Mystiker und Theologen, indem er die materialistische Auffassung von der Welt weiterentwickelte.

Der Kreis von Schülern und Anhängern, der sich um Epikur schloß, fühlte sich besonders durch seine Persönlichkeit angezogen. Er war infolge eines schweren Leidens vom Tode gezeichnet. Aber er bemühte sich, sein Schicksal mit Humor zu tragen. Wohlwollend gegen jedermann, von allen geachtet, von seinen Schülern verehrt, trug er in geselligen Kreisen, denen auch Frauen gleichberechtigt angehörten, seine philosophischen Meinungen vor. Besonders bemühte er sich um die Interpretation der Kunst des Lebens, die darin bestehen soll, ein Höchstmaß an Lust zu empfinden. Am wertvollsten sind ihm geistige Lust und Schmerzlosigkeit. Vernunft schätzt er über alles. Freundschaft ist ihm die Stütze des Glücks, Genügsamkeit statt Unmäßigkeit empfiehlt er allen, die auf ihn hören wollen.

Epikurs materialistische Weltauffassung, seine Lehre von den Atomen und „Seelenatomen“, die darauf hinausläuft, daß alle Gefühle und Gedanken auf Bewegungen materieller Teile zurückgeführt werden, fanden heftige Gegner, weniger unter den Philosophen und Gelehrten als unter den Priestern, den Sklavenhaltern und Politikern seiner Zeit und in den folgenden Jahrhunderten. Man bekämpfte aber bereits Epikur und seine Anhänger nicht, indem man ihre Auffassungen widerlegte, sondern einfach dadurch, daß man sie beschimpfte, der

Gottlosigkeit anklagte und ihn eines unsaubereren, wüsten Lebenswandels beschuldigte. Epikurs Lehren von der Lebenskunst wurden verdreht und allein dazu benutzt, um ihn verächtlich zu machen. Aussprüche von ihm wurden gefälscht oder entstellt. Nach seinem Tode geriet seine Lehre und damit die Atomlehre überhaupt in Vergessenheit. Jedenfalls unternahmen die herrschenden Schichten alles, um sie vergessen zu machen. Und das gelang ihnen für viele Jahrhunderte. Später breitete sich das Christentum über Europa aus. Seine politische und geistige Herrschaft war absolut. Wenn überhaupt von Wissenschaft die Rede sein konnte, so bestand solche Betätigung darin, in alten Schriften zu kramen, Abhandlungen und Auslegungen über die Heilige Schrift, über die Lehren des von der Kirche anerkannten Philosophen Aristoteles, über Heiligenlegenden und theologische Thesen zu verfassen. Von Naturwissenschaften, „Diesseits-Wissenschaften“, durfte man nicht sprechen – sonst geriet man in den Geruch der Ketzerei.

So lief die Zeit durch mehr als 10 Jahrhunderte. Könige und Päpste kamen und traten wieder ab. Kriege verwüsteten Dörfer und Städte. Die leibeigenen Bauern, die Handwerker und Kaufleute arbeiteten für wenige Fürsten und Herren. Nur langsam veränderten sich in den Feudalstaaten die gesellschaftlichen Verhältnisse, entwickelten sich Handwerk, Handel und geistiger Austausch. Fast zwei Jahrtausende vergingen, bis sich wieder naturwissenschaftliches Denken durchsetzen konnte, bis einer daran denken konnte, die atomistische Hypothese von der Materie, wie sie Demokrit und Epikur gelehrt hatten, wieder aufzunehmen.



## Im Schatten des Kreuzes

Unter blütenschweren Pfirsichzweigen, über sonnengelben Sand geschlungener Gartenwege ging ein kleiner Herr. In seinem zur Fülle neigenden Körper war Spannung, die manchmal für Sekunden nachließ. Aber gleich straffte sich die Gestalt wieder. Der Abbé Pierre Gassendi war nicht heiter gestimmt in der Junisonne des Jahres 1629. Seit zwei Tagen glomm heimliche Furcht in ihm. Sie vergiftete ihm die Tagesstunden und den Schlaf in der Nacht. Man würde ihn einen Ketzer nennen, wenn es schlimm käme, sogar wegen Gotteslästerung vor ein Tribunal stellen.

Unruhig glitten seine Finger immer wieder über die Stirn. Nüchterne Überlegungen konnten nicht gutheißen, was er getan hatte. Frankreich war ein katholisches Land, ein schweigsames Land. Wer sollte ihm beistehen, wenn der Papst über seine Schrift in Zorn geriet?

Trotzdem konnte er sich schwer entschließen, das für ihn gefährliche Manuskript ungedruckt zurückzunehmen.

Wohl zum zehnten Male überdachte er die Lage.

Vor einigen Wochen war ein Brief aus Rom eingetroffen, worin ein Freund von einem seltsamen Ereignis berichtete. Danach war am Morgen des 20. März zu Rom ein Wunder geschehen. Die Bürger der Heiligen Stadt hatten sich, noch die verschlafenen Augen reibend, auf Straßen und Plätzen gedrängt, um das Unglaubliche am Himmel zu schauen. Im Südosten, über dem Apennin, leuchteten drei Sonnen im Morgendunst. Kein Zweifel, drei Sonnen standen am Himmel.

Der Freund hatte das Bild genau beschrieben. Die mittlere Sonne war von einem großen, schwach leuchtenden Kreis umgeben gewesen, auf dem rechts und links noch je eine Sonne gestrahlt hatte. Aufregung hatte sich der Menge bemächtigt. Prophezeiungen und böse

**Das Wunder**

Gerüchte waren von Mund zu Mund geflüstert worden. Endlich hatten von Sankt Peter die Glocken geläutet. Die ruhige, wohlklingende Stimme des Papstes hatte Öl auf die Woge der Erregung gegossen. Seine Heiligkeit Papst Urban VIII. hatte das Himmelswunder als Zeichen der göttlichen Dreieinigkeit erklärt, das ER in seiner unendlichen Gnade den sündhaften Menschen gab.

Pierre Gassendi war Priester; er zweifelte nicht an Gott, nicht an der Heiligen Dreieinigkeit. Gott hatte die Natur aus dem Nichts geschaffen, ihr Gesetze gegeben, nach denen alles geschah. Aber er, Gassendi, meinte auch, daß der Mensch die Naturgesetze erkennen könnte, daß sie ewig gelten für alles Geschehen und Leben. Gott konnte nicht plötzlich drei Sonnen über den Himmel führen.

Nach einigen Tagen glaubte er die Lösung gefunden zu haben. Das Licht der Sonne wurde an Dunstteilchen in der Luft reflektiert, wie im Sprühregen des Springbrunnens. Die Tröpfchen des Wassers sind verschieden. Die kleinen sind runder als die großen. Wenn aber alle Teilchen gleichmäßig verteilt sind, gleiche Form und Größe und dieselbe Oberfläche haben, dann entstehen Bilder der Sonne. Sie hatten in Rom solche atmosphärischen Bilder der Sonne gesehen.

Pierre Gassendi hatte alles genau erklärt. Aus dem Wunder war eine einfache Naturerscheinung geworden. Vor zwei Tagen hatte er seine Abhandlung über die Sonnenbilder zu Rom dem Drucker gebracht, stolz auf seine naturwissenschaftliche Leistung, und seit zwei Tagen fürchtete er die scharlachrote Inquisition. Allmählich wurde ihm klar, daß es nicht lohnte, wegen dieser Sonnenbilder den Heiligen Stuhl herauszufordern. Es ging ihm nicht um eine solche Herausforderung der Kirche, deren Priester er ja war. Überzeugt von der notwendigen Erneuerung des naturwissenschaftlichen Denkens, fühlte er sich berufen, an diesem gewaltigen Werk mitzuwirken. Richter über seine Taten durfte nur der Erfolg sein. Der Italiener Galileo Galilei, der Mathematiker und Physiker, hatte mit seinem Fernrohr neue Sterne entdeckt, den Fall der Körper studiert, die Lehre des Kopernikus vertreten. Den Mönch Giordano Bruno, der das göttliche Walten im Weltall leugnete, hatten sie verbrannt, stumm gemacht. Er, Gassendi, mußte umsichtig zu Werke gehen, abwarten, geschickt ausweichen, wo Gefahr drohte, seine Argumente weit herholen.

Die Erklärung dieser Sonnenbilder mit wissenschaftlichen Hypothesen war nur ein Beispiel, eine Erläuterung seiner Vorstellungen vom Bau der Welt, die auf die Atomlehre des Demokrit zurückgingen. Er saß an einem umfassenden Werk, das die griechische Naturphilosophie für die Gegenwart neu erschließen, die Augen der Menschen endlich wieder auf die materielle Welt richten und die Großartigkeit dieser Betrachtungen durch ihre Erfolge beweisen sollte.

Im ersten Kapitel des ersten Buches Mose steht zu lesen, wie Gott Himmel und Wasser und Erde schuf. Und er machte Sonne, Mond und Sterne und die Vögel in der Luft, die Fische im Wasser und auf der Erde Kraut und Strauch und Getier. Zuletzt formte er den Menschen aus einem Erdenkloß und blies ihm seinen göttlichen Odem ein. So war es gewesen; denn es war verzeichnet von Moses, mit dem Gott der Herr Zwiesprache gehalten hatte.

Über den Bau der Welt nachdenken hieß zweifeln an Moses Wort, an Gottes Wort. „Alles Streben nach Erkenntnis ist Sünde, soweit es nicht auf die Erkenntnis Gottes gerichtet ist.“ So hatte der große Thomas von Aquino gelehrt, und sein Wort galt kraft der Kerker und Ketten und Scheiterhaufen der Inquisition in ganz Europa.

In Frankreich wurde zu dieser Zeit die politische Reaktion immer stärker. Pierre Gassendi beteuerte stets, daß er den Dogmen der Kirche ergeben sei. Er zweifelte nicht an Gottes Allmacht. Er glaubte vielmehr, daß Gott viel gütiger sei als seine Stellvertreter auf Erden, daß er nicht nur die Natur geschaffen, sondern den Menschen auch die Kraft gegeben hatte, sie zu erkennen.

Und hieß dieses Erkennen nicht, die Bausteine zu finden, aus denen die Natur gebildet war? – Demokrit von Abdera hatte diese Bausteine Atome, die Unteilbaren, genannt. Epikur hatte seine Lehre von der Natur auf die Existenz der Atome gegründet, die Lehre des Demokrit aufgenommen und weitergeführt.

Gassendi hatte weite Reisen unternommen, um alle möglichen Schriften der alten Griechen in seinen Besitz zu bringen, keine Ausgaben und Mühen gescheut, Bücher zusammengetragen, in vielen Tagen und Nächten studiert und diese Atomlehre trefflich gefunden. Sie mußte der Schlüssel zum Verständnis der Natur sein.

Nun stand er vor seinen Bücherregalen. Seine Hände glitten liebevoll über lederne Buchrücken, über die Werke der großen Griechen, verstreut in Pamphleten und Kommentaren, über viele tausend Seiten, bedruckt oder beschrieben mit dem geistigen Extrakt vergangener Jahrhunderte. Auf einer Reihe dunkelbrauner großer Bände hielt seine streifende Hand inne. Das war Laetius' Werk über Epikur, die Grundlage seiner eigenen Arbeit. Fast andächtig betrachtete er diese Bücher, zog eines heraus, blätterte darin und schob es wieder auf seinen Platz, zog ein anderes heraus und nahm es mit hinüber an seinen Arbeitstisch. Lange las er darin, sah nachdenklich vor sich hin, las weiter, den ganzen Nachmittag. Später schnitt er eine Feder zurecht, tauchte sie in das große kristallene Tintenfaß und begann zu schreiben; er füllte Bogen um Bogen, nickte nur, als ihm die Haushälterin den Leuchter brachte, und saß so bis in die späte Nacht.

Pierre Gassendi arbeitete an einem großen Werk über Epikur. Sein wichtigstes Anliegen war, die fast vergessene Lehre von den Atomen zu erneuern.

Die katholische Kirche hatte die griechische Atomlehre mit Eifer bekämpft und ihr das Brandmal der Ketzerei aufgedrückt. Gott schuf die Steine und die Pflanzen, die Tiere und die Menschen. Schrecklicher

Frevel war es, zu lehren, Gott habe nur Atome geschaffen, aus denen alles von selbst entstanden sei. In seinem heiligen Zorn schmähte ein gewisser Isidorus Hispaniensis: „Die Epikureer haben ihren Namen von einem gewissen Philosophen Epikurus, einem Verehrer der Eitelkeit, nicht der Weisheit, den sogar die alten Philosophen selbst ein Schwein nannten. Er wälzte sich gleichsam im Kote des Fleisches, er nennt die Lust des Fleisches das höchste Gut; auch hat er behauptet, daß die Welt nicht durch göttliche Vorsehung geleitet oder geschaffen sei, vielmehr schreibt er den Ursprung der Dinge den Atomen zu.“

Nur einen Griechen, nur Aristoteles, erkannten die Kirchenväter an. Er hatte alle Wissenschaften umfassend behandelt, hatte Gott den Urvater aller Dinge genannt und die Atomlehre verworfen. Aristoteles' Schriften waren der Quell der christlichen Lehre, die Schola derer, die neben der Theologie noch Rhetorik, Grammatik, Mathematik oder eine andere Wissenschaft studieren wollten. Die christlichen Anhänger des Aristoteles, die Scholastiker, suchten nicht und forschten nicht außer in den Schriften ihres Meisters.

Aber ihr Einfluß auf das Denken ihrer Zeitgenossen wurde schwächer, ihre Thesen wurden morsch und fadenscheinig. Die Zeit wurde reif für die wirkliche Erkenntnis, für die unbefangene Forschung, die die Autorität des Aristoteles abschüttelte. Gassendi war einer der ersten auf diesem neuen Weg.

Viele Erfindungen und Entdeckungen brachten Bewegung in die starre Ruhe der mittelalterlichen Welt. Galilei entdeckte die Jupitermonde und den Ring des Saturn. In den neu gefundenen Teilen der Welt rissen Engländer, Spanier und Franzosen reiche Länder als Kolonien an sich. Die Seefahrt gedieh zum einträglichsten Unternehmen. In England hatte ein gewisser Dudley das Schmelzen des Eisens mit Steinkohle erfunden. Mersenne, ein Freund Gassendis, hatte das erste Spiegelteleskop gebaut. Berühmte Mathematiker wie Descartes, Mezirias, Snellius schufen großartige Fortschritte ihrer Wissenschaft. Auch im kirchlichen Leben gährte es. In Deutschland schlugen sich seit dem Jahre 1618 die Heere der Fürsten im Namen des Glaubens um die fettesten Ländereien. Die Zeit war bewegt, voller Spannung. Eine stürmische Entwicklung nahm ihren Anfang. Sie sollte die jahrhundertealten Lehrmeinungen der Kirchenväter hinwegspülen. Während in Deutschland ein Jacob Böhme noch die Mystik mit der Naturphilosophie zu verbinden suchte, stellte der große Franzose Descartes die Vernunft als Richterin über alles Tur.

## **Verwerfliche Wißbegier**

Pierre Gassendi wechselte in den folgenden Jahren oft den Aufenthaltsort. Dabei arbeitete er ununterbrochen an seinem Werk über Epikur. Seine Arbeit war kein einfaches Übersetzen, nicht nur ein Sammeln und Auslegen der Schriften des großen Griechen. Vielmehr setzte er sich mit Epikur auseinander, kritisierte ihn, wo es ihm not-

wendig erschien, fügte zahlreiche eigene Betrachtungen hinzu und legte Seite um Seite beschrieben in eine Lade, die er immer mit sich führte.

Da ließ ihn eine Nachricht aufhorchen. In Rom hatte ein großer Prozeß gegen den Pisaner Galileo Galilei begonnen. Man hatte den mehr als Sechzigjährigen von Florenz in die Verliese des Vatikans überführt. Er sollte die Lehre des Kopernikus abschwören. Galilei hatte das Schicksal Giordano Brunos vor Augen, der aus dem gleichen Grund vor dreilunddreißig Jahren zu Rom verbrannt worden war. Im Jahre 1633 schwor Galilei ab, wider seine Überzeugung, aber nach dem Gebot der Kirche.

Glauben, glauben! – Alle Glocken riefen es dumpf in die Lande. „Wer da glaubet, wird selig sein. Alles Wissen ist eitel vor dem Herrn!“

„Gütig“ lächelnd, die Daumenschrauben in den Händen, hatte die Kurie die Erde noch einmal in den Mittelpunkt der Welt gerückt.

Gassendi hatte finstere Tage zu überstehen. Warum hatte der Italiener abgeschworen? War er zu unrecht für einen Großen gehalten worden? Er ging stundenlang auf und ab, stumpf, müde. Doch er verstand den anderen, der lieber leben und arbeiten wollte, als für eine Wahrheit sterben, die durch seinen Widerruf nicht kleiner wurde.

Trotzdem litt Gassendi unter dem Ereignis. Würde es nicht die Entwicklung hemmen? War Galileis Kniefall nicht Verrat? Was konnte Galilei, Gefangener der Inquisition, noch tun? Was konnte er selbst tun, nachdem es dem Italiener so ergangen war?

Tagelang rührte er keine Arbeit an, erledigte nur seine Pflichten als Geistlicher, schloß sich ab vor der Welt. Doch sein starkes Gefühl für die Richtigkeit seines Weges, sein mächtiges Interesse für die Naturwissenschaft führten ihn zurück zu seinem Werk.

Gassendi setzte sich mit den Kritiken an Demokrits Atomlehre auseinander. Lactantius hatte geschrieben: „Runde Atome können sich nicht gegenseitig halten, eckige müssen teilbar sein, denn man kann die Ecken abschneiden.“ – Hier lag ein Gegenargument. Ein Atom kann in zwei Hälften geteilt werden, die wiederum teilbar sind. Wenn es Atome gibt, muß es auch halbe und viertel und tausendstel Atome geben. Die Atome können demnach nicht die kleinsten Teilchen sein. Es kann überhaupt keine „kleinsten“ Teilchen geben.

Gassendi widerlegte dieses Argument, indem er der mathematischen Teilbarkeit, die natürlich ins Unendliche geht, eine physikalische Teilbarkeit gegenüberstellte, die von den Atomen begrenzt wird. Nachdem Gassendi die Lehre von den Atomen dargelegt und nach allen Seiten verteidigt hatte, begann er die Atomvorstellung auf Erscheinungen in der Natur anzuwenden. Schon viele Seiten hatte er mit solchen Überlegungen gefüllt.

Ein fallender Stein wird von den Luftatomen, die sich von oben nach unten bewegen, gestoßen. So entsteht die Schwerkraft. Wasser verdunstet, wenn Wärmeatome herauspringen und dabei Wasseratome mitreißen.

Licht wird an einer glatten Wand reflektiert, weil die Lichtatome von der Wand wieder abspringen.

So versuchte Gassendi, alle Beobachtungen mit seiner Atomlehre in Einklang zu bringen. Manches machte Schwierigkeiten, brachte ihn fast zur Verzweiflung. Vieles aber ließ sich durch die Atomhypothese erstaunlich leicht verstehen. Das gab Mut, bestätigte den richtigen Weg. Dann ging er wohl einige Tage froh erregt umher, bis ihn das nächste Problem packte.

Er würde nun doch die Veröffentlichung seiner Schriften betreiben. Zunächst traf er geschickte Vorbereitungen, veröffentlichte einige Schriften über Epikur, ohne auf dessen Lehre einzugehen. Auch durch klug abgefaßte Briefe versuchte er Anhänger zu finden. So schrieb er in einem Brief an den Prinzen Louis von Valois von den hervorragenden menschlichen Eigenschaften des Epikur. Langsam bereitete er so den Boden für sein Hauptwerk: die Wiederaufnahme der griechischen Atomistik.

Pierre Gassendi war 1646 als Professor für Mathematik an die Sorbonne zu Paris berufen worden. Drei Jahre vorher hatte Ludwig XIV. den französischen Thron bestiegen. Das absolutistische Frankreich erlebte durch die Maßnahmen des Staatsministers Colbert einen bedeutenden Aufschwung von Handwerk, Industrie und Handel. In Frankreich begann ein frischer Wind zu wehen. Die Herrschaft des Königs drängte die Macht des Papstes in den Hintergrund, machte die geistlichen Herren beinahe zu Vasallen des Staates. Gassendi spürte diesen günstigen Umschwung. Er trat den Feinden der kopernikanischen Lehre in Frankreich entgegen. Geschickt schaltete er ihren Einfluß auf die Sorbonne aus. Die Zeit wurde reif für sein Werk. Bald sollte es fertig sein.

## **Der leere Raum**

Die Frage, ob es leeren Raum gäbe oder nicht, zählte zu den Hauptproblemen im Streit der Philosophen. Aristoteles erklärte das Leere für undenkbar, also für unmöglich. Schon Zenon aus Elea bewies:

„Wäre das Seiende im leeren Raum, so wäre dieser auch seiend und wieder in einem leeren Raum und so unendlich fort. Also kann das Seiende nur für sich existieren, ewig und ruhevoll.“

Die Spötter unter den Scholastikern sagten, der einzige leere Raum sei in den Köpfen derjenigen, die von Atomen faselten. Die Anhänger der Atomlehre dagegen traten für die Existenz des leeren Raumes ein. Wenn ein Körper aus Atomen besteht, so müssen zwischen ihnen Poren, Hohlräume sein.

Gegen das Vorhandensein des leeren Raumes erhob nun ein berühmter Mathematiker und Philosoph, René Descartes, seine Stimme.

Er war vier Jahre jünger als Gassendi, ebenfalls Franzose. Seit fünfzehn Jahren lebte er in Holland, wo er ungestört seinen wissenschaftlichen Studien nachging. Die Schriften des Descartes waren in der

Gelehrtenwelt bekannt. Er hatte die analytische Geometrie, das heißt die mathematische Beschreibung geometrischer Figuren, erfunden, mit seiner Methode die Lichtbrechung in einem Wassertropfen berechnet und damit erklärt, warum neben einem Regenbogen ein zweiter, schwächer leuchtender zu sehen ist.

„Wenn der leere Raum Länge und Breite und Tiefe hat“, schrieb er, „so besitzt er auch Substanz, denn etwas Substanzloses kann man nicht messen.“ Er übersah dabei, daß man leeren Raum durch die ihn umgebenden Körper ausmessen kann.

Auch Gassendis Lehre, die Atome seien unteilbar, erschien dem mathematisch Denkenden absurd. Er unterschied nicht mathematische und physikalische Teilbarkeit. Zwischen Descartes und Gassendi entbrannte ein heftiger Meinungsstreit, vor allem um die Existenz des leeren Raumes.

Gassendi hatte ein schwerwiegendes Argument für sich: Ohne leeren Raum wäre Bewegung unmöglich. Da nämlich die Körper undurchdringlich sind, muß ein Körper, der seinen Ort wechselt, dort einen anderen Körper verdrängen. Dem Verdrängten muß wieder ein anderer Platz machen und so fort. Gäbe es nirgendwo leeren Raum, so könnte kein Körper einem anderen ausweichen. Es könnte also keine Bewegung geben.

Da traf aus Florenz die Nachricht ein, daß der Schüler des großen Galilei, Evangelista Torricelli, in einer mit Quecksilber gefüllten, zugeschmolzenen Glasröhre leeren Raum zeigen und beweisen konnte.

Descartes konnte zwar einwenden, daß der Torricellische Raum luftleer sei, daß in ihm aber noch eine andere Substanz vorhanden sein könnte. Bestehen blieb jedenfalls die Tatsache, daß eine beträchtliche Verdünnung möglich war. Es mußte also, so schloß Gassendi, leerer Raum vorhanden sein, der bei Verdünnung zunahm. In diesem Streit folgte die Mehrzahl der Gelehrten Descartes. Zu sehr galt noch die Autorität, zu wenig das Experiment.

„Über das Leben, die Sitten und die Lehre des Epikur.“ Diesen Titel gab Pierre Gassendi einem Buch, dessen Erscheinen sein Hauptwerk vorbereiten sollte. Es wurde 1647 gedruckt, 1917 Jahre nach dem Tode des Griechen. Fast zwei Jahrtausende waren vergangen, als die Atomlehre endlich wieder ans Licht gezogen wurde.

1649 gab Gassendi, ausgehend von Demokrit und Epikur, sein Werk über die atomistische Lehre vom Aufbau der Stoffe heraus. Es enthielt eine Fülle naturwissenschaftlicher Studien, Betrachtungen, die natürliche Vorgänge mit der Vorstellung der Atome erklärten. Gassendis wesentlichste philosophische Folgerungen bestanden darin, daß die Welt materiell ist und wirklich existiert, nicht abhängig von der Wahrnehmung durch den Menschen, nicht willkürlich gelenkt von einer göttlichen Idee, sondern bewegt durch Naturgesetze.

**„De vita,  
moribus et  
doctrina  
Epicuri“**

Ein Jahr vor dem Erscheinen seines Werkes hatte der Dreißigjährige Krieg im Westfälischen Frieden sein Ende gefunden. In England war eine starke naturwissenschaftliche Bewegung entstanden, deren hervorragende Vertreter, wie Newton, Hooke, Barrow, auch auf dem Festland bekannt wurden. In Mitteleuropa experimentierte Otto von Guericke, der 1650 die Luftpumpe erfand. Johannes Kepler, der Astronom und Astrolog Wallensteins, hatte bereits 1630 seine Gesetze der Planetenbewegung aus eigenen Beobachtungen und den Sterntafeln des Dänen Tycho Brahe abgeleitet.

Unter so vielen Aufsehen erregenden Erfindungen und Entdeckungen nahm Gassendis materialistische, kaum als bewiesen geltende Atomlehre einen bescheidenen Platz ein, eine scheinbar zwecklose Spekulation. Aber sie wirkte weiter, wie sich bald zeigen sollte.



## Geheimnisse des Lichtes

Zwei Stunden südlich von Grantham lag das Dorf Woolsthorpe. An den letzten regengrauen Nachmittagen des Jahres 1642 blieb man auch hier lieber in der warmen Stube. Kein Wunder, daß Pfarrer Ayscough keinen Menschen auf den aufgeweichten Straßen traf. Er wäre auch lieber daheim bei seinen Büchern geblieben, aber er wollte im alten Jahr noch nach der Schwester sehen.

Sie erwartete ein Kind, der Vater des Kindes war tot. Zum Glück standen Mutter und Kind nicht allein da. Da waren die Großeltern auf dem Gut, und er würde sich auch darum kümmern. Schnaufend stapfte er über die morastige Dorfstraße. Vor der Tür eines grauen Gutshauses schüttelte er die Tropfen aus seinem Umhang und trat ein.

Er stutzte, erschrak und eilte an das Bett der Schwester. Sie lag bleich in den Kissen. Neben ihr lag ein weißes Bündel in der Wiege. Gestern, am 25. Dezember, war der Junge zur Welt gekommen, eine Frühgeburt, klein und dünn. Er hatte in den zwanzig Stunden seines Lebens kaum einen Laut von sich gegeben. Der Herr würde ihn wohl bald wieder zu sich nehmen. Die Großmutter weinte leise. Der Pfarrer betrachtete den Kleinen. Welche Haut hatte er und müde, alte Augen.

„Am Körper hat er überhaupt keine richtige Haut“, flüsterte die Alte, und der Pfarrer schüttelte traurig den Kopf.

„Wir wollen ihm den Weg zum Herrn bereiten“, sagte er, und sie taufte den Knaben auf der Stelle auf den Namen Isaac.

Wider Erwarten starb der kleine Isaac nicht. Zwar blieb er die ersten Jahre schwächlich, aber er wuchs heran. Mit zehn Jahren war er ein Junge geworden wie nur irgendeiner.

Onkel Ayscough hatte seine Freude an ihm, denn der kleine Isaac Newton zeigte sich immer mehr als ein außergewöhnlich begabtes

**Das  
schwächliche  
Kind**

Kind. Deshalb sorgte er dafür, daß der Junge auf die Lateinschule nach Grantham geschickt wurde.

In Grantham fand der hoffnungsvolle Schüler Newton Aufnahme bei dem städtischen Apotheker Clark. Hatte der Junge am Nachmittag seine Schulhefte ordentlich geführt, so trieb er sich stundenlang in der Apotheke herum. Er schaute den Gehilfen zu, und bald hatte er sich selber eine Ecke in den hinteren Räumen eingerichtet, wo er die ersten eigenen Experimente anstellen konnte. Der Apotheker sah seinem Treiben gutmütig zu und zeigte ihm noch dies oder jenes, wenn er gerade Zeit dazu fand. So vergingen einige Jahre. Der junge Newton machte in der Schule gute Fortschritte, doch die Mutter meinte, sie brauche den Jungen zu Hause auf dem Gut. Newton mußte die Schule verlassen und nach Woolsthorpe zurückkehren.

Da half ihm sein Lehrer, Henry Stokes; er sprach mit den Angehörigen von der Begabung des Jungen, und Onkel Ayscough stellte sich auf seine Seite. So durfte Newton zum zweiten Male nach Grantham gehen. In der Apotheke fand er einen neuen Gast. Der Apotheker hatte ein Mädchen als Zögling aufgenommen. Die kleine Miss Storey war still und bescheiden, und da sie sonst niemanden zur Unterhaltung hatte, sah sie oft dem jungen Newton bei seinen Bastelarbeiten und Experimenten zu. So freundeneten sich die beiden rasch an. Newton war siebzehn Jahre alt geworden, und sie war das erste Mädchen, das er kennenlernte. Er träumte davon, die kleine Miss Storey zu heiraten. Die Gesetze der Universität verlangten jedoch, daß er, wollte er Mitglied eines College werden, ledig blieb. An ihrer Freundschaft aber hielten beide fest. Sie schrieben und besuchten sich noch, als sie schon beide weiße Haare trugen.

Am 5. Juni 1661 wurde Isaac Newton als Subserver in das Trinity College der Universität Cambridge aufgenommen.

### **Von den „Anwand- lungen“ des Lichtes**

Zu jener Zeit war Cambridge noch eine mittelalterliche Universität. Im Mittelpunkt aller scholastischen Wissenschaften stand die Theologie. Die Mitglieder des College lebten fast völlig abgeschlossen von der Welt in ihren Hörsälen, Speisesälen und Schlafsälen. Die jungen Leute wurden in strenger Zucht gehalten und zur Unterwerfung unter die Autorität der Kirche erzogen.

Newton war ein fleißiger und umsichtiger Student. Mit peinlicher Sauberkeit führte er seine Kolleghefte. Die theologische Atmosphäre regte ihn zu Studien über die Apokalypse an.

Dieses finstere Universitätsleben nach alter Tradition entsprach durchaus nicht dem wirklichen Leben in England. Newton war sechs Jahre alt gewesen, als König Karl I. von den Anhängern der Revolution zum Tode verurteilt und enthauptet wurde.

Der Lordprotektor Oliver Cromwell mit seinen „eisernen“ Soldaten führte ein strenges Regiment zur Unterdrückung der Royalisten und

Presbyterianer (Partei der reichen Kaufleute und Großgrundbesitzer, die sich 1648 mit den Royalisten verbündet hatte), aber auch zur Unterdrückung der revolutionärsten Schichten des Volkes. Nachdem Cromwell 1658 gestorben war, setzten seine Nachfolger den Sohn Karls I. als König ein. Die Macht der Bürger hatte sich so gefestigt, daß für sie diese „Restauration“ des Königtums Sicherheit vor der unzufriedenen ärmsten Bevölkerung bedeutete. In England hatte die bürgerliche Revolution gesiegt. Innen- und Außenhandel blühten wieder auf. Diese Entwicklung konnte nicht ohne Einfluß auf die Wissenschaften bleiben. Viele Studenten begriffen, daß die althergebrachte Rangordnung der Lehrfächer überholt war. Die Naturwissenschaften rückten langsam in den Vordergrund, während sie vorher nur ein kümmerliches Dasein neben der Theologie geführt hatten.

Auch Newton fand bald sein Arbeitsfeld. Der noch junge Professor Barrow war es, der ihn durch seine Vorlesungen über Optik außerordentlich anzog. Newton begann, sich mit der Lehre vom Licht zu beschäftigen.

Lange Zeit war die Optik ein Feld müßiger Spekulationen gewesen. Die alten Philosophen hatten phantastische Hypothesen über das Licht erdacht, allerhand mystische Dinge damit in Zusammenhang gebracht und miteinander gestritten, ob das Licht aus der Dunkelheit geboren sei oder ob die Dunkelheit nur einen Mangel an Licht bedeute.

Da waren vor etwa fünfzig Jahren Galileis berühmte Entdeckungen bekannt geworden, die er mit seinem Fernrohr am Sternenhimmel gemacht hatte. Dadurch waren die Grenzen der bekannten Welt wiederum weiter auseinandergerückt. Man erkannte auch rasch den großen praktischen Wert des Fernrohres. Dieses in Holland erfundene Gerät erleichterte die Navigation, wurde bald ein wichtiges Werkzeug der Seefahrer. Mit einem Male interessierte sich jedermann für Fernrohre, und die Optik wurde zu einer wichtigen praktischen Wissenschaft, die helfen sollte, die Teleskope zu verbessern.

Der junge Newton stürzte sich eifrig auf dieses neue Arbeitsgebiet. Er kaufte sich Glaslinsen und Prismen, machte alle möglichen Experimente nach, die er in alten Büchern beschrieben fand, und versuchte, selbst Gläser zu schleifen und optische Geräte zu bauen.

Ein wesentlicher Mangel der üblichen Teleskope bestand darin, daß die Bilder unscharf waren. Außerdem konnte man leicht feststellen, daß die Sternbilder, durch ein Fernrohr betrachtet, farbige Ränder bekamen. Niemandem vor Newton war der Gedanke gekommen, daß die farbigen Ränder mit der Unschärfe zusammenhängen könnten. Newton stellte nun fest, daß diese Ränder nicht auftraten, wenn man das Bild eines Sternes nicht mit Glaslinsen, sondern mit einem Hohlspiegel erzeugte.

„Man müßte ein Teleskop bauen, das keine Glaslinsen enthält“, sagte er sich, „ein Spiegelteleskop.“

Seit einigen Jahren ging in England die Pest um. Die Ärzte legten meist hoffnungslos die Hände in den Schoß, und die Priester hatten viel zu tun. Im Jahre 1665 starben allein in London 30000 Menschen an der Seuche. Das Leben in den großen Städten erstarb, und auch auf dem Lande gingen sich die Menschen ängstlich aus dem Wege.

Die Pest fand auch ihren Weg in die Mauern des Trinity College. Zuerst starb plötzlich ein Neuling aus Lancashire. Dann war es Oliver Wordth, der vor einem Monat erst „master of arts“ geworden war. Und die Frau eines Hausmeisters sollte auch schon liegen. Die Hörsäle wurden leer. Professoren und Studenten, wer nur irgend konnte, floh aufs Land. Auch Newton packte seinen Holzkoffer und nahm die nächste Postkutsche nach Grantham. Daheim in Woolsthorpe war Platz genug im Gutshause. In einem großen Raum, der nur als Abstellort benutzt wurde, richtete er sich ein Laboratorium ein. Einige Tage hörten Mutter und Großeltern sein Sägen und Hämmern. Dann trug er Steine und Mörtel hinauf. Er schwitzte bei seiner Arbeit, und er fühlte sich leicht und frei. Nein! Angesteckt hatte er sich nicht.

Schließlich war der Schmelzofen fertig, und an der langen Wand standen die frisch gezimmerten Regale zum Abstellen der Proben. Die eigentliche Arbeit konnte beginnen. Die Mutter warf manchmal einen Blick zu ihm herein, aber sie ging immer wieder kopfschüttelnd fort. Da feilte er und bohrte und rieb stundenlang ein Metall auf dem anderen, stand mit glühendem Kopf vor dem Feuerloch seines Ofens und trat den Blasebalg.

Newton baute sein erstes Spiegelteleskop. Es wurde nicht größer als ein Milchkrug. Trotzdem konnte er mit diesem kleinen Ding die Trabanten des Jupiters beobachten.

Die Fenster seines Laboratoriums konnten mit hölzernen Läden dicht verschlossen werden. Es gab nur hier und da eine Ritze oder ein Loch, durch die Licht eindrang. Diese dünnen Sonnenstrahlen eigneten sich gut für Experimente mit Sonnenlicht. Hielt Newton zum Beispiel ein Glasprisma so, daß der Strahl

darauffiel, und stellte dahinter ein weißes Papier, so erschienen darauf die schönen farbigen Lichtstreifen, die vor ihm schon hundert andere gesehen hatten. Aber Newton war der erste, der diese bunten Streifen genau ausmaß. Und er fand: Die Farben sind Eigenschaften der Lichtstrahlen. Weißes Licht ist eine Mischung aus farbigen Strahlen, die bei der Brechung im Glas getrennt werden. Das violette Licht wird am stärksten gebrochen, am wenigsten das rote. Farbe und Brechbarkeit eines einfarbigen Strahls bleiben immer dieselben, was man auch damit anstellt.

Als Newton 1667 an das Trinity College zurückkehrte, setzte er seine Versuche fort.



Aristoteles, die Autorität der Scholastiker, hatte gelehrt: „Das Licht wird von der Farbe begrenzt. Die Farbe ist die sichtbare Grenze der Körper.“ Jahrtausendlang hatte diese Lehre als unanfechtbar gegolten. Nun war das Ende dieser Zeit gekommen. Spekulative Gedanken konnten nicht mehr bestehen vor exakten Beweisen durch das Experiment.

Isaac Newton entdeckte, daß ein Körper nur in einer bestimmten Farbe erscheinen kann, wenn diese Farbe in dem Licht enthalten ist, mit dem der Körper beleuchtet wird. Und er bewies die Überlegenheit des Experimentes über alle Spekulationen, indem er zugleich eine andere Naturerscheinung erklären konnte. Das Entstehen der Farben des Regenbogens beruhte einfach auf einer Zerlegung des weißen Sonnenlichtes durch unzählige Wassertröpfchen in der Atmosphäre.

Im Jahre 1645 hatten sich naturwissenschaftlich interessierte Laien in einer Gesellschaft zusammengeschlossen, die sich die Förderung der Naturforschung zur Aufgabe stellte. Bald waren ihr viele hervorragende Gelehrte beigetreten. Sie war geboren aus dem Drang nach Freiheit der Gedanken, nach vorurteilslosem Forschen und nützlichem Wissen. Der aufblühende Handel brauchte bessere Schiffe, zuverlässigere Waagen und Gewichte, gründlichere Kenntnisse über die Wasserstraßen. Die in England entstehenden Manufakturen verlangten nach Maschinen, nach verbesserten Rohstoffen und neuen Werkzeugen. Man war dahintergekommen, daß gründliches Wissen sehr viel Geld einbrachte, wenn man es zu nutzen verstand. Dies hatte auch Karl II., seit 1660 neuer König Englands, eingesehen. Im Jahre 1662 gab er dieser Gesellschaft den Namen „Royal Society“, ein Wappen und einige vorteilhafte Privilegien.

In diese Zeit des Aufschwungs der Wissenschaften in England fielen die Anfänge von Newtons wissenschaftlichen Erfolgen. Seine Studien über das Licht und die Farben wurden auf einer Sitzung der Royal Society am 6. Februar 1672 verlesen. Sie erregten großes Aufsehen, wurden im ganzen als eine bedeutende Leistung anerkannt, fanden aber hier und da Widersprüche und Zweifel, die Newton in der Folgezeit zu langen Auseinandersetzungen zwangen. Bisher hatte er nur seine Experimente beschrieben. Durch die Einwände seiner Gegner sah er sich nun gezwungen, Vorstellungen, also Hypothesen, über die Natur des Lichtes zu entwickeln.

Newton sagte, das Licht bestehe aus Teilchen, die von den leuchtenden Körpern ausgehen. Verschiedene Beobachtungen führten ihn zu der Meinung, daß die Lichtteilchen periodische „Anwandlungen“ verschiedener Tiefe besäßen (wir sagen heute „Wellenlänge“), worin sich ihre Farbe ausdrückt. Newton entdeckte ferner eine ganze Reihe optischer Phänomene, beschrieb sie genau und versuchte, ihr Zustandekommen zu erklären. Seine Arbeiten über Optik stellten die erste umfassende Untersuchung des Lichtes dar. Seine Vorstellungen jedoch, nach denen Licht aus besonderen Lichtteilchen bestehen sollte, die von leuchtenden Körpern ausgehen, blieben nicht unwidersprochen.

**Der  
Uhrmacher  
aus Holland**

Als Newton seine Experimente und Theorien über das Licht veröffentlichte, lehrte der holländische Mathematiker, Physiker und Astronom Christian Huygens in Paris. Er hatte die Pendeluhr erfunden, den Saturnmond entdeckt und bedeutende mathematische Untersuchungen veröffentlicht. Auch er hatte seit Jahren mit dem Licht experimentiert und war zu einer anderen Auffassung von der Natur des Lichtes gekommen. Huygens meinte, das Licht bestehe aus einer Wellenbewegung des Äthers, eines feinen, unsichtbaren Stoffes, der überall im Weltraum ist und alle Körper durchdringt.

Ein bedeutendes und einflußreiches Mitglied der Royal Society, Robert Hooke, machte sich diese Thesen des Holländers zu eigen, da sie mit seinen Vorstellungen übereinstimmten, und trat damit gegen Newton auf. Hooke bestritt auch, daß die Farben den Lichtstrahlen innewohnen sollten. Er behauptete statt dessen, die Farbe entstände erst beim Auftreffen der Lichtwelle auf eine Körperoberfläche. In diesem wissenschaftlichen Streit hielt Newton nicht starr an seiner Teilchenhypothese fest, wie in manchen Büchern behauptet wird, sondern er erkannte sehr wohl, daß Verschiedenes für die gegnerische Wellenhypothese sprach. Das brachte ihn auf den Gedanken, beide zu vereinigen. Seine Lichtteilchen sollten den Äther in Schwingung versetzen. Dann würden die Ätherwellen die sich ausbreitenden Lichtteilchen gewissermaßen begleiten. Allein mit Hilfe der Wellenvorstellung, so meinte er, könne man nicht erklären, warum sich das Licht geradlinig ausbreite.

Inzwischen war Newton durch weitere Großtaten eine wissenschaftliche Autorität ersten Ranges geworden. 1672 hatte er ein zweites, größeres Spiegelteleskop fertiggestellt und König Karl II. gesandt. Von diesen Bemühungen um das Spiegelteleskop gingen aber nicht nur seine optischen Untersuchungen aus. An die Suche nach geeigneten Metallegierungen für seine Spiegel schloß er eine Reihe von chemischen Experimenten an. Die Beschäftigung mit der Astronomie führte ihn auf sein weltberühmtes Gravitationsgesetz. Bei der Berechnung der Spiegelflächen erfand er die Infinitesimalrechnung. In späteren Jahren beschäftigte sich Newton intensiv mit chemischen Experimenten, hielt sie aber bis an sein Lebensende geheim. Er war inzwischen zum Direktor der englischen Münze ernannt worden. Als solcher fürchtete er, daß man seine Versuche mißverstehen werde. Es hätte leicht einen Aufruhr im Lande hervorrufen können, wenn ruchbar geworden wäre, daß sich der Direktor der Münze mit Alchimie, der Kunst des Goldmachens, beschäftigte.

Newton starb im Alter von 84 Jahren. Sein Leichnam wurde nach London überführt und feierlich in der Westminsterabtei beigesetzt. Später wurde im Trinity College in Cambridge eine Statue zur Erinnerung an den großen Physiker errichtet. Sie trug die kurze Inschrift:

„Qui genus humanum ingenio superavit“  
Er überragte an Geist das Menschengeschlecht.



## Chemie wird zur Wissenschaft

Die Lehre von den vier Elementen geht bis auf die ionischen Naturphilosophen zurück. Das Weltall soll aus Wasser, Erde, Luft und Feuer bestehen. Doch man kann nicht viel anfangen mit dieser Weisheit. Der Tischler braucht Holz, und der Schmied nimmt Eisen für seine Wagenreifen. Töpfe formt man aus Ton und brennt sie im Feuer. Wie kommt es, daß der gebrannte Ton hart ist? – Man kann den Topf auch bemalen, aber für die Herstellung der Farben gibt es Rezepte, die nicht jeder kennt. Leder wird durch Gerben haltbar, aber die Gerber sagen nicht, wie sie ihre Laugen mischen. Die Rezepte vererben sich vom Vater auf den Sohn, vom Gilde Meister auf seinen Nachfolger. Alte Frauen im Gebirge und die Schäfer in der Heide kennen Heilkräuter, die gegen das böse Fieber, gegen die Pocken und gegen den Teufel helfen. In den Säften der Pflanzen, in den Wassern bestimmter Quellen, im Moor und im Gestein sind Stoffe, die Wunderkräfte in sich bergen, und wer sie kennt, hat Macht unter den Menschen.

Jeder Stoff hat sein eigenes Wesen, seinen Geist. Manchmal kann man diesen Geist mit Feuer austreiben. Dann trennt sich der Spiritus vom Phlegma. Erhitzt man etwa Blut und Harn, so erhält man den ätzenden Salmiak, und aus einer Karaffe mit Wein steigt über der Flamme der berausende Weingeist.

Kann man nicht neue Stoffe finden mit noch viel größerer Kraft als die der bekannten Heilkräuter? – Gibt es verborgene Mittel, die dem Besitzer Glück in allen Dingen schenken, die ewige Jugend und Schönheit verleihen?

Die Geheimwissenschaft der Alchimie verhieß den Weg zu diesen sagenhaften Kräften. Vom elften Jahrhundert an verschrieben sich immer neue Gelehrte, Geistliche und Fürsten der alchimistischen Kunst.

**Glücksucher**

Sie suchten den Stein der Weisen, das Lebenselixier oder nach dem Geheimnis, unedle Metalle in edle zu verwandeln.

Die ältesten Alchimisten waren Araber. Um das Jahr 900 beschrieb der arabische Arzt Al Razi die Destillation von Salmiak aus Blut und Harn. Um 1100 war es wiederum ein arabischer Arzt, Abul Casim, der vom Wein das Berauscheidende, den Branntwein, abdestillierte.

Im Abendland herrschte um die gleiche Zeit noch die Mystik. Die Kabbala (aus verschiedenen Quellen zusammengefloßene Geheimlehre) suchte den Ursprung und das Schicksal des Menschen aus geheimnisvollen Zeichen zu lesen, Geister zu beschwören. Ihre Quellen gingen auf die Kyrarniden, alte syrische, ägyptische und griechische Schriften, zurück. Die klare, einfache Auffassung der griechischen Philosophen von der Natur war verlorengegangen und von astrologischen, alchimistischen und mystischen Geheimlehren überwuchert worden. Der Kirche und den weltlichen Fürsten war es jahrhundertlang gelungen, alle Regungen vorurteilslos forschender Geister zu unterdrücken. Man stellte an die Wissenschaften jedoch die Forderung, dem Volke die Gottgewolltheit der Feudalordnung zu beweisen.

Als der Handel mit überseeischen Ländern aufblühte, als der Bedarf an den verschiedensten Waren anwuchs und zu seiner Deckung Manufakturen anstelle der unzureichenden Handwerksbetriebe traten, begann die Umwälzung der feudalen Verhältnisse, zuerst vor allem in England und Holland, wo auf Grund der geographischen Lage und der historischen Entwicklung die Überlegenheit der neuen bürgerlichen Gesellschaftsordnung am frühesten zutage trat. Dagegen hielt sich in Mitteleuropa die starre Fürstenherrschaft und die primitive Produktionstechnik der gutsherrlichen Ordnung noch lange. Demzufolge entwickelte sich die Naturwissenschaft hier nur langsam. Anstelle der Vernunft regierte häufig finsterner Aberglaube. Im Pestjahr 1348 wurden die Juden in Deutschland als angebliche Urheber der Seuche grausam verfolgt. Fürsten, Mönche und Raubritter knechteten die Bauern. Ablaßverkäufer betrogen die ungebildeten Leute. Alchimisten tingierten Metalle mit farbigem Glanz auf der Suche nach dem Rezept des Goldmachens, und jeder glaubte, daß er das edle Metall, den roten Löwen, hervorbringen werde.

Nächtelang hockten sie vor ihren Tiegeln und Phiolen, schmolzen kochten und destillierten. Sie schrieben selbst ihre Rezepte und reisten damit in andere Städte, um ihre „guten“ Goldtinkturen zu verkaufen. Andere vertrieben Fläschchen mit Tinkturen, die angeblich ewige Jugend verliehen oder zu anderen Wunderkräften verhalfen.

Die reichen Bürger der Städte gewannen immer größere wirtschaftliche Macht. Fürsten wurden ihre Schuldner. Geld begann eine immer größere Rolle zu spielen. Fiebernd hockten die Goldmacher vor ihren Proberöfen, studierten das Buch Zohar, die Traktate des Albertus Magnus, zogen die Sternkonstellation zu Rate. Zu ihren Geheimrezepten gehörten oft außer Metallen, Tinkturen, Pulvern auch Zauberformeln und Gebete.

War das Wissenschaft, was die Alchimisten trieben? Nicht Neugier, nicht Wissensdurst oder Freude am Forschen, sondern Geldgier, Machthunger hielten sie an der Arbeit.

Bei ihren Versuchen fanden die Alchimisten einige wichtige Stoffe, Porzellan, Leime, Metallegierungen, die viel bedeutsamer wurden als alle ihre ergebnislosen Wundermittel. Georg Bauer, genannt Agricola, der Pionier des Bergbaus, veröffentlichte 1561 sein Werk „De re metallica“. Es behandelte die Gewinnung von Metallen aus dem Erz. Zum Unterschied zu vielen Alchimisten seiner Zeit erkannte er den Wert der praktischen Erfahrung. Seine umfassende Darstellung des Bergwerkswesens gab erstmalig nützliche Praktiken weiter, während andere noch mit Geheimrezepten hausieren gingen.

Im Anfang des 17. Jahrhunderts entdeckte der Alchimist Basilius Valentin das Königswasser, in welchem sich Gold löst. Solche Goldlösungen pries er als Heil- und Wundermittel an. Er sollte der letzte bekannte Alchimist bleiben. Die Suche nach Wundertinkturen hatte sich als unsinnig erwiesen. Statt dessen begann die sich entwickelnde kapitalistische Produktion an die Wissenschaft von den Stoffen Forderungen zu stellen, die aus der wirklichen Praxis und Notwendigkeit geboren waren.

An einem Herbsttage des Jahres 1644 näherte sich ein Schiff der in dichten Nebel gehüllten englischen Küste. An Deck stand ein junger, gut gekleideter Mann und sah sinnend der Heimat entgegen, ohne sich um das Treiben der übrigen Passagiere zu kümmern, die ihre Landung vorbereiteten. Sein Diener würde schon das Gepäck versorgen.

Robert Boyle kam zu spät. Die Reise war viel zu langsam vonstatten gegangen. Sein Vater war schon vor drei Tagen beerdigt worden. Eigentlich dachte er auch gar nicht an den Tod des Vaters. Der alte Graf von Cork war ihm gegenüber immer großzügig gewesen, aber ein engeres Verhältnis hatte zwischen dem Vater und ihm, dem siebenten Sohn, nie bestanden. Robert dachte an die vergangenen Jahre seiner Europareise, und er dachte, daß es gut wäre, jetzt aus Frankreich heimzukehren, sich für eine Weile zurückzuziehen und zu arbeiten. Im Süden vertrödelte man leicht und angenehm die Tage, aber es wurde Zeit, daß er etwas Eigenes tat. Robert Boyle hatte nicht nur den Prunk am Hofe Ludwigs XIV. gesehen, sich nicht nur für die Handelspolitik des Finanzministers Colbert interessiert und die italienischen Kunstschatze genossen. Er hatte auch den Lohgerbern und Tuchwebern in Frankreich, den Töpfern und Goldschmieden in Deutschland bei der Arbeit zugeschaut, hatte seine Nase in die österreichischen Salzbergwerke und in die sächsischen Silbergruben gesteckt. Und dabei waren

## The Sceptical Chemist



ihm so manche Gedanken gekommen, die ihn immer wieder auf das lebhafteste beschäftigten.

Fast lautlos legte das Schiff an. Jedes Geräusch wurde durch den Nebel gedämpft.

Boyle hatte auf seiner ausgedehnten Reise interessante Bücher gesammelt. In seinen Heften hatte er viele Eindrücke und Erfahrungen notiert. Außerdem führte er einige Fläschchen in seinem Gepäck, die wichtige Chemikalien enthielten. Gelehrte, die er in Genf, in Mailand und in Paris aufgesucht hatte, hatten sie ihm geschenkt. Unter seinen Büchern befand sich auch die „Syntagma philosophiae Epicuri“ von Pierre Gassendi.

Jahre vergingen. Robert Boyle forschte und las, experimentierte und überlegte. Eines Tages beobachtete er, wie sich ein Stück Kupfer, das er in Salpetersäure geworfen hatte, unter Bildung brauner Dämpfe auflöste. Er sah dem Sprühen zu, bis sich alles Kupfer aufgelöst hatte und eine tiefblaue Flüssigkeit entstanden war. Was war in der Retorte geschehen? Er nahm eine zweite Retorte, füllte Salzsäure hinein und tat mehrere Stückchen Zink dazu. Wieder löste sich das Metall sprühend. In der gefärbten Lösung konnte er keine Spur mehr vor dem Metall entdecken. Jetzt füllte er Alkali dazu. Sofort bildete sich ein flockiger Niederschlag. Boyle grübelte, um dahinterzukommen, was er eigentlich gesehen hatte.

Seine Experimente stellten durchaus nichts Neues dar. Dieselben Beobachtungen hatten vor ihm schon viele andere gemacht und beschrieben, sich aber dabei nicht aufgehalten, sondern nur auf die Endprodukte ihrer nach Geheimrezepten bereiteten Tinkturen gelauert. Diese Methode des Probierens hatte sich endlich als fruchtlos erwiesen.

Boyle war einer der ersten, der das nicht nur erkannt hatte, sondern der auf die Suche nach neuen Wegen ging und dabei das Nützliche aus der alten alchimistischen Erfahrung in die neue exakte Forschung hinübernehmen wollte. Er setzte sich nicht mehr das Ziel, neue Stoffe zu entdecken. Ihn interessierte der Prozeß der chemischen Verwandlung, die Reaktion selbst.

Boyle hatte aufmerksam die Werke Gassendis studiert und war zu der Überzeugung gekommen, daß die Vorstellung vom Aufbau aller Materie aus kleinsten Teilchen, den Atomen, richtig und nützlich sei. Was er in der Retorte gesehen hatte, erklärte er nun folgendermaßen: „Die Säureatome haben Häkchen, die in die Ösen der Metallatome greifen, sie auseinanderreißen und schwimmend fein verteilt in der Lösung halten. Alkali bricht die Häkchen der Säureatome und die Ösen der Metallatome ab; die letzteren fallen herunter und bilden den Niederschlag.“

Unter den Alchimisten seiner Zeit wurde ein altes, berühmt gewordenes Experiment viel diskutiert. Ein gewisser van Helmont hatte Erde in einem Backofen getrocknet und davon eine genau abgewogene Menge in einen gut verzinnten Kessel gestopft, der viele Löcher be-

saß. In diese Erde hatte van Helmont einen ebenfalls vorher gewogenen Weiden sproßling gepflanzt, der nun täglich mit Wasser begossen worden war, so daß er wuchs und gedieh. Nach fünf Jahren hatte van Helmont die Erde mitsamt der inzwischen herangewachsenen Weide wieder gewogen und festgestellt, daß beides um 550 Pfund (altes englisches Maß) schwerer geworden war. Daraus hatte er geschlossen, daß das Element Wasser sich in das Element Erde verwandelt habe. Er sah nämlich die Weide als Bestandteil der Erde an. Darauf verbrannte er die Weide und beobachtete, daß dabei aus dem Element Erde die Elemente Feuer und Luft in Gestalt von Flammen und Rauch entstanden. Zu seiner Zeit schien das ein glänzendes Experiment für die Existenz der vier Elemente zu sein und ferner ein Beweis dafür, daß sie sich in der gezeigten Reihenfolge ineinander umwandeln können.

Robert Boyle hielt nicht viel von diesem Helmontschen Experiment. Überhaupt schien ihm die Lehre von den vier Elementen reichlich unfruchtbar zu sein. Er schrieb seine Gedanken nieder, und es entstand ein kleines Buch, das in der ganzen Welt berühmt wurde. Boyle gab seiner Schrift den Titel „The Sceptical Chemist“. Er schrieb, die vier Elemente der Alten seien weiter nichts als dummer Aberglaube, und er verwarf die Alchimie und ihre Adepten, die nur nach alten Rezepten mischten und kochten, so daß aus ihrem Tun nur durch Zufall etwas Neues entstehen könnte. Die alchimistischen Schriften sagten nichts über die Natur der Dinge, alles wäre pure Phantasie. In der Wissenschaft sei aber nur der Versuch schlüssig, niemals die unbewiesene Behauptung.

Boyle verwarf nicht nur. Er schuf in seiner Schrift auch Neues, nämlich den Begriff des chemischen Elements. Element, Urstoff, das mußte etwas Unzerstörbares sein. Boyle hatte bei seinen Versuchen Stoffe beobachtet, die immer wieder aus der Lösung, aus dem Niederschlag oder aus dem Dampf hervortreten konnten, zum Beispiel die Metalle Gold, Silber und Kupfer. Er stellte sich vor, daß es viele verschiedene Sorten von Atomen gäbe und daß jede Sorte zu einem bestimmten chemischen Grundstoff gehöre. Die Zahl der in der Natur existierenden Grundstoffe konnte man nicht erraten oder aus einer kosmischen Symmetrie ableiten, sondern man mußte die Natur selbst durch geschickte Experimente befragen.

Dieser materialistische Begriff der chemischen Grundstoffe fand rasch Anerkennung. Boyles Zeitgenossen, vor allem die Großbürger, Kaufleute und Produzenten, sahen hier die Wissenschaft, deren Förderung sich lohnen konnte. Robert Boyle begründete die chemische Forschung. Sein Begriff vom Wesen der chemischen Elemente ist bis zum heutigen Tag gültig geblieben.

Um die Mitte des 18. Jahrhunderts lebte in Petersburg der große russische Gelehrte Lomonossow. Außer mit Geologie, Physik, Mathematik und Medizin beschäftigte er sich intensiv mit den Vorgängen

bei der Umwandlung von Stoffen, also mit der Chemie. Wie Boyle hatte er erkannt, daß nicht die Suche nach Wundermitteln Ziel der Wissenschaft sein kann. Von den Chemikern verlangte er statt dessen, genau die Naturvorgänge, die Prozesse in ihren Retorten zu studieren, um daraus praktischen Nutzen zu gewinnen und eine systematische Wissenschaft aufzubauen. Er betonte die Notwendigkeit, die wissenschaftlichen Ergebnisse möglichst in Zahlen anzugeben, genau zu beobachten, zu messen und zu wiegen. Diese Methode führte ihn zu einer wichtigen Entdeckung. Er fand ein Gesetz, nach dem bei jeder stofflichen Umwandlung ein Körper genausoviel an Materie gewinnt wie ein anderer verliert.

Seine Studien führten ihn zu der Erkenntnis, daß die Eigenschaften der Stoffe durch ihren Aufbau aus kleinsten Korpuskeln und deren Verhalten zueinander bestimmt sind. So sah er in genialer Weise voraus, daß die Wärme eines Körpers mit den Bewegungen seiner Korpuskeln zusammenhängt. Diese Auffassung sollte sich hundert Jahre später durch die Arbeiten Clausius', Boltzmanns und anderer genau bestätigen.

Die wissenschaftlichen Arbeiten und Ideen Lomonossows in einer Zeit des allgemeinen wirtschaftlichen Aufschwungs in Europa wurden durchaus nicht so anerkannt, wie sie uns heute genial erscheinen. Im Zarenreiche herrschten Fürsten, Grundbesitzer, Geistliche über die Masse der Bauern, hielten sie in Unwissenheit und dumpfem Aberglauben. Die Aufklärung hatte noch nicht zum Volk gefunden. Gelehrte mit modernen Ansichten lebten vereinzelt in der feudalen Gesellschaft, fanden wenig Resonanz und keine wirkliche Anerkennung außerhalb des Kreises ihrer Kollegen und Schüler.

In Westeuropa war zwar die Entwicklung zur aufgeklärten bürgerlichen Gesellschaft weiter fortgeschritten, doch die großenteils noch herrschenden Geschlechter des Hochadels, die Priester und kirchlichen Orden verhinderten die Entfaltung einer objektiven Wissenschaft, verwirrten die Geister mit religiösen, mystischen Philosophien oder unterdrückten fortschrittliche wissenschaftliche Erkenntnisse. Trotzdem vollzog sich unaufhaltsam die ökonomische Neuordnung. Die Produktion von Waren nahm zu. Die Technik in der Herstellung aller möglichen Gebrauchsgüter verbesserte sich. Die Naturwissenschaften gewannen an Boden. Das zeigte sich in der Chemie durch eine Reihe von wichtigen Entdeckungen.

Der englische Dissidentenprediger Josef Priestley und, unabhängig von ihm, der deutsche Apotheker Karl Wilhelm Scheele entdeckten den Sauerstoff. Nachdem lange die Phlogistonlehre geherrscht hatte, nach der zum Beispiel aus einem brennenden Körper ein Stoff „Phlogiston“ entweicht, zeigte der Franzose Lavoisier, daß bei der Verbrennung gerade umgekehrt Sauerstoff aus der Luft verbraucht wird. In seinem gewaltigen Werk faßte Lavoisier das gesamte Beobachtungsmaterial seiner Zeit zusammen. „Man muß alles so genau wie möglich wiegen“, so lehrte er und errang mit dieser Methode seine Erfolge.

Im Jahre 1777 veröffentlichte Karl Friedrich Wenzel seine „Lehre von der Verwandtschaft der Körper“, in der er die Meinung vertrat, die chemische Vereinigung gehe nach festen Proportionen vor sich. Aber der einflußreiche Chemiker Berthollet nahm veränderliche Verbindungsverhältnisse an, und der Streit blieb zunächst noch unentschieden.

In den achtziger Jahren erschien ein aufsehenerregendes Buch von Jeremias Benjamin Richter: „Anfangsgründe der Stöchiometrie oder Meßkunst chemischer Elemente“. Die Chemie hatte sich von einer beschreibenden zu einer messenden Wissenschaft entwickelt.

Am Ende des 18. Jahrhunderts war der Begriff des chemischen Elements zum Allgemeingut der Wissenschaft geworden. Man wußte, daß Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Blei, Schwefel, Sauerstoff und andere Stoffe zu den Elementen zu rechnen waren. Bei anderen Stoffen war es noch ungewiß, oder die Meinungen liefen auseinander. Fest stand aber die Tatsache, daß es eine Anzahl von Stoffen gab, die unzerstörbar waren, welchen chemischen oder physikalischen Prozessen man sie auch aussetzte.

Diese Grundstoffe konnten sich miteinander verbinden zu zusammengesetzten Stoffen und ergaben so die Vielfalt der Materie in der Welt.

Im Nordwesten Englands liegt die Industriestadt Manchester, Zentrum der englischen Baumwollindustrie. Um das Jahr 1800 gab es im Innern der Stadt schon viele stattliche Geschäftshäuser, gut gepflasterte Plätze und eine Menge Wirtschaftshäuser, vornehme mit Plüschsofas und Lederstühlen, weißem Porzellan und schwarz gekleideten Kellnern und solche mit rohen Holzbänken, wo der Wirt in Hemsärmeln bediente.

Die Außenbezirke der Stadt bestanden jedoch nur aus schmutzigen, meist aufgeweichten Straßen und erbärmlichen Hütten neben Schutthalden und Müllplätzen. Und über allem lag eine dünne Schicht aus Staub, Ruß und Müdigkeit.

Hier spielte sich das Leben Tausender von Webern, Spinnern, Wirkern und ihrer Familien ab, die die aufblühende, kaum zehn Jahre alte Industrie in die Stadt gezogen hatte.

John Dalton lebte seit dem Jahre 1793 in Manchester. Er fühlte sich wohl in dieser Stadt der Schornsteine und des Maschinenlärms. Hier lehrte er am städtischen Kollegium Naturwissenschaften. Es gab auch eine Bibliothek und die „Philosophical Society“, die wissenschaftliche Gesellschaft der Stadt.

John Dalton war ein bescheidener, zufriedener Mensch. Große Ansprüche an das Leben kannte er nicht. Nur eines machte ihm von

## Die Atome verraten ihre Existenz



frühester Jugend an Freude, wurde ihm zum tiefen Erlebnis: das Studieren und das Erforschen der Natur. Und er versuchte immer, diese Begeisterung auch seinen Schülern zu vermitteln.

An einem nebelgrauen Märznachmittag des Jahres 1804 saß der Acht- unddreißigjährige vor seinem Schreibtisch, damit beschäftigt, abgeschlossene Analysen nachzurechnen.

Seit mehreren Jahren studierte John Dalton Oxydationsvorgänge und andere chemische Prozesse. Einige kleinere Arbeiten hatte er schon in den „Memoirs“, der Zeitschrift der wissenschaftlichen Gesellschaft von Manchester, veröffentlicht, doch sie hatten kaum Beachtung gefunden. John Dalton war in der wissenschaftlichen Welt noch ein unbekannter Mann, doch das kümmerte ihn wenig.

Wenn es in den späten Abendstunden im Hause und auf der Straße still wurde, über dem Kamin leise die Uhr tickte und die Lampe ihr Licht im blanken Messing der Waage spiegelte, dann hatte er seine besten Arbeitsstunden, auf die er sich den ganzen Tag über freute.

Dalton hatte die Angewohnheit, Zahlen laut vor sich hin zu sagen, während er sie aufschrieb. So dachte er auch an diesem Abend laut und schrieb dabei:

„41,012 Gramm Blei, 18,499 Gramm Schwefel – gibt 47,502 Gramm Bleisulfid und – also das sind – 12,000 Gramm Schwefel – ja, genau zwölf Gramm.“ Er lehnte sich zurück und betrachtete die Zahlen. Da verband sich also nicht aller Schwefel. Etwas blieb übrig.

„Wenn ich nun von vornherein weniger Schwefel nähme –“, sagte er nachdenklich.

Und schon stand er auf, um den Gedanken in die Tat umzusetzen. Er achtete nicht darauf, wie die Glut im Kamin langsam verlösch. Die Analyse nahm viel Zeit in Anspruch. Die Zeiger der Uhr rückten auf Mitternacht, als er endlich die neuen Zahlen vor sich hatte: 41,121 Gramm Blei und 8,236 Gramm Schwefel gaben 47,510 Gramm Bleisulfid, und 1,728 Gramm Schwefel blieben übrig.

Ihm fielen fast die Augen zu. Trotzdem betrachtete er mit gerunzelten Brauen die Zahlen, verglich die Ergebnisse der beiden Analysen. Die entstandenen Bleisulfidmengen stimmten ziemlich genau überein. Das Blei wurde vollständig verbraucht, und jedesmal verbanden sich ungefähr 6,5 Gramm Schwefel, während der Rest des Schwefels übrigblieb.

In den folgenden Wochen setzte Dalton diese

Versuche fort. Abend für Abend saß er vor seiner Waage, wog, rechnete, verglich. – Nahm er weniger als 6,5 Gramm Schwefel zu 41 Gramm Blei, so wurde aller Schwefel verbraucht, aber es blieb Blei zurück. Mit einer bestimmten Menge Blei verband sich eine bestimmte Menge Schwefel. Das Gewichtsverhältnis blieb immer gleich.



„Ob das bei allen chemischen Verbindungen so ist?“ Dalton begann aufs neue zu experimentieren. Während er vor der Analysenwaage saß und wartete, bis der Zeiger ruhig stand, arbeiteten seine Gedanken. Und als er zu Ende gedacht hatte, war alles so verblüffend einfach, daß er sich wunderte, nicht schon längst darauf gekommen zu sein.

Man brauchte sich nur vorzustellen, daß jeder Stoff aus kleinen, nicht weiter teilbaren Teilchen, Atomen, bestand. Es gab also zum Beispiel Schwefelatome und Bleiatome, und es verband sich jedesmal eins von der einen Sorte mit einem von der anderen Art. 41 Gramm Blei enthielten genausoviel Bleiatome wie 6,4 Gramm Schwefel Schwefelatome enthielten. Jedes Atom besaß ein bestimmtes Gewicht, das für alle Atome der gleichen Art dasselbe war.

John Dalton saß erschüttert vor dieser gewaltigen Erkenntnis. Er hörte nicht den Lärm, der von der Straße heraufdrang. Menschen rannten vorüber. Feuerwehrwagen klingelten. In der Innenstadt brannte ein Geschäftshaus. Dalton sah nicht die Flammen und noch nicht den Rauch. Er saß stumm und stauend vor seiner Erkenntnis.

Am anderen Morgen fragte ihn ein Kollege:

„Haben Sie gesehen? – Es ist bis auf die Grundmauern ausgebrannt. Sie vermuten, daß der Wächter ...“

„Wovon sprechen Sie nur?“ fragte Dalton, „ich verstehe gar nicht.“ Der andere staunte. „Ja, lesen Sie denn keine Zeitung? Es stand doch heute morgen überall fett gedruckt!“

Schüler merken sofort, ob der Lehrer bei der Sache ist oder ob seine Gedanken abschweifen. Dalton gab sich viel Mühe, aber die Jungen spürten, daß er irgend etwas anderes dachte. Wäre der Lehrer nicht so beliebt gewesen, die Jungen hätten die Gelegenheit zu allerhand Streichen genutzt.

Dalton war vor zwei Tagen auf einen Befund gestoßen, der mit seinen Atomvorstellungen nicht im Einklang stand. Er hatte Eisenstücke in Salzsäure geworfen, die entstandene Eisenchloridlösung titriert und danach die Chlormenge berechnet, die sich mit dem Eisen verbunden hatte. Nun hatte er in eine ebenso hergestellte Eisenchloridlösung Chlorgas geleitet. Er hatte erwartet, daß das Chlorgas unverändert durch die Lösung gehen würde. Als er aber die Gasmenge hinterher wieder auffing und maß, war es weniger geworden. Er wiederholte diesen Versuch mehrmals und kam zu dem merkwürdigen Ergebnis, daß es zwei Verhältnisse gab, in denen sich Chlor mit Eisen verband. Nun untersuchte Dalton andere Stoffe: Solche mehrfachen Gewichtsverhältnisse kamen auch bei Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff in Verbindung mit Blei und Eisen vor.

76 Gramm Eisen verbanden sich entweder mit 71 Gramm Chlor oder mit 106,5 Gramm Chlor, nie mit 80 oder 90 Gramm. Dalton zog daraus den richtigen Schluß, daß sich ein Eisenatom entweder mit zwei oder mit drei Chloratomen verband, denn die Zahlen 71 und 106,5 verhielten sich wie 2:3.

„Wenn ich das Gewicht irgendeines Atoms kennen würde, könnte ich alle anderen Atomgewichte bestimmen“, dachte Dalton. Aber er bezweifelte, daß man ein einzelnes Atom je werde wiegen können. Seine Arbeiten, die wie seine früheren in den „Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester“ erschienen, erregten ein ungewöhnlich großes Aufsehen unter den Gelehrten Englands. Kurz darauf wurden seine Versuche auch auf dem europäischen Festland bekannt. Mit einem Male erhielt der stille Lehrer in Manchester Briefe aus Cambridge, London, Oxford und sogar aus dem Ausland. Meist standen Anfragen darin, manchmal kritische Zweifel. Ein Briefschreiber erklärte Daltons Ergebnisse für völlig falsch. Auf dem Absender stand der Name Berthollet. Dalton las diesen Brief aufmerksam und schüttelte den Kopf. Er hatte genau gearbeitet, er wußte, daß er recht hatte. In Frankreich untersuchten um diese Zeit zwei Forscher die chemische Zusammensetzung des Wassers. Der eine war ein junger Ingenieur, Joseph Louis Gay-Lussac. Seine Freunde nannten ihn den Flieger, weil er vor zwei Jahren mit einem Ballon in höhere Höhen gestiegen war, um meteorologische Beobachtungen zu machen. Der zweite war der schon weltberühmte Südamerikaforscher Alexander von Humboldt. Sie mischten genau abgemessene Mengen Wasserstoff und Sauerstoff in einem Gefäß, ließen dieses Knallgasgemisch mit Hilfe eines Funkens explodieren und maßen danach die entstandene Menge Wasser. Dabei fanden sie, daß sich gerade zwei Liter Wasserstoff mit einem Liter Sauerstoff zu Wasser verbanden. Frühere Forscher hatten die Verhältnisse 72 : 143 oder 100 : 205 oder ähnliche angegeben. Keiner war auf das einfache Verhältnis 2 : 1 gekommen und hatte die geringen Abweichungen als Meßfehler erkannt. Daltons Atomtheorie hatte den jungen italienischen Physiker Avogadro zu Untersuchungen über die chemischen Verbindungen von Gasen angeregt. Was Gay-Lussac und Humboldt bei der Bildung von Wasser gefunden hatten, fand er auch bei anderen Reaktionen bestätigt: Gase verbanden sich miteinander in einfachen, ganzen Volumenverhältnissen. Doch jetzt kam erst das Wichtigste. Avogadro zögerte, ersann neue Versuche, prüfte immer wieder. Er fand keine Lücke in seinen Gedanken. Alles ergab sich zwangsläufig. Wenn sich einzelne Atome verschiedener Stoffe miteinander verbanden und andererseits Gase in einfachen Volumenverhältnissen miteinander reagierten, so folgte daraus, daß in einem bestimmten Gasvolumen bei derselben Temperatur und demselben Druck immer dieselbe bestimmte Anzahl von Atomen oder Molekülen enthalten war. Moleküle nannte er miteinander verbundene Atome. „Damit“, so schrieb Avogadro an Dalton, „wird die von Ihnen geborene Atomtheorie bestätigt.“ Im Jahre 1822 wurde John Dalton zum Mitglied der Royal Society gewählt. Als er aus London zurückkehrte, fand er Blumen auf seinem Pult. Eine Abordnung der Schüler gratulierte ihm. Ein Kollege, neidisch auf das große Ansehen, das Dalton überall genoß, sagte zu ihm: „Gratuliere, Herr Kollege! Nun haben Sie es geschafft!“ Dalton wehrte bescheiden ab.

„Na hören Sie, Mitglied der Royal Society! Das ist doch etwas!“

Dalton antwortete:

„Darauf kommt es gar nicht an!“

Doch sein Partner verstand ihn nicht.

Sowohl Daltons Atomtheorie als auch Avogadros Hypothese bestätigten sich später glänzend. Obwohl ihre Vorstellungen von den Atomen noch sehr einfach, mechanistisch, unvollkommen waren, brachten sie der Wissenschaft bedeutende Erfolge.

Da hatten Chemiker gewogen und gerechnet, Zahlenverhältnisse gefunden, wieder experimentiert, gewogen, gerechnet, und in ihrer Phantasie sahen sie kleine Kugeln, Eisenkugeln, Schwefelkugeln, Sauerstoffkugeln, die sich gegenseitig festhielten und wieder lösten. Unvorstellbar klein mußten diese Kugeln, diese Atome sein. Milliarden aneinandergepackt, ergaben ein winziges Stück des betreffenden Stoffes. Man konnte nur diesen Stoff sehen, wiegen, greifen. Aber die Atome mußten trotzdem existieren, denn die Verhältnisse der Verbindungsgewichte waren festgestellt und konnten auf keine andere Weise gedeutet werden. Die Atome hatten auf der Waage ihre wirkliche Existenz verraten.

Sie trugen Florentiner Hüte und einen Degen im Gewande, hatten gelbe oder bleiche, faltige Gesichter und lachten verächtlich über die nüchternen Krämerseelen. Sie saßen an den deutschen und italienischen Universitäten als beschlagene Theologen oder waren Alchimisten, reisten von Fürstenhof zu Fürstenhof. Sie stöberten in religiösen Schriften und versuchten magische Formeln aus den kabbalistischen Büchern, verfielen auf immer merkwürdigere Zeremonien, um nur einen Splitter vom Stein der Weisen zu erraffen. Sie verstiegen sich zu mystischen Torheiten, um nur nicht die armselige Vernunft zu Wort kommen zu lassen. Waren jene Leute nicht lächerlich, die sich Naturforscher nannten? In ihren Augen waren diese nichts anderes als „Mechaniker“. So, wie sie das Volk verachteten, diese „dumpe“ Masse, verachteten sie die Natur als etwas Simples, Primitives. Aber viele Bürger gaben ihr Geld nicht her für mystische Experimente. Sie brachten auch ihren Söhnen kühle Vernunft bei und richteten ihr Interesse auf das Nützliche. Von Jahr zu Jahr wurde die Schar der Scharlatane geringer, denn sie fanden immer weniger Gläubige und Geldgeber. Gerade diejenigen aber hatten Erfolge, denen die Natur nichts Simples, Uninteressantes war, die mit sorgfältigem Bedacht die Natur beobachteten und daran Freude fanden. Für so etwas gaben auch die Krämer Geld, denn von dieser „bescheidenen“ Naturwissenschaft hatten sie Nutzen.

Die großen, klaren Gedanken der griechischen Naturphilosophen wurden von kirchlichen Dogmatikern, von Alchimisten und religiösen

## Die Letzten

Mystikern mißachtet. Ihr wissenschaftliches Erbe wurde erst von den Forschern, die mit Waage, Reagenzglas und Kerzenflamme, mit Uhr und Metermaß umgingen, aus dem Staub zweier Jahrtausende gehoben. Mit dieser „Beschränkung“ auf die Natur, auf das wirkliche Geschehen, begann die Wissenschaft. Es ging nicht mehr um geheimnisvolle Wortklänge und kunstvolle Logik, sondern um neue Tatsachen und Gesetze der Natur. Langsam vollzog sich dieser Wandel. Es dauerte Jahrzehnte, bis die eitle Schar der Alchimisten und Mystiker zerbröckelte und allmählich ausstarb, und ebensolange, bis diejenigen, die der Natur die Geheimnisse entrissen, zu einer festen, anerkannten Schar geworden waren. Sie stellten klar durchdachte Fragen, sie überlegten, ob sie diese auch lösen könnten, und sie hörten nicht auf, Fragen zu stellen, neue, umfassendere. Ihre Arbeit wurde zur exakten wissenschaftlichen Forschung. Aus ihren Entdeckungen entstanden Chemie, Physik und die übrigen Wissenschaften.



## Die Abenteuer großer Entdeckungen

Sir Humphry Davy, Präsident der Royal Society, besah sich mitleidig lächelnd den Brief. Der Absender mußte ein komischer, vielleicht sogar ein alberner Mensch sein, sehr aufgeblasen, unwichtig. Er knüllte den Bogen zusammen. Solche Leute konnte er in seinem Institut nicht gebrauchen.

Sir Davy rieb die Augen. Sie brannten und tränten. Er würde doch dem Arzt gehorchen und einige Tage eine Binde tragen müssen. Dann brauchte er einen Schreiber, dem er während dieser Tage das Wichtigste diktieren konnte. Dazu würde dieser junge Bursche – wie hieß er gleich? – Davy glättete den Brief. – Ach ja, Faraday – dazu würde dieser Faraday schon taugen.

Michael Faraday war gerade 22 Jahre alt geworden. Er hatte bereits als Buchbinderlehrling viel gelesen. Besonders naturwissenschaftliche Dinge interessierten ihn. Dieses Interesse war zu seiner Zeit in allen Kreisen verbreitet, war geradezu Inbegriff des gesellschaftlichen Fortschrittes. Physikalische und chemische Vorträge zu besuchen, gehörte bald zum guten Ton der bürgerlichen Gesellschaft. Elegante Damen experimentierten und pflegten Dispute mit Professoren der Universitäten über naturwissenschaftliche Fragen. Unter den ärmeren Leuten wirkte dieser Wissensdurst ebenso. Hier taten Lehrer in ihrer Weise dasselbe wie Professoren, die von den Reichen bezahlt wurden. Solche Vorlesungen über Naturwissenschaften, die ein gewisser Mr. Tatum in seinem Hause in London, Dorset Street 53, hielt, hatte der junge Faraday besucht. Das Eintrittsgeld von einem Schilling hatte ihm sein älterer Bruder Robert gegeben. Zusammen mit anderen Jünglingen hatte er Experimente angestellt und halb noch im Spiel das Leben

**Ein  
Buchbinder-  
lehrling und  
sein Weg**

großer Wissenschaftler nachgeahmt. Später hatte ihm ein Kunde seines Meisters, ein Mr. Dance, Mitglied des Königlichen Instituts, Karten zu Davys Vorlesungen geschenkt. Faraday ging von diesen Abenden ergriffener nach Hause als von der schönsten Theateraufführung. Später war sein Wunsch, Naturforscher zu werden, so stark geworden, daß er jenen ungeschickten, geschwollenen Brief an Sir Davy geschrieben hatte.

Michael Faraday stand in steifer Haltung vor dem Portier des Königlichen Instituts und wies seinen Brief vor. Der alte Graubart ließ ihn lange warten. Endlich kam er zurück, führte ihn den Gang entlang, klopfte an einer der schweren, dunklen Türen und schob ihn dann in das Zimmer hinein. Der junge Buchbinder stand vor dem berühmten Sir Davy.

Dieser war erstaunt, einen so schüchternen Menschen vor sich zu sehen. Eigentlich war er angenehm überrascht.

Faraday trug in unbeholfenen Worten sein Anliegen vor.

„So, so“, sagte Davy nicht unfreundlich, „Sie wollen also Naturwissenschaftler werden? – Das ist nicht so einfach, junger Mann!“

Doch als Faraday den Mund zu einer Antwort öffnete, wehrte Sir Davy ab. „Vielleicht sprechen wir später darüber. Vorläufig brauche ich für einige Tage einen Schreiber. Wollen Sie das für mich tun?“

Natürlich wollte der junge Faraday. Leider dauerte sein Glück nur wenige Tage. Davy hatte keine Arbeit mehr für ihn.

Einige Wochen später mußte Davy seinen Assistenten entlassen. Vor ihm häuften sich die Arbeiten. Er dachte an den jungen Faraday. Wie wäre es, wenn er diesem die Assistentenstelle anbot? Der Junge hatte sich anständig gezeigt, schien auch nicht unbegabt zu sein. Versuchen konnte man es immerhin.

Die naturwissenschaftliche Ausbildung an den Universitäten war damals noch dürftig oder veraltet und weitgehend den Studenten selbst überlassen. Hier sprach immer noch die Kirche das gewichtigste Wort, versuchte, ihre Positionen gegen den Strom der Zeit zu halten. Aus diesem Grunde ist es verständlich, daß Davy nicht dort nach einem neuen Assistenten suchte.

Michael stand gerade im Nachthemd und wollte die Lampe ausblasen, als es an die Tür klopfte. – Wer konnte das zu so später Stunde noch sein? – Faraday fragte hinter der verschlossenen Tür, wer draußen sei. Eine Stimme antwortete:

„Ich habe einen Brief von Sir Davy an Mr. Faraday abzugeben!“ Mit einem Ruck öffnete Faraday. Dann erst wurde er sich bewußt, daß er nicht einmal Hosen anhatte.

In dem Brief wurde Faraday gebeten, am nächsten Tag in das Königliche Institut zu kommen. – In dieser Nacht konnte er vor Erregung nicht mehr schlafen. Viel zu langsam krochen die Stunden bis zum Morgengrauen dahin. Und es war immer noch viel zu früh für den Besuch bei Sir Davy. Faraday lief durch die Stadt, hinunter zum Themseufer, durch die morgenstille City und wieder zurück. Dabei

grübelte er immerzu, was Sir Davy wohl von ihm wollte. Mit seinem Selbstvertrauen war es nicht weit her. Wie hatte er sich als ungebildeter Sohn eines Grobschmiedes jemals einbilden können, ein richtiger Wissenschaftler zu werden?

Zuerst hatte er gemeint, in dem Brief das größte Glück auf Erden in der Hand zu halten, doch jede Viertelstunde des Wartens nahm ihm ein Stück seiner großen Hoffnung, bis zuletzt nichts mehr übrigblieb. Wahrscheinlich wollte Davy nur einige Bücher zum Einbinden geben. Er hatte ihm ja schon beim ersten Mal geraten, lieber bei der Buchbinderei zu bleiben.

Dann stand er vor Sir Davy, gehemmt, unruhig, wußte nicht, wohin mit den Händen.

„Nun, junger Mann? Wollen Sie immer noch Wissenschaftler werden?“ Davy sah ihm offen ins Gesicht. Faraday wurde verlegen, schämte sich plötzlich, von seinem heißen Wunsch zu sprechen und brachte nur ein mühsames „Ja“ heraus.

Sir Davy ließ einige Sekunden verstreichen, musterte den jungen Mann mit einem langen prüfenden Blick, ehe er von seinem Angebot sprach.

Zuerst glaubte Faraday, es sei nur ein schlechter Scherz. War so etwas überhaupt möglich? – Er – sollte – Assistent von Sir Davy werden?

Dieser beseitigte alle Zweifel, indem er die Pflichten seines Assistenten aufzählte, über Einzelheiten der Arbeit sprach, Nebenumstände erwähnte. Zuletzt fragte er Faraday, wann er die Stellung antreten könnte. Faraday wäre am liebsten gleich dageblieben, doch er mußte erst Herrn De La Roche benachrichtigen, den Buchbindermeister, bei dem er in Arbeit stand.

Faraday bezog zwei Zimmer im oberen Stockwerk des Königlichen Instituts. Er hielt sich jetzt für den glücklichsten Menschen der Welt. Mit großem Eifer stürzte er sich in seine neue Arbeit. Sir Davy sollte sich nicht in ihm getäuscht haben.

Faraday hatte sich schon vorher durch eigenes Experimentieren einige naturwissenschaftliche Kenntnisse erworben, doch jetzt, unter der Anleitung des großen Chemikers und Physikers Davy, konnte er weit tiefere Kenntnisse, gründlichere Ansichten und Fähigkeiten entwickeln. Und er erwies sich als außerordentlich begabt, zeigte eine schnelle Auffassungsgabe und selbständiges Denken. Davy hätte keinen besseren Assistenten finden können.

So begann Michael Faradays Weg. Er führte vom Buchbinderlehrling zum größten Physiker des neunzehnten Jahrhunderts.

Faraday war ein unermüdlicher Arbeiter. Von Jahr zu Jahr wuchsen seine Ideen und Pläne. Selten gönnte er sich eine Entspannung. In einem Brief an seinen Jugendfreund Abbott schrieb er: „Oh, wenn ich doch zu einem billigen Preis unseren modernen Geden müßige Stunden, nein Tage, abkaufen könnte. Ich glaube, es wäre für sie und für mich ein gutes Geschäft.“

Mit fünfundzwanzig Jahren veröffentlichte er seine erste wissenschaftliche Abhandlung über eine Analyse toskanischen Ätzkalks, die ihm

Davy übertragen hatte. Zu dieser Zeit litt er immer noch an der ihm fehlenden Universitätsbildung, hielt sich für unwissend und wagte nicht, daran zu denken, daß er ein wirklicher Forscher werden könnte.

Kurze Zeit später gelang ihm auf Davys Anregung die Entdeckung zweier Chlorkohlenstoffe, die in der wissenschaftlichen Welt einiges Aufsehen erregte. Durch diesen Erfolg ermutigt, wagte er sich auf ein neues Gebiet. Fünf Jahre lang versuchte er vergeblich, neue, verbesserte Stahllegierungen herzustellen. Schließlich wandte er sich anderen Problemen zu. Und hier beginnen seine großartigen Entdeckungen, die seinen Namen unsterblich machten.

Faraday entdeckte die elektromagnetische Induktion, entwickelte die Vorstellung von den elektrischen und magnetischen Kraftlinien und schuf damit die Voraussetzungen für die elektromagnetische Feldtheorie.

Bei Versuchen mit elektrischem Strom, der durch Flüssigkeiten geleitet wird, beobachtete Faraday, wie an einem Kupferstab Zink und umgekehrt an einem Zinkstab Kupfer abgeschieden wurde, wenn beide Stäbe in eine verdünnte Säure getaucht und an die Pole einer Voltabatterie angeschlossen wurden.

Ähnliche Vorgänge hatten vor ihm schon Grothus, Davy und Berzelius beobachtet. Aber Faraday war der erste, der sich dafür interessierte, wieviel von den verschiedenen Stoffen an den Metallstäben, die man Elektroden nannte, abgeschieden wurde. Um das festzustellen, maß er den elektrischen Strom mit einem Galvanometer, zählte bei jedem Versuch acht Schläge seiner Uhr, schaltete danach den Strom ab und wog die abgeschiedenen Metallmengen. Jedesmal erhielt er die gleichen Mengen Kupfer, wenn er den Strom eine gleichlange Zeit hatte fließen lassen. Die Zinkmenge war eine andere, aber auch immer dieselbe.

Da in der Säure weder Zink noch Kupfer enthalten war, mußte das Kupfer von der metallenen Elektrode stammen und durch die Lösung, die man Elektrolyt nannte, zur Zinkelektrode gewandert sein. Das Zink wanderte in umgekehrter Richtung.

Faraday untersuchte weitere Metalle und bestimmte für jedes Metall die Gewichtsmenge, die von einem bestimmten Strom abgeschieden wurde.

Offenbar transportierten die Metallteilchen elektrische Ladungen von einer Elektrode zur anderen. Bemerkenswert war die Tatsache, daß nicht irgendeine, sondern immer eine bestimmte Stoffmenge mit einer bestimmten elektrischen Ladung verbunden war. Das wurde sofort verständlich, wenn man sich vorstellte, daß die Metalle aus Atomen bestanden, die alle die gleiche elektrische Ladung trugen. Dann wurde in der gleichen Zeit und bei gleicher Stromstärke immer die gleiche Anzahl von geladenen Atomen durch die Lösung bewegt, positiv ge-



ladene Atome in der einen, negativ geladene in der anderen Richtung. Die abgeschiedenen Stoffmengen waren verschieden, weil die Atomsorten verschiedene Gewichte hatten.

Faraday nannte diese elektrisch geladenen Atome Ionen, ein Wort, das aus dem Griechischen stammt und „Wanderer“ bedeutet.

Neben seiner Arbeit fand Faraday wenig Zeit für Vergnügungen. Ab und zu veranstalteten Freunde Bootsfahrten auf der Themse, zu denen sie ihn einluden. Dann saß er zwischen den anderen, immer noch still, hörte lieber zu, als selbst zu sprechen, und schrieb manchmal etwas in sein Notizbuch. Und was er da aufschrieb, bezog sich schon wieder auf seine nächsten Forschungsarbeiten.

Es überrascht, daß Faraday trotz seiner Entdeckung der Gesetze der elektrolytischen Stromleitung, die doch so ausdrücklich für den Bau der Stoffe aus kleinsten Teilchen sprachen, als Gegner der Atomhypothese auftrat. Dieser Widerspruch in seiner Haltung ist aus zwei Ursachen zu erklären. Einmal glaubte er, daß sich eine atomistische Struktur der Materie und der Elektrizität nicht mit seinen Feldvorstellungen von den elektrischen und magnetischen Kräften verträge, ein Irrtum, der erst durch die moderne Quantentheorie beseitigt wurde. Zum anderen führte aber die konsequente Verfolgung der Atomhypothese notwendigerweise zur materialistischen, atheistischen Weltanschauung, zu der sich Faraday als treuer Anhänger der Sandemanianer-Sekte nicht bekennen wollte.

Eigentlich war William Prout Arzt. Er verstand sein Fach; seine Londoner Praxis ging gut. Doch wenn abends der letzte Patient sein Sprechzimmer verlassen hatte, schüttelte Prout Urin- und Blutproben, analysierte Gewebeextrakte, Darm- und Magensaft.

„Die Verdauung“, setzte er seinen Freunden auseinander, „ist Quelle der meisten Übel. Man muß die Verdauung studieren. Da ist die . . .“. Und nun zählte er eine Reihe von Krankheiten auf, die alle seiner Meinung nach ihre Ursache in mangelhafter Verdauung hatten. Er veröffentlichte interessante und wichtige Studien über die Chemie der Verdauung. Berühmt ist sein Nachweis, daß im Magen Salzsäure vorhanden ist.

Doch auch hiermit wurde sein Tätigkeitsdrang nicht befriedigt. „Der Mensch muß vielseitig sein“, erklärte er, „wenn man so recht mit Lust arbeitet und forscht, spürt man erst, daß man lebt!“ Dieser Forscherdrang, der Prout wie viele seiner Zeitgenossen in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts erfaßt hatte, erforderte einen gewissen Mut. Man nahm nichts mehr als unerforschliche Schöpfung Gottes hin, sondern betastete und betrachtete Dinge und Lebewesen mit forschender Neugier. Den Ablauf chemischer und physikalischer Prozesse als Verbindung zwischen Ursachen und Wirkungen zu erkennen, anstatt alles gleich als göttliche Vorsehung und Weisheit abzutun, machte eben

**Atom-  
spaltung auf  
dem Papier**

den Weg zu neuen nützlichen Erfahrungen aus. Die großen, vor allem für die Wirtschaft spürbaren Erfolge der Naturwissenschaften gaben der materialistischen Philosophie, deren Weltbild nicht durch den Rückgriff auf das angebliche Wirken eines göttlichen Wesens eingengt wird, starken Auftrieb. Damit verknüpft war das zunehmende Interesse für die Atomtheorie.

So kam es, daß sich auch Prout mit der Atomtheorie beschäftigte. Er las Daltons großartige Arbeiten, kannte die von Berzelius berechneten Atomgewichte und andere Veröffentlichungen dieser Richtung. Da fiel ihm eines Tages auf, daß eine Reihe von Elementen nahezu ganzzahlige Atomgewichte hatten. Er wußte, daß man diese Atomgewichte berechnet hatte, indem man für das leichteste Element, Wasserstoff, das Atomgewicht 1 festgesetzt hatte. Die Zahlen gaben also an, wieviel mal so schwer ein Element im Vergleich zu Wasserstoff war. Das führte ihn auf einen kühnen Gedanken: Wie nun, wenn alle anderen Atomsorten aus Wasserstoffatomen zusammengesetzt waren? Eines Abends machte er sich daran, seine Idee zu Papier zu bringen. Das ging nicht so rasch, denn er stieß auf Hindernisse. Seine Hypothese ergab hier eine Folgerung und da einen überraschenden Schluß. Widersprüche traten ans Licht. Prout hatte in diesen Wochen immer fünf, sechs dicke Bücher aufgeschlagen vor sich liegen, suchte nach Beweisen für seine Atomhypothese, nach Begründungen für auftauchende Widersprüche. Er ließ nicht mehr von dieser Arbeit ab, bis er im Jahre 1815 eine Schrift über die Zusammensetzung aller Atome aus Wasserstoffatomen veröffentlichte.

Er nannte seinen Namen nicht, weil er für seinen Ruf als Arzt fürchten mußte. Es war leicht abzusehen gewesen, was nun eintrat. Verschiedene namhafte Chemiker schrieben in wissenschaftlichen Zeitschriften Erwiderungen an den anonymen Verfasser. Das alles sei blanker Unsinn, meinten sie. Es gäbe ja viele Elemente, deren Atomgewichte in bezug auf Wasserstoff gar nicht ganzzahlig seien. Überhaupt entbehre die Ansicht jeder Grundlage und sei wahrscheinlich Produkt der Phantasie eines Menschen, der sich lieber zu Bett legen sollte. Prout las diese Kritiken. Er rieb sich schmunzelnd die Hände. „Nur gut“, dachte er, „daß mein Name nicht bekannt wird! Kein Mensch würde sich ferner von so einem Wunderling kurieren lassen, haha! – Und was die Elemente betrifft, die keine ganzzahligen Atomgewichte haben, da haben die Herren Fachleute nur nicht genau gemessen oder falsch gerechnet!“

Einzelne bewunderten aber auch die Proutische Hypothese. Es war wunderbar, zu denken, daß alle Materie nur aus einem Stoff, dem Wasserstoff, aufgebaut war. Das war wieder das alte Urelement der griechischen Naturphilosophen, das Eine, Formlose im modernen wissenschaftlichen Gewande. Natürlich konnten die Berzeliussschen Atomgewichte falsch sein! Prout hatte einen genialen Gedanken gehabt, als erster, wenigstens in Gedanken, die Atome zerlegt.

Zunächst waren die Gegner seiner Ansicht weit in der Überzahl. Zu vieles sprach noch gegen seine Vorstellung. Aber ein Jahrhundert

nach seinem Tode hatte die Wissenschaft so viele erstaunliche Beobachtungen aufzuweisen, die für die Proutsche Hypothese sprachen, daß man allmählich anfang, diesen englischen Arzt ob seiner kühnen Voraussicht zu bewundern.

Die Chemiker Europas hatten die Atomtheorie Daltons begeistert aufgenommen. Ein chemisches Element bestand also aus Atomen, die sich von den Atomen anderer Elemente unterschieden, sich aber mit ihnen verbinden konnten. Chemische Reaktionen waren genau meßbare Verbindungen zwischen verschiedenen Atomen. Man gab den chemischen Elementen Zeichen, zum Beispiel dem Wasserstoff den Buchstaben H, dem Sauerstoff den Buchstaben O. Schwefel wurde mit S, Silber mit Ag und Gold mit Au bezeichnet. Für die chemischen Reaktionen wurden Formeln aufgestellt. Für Wasser schrieb man zum Beispiel  $H_2O$ , denn es bestand aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff.

Man konnte genau voraussagen, wieviel von jedem Element gebraucht wurde, um eine bestimmte Verbindung zu gewinnen. Wie wunderbar alles durch diese Atomtheorie gelöst wurde! Nein, ganz so wunderbar traf nicht alles ein.

Mischte man zum Beispiel einen Liter Wasserstoffgas mit einem Liter Chlorgas, so erhielt man zwei Liter Chlorwasserstoff. Irgend etwas stimmte da nicht, denn wenn sich je ein Wasserstoffatom mit einem Chloratom zu einem Chlorwasserstoffmolekül verband, so konnte nur ein Liter Chlorwasserstoff entstehen. Und man fand mehrere ähnliche Fälle, die im Widerspruch zur Daltonschen Atomtheorie standen. Wo lag der Fehler?

Die Chemie hatte damals große Erfolge zu verzeichnen. 1827 hatte Woehler das Aluminium entdeckt. Woehler und Liebig hatten den Harnstoff als erste organische Substanz synthetisch hergestellt. 1834 hatte der Berliner Chemiker Runge die Anilinfarben aus dem Steinkohlenteer gewonnen. 1818 war Berzelius' großartiges Lehrbuch der Chemie erschienen. Caventou und Pelletier hatten das Chinin entdeckt.

Die Entdeckungen der Wissenschaftler wurden von der Wirtschaft begierig aufgesogen. In England, Frankreich, Deutschland und anderen europäischen Staaten hatten sich bereits mächtige Industrien entwickelt. Der Bau von Dampfmaschinen, Eisenbahnen, Dampfschiffen eröffnete der Produktion, dem Handel und Verkehr neue große Perspektiven.

Das Bürgertum war fast überall zur herrschenden Klasse geworden. Seine Produktionstechnik, die rasch von Manufakturen zu Maschinenbetrieben überging, schuf eine vorher kaum für möglich gehaltene Fülle von Waren. Gleichzeitig aber entstand das besitzlose städtische

## Ein Streit

Proletariat. In dieser Phase begann die bürgerliche Gesellschaft ihren fortschrittlichen Charakter aufzugeben. Um ihre wirtschaftliche Machtposition zu sichern, war sie bestrebt, die bestehenden Verhältnisse zu erhalten. In Naturwissenschaft und Philosophie drückte sich diese Tendenz in einem Abwenden von der progressiven materialistischen Weltanschauung aus. Mystiker, Skeptiker und Idealisten wie Fries, Schelling, Schleiermacher und Schopenhauer wurden Modephilosophen. Fortschrittliche naturwissenschaftliche Ideen wurden verworfen, weil die Professoren, von der herrschenden Klasse abhängig, von den gängigen Ansichten ihrer Zeit beeinflusst, die materialistische Grundeinstellung zu ihrer Forschung zum Teil verloren hatten.

Das mußte der italienische Physiker Avogadro erfahren. Er hatte die Hypothese aufgestellt, daß reine Stoffe wie Wasserstoff, Chlor, Stickstoff und Sauerstoff nicht aus einfachen Atomen bestehen, sondern daß jeweils zwei gleiche Atome zu einem Molekül verbunden sind. Mit dieser Annahme konnte er alle Schwierigkeiten beseitigen. Mit einem Schlage erschien alles ganz einfach. Ein doppeltes Wasserstoffatom, daß hieß eben ein Wasserstoffmolekül, und ein Chlormolekül mußten zwei Chlorwasserstoffmoleküle ergeben. Seine Hypothese stand im Einklang mit allen experimentellen Beobachtungen.

Avogadros glänzende Hypothese fand erstaunlicherweise keinerlei Beachtung unter den Chemikern seiner Zeit. Viele erhielten überhaupt nicht Kenntnis davon. Der schwedische Chemiker Jöns Jakob Berzelius, begeisterter Anhänger der Daltonschen Atomtheorie, erklärte Avogadros Hypothese für falsch, sogar für unsinnig. Seine Autorität genügte, einer richtigen Theorie den Weg zu versperren. Als Avogadro 1856 starb, war seine Molekülhypothese nahezu unbekannt.

Ein Landsmann Avogadros, der auf die Molekülhypothese stieß, erkannte sofort, wie glatt dadurch alle Schwierigkeiten aus dem Weg geräumt wurden, und setzte sich mit allem Nachdruck dafür ein. Die Arbeiten des Italieners Cannizzaro wurden wieder nicht beachtet. Doch er ließ sich nicht so leicht entmutigen. Er beschloß, seine Meinung auf dem Chemikerkongreß vorzutragen, der im Jahre 1860 in Karlsruhe stattfinden sollte.

Cannizzaro hatte eine Menge Beispiele aus der Chemie zusammengetragen, die die Richtigkeit und Nützlichkeit der Molekülhypothese beweisen sollten. Außerdem hatte er mehrere eigene Versuche ausgeführt, die sein Beweismaterial ergänzten. Der Italiener fuhr voller Hoffnung auf den Erfolg seiner Sache nach Karlsruhe. Er sah kaum die sonnenwarmen Weinhänge bei Bergamo und Trescorre, nicht die weißen Ufer des Lago d'Iseo; sogar zwischen den steilen Alpentälern dachte er nur an die Atome und Moleküle, und er versuchte nur, sich auszumalen, wie sein Auftreten auf dem Kongreß ablaufen würde.

In Karlsruhe erfuhr Cannizzaro, daß Professor Dumas den Vorsitz auf dem Kongreß führen würde. Er suchte ihn sofort auf, um seinen Vortrag anzumelden. Hier erfuhr er die erste Enttäuschung. Sein Vortrag wurde auf den letzten Tag, also auf einen denkbar ungünstigen Zeitpunkt gelegt. Doch er ließ den Mut nicht sinken.

Auf den Kongreßversammlungen herrschte vom ersten Tage an eine eigenartige Spannung, die zwar in nichts greifbaren Ausdruck fand, aber sie war da wie ein unangenehmes Gefühl, während die Teilnehmer in der Mehrzahl ernst und steif herumsaßen und -standen. Oder kam das ihm, Cannizzaro, nur so vor?

Er beschloß, vor seinem Vortrag einen ausgiebigen Spaziergang zu machen. Dabei wollte er an irgend etwas anderes denken, an etwas Leichtes, Angenehmes, ein paar alte Häuser anschauen, vielleicht ein Glas Wein trinken. – Er ging und schaute, nein, er schaute nicht, er starrte, und in seinem Kopfe formten sich Sätze, und er überlegte, ob er doch besser seinen Vortrag kürzer fassen sollte.

Dann war es soweit. Er stand vor dem Vortragspult. Hinter ihm glänzte die schwarze Wandtafel in der Nachmittagssonne. Vor ihm saßen die Herren, Spitzen der europäischen Chemie. Kühle, kritische Blicke warteten, und die Dolmetscher sahen auf seinen Mund. Zuerst sprach Cannizzaro über seinen Landsmann Avogadro, über dessen unbeachtet gebliebene Hypothese. Während er sprach, suchte er in den Gesichtern seiner Zuhörer. Die meisten blieben verschlossen, ließen weder „Ja“ noch „Nein“ erkennen. An einem der hinteren Tische entdeckte er den einzigen, der ihm mit sichtlich großer Aufmerksamkeit und Spannung zuhörte. Cannizzaro ließ seinen Blick auf diesem Mann ruhen. Fortan sprach er nur noch zu ihm. Seine anfangs ruhigen Worte wurden schneller, eindringlicher. Seine Art zu sprechen bekam immer mehr Schwung, Feuer; doch das gilt nicht in der Wissenschaft. Außerdem verstanden ihn viele nicht. Die Dolmetscher reichten nicht aus, unterbrachen dauernd seine Rede und ließen viel von der Klarheit seines Vortrags verlorengehen. Cannizzaro sprach jetzt von seinen eigenen Experimenten. Da ermahnte ihn der Präsident, zum Ende zu kommen. Er hatte fast zwei Stunden gesprochen. Als erster Diskussionsredner stand ein junger Mann auf. Er sagte, Berzelius, das große Beispiel für alle Wissenschaftler, der Pionier der Chemie – und er drechselte noch einige Sätze, ehe er zur Sache kam – der große Berzelius habe diese Hypothese schon vor zwanzig Jahren verworfen. Er habe in dem Vortrag des italienischen Herrn keine neuen Gesichtspunkte entdecken können, und er halte das Ganze für abwegig und unbrauchbar. Als er sich wieder setzte, war er sicherlich der Ansicht, entscheidende Worte gesprochen zu haben. Noch einige äußerten sich zu Cannizzaros Vortrag. Die meisten lehnten ab, ohne genau verstanden zu haben. Einige meinten, es sei zu früh für solche Hypothesen, und rieten abzuwarten. Keiner trat auf Cannizzaros Seite. Der Italiener antwortete den Diskussionsrednern, schrieb Beispiele an die Tafel, gestikulierte lebhaft mit den Händen, aber die Ablehnung der Versammlung konnte er nicht erschüttern.

Als er dann allein auf der Straße stand, erschöpft, wütend, konnte er nur den Kopf schütteln – was sollte er nun tun? Da trat ein Mann auf ihn zu, stellte sich mit einer höflichen Verbeugung vor. „Ich habe nicht alles verstanden, Signore! Aber ich glaube, Ihr Vortrag war der bedeutendste auf dem Kongreß.“



Cannizzaro sah erst jetzt den anderen aufmerksam an und erkannte den Mann wieder, zu dem er oben im Saal gesprochen hatte, seinen einzigen wirklichen Zuhörer. Lothar Meyer hieß er. Er nannte seine Adresse und bat, ihm einen Abdruck des Manuskriptes zu schicken. Cannizzaro hätte diesen Meyer am liebsten umarmt. Sie gingen zusammen ein paar Straßen entlang, unterhielten sich – wenn auch die Verständigung mühsam war – und luden sich schließlich gegen-

seitig zu einer Flasche Wein ein. Es wurde für Cannizzaro der schönste Abend in Karlsruhe.

Als er am anderen Tag die Rückreise antrat, wußte er, daß sein Auftreten auf dem Kongreß nicht erfolglos gewesen war.

### **Das Periodische System der Elemente**

Seit dem Karlsruher Kongreß dachte Lothar Meyer immer wieder über die Atomtheorie nach, anfangs nur auf dem Heimweg vom Institut, bei einem Spaziergang oder in den Minuten vor dem Einschlafen. Der Mensch muß ja immer an irgend etwas denken, an eine vergangene Urlaubsreise, an den unverschämten Kerl neulich vor dem Zeitungsstand, an die Aufteilung des Monatsgehaltes. Lothar Meyer dachte über die Atome nach. Eigentlich war es doch sehr wenig, was man über sie wußte. Es gab verschiedene Arten, Wasserstoffatome, Eisenatome und noch vierzig oder fünfzig andere. Sie konnten sich mehr oder weniger gut miteinander verbinden; der Franzose Kekulé hatte gesagt, jede Atomsorte besitze eine bestimmte Anzahl von Valenzen und meinte Arme, mit denen ein Atom andere festhalten konnte. Über das einzelne Atom wußte man gar nichts. Wahrscheinlich war es so klein, daß man nie etwas darüber erfahren würde.

Wochen vergingen. Professor Meyer schrieb die letzten Manuskriptseiten zu seinem Buch „Die modernen Theorien der Chemie“. Diese Arbeit hatte ihm zuerst viel Freude bereitet, aber jetzt war er froh, daß es dem Ende zuging. Ein wenig bereute er auch, daß er das Buch geschrieben hatte. Es war nicht so geworden, wie er anfangs gehofft hatte. Überall mußte er Ungeklärtes offen lassen. Im Grunde gab es überhaupt noch keine einwandfreien Theorien in der Chemie. – Immerhin, in seinem Buch stand die Avogadro-Cannizzarosche Molekülhypothese, ihren Gegnern zum Trotze an herausgehobener Stelle.

Meyer war von der Richtigkeit dieser Hypothese überzeugt. Dann aber mußten einige Atomgewichte, die Berzelius und andere nach der Dalton'schen Theorie berechnet hatten, falsch sein. Das stand wohl auch schon in Cannizzaro's Arbeiten. Und Meyer setzte sich hin und berechnete die Atomgewichte noch einmal. Die fertigen Ergebnisse schrieb er, der Größe nach geordnet, auf einen Bogen. Da standen sie nun, die Zahlen: Wasserstoff, Atomgewicht 1 (das war willkürliche Annahme), Helium, Atomgewicht 4,00 und so weiter alle Atomgewichte der Elemente. Was hatte man damit schon gewonnen! Wie schwer ein einziges Atom war, wußte man doch nicht. Alles waren schließlich nur Verhältniszahlen. Ein Heliumatom war viermal so schwer wie ein Wasserstoffatom. Meyer schüttelte unzufrieden den Kopf, blickte die Zahlenreihen auf und ab. Da kam ihm der Gedanke, daß man eigentlich genau so, wie man Atomgewichte berechnete, Atomvolumina bestimmen könnte. Man brauchte dazu nur die Atomgewichte zu kennen. Hatte zum Beispiel der Kohlenstoff das Atomgewicht 12, so brauchte er nur 12 Gramm davon abzuwiegen und ihr Volumen genau zu bestimmen. In den 12 Gramm Kohlenstoff waren ja gerade ebensoviel Atome enthalten wie in einem Gramm Wasserstoff. Das Volumen der 12 Gramm Kohlenstoff stand zum Volumen von 1 Gramm Wasserstoff im gleichen Verhältnis wie das Volumen eines Kohlenstoffatoms zu dem des Wasserstoffatoms. Meyer sagte sich zwar, daß auch er nur Zahlen erhalten werde, mit denen keiner etwas werde anfangen können. Aber die Idee ließ ihn nicht mehr los. Es war doch immerhin interessant.

Die Bestimmung der Atomvolumina machte allerhand Mühe. Meyer mußte möglichst reine Stoffe aussuchen, genau wiegen und ihren Rauminhalt bestimmen. Oft mußte er diese Arbeiten unterbrechen, weil das bestellte Uranerz aus Joachimsthal nicht eintraf oder weil ein Kollege, der versprochen hatte, reines Antimon zu schicken, plötzlich erkrankt war. Es dauerte über ein Jahr, bis er alle Zahlen zusammen hatte. Als er sie aber der Reihe nach neben die Atomgewichte der Elemente schrieb, zeichnete sich etwas Merkwürdiges ab: Die Elemente Natrium, Kalium, Rubidium und Cäsium hatten herausragend große Atomvolumina, während andere, wie Aluminium und Kupfer, sehr kleine Atomvolumina hatten. Der Rauminhalt der verschiedenen Atomsorten stieg nicht gerade an wie die Atomgewichte, sondern er schwankte in einer gewissen Regelmäßigkeit. Meyer hielt ein unerwartetes, rätselhaftes Ergebnis in den Händen. Kalium, Natrium, Rubidium und Cäsium machten die Alkalimetalle aus, mit diesem Sammelnamen bezeichnet, weil sie ähnliche Eigenschaften besaßen. – Und



ihre Atomvolumina waren besonders groß. Bestand da ein Zusammenhang?

Da erinnerte sich Meyer, daß der Chemiker Döbereiner schon vor etwa dreißig Jahren bemerkt hatte, daß sich Gruppen von auffällig ähnlichen Elementen zusammenstellen lassen. Die Halogene Chlor, Brom und Jod bildeten eine solche Gruppe, Eisen Kobalt und Nickel eine weitere. Insgesamt hatte Döbereiner sieben solcher Gruppen gefunden. Da mußte etwas dahinterstecken.

Meyer dachte längst nicht mehr an seine Skepsis gegenüber den nutzlosen Zahlen. Er numerierte die Elemente, zählte die Abstände zwischen den Alkalimetallen, zwischen den Elementen der Halogengruppe, schrieb zu jedem Grundstoff die chemischen und physikalischen Eigenschaften, verglich, probierte, maß einzelne Werte, etwa den Schmelzpunkt des Bleis oder das Wasserstoffbindungsvermögen des Tellurs, noch einmal nach. Tage voller fiebrhafter Arbeit wurden das. Er fand kaum noch Zeit zum Essen. Drei oder vier Stunden Schlaf auf dem Ledersofa in seinem Labor mußten häufig genügen. Er faßte Elemente mit ähnlichen Eigenschaften in Gruppen zusammen und reihte diese aneinander, und dieses Schema ließ sich so treffen, daß die Elemente nach ihren Atomgewichten geordnet waren.

1869 erschien Meyers Arbeit „Über die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte“ in Liebigs Annalen. Im gleichen Jahr wurde in Petersburg eine Arbeit des russischen Physikers Dmitri Iwanowitsch Mendelejew über die periodischen Gesetzmäßigkeiten der Elemente veröffentlicht.

Zwei große Männer hatten, ohne voneinander zu wissen, die gleiche Entdeckung gemacht.

Dabei gab Mendelejew eine jener genialen Voraussagen, die wie mächtige Wahrzeichen des menschlichen Geistes in der Geschichte stehen. Er hatte in dem von ihm entworfenen Periodischen System einige Lücken entdeckt, Plätze, für die keine Elemente bekannt waren.

Sie mußten aber frei bleiben, weil sonst alles andere in Unordnung geriet. Mendelejew behauptete nun, daß es noch unentdeckte Elemente gäbe, die gerade auf die leeren Plätze in seinem Periodischen System gehören sollten. Und weil er die Eigenschaften des vorangehenden und des nachfolgenden Elements kannte, sagte er die Eigenschaften dieser unbekannt Grundstoffe voraus. Seine Voraussage wurde glänzend bestätigt durch die späteren Entdeckungen der Elemente Gallium Skandium und Germanium.



Die Physiker besaßen ein Wunderwerkzeug, die Differentialgleichung. Mit einer einzigen Differentialgleichung konnten sie Tausende von verschiedenen Vorgängen beschreiben, berechnen. Zum Beispiel ließ sich die gesamte Optik in wenigen Differentialgleichungen ausdrücken. Außer diesen mathematischen Formeln brauchte man nur noch einige in festen Zahlen ausgedrückte Eigenschaften der Stoffe, zum Beispiel den Brechungsindex einer Glassorte, zu kennen, um alle Vorgänge in der Natur berechnen zu können. Tatsächlich gab es zu jener Zeit Wissenschaftler, die ernsthaft die Meinung vertraten, Vergangenheit und Zukunft der Welt würden sich dereinst in einem System von Differentialgleichungen erfassen lassen.

In diesem Stadium der Vollendung der sogenannten klassischen Physik spielte die Lehre vom Aufbau aller Materie aus Atomen eine dürftige Rolle. Sie nahm gewissermaßen eine unbequeme Außenseiterstellung ein.

Das mechanistische Weltbild der Physik, das die Natur als eine präzise arbeitende Maschine auffaßte, als ein Universum, in dem letztlich alle Vorgänge auf „sinnvoll“ geordnete Bewegungen zurückzuführen waren, konnte mit der Atomlehre nichts anfangen.

Die Methode der Differentialgleichungen beruhte auf dem Prinzip der gleichmäßigen, stetigen Teilbarkeit von Raum, Zeit und Materie. Aber schon Gassendi hatte gezeigt, daß die Atomlehre dazu in Widerspruch steht.

Der durch bedeutende Forschungen auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre bekannte Franzose André Marie Ampère vertrat um 1830 die Ansicht, daß der elektrische Strom aus einer Bewegung geladener Teilchen bestehe. Faradays Versuche über die Stromleitung in Flüssigkeiten sprachen ebenfalls dafür. Ampère glaubte fest daran, daß sich auch in Metallen solche Ladungsträger bewegten, wenn man an die Enden eines Drahtes die Klemmen einer elektrischen Batterie schloß. Er konnte seine Behauptung zwar nicht beweisen; ihm konnte aber auch niemand sagen, was denn sonst elektrischer Strom sei.

Während Ampères übrige Arbeiten rasch Anerkennung fanden, blieben seine Erörterungen über die Teilchenstruktur der Elektrizität und der Materie unbeachtet. Sie paßten schlecht in die sich abrundende klassische Physik und noch schlechter zu der an Einfluß gewinnenden bürgerlichen idealistischen Philosophie.

Die Atomhypothese hatte also bisher zwar in der Chemie zu beachtlichen Erfolgen geführt, in der Physik aber noch keine rechte Bedeutung gewonnen.

Ein bemerkenswerter Einbruch in die Abwehrstellung der Physiker gegen die Atomtheorie wurde zuerst in der Wärmelehre erzielt. Um 1738 hatte Daniel Bernoulli, ein Sproß der in Europa berühmten Gelehrtenfamilie der Bernoullis, lange die Eigenschaften der Gase studiert und war dabei zu neuartigen Gedankengängen vorgestoßen. Bisher hatten die Physiker den Druck eines Gases mit Manometern gemessen, seine Abhängigkeit von Gasvolumen und Temperatur

untersucht und ihn als natürlich gegebene Zustandsgröße der Gase angesehen, mit der man nichts weiter anfangen konnte.

Bernoulli hatte nun die Atomvorstellung angewandt und war zu dem Schluß gekommen, der Gasdruck sei weiter nichts als das Ergebnis der Stöße der sich hin- und herbewegenden Gasatome gegen die Wände des Behälters.

Um 1860 griff R. Clausius in Bonn die Gedanken Bernoullis auf. Clausius konnte die Wärme der Körper aus einer dauernden Wimmelbewegung der Atome oder Moleküle erklären und kam mit seiner Theorie zu überraschend richtigen Schlußfolgerungen.

Sechs Jahre später geschah etwas, was keiner für möglich gehalten hatte. Der ehemalige Realschullehrer und spätere Professor an der Universität Wien Josef Loschmidt rechnete mit Hilfe der Clausiusschen Theorie auf überzeugende Weise aus, wieviel Atome beziehungsweise Moleküle im Kubikzentimeter eines Stoffes enthalten sind. Die Zahl, die er fand, war ungeheuer groß. In einem Kubikzentimeter Luft sind zum Beispiel nach Loschmidts Rechnung zwanzig Trilliarden Moleküle vorhanden. Das ist eine Zahl mit zweiundzwanzig Nullen. Ein einziges Molekül und erst recht ein Atom waren so unvorstellbar klein – wie unendlich klein, war erst durch Loschmidts Arbeit recht deutlich geworden –, daß man trotz der besten Mikroskope nie hoffen durfte, die kleinsten Teilchen der Materie zu sehen.

Dieser Atomtheorie der Gase setzte Ludwig Boltzmann, einer der bedeutendsten Theoretiker am Ende des 19. Jahrhunderts, durch seine statistische Theorie die Krone auf.

Trotz dieser Erfolge gab es am Ende des 19. Jahrhunderts noch angesehene Physiker, die der Atomlehre jede Berechtigung streitig machten. In Wien lehrte Professor Ernst Mach Geschichte und Theorie der sogenannten exakten Wissenschaften. Er lehrte eine besondere philosophische Richtung, den Positivismus, dem sich bald der bedeutende Physikochemiker Wilhelm Ostwald in Leipzig und eine Reihe anderer Wissenschaftler anschlossen. Diese Positivisten vertraten die Ansicht, daß wir gar nicht wissen können, wie und ob überhaupt die Materie in der Welt existiert, daß alle Wissenschaft nur eine bequeme, zweckmäßige Beschreibung unserer Wahrnehmungen darstellt und keinen zuverlässigen Schluß auf Dinge außerhalb unseres Ichs zuläßt. Von diesem Standpunkt aus erschien es dann völlig unsinnig, vom Aufbau der materiellen Stoffe aus Atomen zu sprechen, weil wir diese Atome nicht wahrnehmen können.

Ludwig Boltzmann dagegen vertrat die materialistische Anschauung, die eigentliche Voraussetzung für jede naturwissenschaftliche Forschung ist und bei jedem Forscher bewußt oder unbewußt in seiner Arbeit wirksam wird: Die Welt ist materiell, unabhängig von unseren Sinnen und Erkenntnissen. Er war fest davon überzeugt, daß nicht nur jedes Gas, sondern alle Materie wirklich aus Atomen aufgebaut ist. 1897 schrieb Boltzmann eine Abhandlung „Über die Unentbehrlichkeit der Atomistik in der Naturwissenschaft“. Über die experimentellen Stützen der atomistischen Struktur sagte er: „Wir haben also hier

Erfolge, denen alle philosophischen Naturanschauungen von Hegel bis Ostwald nichts entgegenzusetzen haben.“

Ludwig Boltzmann, einer der größten Theoretiker, leitete mit seinen Arbeiten zur Statistik, zur Licht- und Wärmestrahlung von der klassischen Physik in eine moderne Naturwissenschaft über. Er wußte, daß er auf dieser Schwelle stand, und er ging mit dieser Einsicht den meisten seiner Zeitgenossen weit voraus, die noch in der Vorstellung von einer kontinuierlichen Materie steckten.

Im Jahre 1888 machte der Dresdner Physiker W. Hallwachs eine Entdeckung, die eine der sichersten Theorien der klassischen Physik, die Theorie des Lichtes, ins Wanken brachte und in wenigen Jahren auch hier der längst überwunden geglaubten Teilchenvorstellung neue Bedeutung erwarb.

Hallwachs hatte zwei Metallelektroden in eine Glasröhre eingeschmolzen und die Luft aus dieser Röhre gepumpt. Ließ er nun Licht auf eine der Metallplatten fallen, so zeigte ein Instrument, welches die äußeren Anschlüsse der beiden Elektroden miteinander verband, einen elektrischen Strom an, der sofort wieder aufhörte, wenn er das Licht ausschaltete. Bei genauerer Untersuchung stellte sich nun die merkwürdige Tatsache heraus, daß nur kurzwelliges Licht elektrischen Strom auslösen konnte. Vom Standpunkt der Wellentheorie des Lichtes hätte man erwarten müssen, daß rotes und infrarotes Licht von genügender Intensität zu demselben Ergebnis führen müßte. Aber die rote Strahlung konnte noch so intensiv sein, sie löste keinen Strom zwischen Hallwachs' Elektroden aus. Dieser lichtelektrische Effekt stellte die Physiker zunächst vor ein Rätsel. Es war, als ob das Licht aus Teilchen bestehe, deren Energie von der Lichtfrequenz abhängt, als ob also die Teilchen des roten Lichtes in noch so großer Zahl keinen elektrischen Strom erzeugten, weil jedes einzelne zu schwach war.

Die Lage schien ausweglos. Am Ende einer glänzenden Entwicklung der Lichttheorie stellte dieses Experiment wieder alles in Frage.

Bis zum Jahre 1900 hatte die naturwissenschaftliche Forschung zu gewaltigen Erfolgen geführt. Die Teleskope der Astronomen ließen den Blick der Forscher weit über unser Sonnensystem hinausdringen. Die Mikroskope machten ohne Mühe den Zellenbau der Lebewesen sichtbar und halfen den Ärzten, die Erreger vieler gefährlicher Krankheiten zu entdecken und zu bekämpfen.

Die Forschungen über die Gase hatten zur Dampfmaschine und zum Dieselmotor geführt. In allen Ländern Europas und in Übersee drehten sich die Maschinen, webten, schmiedeten und formten mit der Energie, die der Mensch aus verschiedenen Rohstoffen der Erde zu gewinnen gelernt hatte. Elektrischer Strom, an Wasserfällen oder mit Dampfmaschinen erzeugt, konnte viele Kilometer weit fortgeleitet werden und brachte die Energie an die Orte, wo sie der Mensch brauchte.

Aber die Ansicht, der Mensch sei nun hinter die wesentlichsten Geheimnisse der Natur gekommen und brauche nur noch einige spe-

zielle Probleme aufzuklären und die richtige Nutzenanwendung der verschiedenen Gesetze herauszufinden, hatte sich als trügerisch erwiesen. Sehr viel war erreicht worden und wiederum nichts. Was war Licht, was war Elektrizität? – Gab es die zweiundneunzig Elemente des Periodischen Systems nach Mendelejew oder nur wenige Urstoffe, vielleicht nur den Wasserstoff, aus dem alle anderen Elemente aufgebaut waren? – Konnte man bestimmte Eigenschaften der Stoffe, wie ihre spezifische Wärme oder ihre elektrische Leitfähigkeit, von denen man



bisher angenommen hatte, sie seien eben Tatsachen, mit denen man sich abfinden müsse, wenn man sie möglichst genau beschreiben habe, doch durch eine atomistische Theorie vorausberechnen? – Überall, wo man Ausschau nach neuen Erkenntnismöglichkeiten hielt, stieß man irgendwie auf die Vorstellung vom Aufbau der Materie aus Atomen. Auf einmal wurde klar, daß die Physik von einem Abschluß noch un-

geheuer weit entfernt war. Gewaltige Probleme waren noch kaum sichtbar geworden, geschweige denn gelöst. Und die Weitblickenden sahen, daß die Atomlehre, bisher in der Physik eine wenig beachtete Sache, in Zukunft ins Zentrum der Wissenschaft rücken würde. Die Menschheit war an die Schwelle zu neuen großen Entdeckungen getreten.

Es ist interessant, dieses Für und Wider in der Physik zu verfolgen. Fast drei Jahrhunderte waren seit Gassendis Arbeiten vergangen, drei Jahrhunderte, in denen die Physik in ihren wesentlichen Zügen zu einer Vollendung gelangt zu sein schien. Ihre Gesetze hatten sich hundertfach bewährt und galten als felsenfest.

Genauso „bewährt“ hatte sich die Einteilung der Menschen in Klassen, in Fabrikbesitzer und Aktionäre auf der einen und Arbeiter auf der anderen Seite. Es schien alles in bester Ordnung zu sein, und so sollte es nach der Meinung derer bleiben, die davon ihren Nutzen hatten. Es traten bürgerliche Philosophen an die Öffentlichkeit, die den subjektiven Idealismus lehrten. Sie behaupteten, es sei nicht festzustellen, ob außerhalb der menschlichen Vorstellung eine reale materielle Welt existiere. Deshalb sei es absurd, diese materielle Welt erforschen zu wollen.

Die Naturwissenschaftler wehrten sich zwar in vielen Fällen gegen solche ihrer Arbeit feindlichen Tendenzen, konnten aber allein keiner wissenschaftlichen materialistischen Naturauffassung zum Siege verhelfen, weil das nicht in erster Linie nur eine Sache des „reinen“ Verstandes war.



## Elektron

Schon im Altertum kannte man die besondere Eigenart des Bernsteins, Federn, Staubteilchen und andere kleine und leichte Gegenstände anzuziehen, wenn man den Stein vorher mit einem Tuch gerieben hatte.

Die merkwürdige Eigenschaft des Bernsteins, den die Griechen „Elektron“ nannten, wurde von einigen griechischen Philosophen in ihren Schriften erwähnt.

Lange blieb das Wissen der Menschen auf dieser Stelle stehen, geriet sogar teilweise in Vergessenheit. Man hielt diese Eigenschaft für etwas, was dem Bernstein eigentümlich und nicht weiter zu erklären war.

Da entdeckte um das Jahr 1600 der Leibarzt der Königin Elisabeth, William Gilbert, daß ein Glasstab, der vorher mit Seidenzeug gerieben worden war, ebenfalls leichte Dinge wie Papierschnitzel und anderes anzog. Er sagte, der Glasstab sei elektrisiert, was eigentlich nichts anderes als „berNSTeinisiert“ hieß.

Und wieder vergingen über hundert Jahre, bis im Jahre 1733 der französische Physiker Dufay fand, daß Siegellack, nachdem er auf Katzenfell gerieben worden war, ebenfalls den elektrischen Zustand annahm. Dufay begnügte sich aber nicht mit dieser Feststellung. Er probierte weiter und stieß dabei auf eine merkwürdige Beobachtung.

Auf eine glatte Holzplatte hatte er Leinsamen gestreut. Näherte er jetzt eine geriebene, also elektrisierte Siegellackstange, so wurden Leinsamenkörperchen angezogen, blieben einige Sekunden an der Stange haften und fielen dann wieder herab. Er ließ sie aber nicht in den alten Haufen zurückfallen, sondern brachte vorher seinen Stab rasch an eine andere Stelle, so daß die Körnchen getrennt von den

**Franklin,  
Volta  
und Edison**

übrigen auf die Platte fielen. Wenn er nun einen Glasstab rieb, so konnte er damit genau dasselbe vollführen. Und jetzt kam das **Sonderbare**: Der Glasstab zog die Körnchen, die er abgeworfen hatte, nicht mehr an. Beim Siegelack war es ebenso. Aber jede Stange zog die Teilchen, die von der anderen abgefallen waren, sofort an.

Offenbar unterschied sich die Elektrizität der Glasstange von der Elektrizität der Siegelackstange.

Für die Dauer waren die Bezeichnungen „Glaselektrizität“ und „Siegelackelektrizität“ zu umständlich; außerdem fand man bald noch andere Stoffe, die sich entweder wie Glas oder wie Siegelack verhielten. Deshalb bezeichnete man die Glaselektrizität als positive, die Siegelackelektrizität als negative Elektrizität. Natürlich war diese Festlegung willkürlich. Die umgekehrte wäre genauso gut gewesen. Doch da am wissenschaftlichen Fortschritt immer viele Köpfe arbeiten, ist eine von allen anerkannte Festlegung solcher Begriffe notwendig, damit es nicht dauernd Mißverständnisse gibt. Von den möglichen Ursachen dieser bemerkenswerten Erscheinung „Elektrizität“ war bisher noch nicht die Rede gewesen. Das wurde bald anders.

Franklin, der geniale Erfinder des Blitzableiters, vermutete, daß beide Elektrizitäten immer zusammen auftreten. Beim Reiben eines Glasstabes mit Seidenzeug sollte, so spekulierte Franklin, das elektrische Fluidum vom Stab zum Seidenzeug übergehen. Der vorher neutrale Stab erscheine positiv elektrisch, weil er durch das Reiben einen Teil seines Fluidums verloren habe. Dafür besitze das Seidenzeug einen Überschuß an elektrischem Fluidum. Dieses Fluidum selbst stellte sich Franklin als besondere elektrische Materie vor, die aus viel kleineren Teilchen bestehen sollte als die gewöhnliche Materie.

Wir müssen uns heute wundern, wie richtig Franklins Vorstellung im Grunde war, obwohl zu seiner Zeit noch nicht eine Möglichkeit abzusehen war, solchen Problemen einmal experimentell zu Leibe zu gehen, wie es die Physiker rund hundert Jahre später konnten.

Zunächst geriet Franklins Hypothese in Vergessenheit. Um 1800 erfand der Italiener Alessandro Volta die elektrische Batterie, nachdem er die Froschschenkelversuche seines Landsmannes Galvani fortgesetzt hatte. Damit erzeugte er zum ersten Male fließende Elektrizität.

Viel gewinnversprechender als die akademische Frage, was Elektrizität wirklich sei, erschien die Erforschung der Nutzenanwendung dieses elektrischen Stromes.

Man lernte die Erwärmung eines stromdurchflossenen Drahtes kennen. Edison erfand die Glühlampe. Telephon und Telegraph wurden erfunden. Im Jahre 1866 konstruierte Werner von Siemens die Dynamomaschine. Bald darauf ersetzte der Elektromotor die unbequeme Dampfmaschine.

Der Mensch hatte gelernt, die Elektrizität zu beherrschen. Er konnte sie über viele Kilometer fortleiten, sie in Wärme, Licht oder Arbeit umwandeln. Nachrichten liefen nun mit Sekundenschnelle über Tausende von Kilometern. Die Ingenieure konnten elektrische Spannungen von vielen tausend Volt erzeugen, Kraftwerke mit riesigen Leistungen

bauen, die ganze Großstädte mit Licht und Kraft versorgten. Und die Physiker konnten die winzigen Ströme messen, die zwischen der menschlichen Hand und dem von ihr berührten Wasserhahn fließen. Doch die Frage: Was ist Elektrizität? konnten sie noch nicht beantworten.

Steigt man von den Höhen des Siebengebirges ins Rheintal hinab, so sieht man am anderen Ufer die alte Universitätsstadt Bonn. Im Jahre 1859 hatte hier Julius Plücker den Lehrstuhl für Physik inne. Plücker interessierte sich schon seit einiger Zeit für die Frage, wie Elektrizität in Gasen fortgeleitet wird. Daß das überhaupt geschieht, war für ihn eine ausgemachte Sache. Der Blitzschlag und eine beachtliche Reihe von anderen Beobachtungen natürlicher Vorgänge schienen ihm Beweis genug dafür.

Schon bei seinen ersten Versuchen hatte er gemerkt, daß er nur weiterkommen würde, wenn er einen bestimmten Raum, luftdicht von der Umgebung abgetrennt, untersuchte. Zu diesem Zwecke beabsichtigte er, in eine Glasröhre zwei metallene Elektroden einschmelzen zu lassen. In die Glasröhre sollte dann das zu untersuchende Gas geleitet werden. Für diese Arbeiten hatte er den Glasbläser Heinrich Geißler in seinem Institut angestellt.

Professor Plücker war achtundfünfzig Jahre alt, als er mit Geißler diese Versuche vorbereitete. Mit Ungeduld wartete er von Tag zu Tag, daß Geißler endlich eine solche Entladungsröhre fertiggestellt habe. Der ganze Fortschritt seiner Forschungsarbeiten hing von der Geschicklichkeit des Glasbläfers ab. Aber man konnte mit Geißler zufrieden sein. Seit Wochen suchte er unermüdlich nach der richtigen Zusammenstellung von Glassorte und Metall. Zuerst hatte er es mit Kupferdrähten versucht. Doch wenn der Glaskolben mit dem eingeschmolzenen Draht aus der Flamme genommen wurde, riß die Schmelzstelle immer wieder, weil die Wärmeausdehnungen von Kupfer und Glas zu verschieden sind. Geißler hatte es darauf mit Nickel versucht. Dieser Versuch war nicht viel besser ausgefallen. Schließlich verwandte er Wolframdrähte. Einige Proben waren gut gelungen. Bald hatte er auch die erste Röhre fertig. Professor Plücker hatte die übrige Versuchsapparatur schon seit Wochen bereitstehen. Endlich war der Tag des ersten Versuchs gekommen. Er überprüfte noch einmal die elektrische Anlage,

## Ein Professor und sein Glasbläser



stellte die Pumpe bereit und legte Papier und Bleistift für die Notizen zurecht. Ein Stativ sollte die Glasröhre aufnehmen. Geißler behandelte sein Werk wie ein rohes Ei. Vorsichtig setzte er die Röhre ein, zog langsam die Schraube an der Stativklemme an. Während der Professor die elektrischen Leitungen an die eingeschmolzenen Drähte klemmte, fettete Geißler die Glasschliffe für den Manometeranschluß und den Pumpstutzen.

Beide überprüften ihren Versuchsaufbau ein letztes Mal. Professor Plücker schaltete die Hochspannung ein. Geißler bediente die Pumpe. Langsam fiel die Quecksilbersäule des Manometers. Bei vierzig Millimeter traten in der Röhre bläuliche Leuchterscheinungen auf. Die beiden Männer beobachteten in höchster Erregung. Von der Anode ging eine leuchtende Säule aus, die drei Viertel der Röhre einnahm. Die Kathode dagegen wurde nur von einem dünnen Glimmsaum bedeckt. Plücker notierte die Stromwerte.

„So, pumpen Sie bitte weiter!“ sagte er dann. Die leuchtende Säule löste sich in lauter feine Scheibchen auf, deren Durchmesser immer kleiner wurde. Schließlich zogen sie sich auf einen dünnen leuchtenden Faden in der Mitte der Röhre zusammen. Als der Luftdruck in der Röhre noch geringer wurde, verschwand auch dieser Faden.

Die beiden hatten bei ihrer Arbeit nicht darauf geachtet, daß inzwischen die Mittagsstunde vorübergegangen war. Der Professor sah erstaunt auf die Uhr.

„Schon drei? – Wir haben ja noch gar nicht gegessen!“ „Das hat Zeit“, antwortete Geißler, „haben Sie übrigens gesehen, daß das Glas hinter der Anode zuletzt grünlich schimmerte?“ Der Professor nickte. „Wir werden vor dem nächsten Versuch den Raum verdunkeln.“

Sie wiederholten den Versuch mehrmals. Die Leuchterscheinungen blieben immer dieselben. Da kam Professor Plücker auf die Idee, die äußere Form der Röhren zu verändern. Geißler machte sich an die Arbeit. Auch verschieden geformte Elektroden sollten eingeschmolzen werden.

Bei verdunkeltem Raum konnte man deutlich ein grünes Fluoreszieren der Glaswand gegenüber der Kathode erkennen, nachdem die anderen Leuchterscheinungen aufgehört hatten.

„Da müssen irgendwelche Strahlen von der Kathode ausgehen“, sagte der Professor zu seinem Gehilfen, „hier, sehen Sie, der Anodendraht wirft einen Schatten auf die fluoreszierende Glasfläche.“ Geißler kniff die Augen zusammen, um besser sehen zu können. „Aber da sind doch mehrere dunkle Linien“, sagte er, nachdem er genau beobachtet hatte. Der Professor beugte sich wieder vor. „Tatsächlich – Erklären kann ich mir das nicht!“

Als Plücker seine Beobachtungen veröffentlichte, fanden sie bei den Fachgenossen im In- und Ausland große Beachtung. Einige Physiker nahmen ähnliche Untersuchungen auf. Dabei stießen sie auf dieselben Anfangsschwierigkeiten wie vorher Plücker. Das Herstellen der Entladungsröhren, besonders das Einschmelzen von Drähten erforderten großes Geschick, und die guten Glasbläser waren nicht zahlreich.

Plücker hatte nicht vergessen, in seiner Arbeit den Namen Geißlers zu erwähnen. Jetzt kamen viele Briefe, die zwar formal an ihn, im Grunde aber an seinen Glasbläser gerichtet waren, denn die Absender baten um genauere Auskünfte über die Herstellung der Röhren. Bald bürgerte sich der Name „Geißlersche Röhren“ überall ein. Auf diese Weise wurde der Glasbläser Heinrich Geißler berühmter als sein Professor.

Von den Kathoden der Geißlerschen Röhren ging eine Strahlung aus, die die gegenüberliegende Glaswand zum Leuchten brachte. Was für Strahlen waren das?

## **Kathodenstrahlen**

Diese Frage stand im Mittelpunkt vieler Untersuchungen. Wie sollte man entscheiden, welche der beiden Möglichkeiten zutrifft: Teilchenstrahlen oder Wellenstrahlen?

Plückers Entdeckung war schon zehn Jahre alt, als Johann Wilhelm Hittorf in Münster einen bedeutenden Fortschritt erzielte. Er stellte nämlich fest, daß die Kathodenstrahlen senkrecht von der Kathode ausgehen. Er brachte die Anode irgendwo seitlich an. Die Kathodenstrahlen trafen immer noch die der Kathode gegenüberliegende Glaswand, ohne sich um die Anode zu kümmern.

Hittorf kam nun auf den Gedanken, seine Entladungsröhre zwischen die Pole eines Magneten zu bringen. Wenn die Kathodenstrahlen eine Wellenstrahlung war, ähnlich dem Licht, so war keine Veränderung zu erwarten. Der Versuch zeigte das Gegenteil. Beim Nähern des Magneten verschob sich der grüne Fleck auf der Glaswand. Das war nur zu verstehen, wenn die Kathodenstrahlen aus Teilchen bestanden.

1871 entdeckte dann Cromwell Fleetwood Varley, daß die Kathodenstrahlen auch abgelenkt wurden, wenn man die Entladungsröhre zwischen die Platten eines Kondensators brachte. Und zwar erfolgte die Ablenkung nach der positiven Platte hin. Die Kathodenstrahlteilchen mußten demnach negativ elektrisch geladen sein.

Waren es negativ geladene Metallatome aus dem Kathodenblech? Oder gab es elektrische Teilchen, die viel kleiner als Atome sind, wie schon Franklin vermutet hatte? Mit diesem Problem beschäftigten sich Wilhelm Wien in Berlin, Emil Wiechert und Walter Kaufmann in Königsberg und gleichzeitig auch George Fitzgerald in Dublin und Joseph John Thomson in Cambridge.

Thomson maß im Jahre 1892 mit einem rotierenden Spiegel die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen, die von der Spannung zwischen Kathode und Anode abhängt. Er rechnete aus seinen Meßergebnissen eine Geschwindigkeit von 100 000 Kilometern je Sekunde aus. Das ist ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit. Auch dieses Ergebnis sprach für die Teilchenstruktur der Strahlen, denn Wellenstrahlen hätten sich mit Lichtgeschwindigkeit fortgepflanzt.

Wilhelm Wien berechnete aus der Größe der Ablenkung, die die Kathodenstrahlen in elektrischen und magnetischen Feldern erfahren, daß das Verhältnis zwischen Ladung und Masse der Teilchen nur ein Zehntausendstel vom Wert dieses Verhältnisses bei geladenen Atomen, also Ionen, ausmacht.

Immer enger zog sich das Netz. Immer deutlicher zeichnete sich ein klares Ergebnis ab. George Fitzgerald sprach es als erster aus:

Die Kathodenstrahlen bestehen aus kleinsten Elektrizitätsteilchen, aus Elektronen. Gleichzeitig aber war klar geworden, daß diese Elektronen so unvorstellbar klein sind, daß menschliche Augen sie nie sehen werden, auch mit den besten Mikroskopen nicht.

Diese in kurzen Worten dargestellte Entdeckungsgeschichte des Elektrons ist ein deutliches Beispiel für die Tatsache, daß eigentlich immer viele Forscher an einer wissenschaftlichen Entdeckung beteiligt sind. Eine gründlichere Betrachtung zeigt das in den meisten Fällen. Auch diejenigen, die falsche Wege gingen, sich irrten, halfen weiter, denn sie bewahrten andere vor ihren Fehlern. Aber noch viel mehr: Die hier erzählte Rolle des Glasbläfers Geißler ist herausragend, aber durchaus nicht einzig. Im Gegenteil: Die Arbeit der Instrumentenbauer, der Mechaniker, der Linsenschleifer, Metallschmelzer, Werkzeugmacher und Maschinenkonstrukteure wird immer maßgebend, manchmal sogar entscheidend für die Möglichkeiten experimenteller Forschung sein.



## Unsichtbare Strahlen

Die Fenster des Laboratoriums waren hoch und verstaubt. Der letzte Regen hatte dicke Schmutzspritzer und Rinnen zurückgelassen. Der fünfzigjährige Professor Röntgen verweilte einen Augenblick, ehe er die Flügel schloß. Die Glocken Würzburgs läuteten gerade die Mittagsstunde ein. Matter Novembersonnenschein lag auf den winkligen Dächern der Mainstadt. Irgendwo lärmten Kinder.

„Die Schule wird aus sein“, sann er, und seine Gedanken wanderten in die eigene Schulzeit zurück. Man muß dann immer lächeln, so still und froh in sich hineinlächeln dabei. Nur, Röntgen konnte nie ganz ohne Bitternis an die Gymnasialzeit in Utrecht denken. An die meisten der damaligen Klassenkameraden konnte er sich noch sehr gut erinnern. Sie waren fast alle überzeugt gewesen, daß sein Ausschluß vom Gymnasium Unrecht gewesen war.

Die Sache war so gekommen: Ein Schüler hatte in der Pause die Karikatur eines Lehrers an die Tafel gezeichnet. Der unvermutet Hereinkommende hatte gerade ihn, den jungen Röntgen, schallend lachen sehen, hatte ihn in rasender Wut geschüttelt und wissen wollen, wer der Zeichner gewesen war. Aber Röntgen hatte den Freund nicht verraten, auch nicht bei den späteren Verhören vor dem Rektor. Zur Strafe hatte er die Schule verlassen müssen. Ein ihm wohlgesonnener Lehrer hatte zwar später durchgesetzt, daß Röntgen zu einem Sonderabitur zugelassen wurde, aber Vorsitzender der Prüfungskommission wurde ausgerechnet der Karikierte. Röntgen fiel bei der Prüfung durch. Schwer und oftmals demütigend war seitdem sein Weg gewesen.

Die Scheiben der Fenster klirrten leise beim Schließen. Röntgen setzte mit schwarzem Papier bespannte Holzrahmen davor. Nun war Dunkel und Stille im Raum, der gegen die Geräusche, das Tageslicht und die Kühle des Flußwassers abgeschlossen war. Vorsichtig tastete sich der

**Das dicke  
Buch und  
der grüne  
Schimmer**

Gelehrte an seinen Arbeitsplatz. Es dauerte Minuten, bis sich die Augen an das schwache Licht gewöhnt hatten, das von einer kleinen abgedeckten Glühbirne herrührte.

Röntgen überprüfte noch einmal die Instrumente, bevor er die Hochspannung einschaltete. – Das Manometer zeigte ein tausendstel Millimeter Quecksilberdruck in der Entladungsröhre an. Der Schalter knackte. Hellgrün leuchtete das Fluoreszenzlicht an der Glaswand der Röhre auf.

Zwischen zwei Metallelektroden, die in einem luftleer gepumpten Glaskolben eingeschmolzen waren, lag eine Spannung von mehreren tausend Volt. Die Hochspannung knisterte und sprühte. An der linken Kontaktschraube des Induktoriums leuchtete es bläulich. Er würde dort erst die Isolation prüfen müssen.

Die aufflammende Deckenleuchte verbreitete schwaches Licht über die vielen Geräte, spiegelte sich in Messingkugeln und Glasröhren. Röntgen tupfte sorgfältig mit einem Leinenläppchen die Umgebung der Kontaktschraube und des Ableitedrahtes ab. Staub oder Spuren von Feuchtigkeit werden die Ursachen des Fehlers gewesen sein. Er schaltete die Raumbeleuchtung wieder aus, begann von neuem. Diesmal funktionierte alles. Trotzdem, er würde an ein größeres Induktorium denken müssen oder an diesem zumindest die Isolation verbessern. Wieder fluoreszierte das Glas grünlich. Von der Kathode der Röhre gingen Strahlen geradlinig aus, trafen auf die Glaswand und brachten diese zum Leuchten. Es waren die dreißig Jahre zuvor (1869) entdeckten Kanalstrahlen.

Röntgen las das Strommeßgerät ab, notierte den Wert, vergrößerte die Hochspannung – nein, sie sprühte noch nicht merklich –; las wieder ab. Stunden arbeitete er so, merkte nicht, wie es draußen dämmerte und Nacht wurde. Unzufrieden betrachtete er seine Zahlenreihen. Es hatte keinen Zweck, so weiterzumachen. Man müßte das Vakuum in der Röhre auf einfache Weise verändern können. Er richtete sich nachdenklich auf.

Plötzlich stutzte er. Da! Was war denn das?

Ein zum Trocknen aufgehängter, mit frischem Bariumplatinocyanür bestrichener Papierschirm, an dem Röntgen seine Untersuchungen über Fluoreszenz fortsetzen wollte, leuchtete in gelblich grüner Farbe. Das konnte doch nicht mehr von der Beleuchtung herrühren. Er starrte mehrere Minuten lang auf den Schirm, der gerade vor der Kathodenstrahlröhre, aber zwei Meter von ihr entfernt hing. Die Kathodenstrahlen reichten doch nicht über das Innere der Röhre hinaus. Ihm wurde plötzlich heiß. Seine Finger zitterten, als er die Hochspannung ausschaltete. Sofort hörte auch das Leuchten des Schirmes auf. Hatte etwa das Leuchten mit der



Hochspannungsanlage zu tun? – Er löste ein Kabel von der Röhre und schaltete wieder ein. – Nichts! – Der Schirm leuchtete nur, wenn die Röhre in Betrieb war. Er hielt ein dickes Buch zwischen die Röhre und den Schirm. Man müßte den Schatten des Buches sehen. – Kein Schatten, seltsam – doch da! Was ist das für eine Stange? – Sein Arm war es, die Knochen seines Armes waren es. Die Strahlen, die den Schirm zum Leuchten brachten, durchdrangen das Papier des Buches, das Fleisch der Glieder. Nur die Knochen bildeten Schatten. Die Knochen? – Herrgott! Dann mußte man ja das ganze Skelett sehen können. Er legte das Buch zur Seite, legte die gespreizte Hand vor den Schirm. Jedes Knöchelchen, das Spiel der Hand- und Fingergelenke waren zu sehen.

Er wischte mit dem Handrücken die Schweißtropfen von der Stirn und sank auf einen Stuhl. Das konnte doch nicht möglich sein! Wieder sprang er auf, hielt andere Gegenstände vor den Schirm. Dicke Metallstücke ergaben volle Schatten; dünne Bleche, Holzstücke, Porzellan hielten nur wenig von den Strahlen zurück. Ihre Schatten waren schwach, oft nur schwer zu erkennen.

Röntgen überlegte. Vor ihm hatten schon viele mit Kathodenstrahlen experimentiert. Sollte noch keiner auf diese seltsamen Strahlen außerhalb der Entladungsröhre aufmerksam geworden sein? Er sah nochmals die Literatur durch. Nirgends fand er einen Hinweis. Er hatte als erster diese Strahlung gesehen.

Röntgen war vorsichtig. Sieben Wochen vergingen noch, in denen er alle möglichen Kontrollversuche durchführte, auf das genaueste die Eigenschaften der neuen Strahlung untersuchte.

Am 28. Dezember 1895 reichte Conrad Wilhelm Röntgen eine vorläufige Mitteilung an den Vorsitzenden der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft der Universität Würzburg ein, die auf wenigen Seiten alles Wesentliche über die neuen „X-Strahlen“ enthielt. Wegen der weihnachtlichen Sitzungsferien wurde Röntgens Arbeit sofort und ohne vorherige Debatte gedruckt.

Röntgen trug widerwillig den Weltruhm, der sich fast über Nacht an seinen Namen geknüpft hatte. War es nicht ein bloßer Zufall gewesen, der ihn diese Strahlung hatte finden lassen? Merkwürdig ging es manchmal zu in der Wissenschaft. Überall in der Welt arbeiteten Forscher, und einem gelang eine Entdeckung, die übermorgen vielleicht ein anderer in England, Rußland oder Italien auch gefunden hätte. Hatte er wirklich die X-Strahlen entdeckt? Es war fast wie ein Lotteriespiel. Irgendwann und irgendwo wurde der Hauptgewinn gezogen, vielleicht erst eine oder zwei Ziehungen später, aber gezogen wurde er. Warum machten sie dann so viel Aufhebens von ihm? Er dachte wieder an seine Jugendzeit, an die Schwierigkeiten während seines Studiums, die er der Nachträglichkeit eines Lehrers und beschränkten Universitätsbeamten zu verdanken gehabt hatte. Diese würden jetzt seinen Namen in den Zeitungen lesen und den nächsten jungen Mann genauso behandeln. Es ging vieles verkehrt zu in dieser Welt. Für Conrad Wilhelm Röntgen blieb ein bitterer Geschmack.

Nein, er nahm kein Patent auf die Erzeugung der X-Strahlen. Irgend- ein dummer Geschäftsmann würde es ihm abkaufen und damit seine Taschen füllen. Seine Wissenschaft sollte wenigstens nichts mit der Börse zu tun haben.

Während sich Röntgen in den Jahren nach seiner Entdeckung immer mehr zurückzog, offenbar keinen Antrieb zur Arbeit mehr fand, sich zuweilen sogar unnahbar zeigte, bewunderten viele Berufskollegen in Europa und Übersee, mit welcher Exaktheit und Umsicht er die von ihm entdeckten Strahlen untersucht und alles Bemerkenswerte über sie festgestellt hatte.

Die beim Aufprall der Kathodenstrahlen auf eine Metallscheibe entstehenden Röntgenstrahlen wurden in wenigen Jahren zu einem der wichtigsten Hilfsmittel in der Chirurgie. Auch die Werkstoffprüfung begann sich der Röntgenstrahlung zu bedienen. Dieser große Erfolg wirkte wiederum anspornend auf die Wissenschaft zurück. Überall begannen Physiker nach neuen unbekanntem Strahlen zu suchen.

Die Röntgenstrahlen zeigten aber auch ihre Gefährlichkeit. Ernste Verbrennungen an bestrahlten Patienten traten auf. Röntgenassistenten in Kliniken und Laboratorien bemerkten Schäden an ihren Händen und anderen Körperteilen, die oft mit der Strahlung in Berührung kamen. Die Mediziner sahen sich vor die Frage gestellt: Wieviel von diesen Strahlen verträgt der menschliche Organismus? Die abschirmende Wirkung von Blei und anderen Stoffen wurde studiert. Langsam lernte der Mensch, die Nachteile und Gefahren der Röntgenstrahlen zu vermeiden, ohne auf ihren gewaltigen Nutzen zu verzichten.

**Ein  
geheimnis-  
voller  
Schrank**

Im gleichen Jahre 1895, als Röntgens Entdeckung gelang, beschäftigte sich in Paris der französische Physiker Henri Becquerel mit den Eigenschaften von Uransalzen und anderen Mineralien. Eines Tages – man schrieb das Jahr 1896 – ging Professor Becquerel mit der ihm eigenen Lebhaftigkeit in seinem Laboratorium auf und ab, als seine Assistentin, mit dem Entwickeln einer photographischen Aufnahme beschäftigt, durch die Tür rief:

„Herr Professor! Wir müssen die Aufnahme wiederholen. Ich weiß nicht –.“ Sie kam mit der nassen Platte aus der Dunkelkammer. „Hier, sehen Sie!“

Die Platte war mit großen schwarzen Flecken fast bedeckt. Professor Becquerel schüttelte den Kopf.

„Sie werden nicht aufgepaßt haben“, brummte er ärgerlich, „hier ist Licht hereingekommen.“

Sie wiederholten die Aufnahmen. Diesmal füllte er selbst die Kassette. Auf der zweiten Platte traten die gleichen großen Schwärzungsflecke auf. Das Plattenmaterial schien verdorben zu sein. Er überzeugte sich, daß eine dritte Platte des Paketes ebenfalls verdorben war. Man mußte erst anderes Photomaterial beschaffen.

Am Abend nahm Becquerel ein Droschke nach Hause, weil es regnete. Erst jetzt fiel ihm ein, daß sich die Schwärzungsflecke alle in der Mitte der Platten befunden hatten. Wenn irgendwie Licht hineingeraten wäre, so müßte wenigstens ein Rand geschwärzt sein. Die Platten waren ordentlich verpackt, unbeschädigt, hatten im dunklen Laborschrank gelegen. Es fiel ihm ein, daß das Paket bereits angerissen gewesen war. Er wußte nicht mehr genau, welche Aufnahmen mit den ersten Platten dieses Pakets gemacht worden waren. Sicher war nur, daß sie in Ordnung gewesen waren. Ein Fabrikationsfehler war demnach auch nicht sehr wahrscheinlich.

In der folgenden Nacht erwachte er mehrmals. Unruhe war in ihm, eine Ahnung. Irgend etwas noch Unbekanntes mußte mit den Platten geschehen sein, während sie im Laborschrank gelegen hatten. Er grübelte. Was ist in dem Schrank geschehen? Könnte es vielleicht mit dem Starkstromkabel zusammenhängen? Morgen würde er gleich ausmessen, wie weit die Leitung von dem Schrank entfernt war. Bei näherem Zusehen erschien dieser Gedanke auch nicht sehr erfolgversprechend. Die Sache blieb rätselhaft.

Am anderen Morgen, auf dem Wege zum Institut fiel ihm plötzlich ein, daß auf den Platten eine Zeitlang Stücke verschiedener Uranminerale gelegen hatten. Sollte da irgendein Zusammenhang verborgen sein? Er beschleunigte unwillkürlich seine Schritte. Versuche würden sofort Klarheit schaffen.

Glücklicherweise hatte die Assistentin schon frisches Photomaterial bekommen. Becquerel kontrollierte die neuen Platten. Sie waren einwandfrei. Nun legte er eine Anzahl der Platten auf den Tisch, ohne die lichtdichte Verpackung zu entfernen. Zuletzt legte er auf jede ein Stück eines Minerals.

Würde die Schwärzung wieder auftreten? Aufgeregt ging er hin und her, wartete. Er konnte jetzt nichts anderes tun. Nach einer Stunde waren die Platten entwickelt. Verschiedene zeigten die gleichen Schwärzungsflecke, andere nicht. Er betrachtete die Mineralstücke. Nichts Besonderes war an ihnen zu sehen. Hunderte von Forschern hatten gleichartige Minerale schon oft in der Hand gehalten und untersucht. Becquerel fand, daß diejenigen Platten geschwärzt waren, auf denen Uranminerale gelegen hatten. Die Schwärzung mußte also mit dem Uran zusammenhängen. Er setzte neue Versuche an, fand immer wieder das gleiche Ergebnis. Von dem Element Uran schien eine Strahlung auszugehen, die lichtundurchlässiges Papier durchdrang und Photoplatten schwärzte.

Becquerel war sehr vorsichtig. Konnte nicht irgendein Zufall im Spiele sein, der hier eine Strahlung vortäuschte? Wenn wirklich von dem Uran eine Strahlung ausging, mußte sie sich noch auf andere Art äußern. Er brachte ein Stück Uranerz in die Nähe eines elektrisch aufgeladenen Elektroskopes. Die in einer Flasche an zwei Fäden hängenden, durch die elektrische Abstoßung gespreizten Goldplättchen fielen zusammen. Die Strahlung führte zu einer Entladung, durchdrang also das Flaschenglas. Ebenso ging sie durch andere Stoffe wie Holz, Stein,

Glimmer. Becquerel ersann weitere Kontrollversuche. Alle wiesen auf die Uranstrahlung hin: Da entschloß er sich, seine Entdeckung bekanntzugeben. Henri Becquerel hatte die radioaktive Strahlung des Urans gefunden

Diese Entdeckung, die zwar weit weniger öffentliches Aufsehen erregte als die Röntgenstrahlen, sollte sich später als Schlüssel zu einem ganz neuen Gebiet der Physik, der Kernphysik, erweisen.

**Ein  
polnisches  
Mädchen**

Der Zug hielt auf der ersten französischen Station. Ein unscheinbares Mädchen im schwarzen Kleid beugte sich erregt zum Abteiffenster hinaus, während der zweite Reisende, ein dicker Weinhändler, der die Strecke öfter fuhr, gelangweilt gähnte und auf die Zollbeamten wartete. Abschätzend betrachtete er das Mädchen, das er für eine Stubenmamsell oder für eine Studentin hielt. Verhungert genug sah sie aus.

Maria Sklodowska sah wirklich nicht gut aus. Viele häusliche Sorgen, die äußerste Sparsamkeit zuerst für die Schwester und dann für das eigene, jahrelang ersehnte Studium, demütigender Dienst in fremden Häusern hatten aus dem frischen Kind, das auf Onkel Xavers Gut mit den Geschwistern umhergetollt war, ein mageres Mädchen mit tiefen, schattigen Augen gemacht. Aber das war nun alles vergessen. Jeder Kilometer, den der Zug von Warschau durch Deutschland nach Frankreich zurücklegte, steigerte ihre freudige Erregung. Heute würde sie in Paris eintreffen. Paris! Die Sorbonne! – Endlich würde sie studieren!

In ihrer Heimat war das Frauenstudium unmöglich. Hier im Lande Montesquieus, Voltaires, Robespierres ließ man Mädchen in die Hörsäle. Trotzdem gehörte viel Mut dazu. Maria brachte diesen Mut mit. Der Zug hatte die Vororte der Hauptstadt erreicht. Maria stieg am Nordbahnhof aus. Eine Weile sah sie sich, überwältigt von diesem großen Augenblick, in der verräucherten Halle um. Das war also Paris! Sie ging durch einige Straßen. Vor einem Buchladen blieb sie erschrocken stehen. Doch dann lächelte sie. Diese Bücher waren zu Hause verboten, aber sie befand sich ja nun in Paris. Hier lag, was der Zar verboten hatte, offen in den Auslagen, und jedermann konnte die Bücher ohne Gefahr kaufen und lesen. Sie nahm sich vor, ihre Studienzeit gut auszunutzen.

Von La Villette fuhr Maria im Oberdeck eines Omnibusses nach der Rue d'Allemagne. Als der Bus über die Seinebrücke rollte, erblickte sie zum ersten Male die Türme von Nôtre Dame. Immer wieder überfiel sie das berauschte Gefühl, endlich in der ersehnten Stadt zu sein. Einige Augenblicke später sanken sich die beiden Schwestern in die Arme. Bronia hatte mit Marias Hilfe ihr Medizinstudium beendet. Nun war sie an der Reihe, der Schwester zu helfen.

Maria Sklodowska fand sich sehr rasch in den Tagesablauf einer Studentin an der Sorbonne. Ihre Energie war durch die Jahre des War-

tens nicht verbraucht, im Gegenteil, sie wuchs von Tag zu Tag. Begeistert und wissensdurstig saß sie endlich an der Quelle. Sie nahm das Studium so ernst, daß sie für nichts anderes mehr Augen und Gedanken hatte. Einige Kommilitonen interessierten sich für die hübsche Polin mit dem unaussprechlichen Namen, doch die Gespräche mit ihr kamen über fachlichen Gedankenaustausch nicht hinaus. Nur mit einigen Polen, die ebenfalls in Paris studierten, traf sie manchmal bei Schwester Bronia und Schwager Kasimir Dlusky zusammen. Dort sprach man von der Heimat, die unter zaristischer Zwangsherrschaft litt. Maria trat leidenschaftlich für ihr Vaterland ein. Deshalb war ihr auch die Gesellschaft des jungen Wojciechowski (des späteren Präsidenten der Polnischen Republik) so angenehm, weil dieser wie kein anderer das Bild einer befreiten Heimat in die Phantasie zaubern konnte.

Maria lebte sehr sparsam. Trotzdem reichte das Geld oft nicht für das Mittagessen, im Winter auch nicht für die Heizung. Dann saß sie im kalten Zimmer, eingemummt in einen dünnen, ärmlichen Mantel, las und notierte, arbeitete bis in die späte Nacht. Auf dem Tisch lagen noch die Schalen einer Kohlrübe, der einzigen Speise des Tages. Gern hätte sie sich Tee gebrüht, aber sie hatte keinen und auch der Spiritus für den Kocher war ausgegangen. So rieb sie die klammen Finger und studierte weiter.

Einige Monate lebte sie auf diese Weise, nur auf den Erfolg ihres Studiums bedacht, bis der Körper unter den Anstrengungen zusammenbrach. Schwager Dlusky erkannte als Arzt sofort ihren Zustand, griff nachdrücklich ein, indem er sie zur Bettruhe zwang. Essen und Heizmaterial beschaffte und stärkende Medikamente verschrieb. Maria war nahe an einer Lungenkrankheit. Schon ihre Mutter war an Tuberkulose gestorben. Es hieß für sie vorsichtig zu sein. Man durfte den Bogen nicht überspannen. Trotzdem nahm sie schon nach einer Woche wieder die Lehrbücher zur Hand.

Die fleißige Arbeit der jungen Polin wurde von glänzendem Erfolg gekrönt. 1893 legte sie die beste Lizentiatsprüfung in Physik ab. Im folgenden Jahr bestand sie als Zweitbeste die Lizentiatsprüfung in Chemie.

Eigentlich sollte sie nun zum Vater nach Warschau zurückkehren. Doch mit dem Erfolg war ihr Ehrgeiz gewachsen. Sie würde brennend gern noch zum Doktor der Naturwissenschaften promovieren. Würde der Vater ungehalten sein? Sie wandte sich brieflich an ihren Bruder Joseph um Rat. Joseph verstand den Drang der Schwester, wußte auch, was sie vorher für die Familie getan hatte, und redete ihr zu, in Paris zu bleiben und das Studium fortzusetzen.

Gelegentlich einer Einladung bei Professor Kowalski hatte sie einen jungen Franzosen kennengelernt. Pierre Curie, der ernst und still zwischen den zahlreichen Gästen herumgestanden hatte, nie die Stimme hob, wenn er sprach, hatte auf sie Eindruck gemacht. Auch er hatte sich zu dem jungen Mädchen hingezogen gefühlt. Als Huldigung hatte er ihr einen Sonderdruck seiner neuesten Arbeit überreicht.

Maria hielt die gehefteten Bogen in der Hand und las noch einmal die Widmung, die er mit breiter Feder unter den Titel geschrieben hatte: „Fräulein Sklodowska in Hochachtung und Freundschaft“.

Mehrmals besuchte Curie die Polin in ihrer Mansarde, führte mit ihr ausgedehnte Gespräche. Eines Tages sagte er: „Ich möchte, daß Sie meine Eltern kennenlernen.“

Maria zögerte. Wenn sie ihn heiratete, würde sie immer in Frankreich bleiben müssen. Pierre drängte in seiner rücksichtsvollen Art. Am 26. Juli 1895 fand die Hochzeit statt.

Neben der wissenschaftlichen Arbeit mußte sich Marie nun auch noch um den Haushalt kümmern. Ein Studium des Kochbuches war nicht mehr zu umgehen. Am 12. September des folgenden Jahres wurde ihr Töchterchen Irène geboren. Die junge Mutter sorgte liebevoll für ihr Kind, erledigte gewissenhaft alle Hausarbeiten, ohne dabei ihre wissenschaftliche Tätigkeit zu vernachlässigen. Zwar hütete tagsüber eine Amme das Kind, aber für die Mutter blieb noch genug zu tun, und Pierre wunderte sich immer von neuem, wie sie mit allem fertig wurde.

Marie dachte nun ernsthaft an die Doktorarbeit. Zunächst sahen sich die beiden Gatten nach einem geeigneten Stoff für ihre Dissertation um. Da stießen sie auf die neuen Arbeiten von Henri Becquerel über die Strahlung des Urans. Die Ursache dieser Strahlung war noch unbekannt. Hier schien sich ein weites, interessantes Arbeitsfeld zu eröffnen. Marie war sofort begeistert von der Aufgabe, die Ursache der Becquerel-Strahlen zu erforschen. Das ging natürlich nur mit den Hilfsmitteln eines Labors. Pierre erreichte, daß seiner Gattin an der Schule für Physik, an der er unterrichtete, ein Kellerraum zur Verfügung gestellt wurde. Der Raum hatte nur schmale Luken in der Mauer. Den ganzen Tag über herrschte Dämmerlicht. Nicht einmal elektrische Anschlüsse waren da. Hier also wollte Marie Curie dem Geheimnis der Uranstrahlung nachgehen!

## **Das Unbekannte**

Marie Curies Laboratorium war feucht und kalt. Sie selbst konnte sich darüber hinwegsetzen, aber ihre empfindlichen Meßinstrumente vertrugen die mangelhafte Unterbringung schlecht. Jeden morgen wischte Marie die Metallteile ab, um das Rosten zu verhindern. Nur mit großer Mühe brachte sie es so weit, daß ihre wissenschaftlichen Messungen mit ausreichender Aussicht auf Zuverlässigkeit beginnen konnten. Pierre unterstützte sie bei allem, so gut er konnte, hielt außerdem dreißig Wochenstunden Unterricht und fand noch Zeit für eigene Forschungsarbeiten.

Zuerst maß Marie das Ionisationsvermögen der Uranstrahlung. Dafür stand ihr ein hochempfindliches, von ihrem Gatten erfundenes Elektrometer zur Verfügung. Luft wird durch die Strahlung elektrisch leitend gemacht (ionisiert), und diese Ionisation ist um so größer, je stärker die Strahlung ist. Marie Curie fand bestätigt, was Becquerel

schon gefunden hatte: Die Stärke der Strahlung hing nur von der Menge des Urans ab. In welchen chemischen Verbindungen Uran vorliegt, war dabei gleichgültig.

Anscheinend war die neue Strahlung eine Eigenschaft des Uranatoms. Es gab neunzig verschiedene Atomsorten. Sollte nur das Uranatom diese Eigenschaft besitzen? Oder gibt es noch andere strahlende Atome? Sie untersuchte nun mit ihrem Elektrometer alle Elemente und fand tatsächlich noch ein zweites Element mit dieser Eigenschaft: das Thorium.

Madame Curie nannte diese Fähigkeit bestimmter Atome, ohne erkennbare äußere Ursache Strahlen auszusenden, Radioaktivität.

Sie mußte nun beweisen, daß die Radioaktivität tatsächlich eine Eigenschaft dieser Atome ist. Zu diesem Zweck nahm sie die Mineraliensammlung der Schule, untersuchte jede einzelne Probe auf Radioaktivität und vermutete, daß die Strahlungsintensität jeweils der Menge Uran oder Thorium in der Probe entsprach. Da machte sie eine überraschende Beobachtung. Unter den Mineralien waren solche mit viel stärkerer Radioaktivität, als nach ihrem Gehalt an Uran oder Thorium zu erwarten gewesen wäre. Hatte sie bei den früheren Messungen einen Fehler gemacht? Sie begann noch einmal von vorn. – Kein Fehler!

Aber woher kam dann diese erstaunlich starke Strahlung? Sie hatte doch alle Elemente untersucht! Marie Curie zog einen gewagten Schluß: Die starke Strahlung mußte von einem unbekanntem radioaktiven Element herrühren. Pierre gab ihr recht. Man müßte weitere Beweise für diese großartige Behauptung finden . . . Die Arbeit wuchs damit so an, daß sie für einen allein zuviel wurde. Pierre stellte deshalb seine anderen Forschungen zurück und beteiligte sich fortan an der Untersuchung der Radioaktivität. Von diesem Zeitpunkt an war ihre gemeinsame Arbeit so eng, daß die Frage müßig ist, wer von beiden mehr geleistet hat.

In einer Veröffentlichung teilten sie ihre Entdeckung mit. Doch die Fachkollegen waren skeptisch. Ein Atom, das ohne äußere Ursache strahlt, konnte es doch nicht geben. Wo sollte denn die Energie für die Strahlung herkommen? Was die Curies als Radioaktivität bezeichneten, widersprach allen bekannten Gesetzen der Physik. Immerhin, die Strahlung ließ sich nicht ableugnen.

Aber gleich von einem neuen Element zu sprechen, war allzu kühn. Die Chemiker verhielten sich noch abweisender. Was sie nicht sehen und wiegen konnten, glaubten sie nicht. „Zeigt uns euer Element!“ verlangten sie.

Pierre und Marie machten sich an die Arbeit. Zunächst mußte Rohmaterial beschafft werden. Am geeignetsten schien Pechblende zu sein. Sie war viermal so radioaktiv wie reines Uranoxyd. Das Erz war selten. Trotzdem trieben sie einige Kilogramm auf. In tagelanger Arbeit trennten sie zwei Teile aus dem Mineral ab, die stark radioaktiv waren, während der Rückstand keine Strahlen mehr aussandte. Waren hier zwei unbekannte Elemente verborgen? Pierre und Marie

vermuteten es. Sie nahmen alle Methoden der chemischen Trennung zu Hilfe. Ob ein Arbeitsgang erfolgreich war, erkannten sie daran, ob die Radioaktivität eines Teiles zugenommen hatte oder nicht.

Im Juli des Jahres 1898 entdeckten sie das erste neue Element. Marie nannte es ihrem Vaterland zu Ehren Polonium. Das zweite radioaktive Element aber schien in so geringen Spuren vorhanden zu sein, daß es sich vorläufig jedem chemischen Nachweis entzog. Man müßte riesige Mengen Pechblende verarbeiten, bis man eine nachweisbare Menge erhält. Wo sollten die beiden solche Mengen herbekommen und woher vor allem das Geld dazu?

Neben dieser anstrengenden Forschungsarbeit hatte Marie ihre häuslichen Pflichten. Der Sommer war da. Wenn es im Winter Kompott geben sollte, mußte sie jetzt ans Einkochen denken. Fröhlich ging sie in die Markthallen, schleppte Körbe voll Obst ins Labor und kochte die Früchte gleich neben den Chemikalien. Das war zeitsparend und den Umständen entsprechend sogar bequem.

Töchterchen Irène bekam in dieser Zeit die ersten Zähne. Ihr Geschrei wirkte sich nicht gerade fördernd auf die wissenschaftliche Arbeit der Eltern aus. Trotz all dieser Belastungen dachte keiner daran, die Arbeiten aufzuschieben.

Pechblende wurde in den Joachimsthaler Bergwerken gewonnen. Die darin enthaltenen Uransalze wurden in der Glasindustrie gebraucht. Pierre kam auf einen verblüffend einfachen Gedanken. Brauchte man denn die teure Pechblende? Die Rückstände müßten doch für ihre Zwecke genügen und waren bestimmt billig. Ein österreichischer Kollege, Professor Sueß, vermittelte zwischen den Curies und der Regierung seines Landes. Diese erklärte sich bereit, eine Tonne der wertlosen Pechblenderückstände kostenlos abzugeben.

Eines Tages rollte ein schwerer Lastwagen vor die École de Physique in der Rue Lhomond. Säcke wurden abgeladen. Marie grub entzückt ihre Hände in die braune, erdige Masse, zwischen der noch Fichtennadeln der böhmischen Wälder steckten.

Wegen der großen Mengen, die jetzt zu bewältigen waren, reichte das Laboratorium nicht mehr aus. Ein baufälliger Schuppen mußte als zusätzlicher Arbeitsraum dienen, und die Curies waren froh, daß sie überhaupt diesen Platz erhielten.

So große Mengen des Minerals zu verarbeiten, bedeutete schwerste körperliche Anstrengung. Wochen vergingen, Monate. Oft hatte es den Anschein, als ob sie nie zum Ziel kommen würden. Aber die Curies ließen sich nicht entmutigen.

Nach vierjähriger hartnäckiger Arbeit standen sie endlich am Ziel. Ein Dezigramm einer Salzverbindung des neuen Stoffes war gewonnen. Es war ein unscheinbares weißes Pulver. Sie nannten dieses von ihnen entdeckte Element wegen seiner starken Radioaktivität Radium.

Pierres sehnlichster Wunsch war es, ein anständiges Laboratorium zu haben und sich ganz seiner wissenschaftlichen Forschung zu widmen. Eine Professur an der Sorbonne könnte diesen Wunschtraum in den Bereich des Möglichen rücken. Durch seine bisherigen Arbeiten hätte er eine solche Anerkennung mehr als verdient, aber in den französischen Ministerien rührte keiner einen Finger für ihn. Pierre selbst war zu stolz, um den Bittgänger zu machen.

So mußten die Curies eben weiter mit fünfhundert Francs monatlich auskommen und im Schuppen an der Rue Lhomond arbeiten. Und sie arbeiteten mit bewundernswerter Energie. Bis zum Jahre 1904 veröffentlichten sie allein zweiunddreißig Arbeiten, zum Teil in Gemeinschaft mit befreundeten Wissenschaftlern, über verschiedene Fragen der Radioaktivität und die Eigenschaften der von ihnen entdeckten Elemente. Sie gönnten sich wenig Erholung. Rafften sie sich schon einmal zu einer Radtour auf, so drängte Pierre wieder zurück zur Arbeit, ehe sie sich recht an der schönen Umgebung erfreut hatten.

Marie bewarb sich um eine Lehrerstelle an einer Mädchenschule, um wenigstens etwas Geld hinzuzuverdienen. Während die Curies weiter mühsam lebten und unter kärglichen Bedingungen arbeiteten, verbreitete sich ihr Ruhm in der Welt. Das erste Anzeichen dafür war eine Einladung der Royal Institution of Great Britain. Pierre sollte in London einen Vortrag über die Radioaktivität halten. Der berühmte Physiker Lord Kelvin empfing das Forscherehepaar am Bahnhof. Hier in London wurde ihnen als besondere Ehrung die Davy-Medaille überreicht. In Genf bot man Pierre einen Lehrstuhl mit Laboratorium und hohem Gehalt. Er überlegte lange, lehnte schließlich ab. Aus vielen Ländern kamen Briefe, die um Auskünfte und Ratschläge baten. Die Radioaktivität war in kurzer Zeit zu einem eigenen Fachgebiet der Physik geworden.

In Paris bemühten sich einige Professoren, Freunde Pierres, die seine Bedeutung erkannten, für ihn, doch ohne Erfolg. Anscheinend hatte Frankreich für diese seine beiden Großen nichts übrig. Die beiden deutschen Gelehrten Walkoff und Giesel teilten in einem Brief an die Curies mit, daß sie physiologische Wirkungen des Radiums beobachtet hätten. Pierre führte daraufhin sofort Versuche an sich selbst aus. Die Radiumstrahlung verbrannte die Haut und das darunterliegende Gewebe. In medizinischen Laboratorien in aller Welt wurden weitere Versuche dieser Art durchgeführt. Wird Radium zu einem Heilmittel gegen böse krebsartige Geschwülste werden?

Jetzt regten sich schon Geschäftsleute, die an eine industrielle Herstellung des Radiums dachten. Französische Unternehmer wollten eine Radiumfabrik errichten. Aus Amerika kamen Anfragen nach dem Herstellungsprozeß des Radiums. Die Curies könnten viel Geld verdienen. Sollten sie ein Patent auf das Gewinnungsverfahren des Radiums nehmen? – Marie und Pierre überlegten nicht. Sie hatten das Radium nicht gesucht, um reich zu werden. Ihre Ergebnisse und Methoden wurden uneingeschränkt der Weltöffentlichkeit bekanntgegeben. Aber sie arbeiteten immer noch in ihrem kümmerlichen Laboratorium.

Da verkündete am 10. Dezember 1903 die Schwedische Akademie der Wissenschaften in Stockholm: Der diesjährige Nobelpreis für Physik wird zur Hälfte Henri Becquerel, zur Hälfte dem Ehepaar Curie zuerkannt. Das bedeutete Weltruhm für Pierre, Weltruhm für Marie Curie, die als erste Frau diese hohe Auszeichnung erhielt. Und es bedeutete 70000 Francs. Die Armut hatte ein Ende. Pierre konnte seine Tätigkeit an der École de Physique aufgeben. Vielleicht sah die französische Regierung jetzt ein, was sie dem großen Sohne ihres Landes schuldig war? Die Zeitungen der Hauptstadt waren voll von Berichten und Bildern der beiden Curies. Ihr Privatleben wurde an die Öffentlichkeit gezerrt, jeder Winkel ihrer Vergangenheit von zudringlichen Reportern durchleuchtet. Der Ruhm wurde unerträglich und hinderte sie bei der Arbeit. Marie wurde nervös und gereizt, Pierres Gesundheit war nicht mehr die beste. Er befand sich in einem dauernden Zustand hochgradiger Erschöpfung.

Endlich, im Jahre 1905, erhielt Pierre Curie einen Lehrstuhl an der Sorbonne. Ein Laboratorium und einige Assistenten würden ihm zur Verfügung stehen. Er war jetzt fünfundvierzig. Er wollte noch so viel tun. Von nun an würde es etwas leichter gehen.

## **Der radioaktive Zerfall**

Zahlreiche Theoretiker und Praktiker begannen auf dem Gebiet der Radioaktivität zu arbeiten, stellten neue Versuche an, maßen, recheneten. Vom Erfolg der Curies wurden mit einem Schlage Hunderte von Forschern auf den Plan gerufen.

1903 entdeckten Ramsay und Soddy in England, daß das strahlende Radium ständig kleine Mengen des Edelgases Helium abgibt. Das Radium hat außerdem einen seltsamen, ebenfalls gasförmigen Begleiter: die Radiumemanation, die selbst wieder radioaktiv ist.

Die Engländer Rutherford und Soddy veröffentlichten die erste Hypothese über die Radioaktivität. Sie nahmen an, daß die strahlenden Substanzen zerfallen. Spätere Untersuchungen bestätigten ihre Vermutung.

Aus dem Uran wird ständig eine bestimmte Anzahl von Heliumionen, das sind geladene Heliumatome, herausgeschleudert. Das Uran wandelt sich dabei in Radium um. Das Radium seinerseits schleudert in noch viel stärkerem Maße Heliumionen aus und verwandelt sich dabei über mehrere radioaktive Zwischenstufen in Blei, das nicht weiter zerfällt.

Den beim radioaktiven Zerfall ausgestoßenen Heliumionen gab man den Namen Alphastrahlen. Neben den Alphastrahlen werden bei bestimmten Elementumwandlungen auch Elektronen ausgeworfen, denen man den Namen Betastrahlen gegeben hat. Als dritte tritt beim radioaktiven Zerfall noch eine sogenannte Gammastrahlung auf. Gammastrahlen sind elektromagnetische Strahlen mit den Eigenschaften, die man auch bei sehr kurzwelligen Röntgenstrahlen findet.

Erhitzt man das Radium oder das Uran oder steckt man es in einen Kühlschrank, löst man es in Säuren oder preßt man es unter riesigen hydraulischen Stanzen, so kann man doch seinen Zerfall nicht ändern, nicht beschleunigen und nicht verlangsamen, geschweige denn aufhalten. In einer bestimmten unabänderlichen Zeit zerstört sich jede radioaktive Substanz selbst.

Die Zeit, in der die Hälfte einer Substanz zerfallen ist, nennt man ihre Halbwertszeit. Uran hat zum Beispiel eine Halbwertszeit von 4,5 Milliarden Jahren. Radium braucht nur 1590 Jahre, bis die Hälfte zerfallen ist. Es gibt aber auch radioaktive Substanzen mit Halbwertszeiten von Tagen oder Minuten, sogar solche, die in Bruchteilen von Sekunden zerfallen. Man kann aus einem Stück Erz aus einer Uranlagerstätte der Erde das Alter unseres Planeten schätzen. Dazu bestimmt man einfach, wieviel noch unzerfallenes Uran und wieviel Blei in der Probe enthalten sind. Dabei kommt man auf ein Erdalter von einigen Milliarden Jahren.

Neben der Uran-Radium-Zerfallsreihe, die man auch eine radioaktive Familie nennen könnte, weil jedes Element Tochter des vorhergehenden und Mutter des nachfolgenden ist, gibt es eine vom Thorium, eine vom Element Aktinium ausgehende und noch eine vierte Zerfallsreihe.

Henri Becquerel hatte die Strahlung des Urans entdeckt. Marie Curie fand ein zweites strahlendes Element, das Thorium, und prägte den Begriff Radioaktivität. Pierre und Marie Curie suchten darauf in jahrelanger Arbeit weitere radioaktive Stoffe und entdeckten das Polonium und das Radium. Sie brachten den Stein ins Rollen. In wenigen Jahren entstand eine umfangreiche Wissenschaft von der Radioaktivität. Neue strahlende Substanzen wurden entdeckt, erforscht und zum Wohle der Menschen in Medizin und Technik angewandt.

Dieser Donnerstag war wieder einer jener leidigen Tage, an denen Pierre allerhand Verpflichtungen genügen mußte und zu keiner vernünftigen Arbeit kam. Heute fand in der Rue Danton ein offizielles Essen der Professoren seiner Fakultät statt. Dann mußte er bei seinem Verleger vorbeischaun und am späten Nachmittag noch zu einer Sitzung der Akademie.

Beim Essen unterhielt man sich über Unfälle, die im Laboratorium vorkommen können. Gegen halb drei verabschiedete sich Pierre. Bei seinem Verleger waren die Türen geschlossen. Die Drucker streikten. Er mußte unverrichteterdinge wieder umkehren. In Gedanken versunken, ging er unter seinem Schirm über das regennasse Pflaster. In der Rue Dauphin herrschte so lebhafter Verkehr, daß er in dem Gedränge nur langsam vorankam. Pierre trat, ohne aufzusehen, auf die Fahrbahn, ging einige Schritte und prallte plötzlich zurück. Dicht vor seinen Augen bäumten sich Pferde. Er rutschte, versuchte sich an dem Lederzeug eines der Tiere festzuhalten. Der Kutscher hatte die

**Ein Wagen  
mit  
Soldaten-  
uniformen**

Pferde zurückgerissen, drehte wie rasend an der Bremskurbel. Pierre lag unter dem Wagen, unverletzt. Aber der schwere Lastwagen, beladen mit großen Ballen von Soldatenuniformen, kam nicht so schnell zum Stehen. Widerwillig knirschend schoben sich die Räder noch einige Meter nach vorn.

Menschen liefen zusammen, Frauen schrien auf. Irgendwie wurde bekannt, daß der Verunglückte der berühmte Pierre Curie war. Wut packte die Menge. Polizisten konnten nur mit Mühe verhindern, daß man dem Kutscher zu Leibe ging.

Pierre muß sofort tot gewesen sein. Der rinnende Regen wusch die Blutspuren von den Straßensteinen und den eisenbeschlagenen Rädern.

Grau und starr wie eine Wachspuppe stand Marie, als sie die schreckliche Nachricht erfuhr. Stumm, mechanisch tat sie das Notwendige. Nur wenn sie nachts allein lag, erstickte sie fast an ihrem Leid.

Am 19. April 1906 war das furchtbare Unglück geschehen. Marie setzte die Beerdigung bereits für den 21. April fest, um ein großes, offizielles Begräbnis zu vermeiden. Zwei Nächte hatte sie den Geliebten noch unter ihrem Dach. Sie holte grüne Zweige und legte sie auf seine Brust. Sie ließ niemanden zu sich. Am Sonnabendmorgen sollte das Begräbnis sein. Grau und kalt stieg dieser Tag aus der durchwachten Nacht. Sie legten den Toten in den Sarg, und Marie hielt seinen Kopf dabei. Und der alte Vater Curie schüttelte langsam den Kopf: „Woran mag er nur wieder gedacht haben ...“

Marie Curie brach nicht unter dem Leid zusammen; sie übernahm den Lehrstuhl ihres Gatten und führte die gemeinsamen Forschungen allein weiter. Daneben wandte sie alle Sorgfalt auf die Erziehung ihrer beiden Töchter.

Sein kurzes Leben lang hatte sich Pierre ein richtiges Laboratorium gewünscht. Traurig sah Marie dem Bau des Radiuminstituts in der Rue Pierre Curie zu.

Sie arbeitete hier noch fast drei Jahrzehnte, bildete junge Wissenschaftler aus und setzte die Forschungen über die Radioaktivität fort. 1911 erhielt sie zum zweiten Male den Nobelpreis. Im Alter von siebenundsechzig Jahren starb Marie Curie, die geniale Polin.

In ihrer Jugend hatte sie die Befreiung ihrer Heimat herbeigesehnt, als Frau den Weltkrieg erlebt und 1918 die Gründung der polnischen Republik gefeiert. Den brutalen Überfall der deutschen Faschisten auf ihre Heimat mit ansehen zu müssen, blieb ihr erspart.



**Max Planck**

**Auf der  
Universität**

Durch die stillen Straßen der Stadt München ging mit langsamen Schritten ein junger Mann. In seinem Ohr klangen Partien aus der Eroika von Beethoven. Immer wieder diese Stelle: Hmhm – hm – hm... Dabei hatte er die Symphonie lange nicht gehört und auch den Klavierauszug in der letzten Zeit nicht in der Hand gehabt.

Die Gaslaternen spiegelten sich im regennassen Pflaster. Am Himmel leuchteten einzelne Sterne zwischen rasch ziehenden dunklen Wolkenballen. Er atmete die reine Luft, tat manchmal einen Sprung über eine Wasserlache und summte immer wieder dieses Motiv.

Max Planck kam von einer jener geistvollen, anregenden Gesellschaften, wie sie damals in den Münchener Künstlerkreisen üblich waren. Wenn er nach solchen Abenden nach Hause ging, wurde ihm immer aufs neue klar, daß er die rechte Wahl getroffen hatte. Noch vor zwei Jahren hatten ihn Zweifel geplagt, welchen Beruf er ergreifen sollte. Musiker, Künstler? – Verwandte und Freunde hatten seine musikalische Begabung bewundert, andächtig seinem Klavierspiel gelauscht und ihm auf diesem Gebiet eine große Zukunft vorausgesagt. Doch seine Entscheidung war zugunsten der Wissenschaft gefallen. Nun studierte er seit zwei Jahren Physik an der Universität, und er wußte, daß hier das ihm eigene Arbeitsfeld lag. Die Musik füllte nur noch seine Mußestunden. Er spielte bei den Studentengottesdiensten die große Orgel, und an manchen Abenden musizierte er mit Freunden. Das waren Stunden mit Liedern von Brahms und Schubert, mit Klängen von Mozart, Beethoven, Bach. Aber die Tagesstunden und nicht wenige Nächte gehörten dem Studium mathematischer Formeln und physikalischer Gesetze.

In diesem Jahre 1877 wurde Max Planck neunzehn Jahre alt. Er stammte aus einem schwäbischen Geschlecht. Seine Vorfahren waren meist

Theologen, einige Juristen gewesen. Er hatte in München das Gymnasium besucht und mit siebzehn Jahren die Universität bezogen. Vom vielen Studieren war er etwas schmalschultrig geblieben, und seine blasse Gesichtsfarbe, die von dunklem Haupt- und Barthaar noch unterstrichen wurde, wich nur einem frischen Rot, wenn er von einem seiner ausgedehnten Spaziergänge zurückkehrte.

Der junge Max Planck fühlte sich sehr wohl in München. Sein Leben verlief wohlgeordnet, erfüllt von fleißigem Studium, der feierlichen Stille der Hörsäle und der Atmosphäre von Büchern, unterbrochen von Ausflügen an die oberbayrischen Bergseen und in die umliegenden Wälder. Er bestieg sogar Alpengipfel und schrieb seinen Namen in manches Hüttenbuch.

Nachdem er sechs Semester in München studiert hatte, sah er sich nach einer anderen Universität um, wo er seine Kenntnisse erweitern konnte. Er entschied sich für Berlin. Kurz vor Beginn des neuen Semesters packte er seinen Koffer und stieg in den Zug, der ihn nach dem Norden bringen sollte.

In Berlin wehte ein scharfer, kalter Wind. Hier mußte man vor den Kaleschen mit dem kaiserlichen Wappen den Hut ziehen, und hier regierte Bismarck, der „eiserne“ Kanzler, der des Deutschen Reiches Einheit aus Blut und Eisen geschmiedet hatte.

Die Berliner Universität gab ihm zwei berühmte Lehrer. Der erste war Hermann von Helmholtz. Wenn der fast sechzigjährige weißhaarige Herr am Katheder stand, in eintöniger Stimme, sich oft versprechend, seine Vorlesungen hielt, minutenlang in seinen Zetteln nach der Richtigstellung eines Fehlers an der Wandtafel suchte, so hatte man den Eindruck, als ob er sich genauso langweilte wie seine Studenten. Hinter diesem Mann hätte keiner den berühmten Helmholtz vermutet, den weltbekannten Physiker und Physiologen.

Der zweite, Gustav Robert Kirchhoff, vertrat den einzigen Lehrstuhl für theoretische Physik, den es zu dieser Zeit in Deutschland gab. Kirchhoffs Vorlesung unterschied sich von der Helmholtz' in allem. Klar durchdachte Sätze hallten den andächtig lauschenden Studenten entgegen. Nichts blieb in seiner Vorlesung zweifelhaft oder undeutlich.

Planck fühlte sich von Anfang an zur theoretischen Physik hingezogen. In ihm bohrte die Frage nach den tiefen Zusammenhängen in den Naturgesetzen, nach dem einen Grundprinzip, aus dem vielleicht alle Bewegung der Materie abgeleitet werden konnte.

1842 hatte der schwäbische Arzt Robert Mayer den Satz von der Erhaltung der Energie entdeckt. Bisher war nirgends ein Widerspruch zu diesem Satze gefunden worden.

Energie kann nicht verlorengehen und nicht erzeugt werden. In der Dampfmaschine wird die chemische Energie der Kohle durch Verbrennen in Wärmeenergie umgewandelt. Durch Wärme verdampft Wasser, der Wasserdampf drückt gegen den Kolben und verwandelt so die Wärmeenergie in mechanische Energie, die zur Arbeitsleistung gebraucht wird. Verschiedene Energieformen können sich nur inein-

ander umwandeln. Die gesamte Energiemenge im Kosmos bleibt immer dieselbe.

Ein Jahrzehnt später entdeckte der Physiker Rudolf Clausius einen zweiten fundamentalen Satz, der zunächst sehr selbstverständlich aussieht, aber zu ganz unerwarteten Konsequenzen führt: Wärme kann nie von allein von einem kälteren zu einem wärmeren Körper übergehen.

Überall geschieht aber das Umgekehrte, der Übergang der Wärme von wärmeren zu kälteren Körpern. Im Weltall findet ständig ein Ausgleich, ein Auseinanderfließen der Wärmeenergie statt. In der Dampfmaschine wird nicht alle Wärme in mechanische Energie verwandelt, sondern ein Teil der Wärme geht an die Umgebung verloren.

Ludwig Boltzmann hatte nun gefunden, daß die Wärme eines Körpers nichts weiter ist als die innere Bewegung seiner Moleküle. Bringt man einen heißen Körper mit einem kalten in Berührung, so bewegen sich zu Anfang die Teilchen des ersten sehr schnell, die des zweiten langsam. An der Berührungsstelle stoßen die Teilchen aneinander, teilen sich ihre Bewegungsenergie gegenseitig mit. Nach einiger Zeit bewegen sich die Moleküle in beiden Körpern gleich schnell. Ihre Temperaturen haben sich ausgeglichen, sagen wir.

Man kann also den Ausgleich der Wärmeenergien im Kosmos auch als das Entstehen einer gleichmäßigen Umordnung bezeichnen. Für den jeweiligen Grad der Umordnung führte Clausius ein Maß ein und nannte es Entropie.

Über diesen Satz von der Vermehrung der Entropie, dessen theoretische Behandlung sehr kompliziert ist, schrieb Max Planck im Alter von zweiundzwanzig Jahren seine Doktorarbeit. Im Jahre 1879 bestand er in München sein Examen mit Auszeichnung. Einige Monate später habilitierte er sich als Privatdozent.

Das Dasein eines Privatdozenten war sehr mühsam. Er bezog kein festes Gehalt, sondern mußte von mageren Kolleggeldern der wenigen Studenten leben, die seine Vorlesungen besuchten. Die Münchener Universität besaß keinen Lehrstuhl für theoretische Physik. Dieses Fach war zu jener Zeit kaum gefragt. Die experimentelle Forschung, auf industrielle Nutzung zielend, stand absolut im Vordergrund. Was half es schon, über die Zusammenhänge der Vorgänge in der Natur nachzudenken? Dagegen hatte Werner von Siemens riesigen Erfolg, als er im gleichen Jahre, in dem Planck promovierte, auf der Berliner Gewerbeausstellung die erste elektrische Eisenbahn zeigte.

Für den jungen Physiker Planck begann eine lange, harte Wartezeit. Jahre vergingen. Da trug ihm die Forstakademie in Aschaffenburg die Stelle eines Physiklehrers an. Hier bot sich eine gut bezahlte Stellung. Er würde aus seiner drückenden Lage herauskommen.

Aber er würde auch einen Weg einschlagen, der ihn von der theoretischen Physik entfernte. Das Leben in der Kleinstadt würde eintönig sein, weit abgelegen von der lebendigen Wissenschaft. Was sollte er tun?

Es gab einen Menschen, zu dem er großes Vertrauen hatte und der ihm raten konnte. Das war sein Lehrer Helmholtz in Berlin. Mit allen seinen Zweifeln stieg der junge Planck in den Zug nach der Reichshauptstadt.

Dann saß er vor dem alten Herrn mit den steilen Falten zwischen Nase und Mundwinkeln. Und der erfahrene Wissenschaftler riet ihm, was er im stillen gehofft hatte: Warten!

Die theoretische Physik würde bald gebraucht werden. Das Wissen auf fast allen Gebieten der Physik war so stark angewachsen, daß die Aufgabe der Theorie, zu vereinheitlichen, zu vereinfachen und dadurch zu größerer Übersicht und tieferer Einsicht zu gelangen, sehr notwendig wurde. Das mußte auch bald offiziell berücksichtigt werden, weil neue wissenschaftliche Erkenntnisse eine Voraussetzung für den ökonomischen Fortschritt bedeuteten.

In einigen Jahren, so sah Hermann von Helmholtz voraus, würde es an allen Hochschulen und Universitäten Lehrstühle für theoretische Physik geben.

Max Planck fuhr mit dieser Bestätigung befreit nach München zurück und wartete.

Im Jahre 1885 wurde sein Warten belohnt. Der preußische Ministerialdirektor Althoff berief den siebenundzwanzigjährigen Planck als außerordentlichen Professor für theoretische Physik an die Universität Kiel. Planck zog in seine Geburtsstadt.

Im gleichen Jahre starb Plancks ehemaliger Lehrer Kirchhoff. Schließlich wurde Max Planck im Jahre 1899 zum Nachfolger dieses Wissenschaftlers nach Berlin berufen.

1894 war Max Planck als Mitglied in die Preußische Akademie der Wissenschaften aufgenommen worden.

Ziel dieser von Leibniz gegründeten Einrichtung war es, die Wissenschaften zusammenzuhalten. Von Leibniz sagte man: „Er bedurfte keiner Akademie, denn er war eine Akademie für sich allein.“ Aber nach seinem Tode war die Wissenschaft so gewachsen, hatten sich die einzelnen Zweige so ausgedehnt, daß der Geist des einzelnen nicht mehr ausreichen konnte, um das menschliche Wissen noch zu umfassen.

In zunehmendem Maße wuchsen auch die Forderungen der Gesellschaft an die Wissenschaft und ihre Vertreter. Die überall wachsende Industrie brauchte Gütekontrollen, bessere Meßeinrichtungen für alle möglichen Dinge, forderte Aufschlüsse über praktische Anwendungen von Naturgesetzen.

In diesen Jahrzehnten vor 1900 war die deutsche Industrie durch die rigorose Ausbeutung der Arbeiter zur stärksten in Europa angewachsen. Überall ging die Bildung von Kartellen, Syndikaten und Trusts vor sich, die sich der Wissenschaft nun direkt zu bedienen suchten und aus diesem Grunde Geldmittel zur Verfügung stellten. Die Wissenschaft machte Gebrauch von dieser Unterstützung und erreichte in den Jahren von 1870 bis 1914 gewaltige Erfolge. Dabei interessierten sich die Forscher wenig oder gar nicht für die kommerziellen Motive ihrer Geld-

geber, sondern lebten oft in dem Wahn, die Industriellen und Bankleute seien begeisterte Anhänger der Wissenschaft.

Noch ausgeprägter ging dieselbe Entwicklung in den Vereinigten Staaten von Amerika vor sich.

Mit der industriellen Produktion und ihren Forderungen an die Forschung wuchs auch die Zahl der wissenschaftlichen Institute, die Zahl ihrer Mitarbeiter und der Umfang ihrer Einrichtungen. Dabei geriet die Wissenschaft in starke Abhängigkeit vom Finanzkapital.

Die Wissenschaftler spürten zum Teil, wie sie in den Konkurrenzkampf der Wirtschaft mit hineingezogen wurden, und versuchten, sich auf ihre Weise zur Wehr zu setzen. Die neugegründete Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft für Physik, der Max Planck später lange Jahre als Präsident vorstand, sollte ein unabhängiger Hort der reinen Forschung sein, aus dem geschäftliche Interessen verbannt sein sollten. Viele zogen sich zumindest in ihrem Denken von den gesellschaftlichen Problemen der Gegenwart in den Ideenkreis ihrer Fachwissenschaft zurück. Sie glaubten, daß sie im Trubel der nach Profit jagenden Welt eine „geistige Elite“ sein konnten, die von dem stärker werdenden Klassenkampf ihrer Zeit unberührt blieb.

Erwärmt man ein Stück Metall in der Flamme eines Bunsenbrenners, so beginnt es nach einiger Zeit zu glühen, erst dunkelrot, dann rot, hellrot, orange, gelb bis weißgelb. Zieht man das Metall aus der Flamme, so kühlt es sich wieder ab. Die Glut färbt sich wieder von gelb zu rot und verschwindet schließlich. Diesen Versuch kann man mit jedem Metall durchführen, dessen Schmelzpunkt hoch genug liegt. Die von glühenden Körpern ausgehende Strahlung nennt man Wärmestrahlung. Sie besteht nicht nur aus den sichtbaren roten bis gelben Strahlen, sondern zum größten Teil aus langwelligeren ultraroten Strahlen, die nicht sichtbar sind. Die Strahlungsenergie kann mit sogenannten Thermoelementen gemessen werden. Thermoelemente bestehen aus zusammengelöteten Drähten, in denen ein elektrischer Strom entsteht, wenn Strahlung auf die Lötstelle fällt.

Die Strahlung glühender Körper kann wie das Sonnenlicht mit einem Prisma in verschiedene Farben zerlegt werden. Der Physiker bezeichnet die verschiedenen Farben auch als Spektralbereiche. Mißt man nun mit dem Thermoelement die Strahlungsenergie in den verschiedenen Spektralbereichen, so kann man feststellen, daß sie nicht bei allen Farben die gleiche ist. Die Sonne zum Beispiel strahlt im gelbgrünen Bereich am meisten Energie aus. Für rotglühendes Eisen liegt das Strahlungsmaximum noch im ultraroten Bereich.

Die gesamte Strahlungsenergie, die ein glühender Körper aussendet, und auch der Spektralbereich, in dem die meiste Energie ausgestrahlt wird, sind abhängig von der Temperatur des betreffenden Körpers, und man kann umgekehrt aus seiner Farbe mit Sicherheit auf die Temperatur schließen.

## **Strahlende Körper**

**Geburts-  
stunde  
der Quanten-  
physik**

Um das Jahr 1896, als Becquerel die Strahlung des Urans entdeckte, begann Max Planck sich mit der Strahlung glühender Körper, also mit der Wärmestrahlung, zu beschäftigen.

Wenn er seine Morgenvorlesung vor den Studenten gehalten hatte, zog er sich in sein Arbeitszimmer zurück. Hier füllte sein Bleistift viele Blätter mit Rechnungen, bevor daraus etwas Endgültiges entstand, und dieses Endgültige stellte nur einen winzigen Schritt auf einem neuen Wege dar, der möglicherweise vergeblich war. Dann saß er wieder lange vor seinem Schreibtisch, scheinbar untätig, aber seine Gedanken arbeiteten unablässig. Manchmal, wenn das Sitzen unerträglich geworden war, trat er ans Fenster, lächelte über den dreisten Sperling, der da draußen hinter den Scheiben sein Gefieder plusterte, doch sein Gehirn blieb bei der einen Tätigkeit.

Im Jahre 1893 hatte der Physiker Wilhelm Wien eine Strahlungsformel abgeleitet, die im kurzwelligen Teil des Spektrums gut mit den experimentell bestimmten Werten übereinstimmte. Im roten und ultraroten Teil dagegen führte die Wiensche Formel zu falschen Ergebnissen. Hier galt statt dessen ein Gesetz, das von den beiden englischen Physikern Rayleigh und Jeans aufgefunden worden war. Folglich konnten beide Gesetze nur Näherungen sein, die für ganz bestimmte Wellenbereiche galten. Es muß hinter ihnen ein allgemeineres Gesetz verborgen sein, das den Spektralbereich umfaßte. Und dieses galt es zu finden.

Max Planck suchte. Zuerst brauchte er eine Vorstellung vom Entstehen der Strahlung, eine Arbeitshypothese. Ansätze hierzu fand er schon bei seinen Vorgängern. Er baute sie aus und verbesserte sie. In der glühenden Materie sollten sogenannte Oszillatoren schwingen und dabei Strahlung aussenden. Planck wandte nun auf diese Oszillatoren den Clausiussschen Satz von der Vermehrung der Entropie geschickt an. Mit einem Male erwiesen sich seine früheren intensiven Beschäftigungen mit diesen Problemen als ungeheuer fruchtbar. Seine Methode führte zum Ziel.

Leicht wurde dieser Weg für Max Planck nicht, und er ging ihn auch nicht mit der Sicherheit, die für den flüchtigen Beobachter in allen erfolgreichen Taten zu liegen scheint. Dafür sollen seine eigenen Worte zeugen.

Während seiner Arbeit stand er mit verschiedenen Physikern, besonders mit Ludwig Boltzmann, im Briefwechsel. Über einen dieser Briefe, eine Antwort Boltzmanns, sagte er folgendes:

„... und es gewährte mir eine besonders wertvolle Genugtuung für manche durchgemachte Enttäuschung, daß Ludwig Boltzmann in dem Briefe, mit dem er die Zusendung meines Aufsatzes beantwortete, sein Interesse und sein grundsätzliches Einverständnis mit dem von mir eingeschlagenen Gedankengang zu erkennen gab.“

Am 19. Oktober des Jahres 1900 fand eine Tagung der Berliner Physikalischen Gesellschaft statt, auf der die Wiensche Strahlungsformel und die von einigen Forschern festgestellten Abweichungen besprochen werden sollten. Max Planck kündigte zu dieser Tagung einen Diskussionsbeitrag an, den er bescheiden „Über eine Verbesserung

des Wienschen Strahlungsgesetzes" nannte. Da saßen die Herren, die meisten älter als er, geübte Denker, erfahrene Forscher, denen der kleinste Fehler sofort auffallen würde. Professor Rubens demonstrierte die Differenzen zwischen der Theorie und den spektralen Messungen, die er mit seinem Kollegen Kurlbaum durchgeführt hatte. Im langwelligeren Teil des Spektrums waren die Unterschiede so groß, daß es sich nicht um Meßfehler handeln konnte. Der Mangel in der Theorie wurde offenbar. Als er seinen Vortrag beendet hatte, kamen einige kurze Anfragen. Dann sollte Max Planck sprechen. Er stand vor der Versammlung, groß, mit schmalem, blassem Gesicht und rückte an seiner randlosen Brille.

Nach einigen einführenden Worten trat er zu der hinter ihm aufgestellten Wandtafel. Buchstaben, Formelzeichen und Zahlen begleiteten nun seine Ausführungen. Vor der gespannt beobachtenden und hörenden Versammlung entstand noch einmal innerhalb einer knappen halben Stunde Plancks neues Strahlungsgesetz, das er in vierjähriger angestrengter Arbeit gefunden hatte.

Die Professoren nahmen zur Kenntnis. Interessant, was der junge Kollege da entwickelt hatte. Nun mußte sich zeigen, wie die Meßergebnisse damit übereinstimmten.

Noch am Abend des 19. Oktober setzte sich Professor Rubens hin, breitete die Tabellen mit seinen Meßergebnissen aus, setzte die verschiedenen Ausgangswerte in die Plancksche Formel ein, rechnete und verglich die berechneten Werte mit den gemessenen. Seine Arbeit dauerte mehrere Stunden. Mitternacht war längst vorüber, als er endlich die zahlreichen mit Zahlen beschriebenen Bogen in die Mappe legen konnte.

Am folgenden Morgen suchte er Max Planck auf, um ihm das Ergebnis mitzuteilen. Planck sah dem Kollegen von der Experimentalphysik mit ungeheurer Spannung entgegen. Über die feierlich ersten Züge des Älteren glitt ein ganz feines Lächeln. „Also, soweit ich finden kann, stimmen unsere Messungen mit Ihrer Formel ausgezeichnet überein!“ Planck nickte nur. Das war die Bestätigung. Der Mund eines Kollegen sprach sie aus, aber sie kam ja eigentlich von der Natur selbst.

„Ich glaube, man kann Ihnen gratulieren“, sagte Rubens und reichte ihm die Hand.

Einige Wochen, nachdem Plancks Arbeit erschienen war, teilten die beiden Physiker Lummer und Pringsheim von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt in einer Entgegnung mit, daß ihre Meßergebnisse von der Planckschen Formel abwichen und daß diese demnach falsch sein müsse. Planck las mit einiger Bestürzung diese Entgegnung. Sie war sachlich korrekt, unpersönlich gehalten. Er fand keinen Einwand dagegen. Trotzdem! Eine Messung mußte falsch sein. Die von Rubens und Kurlbaum, welche sein Gesetz bestätigte, oder die von Lummer und Pringsheim?

Wieder einige Wochen später klärte sich die Angelegenheit. Lummer und Pringsheim zogen ihre Einwände zurück. Ein böser kleiner Rechenfehler hatte sich in ihre Arbeit eingeschlichen. Er hatte Planck un-

angenehme Stunden, Unsicherheit und Zweifel an seiner Arbeit gebracht.

Bei seinem Vortrag an jenem 19. Oktober hatte Planck noch nichts über die physikalische Deutung seiner Strahlungsformel gesagt. Darüber war er sich selbst noch nicht restlos im klaren gewesen. Noch zwei Monate angestrengtester Arbeit waren notwendig, bis auch dieser letzte Schritt getan war. Und dabei stieß Planck auf etwas sehr Merkwürdiges.

Um den richtigen Ausdruck für die von ihm eingeführte „Entropie der Strahlung“ zu gewinnen, mußte er eine Größe von der Dimension einer Wirkung (Energie mal Zeit, das heißt Wirkung einer bestimmten Energie während einer bestimmten Zeit) einführen, die eine winzig kleine Naturkonstante darzustellen schien. Es gelang ihm, den Wert dieser Konstanten zu berechnen, und zwar erhielt er die Zahl

0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 006 55 Erg

mal Sekunden. Wie klein diese Zahl ist, ahnt man, wenn man weiß, daß die Energie von etwa 1000 Erg nötig ist, um ein Grammgewicht einen Zentimeter hochzuheben. Planck nannte diese Größe Wirkungsquantum.

Es gab nun zwei Möglichkeiten. Entweder war sein Wirkungsquantum nur eine fiktive Größe, die durch seine mathematische Methode hineingeraten war. Dann stellte die ganze Ableitung seines Strahlungsgesetzes nur eine inhaltlose Formelspielerei dar. Lag ihr aber ein reales Naturgesetz zugrunde, dann mußte diesem Wirkungsquantum fundamentale Bedeutung zukommen. Der bisherige Erfolg des Strahlungsgesetzes schien das letztere zu bestätigen.

Das Wirkungsquantum wurde der Schlüssel zur Quantenphysik. Die jedem so selbstverständlich erscheinende Vorstellung, daß von einem heißen Körper die Wärmeenergie und von einem noch heißeren glühenden die Lichtenergie in gleichmäßigem, stetigem Strom ausgeht, erwies sich als unrichtig. Die Energie wird in kleinen Quanten ausgesandt, ist also gewissermaßen körnig. Mit einem Schlage wurden alle anscheinend einwandfrei begründeten exakten Naturgesetze zu Näherungsformeln degradiert, die nur in genügend großen Dimensionen gelten, wo man die feine Körnigkeit nicht merkt.

Plancks Wirkungsquantum rief eine Revolution in der ganzen Physik hervor, die zur Erforschung gänzlich neuer Gebiete der Physik führen sollte.

Schon die Entdeckungen Becquerels, Marie und Pierre Curies hatten das bisherige Weltbild der Physik ins Wanken gebracht. Plancks Theorie von der quantenhaften Strahlung zeigte, daß die Pfeiler aller bisherigen Physik auf unsicherem Boden standen. In dieser Situation zu Beginn des 20. Jahrhunderts erhielt die idealistische Philosophie, die in der Endkonsequenz die Nichterkennbarkeit der Welt behauptet, starken Zuström.

Eine ganze Anzahl von Forschern stimmten dieser resignierenden Philosophie zu. Mit Nachdruck trat Planck gegen die damals sehr einflußreiche Philosophie der Positivisten auf, die alle Wissenschaft auf

bloße Denkökonomik zurückzuführen suchten und dabei wirkliche Erkenntnis für unmöglich erklärten. Sie nannten ihre Lehre „voraussetzungsfreie Wissenschaft“, entzogen in Wirklichkeit aber jeder ernsthaften Forschung die Basis. In einem Vortrag, den Planck 1908 in Leyden hielt, setzte er sich mit dem Positivisten Mach auseinander. Einen wesentlichen Punkt machte dabei Machs strikte Ablehnung der Atomlehre aus. Max Planck erklärte, daß die Tatsache, daß man ein Atom nicht sehen, wiegen oder messen könnte, noch lange nicht gegen dessen Existenz spreche. Für ihn existierten Atome und Energiequanten wirklich, und er war überzeugt, daß die nun aufgewiesene Problematik der Physik von den Wissenschaftlern zu lösen sei. Er blieb auf dem konsequenten Standpunkt des Naturwissenschaftlers: Die Welt ist materiell und erkennbar durch den menschlichen Forschergeist trotz aller Schwierigkeiten.

Etwa zur gleichen Zeit war Lenins Werk „Materialismus und Empirio-kritizismus“ erschienen. Klarer noch als Planck, auf der Grundlage der marxistischen Philosophie setzte sich Lenin mit den Positivisten auseinander, wies den subjektiv-idealistischen Charakter ihrer Lehren und deren Unhaltbarkeit nach.

Die bürgerliche kapitalistische Gesellschaftsordnung befand sich in einer Krise. Die Gegensätze zwischen der Bourgeoisie und dem stärker werdenden Proletariat verschärften sich. In der bürgerlichen Weltanschauung schlug sich dieser Zustand als Flucht ins Irreale, ins Skeptizistische, nieder. Die Erkennbarkeit der Welt sollte verneint werden, damit nicht etwa die Erkenntnis von den Gesetzmäßigkeiten in der menschlichen Gesellschaft, wie sie Marx und Engels bereits sechzig Jahre vorher entdeckt hätten, an Boden gewänne.

Plancks Gedankengänge führten nicht so weit wie die der Marxisten, aber als Physiker blieb er offen erklärter Materialist, und wir haben ihm in der Klärung dieses philosophischen Problems vieles zu danken.



## Gemessene Elektronen

### Lenards Fenster

Philipp Lenard, Sohn eines Preßburger Geldwechslers, hatte einen nicht gerade leichten Weg hinter sich. Innere Unrast und ein gewisses Ungeschick, mit anderen Menschen zu verkehren, hatten ihn während seines Studiums nach Budapest, Wien, Berlin und Heidelberg getrieben. Nun war sein Wissensdurst fürs erste gestillt, das Studium abgeschlossen. Der Vierundzwanzigjährige trug sein Doktordiplom in der Tasche. Lenard blieb noch einige Zeit in Heidelberg bei Professor Quinke, dann ging er als Assistent zu Heinrich Hertz nach Bonn. Hier begann er, wie viele junge Physiker seiner Zeit, mit Kathodenstrahlen zu experimentieren. Vor Jahren hatte Hertz selbst auf diesem Gebiete gearbeitet, aber nichts erreicht. Seitdem hatte er durch seine Entdeckung der elektromagnetischen Wellen als Einunddreißigjähriger Weltruhm erlangt. Lenard, nur fünf Jahre jünger als Heinrich Hertz, wollte dessen Arbeiten über die Durchdringung von Materie mittels Kathodenstrahlen wieder aufnehmen. Vielleicht konnte man auf diesem Wege etwas über den Bau der Materie aus Atomen, vielleicht auch manches über die Kathodenstrahlelektronen selbst erfahren.

Solchen Versuchen stand aber eine bedeutende Schwierigkeit im Wege. Sie mußten innerhalb der Entladungsröhre durchgeführt werden, denn die Kathodenstrahlen endeten an der Innenwand der Röhre. Hertz hatte dünne Metallfolien durchstrahlt und sie zu diesem Zwecke bei der Herstellung der Röhre mit viel Mühe und Zeitaufwand eingebaut. Abgesehen von der technischen Schwierigkeit hatte diese Methode auch den Nachteil, daß man nicht genau messen konnte, was mit den Kathodenstrahlen geschehen war, nachdem sie das Metall durchdrungen hatten. Gab es keine Möglichkeit, die Kathodenstrahlen zum Verlassen der Röhre zu bringen?

Dieses Problem beschäftigte den jungen Lenard sehr. Natürlich konnte er kein Loch in die Röhrenwand machen, denn dann wäre sofort Luft in die Röhre gedrungen und hätte die Kathodenstrahlen zum Erlöschen gebracht, gewissermaßen erstickt.

Lenard fand die Lösung: Er mußte ein Fenster in die Röhrenwand machen, ein Fenster aus einem Material, das einerseits stabil genug war, um den Luftdruck auszuhalten, und andererseits möglichst viel von den Kathodenstrahlen durchließ.

Jetzt kamen ihm die Versuche von Heinrich Hertz sehr zustatten, denn dieser hatte festgestellt, daß bestimmte Metalle (Li, Al, Be u. ä.) in sehr dünnen Schichten für Kathodenstrahlen ziemlich leicht durchlässig sind.

Nun schien alles ganz einfach zu sein. In die Glaswand der Röhre wurde ein Loch geschnitten, das dann von einem Stück Blech wieder verschlossen wurde. Wenn er dieses Metallfenster genau gegenüber der Kathode anbrachte, so würde der größere Teil der Kathodenstrahlen durch sein Fenster die Röhre verlassen. Doch womit sollte er dieses Blechstück luftdicht auf das Glas kitten? Lenard probierte die verschiedensten Kittmassen aus. Schließlich fand er doch eine brauchbare Methode. Nun verwandte er verschiedene Metalle für sein Fenster. Nach langen Versuchsreihen erwies sich Aluminium als am günstigsten. Aber die Ausbeute war ihm noch viel zu gering, weil er wegen des Luftdruckes zu dicke Bleche verwenden mußte.

Einmal hatte er ein dünneres Blechfenster als gewöhnlich eingekittet. Während er die Röhre auspumpte, beobachtete er gespannt abwechselnd die Manometersäule und die Röhre. Anscheinend hielt das Fenster. Kein Auge von seiner Röhre lassend, schaltete er die Hochspannung ein. Gerade wollte er damit beginnen, die Intensität der austretenden Kathodenstrahlen zu messen, als es einen fauchenden Knall gab. Der Luftdruck hatte das Fenster eingedrückt und die Röhre zerbrochen.

Nach einer Reihe solcher Mißerfolge fand Lenard auch hier einen Ausweg. Er kittete zuerst ein Metallgitter auf, das genügend stabil war, um den Luftdruck auszuhalten, und belegte dieses mit dünner Aluminiumfolie. Nun konnten die Kathodenstrahlteilchen zwischen den Gitterstäben durch diese dünne Folie in ausreichend großer Zahl gelangen. Damit hatte er zum erstenmal Kathodenstrahlen in atmosphärischer Luft erzeugt, die sich nun bequem studieren ließen.

Inzwischen war Lenard Privatdozent in Bonn geworden. 1894 wurde er als Extraordinarius nach Breslau berufen. Seit 1895 war er an der Technischen Hochschule in Aachen tätig. Trotz dieser häufigen Ortswechsel unterbrach er seine Forschungsarbeit nicht. Er lernte, Elektronen zu beschleunigen, zu bremsen, schnell fliegende von sich langsamer bewegenden zu trennen. Dann begann er, dünne Metallschichten mit Elektronen zu beschließen, und versuchte, aus dem Verlust an Geschwindigkeit und der Richtungsänderung, die die Elektronen dabei erfuhren, Schlüsse auf den Bau der Materie zu ziehen.

Seine recht erfolgreiche Arbeit in diesen Jahren wurde nur von zwei Ereignissen unterbrochen. Es waren zwei Nachrichten, die ihn tief erschütterten.

In den ersten Tagen des Jahres 1894 traf ihn die Nachricht vom Tode Heinrich Hertz'. Hertz war am 1. Januar in Karlsruhe an den Folgen einer Blutvergiftung gestorben. Lenard dachte an die gemeinsame Zeit mit diesem Manne, der so gut und froh hatte lachen können. Nun hatte eine lächerliche Blutvergiftung seiner Laufbahn ein jähes Ende gesetzt.

Fast genau zwei Jahre später wurde die Entdeckung der Röntgenstrahlen bekannt. Lenard studierte mit zitternden Händen die Arbeiten des Würzburgers. War das möglich? – Seit mehr als fünf Jahren arbeitete er selbst mit denselben Kathodenstrahlen. Warum hatte er diese neuen Strahlen, diese „Röntgenstrahlen“, nicht entdeckt? Tagelang bohrte dieser Gedanke in seinem Hirn: Warum nicht er, sondern ein anderer? Lenard prüfte die Versuche Röntgens. Er hätte gern einen Fehler gefunden, doch er mußte alles bestätigen, was der andere geschrieben hatte. Wochen vergingen, in denen Philipp Lenard finster grübelnd umherging, ohne etwas Vernünftiges zu tun. Er zweifelte an sich selbst, hielt sich für untauglich oder vom Pech verfolgt. Schließlich besann er sich. Hatte er nicht sein Fenster geschaffen? Ein kleiner Erfolg war das doch immerhin. Auf ihn wartete noch viel Arbeit. Das Grübeln half nicht weiter. Er hatte keine Zeit zu verlieren.

**Wie  
das Elektron  
gewogen  
wurde**

Zwar hatten die Versuche von Hittorf, Varley, Wien, Thomson und anderen sichergestellt, daß es elektrische Partikel gibt, die zehntausendmal leichter sind als die leichtesten Atome, aber ob ihre negative Ladung verschieden, bei allen gleich, immer dieselbe oder veränderlich ist, wie groß diese Ladung überhaupt ist, wußte bisher kein Mensch.

Der Versuch, solche Ladungen einzelner Elektronen zu bestimmen, war verlockend. Da man das Verhältnis zwischen Masse und Ladung der Elektronen kannte, hätte man aus einer Absolutmessung der Ladung sofort auf die Masse eines Elektrons schließen können. Das wäre immerhin gleichbedeutend mit dem Wiegen eines einzelnen Elektrons gewesen.

Mit Spannung wurde der 8. Februar des Jahres 1897 erwartet. Für die an diesem Tage stattfindende Sitzung der Philosophical Society in Cambridge hatte der Physiker Townsend einen Bericht über seine Versuche zur Bestimmung der Elektronenladung angekündigt.

Was würde man hören? Hatte Townsend zuverlässige Ergebnisse? Skeptiker hielten es von vornherein für unmöglich, die Elektronenladung zu bestimmen, und interessierten sich nur dafür, auf welche Weise Townsend die Unsinnigkeit seines Unternehmens zugeben würde. Die Ladung eines einzelnen Elektrons bestimmen zu wollen,

schien doch allzu großsprecherisch zu sein, waren doch sicher Milliarden von Elektronen nötig, um den Zeiger des empfindlichsten Galvanometers zu einer kaum merklichen Bewegung zu bringen.

Am letzten Abend vor seinem Vortrag überprüfte Townsend noch einmal seine Rechnungen. Eigentlich war er nicht zufrieden mit dem Ergebnis. Er wußte, daß diese Versuche noch verbessert werden mußten. Dennoch: Einen Fortschritt bedeuteten sie schon. Vielleicht fanden andere weiter.

Der 8. Februar tauchte aus einer frostklaren Nacht. Verharschter Schnee glitzerte im Licht der Morgensonne. Von den Dachrändern hingen lange Eiszapfen.

Als Townsend später, tief in seinen Mantel eingemummt, über die Straßen schritt, hatte sich ein Dunstschleier vor die Sonne geschoben.

Der Versammlungssaal war erfüllt von den halblauten Stimmen der Herren, die sich in Gruppen stehend unterhielten. Townsend spürte angenehm die Wärme des geheizten Raumes. Diener nahmen ihm Hut und Mantel ab. Er schüttelte Hände, sprach noch mit dem Kollegen Thomson einige Worte.

„Übrigens“, sagte dieser, als sich Townsend schon wieder abwenden wollte, „übrigens möchte ich Ihnen noch einen jungen Kollegen vorstellen, der sich sehr für Ihren Vortrag interessiert.“ Thomson zog einen jungen Mann, der bisher bescheiden abseits gestanden hatte, heran.

„Mister Charles Wilson!“

Townsend nickte freundlich. „Versprechen Sie sich nur nicht zu viel, mein Freund.“

Dann war es soweit. Nach der üblichen Einleitung solcher Tagungen trat Townsend vor die Versammlung.

Mit knappen, klaren Worten, unterstützt von einigen Kreideskizzen, erklärte er, wie er vorgegangen war.

Zunächst hatte er elektrisch geladene Gasmoleküle erzeugt, indem er starken elektrischen Strom durch eine Salzlösung schickte und das entstehende Gas an den Metallelektroden auffing. Dieses geladene Gas hatte er nun in feuchte Luft geleitet. Dabei hatte sich ein sichtbarer Nebel gebildet. Dieser Nebel bestand aus feinsten Wassertropfchen, die sich um die geladenen Gasmoleküle bildeten. Durch geschickte Ausnutzung bekannter Gesetze, nach denen solche Tröpfchen in Luft langsam zu Boden sinken, hatte nun Townsend einerseits ihre Zahl berechnet und andererseits ihre gesamte Ladung gemessen. Daraus konnte er dann die Ladung eines Tröpfchens berechnen.

Er hatte längst sein letztes Wort gesprochen und wieder seinen Platz eingenommen, als das staunende Schweigen von dem ersten unterbrochen wurde. Es war John Thomson. Er sagte einige Worte der uneingeschränkten Anerkennung. Dann stellte er verschiedene Fragen:

„Was Sie da als endgültigen Wert erhalten haben, ist natürlich ein Mittelwert, oder meinen Sie, daß jedes Tröpfchen genau die von Ihnen genannte Menge elektrischer Ladung besitzt?“

Darauf Townsend: „Nein, natürlich ein Mittelwert! Mehr kann man nicht behaupten.“

Thomson: „Sie nehmen an, daß die Nebeltröpfchen in ihrer ursprünglichen Gestalt zu Boden sinken. Muß man nicht erwarten, daß sie dabei zum Teil wieder verdunsten?“

Townsend: „Daran habe ich auch gedacht. Vielleicht müßte man in meiner Rechnung noch einen Korrekturfaktor anbringen.“

Noch andere Fragen wurden gestellt. Ein anwesender Philosophieprofessor wollte wissen, wieso denn die Ladung eines Tröpfchens gleich der Ladung eines Elektrons gesetzt werde. Die Physiker konnten ihm darauf sofort antworten: Man kann annehmen, daß die Ladung, die ja von dem Gasmolekül stammt, das gewissermaßen den Keim für das Tröpfchen bildete, gerade die eines Elektrons ist.

Townsend's Versuch war ein erster Schritt. Das Ergebnis, so beachtlich es auch war, konnte kein endgültiges sein.

Im folgenden Jahr befaßte sich John Thomson mit diesem Problem, erreichte aber auch nicht mehr als Townsend.

Jahre vergingen. Andere Physiker versuchten sich an dieser Aufgabe. Keiner erreichte die Lösung, bis . . . Ja, das war so:

In der Stadt Chikago in den Vereinigten Staaten von Amerika lehrte um die Jahrhundertwende der junge Robert Andrews Millikan Physik an der dortigen Universität. Als er von Townsends Versuchen erfuhr, reizte ihn das Problem so sehr, daß er sich eingehender damit beschäftigte. Zunächst vergingen einige Jahre, in denen er wenig Zeit fand und nur Townsends und Thomsons Versuche nachmachen konnte. Dabei lernte er aber alle Schwierigkeiten kennen und sah schon, daß es darauf ankommen würde, einzelne solcher geladener Tröpfchen zu beobachten. Später widmete er sich ganz dieser Arbeit. Er stellte Mitarbeitern seines Instituts Teilaufgaben, arbeitete selbst mit erstaunlicher Energie und Ausdauer und überwand schließlich alle Schwierigkeiten. Im Jahre 1913 konnte Millikan nach jahrelanger Arbeit diese eine Zahl, die Ladung des Elektrons und damit auch sein Gewicht, mit großer Genauigkeit angeben.

Wenn ein Bach über eine Felsstufe stürzt, so springen und sprühen Tausende von kleinen Wassertropfen durch die Luft. Das Wasser schäumt und gurgelt, bis es schließlich in ruhiger werdendem Lauf weiterfließt. An einem solchen Wasserfall beobachtet man, daß die sprühenden Tropfen zum Teil elektrisch geladen sind. Diese Ladung ist einfach Reibungselektrizität, die die Tropfen bei ihrer Entstehung erhalten haben. Dasselbe geschieht, wenn man eine Flüssigkeit durch eine feine Düse zerstäubt. Auf diese Weise stellte Millikan zunächst elektrisch geladene Tröpfchen her. Er benutzte als Flüssigkeit Öl. Damit vermied er allzu starke Verdunstung. Solche Tröpfchen spritzte er zwischen zwei Metallplatten und beobachtete sie durch ein Mikroskop. Nun verband er die beiden Metallplatten mit je einem Pol einer großen Batterie. Da positiv geladene Tropfen von der negativen Platte angezogen werden und umgekehrt negativ geladene von der positiven Platte, konnte er seine Spannung so regulieren, daß ein bestimm-

tes ins Auge gefaßtes Tröpfchen gerade in der Schwebelage gehalten wurde, weil sich Schwerkraft und elektrische Anziehung die Waage hielten.

Auf diese Weise beobachtete Millikan Tausende solcher einzelner Tröpfchen die, seitlich von einer Lampe beleuchtet, als buntschillernde kleine Kugeln auf dunklem Feld in seinem Mikroskop zu sehen waren, maß ihre Ladung und ihre Größe.

Zwei Metallplatten, eine elektrische Batterie, eine Lampe, das Mikroskop und eine Düse zum Zerstäuben des Öls, das waren die einzigen Geräte, die er zu seinen Versuchen brauchte.

Die große Zahl seiner Meßresultate zeigte deutlich, daß die Tröpfchen immer eine ganz bestimmte elektrische Ladung besaßen. Manche besaßen die doppelte oder die dreifache Ladung. Nie fand er solche mit Bruchteilen, etwa der anderthalbfachen Ladung. Damit war eindeutig erwiesen, daß es eine elektrische Elementarladung geben mußte, die genauso wie das Plancksche Wirkungsquantum eine Naturkonstante von fundamentaler Bedeutung darstellte. Diese Elementarladung, so schloß Millikan, ist die Ladung eines einzelnen Elektrons.

Alle späteren Experimente bestätigten die Richtigkeit dieser Annahme.

Damit hatte der Amerikaner gleichzeitig die Masse eines einzelnen Elektrons bestimmt. Sie beträgt  $0,9108 \cdot 10^{-31}$  und jetzt folgen erst siebenundzwanzig Nullen ... 9108 Gramm.

Für seine bedeutende und erfolgreiche Forschung erhielt Robert Andrews Millikan im Jahre 1923 den Nobelpreis für Physik.

In fünfzigjähriger Forschungsarbeit hatten deutsche, englische und amerikanische Forscher die Realität des umstrittenen Elektrons nachgewiesen.



## Zehn Ionen je Sekunde

### Hängt ein Kobold am Zeiger?

Schon im Jahre 1785 hatte der französische Physiker Coulomb bemerkt, daß ein elektrisch geladenes Elektroskop im Verlaufe von Stunden und Tagen seine Ladung ohne ersichtliche Ursache verliert. Er hatte das für eine natürliche Eigenschaft der Elektrizität gehalten. Damit war nicht viel gesagt. Erst als zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Radioaktivität entdeckt und näher erforscht wurde, fand man eine Erklärung für die Selbstentladung der Elektroskope.

Verschiedene Forscher, vor allem die beiden Deutschen Elster und Geitel, hatten festgestellt, daß überall im Erdboden und in der Luft Spuren radioaktiver Stoffe vorhanden sind, die durch ihre Strahlung die Luft elektrisch leitend machen und dadurch aufgeladene Elektroskope allmählich zur Entladung bringen.

Das Problem hatte damit seine Aufklärung gefunden und sich im übrigen als unbedeutend erwiesen.

Da tauchten im Jahre 1902 Mitteilungen verschiedener Physiker auf, die das Problem der selbständigen Elektroskopentladung von neuem aufwarfen. Neben anderen stellte der englische Physiker Ernest Rutherford fest, daß noch irgend etwas anderes, vielleicht wiederum eine neue Strahlung, an der Sache beteiligt sein muß.

Rutherford, zu diesem Zeitpunkt dreiunddreißig Jahre alt, Professor an der McGill-Universität in Montreal, stand noch nicht auf dem Gipfel seines wissenschaftlichen Ruhmes. Als ehemaliger Assistent von Joseph John Thomson besaß er viele Erfahrungen auf dem Gebiete der Elektrizitätsleitung in Gasen. In seinem kleinen Institut in Montreal untersuchte er mit einigen Mitarbeitern die Strahlungen radioaktiver Elemente. Diese Arbeiten fanden einige Jahre später durch die Feststellung der Alpha-, Beta- und Gammastrahlen und durch die Entdeckung des radioaktiven Zerfalls ihre großartige Krönung. Ruther-

ford war nicht gewohnt, sich bei seinen wissenschaftlichen Arbeiten etwas zu schenken. Deshalb bemühte er sich, die radioaktive Bodenstrahlung, auch wenn sie extrem schwach war, von seinen Messungen fernzuhalten. Zu diesem Zweck umgab er seine empfindlichen Meßgeräte mit dicken Bleipanzern. Durch Vorversuche hatte er festgestellt, wie dick die Bleiwände sein mußten, damit sie die radioaktive Strahlung abhielten. Doch seine ganze Sorgfalt schien vergeblich gewesen zu sein. Die hochempfindlichen Anzeigegeräte verhielten sich, als ob sie dauernd bestrahlt würden. Rutherford suchte zunächst nach irgendeiner Unachtsamkeit, fand aber nichts. Danach stellte er ein bleigepanzertes Elektroskop in verschiedenen Räumen auf. Der Bleimantel war dick genug, um die intensivsten Radiumstrahlen von dem Meßgerät abzuhalten. Trotzdem entlud sich das Elektroskop ganz langsam. Gab es im Institutsgebäude irgendeine Strahlung, die sich so bemerkbar machte? Oder hing ganz einfach ein Kobold am Zeiger, der ihn mutwillig nach unten zog?

Rutherford mußte bei diesem Gedanken lächeln. Immerhin – würde er einen neuen Strahler entdecken? Bisher hatte er noch nicht einmal entdeckt, aus welcher Richtung die Strahlung kam. Er trug sein Elektroskop hinaus in den Garten. Überall wurde es entladen. Überall trat diese unheimliche Strahlung auf. Sie schien den Raum gleichmäßig zu erfüllen. Rutherford versuchte, sich eine Vorstellung von der Energie dieser Strahlung zu machen, die so unwahrscheinlich dicke Bleischichten durchdringen konnte. Seine Suche nach dem Ursprung dieser Strahlung war erfolglos geblieben. Irgendein Stoff konnte es nicht sein. Das Ganze blieb rätselhaft. Und immer wieder staunten Rutherford und seine Mitarbeiter über die ungeheure Energie dieser neuen, bisher unbekanntes Strahlung.

Damals stand im wesentlichen nur ein Gerät zur Verfügung, um die verschiedenen Strahlenarten zu untersuchen und zu verfolgen. Dieser Apparat bestand aus einer luftdicht abgeschlossenen Kammer, in die zwei Elektroden hineinragten. An diese Elektroden wurde eine Hochspannung von etwa tausend Volt gelegt. In der Kammer befand sich verdünnte Luft oder ein anderes geeignetes Gas. Wenn durch die Wände einer solchen Kammer eine Strahlung tritt, so wird das Füllgas elektrisch leitend, weil die Gasatome elektrisch geladen, man sagt „ionisiert“ werden. Dann fließt also in einer solchen Ionisationskammer für die Dauer der Strahlung ein elektrischer Strom, und zwar um so stärker, je intensiver die Strahlung ist.

Mit einem solchen Gerät hatte Marie Curie das Radium entdeckt. Die Untersuchungen der neuen Strahlen unbekanntes Ursprungs mit Ionisationskammern ergaben, daß etwa zehn Ionen je Sekunde erzeugt wurden. Das ist ein so winzig kleiner Strom, daß er nur von den empfindlichsten Galvanometern noch angezeigt wird. Bei der Kleinheit

**Wie die  
Strahlung  
gemessen  
wurde**

dieses Effektes war es kein Wunder, daß Rutherfords Mitteilung wenig Beachtung fand. Auch er selbst stellte nach einigen vergeblichen Versuchen die Arbeit auf diesem Gebiete wieder ein und wandte sich anderen Fragen zu. Fast sieben Jahre vergingen, ohne daß ein bemerkenswerter Fortschritt bei der Suche nach dem Ursprung der durchdringenden Strahlung bekannt wurde.

**Das  
Geheimnis  
der  
Stratosphäre**

Unter den wenigen, die sich weiterhin mit der seltsamen Strahlung beschäftigten, war der Jesuitenpater Wulf. Er hatte ein verbessertes Strahlenmeßgerät konstruiert, das vor allem die Eigenschaft hatte, trotz hoher Empfindlichkeit einigermaßen robust zu sein, so daß es bequem transportiert werden konnte. Mit diesem Gerät ging Wulf wie ein Wünschelrutengänger auf die Suche nach der Strahlung. Anfangs glaubte er, die Strahlung komme aus dem Erdboden. Um dies nachzuweisen, stieg er mit seinem Apparat auf den damals höchsten Turm der Welt, auf den Eiffelturm in Paris. Er meinte, auf dem 300 Meter hohen Turm werde die Strahlung geringer sein. Damit wäre bewiesen, daß sie aus dem Boden kam. Merkwürdigerweise fand er nicht das Erwartete.

Die Mitteilung Wulfs über das Ergebnis seines Versuchs erreichte in Freiburg in der Schweiz den jungen Physiker Albert Gockel. „Man müßte in noch größeren Höhen messen“, dachte Gockel, „am besten mit einem Ballon aufsteigen.“ Immer mehr befreundete er sich mit diesem Gedanken, bis er im Herbst des Jahres 1910 einen Leuchtgasballon mit den erforderlichen Meßgeräten ausrüstete und mit diesem in kurzen Abständen mehrere Aufstiege durchführte. Die Messungen fielen aber unbefriedigend aus, denn die Ergebnisse bei den einzelnen Flügen stimmten nicht ganz überein. Trotzdem glaubte Gockel, festgestellt zu haben, daß die Strahlung mit wachsender Höhe zunimmt. Zwar hatte er nur 4500 Meter erreicht, doch er war überzeugt, daß die Intensität mit wachsender Höhe weiter zunehmen würde. Bevor er seine Ergebnisse veröffentlichte, teilte er sie in einem Brief einem Freunde, Viktor Franz Hess, mit, der zu dieser Zeit am Wiener Institut für Strahlenforschung arbeitete. Hess dachte über die Mutmaßungen des Kollegen nach. Danach sollte die Quelle der Strahlung in der Stratosphäre zu suchen sein. Gab es in den obersten Schichten ein radioaktives Gas, das so leicht war, daß es auf der Erdoberfläche nicht zu finden war? Dann mußte es noch leichter als Wasserstoff sein. Aber nach den bisherigen Erfahrungen gab es nur bei den schweren Elementen radioaktiven Zerfall. Bei näherem Betrachten wurde das Geheimnis der Stratosphäre immer rätselhafter. Der achtundzwanzigjährige Viktor Franz Hess begann sich ebenfalls gründlich mit dem Problem zu befassen. Er war sich von vornherein darüber im klaren, daß weitere und möglichst noch genauere Messungen nötig waren, um vorwärtszukommen. Das bedeutete, daß er

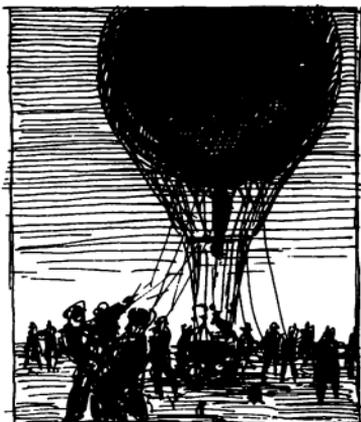
ebenfalls mit einem Ballon in größere Höhen aufsteigen mußte. Hess ging sofort ans Werk. In den Jahren 1911 bis 1913 erreichte er auf einigen seiner Ballonflüge Höhen knapp über 5000 Meter. Auch er fand nicht bei einer bestimmten Höhe immer wieder die gleichen Strahlungswerte, doch die Mittelwerte aus seinen zahlreichen Messungen ergaben ein ziemlich klares Bild. Zwischen 200 und 1000 Metern nahm die Strahlung zunächst ab, wuchs bei Höhen über 1000 Meter wieder und erreichte etwa bei 2000 Metern dieselbe Stärke wie auf dem Erdboden. Bei 4000 Meter Höhe war die Strahlung bereits doppelt so stark wie auf der Erde.

Gockel, der seine Versuche ebenfalls fortsetzte, erhielt bei Ballonaufstiegen, die von Friedrichshafen am Bodensee ausgingen, Ergebnisse, die mit denen von Hess gut übereinstimmten. Damit schien eindeutig bewiesen, daß die Strahlung mit zunehmender Höhe immer stärker wird. Wo kam sie her?

Hess glaubte nicht an ein strahlendes Gas in der Stratosphäre. Zu viele Überlegungen sprachen dagegen. Je länger er sich mit dieser Frage beschäftigte, desto fester wurde die Überzeugung, daß die Strahlung außerirdischen Ursprung haben müsse. Näher besehen war diese Behauptung ungeheuerlich. Da kamen irgendwo aus dem Weltraum Strahlen und trafen auf die Erdoberfläche mit einer Energie, die man in irdischen Laboratorien gar nicht erzeugen konnte. Hess sah nur diese eine Möglichkeit für den Ursprung der Strahlung. Trotzdem nannte er sie vorsichtigerweise einfach Höhenstrahlung.

Entscheidend für die Richtigkeit einer Theorie kann nur die Überprüfung in der Praxis sein. Deshalb unternahm Hess immer neue Ballonflüge. In den ersten Monaten des Jahres 1913 stieg er siebenmal auf. Die finanziellen Unterstützungen durch die Wiener Akademie waren unbedeutend. Nur durch das Entgegenkommen des k. k. Aeroclubs zu Wien konnte er sein Forschungsprogramm durchführen.

In den letzten Maitagen teilte ihm das Präsidium des k. k. Aeroclubs mit, daß in den nächsten Tagen eine neue Flugmöglichkeit mit dem Ballon des Herrn von Sigmundt aus Triest bestehe. Hess sagte sofort zu. Der Start wurde auf den 1. Juni festgesetzt. Hess bereitete zwei Wulfsche Strahlungsapparate vor, mit denen er seine Messungen durchführen wollte. Ein Höhenmesser war im Korb des Ballons vorhanden. Außer von Sigmundt, der den Ballon selbst führen würde, flog noch der Assistent am Physiologischen Institut der Tierärztlichen Hochschule in Wien, Dorazil, mit, um bei dieser Gelegenheit Studien über die Atmungsverhältnisse in großen Höhen zu machen. Der Aufstieg sollte in den späten Abendstunden stattfinden. Der Ballon trug den Namen „Astarte“. Er faßte 2200 Kubikmeter Gas. Da das Wiener



Leuchtgas minderwertig war, würde man kaum über eine Höhe von 5000 Metern hinauskommen. Trotzdem wurde Sauerstoff in zwei Stahlflaschen für eventuell notwendige künstliche Atmung im Ballonkorb verstaub.

Die drei Herren aßen noch einmal kräftig, denn man konnte nie wissen, wie lange die Fahrt dauern würde. Natürlich hatten sie auch an Proviant und Trinkwasser für die Zeit des Fluges gedacht. Vor einiger Zeit hatte die kleine Glocke des Stephansdomes elf geschlagen. Die drei saßen im Gasträum des Aeroclubs, aßen und sprachen wenig. Hess dachte an die bevorstehende Arbeit. Wenn alles gut ging, mußte jede Messung die früheren bestätigen. Er betrachtete Herrn von Sigmundt von der Seite. Der machte den Eindruck eines Sportlers, aber auch eines reichen Abenteurers, dem es ein Vergnügen war, sich mit Hilfe seines großen Vermögens gefahrvolle Experimente zu leisten. Der Führer der Haltemannschaft kam herein und meldete, daß alles zum Start bereit sei.

Draußen herrschte mondlose Finsternis. Doch als sich die Augen an die Dunkelheit gewöhnt hatten, sahen sie, daß der Himmel sternklar war. Schwarze Gestalten, die Männer der Haltemannschaft, hielten den gefüllten Ballon an den Seilen. Die drei bestiegen den Korb. Die batteriegespeisten Lampen waren schon eingeschaltet. Hess überprüfte noch einmal seine Apparate. In den letzten Tagen hatte er noch mehrere Kontrollmessungen am Boden gemacht, die Isolation der Elektroden erprobt und zuletzt die Apparate frisch aufgeladen.

Herr von Sigmundt gab das Kommando zum Lösen des Ankers. Hess sah auf die Uhr: 23 Uhr 42 Minuten. Langsam hob sich der Ballon vom Klubplatz im Prater. Bald konnten sie die Stadt übersehen, in der um diese Zeit nur noch wenige Lichter brannten. Immer kleiner wurde die Anhäufung von Lichtpunkten. Die Stadt Wien verschwand unter ihnen in der Ferne.

Der Ballon trug sie mit einer Geschwindigkeit von 30 Kilometern in der Stunde in nordwestlicher Richtung davon. Der kleine Lichterhaufen da unten mußte Klosterneuburg sein – und dieser da wahrscheinlich Oberhollabrunn. Der Fluß Thaya durchzog als schimmerndes Band die dunkle Erde. Dann verloren sie die Orientierung. Hess hatte sofort mit den Messungen begonnen. Von Stunde zu Stunde zählte er die Zahl der Entladungen. Zwischen 0 Uhr 49 und 1 Uhr 49 maß Hess im Durchschnitt 12 Ionen je Sekunde und Kubikzentimeter. Der Ballon flog in dieser Zeit, von geringen Schwankungen abgesehen, in einer Höhe von 1400 Metern.

Im Osten dämmerte bereits der Morgen. Die drei froren trotz ihrer dicken Pelzkleidung. Hess mußte zum Bedienen seiner Instrumente die Handschuhe ausziehen. Danach hatte er alle Mühe, die blau gefrorenen Finger wieder warm zu bekommen. Gegen fünf Uhr war es so hell geworden, daß sie die Flußläufe und die Ortschaften als kleine Flecke auf der Erde erkennen konnten. Sie befanden sich im südlichen Mähren. Der Ballon hatte 2000 Meter überschritten. Es war fast windstill. Langsam trieben sie weiter. Kurz vor sechs Uhr erreichten sie

3000 Meter Höhe. Herr von Sigmundt leerte den größten Teil der Ballastsäcke.

Dorazil maß seinen Blutdruck, zählte den Puls und die Atemzüge. Sein Notizbuch füllte sich mit Zahlen.

„Wie fühlen Sie sich, meine Herren?“ so fragte er von Zeit zu Zeit. „Haben Sie Schwindelgefühl? Kopfschmerzen? – Das ist wichtig für mich!“

Herr von Sigmundt sah den beiden Wissenschaftlern zu. Im Grunde bedauerte er sie, die so mit ihren Zahlen beschäftigt waren, daß sie wahrscheinlich von der Schönheit eines solchen Fluges wenig spürten.

Als der Ballastvorrat auf fünf Säcke zu je 20 Kilogramm zusammengeschrumpft war, hatten sie 4150 Meter erreicht. Unter ihnen breitete sich eine Schicht von kleinen Kumuluswolken aus. „Mehr schaffen wir nicht“, sagte Herr von Sigmundt. Hess gab sich Mühe, seine Enttäuschung nicht merken zu lassen. Er hatte gehofft, noch einmal über 5000 Meter zu kommen. Ihm blieb nur der Trost, daß er seine früheren Ergebnisse bestätigt gefunden hatte.

Herr von Sigmundt ließ durch Ventile Gas aus dem Ballon. Sie verloren schnell an Höhe. Bald konnten sie wieder Bäume, Sträucher und Häuser auf der Erde erkennen. 9 Uhr 05 landeten sie ohne Schwierigkeiten auf einer Kuhwiese bei dem Ort Zabenreith in der Nähe von Raabs an der Thaya.

In den folgenden Monaten kam Viktor Franz Hess immer mehr zu der Überzeugung, daß die Strahlung aus dem Weltall komme. Als er gar hörte, daß Kohlhörster die phantastische Höhe von 9300 Metern erreicht und dabei eine noch stärkere Zunahme der Strahlung beobachtet hatte, war er seiner Sache gewiß.

Der Ausbruch des Weltkrieges setzte seinen Arbeiten ein Ende. Zuerst weterleuchtete es an den Grenzen des großen Habsburgischen Reiches. Durch die Straßen Wiens hallte der Marschtritt der Regimenter. Dann trafen immer schlechtere Nachrichten von den Fronten ein. Endlose Züge mit Schwerverwundeten standen in und vor den Bahnhöfen. Die Frauen trugen Wasser in Eimern und Kannen hin.

Und dann kam der Hunger in die Stadt Wien. Der Hunger kam auch nach Linz und Preßburg und Prag.

Im fünften Jahr des Krieges richteten die revolutionären Arbeiter und Soldaten die Waffen gegen ihre Unterdrücker. Die Habsburgische Monarchie erhielt den Todesstoß.

Der Kaiser sollte geflohen sein. An den Mauern klebten Aufrufe des Revolutionskomitees.

Langsam, stockend, unter vielen Schwierigkeiten fand das Leben überall wieder in seine normalen Bahnen. Auch die jüngeren Wissenschaftler kehrten in die Institute und Laboratorien zurück, suchten ihre vor vier Jahren liegengelassenen Arbeiten wieder hervor, unter ihnen war Viktor Franz Hess. Auch Albert Gockel hatte die vier Kriegsjahre überstanden. Doch keiner von beiden nahm die Erforschung der Höhenstrahlen wieder auf. Es fehlte an Geld, an Unterstützung. Österreich war ein armes Ländchen geworden. Zu neuen Untersuchun-

gen hätten Ballons gehört. Woher Ballons bekommen? – Und konnten sie überhaupt mehr erreichen? Sie hatten festgestellt, daß die Strahlung in großen Höhen viel stärker als auf dem Erdboden war und wahrscheinlich aus dem Weltall kam. Damit schien alles getan. Hatte dieses Kapitel der Naturwissenschaft seinen Abschluß gefunden? Andere Forscher bestätigten die bisherigen Ergebnisse. Professor Regener versenkte Strahlenmeßgeräte bis zu 100 Meter Tiefe in den Bodensee. Bis in diese Tiefe drang die Höhenstrahlung und brachte die Zeiger der Instrumente zum Ausschlag. An der Existenz der Höhenstrahlen schien kein Zweifel mehr.

Da nahm die Sache eine unerwartete Wendung.

Im Jahre 1923 ließen Robert Andrews Millikan und seine Mitarbeiter unbemannte Registrierballons aufsteigen, die Höhen bis 15500 Meter erreichten. Sie fanden nichts, keine Strahlung, gar nichts. Die deutschen Forscher erschrakten, als sie diese Befunde der Amerikaner erfuhren. Hatten Gockel und Hess geträumt? Waren Kohlhörsters Ballonaufstiege vergeblich gewesen? Und hätte Regener lieber Fische im Bodensee fangen sollen? Die europäischen Forscher standen als Scharlatane da, hatten irgendeinen Fehler gemacht, schlecht gearbeitet. Jahrelange Forschungen sollten aus irgendeinem Grunde umsonst gewesen sein. Das konnte doch nicht sein. Hatten sich die Amerikaner geirrt? –

Einige Jahre später wiederholte Millikan seine Versuche. Wieder stiegen Ballons mit selbstregistrierenden Geräten in die Stratosphäre, trieben über das Land, bis sie infolge des Gasverlustes niedergingen. Diesmal zeigten die Geräte in den geborgenen Ballons eine Strahlung, doch sie war viel geringer als die von den europäischen Forschern angegebene. Da nahm der Amerikaner Clay mehrere Beobachtungen an verschiedenen Orten der Erde vor. Seine Versuche erstreckten sich zwischen Genua und Java. Die Ballons, die meist wieder auf dem Meer niedergingen, wurden mit Schiffen und Flugzeugen gesucht. Clay verglich die verschiedenen registrierten Meßwerte für Höhe und Strahlungsintensität. Als er die Ergebnisse dieser Versuche auf einer großen Erdkarte eintrug, klärten sich alle Zweifel und Mißverständnisse auf. Die Intensität der Höhenstrahlung hing von der geographischen Breite ab. Albert Gockel erlebte diesen endgültigen Erfolg nicht mehr. Er starb 1927, im gleichen Jahr, in dem Clay seine Versuche durchführte, noch ehe das Ergebnis bekannt wurde.

Der von Clay entdeckte sogenannte Breiteneffekt der Höhenstrahlung bestand darin, daß die Strahlungsintensität in der Nähe des Äquators sehr gering ist, nach den Polen hin zunimmt und dort die größten Werte erreicht. Die Europäer einerseits und Millikan andererseits hatten an Orten verschiedener geographischer Breite gemessen und deshalb verschiedene Werte gefunden.

Diese merkwürdige Verteilung der Höhenstrahlen, ihre starke Konzentration an den Erdpolen und das Auftreten des Polarlichtes, andere Beobachtungen über Funkstörungen durch das Nordlicht und erd-

magnetische Messungen zeigten endlich einen aussichtsreichen Weg zur Lösung dieses alten Naturrätsels.

Verschiedene Forscher versuchten, die Natur der Höhenstrahlen festzustellen, hatten aber keinen Erfolg, weil ihnen noch geeignete Geräte und Methoden dazu fehlten. Es sollten noch einige Jahre vergehen, bis die Höhenstrahlen zu einer aufschlußreichen Quelle für die Atomforschung wurden.

Durch Sibirien zieht sich vom Ural bis an die Küsten des Beringmeeres der wilde Wald der Taiga. Nach dem Norden zu verschwinden die riesigen Bäume. Knieholz schiebt sich immer kümmerlicher in die Grassteppe vor, bis nur noch das niedrige Gras der Tundra der Kälte widerstehen kann.

Jenseits des Polarkreises blühen im kurzen Sommer des Nordens nur noch einige zähe Kräuter. Im langen Winter aber rückt das Eis bis an die Küste heran. Die Sonne geht nicht mehr auf, und Schneestürme wechseln ab mit klaren Nächten, in denen das Holz der Hütten vor Kälte knackt.

Doch das Eismeer ist reich an Fischen. Von den Fischen leben Robben und Walrosse. Eisbären haben hier ihre Jagdgebiete, und über die Steppe streift der Polarfuchs auf der Jagd nach Schneehühnern und anderen Vögeln, die im Sommer hier brüten. Das Leben der Menschen ist hart. Sie jagen das Walroß, essen das Fleisch und verkaufen die Stoßzähne an die Faktoreien. Dem Blaufuchs stellen sie Fallen, um sein kostbares Fell gegen Mehl, Zucker, eiserne Werkzeuge und Tongeschirr einzutauschen.

Meist leben die Menschen in Zelten aus Walroßhaut oder Rentierfellen, die sie von den Züchtern im Süden eingetauscht haben. Jahr um Jahr vergeht im ewigen Gleichmaß, abgetrotzt dem Eis des Nordens. Erst seit Händler in die Faktoreien gekommen sind, die ihre Felle viel besser bezahlen als früher und ihnen Fangboote auf Abzahlung geben, merken die Nordländer, daß in ihrem Lande etwas anders geworden ist. Die Sowjetmacht hat Schulen gebaut, Ärzte und Ingenieure geschickt. Das ist das erste Mal im harten Leben des Nordlandes, daß den Menschen wirklich geholfen wird.

Während des kurzen Nordlandsommers gehen die Boote auf Fang. Kehren sie dann mit reicher Beute zurück, so feiert die Siedlung ein Fest. Auf großen Feuern wird gebraten und gebacken. Die lange Nacht wird nicht ohne Vorrat sein.

Dann kommt die Zeit der langen Nächte, die nur von einigen fahlen Dämmerstunden unterbrochen werden. Die Trankocher summen leise auf kleinem Feuer, und der Rauch sickert durch die Ritzen der Zeltwände hinaus in die Kälte.

Es ist die Zeit des großen Lichtes. Die Nordländer kennen das stille Licht, einen hellen weißen oder roten Schein in der Nacht, der lang-

## Licht über dem Eis

sam heller wird und wieder verlischt. Und sie kennen auch das große Licht, dessen rote, grüne und weiße Strahlengarben über den ganzen Himmel huschen, immer von neuem. Im Hintergrund weht ein zart-weißer Schleier, und unter dem schwarzen Gewölbe steht minutenlang ein leuchtender Bogen. Die Urgroßväter kannten schon das Licht und wußten, daß danach der Winter kalt werden würde. Sie raunten sich Geschichten zu über seltsame Erlebnisse, die dieser oder jener mit dem Licht gehabt hatte. Von dem Augenblick an aber, als der erste Gelehrte diese seltsame Lichterscheinung erblickte, war das Nordlicht eines der großen Rätsel der Naturwissenschaft. Jahrhundertlang mühten sich viele Forscher um die Aufdeckung dieses Geheimnisses. Man spekulierte, grübelte, verglich mit anderen bekannten Erscheinungen aus der Natur und aus dem Laboratorium. Eine auch nur einigermaßen glaubwürdige Erklärung wurde lange nicht gefunden. Man vermutete, daß in hohen Schichten der Atmosphäre feine Eisnadeln vom Lichte der Sonne getroffen werden und so aufleuchten, aber dann hätte man die Erscheinung an verschiedenen Orten der Erdoberfläche beobachten müssen und nicht nur in der Nähe der Pole.

Die Entdeckung der Höhenstrahlen durch Gockel und Hess und ihrer besonders hohen Intensität in der Nähe von Nord- und Südpol der Erde zeigten endlich einen Weg zur Erklärung dieses alten Naturrätsels.



## Ante lucem

Am Anfang des 20. Jahrhunderts war Marburg an der Lahn eine kleine Stadt, eine unter vielen, die Universität eine der kleinsten in Deutschland, und die Zahl der Professoren und Assistenten, die sich mit modernen naturwissenschaftlichen Problemen beschäftigte, war gering. Andere Fakultäten machten mehr von sich reden, und die meisten jungen Leute aus „gut bürgerlichen Kreisen“ interessierten sich weit mehr für Psychoanalyse, Graphologie und griechische Kultur als für Atomphysik und radioaktive Elemente.

Wären die beiden Kinder des Seifenfabrikanten Thomas Bügelmeyer nicht so typisch für ihre Klasse, aus der sie stammen, so verdienten sie nicht, hier erwähnt zu werden. Der achtzehnjährige Theodor Bügelmeyer bezog die juristische Fakultät der Marburger Universität. Theo war ein schmaler, schwächlicher junger Mann, der gegen den väterlichen Willen nicht hatte durchsetzen können, die Philosophische Fakultät zu besuchen. Er machte sich nichts aus dem Geld des Vaters, oder vielmehr, er kannte die Bedeutung des Reichtums nicht, weil er das Gegenteil nie erfahren hatte. Früher hatte er seinem „alten Herrn“ oft gesagt, daß er nicht daran denke, sich für Seife, Saldo und Warenumsatz zu interessieren, aber das blaurote Gesicht des Vaters, der ihn vor einem Jahr noch gehohelt hatte, erweckte in ihm so viel ohnmächtigen Widerwillen, daß er passiven Widerstand vorzog. Mit seiner zwei Jahre älteren Schwester Gerda stand Theo auf sehr vertrautem Fuß, obwohl sie sich dauernd über ihn lustig machte. Für das graziöse, gezielte Mädchen war Theo ein mickriger Stubenhocker, der ihr hoffnungslos leid tat. Als erklärter Liebling des Vaters konnte sie fast alles tun, was sie wollte. So arrangierte sie manchmal kleine Gesellschaften junger Leute, in denen sie Theo als Objekt ihrer psychologischen Experi-

**Ziellos**

mente benutzte. „Benimm dich nicht so gehemmt!“ sagte sie zu ihm. „Deine Komplexe treiben mich noch zur Verzweiflung“. Waren die Geschwister allein, so philosophierten sie gern, wie es in ihren Kreisen „Mode“ war. Theo als tiefgründiger Skeptiker war ganz Verneinung und Ausweglosigkeit. Mit leiser Stimme, die nur scheinbar ganz ruhig klang, setzte er der Schwester auseinander, daß sich die Naturwissenschaft als Spiegelfechterei erwiesen habe, daß der Mensch nichts wisse und erfahre außer sich selbst, daß alle Moral relativ und unbestimmbar sei und daß der technische Fortschritt nur auf die Vernichtung der ethischen Werte hinauslaufe. Seine Reden waren gespickt mit Zitaten, Beispielen und speziellen Erörterungen, denen Gerda nicht ganz folgen konnte.

Einmal erklärte ihr Theo: „Wenn ich dir jetzt ein Mädchen beschreibe, verstehe, genau beschreibe, die Farbe ihrer Augen, ihr Haar, ihre Gestalt, ihre Kleidung –“ „Kenne ich sie?“ unterbrach Gerda. „Nein“, fuhr Theo fort, „laß mich doch ausreden! Also ich beschreibe sie so, daß du ein klares Bild von ihr hast. Was würdest du sagen, wenn...“ Gerda sprang auf, setzte sich dem Bruder schwungvoll auf den Schoß und faßte sein Kinn. „Ist sie hübsch? Hast du sie geküßt?“ Theo schob sie wütend weg. „Aber das ist doch unwichtig! Laß doch endlich!“ Gerda lehnte am Tisch.

„Also gut, was ist mit ihr?“ „Mit wem denn?“ fragte Theo. „Es ist gar niemand. Das will ich ja gerade sagen. Ich beschreibe dir ein Mädchen, das ich nie gesehen habe, das es gar nicht gibt, verstehst du?“ Gerda betrachtete ihn abschätzend. „Merkwürdige Phantasien hast du in letzter Zeit. An deiner Stelle täte ich etwas.“ „So verstehe doch. Es soll nur ein Vergleich sein. Genauso reden die Physiker von den Atomen, beschreiben ihre Eigenschaften und haben sie nie gesehen. Ist das nicht unsinnig?“ „Allerdings“, bemerkte Gerda und ging achselzuckend hinaus.

**Lenin** Die neuen Erkenntnisse der Naturwissenschaften, noch unabsehbar in ihrer Tragweite, kaum einzuordnen in das physikalische Weltbild, beschäftigten zahlreiche Philosophen. Die wachsende Not der Fabrikarbeiter, die Organisation der Arbeiterklasse im Kampf gegen den zunehmenden Druck der Ausbeutung rüttelten an den Festen der bürgerlichen Gesellschaft. Einst war der Materialismus die Philosophie des fortschrittlichen Bürgertums gewesen, hatte die Menschen gewedt, aufgerüttelt, vorwärtsgebracht. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war das Bürgertum längst nicht mehr fortschrittlich. Seine Philosophen suchten die scheinbar wohlgerundete Ordnung ihrer Gesellschaft zu rechtfertigen. Da sie aber nicht mehr zu rechtfertigen war, nahmen sie Zuflucht zu unbeweisbaren Thesen, verschleierte das Weltbild, indem sie die Erkennbarkeit der Welt überhaupt abstritten und den Wahrheitsgehalt der Naturwissenschaft wegzudiskutieren suchten. Die mate-

rialistisch-dialektische Philosophie, mit deren Hilfe Karl Marx und Friedrich Engels seit der Mitte des 19. Jahrhunderts die Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Entwicklung aufdeckten, war zur Philosophie der Arbeiterklasse geworden, hart bekämpft und viele Male von bürgerlichen Philosophen aller Richtungen „widerlegt“. Die Physiker und Chemiker dieser Zeit, meist aus bürgerlichen Kreisen stammend, setzten ihre Arbeit zwar fort unter der Devise: Die Welt ist erkennbar! – Denn wie hätten sie sonst forschen können? – Doch die skeptizistische Philosophie ihrer Klasse eröffnete ihnen keine Perspektiven; sie glaubten persönlich am weitesten zu kommen, wenn sie sich gar nicht um philosophische Fragen kümmerten.

Um die philosophischen Verwirrungen zu bekämpfen, um darzulegen, daß die materialistische Weltauffassung die einzig fruchtbare für alle naturwissenschaftliche Forschung sein kann und immer gewesen ist, arbeitete Wladimir Iljitsch Lenin an einem erkenntnistheoretischen Werk. Er studierte die Werke der positivistischen Philosophen Mach, Avenarius und Ostwald, die ihrer Schüler, das 1905 von Henri Poincaré erschienene Buch über den Wert der Wissenschaft, aber auch Ernst Haeckels Schriften, physikalische Veröffentlichungen und Hunderte von weiteren Büchern und Zeitschriftenartikeln. Im Jahre 1909 erschien sein Werk „Materialismus und Empiriokritizismus“. Es war eine glänzende Widerlegung aller philosophischen Thesen, die den Materialismus abtun wollten. Mit diesem Werk machte sich Lenin um die moderne Naturwissenschaft wie kein anderer Philosoph des 20. Jahrhunderts verdient. Die Kraft seiner Gedanken, die Schärfe seiner Argumente befreiten die Ergebnisse der Forschung von dem Ballast spitzfindiger Gedanken. Zwar nahmen viele bürgerliche Forscher Lenins Argumente skeptisch auf, weil dahinter die ganze marxistische Ideologie stand, die Lehre vom Klassenkampf und der kommenden kommunistischen Gesellschaftsordnung. Viele erfuhren überhaupt nichts von Lenins Werk, weil die bürgerlichen Regierungen die Verbreitung des Werkes zu verhindern suchten. Doch auf die Dauer ließ sich das nicht erzwingen. Lenins Sätze begannen zu wirken. Arbeiter, noch ungeübt im Denken, mühten sich, dieses Buch zu verstehen, denn der es geschrieben hatte, war ihr Genosse, ihr Philosoph, ihr Lehrer. Sie verstanden noch nicht alles, doch vieles eher als mancher professorale Lehrer der Philosophie.

Einst hatte die bürgerliche Gesellschaft begonnen, die Naturwissenschaft zu fördern; sie war stolz auf deren Erfolge gewesen und hatte optimistisch ihrer Zukunft entgegengesehen. Nun, nachdem wirklich bedeutende Fortschritte erzielt worden waren, verwarf dieselbe Gesellschaft den Wert der Wissenschaft, sprachen ihre Wortführer von einer Grenze der Erkenntnis oder gar von einer prinzipiellen Unerkennbarkeit der Welt. Greisenhaft war diese Ordnung geworden. Die junge Klasse des Proletariats aber schickte sich an, das Erbe zu übernehmen mit der optimistischen These:

„Die Welt ist erkennbar!“

## **Wider- sprüche**

Nachdem Max Plancks Quantentheorie erschienen war, rührte lange keiner an dieser Erkenntnis. Die Physiker wußten noch nicht, was damit anzufangen war. Die Vorstellung von den Energiequanten widerstrebt allen bisherigen Anschauungen. Gab es denn nicht die altbewährte These: *Natura non facit saltus* – die Natur macht keine Sprünge? Doch die Schwierigkeiten ließen sich nicht mit einem Sprichwort abtun. Die neuesten Ergebnisse der radioaktiven Forschung widersprachen ebenfalls den Prinzipien der klassischen Physik. Und hier handelte es sich um klare experimentelle Beweise.

Hatte man noch vor wenigen Jahren davon geträumt, die Naturwissenschaften bald als abgerundetes Lehrgebäude zu erleben, so erwies sich diese Hoffnung nun unweigerlich als Irrtum.

Man sprach von einer „Krise der Physik“. In Wirklichkeit handelte es sich aber um eine Krise der bürgerlichen Wissenschaft. Die physikalische Forschung war unmittelbar auf die atomistische Struktur der Materie gestoßen. Von hier konnte nur eine materialistische Konzeption weiterführen. Da das Begriffssystem der klassischen Physik nicht mehr ausreichte, behaupteten einige bürgerliche Physiker und Philosophen, die Materie sei „verschwunden“. Besonders die reaktionäre philosophische Schule der Machisten versuchte mit dieser These ihren subjektiven Idealismus zu begründen. Lenin polemisierte in seinem Werk „Materialismus und Empirio-kritizismus“ scharf gegen diese falsche Interpretation der physikalischen Fakten: „Die Materie verschwindet“ heißt: Es verschwindet jene Grenze, bis zu welcher wir die Materie bisher kannten, unsere Kenntnis dringt tiefer; es verschwinden solche Eigenschaften der Materie, die früher als absolut, unveränderlich, ursprünglich gegolten haben... und die sich nunmehr als relativ, nur einigen Zuständen der Materie eigen entpuppen.“ Und Lenin formuliert den Materiebegriff des dialektischen Materialismus: „... die einzige ‚Eigenschaft‘ der Materie, an deren Anerkennung der philosophische Materialismus gebunden ist, ist die Eigenschaft, objektive Realität zu sein, außerhalb unseres Bewußtseins zu existieren.“ Viele Physiker, die zwar in ihrer wissenschaftlichen Arbeit materialistisch dachten, aber in ihrer Weltanschauung den idealistischen Lehren der bürgerlichen Philosophie anhingen, wurden unsicher und verwirrten sich im Widerspruch zwischen Materialismus und Idealismus. Vor allem hatten sie keine genügende Kenntnis von der Dialektik.

Die Atome wurden indessen hervorragender Gegenstand der Forschung. Die Theoretiker begannen neue Vorstellungen zu entwickeln. In den folgenden Jahrzehnten wuchs das Wissen von den Atomen so gewaltig, daß ihre Existenz von niemandem mehr ernsthaft bezweifelt werden konnte.

Der Asphalt der Straßen Stockholms glänzte. Die Leute eilten unter ihren Regenschirmen an Geschäften und Häuserfassaden entlang. In einem zugigen Durchgang stand ein Zeitungsjunge. Bei dem Wetter ging das Geschäft schlecht. Ein freundlicher alter Herr blieb bei ihm stehen, suchte Kleingeld in seiner Manteltasche. Der Junge hielt ihm ein Exemplar hin und rief schon wieder die Vorübergehenden an:

„Erste Nachrichten von der diesjährigen Nobelpreisverleihung! Großer Einbruch in ein Textilgeschäft, meine Herrschaften!“ „Ist das ein Deutscher?“ fragte der dicke Herr.

„Wer denn?“ – „Na hier, dieser Philipp Lenard, der den Preis bekommen hat.“ – „Ich weiß nicht, mein Herr.“ Der Dicke nickte und ging davon.

„Die neuesten Nachrichten . . .“ Die Stimme des Jungen verschwand im Lärm der Straße.

Im großen Saal der Akademie stand Philipp Lenard, der Träger des Nobelpreises für Physik des Jahres 1905. Viele Stunden und Wochen und Monate waren verstrichen, voller Qualen und Zweifel, mit rastloser Arbeit angefüllt, mit Rückschlägen, Mißerfolgen und Erfolgen, von denen man nie wußte, ob es wirklich welche waren. Das war nun alles vorbei. Jetzt stand er in Stockholm vor den Herren der Akademie und hielt seinen Nobelvortrag. Ausländer waren da, reiche Globetrotter, Reporter. Er hatte sich gut vorbereitet, aber die ersten Sätze kamen knarrend, fast abgerissen über seine trockenen Lippen. Später verlor er die leise Scheu. Die Sätze flogen ihm zu. Er erzählte von seinen Forschungen, von den Elektronen, die er als Strahlen durch ein Metallfenster aus einer Entladungsröhre gelodet hatte. Diese Elektronen konnten Metallschichten durchdringen, wurden dabei zum Teil aus ihrer Flugrichtung gelenkt. Lenard nannte Zahlen für Streuwinkel, Strahlenintensitäten. Da war er bei dem Merkwürdigen, dem Bedeutsamen seiner Forschungsergebnisse angelangt: Die Materie schien leer zu sein, denn die Elektronen waren doch kleinste körperliche Teilchen, und sie konnten durch massive Metalle dringen. Die Materie verhielt sich, als bestünde sie aus lauter Kraftzentren – Lenard nannte sie Dynamiden –, die den Raum mit ihren Kraftfeldern erfüllten. Was ein massiver Eisenblock schien, war zum größten Teil leerer Raum zwischen winzigen Dynamiden. Lenard hatte als erster mit Erfolg versucht, die Materie mit Teilchenstrahlen zu erforschen.

Am Abend fand er sein Bild und die Geschichte seiner Forschung in den Zeitungen. Auch der kleine dicke Herr las den Lebensweg des deutschen Wissenschaftlers. Er stützte den Arm auf die Sessellehne. Eigentlich war er zu müde zum Lesen, aber man mußte doch wissen, was in der Welt geschah, nicht wahr?

Im gleichen Jahre stand ein großer blonder Mann am Londoner Kai, sah sich suchend um, nahm dann seinen Koffer auf und schritt langsam auf die Zollstelle zu. Geschäftsreisende, die mit dem gleichen Schiff über den Kanal gekommen waren, hasteten an ihm vorüber. Kalter Nebel hüllte die alten Häuser der Stadt ein. Der Tower und die

Westminsterabtei waren kaum zu erkennen. Otto Hahn sah London zum ersten Male. Aus der reinen Luft Marburgs an der Lahn kommend, wo er sein Chemiestudium beendet und danach drei Jahre als Assistent gearbeitet hatte, schien ihm die englische Hauptstadt grau und abweisend. Doch hielt er sich nicht lange bei diesem Gedanken auf.

Als er zwei Stunden später vor Sir Ramsay, seinem neuen Chef stand, war wieder die Atmosphäre des Labors um ihn, die saubere Stille, die Spannung der Arbeit, die in aller Welt gleich ist.

Hahn arbeitete ein Jahr bei Ramsay. Als einer der zahlreichen jungen Forscher beschäftigte er sich mit den vor wenigen Jahren entdeckten radioaktiven Substanzen. Dabei gelang ihm die Entdeckung des Elementes Radiothor.

Und wieder stand er am Kai. Diesmal wartete er auf ein Schiff nach Liverpool, um von dort die große Fahrt über den Ozean nach Nordamerika anzutreten.

Nach fünfundzwanzig Tagen Fahrt über den weiten offenen Atlantik sahen die Passagiere in der Ferne das erste Land als einen schmalen Strich. Der Dampfer stampfte um Neufundland herum durch die Cabot-Straße. Schwarze Nacht senkte sich über das Schiff. Sie fuhren wieder auf offenem Meer. An vorüberfahrenden kleineren Schiffen merkte man aber, daß man sich nicht mehr auf dem Ozean befand. Am Morgen glitt das Schiff bereits über den Sankt-Lorenz-Golf.

Von Quebec fuhr Hahn sofort nach Montreal weiter. Hier kam er zu so später Stunde an, daß er vorläufig in einem Hotel blieb. Am folgenden Morgen schlenderte er durch die City. Zwischen alten Gebäuden ragten zwanzigstöckige weiße Hochhäuser auf. Elektrische Straßenbahnen rasselten durch die Catharine-Street.

Ein Passant gab ihm flüchtig Auskunft. Hahn verstand nicht viel, fragte einen zweiten Herrn nach der McGill-Universität. Dieser beschrieb ihm ausführlich den Weg, der ihn zu seinem neuen Arbeitsplatz, zu Professor Rutherford führen sollte.

Der junge deutsche Chemiker war tief beeindruckt von Ernest Rutherford. Nach einigen Tagen schon wußte er, daß er hier in Montreal unter einem der bedeutendsten Physiker seiner Zeit arbeiten durfte, und er bedauerte, daß er nur ein Jahr bleiben konnte.

Die Arbeiten Hahns in Montreal führten ihn zur Entdeckung eines weiteren strahlenden Elementes, des Radioaktiniums.

Rutherford studierte während dieser Zeit die Eigenschaften der radioaktiven Strahlung. Er sprühte förmlich von Ideen für neue Experimente, aber die Zeit seiner größten Erfolge sollte erst beginnen, nachdem er Kanada wieder verlassen hatte. Währenddessen brachten die Zeitungen ins Phantastische übertriebene Artikel über die Radioaktivität.

1907. Ernest Rutherford sah, an der Reling des Dampfers stehend, auf das Land zurück, in dem er neun Jahre gearbeitet hatte. In der ersten Zeit war es schwer gewesen. Manchmal war er sich ziemlich verlassen

vorgekommen; wenig Geld für seine Versuche, primitive Geräte hatten die Arbeit nicht gerade erleichtert. Aber es war doch eine gute Zeit gewesen. Vor drei Jahren war sein Buch über die Radioaktivität erschienen. Seine Theorie des radioaktiven Zerfalls widersprach den Lehren der klassischen Physik. Er hatte gelacht: „Dann sind diese Lehren eben falsch!“ Und er hatte Recht behalten. Er war jetzt sechsunddreißig, fühlte sich gesund; er sprühte vor Arbeitslust. Neues lag vor ihm. Manchester hieß sein Ziel. Eigentlich war er froh über diese Berufung nach England. Vor allem hoffte er auf bessere Arbeitsbedingungen.

In Montreal hatte er herausgefunden, daß die Strahlung der radioaktiven Elemente nicht immer dieselbe ist, sondern daß es drei verschiedene Arten gibt: Alpha-, Beta- und Gammastrahlen. Am meisten interessierten ihn die Alphastrahlen. Seine Gedanken sprangen dem Schiff voraus über den Ozean. Er dachte schon an die Einrichtung seines neuen Forschungslabors, in dem er sich diese Alphastrahlen genau anzusehen gedachte.

Die Seereise nahm er als erwünschte Ruhepause. Er atmete wohligh die scharfe Luft, schlief lange und tief und aß so kräftig, daß die Stewards ihm bald doppelte Portionen vorsetzten.

In Manchester angekommen, brauchte er nur einige Tage für seine persönlichen Dinge, ließ auspacken, einräumen, faßte selbst hier und da an, traf Anordnungen zur Veränderung der Laborräume und ihrer Einrichtungen, machte Besuche bei den neuen Kollegen und Vorgesetzten, schrieb Briefe und verhandelte wegen der finanziellen Mittel seines neuen Instituts.

Rutherford vermutete, daß die Alphastrahlen aus positiv geladenen Partikeln bestehen. Seine nächsten Versuche bestätigten diese Annahme. Nun ging er daran, diese Alphastrahlen auf ähnliche Weise zu erforschen, wie es Lenard mit den Elektronen getan hatte. Er hatte beobachtet, daß die Alphastrahlen durch Luft oder beim Durchgang durch dünne Metallfolien aus ihrer Richtung abgelenkt wurden. Er dachte sich, das sei ganz einfach zu verstehen, wenn man annahm, daß die Atome Quellen elektrischer Kräfte sind. Lenard hatte ja mit seinen Dynamiden ähnliche Ansichten geäußert. Kam ein Alphateilchen in die Nähe eines Atoms, so wurde es durch dessen elektrische Kräfte abgelenkt.

Für seine Versuche war Radium erforderlich. Radium sendete die Alphastrahlen aus. Und wie es schon Marie Curie getan hatte, so hielt auch Rutherford mit österreichischen Fachkollegen Verbindung, die ihm bei der Beschaffung des nötigen Rohstoffes behilflich waren.

Wieder einmal trug er einen Brief mit einer österreichischen Adresse zur Post. Der Himmel hing grau über der Stadt. Einzelne große Regentropfen klatschten auf das Pflaster. Ernest Rutherford trug einen derben Lodenmantel. Ihm machte dieser Weg zur Post Spaß. So schritt der große, schwer gebaute Mann durch einige Straßen der Industriestadt Manchester, in der vor rund achtzig Jahren sein Landsmann Dalton den ersten Beweis für die Existenz der Atome geliefert hatte.

Als er zurückkam, lag ein anderer Brief auf seinem Schreibtisch. Darin bewarb sich ein junger deutscher Physiker um eine Assistentenstelle in Rutherfords Labor. Er hieß Hans Geiger und stammte aus Neustadt in der Rheinpfalz. Was Rutherford sofort für diesen Geiger einnahm, war dessen Erfindung: das Zählrohr. Geiger hatte dieses neue wichtige Meßgerät aus der bekannten Ionisationskammer entwickelt. Mit diesem Gerät konnte man einzelne Partikel zählen, wenn sie durch das Rohr flogen. Rutherford rieb sich erfreut die Hände. Er hatte gerne tüchtige Leute um sich. Er schrieb sofort seine Zusage.

Im Jahre 1909 kam Geiger nach Manchester.

Rutherford schlug seinem neuen Assistenten vor, die Streuung der Alphastrahlen durch Materie weiter zu untersuchen. Geiger arbeitete einige Monate und empfand wie alle, die mit Rutherford in Berührung kamen, den mitreißenden Arbeitseifer, die Energie, die von diesem großen Mann ausging.

Eines Tages kam Rutherford auf eine neue Idee. Bisher hatten er und seine Mitarbeiter nur kleine Streuwinkel bei den Alphastrahlen gefunden. Es mußte doch auch vorkommen, daß ein Alphateilchen genau auf ein Atom traf. Wenn seine Ansichten von den elektrischen Kraftzentren richtig war, dann mußte in einem solchen Falle ein großer Streuwinkel auftreten. Er sprach mit Geiger darüber. Sie kamen überein, daß Geiger und ein zweiter Assistent, Ernest Marsden, nach Partikeln mit großen Streuwinkeln suchen sollten.

Die beiden mühten sich anfangs vergeblich. Entweder Rutherfords Vermutung war falsch, oder der Vorgang kam außerordentlich selten vor. Sie wiederholten die Versuche, führten sie zehnmal, zwanzigmal aus. Schließlich fanden sie doch einzelne Partikel mit großen Streuwinkeln, sogar solche mit mehr als 270 Grad Ablenkung von der ursprünglichen Richtung.

Rutherford erkannte sofort die Bedeutung dieses Befundes. Für das Weitere brauchte er nur Papier und Bleistift. Er rechnete tagelang, warf den Stift wieder hin, zog den Mantel an, setzte den Hut tief ins Gesicht und stürmte hinaus in das rauhe Dezemberwetter. Eines Tages, kurz vor dem Weihnachtsfest des Jahres 1910, kam er leuchtenden Auges zurück.

„Meine Herren!“ rief er, „ich weiß jetzt, wie ein Atom aussieht!“ Er ging an eine Tafel und malte mit Kreide die erste Skizze zu seiner Atombauhypothese:

Das Atom besteht aus einem positiv geladenen Kern, der von einer negativ geladenen Hülle umgeben ist. Diese negative Hülle besteht aus Elektronen. Der größte Teil des Raumes bleibt leer, ist aber von den Kraftfeldern zwischen Atomkern und Elektronen erfüllt, so daß nicht andere Elektronen oder gar Atome eindringen können.

Seine Assistenten wandten ein, daß sich doch positive und negative Ladungen anziehen müßten. Die Elektronen der Hülle müßten danach sofort in den Kern hineinstürzen. Rutherford ließ sich nicht irre machen. Dann gab es eben in den Atomen noch andere Kräfte, die dieses Hineinstürzen der Elektronen verhinderten. Im Mai des Jahres 1911 er-

schien seine Arbeit im Philosophical Magazine. Darin hatte er die zahlreichen Streuversuche mit Alphateilchen in seinem Institut mit seinen Berechnungen auf Grund seines Atommodells verglichen und beste Übereinstimmung gefunden. Dagegen gab es keinen vernünftigen Einwand. Das von Rutherford entworfene Bild vom Bau der Atome mußte zumindest in groben Zügen der Wirklichkeit entsprechen.

In einem der hohen alten Räume der ehrwürdigen Universität Cambridge hatte Charles Thomson Rees Wilson sein Labor eingerichtet. Seit elf Jahren arbeitete und lehrte er hier als Lecturer, neuerdings als Reader für Physik.

Vor vierzehn Jahren, am 8. Februar 1897, hatte er im großen Vortragsaal Townsends Bericht über die Bestimmung der Elektronenladung gehört, und seit dieser Zeit beschäftigte ihn ein Gedanke. Er experimentierte unermüdlich. In gläsernen Gefäßen, die er mit Wasserdampf gefüllt hatte, versuchte er, Teilchenspuren, die von radioaktiven Präparaten ausgingen, nachzuweisen. Er ließ den Wasserdampf sich ausdehnen, drückte ihn wieder zusammen, beleuchtete von verschiedenen Seiten, hielt einen Photoapparat bereit. Eines Tages sah er dann die ersten sauberen Spuren fliegender Atome. Von dem eingebauten Radiumpräparat ging ein Büschel weißer Strahlen aus, solange der Wasserdampf in seinem Glasgefäß übersättigt war.

Wilson wiederholte den Versuch immer wieder, um die Spuren der Alphateilchen, dicke weiße, etwa fünf Zentimeter lange gerade Strahlen zu sehen. Und die längeren dünnen waren wahrscheinlich Elektronenbahnen, wirklich und wahrhaftig sichtbar. Wilson expandierte noch einmal, drückte danach den Kolben zurück, und wieder wurden die weißen Strahlenbüschel sichtbar. Aber seine Freude wurde bald verdrängt von Überlegungen, die alles noch besser, noch einfacher, noch zuverlässiger haben wollten.

An einem Nachmittag des Spätsommers saßen zwei Männer in einem einfach ausgestatteten Zimmer, unterhielten sich und zeichneten dabei ab und zu einige Striche auf umherliegende Zettel.

Der eine, ein noch junger Mann, Gast des anderen, hieß P. P. Ewald und war Doktorand bei Professor Sommerfeld. Eben seine Doktorarbeit hatte ihn heute zu Max von Laue geführt.

Ewald sollte das Verhalten von Licht in Raumgittern aus polarisierbaren Atomen untersuchen. So ungefähr lautete das Thema seiner Arbeit. Es gab noch gar keinen Beweis dafür, daß diese Gitter überhaupt existierten. Natürlich sprachen eine Reihe von Tatsachen dafür, aber das Ganze blieb ein schwieriges, noch ungelöstes Problem.

Ewald war gekommen, um sich Rat zu holen.

Laue saß mit abgewandtem Gesicht am Tisch, sah zum Fenster hinaus. Nach einer längeren Pause sagte er: „Man müßte einmal Röntgen-

**München**

**1912**

strahlen durch ein Atomgitter schicken. Dabei käme vielleicht all-  
hand heraus." Ewald malte Punkte auf ein Papier, nickte zu diesem  
Gedanken, ohne ihn eigentlich richtig erfaßt zu haben. Sie sprachen  
noch einmal alles Wichtige durch.

Als Ewald später die Straße hinunterging, war er eigentlich ganz zu-  
frieden. Laue hatte ihm wieder Mut gemacht. Oben im Zimmer aber  
saß der dreiunddreißigjährige Physiker Max von Laue noch lange und  
prüfte diese Idee: Man müßte einmal Röntgenstrahlen durch ein Atom-  
gitter schicken. Mit Lichtstrahlen konnte man Absorptionserscheinun-  
gen, Polarisationen und Interferenzvorgänge beobachten – alles sehr  
hübsch, aber im Prinzip bekannt. Die viel kurzwelligeren Röntgen-  
strahlen zeigten vielleicht ganz neue Dinge?

Laue schrieb ein paar Zeilen auf, überschlug im Kopfe eine kleine  
Rechnung. – Tatsächlich! Möglicherweise waren die Röntgenwellen-  
längen ungefähr von der gleichen Größe wie die vermuteten Atom-  
abstände in den Kristallgittern. In diesem Fall müßten Beugungsbilder  
der Atome entstehen.

Im Münchner Café Lutz kam häufig eine Schar junger Physiker zusam-  
men. Hier erzählte Laue eines Tages von seiner Idee. Man hörte ihm  
aufmerksam zu, überlegte, diskutierte verschiedene Seiten der Sache,  
trank dabei und rauchte. Schließlich erbot sich Walter Friedrich, eine  
Probe zu machen, vorausgesetzt, daß er den Chef dazu herumkriegen  
würde. Paul Knipping, ebenfalls Assistent am Sommerfeldschen Insti-  
tut, wollte sich beteiligen. Damit war das Thema vorläufig erledigt.  
Sie sprachen noch von Neuigkeiten aus den Instituten, vom Sport, zu-  
weilen auch von der Weltpolitik.

Stoff gab es genug dazu, den italienisch-türkischen Krieg, den Balkan-  
krieg, die Marokkokrise. Man lebte in einer unruhigen Welt. Vielleicht  
würden auch die jungen deutschen Wissenschaftler von einem Krieg  
aus ihrer Arbeit gerissen werden. Aber dem standen sie hilflos gegen-  
über. Zwar hatten Marx und Engels schon vor sechzig Jahren die Ur-  
sachen der Kriege aufgedeckt und den Weg zu ihrer Beseitigung ge-  
zeigt, aber die große Mehrzahl der Wissenschaftler, befangen durch  
die bürgerlichen Vorurteile, verschlossen sich gegen diese gesell-  
schaftswissenschaftlichen Erkenntnisse, sahen nur die Probleme ihres  
Faches.

Professor Sommerfeld hielt nichts von Laues Idee, doch Friedrich ließ  
nicht locker. Schließlich gab der Institutsdirektor nach, aber nur unter  
der Bedingung, daß sie die anderen Arbeiten nicht vernachlässigten  
und vom Institut keine zusätzlichen Mittel verlangten.

Im Oktober 1912 begannen die Versuche. Den beiden stand eine  
Röntgenröhre und die zugehörige Hochspannungsanlage zur Ver-  
fügung.

Da Kupfersulfat besonders leicht glattflächige reine Kristalle bildet,  
wenn man die Lösung langsam eindampft, wählten Friedrich und Knip-  
ping diese Kristalle als Versuchsobjekt.

Ein Versuch, der vorher nie gemacht wurde, ist nicht so leicht aufzu-  
bauen. Die Geräte sind behelfsmäßig, eigentlich für andere Zwecke

bestimmt. Es gibt keine Hilfsvorrichtungen. Was dann zustande kommt ist umständlich, vorsichtig zu behandeln. Damit kann nur der umgehen, der es selber aufgebaut hat.

Die Anordnung von Friedrich und Knipping war von dieser Art. Die Röntgenröhre war an einen kleinen Tisch mit verschnörkelten Beinen geschraubt, nicht abgeschirmt. Auf dem Tisch stand die justierbare Haltevorrichtung für den Kristall, dahinter die Kassette mit der Photoplatte. Über das Ganze hatten sie das Gestell einer Wandtafel gestülpt, an der die Hochspannungsleitung aufgehängt war. Aber worauf es allein ankam: Röntgenröhre, Kristall und die Photoplatte dahinter, das stand da, genau eingerichtet, die Spannungszuführung sorgfältig isoliert. Knipping überprüfte noch einmal. „Fertig?“ – rief Friedrich vom Schaltpult her. „Fertig“, antwortete Knipping und verließ den Bereich der Röntgenstrahlung. Der Schalter knackte, der Transformator begann zu brummen, nur einige Sekunden. Wieder knackte der Schalter. Walter Friedrich ging an die Apparatur heran und nahm die Plattenkassette heraus. Knipping ging mit in die Dunkelkammer. Dunkelrotes Licht fiel auf die Schalen mit den Entwicklungsbädern. Die Platte tauchte unter, zehn Sekunden, zwanzig Sekunden, eine Minute. Wenn überhaupt etwas darauf war, so mußte es jetzt herauskommen. Die Platte wurde noch ein bißchen geschwenkt, dann herausgenommen, abgespült und dicht an die Rotlampe gehalten.

Da, tatsächlich! Da waren dunkle Punkte, nein kurze Striche – und ganz regelmäßig in Reihen um einen großen schwarzen Fleck. Dieser rührte von der direkten Strahlung her. Die Punkte waren durch Beugung am Atomgitter entstanden.

Als Max von Laue diese erste Aufnahme sah, sagte er gar nichts. Ein Erfolg war es schon, aber noch unvollkommen. Man müßte die Beugungspunkte voraus berechnen können, und diese Rechnung müßte mit den tatsächlich gefundenen Punkten auf der Röntgenplatte übereinstimmen, dann erst würde man wirklich etwas über das Kristallgitter der Atome wissen.

Gab es denn nicht etwas Ähnliches in der Physik? Natürlich! Die Strichgitter, die von Spezialisten auf Glas geritzt wurden. Für diese gab es eine mathematische Theorie der Beugung. Er hatte sich selbst vor einiger Zeit damit beschäftigt. Aber diese Gitter waren eben, während die Atomgitter räumlich ausgedehnt waren. Max von Laue ging gedankenvoll nach Hause, die Leopoldstraße hinunter, die Siegfriedstraße entlang, achtete nicht auf den Weg, nicht auf die Vorübergehenden, dachte nur, kombinierte, rechnete im Kopf. Er war dicht an der Lösung, aber irgend etwas fehlte noch. Manchmal blieb er stehen – ging weiter. Als es ihm endlich einfiel, stand er gerade vor dem Hause Siegfriedstraße Nummer zehn.

Die letzten Schritte ging er sehr rasch, setzte sich daheim sofort hin, schrieb Formelzeichen, Gleichungen, rechnete, hielt inne, rechnete weiter, bis alles auf dem Papier stand.

Und seine Theorie leistete wirklich, was er verlangte. Die berechneten Beugungspunkte stimmten mit denen auf der Röntgenplatte überein.

Max von Laue hatte die Röntgenstrahlinterferenzen und die zugehörige Theorie entdeckt, eine ganz neue Methode geschaffen, mit der man die Struktur der stofflichen Materie untersuchen konnte.

**Ein Däne  
fordert  
unsinnige  
Dinge**

Das Atom besteht also aus einem positiv geladenen Kern, um den so viele Elektronen kreisen, daß die gesamte elektrische Ladung des Atoms gerade Null wird. Viele solcher Atomgebilde an-, neben- und übereinander gepackt, ergeben die Atomgitter, die Kristalle. Damit wußte man im Jahre 1913 schon allerhand über den Aufbau der Materie.

Leider kann das Bild nicht so bleiben. Es stimmt nicht, nein, es kann nicht stimmen. Die vielen kreisenden Elektronen müßten Licht oder kurzwelligere Strahlung aussenden, dabei Energie verlieren und am Ende in den Kern hineinfallen. Dieses Problem ist nicht mit wenigen Worten zu erklären. Immerhin kannte man es schon seit fünfzig Jahren. Andererseits ließ sich gegen Rutherfords Ergebnisse nichts einwenden. Man konnte unschwer sehen, daß hinter diesen Unstimmigkeiten etwas verborgen war.

In der Zeit, als in England Rutherfords Atomtheorie erschien, promovierte in Kopenhagen ein junger Mann mit einer Arbeit über die Elektronentheorie der Metalle. Niels Bohr war in seiner Heimat ein nicht unbekannter Mann. Viele kannten ihn. Sein Name stand in den Zeitungen als der eines –guten Fußballspielers. Doch das Fußballspielen betrieb er nur nebenbei. Wenn einer viel am Schreibtisch hockt, schreibt, rechnet, in Büchern blättert, dann wird die Brust eng, die Lunge wird zusammengedrückt, und im Laufe der Jahre krümmt sich der Rücken. Dagegen hilft der Sport besser als jede Medizin.

Im Jahre 1912 begann der Däne etwas Neues. Er hatte das Rutherfordsche Atommodell nach allen Seiten durchdacht und war zu der Überzeugung gekommen, daß das Wesentliche daran richtig war. Aber irgend etwas fehlte eben noch. Seit zwölf Jahren gab es die Quantentheorie von Max Planck, von der Rutherford nicht viel hielt. Konnte man nicht beides miteinander verbinden?

Nach Planck wird die Energie in Quanten aufgenommen. Albert Einstein hatte fünf Jahre später festgestellt, daß die Energie auch quantenhaft ausgestrahlt wird. Damit hatte er eine einwandfreie Erklärung des von Hallwachs entdeckten lichtelektrischen Effektes gefunden.

Konnte man nicht die Quantentheorie und die Rutherfordsche Atomtheorie miteinander verbinden?

So ungefähr lautete Bohrs Programm. Und er führte es im Winter 1912 und in den ersten Monaten des Jahres 1913 durch.

Als im Juli seine erste Veröffentlichung erschien, schüttelten die meisten Physiker über diesen jungen Dänen den Kopf. Was war denn das für Unsinn? – In den Atomen sollte es bestimmte Bahnen geben, auf denen die Elektronen kreisen durften. Außerhalb dieser „vor-

geschriebenen“ Bahnen sollte kein Elektron im Atomverband existieren können. – „Glatter Unsinn, völlig aus der Luft gegriffen“, dachten die meisten, die von der Sache etwas verstanden.

Kurz darauf erschien eine zweite Arbeit von Bohr und im November desselben Jahres eine dritte zum gleichen Thema. Darin behauptete Bohr, daß ein Atom Licht ausstrahlt, wenn ein Elektron von einer Bahn in eine tiefere springt.

Trifft umgekehrt ein Lichtquant auf ein Elektron, so wird dieses aus seiner Bahn geworfen und springt auf die nächsthöhere. Bohr hatte nicht experimentiert, konnte also keine Beweisstücke vorzeigen. Doch es gibt noch eine andere Art von Beweis, die nicht weniger augenfällig ist und die Erfolg oder Fehlschlag einer Theorie entscheiden kann: Bohr konnte mit seiner Theorie die Spektrallinien des Wasserstoffes vorausberechnen. Das war so überraschend und einzigartig, daß so bedeutende Physiker wie Planck, Rutherford, Einstein nicht mehr an der Richtigkeit der Bohrschen Theorie zweifelten.

Das Spektrum des leuchtenden Wasserstoffgases besteht aus einer Anzahl von farbigen Streifen, die sehr schmal sind, den Spektrallinien. Es ist unter den Linienspektren der chemischen Elemente das einfachste, weil es im Vergleich zu den anderen Stoffen am wenigsten Linien enthält.

Im Jahre 1885 stellte erstmalig der Schweizer Mittelschullehrer Johann Jakob Balmer für die Linien des Wasserstoffes mathematische Beziehungen auf, die dann später von dem Schweden Rydberg zu einer Formel zusammengefaßt wurden. Die so zusammengefaßten Linien bezeichnete man als Spektralserie. 1906 entdeckte Lyman eine ähnliche Serie im Ultravioletten, 1908 fand Paschen eine neue Spektralserie des Wasserstoffes im Ultraroten. Das war alles sehr kompliziert, und dabei besaßen die Spektren anderer Elemente ein noch linienreicheres Spektrum. Darüber gab es eine Fülle von Untersuchungen, genaue und genaueste Messungen der verschiedenen Wellenlängen und Linienabstände. Ganze Spektralkataloge waren zusammengestellt worden, und die Chemiker hatten darauf ihre Methode der Spektralanalyse aufgebaut.

Und nun kam Bohr und sagte, er brauche nicht zu messen, er könne diese Linien, zunächst die des Wasserstoffes, an seinem Schreibtisch herausfinden.

Wie jeder sehen konnte, stimmte das tatsächlich. Eine Theorie aber, die einen solchen Erfolg für sich verbuchen konnte, mußte richtig sein. Von diesem November 1913 an zählt Niels Bohr zu den großen Pionieren der Atomphysik.

Schon im folgenden Jahre fanden Franck und Gustav Hertz, der Nefte des so früh verstorbenen Heinrich Hertz, die erste direkte experimentelle Bestätigung der Bohrschen Theorie.



Sie ließen Elektronen, die von einer glühenden Kathode ausgingen, in einem gasgefüllten Glasrohr zu einer Gegenelektrode fliegen. Dabei mußten die Elektronen häufig mit den Gasatomen zusammenstoßen, prallten aber wie elastische Bälle wieder ab und erreichten schließlich die Anode.

Franck und Hertz steigerten langsam die Spannung. Ebenso langsam, wie die Spannung zwischen Kathode und Anode wuchs, kroch der Zeiger, der den Elektronenstrom anzeigte, über die Skala des Instruments. Aber plötzlich fiel er zurück wie eine Spinne, die an der Wand hochkriecht und in der Mitte abrutscht. Was war passiert?

Die durch die Anodenspannung beschleunigten Elektronen hatten so viel Energie erhalten, daß sie bei einem Zusammenstoß mit einem Gasatom dort ein anderes Elektron herausschlagen konnten. Danach reichte aber die übriggebliebene Energie nicht mehr aus, um noch die Anode zu erreichen, und der Strom brach zusammen. Franck und Hertz steigerten die Spannung weiter. Wieder wuchs der Elektronenstrom, bis er bei einer bestimmten Spannung zum zweiten Male abrutschte. Auf diese Weise konnten die beiden Physiker die Energien der Elektronen in den Atomen des Gases direkt messen. Ihre Arbeit ging als Franck-Hertz'scher Stoßversuch in die Geschichte der Atomphysik ein.

## **Der Weltkrieg**

Arnold Sommerfeld war beim Ausbruch des Weltkrieges sechsvierzig Jahre alt. Stumm sah er zu, wie sein Münchner Institut leer wurde. Die Assistenten, in vielen Jahren zu jungen Wissenschaftlern ausgebildet, erhielten ihre Einberufungsbefehle.

Sommerfeld gab jedem ein ermutigendes Abschiedswort und blieb allein zurück. Er würde jetzt viel Zeit haben.

Durch Europa zogen sich seit dem August 1914 die Fronten. Am 25. August hatten die Deutschen Belgien überrannt. Am 5. September standen sie schon vor Paris. Aber die Schlacht an der Marne brachte ihren Vormarsch zum Stehen.

Von Ostpreußen bis Galizien zog sich die deutsch-österreichisch-russische Front. In Bosnien schlachteten sich Österreicher und Serben gegenseitig ab. Von Saloniki aus versuchten die Engländer, auf die Dardanellen vorzustoßen.

1915 wußte man, daß der Krieg lange dauern würde. Die gefallenen Soldaten zählten schon nach Zehntausenden. Für eine Neuaufteilung der Rohstoffquellen und Absatzmärkte wurden junge Männer, Arbeiter, Techniker, Künstler und Wissenschaftler in Kugelregen und Giftgasschwaden getrieben.

Bei einem Angriff des englischen Korps an der Dardanellenfront im August des Jahres wurde der junge Physiker Moseley durch einen Bauchschuß auf die Erde gestreckt. Seine Kameraden stürmten weiter. Er wand sich stundenlang, stöhnte, versuchte zu winken, aber keiner fand ihn. Aus dem Boden strömte heißer Dunst. Fliegen und Mücken

stachen ihn. Zuletzt löschte der furchtbare Durst alle anderen Gedanken aus. Gegen Abend wurde er ohnmächtig. Reißender Schmerz brachte ihn wieder zur Besinnung. Während schon Dämmer Schatten über den Hang krochen, hatten zwei Kameraden Moseley gefunden. Sie versuchten, ihn aufzuheben. Der Körper rettete sich vor dem gräßlichen Reißen bei jedem Schritt der Träger in eine neue Ohnmacht. Sie hatten weit zu gehen, stolperten. Als sie vor dem Lazarett ankamen, legten sie einen Toten nieder. Da lag er, ein kalter Körper, das Gesicht verschmiert und von Insekten zerstoßen. Und dieser Kopf hatte vor kurzem noch ein wichtiges Gesetz der Röntgenspektren entdeckt, mit dessen Hilfe später noch mehrere chemische Elemente aufgefunden werden sollten. Der Krieg hatte ihn aus seiner Arbeit gerissen und auf fremde Erde geworfen. Die Kugel hatte nicht nach dem Namen gefragt.

Am 1. Februar 1917 begannen die Deutschen mit dem „totalen“ U-Boot-Krieg. Jedes Schiff, ob unter feindlicher oder neutraler Flagge, das Häfen der Entente anlief, wurde ohne Warnung torpediert. Großbritannien sollte durch eine Hungersnot auf die Knie gezwungen werden. Die U-Boot-Abwehr wurde für England ein kriegswichtiges Problem ersten Ranges. Rutherford stellte sich zur Verfügung, beschäftigte sich mit der Unterwasserakustik, um neue Wege für die Abwehr zu finden.

In der Schlacht um Verdun gab es auf beiden Seiten insgesamt etwa siebenhunderttausend Tote, unter ihnen war Max Plancks ältester Sohn. Die Juli-Offensive des Jahres 1916 an der Somme brachte den Engländern kaum einen Gewinn, aber auf den Schlachtfeldern fielen mehr als eine Million Soldaten.

Kugeln fraßen sich in Menschenleiber, Granatsplitter rissen Glieder und Köpfe ab, kleinere Stahlsplitter zerschnitten Sehnen und Adern, rieben an Nervensträngen, und der Schmerz schrie an tausend Orten.

Vor rund zwanzig Jahren hatte Röntgen eine Strahlung entdeckt, die Stahlsplitter im Fleisch sichtbar machen konnte. Menschenleben, die sonst verloren gewesen wären, konnten dadurch gerettet werden.

Marie Curie sammelte Geld. Freunde halfen ihr, gründeten Hilfskomitees und organisierten Röntgenambulanzen. Sie selbst aber fuhr an die Front mit einem Lastwagen, auf dem notdürftig ein Röntgengerät montiert war. Tag und Nacht war sie unterwegs, durch schlammige Wege, über Behelfsbrücken, von Feldlazarett zu Feldlazarett, durchleuchtete Tausende von Verwundeten, schlief neben dem Fahrer im Wagen und sah bald hart und grau aus wie die Männer an der Front. Neue Geräte trafen ein, wurden unter ihrer Leitung in größeren Lazaretten aufgestellt. Bedienungspersonal war anzuleiten, neue fahrbare Ambulanzen mußten eingerichtet werden. Die fast fünfzigjährige Frau wurde nicht müde. Zu helfen galt es, den vielen blutenden Jungen, deren Leiber von stählernen Geschossen zerrissen waren.

Als die Überlebenden des vierjährigen Völkerschlachtens im November 1918 in ihre Dörfer und Städte zurückkehrten, abgerissen, aus-

gehöhlt, viele von ihnen verstümmelt, da fanden sie nicht mehr die Heimat, die sie verlassen hatten.

Matrosen hatten in Kiel, Bremen, Hamburg, Wilhelmshaven das Signal zum Aufstand gegeben. Binnen weniger Tage hatte sich in ganz Deutschland die Revolution erhoben. Die russische Arbeiterklasse hatte das große Beispiel der revolutionären Aktion gegeben. Die deutschen Arbeiter stürzten den Kaiser und beseitigten die Monarchie. Überall bildeten sich Arbeiter- und Soldatenräte.

Der Krieg hatte dem Volke Hunger und Elend gebracht, Familien auseinandergerissen und Millionen von jungen Menschenleben zerstört. Jetzt erhoben sich die Armen aus den Städten, die Ausgemergelten aus den Schützengräben, die man solange mit Parolen von Vaterlandstreue und Volksehre hingehalten hatte. Die Mehrzahl von ihnen kannte nun die wirklichen Verderber ihres Lebens, die nimmersatten Reichen, die im Frieden ihre Arbeit und im Kriege ihr Blut ausgebeutet hatten.

Die Revolution sollte damit Schluß machen. Sie hätte auch die Kraft dazu gehabt, aber die deutsche Arbeiterklasse, gespalten in zwei Parteien, ging nicht einheitlich vor, ließ ihren Feinden zu viel Spielraum, zu viel wirtschaftliche Macht. Zuerst versuchten Freikorps, die meist aus Offizieren bestanden, die junge deutsche Republik zu schlagen. Schließlich half die neugebildete Regierung selbst, die revolutionären Kräfte im Volke zu vernichten. Die Arbeiter verteidigten ihre Rechte auf den Barrikaden, aber sie wurden von der Reichswehr und der Polizei der verräterischen Regierung geschlagen.

In dieser dramatischen und für das Schicksal jedes einzelnen wichtigen Zeit stand die Mehrzahl der deutschen Wissenschaftler abseits oder offen auf der Seite der Reaktion. Aber auch der Intelligenz sollte später im Jahre 1933 die Quittung für ihr Versagen präsentiert werden.

Röntgen war nach dem Weltkrieg in München tätig. Während sein eigenartiges Verhältnis zur Wissenschaft vielleicht aus seiner Vergangenheit zu verstehen ist, darf man die folgende Episode als kennzeichnend für die Einstellung vieler seiner Kollegen ansehen.

Kurz nach der Münchner Rätezeit ging Conrad Wilhelm Röntgen durch die notdürftig aufgeräumten Straßen nach dem Starnberger Bahnhof. Es war sein täglicher Weg, denn er wohnte schon seit längerer Zeit draußen in Weilheim. Neben ihm schritt gedankenvoll Max von Laue, nur um bei dieser Gelegenheit einige Worte mit Röntgen zu sprechen. Der Entdecker der nach ihm benannten Strahlen lebte seit Jahren zurückgezogen, ließ kaum einen Menschen an sich heran, und es hatte den Anschein, als ob er außer der Wahrnehmung seines Lehrstuhls nichts mehr arbeite. Dieses für einen so erfolgreichen Wissenschaftler seltsame Verhalten gab manchem Beobachter Rätsel auf.

Auch diesmal gelang es Laue nicht, mit Röntgen in ein fachliches Gespräch zu kommen, als ob der alte Herr an diesen Problemen kein

Interesse mehr habe. Die beiden gingen wortkarg nebeneinander her. Vor einem großen Schaufenster blieb Röntgen stehen, betrachtete lange ein Schußloch und das von diesem strahlenförmig ausgehende feine Spaltensystem im Glas. Dann schaute er sich aufatmend um und freute sich, daß die Geschäfte wieder geöffnet hatten. Auch über die beiden Schupos an der Straßenecke freute er sich, über die Ordnung, Ruhe und Sicherheit, die, nach seiner Meinung, endlich wieder im Lande eingekehrt waren.

Charles Thomson Rees Wilson stand endlich am Ziel. Der Krieg hatte seine Arbeit um Jahre aufgehalten, aber nun, 1919, war es soweit. Er konnte sein Gerät der Welt zeigen und vorführen, und es mutete wie ein Wunder an. Teilchen, die selbst so klein waren, daß sie nie von einem menschlichen Auge gesehen werden konnten, brachten sichtbare Spuren ihrer Flugbahn hervor. In Wilsons Nebelkammer hinterließen Alphateilchen, Elektronen und Protonen, die Kerne der Wasserstoffatome, ihre Spuren, ähnlich den Kondensstreifen von Flugzeugen am hohen Himmel. Ein ganz neuartiges Gerät stand damit der Kernforschung zur Verfügung.

Wilson hatte, ausgehend von den Versuchen Townsends und Thomsons, die die Ladung eines Elektrons aus der Bewegung feiner Nebeltröpfchen bestimmen wollten, etwas ganz anderes entwickelt: seine Nebelkammer, in der elektrisch geladene Teilchen auf ihrer Flugbahn Nebelspuren bildeten. Alphateilchen hinterließen dicke Spuren, Protonen etwas dünnere. Die Spuren der viel kleineren Elektronen sahen aus wie winzige auf Schnuren gereichte Perlen.

Das war mit einem Mal, als ob die Physiker vor einem großen, steilen Berg ein Seil zugeworfen bekommen hätten.

Ernest Rutherford wurde im Jahre 1919 auf die Cavendish-Professur nach Cambridge berufen. Joseph John Thomson, dreißigjährig, war der verantwortungsvollen und anstrengenden Arbeit auf diesem Lehrstuhl müde geworden und trat seinen Platz gern einem Jüngeren ab.

Rutherford war mit vierundzwanzig Jahren aus seiner Heimat Neuseeland um den halben Erdball herum hierher gekommen. Damals war das Stipendium für Cambridge eine große Auszeichnung für ihn gewesen. Nun kehrt er, doppelt so alt, als berühmter Mann an den gleichen Ort zurück.

Mit Betten, Möbeln und dem übrigen Hausrat zog die Familie Rutherford in Newham Cottage, Queens Road, ein. Der Hausherr brachte seine Bücher, Manuskripte und eine Fülle neuer Ideen mit. Das kleine Landhaus hatte helle warme Räume. Ein Garten mit Rasenstücken und alten Obstbäumen war auch dabei. Hier würde es sich gut wohnen und leben lassen.

## Neues aus England

Bereits 1917, also noch während des Krieges, war Rutherford auf eine interessante Frage gestoßen: „Was geschieht, wenn Alphateilchen mit leichten Atomkernen zusammenstoßen?“ Damals hatte er natürlich nicht daran denken können, diesem Gedanken nachzugehen. Doch jetzt schien die Zeit gekommen zu sein. Außerdem stand ihm nun die Wilsonsche Nebelkammer, dieses höchst originelle und wunderbare Gerät, wie Rutherford die Nebelkammer einmal nannte, für die geplanten Forschungen zur Verfügung. Vielleicht würde er damit den Zusammenstoß zwischen zwei Atomkernen sogar sehen können. Vorläufig hatte Rutherford wenig Zeit für die Laborarbeit. Das Trinity College, das er zu leiten hatte, mußte neu organisiert werden. Eine Menge Schreibereien, Verhandlungen mit allen möglichen Behörden, die Vorlesungen und anderes füllten oft den Tag. Dazu kamen noch zahlreiche Vorträge, die er in der Royal Society hielt. Alles tat er mit gleichmäßiger Ruhe, doch wirkliche Arbeit schien ihm nur das Experimentieren zu sein.

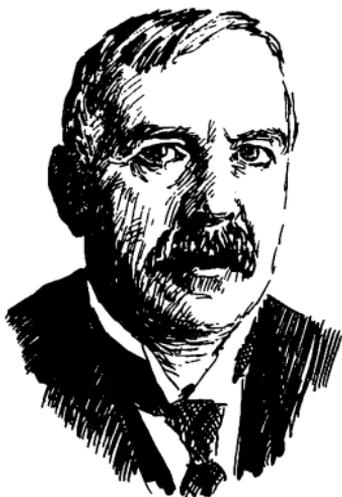
Nach einer Reihe von Tagen, in denen er nur wenige Stunden im Labor sein konnte, um die Vorbereitung zu überwachen, seinen Assistenten Ratschläge zu geben, die Arbeitsweise der Nebelkammern zu studieren, war es endlich soweit. Der erste große Versuch wurde gestartet.

In der gläsernen Wilson-Kammer lag ein Radiumpräparat, von einem Mantel aus Paraffin umgeben, der dauernd von den Alphateilchen des Radiums bombardiert wurde. Jedesmal, wenn Rutherford das mit Wasserdampf gesättigte Gas in der Kammer expandierte, konnte er an ihren Spuren sehen, wie die Alphateilchen durch die Paraffinschicht hindurchflogen. Einzelne Spuren zeigten einen scharfen Knick, von dem eine dünnere Spur ausging. Was war das? – Ein Proton aus dem Paraffin?

Um diese Frage zu klären, waren neue Versuche notwendig. Ein großer Elektromagnet wurde so aufgebaut, daß seine Pole wie die Schenkel einer Zange die Nebelkammer umgriffen. Dadurch würde der fragliche Vorgang im Feld des Elektromagneten stattfinden. Die Bahn des geladenen Teilchens würde gekrümmt sein. Wieder tauchten die Spuren in der Nebelkammer auf. Professor Rutherford und seine Assistenten suchten nach einer geknickten Spur. Sie mußten mehrfach expandieren, ehe sie eine entdeckten. Der Verschluß der Aufnahmekamera knackte leise.

– Da, wieder eine geknickte Spur – Aufnahme – noch einmal expandieren und noch einmal eine Aufnahme. Man wußte ja, daß sowieso nur ein Teil davon gelang.

Auf den photographischen Aufnahmen konnte Rutherford genau die Bahn des unbekanntes, von der Knickstelle ausgehenden Teilchens ausmessen, und aus der Stärke der Krümmung ergab sich, daß die Spur tatsächlich von einem Proton herrührte. Als nächstes beschloß Rutherford Stickstoffatome mit Alphateilchen. Eine große Anzahl von Nebelkammeraufnahmen, viel Rechenarbeit und eine klar durchdachte



Kombination, die durch genaue Messungen bestätigt wurde, führten zu einem überraschenden Ergebnis: Es kam vor, daß ein Alphateilchen in einem Stickstoffatom steckenblieb und ein Proton wieder herauskam. Das übrigbleibende Gebilde konnte kein Stickstoff mehr sein, denn dieser Atomkern war ja durch das Alphateilchen schwerer geworden und besaß jetzt auch eine elektrische Elementarladung mehr als vorher. Aus dem Stickstoffkern war ein Sauerstoffkern geworden. Rutherford hatte zum erstenmal künstlich ein Atom in ein anderes verwandelt.

Und noch eine großartige Leistung englischer Wissenschaftler sollte im Jahre 1919 ihre Vollendung finden. Vor zwölf Jahren hatte Joseph John Thomson elektrisch geladene Atomkerne, Ionen, durch elektrische und magnetische Felder fliegen lassen und danach auf einer Photoplatte aufgefangen. Nach dem Entwickeln waren auf der Platte parabelförmige geschwärmte Streifen sichtbar geworden. Nun, ein Jahr nach Beendigung des Weltkrieges, zeigte Francis William Aston der Welt ein Gerät, in dem er einen Strahl aus vielen verschiedenen Ionen so zerlegen konnte, daß jede Ionensorte einen schmalen Schwärzungstreifen auf einer Photoplatte erzeugte. Aus dem Ort dieses Streifens konnte man die Masse der entsprechenden Ionen viel genauer berechnen als mit den besten chemischen Methoden, die bisher Auskunft über die Massen der Atome gegeben hatten.

Schon ein Jahr früher hatte Dempster ein ähnliches Gerät angegeben. Aus der Thomsonschen Parabelmethode waren die Massenspektrographen entwickelt worden, so genannt, weil ein Strahl aus verschiedenen Ionen zerlegt wurde, wie ein weißer Lichtstrahl durch ein Prisma in sein farbiges Spektrum.

Mit seinem Massenspektrographen bestimmte Aston in den folgenden Jahren die Massen der meisten Atomsorten auf drei Dezimalstellen genau und entdeckte dabei eine große Anzahl von Isotopen: Das sind Atome mit verschiedenem Gewicht, die sich chemisch nicht unterscheiden und demnach im Periodischen System der Elemente an der gleichen Stelle stehen. So hat beispielsweise der Sauerstoff drei verschiedene Isotope. Die überwiegende Zahl der in der Natur vorkommenden Sauerstoffatome hat die Masse 16. Daneben kommen aber auch Sauerstoffatome mit den Massezahlen 17 und 18 vor. Chemisch verhalten sie sich genau wie Sauerstoff. Nur ihr Gewicht ist ein anderes. Ähnlich ist es bei den meisten anderen chemischen Elementen. Verschiedene besitzen sogar vier oder fünf Isotope. Es gibt also nicht nur zweiundneunzig verschiedene Atomsorten entsprechend der Anzahl der chemischen Grundstoffe, sondern wegen der großen Zahl der Isotope mehrere hundert verschiedene Atome.

Das war es, was Aston endgültig feststellte, nachdem schon die Ergebnisse des radioaktiven Zerfalls dafür Anhaltspunkte geliefert hatten.

Louis de Broglie stammte aus einem alten französischen Herzogsgeschlecht. Als Kind zeigte er weder besondere Eigenschaften, noch irgendwelche hervorstechenden Begabungen oder Interessen. Das änderte sich auch nicht in seiner Schulzeit. Später studierte er Geschichte, danach ein Jahr Jura, doch das schien ihm alles nicht das Richtige. Bei seiner Art, alles Mögliche anzufassen, stieß er auf das Buch von Henri Poincaré „Wissenschaft und Hypothese“. Diese Lektüre beeindruckte ihn derart, daß er beschloß, in die naturwissenschaftliche Fakultät der Sorbonne einzutreten.

Zunächst setzte ihm der Ausbruch des Krieges ein Halt entgegen. Er wurde zur französischen Armee eingezogen, ausgebildet und als Funker der Mannschaft des Eiffelturms zugeteilt. Da saß er in einem Keller auf dem Marsfeld, hörte Funksprüche ab und dachte selten an seine Zukunft.

Nach dem Kriege arbeitete er mit seinem Bruder Maurice, der Physiker war, im Curie-Institut über Röntgenstrahlen.

Dabei dachte er über die merkwürdige Tatsache nach, daß das Licht einmal aus elektromagnetischen Wellen, gleichzeitig aber aus Quanten, den Photonen, bestehen sollte. Dieser Widerspruch reizte ihn, doch es wollte ihm auf keine Weise gelingen, eine Lösung zu finden. Da tat er einen entgegengesetzten Schritt. Wenn schon das Licht Teilchenstruktur und Wellenform hatte, so sollte das für alle bewegte Materie gelten, damit die Einheit in der Natur gewahrt blieb. Louis de Broglie behauptete also, irgendein fliegendes Teilchen stelle gleichzeitig eine Welle dar. Er berechnete sogar die entsprechende Wellenlänge. 1922 erschien seine erste Veröffentlichung. 1924, in seiner Doktordissertation, entwickelte er sein Gedankengebäude.

Den Physikern blieb das meiste unklar. Man hielt ihn für einen gescheiterten Menschen, für weiter nichts und ging im übrigen wieder der eigenen Arbeit nach. Es war ja auch unsinnig, bei einem Elektronenstrahl zum Beispiel von einer Welle zu sprechen, da man genau zu wissen glaubte, daß die Elektronen Teilchen waren. Mit de Broglies Theorie wurde die Sache in unnötiger Weise kompliziert.

Da entdeckten zwei Amerikaner, Davison und Germer, daß ein mit Elektronen durchstrahlter Kristall ganz ähnliche Beugungserscheinungen zeigt, wie Max von Laue, Friedrich und Knipping mit Röntgenstrahlen erhalten hatten. Beugung aber gab es nur bei Wellenstrahlungen. Louis de Broglies Theorie, seine Wellenmechanik, schien auf einmal nicht mehr so abwegig, und sie sollte bald große Bedeutung gewinnen.

Die Bohrsche Atomtheorie, von Arnold Sommerfeld und anderen vervollkommenet, enthielt eine Anzahl von nicht begründeten Festsetzungen, für die nur die Tatsache sprach, daß dadurch alles mit den experimentellen Erfahrungen übereinstimmte.

Nun erschien im Jahre 1926 eine Arbeit von dem österreichischen Physiker Erwin Schrödinger, der fast alle diese Festsetzungen erklären und begründen konnte. Schrödinger sagte bei einem Vortrag, den er in der Royal Institution in London hielt: „Es ist geradezu faszinierend,

wenn man sieht, wie alle die wohlbekannteren, jedoch unverständlichen „Regeln“ eine nach der anderen als Ergebnis einer sehr bekannten, sehr elementaren und absolut zwingenden Rechnung herauskommen.“ Voraussetzung zu diesem großen Erfolg Schrödingers war aber die Wellenmechanik Louis de Broglies gewesen.

Beide wurden einige Jahre später mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Immer schneller drangen die Physiker der Welt in die Geheimnisse des Atoms ein. Längst war die Atomphysik zu einem hervorragenden Spezialgebiet der Naturwissenschaft geworden. Jahr um Jahr wurden Hunderte von Arbeiten veröffentlicht. Im Verlaufe der zwanziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts erreichte das menschliche Wissen von der Elektronenhülle des Atoms eine gewisse Vollendung. Max Planck hatte mit seiner Entdeckung des elementaren Energiequantums den Reigen einer gewaltigen Reihe von Entdeckungen eröffnet. Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Enrico Fermi, Paul Adrien Maurice Dirac, Max Born und andere fügten imposante Anteile zu dem großen Werk. Die internationale Wissenschaft feierte Triumphe. Doch es gab kein Ausruhen. Durch Rutherfords Arbeiten angeregt, wurde die Frage immer brennender, wie nun die Kerne der Atome beschaffen seien.

## Das Jahr 1932



### Das Geheimnis der Nebelspuren

Es war ein Jahr der großen Entdeckungen, nicht zufällig und nicht unerwartet und doch schwindelerregend, wie sich die Ereignisse zusammendrängten. Urey entdeckte den schweren Wasserstoff, ein Isotop des gewöhnlichen Wasserstoffs. Chadwick wies die Existenz von elektrisch neutralen, ungeladenen Bestandteilen der Atomkerne nach, die Rutherford schon 1920 vermutet und Neutronen genannt hatte. Anderson entdeckte das positiv geladene Elektron, Positron genannt, und Lawrence baute das erste Zyklotron. Schließlich erzielten Cockcroft und Walton die erste Atomumwandlung mit künstlich beschleunigten Teilchen.

Alle diese Erfolge waren nicht vom Himmel gefallen. Jeder hatte seine Geschichte. Viele Forscher hatten gesucht, probiert, Vorarbeit geleistet, bis einem das Entscheidende gelang.

Irène Curie erinnerte sich noch, wie sie als Kind zum erstenmal das Laboratorium der Mutter betreten durfte. Sie war damals durch einen dunklen Korridor gegangen. Überall hatte es nach Büchern, nach Säuren und auch nach Elektrizität gerochen, alles gemischt zu einer eigenartigen, Respekt einflößenden Atmosphäre. Die Mutter hatte einen weißen Mantel getragen. Sie war feierlich ernst und sehr zart zu ihr gewesen. Sie, Irène, hatte fast flüsternd nach dem Namen von metallenen blanken und gläsernen Geräten gefragt und nichts anzuhören gewagt. Als sie nachher wieder auf der sonnenüberfluteten, vom Verkehr durchpulsten Straße gestanden hatte, schien alles furchtbar laut und grell zu sein. Sie war nachdenklich durch Straßen und Gassen gelaufen. Und in ihr wuchsen Wunsch und Wille, der Mutter nachzueifern. Seitdem waren viele Jahre vergangen. Irène Curie hatte mit der gleichen Hingabe Physik studiert wie ihre Mutter.

Es ist nichts Seltenes, daß die Kinder von Wissenschaftlern in die Fußstapfen ihrer Eltern treten. Seltener ist schon, daß ein Kind weltberühmter Eltern genauso erfolgreich ist. Und noch etwas anderes wiederholt sich im Leben der Tochter, merkwürdig ähnlich dem Schicksal ihrer Mutter. Sie fand einen Gatten von gleichem wissenschaftlichem Format, Frédéric Joliot. Beide arbeiteten zusammen auf dem Gebiete der Radioaktivität, das die alten Curies durch Ihre Forschungen erschlossen hatten.

Sie studierten wie viele Physiker in Deutschland, Amerika, England, Italien und anderen Ländern die von Rutherford erstmalig beschriebene Wirkung von Alphateilchen auf verschiedene Stoffe. Dabei war die Wilsonsche Nebelkammer zu einem nicht mehr wegzudenkenden Werkzeug der Forschung geworden.

In Deutschland hatte der Atomforscher Walther Bothe ein weißes, sehr leichtes Metall, das Beryllium, mit Alphateilchen beschossen und dabei eine durchdringende Strahlung beobachtet, die von dem Beryllium ausging. Wahrscheinlich handelte es sich um sehr harte Gammastrahlen. Irène Curie und Frédéric Joliot wiederholten die Versuche des Deutschen.

In der Nebelkammer Joliot's war eine Protonenspür aufgetaucht, dünn, schnurgerade bis an die Grenze der Kammer. Man hatte schon seine Erfahrungen: So sah eine Protonenspür aus. Aber die Ursache war nicht, wie sonst ohne Ausnahme, der Stoß eines Alphateilchens. Dort, wo die Protonenspür begann, war keine Knickstelle, nein, nicht einmal eine Bahn eines Alphateilchens zu sehen, als ob das Proton von ganz allein entstanden wäre. Oder hatten sich Irène Curie und Frédéric Joliot geirrt? Bei der Geschwindigkeit, mit der die Nebelspuren auftauchten und wieder verschwanden, war das schon möglich. Doch bei ihren weiteren Versuchen entdeckten sie immer wieder einzelne solcher Protonenspuren, die eine noch rätselhafte Ursache haben mußten. Die beiden Forscher versuchten, die Energie des Protons zu bestimmen, indem sie seine Bahn mit einem Magnetfeld krümmten, fotografierten und dann ausmaßen. Bei der relativ großen Seltenheit des Vorganges war es nicht leicht, eine gute Aufnahme zu bekommen. Als es schließlich doch gelang, zeigte sich, daß das Proton eine unwahrscheinlich große Energie erhielt und mit einer Geschwindigkeit von 30 000 Kilometern in der Sekunde wegflog.

Die beiden französischen Atomforscher hatten die große Entdeckung beinahe schon in den Händen, doch sie kamen nicht weiter. Sie erklärten ihre Befunde, aber sie konnten sie nicht schlüssig beweisen. Aus dem Beryllium wurden wahrscheinlich Teilchen durch das Bombardement mit Alphastrahlen herausgeschlagen, die ihrerseits aus dem Paraffin die schnellen Protonen auslösten. Da die unbekanntem Teilchen in der Nebelkammer keine Spur hinterließen, konnten sie keine elektrische Ladung besitzen, so mußten es also neutrale Teilchen sein. Waren es die von Rutherford vermuteten Neutronen?

Ein anderer fand die Antwort auf diese Frage, der Engländer James Chadwick. Er war zwei Jahre lang Assistent bei Rutherford gewesen,

war danach an die Physikalisch-Technische Reichsanstalt zu Hans Geiger nach Deutschland gegangen und bei Ausbruch des Weltkrieges in Deutschland interniert worden. Danach kehrte er nach England zurück und setzte in Cambridge seine wissenschaftlichen Arbeiten fort. Im Jahre 1932 gelang ihm der große Wurf, der Nachweis, daß es sich bei der von Joliot und Curie entdeckten Strahlung wirklich um Neutronen handelte, die aus dem Beryllium stammten.

Chadwick baute seine Versuchsanordnung ganz ähnlich der von Joliot und Curie. Nur ein kleiner, aber eben entscheidender Zusatz machte den genialen Fortschritt seiner Experimente aus. Er ließ die unbekanntesten Teilchen durch Bleischichten bis zu 50 Zentimeter Dicke fliegen. Ihre Energie änderte sich dabei nur wenig, wie die danach erzeugten Protonen bewiesen. Nun ersetzte er die Bleischicht durch eine solche aus Paraffin. Das Ergebnis schien überraschend. Die Energie der neutralen Teilchen wurde beim Durchgang durch das Paraffin fast vollständig vernichtet. Blei, der altbewährte Stoff für alle Abschirmungen von Strahlungen, wirkte nicht, aber eine einfache, verhältnismäßig dünne Paraffinschicht vernichtete diese neue Strahlung. Und gerade darin bestand Chadwicks genialer Beweis, daß diese neutralen Teilchen fast genauso schwer wie Protonen waren. Sein Gedankengang läßt sich vereinfacht ungefähr so erklären: Trifft eine Billardkugel halb auf eine zweite, so rollen beide vom Zusammenstoß aus mit annähernd gleicher Geschwindigkeit weiter. Die erste hat der zweiten die Hälfte ihrer Energie übertragen. Dasselbe geschieht mit den Elementarteilchen, wenn sie mit gleichschweren zusammenstoßen. Da Paraffin viel Wasserstoffatome enthält, werden im Paraffin Teilchen, die ungefähr genauso schwer wie die Wasserstoffkerne sind, bei jedem Zusammenstoß gebremst, bis sie ihre ganze Energie verloren haben.

Fliegen dieselben Teilchen aber durch einen Stoff, dessen Atomkerne viel schwerer sind, so prallen sie bei Zusammenstößen von diesen schweren Kernen wieder ab, wie eine Billardkugel von der Bande, und verlieren trotz der zahlreichen Zusammenstöße nicht so viel von ihrer Energie.

Mit seinem Experiment hatte James Chadwick bewiesen, daß die neu aufgetauchten neutralen Teilchen fast dieselbe Masse und Größe besaßen wie die Protonen. Es handelte sich also um die schon lange vermuteten Neutronen.

Mit dieser Entdeckung wurde die Vorstellung vom Bau der Atomkerne bedeutend klarer. Ein Atomkern bestand aus Protonen, deren Zahl man nach dem Moseleyschen Gesetz der Röntgenspektren bestimmen konnte. Man nannte sie Kernladungszahl, weil die positive elektrische Ladung der Atomkerne sich aus den Ladungen der Protonen zusammensetzte. Addierte man aber die Massen der Protonen, so fand man bei allen Atomen außer dem des Wasserstoffs, daß die Masse der Kerne größer war als die der im Kern enthaltenen Protonen. Eben diese Tatsache hatte die Neutronen schon vermuten lassen, bevor sie entdeckt waren. Chadwicks Leistung hatte diese Theorie glänzend bestätigt.

## **Die Diracschen Löcher**

Paul Adrien Maurice Dirac war eigentlich Mathematiker. Aber gerade seine gute mathematische Ausbildung, die er in Bristol und vor allem in Cambridge erhalten hatte, bildeten die Voraussetzungen für seine späteren erfolgreichen Arbeiten; denn die von Albert Einstein geschaffene Relativitätstheorie konnte nur von ausgezeichneten Mathematikern beherrscht werden.

Dirac wandte die Relativitätstheorie auf die Quantenphysik an. Der Gedanke allein schon war seltsam, zwei Theorien miteinander zu verbinden, von denen eine sich mit den Gravitationsfeldern zwischen den Himmelskörpern, die andere mit den kleinsten Bausteinen der Materie beschäftigte. Der Erfolg gab ihm recht. Seine Arbeiten brachten Ergebnisse zutage, die von den Experimenten anderer Physiker bestätigt wurden. Zum Beispiel ergab sich aus der Diracschen Theorie, daß sich jedes Elektron um seine eigene Achse drehen müsse. Hinweise auf das Vorhandensein dieses sogenannten Elektronenspins hatten vorher schon Uhlenbeck und Goudsmith gefunden.

Die Diracsche Theorie hatte noch eine andere sehr merkwürdige Folge. Sie behauptete, in der atomaren Welt müßten Löcher sein, in die gerade Elektronen hineinpassen. Diese Löcher konnte man auch als Elektronen mit entgegengesetzter, also positiver Ladung bezeichnen; denn wenn sich zwei Elektronen von entgegengesetzter Ladung miteinander verbanden, so neutralisierte sich die Ladung, genau so, als wenn ein Loch zugestopft würde.

Diese Hypothese erwies sich als eine der großartigen Voraussagen der Wissenschaft; denn im Jahre 1932 entdeckte Carl David Andersen wirklich diese positiv geladenen Elektronen, später Positronen genannt.

Andersen arbeitete bei Professor Millikan in Chicago. Dieser hatte ihn beauftragt, nach dem Beispiel des sowjetischen Forschers Skobelzyn die Höhenstrahlen mit der Nebelkammer zu untersuchen. Andersen arbeitete mit verschiedenen Versuchsanordnungen, krümmte die Bahnen der Höhenstrahlteilchen in Magnetfeldern und ließ sie durch dicke Platten laufen. Unter seinen zahlreichen photographischen Aufnahmen fand er eine Elektronenspur mit einer Krümmung, die der normalen entgegengesetzt war. Er hatte die erste sichtbare Spur eines Positrons vor sich.

Die deutschen Forscher Birge und Menzel waren die ersten, die Verdacht schöpften und genau nachrechneten. Es handelte sich um das Atomgewicht des Wasserstoffs, das nach den chemischen Methoden und mit dem Massenspektrographen bestimmt worden war. Beide Werte stimmten haargenau überein. Bisher hatte man daraus geschlossen, daß Wasserstoff kein Isotop besitze wie andere Elemente, in denen sich das chemische Atomgewicht aus den Anteilen der einzelnen Isotope zusammensetzte. Niemandem war aufgefallen, daß sich der massenspektrographische und der chemisch bestimmte Wert hätten

## **Verdächtige Messungen**

unterscheiden müssen, weil sie beide auf verschiedene Einheiten bezogen waren, und zwar der erste auf das Sauerstoffisotop 16, der zweite auf natürlichen Sauerstoff.

Birge und Menzel rechneten nun aus, daß zwischen den beiden auf verschiedene Weise bestimmten Atomgewichten in Wirklichkeit ein Unterschied bestand, der zu groß war, um ihn als Meßungenauigkeit abtun zu können. Möglicherweise verbarg sich dahinter doch ein **Wasserstoffisotop**.

Professor Harold Clayton Urey von der Columbia-Universität versuchte nun, den Anteil des vermuteten Wasserstoffisotops im gewöhnlichen Wasser irgendwie zu vergrößern; denn offenbar war seine Menge so gering, daß es sich im natürlichen Wasserstoff jedem Nachweis entzog. Seine Assistenten Brickwedde und Murphy versuchten es zunächst einfach mit Kochen von Wasser. Vielleicht würde das seltene Isotop, das höchstwahrscheinlich schwerer war, schwerer verdampfen als die Moleküle mit dem leichteren bekannten Wasserstoff. Sie versuchten noch andere Methoden der Anreicherung und hatten schließlich Erfolg. Urey entdeckte im Spektrum solchen angereicherten Wasserstoffs neben den bekannten Linien eine sehr schwache neue Linie, die von dem Isotop herrührte.

Dieses Isotop besaß die doppelte Masse des gewöhnlichen Wasserstoffs. Sein Kern mußte also aus einem Proton und einem Neutron bestehen.

Da das neue Wasserstoffisotop größere Bedeutung hatte als die Isotopen anderer Stoffe, gab man ihm einen besonderen Namen: **Deuterium**.

Die Methoden zur Anreicherung wurden dauernd verbessert. Reines Deuterium herzustellen, gelang als erstem Gustav Hertz im Jahre 1933.

Wassermoleküle, die statt des leichteren Wasserstoffs Deuterium enthalten, bilden das sogenannte schwere Wasser. Die Physiker fanden bald heraus, daß dieses schwere Wasser beachtliche Unterschiede zum gewöhnlichen Wasser zeigt. Zum Beispiel gefriert es erst bei minus vier Grad. Was aber die Entdeckung des schweren Wasserstoffs durch Urey besonders wichtig machte, war die Rolle, die schweres Wasser in der Entwicklung der Kernphysik noch spielen sollte.

### **Von Laboratorien in der Stratosphäre und wie sie auf die Erde geholt wurden**

Die Höhenstrahlung bestand aus Elektronen und schweren Teilchen, die in der Mehrzahl mit so großer Geschwindigkeit flogen, als hätten sie Beschleunigungsspannungen von mehreren Millionen Volt durchlaufen. Zwar konnte man in Laboratorien auch solche Teilchen erzeugen, aber man konnte ihnen nicht diese gewaltigen Geschwindigkeiten geben.

Rutherford's Entdeckung einer künstlichen Atomumwandlung war vom Zusammenstoß der Alphastrahlen natürlich radioaktiver Stoffe mit anderen Atomkernen ausgegangen. Zur Erzeugung von Protonen und Neutronen brauchte man immer erst Alphastrahlen, und diese Art

des Arbeitens erforderte große Geduld, weil die so interessanten Stoßprozesse nur außerordentlich selten auftraten. Andere Wege gab es nicht.

In den zwanziger Jahren hatten vorwiegend sowjetische Forscher endgültig festgestellt, daß die Höhenstrahlung aus verschiedenen Elementarteilchen besteht, die schauerartig auf die Erde zufliegen. Hier gab es eine neue Möglichkeit, Kernprozesse zu studieren. Die Teilchen der Höhenstrahlung verlieren beim Zusammenstoß mit Luftmolekülen einen Teil ihrer Energie oder gehen gar verloren. Deshalb mußte man, wollte man möglichst energiereiche Teilchen haben, sein Laboratorium in einen Stratosphärenballon verlegen. Spezialausrüstungen wurden entwickelt. Heizbare Anzüge für die Forscher, Sauerstoffapparate wurden gebraucht. Damit die Nebelkammern in so großen Höhen funktionierten, waren besondere Vorkehrungen notwendig. Als man automatisch arbeitende Nebelkammern geschaffen hatte, konnten die Ballons unbemannt aufsteigen. Oft wurden anstelle der Nebelkammer Pakete von Spezialphotoplatten an die Ballons gehängt. Durch diese Platten fliegende Teilchen hinterließen dann ihre Spur als Schwärzung auf den Platten, die hinterher ausgewertet werden konnten.

Solche unbemannten Ballons trieben während ihres Aufenthaltes in der Stratosphäre Hunderte von Kilometern ab. War das Füllgas nach einiger Zeit entwichen, so sanken sie weit entfernt vom Ort ihres Aufstieges wieder auf die Erde herab. Schiffe und Flugzeuge mußten für die Suche eingesetzt werden.

Man kann vielleicht ermaßen, wie wertvoll den Atomforschern dieses Laboratorium in der Stratosphäre war. Sie rüsteten regelrechte Expeditionen aus, nur um unter Hunderten von Aufnahmen vielleicht eine wertvolle zu gewinnen.

Konnte man nicht Elektronen oder Protonen künstlich beschleunigen, um alle diese Umstände zu ersparen? – Bevor man an dieses Problem herangehen konnte, mußten erst einmal elektrische Spannungen von mehr als einer Million Volt erzeugt werden. Dabei traten ganz neue Schwierigkeiten auf. Man kann nämlich an sich riesige Spannungen erzeugen. Die Schwierigkeit liegt indes darin, solche Spannungen zu isolieren. Van de Graaff entwickelte einen Bandgenerator, den er in einer alten Luftschiffhalle aufstellte, weil ein großer Raum, das heißt weit entfernte Wände, die Isolation wesentlich verbessern. Mit diesem Gerät konnte er bereits die Millionengrenze überschreiten. 1920 erfand Greinacher eine Schaltung, die sogenannte Kaskadenschaltung, mit der er ebenfalls hohe Gleichspannungen erzeugen konnte. Physiker und Hochspannungsingenieure vervollkommneten die Isolationstechnik so, daß man bald Spannungen von mehr als einer Million Volt beherrschte. All das bedeutete für die Atomphysik einen wesentlichen Fortschritt, der die künstliche Beschleunigung von Teilchen in den Bereich des Möglichen rückte.

Trotzdem wurden die Untersuchungen an der Höhenstrahlung in der Stratosphäre nicht eingestellt. Erst im Mai und Juni des Jahres 1952 führte Professor Cecil Frank Powell aus Bristol wieder eine Expedition

mit mehr als zehn unbemannten Ballons durch, die er von der Insel Sardinien aus aufsteigen ließ.

Schon seit einigen Jahren wurde in den Laboratorien des Rutherford'schen Instituts daran gearbeitet, geladene Atomkerne mit hohen elektrischen Spannungen zu beschleunigen. John Douglas Cockcroft und Ernest Thomas Sinton Walton hatten in einer Halle mit großen hellen Bogenfenstern eine Kaskadenschaltung nach dem Vorbild Greinachers aufgebaut. Betrat man diesen Raum, so fiel sofort der eigenartige Ozongeruch auf, der auch dann zu spüren war, wenn die Anlage still lag.

Der Blick wurde sofort von zwei hohen gläsernen Türmen und den dazwischen angebrachten beiden blanken Messingkugeln gefangen. Diese Messingkugeln, jede so groß wie ein Kopf, blitzten gefährlich im Licht, und man sah ihnen die riesige elektrische Spannung, die zwischen ihnen herrschte, förmlich an. Vorn ragte mehr als mannshoch ein Kondensator, daneben der Hochspannungstransformator. Das Wichtigste der ganzen Anlage befand sich in dem rechten Glasturm. Hier wurden Teilchenstrahlen erzeugt und von der Hochspannung auf große Geschwindigkeiten gebracht.

Der Aufbau einer solchen Apparatur erfordert ganz besondere Sorgfalt. Spuren von Feuchtigkeit an den Leitungsisolierungen, geringste Verschmutzungen an den Wänden der Glasrohre führen zu unerwünschten Entladungen, dem sogenannten „Sprühen“. Im dunklen Raum sieht man dann bläulich leuchtende Büschel von den schadhafteften oder unsaubersten Stellen ausgehen. Vielleicht knackt es gar. Irgendwo springt ein Funke. Der Experimentator sieht ihn nicht, hört nur den leisen trockenen Knall. Erst nachdem er den Raum verdunkelt hat, entdeckt er die fehlerhafte Stelle. Die Hochspannung wird abgeschaltet, damit er heran kann. Die Instrumente am Schaltpult stehen schon auf Null, aber ihr Schein trägt. Die Hochspannungskondensatoren sind noch geladen. Natürlich weiß das der Erfahrene. Langsam nähert er die beiden Messingkugeln einander, bis mit lautem, peitschendem Knall ein Funke zwischen den Kugeln überspringt. Noch ein Knall wie ein Gewehrschuß – und noch einer, diesmal schon leiser. Erst wenn sich die beiden Kugeln eine Zeitlang berührt haben, ist alle Ladung abgeflossen, und der Experimentator kann ohne Gefahr an die Anlage herangehen.

Im Jahre 1932 erzeugten Cockcroft und Walton in dieser Anlage einen Protonenstrahl. Sie erreichten eine Spannung von 600 000 Volt, mit der sie die Protonen beschleunigten. Im unteren Teil des Glasrohrturmes trafen die Protonen auf eine Substanz, mit der sie durch ihre hohe Geschwindigkeit reagieren sollten. Die beiden Forscher untersuchten die leichten Elemente des Periodischen Systems. Dabei entdeckten sie, daß Lithium unter dem Protonenbombardement zerschlagen werden kann. Der Kern des Lithiumatoms zerplatzt in ein Alphateilchen und ein Proton. Zwar bringt von einer Million Protonen nur ein einziges diese Wirkung hervor, doch trotzdem gelang es den beiden englischen Forschern, den Zertrümmerungsvorgang nachzuweisen. Die Analyse

der beschossenen Lithiumprobe enthielt Spuren von Helium, die vorher nicht darin gewesen waren. Also mußte das Helium in dem Glasurm entstanden sein. Die Kerne des Heliumatoms sind eben die Alphateilchen.

Cockcroft und Walton hatten zum ersten Male in der Geschichte der Kernphysik mit künstlich beschleunigten Teilchen eine Atomzertrümmerung erzielt.

1928 hatte R. Wideroe einen Teilchenbeschleuniger ganz anderer Art gebaut. Wideroe vermied sehr hohe Spannungen und ließ statt dessen die Teilchen mehrfach von derselben Spannung beschleunigen. Sein Gerät bestand aus einem langen geraden Rohr mit mehreren Plattenpaaren, zwischen denen die Teilchen auf einer schlangenförmigen Bahn pendelten. Wideroe veröffentlichte die Konstruktion seines Linearbeschleunigers, führte aber danach keine kernphysikalischen Untersuchungen mit dem Gerät aus, die bekannt geworden wären. Die erzielbaren Teilchengeschwindigkeiten waren noch zu gering.

1930 las Ernest Orlando Lawrence, Professor für Physik an der Staatsuniversität von Kalifornien, die Arbeit von Wideroe.

Lawrence interessierte sich sofort für die Idee, die schwer zu beherrschenden hohen Spannungen zu vermeiden und durch Mehrfachbeschleunigung dasselbe zu erreichen. Arbeitete man mit extrem hoher Spannung, so war durch die Isolationsmöglichkeiten eine Grenze gesetzt. Wideroes Methode dagegen konnte wahrscheinlich so ausgebaut werden, daß diese Grenze weit überschritten wurde. Die Vorstellung, daß man Teilchen beliebig hoher Geschwindigkeit würde erzeugen können, war für den Fachmann phantastisch.

Bald danach hatte Lawrence einen Einfall, der eine so einfache Lösung des Problems, Teilchen mehrfach zu beschleunigen, darstellte, daß er sich wundern mußte, wie lange sich oft eine einfache Sache vor vielen suchenden und denkenden Gehirnen verbergen kann. Die Teilchen mußten auf einem Kreis laufen.

Von da an brauchte Lawrence knapp zwei Jahre, um der Welt das erste Zyklotron vorführen zu können.

Um die Teilchen auf eine Kreisbahn zu zwingen, benutzte Lawrence einen großen Elektromagneten. Zwischen die einander zugekehrten Pole baute er zwei D-förmige Dosen, die „Dees“, die zusammen eine flache, hohle, in der Mitte unterbrochene Kreisscheibe ergaben, in der die Teilchen umlaufen sollten. Damit die Teilchen ungestört kreisen konnten, pumpte Lawrence die Dees luftleer. In der Mitte ordnete er eine Protonenquelle oder eine Alphateilchenquelle an. Nun beschrieb jedes Teilchen in der ersten Dose einen Halbkreis, verließ sie und vollendete seine Kreisbahn im zweiten Dee. Und nun kam die Hauptsache: Lawrence schloß die beiden metallenen Dosen an eine hohe Wechselspannung an, deren Frequenz gleich dem Rhythmus des Teilchenumlaufs war. Dann wurden die Teilchen jedesmal, wenn sie aus einer in die andere Dose flogen, von derselben Spannung beschleunigt.

Damit zeigten Lawrence und sein Mitarbeiter Livingstone den Weg, wie man annähernd so schnelle Teilchen erzeugen kann, wie sie in der Höhenstrahlung vorkommen. Er schuf für die internationale Forschung ein Gerät, mit dessen Hilfe man Vorgänge beim Zusammenstoß von Atomkernen viel besser und bequemer verfolgen konnte, als das mit Stratosphärenballons möglich war, wo der Erfolg meist wesentlich teurer erkaufte wurde, nur mit großen Schwierigkeiten kontrolliert werden konnte und allen möglichen Zufälligkeiten ausgesetzt war. Lawrence hatte gewissermaßen einen Teil des Atomlaboratoriums im Weltall auf die Erde zurückgeholt.

Das erste Gerät des Amerikaners kostete bereits über tausend Dollar, obwohl dieses erste Zyklotron sehr klein war.

1932 – Durch enge Zusammenarbeit der Forscher aus aller Welt wurde es ein Jahr großer Erfolge für die Atomphysik.

1932 – Jahr der Weltwirtschaftskrise! Die Kohlenhalden vor den Bergwerken wuchsen. In den Schaufenstern der Geschäfte türmten sich die Waren, und vor den Zahlstellen der Arbeitslosenunterstützung warteten lange Schlangen unzufriedener Arbeiter.

In Deutschland gewannen die Faschisten die Oberhand. Sie sollten die Peitsche sein, mit denen die revolutionären Arbeiter unterdrückt werden konnten. Ihre antisemitische Hetze gefährdete auch viele Wissenschaftler an den deutschen Universitäten. Als sich das Jahr seinem Ende zuneigte, stand eine Drohung, scheinbar nur einige betreffend, am Horizont.



## Über die Grenzen

Die schnelle Folge aufsehenerregender Entdeckungen im Jahre 1932 fand in den folgenden Jahren ihre Fortsetzung. In der Entwicklung der Atomforschung war ein Zustand erreicht worden, in dem gleichsam die Überraschungen in der Luft lagen. Die Forschergruppen in den verschiedenen Laboratorien standen so dicht vor der Lösung einer Reihe von Geheimnissen des Atomkerns, ihre Methoden, ihre Versuchsgeschichte und Erfahrungen waren so weit ausgebildet, daß, so kann man in der Rückschau sehen, die Erfolge unausbleiblich waren.

In der Geschichte der Wissenschaft kann man noch andere Beispiele ähnlicher Art finden. Jahre- oder jahrzehntelang tritt die Erkenntnis scheinbar auf der Stelle. Aus den Laboratorien kommen nur Mitteilungen zu irgendwelchen nebensächlichen Umständen einer bekannten Erscheinung, bis plötzlich ein gewaltiger Fortschritt erzielt wird, der gleich eine Reihe anderer nach sich zieht. So war es mit Galileis Fallgesetzen, ähnlich nach Galvanis Entdeckung des elektrischen Stromes und nun nach den Entdeckungen Becquerels und der Curies.

Das Experimentieren mit Alphastrahlen, mit Neutronenquellen, Beta- und Gammastrahlen, die Untersuchung solcher Strahlen mit Nebelkammern, Zählrohren, Szintillationsschirmen und Photoplatten, die Messungen kleinster Ströme und Ladungen, die Bestimmung von Halbwertszeiten radioaktiver Stoffe, all das war den Physikern und Chemikern so geläufig geworden, sie beherrschten die Versuchstechniken so gut, daß sie auf neue Tatsachen stoßen mußten, soweit sich Erkenntnisse mit eben diesen Methoden überhaupt erreichen ließen.

**Am  
Vorabend**

## **Strahlung – Materie**

Im Jahre 1905 hatte der Theoretiker Albert Einstein eine Gleichung abgeleitet, die zu recht merkwürdigen gedanklichen Folgerungen führte. Diese berühmt gewordene Masse-Energie-Gleichung lautet: Die Masse eines Teilchens multipliziert mit dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit ist gleich seiner Gesamtenergie.

Die Gleichung war in den Augen der Physiker eine interessante Beziehung, die zwar vielen imaginär schien, aber doch zu erstaunlich richtigen Folgerungen führte und aus diesem Grunde Beachtung verdiente.

1933 gelang es erstmalig den Forschern Blackett und Occhialini in England, die direkte Umwandlung eines Photons in einen Elektronenzwilling nachzuweisen.

Dieses wissenschaftliche Ereignis war ungeheuerlich, war etwas, was viele Forscher bis dahin für unmöglich gehalten hatten, weil es der einfachen menschlichen Vorstellung von der Materie widersprach. Aus der nichtstofflichen Gammastrahlung konnte unter bestimmten Umständen etwas Stoffliches entstehen, nämlich ein sogenannter Elektronenzwilling, bestehend aus einem Elektron und einem Positron.

Man stelle sich vor: Der jahrtausendealte Glaube, alles Stoffliche sei – vielleicht aus wenigen Urstoffen entstanden – ewig, ungeworden und unvergänglich oder von einem Schöpfer geschaffen, erwies sich als unrichtig. Stoffliches konnte aus Nichtstofflichem entstehen, und Forscher waren Zeugen dieses Vorganges gewesen.

Vielleicht entstanden auf diese Weise irgendwo im Weltall ununterbrochen neue Stoffe, ballten sich zusammen zu neuen Himmelskörpern, während andere ihre stoffliche Substanz in Strahlung auflösten, zerstrahlten, wie es die Sonne und alle selbstleuchtenden Fixsterne tun.

Für das Verständnis des kosmischen Geschehens und das Wesen der Materie war eine ungeheuer wichtige Erkenntnis gewonnen worden.

Die experimentell erwiesene Umwandlung von energiereichen Lichtquanten in Teilchen, deren stoffliche Natur unzweifelhaft war, bedeutete eine Bestätigung des dialektischen Materialismus, der als einzige Weltanschauung diesen Naturvorgang verstehen konnte. Er vertritt die These, daß Masse und Energie Grundeigenschaften der Materie sind.

Materie ist demnach ein Begriff, der dem des Stoffes übergeordnet ist. Die Energie der Gammaquanten und die stoffliche Substanz der Elektronen und Positronen sind also nur zwei Formen einundderselben Materie, die sich ineinander umwandeln können.

Bald wurde auch der umgekehrte Vorgang entdeckt. Treffen ein Elektron und ein Positron aufeinander, so wandeln sie sich in ein Gammaquant um. Die idealistischen Philosophen riefen sofort begeistert: „Die Materie verschwindet!“ Aber sie verschwindet nicht, sondern verwandelt sich nur in eine andere Form der Materie.

Im gleichen Jahre mußte Albert Einstein nach achtzehnjähriger Tätigkeit in Berlin seinen Arbeitsplatz verlassen. Im Sommer 1933 hatte Max Planck bei Hitler vorgesprochen, um die „nichtarischen“ Wissenschaftler vor der Emigration zu bewahren. Der stille, ernste Forscher sollte noch erkennen, welches Grauen 1933 über Deutschland herein-

gebrochen war und wie nutzlos seine Interpellation sein mußte. Einstein war eines der Opfer. Er trat aus der Preußischen und Bayrischen Akademie der Wissenschaften aus, verließ Europa und fand in Princeton, USA, eine Wirkungsstätte, wo er bis zu seinem Tode an seiner allgemeinen Feldtheorie arbeitete.

Doch sein Werk blieb auch in Europa gültig. Die Nationalsozialisten konnten ein Naturgesetz nicht für falsch erklären, nur weil es ein Jude entdeckt hatte.

1934 gelang es Frédéric Joliot und Irène Curie, die Umwandlung von Strahlung in Partikel in einer Nebelkammeraufnahme sichtbar zu machen.

Die Masse-Energie-Gleichung Einsteins war eine Tatsache. Sie sollte noch zu einem der wichtigsten Hilfsmittel in der Kernphysik werden.

Im Jahre 1934 veröffentlichten die beiden sowjetischen Physiker P. A. Tscherenkow und S. I. Wawilow Untersuchungen über Leuchterscheinungen, die durch Gammastrahlen des Radiums in Flüssigkeiten hervorgerufen werden. Ihre Arbeiten wurden zunächst wenig beachtet, obwohl es nachzuweisen gelang, daß es sich bei diesem Leuchten nicht um die bekannte Luminiszenzerscheinung handelte. Tscherenkow ließ sich aber nicht entmutigen, sann auf neue Methoden, dieses außerordentlich schwache Leuchten genauer zu analysieren, um seinen Ursprung zu ergründen. 1936 gelang ihm dann eine bedeutsame Entdeckung.

Das Leuchten trat nur in einer bestimmten Richtung auf. Es wird nur nach vorn entsendet, in einer Richtung, die mit der anregenden Gammastrahlung einen bestimmten Winkel einschließt.

Diese Entdeckung stellte die Grundlage dar, auf der eine Theorie dieser neuen Erscheinung entwickelt werden konnte. Die beiden sowjetischen Theoretiker I. E. Tamm und I. M. Frank machten sich noch im gleichen Jahr an die Arbeit.

Vor mehr als dreißig Jahren hatten sich schon Lord Kelvin und Arnold Sommerfeld theoretisch mit der Möglichkeit beschäftigt, daß sich Teilchen schneller als Lichtwellen bewegen. Die sowjetischen Theoretiker gingen von derselben Annahme aus.

In Substanzen ist bekanntlich die Lichtgeschwindigkeit kleiner als im leeren Raum. In Flüssigkeiten, Gasen und Festkörpern könnten sich also Teilchen schneller als Lichtwellen bewegen, ohne dabei die Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum zu erreichen. Die Relativitätstheorie, nach der es keine größere Geschwindigkeit als die des Lichts im leeren Raum geben kann, wird also nicht verletzt. Tamm und Frank stellten sich vor, daß die von den Gammastrahlen ausgelösten Elektronen in der Versuchsflüssigkeit schneller fliegen, als sich Lichtwellen in demselben Medium fortpflanzen. Sie entwickelten eine Theorie solcher schnell bewegter Elektronen und gelangten zu dem Ergebnis, daß

**Schneller  
als das  
Licht**

dann genau das von Tscherenkow beobachtete Leuchten auftreten müßte. Diese Tscherenkowstrahlung ist analog den ballistischen Wellen eines Flugzeuges oder eines Geschosses, die sich mit Überschallgeschwindigkeit bewegen. Auch die Bugwelle eines Schiffes kommt auf diese Art zustande.

Die Tscherenkowstrahlung behielt nicht nur theoretisches Interesse, sondern sie konnte später dazu benutzt werden, solche sehr schnellen Teilchen, beispielsweise Teilchen aus der Höhenstrahlung, zu zählen, ihre Energie und Geschwindigkeit zu messen. 1958 erhielten Tscherenkow, Tamm und Frank für ihre Arbeiten den Nobelpreis für Physik.

### **Künstliche Radio- aktivität**

1934 experimentierte das Ehepaar Irène und Frédéric Joliot-Curie in Paris mit Alphastrahlen. Sie hatten ein radioaktives Polonium-Präparat in einen Topf gepackt, der außen mit einem Mantel aus Aluminium umhüllt war. Dabei entdeckten sie eines Tages, daß ihr Topf radioaktive Strahlen aussandte, nachdem die Polonium-Quelle längst entfernt worden war. Sie stürzten sich sofort auf diesen merkwürdigen Befund, maßen, analysierten und maßen wieder und fanden schließlich, daß sich Aluminium-Kerne durch den Beschuß mit Alphateilchen in radioaktive Atomkerne eines Phosphor-Isotops umgewandelt hatten, die ihrerseits wieder Betastrahlen aussandten. Dieser Phosphor war vorher nicht in dem Aluminium gewesen. Überhaupt war kein betastrahlender Phosphor bekannt. Die beiden französischen Forscher waren auf etwas Neues gestoßen. Sie hatten in ihrem Laboratorium das erste radioaktive Isotop eines Stoffes auf künstlichem Wege hergestellt. Diese Entdeckung hatte eine ähnlich gewaltige Wirkung wie die Entdeckung der natürlichen Radioaktivität durch die älteren Curies vor mehr als dreißig Jahren, bedeutete sie doch, daß Menschen Atomkerne in andere umwandeln konnten, die es in der Natur gar nicht gab.

Aus den Eigenschaften der radioaktiven Strahlung solcher künstlicher Isotope konnten die Physiker Schlüsse auf den Bau der Atomkerne ziehen. Bald gelang es, nach dem Vorbild Joliot-Curies weitere künstliche Isotope herzustellen.

Die Möglichkeit der Anwendung der radioaktiven Strahlung für medizinische Zwecke, zur Bestrahlung von Geschwülsten und zur Behandlung einer Reihe von anderen Krankheiten waren bereits bekannt. Bisher hatten für diese Zwecke nur die natürlich radioaktiven Stoffe, hauptsächlich Radium, zur Verfügung gestanden. Die Preise für solche Radiumpräparate waren so hoch, daß sich nur wenige große Kliniken diese Strahlenquellen für gut zahlende Patienten leisten konnten.

Plötzlich zeigte sich ein Weg, strahlende Präparate wesentlich billiger herzustellen. Außerdem wurde ihre Auswahl bedeutend vergrößert und damit der Bereich ihrer Anwendungsmöglichkeiten wesentlich er-

weitert. Innerhalb von fünf Jahren wurden 355 künstlich erzeugte radioaktive Isotope bekannt. Biologen, Physiologen und Werkstofffachleute begannen die strahlenden Atome als Werkzeuge ihrer Forschung gebrauchen zu lernen. Das Atom griff immer spürbarer in die Forschung und in das Leben der Menschen ein.

Enrico Fermi war seit sieben Jahren Professor an der Universität in Rom. Eine Reihe von theoretischen Arbeiten hatten dem dreiunddreißigjährigen Italiener unter den Atomphysikern einen guten Namen verschafft. Er hatte eine neue Statistik der Elektronen entwickelt, mit der er eine ganze Reihe von Phänomenen erklären konnte. Mit dem Namen Fermi war auch das statistische Atommodell verbunden.

Im Jahre 1934 hatte der junge italienische Professor mit Neutronen experimentiert. In die Nähe einer Neutronenquelle hatte er Uran gebracht und beobachtet, daß dabei anscheinend neue radioaktive Stoffe entstanden. In langwierigen Versuchen hatte er die Intensitäten der verschiedenen Strahlungen gemessen, ihre Halbwertszeiten bestimmt. Ein Vergleich mit den bekannten Elementen der Radium-, der Aktinium- und der Thoriumzerfallsreihe zeigte, daß die von ihm beobachteten Werte zu keinem der bekannten radioaktiven Elemente paßten. Fermi überlegte und rechnete. Er stellte sich vor, daß einzelne Neutronen in Kernen von Uranatomen steckenbleiben konnten. Dann mußten Kerne entstehen, die schwerer als der Urankern waren. Hatte er wirklich Atomkerne erzeugt, die in der Natur gar nicht vorkommen? Fermi erschien dieser Gedanke nicht geheuer, doch seine Ergebnisse drängten ihn immer mehr zu dieser Annahme.

Hatte er durch Beschuß von Urankernen mit Neutronen neue Atomkerne gewonnen, die im Periodischen System jenseits des Elements Uran einzuordnen waren? Fermi wiederholte seine Versuche, seine Analysen. Der Nachweis schien richtig zu sein. Drei neue Elemente, von Menschenhand geschaffen, drei „Transurane“ glaubte Enrico Fermi entdeckt zu haben. Seine Entdeckung erwies sich zunächst als Irrtum. Einige Jahre später jedoch gelang es anderen Forschern tatsächlich, echte Transurane zu erzeugen.

Jedoch schon der Gedanke Fermis war großartig. Der spätere Erfolg bewies, daß er auch richtig war. Da konnte ein Mensch nicht nur Elemente ineinander umwandeln, sondern völlig neue Elemente herstellen, die vielleicht ganz ungeahnte Eigenschaften besaßen. Phantasten träumten schon von einer Revolution der Wirtschaft. Neue Werkstoffe würden auftauchen, neue Industrien entstehen.

Vor allem aber war einmal mehr die Grenze, an die man vorher fest geglaubt hatte, weiter hinausgerückt worden.

## **Fermis Transurane**

**Der Gesang  
der  
Heiligen**

Diese neuesten Ergebnisse der physikalischen Forschung, von der sensationslüsternen Presse zum Teil verdreht, unsachlich aufgebauscht, von Hintertreppenphilosophen unwissenschaftlich ausgelegt, erzeugten bei vielen Menschen, die im naturwissenschaftlichen Denken wenig geübt waren, eine Art Untergangsstimmung. „Materie“ wurde vernichtet, Elemente jenseits der natürlichen wurden erzeugt, Teilchen sollten sich schneller als das Licht bewegen. Die Wissenschaft schien sich selbst aufzuheben. Waren ihre Ergebnisse nicht paradox? Hatten sie überhaupt noch etwas mit der Wirklichkeit zu tun? Pessimismus hinsichtlich der Erkennbarkeit der Welt breitete sich aus, zunächst unter den Intellektuellen, danach auch in breiteren Volksteilen. Geschürt wurde diese pessimistische Strömung von den reaktionären Kreisen, denen schon immer die Ignoranz der Massen zustatten gekommen war. Für manchen Menschen war dieses Aufgeben der exakten wissenschaftlichen Erkenntnis angenehm, enthob es ihn doch einiger Mühen. Zu glauben war leichter als logisch zu denken. Und schließlich war es wesentlich bequemer, alle Anordnungen auszuführen, als selbst eine Entscheidung zu treffen.

Der Glaube an die Unerforschlichkeit des Alls und an einen „Schöpfer“, an eine angebliche Vorsehung erhielt neuen Zuström. Religiöse Sekten gewannen Ansehen. Es gab Wahnwitzige, die den Gesang der „Heiligen“ aus den Sphären zu hören vermeinten; manche verkündeten den nahen Weltuntergang. Eine Sekte nannte sich „Heilige der letzten Tage“. Die „Zeugen Jehovas“ kündigten das „Jüngste Gericht“ an. Wahrsagerinnen und Hellseher verdienten im Zeitalter des Flugzeugs und des Radios große Summen. Die Wissenschaft hatte zum Volke weniger Kontakt als jemals in den vergangenen hundert Jahren. In Deutschland trieb alles deutlicher als in irgendeinem anderen kapitalistischen Land auf einen großen Krieg zu. Alles, was sich dem Faschismus widersetzte, wurde vernichtet. Professoren, die gegen die Rassenideologie auftraten, kommunistische Arbeiter, Menschen, die jüdischer Abstammung waren, Lehrer, die sich weigerten, Hitler als den größten Deutschen aller Zeiten zu bezeichnen, alle gerieten sie in die Hände der Gestapo. Sie wurden verhört, geschlagen, in Konzentrationslager gesperrt, wo sie von verrotten SS-Leuten bewacht, gequält und zu Arbeiten getrieben wurden, denen viele nicht lange standhalten konnten. In blauweiß gestreiften Drilllich gehüllt, ausgehungert, marschierten sie, nach dem Kommando der SS singend in Steinbrüche, Bergwerke, stachen Torf und verluden Panzerplatten. Kommunisten, Sozialdemokraten, Professoren, Ärzte, Künstler, Pfarrer, Tausende, Zehntausende.

In Europa breitete sich Furcht vor dem waffenstarrenden Deutschland aus. Über die deutschen Sendestationen dröhnten faschistische Lieder, die Reden Hitlers und seines Propagandaministers Goebbels. Durch Emigranten erfuhr die Welt einiges von den Zuständen im Reich der Nationalsozialisten. In den westeuropäischen Ländern und auch in Amerika ging die Rede um von der „Fünften Kolonne“. Keiner wußte recht, was das sein sollte, aber man fürchtete sie. Es sollte eine

faschistische Terror- und Spionageorganisation sein, die auf ein bestimmtes Zeichen hin irgend etwas Ungeheuerliches tun würde.

Längst war die Industrie auch in Frankreich, England und den USA auf Rüstung umgestellt worden. Die Aktienkurse der Stahl-, Kohle- und Erdölindustrie stiegen. Kampfflugzeuge, Panzer, Maschinenwaffen wurden produziert. Die Heere der Arbeitslosen schmolzen zusammen. Die Welt befand sich in einer fieberhaften Spannung, in der man der Wissenschaft nur noch dort Beachtung schenkte, wo sie Beiträge zur Rüstung, zur „Landesverteidigung“, zur Menschenvernichtung leistete.

Giftgase, Sprengstoffe, Panzerstahl waren hoch angesehene Objekte. Projekte, die dem Krieg nichts nützen konnten, wurden zurückgestellt. Trotzdem gab es nach wie vor viele Wissenschaftler, die nicht erkannten, wie sehr ihre gesamte Arbeit von den gesellschaftlichen Verhältnissen bestimmt wurde. Sie glaubten immer noch, in aller Stille, abseits des Treibens der Welt, einer „unabhängigen“ Forschung nachgehen zu können.

Insofern allerdings hatten sie recht, als sie in ihren neuesten Erkenntnissen nicht ein Ende, sondern einen vielversprechenden Anfang sahen. Wozu aber die Ergebnisse ihrer Arbeit mißbraucht wurden, das sollten sie sehr rasch erfahren.



## Spaltung des Urankerns

### Die ersten Versuche

Die von dem Italiener Enrico Fermi in den Jahren 1934 bis 1936 angestellten Experimente mit Uran hatten ihn zu der Annahme geführt, daß er Transurane hergestellt habe. Sein Ergebnis hatte sich zwar als falsch erwiesen, regte aber eine Reihe anderer Forscher zu ähnlichen Experimenten an, die zunächst alle zu unverständlichen Resultaten führten. Frau Irène Joliot-Curie und ihr Mitarbeiter Savitch erhielten 1937 beim Beschuß von Uran mit Neutronen einen Stoff, der mit einer Halbwertszeit von 3,5 Stunden radioaktiv zerfiel. Sie durchsuchten alle möglichen Elemente in der Nähe des Urans nach dieser Halbwertszeit, fanden aber nichts und nannten deshalb ihr rätselhaftes Produkt Dreieinhalbstundenkörper. Andere Forscher erhielten andere radioaktive Körper, versuchten sie chemisch zu analysieren, erreichten aber auch nicht mehr.

Von der Physikerin Ida Noddak wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, daß ein schwerer Atomkern auch in zwei oder mehrere große Bruchstücke zerplatzen könnte. Dieser Gedanke wurde aber von allen Forschern als ausgeschlossen und völlig abwegig abgelehnt.

Im Jahre 1938 beschäftigten sich im Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin-Dahlem drei deutsche Wissenschaftler mit ähnlichen Versuchen. Der Direktor des Instituts, Professor Otto Hahn, sein Assistent Fritz Straßmann und die Physikerin Professor Lise Meitner, die hier seit Jahren mit Otto Hahn zusammen arbeitete, versuchten, den Dreieinhalbstundenkörper nachzumachen.

Über ihrer Arbeit lag der drohende Schatten des Faschismus. Lise Meitner war als Jüdin täglich bedroht. Trotzdem arbeitete sie weiter, saß Tag für Tag an ihrem Schreibtisch, las, rechnete, ging ins Labor und hielt sich die Ohren zu, wenn die SA durch die Straßen marschierte. Ihr Herz hing an diesen Arbeiten, an ihrer alten Wirkungs-

stätte, an der Zusammenarbeit mit Hahn. Oft genug hatte sie schon erwogen, Deutschland zu verlassen. Doch immer wieder hatte sie den Entschluß um ihrer Arbeit willen aufgeschoben. Wie lange würde sie es noch in diesem Land des Geßinnungsterrors und der Rassenverfolgung aushalten?

Die Maßnahmen der Faschisten zur „Entfernung nichtarischer Wissenschaftler“ aus Universitäten und Instituten waren zwar bei namhaften Professoren auf Widerstand gestoßen, aber gegen die nackte Gewalt, die taub gegen alle Argumente der Vernunft und Menschlichkeit war, hatte selbst Max Planck, der Präsident der Akademie der Wissenschaften, nichts ausrichten können.

Im März 1938 brachen faschistische Truppen in Österreich ein. Der erste kleine Nachbar wurde von dem unersättlichen Raubstaat verschlungen. In den deutschen Zeitungen stand zu lesen: „Wir haben die Heimat des Führers heimgeholt ins Reich!“ Österreich war auch die Heimat Lise Meitners. Fortan zählte sie nicht mehr als Ausländerin, sondern nur als Jüdin. Vor ihr stand das Schicksal vieler anderer Wissenschaftler, die in Deutschland gelebt und gearbeitet hatten, die dieses Land als ihre Heimat angesehen hatten. Diese Heimat spie sie nun aus wie Gift.

Lise Meitner bearbeitete noch die Ergebnisse der Analysen von Hahn und Straßmann. Sie studierten gemeinsam die Versuchsprotokolle, verglichen, wiederholten. Wohin führte der Weg? – Da war überhaupt kein Weg. Sie fühlten sich ins Unbekannte vor. Lise Meitner rechnete und rechnete. Bindungsenergien der Atome, Anlagerungsenergien der Neutronen. Irgend etwas konnte nicht stimmen. Sie sank nach Mitternacht todmüde ins Bett und stand schon am frühen Morgen wieder im Labor. So vergingen noch einige Wochen, eine letzte Frist.

Die Verfügung des faschistischen Unterrichtsministers Rust war nicht mehr zu umgehen: „Aus den Hochschulen und Universitäten sowie den wissenschaftlichen Institutionen sind sämtliche nichtarischen Professoren, Assistenten, Beamten und sonstigen Hilfskräfte zu entfernen.“

Professor Hahn saß da, zusammengesunken, müde. Über zwanzig Jahre hatte er mit Lise Meitner zusammen gearbeitet. Es war eine gute Zeit gewesen. Nun sollte plötzlich alles aus sein? Mitten in dieser wichtigen Arbeit sollte ihre Gemeinschaft durch rücksichtslose Willkür auseinandergerissen werden? Man mußte doch etwas dagegen tun. War es schon zu spät dazu? Hätte man nicht als Wissenschaftler versagt, wenn die Humanität nur noch hinter einsamen Mauern leben konnte? Man hatte versagt.

Lise Meitner hatte nicht viel Gepäck. Zur Not konnte sie es selber tragen. Ihr Vermögen hatte sie im Kopf. Es gab noch vernünftige Menschen auf der Erde, die das schätzen würden.

## **Abschied**

Otto Hahn drückte ihr die Hand. Sie waren beide über fünfzig, hatten zweiundzwanzig Jahre lang zusammen gearbeitet. Sie lächelten sich zu, so als sei nichts weiter, als fahre sie nur zu einem Kongreß, der in drei oder vier Tagen vorbei war.

Auf dem Bahnsteig drängten sich viele Menschen, Zivilisten, Soldaten, Braun-Uniformierte, Luftwaffenoffiziere, Zeitungs- und Limonadenverkäufer. Nur wenige Minuten bis zur Abfahrt des Zuges blieben. Es wäre noch viel zu sagen, doch sie starrten auf die große Uhr, deren Zeiger von Minute zu Minute sprang. Da setzte sich der Zug langsam in Bewegung. Soldaten winkten, Bräute und Mütter gingen ein Stück mit, schwenkten die Taschentücher. In der Bahnhofshalle war es plötzlich kalt und rauchig.

Frau Professor Lise Meitner fuhr auf Umwegen nach Stockholm. Sie wurde von den Schweden gastlich aufgenommen. Im Institut von Karl Manne Georg Siegbahn hielt man für sie einen neuen Arbeitsplatz bereit.

## **Das seltsame Radium**

Hahn und sein Assistent Fritz Straßmann arbeiteten weiter. Mit der Zeit gewöhnten sie sich daran, ohne die erfahrene Physikerin auszukommen, und an vieles andere, was um sie geschah. Sie taten ihre Arbeit. Grübeln erschien ihnen zwecklos.

Alle Gedanken mußten bei der Sache sein. Ein kleiner Fehler – und die Arbeit von mehreren Tagen wäre vergebens.

In breiten, flachen Glasschalen standen grüne, blaue, farblose Lösungen auf den Labortischen. Manche wurden vorsichtig über dem Bunsenbrenner eingedampft, wieder beiseite gestellt, sorgfältig abgedeckt, so daß die Luft Zutritt hatte, aber nichts hineinfallen konnte. Jede Lösung hatte ihre Begleitpapiere. Eine Verwechslung hätte wochenlange Arbeit verdorben. Wasser verdampfte, verdunstete aus den Schalen. Winzige Kristallnadeln blieben auf dem Boden zurück, wurden wieder in anderen Flüssigkeiten gelöst. Diese Methode der fraktionierten Kristallisation hatte schon Marie Curie bei der Gewinnung des Radiums angewandt.

Hahn und Straßmann richteten ihre Versuchsanordnung genauso wie Irène Curie ein, erhielten aber andere Ergebnisse. Sie machten die Radiumpräparate größer, wählten für den Topf verschiedene Materialien. Jeder einzelne Versuch, die Bestrahlung eines Metalls unter dem Schutz von Bleipanzern, zog eine wochenlange chemische Analyse nach sich.

Mit einer Anordnung, die wieder aus Radium bestand, das von einem Mantel aus dem Metall Beryllium umgeben war, begann ihre große Entdeckung.

Die Alphastrahlen des Radiums lösten aus dem Beryllium Neutronen aus, die dann in einen zweiten Mantel, der aus einem Uransalz gebildet war, eindringen.

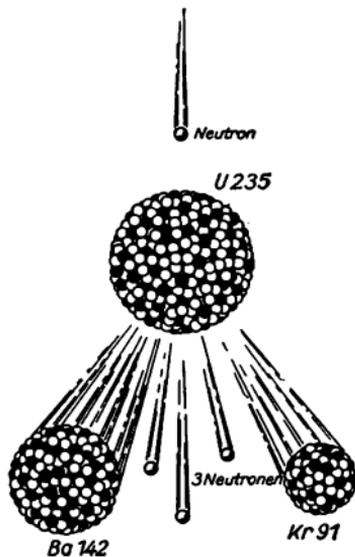
Hahn und Straßmann fanden, nachdem die Strahlung einige Stunden gewirkt hatte, bei einer präzisen Analyse vier neue Radiumisotope, die selbst wieder strahlten und mit den Halbwertszeiten 1 Minute, 14 Minuten, 86 Minuten und 300 Stunden zerfielen.

War das wirklich Radium? Was sollte es denn sonst sein? Es mußte doch ein Element sein, welches im Periodischen System in der Nähe des Urans stand. Die chemische Analyse ergab Radium. Genau genommen hätte es noch Barium sein können, aber das Element Barium stand ja sechsunddreißig Plätze vom Uran entfernt. Ein so weit entfernt stehendes Element konnte beim Beschuß mit Neutronen oder Alphateilchen unmöglich entstehen. Barium war aus diesem Grunde auszuschließen. Übrig blieb nur die eine Möglichkeit: Radium.

Die neuen Radiumisotope strahlten Elektronen aus und verwandelten sich dabei in Aktiniumisotope. Da die neuen Substanzen nur in winzigen Spuren vorhanden waren, versuchte Professor Hahn, sie mit der Methode der fraktionierten Kristallisation anzureichern. Das mit Neutronen bestrahlte Uransalz wurde also gelöst. Und damit die wenigen Atome des neuen Radiums etwas hätten, woran sie sich halten konnten, setzten die beiden Forscher Barium zu. Dieses Element besitzt ganz ähnliche chemische Eigenschaften wie Radium und kann deshalb als Träger fungieren, der die wenigen Radiumatome bei der Filtration und anderen Prozessen in Analysengang mitnimmt. Zuletzt wird Barium vom Radium wieder getrennt.

Aber bei diesen neuen Radiumisotopen gelang die Trennung trotz aller Sorgfalt nicht. – Lag es daran, daß das neue Radium in zu geringen Mengen vorhanden war? Solche winzigen Mengen ließen sich vielleicht nicht mehr trennen? Hahn und Straßmann mischten ähnlich geringe Mengen natürlichen Radiums unter Bariumsalz und versuchten, es wieder abzusondern. Hier funktionierte die Methode der fraktionierten Kristallisation einwandfrei. Was nun? Otto Hahn hielt es nach seinen neuen Ergebnissen nicht mehr für ausgeschlossen, daß ein Atomkern nach Neutronenbeschuß in mehrere etwa gleich große Bruchstücke zerplatzen könnte. Um hier aber ganz sicher zu gehen, ließ er das Bariumsalz, das die neuen Radiumisotope –

waren es auch wirklich Radiumisotope? – enthielt, sechsmal umkristallisieren: von Bariumchlorid zu bernsteinsäurem Barium, dieses zu Bariumnitrat, Bariumkarbonat, Bariumchlorid, Bariumferrimannit und wieder zu Bariumchlorid. Das letzte Bariumchlorid unterschied sich in seiner radioaktiven Strahlung überhaupt nicht von dem ersten. Wäre Radium vorher anwesend gewesen, so hätte sich sein Anteil bei diesen vielen Umkristallisationen auf jeden Fall verringern müssen. Damit



Zerfall des von Neutronen beschossenen Uran 235 in die Elemente Krypton und Barium. Uran 235 = 143 Neutronen und 92 Protonen, Krypton 91 = 55 Neutronen und 36 Protonen, Barium 142 = 86 Neutronen und 56 Protonen.

war es erwiesen: Hahns Radiumisotope waren gar kein Radium, sondern Bariumisotope. Der Urankern zerplatzte beim Beschuß mit Neutronen tatsächlich in zwei Bruchstücke, in einen Bariumkern und einen zweiten, der sich bald als Krypton herausstellte.

Bei gründlicher Untersuchung fanden Hahn und Straßmann heraus, daß der Kern des Uranatoms bei Neutronenbeschuß zuerst in die Bruchstücke Strontium und Xenon zerfällt und außerdem weitere Neutronen aussendet. Später fanden sie noch weitere Bruchstücke.

**Ein  
Telegramm  
für  
400 Dollar**

Professor Hahn ging mit hochgeschlossenen Mantelkragen durch die ruhigen Straßen Berlin-Dahlems langsam in seine Wohnung zurück. Er hatte das Gefühl, etwas Wichtiges, Unwiderrufliches getan zu haben. Ein Brief trat nun seine Reise zu Frau Meitner an. Die langjährige vertraute Mitarbeiterin sollte seine Entdeckung als erste erfahren.

Lise Meitner, die sich vorübergehend in Kopenhagen aufhielt, hatte den Brief aus Deutschland vor sich, daneben kernphysikalische Tabellen, Rechentafeln, schon mit Zahlen gefüllte Zettel.

Die Massenbestimmung der neu entstandenen Atome erwies klar, daß die Kernspaltung mit ungeheurer Energieentwicklung verbunden sein mußte.

Lise Meitner brauchte nur einige Minuten, um die Bedeutung der Hahnschen Entdeckung zu erkennen. Und sie sah schon einen Weg, wie man den Vorgang der Kernspaltung theoretisch erklären konnte. Gleichzeitig wurden mit einem Schlage die vielen seltsamen Ergebnisse klar, die eine Anzahl von Forschern beim Beschuß von Uran mit Neutronen erhalten hatten. Hahn hatte den Schlüssel gefunden. Und die Frau bedauerte ein wenig, daß sie nicht mehr hatte dabei sein können. Sie leistete nachträglich doch ihren Beitrag.

Hahn hatte es noch nicht veröffentlicht, schrieb er. Sie war die erste, die es erfuhr. Sie lächelte gerührt und traurig, aber das war nur ein kurzer Augenblick. Sie gönnte ihm den Erfolg. Dann fand sie, daß es zu lange dauerte, bis seine Veröffentlichung erscheinen würde. Das war eine Sache, die noch auf dem gegenwärtig in den USA stattfindenden Physikerkongreß vorgetragen werden mußte. Niels Bohr befand sich dort. Sie selbst hatte leider nicht hinfahren können. Vielleicht war es gut so. Sie überlegte hin und her, bis sie sich entschloß, an Bohr zu telegraphieren. Das Telegramm mußte alle wichtigen Einzelheiten enthalten. Es wurde sehr lang und kostete 400 Dollar. In wenigen Tagen war die Nachricht von der Entdeckung bis nach Amerika gelangt. Zur gleichen Stunde ahnte außer den eingeweihten Forschern noch kein Mensch, daß Hahns Entdeckung das Zeitalter der Atomkernenergie einleiten würde. Nicht einmal er selbst ahnte die Folgen seiner Arbeit. Jahrtausendlang hatte die Energie in den Atomkernen geruht, unerreichbar für den Menschen, unvorstellbar und

unbekannt. Generationen von Forschern hatten sich mühsam an das Geheimnis herangetastet, ohne zu wissen, wohin der Weg führt. Und nun, wenige Monate vor einem Weltkrieg, entdeckten zwei Wissenschaftler den Weg zur Energie der Atomkerne.



## Atom wird zur Waffe

### Ein Physiker- kongreß

Regelmäßig finden internationale Physikerkongresse statt, auf denen Forscher aus fast allen Ländern der Erde vertreten sind. Ein solcher Kongreß tagte zu dieser Zeit in den Vereinigten Staaten von Amerika. Niels Bohr fand eines Abends unter seiner Post, die ihm in sein Hotelzimmer gebracht wurde, das Telegramm von Lise Meitner. Er las es einmal, las es noch einmal, nahm Papier und Bleistift, und als er klar-sah, ging er lange in seinem Zimmer auf und ab.

Am nächsten Tag teilte Professor Bohr den Teilnehmern des Physikerkongresses den Inhalt dieses Telegramms mit. Das Gremium der Physiker aus aller Welt lauschte mit wachsender Erregung den Worten des dänischen Kollegen. Den meisten war sofort klar, daß die Entdeckung der Urankernspaltung durch Hahn und Straßmann etwas Großes bedeutete.

Wenn ein schwerer Atomkern wie der des Urans zerplatzt, wird eine bestimmte Energiemenge frei. Bei einem einzelnen Kern ist diese Energie so gering, daß eine hohe Experimentierkunst notwendig ist, um sie überhaupt zu messen. Bei der Spaltung des Urankerns entstehen aber außer größeren Bruchstücken freie Neutronen, die ihrerseits auf benachbarte Urankerne treffen und diese zum Zerplatzen bringen können, so daß eine Kettenreaktion in einem Stück Uranmetall entsteht, die den Metallklumpen in Bruchteilen von einer Sekunde mit unvorstellbarer Wucht zersprengen könnte. Wenn Hahns Entdeckung wirklich richtig war, tat sich ein Weg zur Atomenergie auf, der vielleicht zur industriellen Nutzung dieser bisher kaum geahnten Energiequelle führte.

Aber die Physiker sahen auch eine andere Möglichkeit. Wahrscheinlich würde es einmal eine Atombombe geben, mit der man ganze Großstädte zerstören, vielleicht sogar Erdteile verwüsten konnte.

Die Versuche von Hahn und Straßmann wurden in verschiedenen Laboratorien Amerikas und Europas wiederholt und ohne Ausnahme bestätigt. Professor Joliot gelang es, auch die von Hahn und Straßmann vermuteten freien Neutronen bei der Uranspaltung experimentell nachzuweisen.

Ein langer Weg lag hinter den Forschern, begonnen bei Leukipp und Demokrit aus Abdera, fortgesetzt von Epikur, Gassendi, Newton, Franklin, Faraday und Ampère, verfolgt von Hunderten jüngerer Physiker, geebnet von Ingenieuren und Technikern, Meßgerätebauern, Mechanikern, Glasbläsern und Linsenschleifern, ein Weg, den die gesamte menschliche Gesellschaft gegangen war.

Da stand also die Menschheit an der Schwelle einer neuen Epoche. Das Tor zum Atomzeitalter war offen durch Hahns Erfolg. Aber der Weg zur Nutzung der Atomenergie war noch weit und so dunkel, daß nicht einmal die Physiker wußten, ob der nächste Schritt nicht ein Schritt ins Leere werden würde. Sie erkannten jedoch, daß dieser Schritt die Verwirklichung einer von selbst ablaufenden Kettenreaktion im Uran sein mußte.

Nur wenige Wochen, bevor Hahn und Straßmann die Spaltung des Urankerns entdeckten, erklärten sich die Westmächte im Münchener Abkommen mit der Eingliederung des Sudetenlandes in das faschistische Deutsche Reich einverstanden. Damit nicht genug, begannen deutsche Truppen am 15. März 1939 mit der Besetzung der gesamten Tschechoslowakei. Am 7. April 1939 landeten italienische Truppen in Albanien, überfielen das Land und besetzten es. Im Mai schlossen Deutschland und Italien ein Militärbündnis. Kurz darauf forderte Hitler Gebietsabtretungen von Polen.

Otto Hahn steckte tief in seiner Arbeit; aber die politischen Ereignisse machten von Tag zu Tag deutlicher, daß er in einer Welt lebte, in der schon das Feuer des Krieges schwelte.

Und auch seine in- und ausländischen Fachgenossen befürchteten, daß es eher eine Atombombe geben würde als irgendeine andere Anwendung der Atomenergie. Sie befürchteten, daß durch Hahns Entdeckung die deutschen Faschisten als erste die Atomwaffe in die Hand bekommen könnten.

Die Physiker Westeuropas und Amerikas wußten genauso gut wie jeder andere, daß die deutschen Imperialisten nicht zögern würden, solche Waffen herzustellen. Sie hielten es einfach für ein Gebot der Erhaltung ihrer Existenz, ihrerseits die Entwicklung der Atomforschung mit dem möglichen Ziel der Herstellung einer Atombombe aufzunehmen, ehe es zu spät war.

Alles hing von der Antwort auf die Frage ab: Ist eine Kettenreaktion möglich, und kann daraus eine Bombe entwickelt werden, deren Wirkung bedeutend größer ist als die der bekannten Sprengbomben?

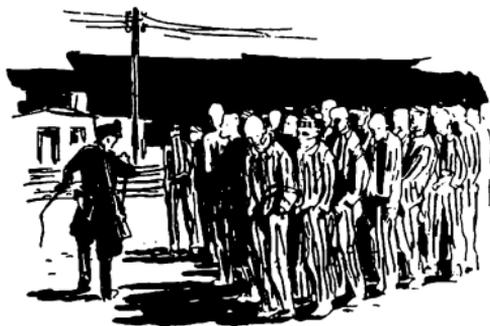
Die Antwort auf diese Frage konnte nur das Experiment liefern. Aber schon am Anfang war abzusehen, daß es noch ein weiter Weg bis zu diesem Experiment war, ein Weg, der noch viel Zeit und Mühe und vor allem sehr viel Geld kosten würde.

Und es entstünde wahrscheinlich ein Wettlauf auf diesem Wege zwischen den deutschen Wissenschaftlern und den Forschern in England, Amerika und anderen Ländern, ein Wettlauf zwischen den Industrien dieser Mächte um Leben und Tod.

Mancher Forscher, der in den Stand der Dinge eingeweiht war, wünschte, daß sich die Herstellung einer Atombombe als unmöglich erweise; aber gerade deshalb mußte mit aller Energie versucht werden, den Weg zu einer Kettenreaktion zu finden.

### **Was der eine vom anderen weiß**

Am 1. September 1939 fielen die Faschisten in Polen ein. Der Krieg in Europa begann. Im April und Mai des Jahres 1940 drangen Hitlers Truppen in Dänemark, Norwegen, Holland, Belgien, Frankreich und Luxemburg ein. Im Juni begann der Balkanfeldzug der Faschisten. Jugoslawien und Griechenland wurden besetzt. England wurde von deutschen Bombergeschwadern angegriffen, seine Häfen, Schiffe und Rüstungsfabriken wurden zum Teil schwer getroffen. Deutsche Unterseeboote führten einen rücksichtslosen Kampf gegen die englische Kriegs- und Handelsflotte. Den Armeen Hitlers schien keine Macht widerstehen zu können. Am 22. Juni 1941 überfielen die faschistischen Heere die Sowjetunion. Fast täglich gab der deutsche Rundfunk Sondermeldungen durch. Armeen wurden eingekesselt, riesige Vorräte erbeutet, Schiffe versenkt, Feindflugzeuge abgeschossen, erbeutet, vernichtet, vernichtet ...



In den Bergen Jugoslawiens und Griechenlands, in den Wäldern Frankreichs kämpften Partisanen gegen die Unterdrücker. Doch ihr Kleinkrieg schien hoffnungslos. Tausende ihrer Landsleute wurden nach Deutschland deportiert, um dort in der Rüstungsindustrie zu arbeiten. In faschistischen Konzentrationslagern wurden Zehntausende von Menschen auf furchtbare Weise zu Tode gequält. In Deutschland und in den besetzten Gebieten schlichen die Denunzianten umher. Eine kleine Anzeige ohne jede Bestätigung genügte, um ein Leben zu zerstören. Frauen arbeiteten in der

Rüstungsindustrie neben den sogenannten Fremdarbeitern. Das gesamte wirtschaftliche Potential Mittel-, Südost- und Westeuropas stand der deutschen Kriegsmaschine zur Verfügung. Zehntausende von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern waren mit der Entwicklung neuer Waffen und Massenvernichtungsmittel beschäftigt. Indessen wurde in Deutschland der Gedanke einer Atombombe nicht mit Nachdruck verfolgt. Man war in den führenden Gremien der Ansicht, daß

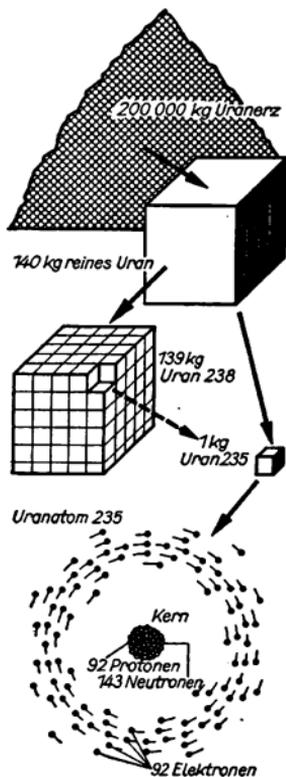
der Krieg beendet sein werde, bevor aus der entdeckten Kernspaltung eine Waffe entwickelt werden konnte. Vielleicht hatten auch mehrere der besten deutschen Physiker kein Interesse, diesem Regime zu dienen. Jedenfalls begannen Arbeiten in Berlin mit dem Ziel, zunächst eine selbstlaufende Kettenreaktion zu erreichen. Eine Gruppe deutscher Physiker entwarf einen Plan für diese Versuche und bemühte sich, die dazu notwendigen Stoffe, vor allem Uran, zu beschaffen. Von entsprechenden Arbeiten in England oder in den USA war in Deutschland wahrscheinlich nichts bekannt.

In den Vereinigten Staaten, wo neben den dort beheimateten Wissenschaftlern viele Emigranten aus Europa arbeiteten, begannen nach dem Kongreß im Jahre 1939, zu dem Lise Meitners Telegramm verlesen worden war, mehrere Forscher in ihren Laboratorien mit Untersuchungen über die Kernreaktion im Uran. Zunächst mußte das chemische Element Uran genau studiert werden.

Uran ist das schwerste in der Natur vorkommende Element. Der Kern des Uranatoms besteht aus 92 Protonen und 146 Neutronen. Um diesen Kern kreisen insgesamt 92 Elektronen, die die positive Ladung der Protonen gerade neutralisieren. Außer diesem sogenannten Uran 238 gibt es aber noch ein Isotop, welches neben den 92 Protonen nur 143 Neutronen enthält. Der Kern dieses Uranisotops besteht also nur aus 235 Kernteilchen. Es ist sogar noch ein drittes Isotop mit 142 Neutronen, das Uran 234, in winzigen Spuren nachgewiesen worden.

Diese Uranisotope sind als Gemisch in den natürlichen Uranerzen enthalten, wobei das Uran 238 das weitaus häufigste ist. Das in den Erzlagern im Sächsischen Erzgebirge, im Kongo, in Kanada und in anderen Gebieten ruhende Uran erleidet einen ununterbrochenen radioaktiven Zerfall, wobei es Alphateilchen aussendet und sich in das Element Thorium umwandelt. Nur der Tatsache, daß es 4,5 Milliarden Jahre dauert, bis die Hälfte eines Stückes Uranerz zerfallen ist, verdanken wir, daß das Uran noch in der Natur vorkommt.

Alle diese Tatsachen sind schon bekannt, aber sie genügen längst nicht, um die geeignete Methode zu finden, die gewaltigen Kräfte zu befreien, mit der sich Protonen und Neutronen im Kern des Uranatoms festhalten. Der Urankern muß zum Zerplatzen gebracht werden, wie es Otto Hahn und Fritz Straßmann zum erstenmal gelungen war. Der erste zerplatzende Urankern muß dann benachbarte Urankerne sprengen, und diese spalten wieder benachbarte. Warum aber explodiert ein Stück Uranmetall nicht, wenn man die Kettenreaktion auslöst? Vielleicht bringen fremde Atome die Kettenreaktion wieder zum Erlöschen. Vielleicht haben die Neutronen, die bei der Spaltung des ersten Kerns entstehen und die die



Energetische Nutzung der Uranerze

Folgereaktion auslösen sollen, zu geringe Energie, um den nächsten Kern zu sprengen.

Bevor die Physiker versuchen können, eine Kettenreaktion in Gang zu bringen, müssen sie also den Einfluß von Fremdatomen im Uran studieren, das Verhalten von Neutronen im Uran und in anderen Stoffen untersuchen und eine Fülle weiterer Fragen klären. Die dazu notwendigen Meßmethoden sind aber noch gar nicht bekannt. Auf den ersten Blick scheint es sogar völlig unmöglich zu sein, zum Beispiel die Energie eines Neutrons zu messen. Das ist aber notwendig, wenn überhaupt ein Fortschritt erzielt werden soll.

Nach den ersten Vorversuchen und Überlegungen erkennen die maßgebenden amerikanischen Physiker den Berg von Schwierigkeiten. Zu entscheiden, ob eine Kettenreaktionsbombe möglich ist, erfordert ein riesiges Versuchsprogramm, für dessen Ausführung die geringen finanziellen Mittel ihrer wissenschaftlichen Institute längst nicht ausreichen. Der Staat muß für das Projekt interessiert werden und die notwendigen Gelder zur Verfügung stellen.

Im März 1939 telefoniert Professor Pegrum mit dem Navy Department, um eine erste Verbindung zwischen Wissenschaftlern und Militärs herzustellen. Es kommt zu einer Zusammenkunft, an der auch der seit kurzer Zeit in den Vereinigten Staaten lebende italienische Physiker Enrico Fermi teilnimmt.

Die Wissenschaftler versuchen, den Herren vom Marineamt den Stand der Forschung darzulegen, sprechen von ihren eigenen Gedanken über die Möglichkeit einer Atombombe und erklären schließlich eindringlich, daß es sich um eine Waffe handeln könne, die einen Krieg entscheidet.

Man hört ihnen interessiert zu, stellt hier und da Zwischenfragen und sitzt am Schluß der Ausführungen Pegrams und Fermis sehr nachdenklich in den tiefen, weichen Sesseln. Die beiden Professoren versuchen das Gespräch auf die großen Kosten für die Ausführung ihrer Pläne zu lenken, aber das Navy Department bietet keine Unterstützung an. Die Herren glauben noch nicht recht an das eben Gehörte. Geld braucht zuverlässigeren Grund. Natürlich muß man wagen! Aber etwas mehr Sicherheit braucht man schon. Der Bau eines Flugzeugträgers erscheint ihnen im Augenblick als strategisch wichtiger.

Ob die Hilfe für die Herren von der Wissenschaft sich jemals lohnen würde? Immerhin, man ist interessiert und bittet um weitere Informationen, sobald die Physiker genauere Angaben über Aufwand und Erfolgsmöglichkeiten bei der Herstellung einer Atombombe machen können. Wieder setzen sich die Physiker hin, experimentieren und messen. Und nach jedem Versuch wächst die noch zu bewältigende Arbeit immer mehr an. Um das Verhalten der Neutronen studieren zu können, müssen diese Teilchen erst in geeigneter Weise hergestellt werden. Die Methoden zu diesem Zweck sind begrenzt. Man kann zum Beispiel um ein Radiumpräparat, welches spontan Alphateilchen aussendet, einen Mantel aus dem Leichtmetall Beryllium packen. Dann findet eine Kernreaktion zwischen den Alphateilchen aus dem Radium

und den Kernen der Berylliumatome statt, bei der Neutronen entstehen, die aus dem Beryllium herausfliegen und nun weiter untersucht werden können. Läßt man die so erzeugten Neutronen auf eine dünne Folie irgendeines Stoffes auftreffen und stellt man hinter dieser Folie eine Meßanordnung mit Neutronenzählrohren auf, so findet man, daß ein Teil der Neutronen in der Folie steckengeblieben ist. Ein anderer Teil durchdringt die Folie, wird aber aus seiner Richtung abgelenkt. Außerdem haben die Neutronen beim Durchdringen der Schicht viel von ihrer Energie verloren. Dabei verhalten sich verschiedene Stoffe ganz verschieden. Durch eine Folie aus Kadmium dringen gar keine langsamen Neutronen. Sie werden von den Kadmiumkernen eingefangen und reagieren mit diesen. Würde man also eine Kettenreaktion zustande bringen, so könnte man vielleicht mit Kadmium eine Steuerung erreichen, in dem man durch mehr oder weniger Kadmium innerhalb der Reaktionszone die Zahl der Neutronen reguliert. Ganz anders verhält sich Graphit. Hier dringen die meisten Neutronen durch, werden nur stark abgebremst und gestreut. Diese neutronenbremsende Eigenschaft des Graphits wird sich im Laufe der Versuche noch als sehr wichtig erweisen. Die bei der Spaltung des Urankerns wegfliegenden Neutronen sind nämlich zu schnell. Bremsst man sie ab, so können bedeutend mehr Kernreaktionen erzeugt werden. Und da diese Zahl der reagierenden Neutronen sehr klein ist, wird die Wirkung des Graphits oder die ganz ähnliche des schweren Wassers für den Bau einer Kettenreaktionseinheit von entscheidender Wichtigkeit sein.

Die Physiker in den Vereinigten Staaten tauschen ihre neuesten Erfahrungen aus. Ihre Experimente gehen viel zu langsam voran. Überall fehlt Geld zum Aufbau von Versuchen, zum Kauf von Meßgeräten und zum Erwerb der sehr teuren Chemikalien von höchster Reinheit. Eine Fortführung der Forschung wird hoffnungslos, wenn die Staaten nicht beträchtliche Mittel zuschießen. Einer der berühmtesten Physiker, der Schöpfer der Relativitätstheorie, Albert Einstein, stellt in einem Brief an den Präsidenten der Vereinigten Staaten den Ernst der Lage auf dem Gebiet der Atomphysik dar.

Nach den bitteren Erfahrungen seines Lebens weiß Einstein, was Faschismus ist. Er zögert keine Minute, an seiner Bekämpfung teilzuhaben. In seinem Brief an Präsident Roosevelt zeigt er die Möglichkeit einer deutschen Atombombe. Er weist darauf hin, daß die Völker von einer potenzierten faschistischen Gefahr bedroht sind. Einstein bringt zum Ausdruck, daß die faschistische Herrschaft über große Teile der Erde furchtbare Wirklichkeit werden kann.

Kurz darauf ernennt der Präsident der Vereinigten Staaten ein Advisory Committee on Uranium, eine Uranium-Kommission, die später als Unterkommission des 1940 gegründeten NDRC (National Defense Research Committee) weiterbesteht. Von nun an erhält die amerikanische Atomforschung von Jahr zu Jahr in steigendem Maße staatliche Unterstützung. Geld fließt in die Forschungsinstitute. An mehr als zehn Orten wird die Arbeit in Angriff genommen, darunter an der Colum-

bia-Universität, an der Princeton-Universität, bei der Standard Oil-Forschungsgesellschaft, an der Cornell-Universität, an der Carnegie-Stiftung in Washington, an der Universität von Minnesota, an der John-Hopkins-Universität, am National Bureau of Standards, an der California-Universität und an den Universitäten von Virginia und Chicago.

Bis zum Sommer 1940 wird es gewiß, daß eine Kettenreaktion theoretisch möglich ist. Diese Gewißheit hat mehr als 100 000 Dollar gekostet. Wie eine solche Kettenreaktion verlaufen und ausfallen wird und ob sich nicht unüberwindbare technische Schwierigkeiten in den Weg stellen werden, ist noch nicht erkennbar.

Langsam, fast zögernd beginnen die direkten Arbeiten mit dem Ziel, eine Atombombe herzustellen und zu erproben.

Der Staat finanziert die Forschungen. Die führenden Bankleute und Industriellen der USA haben eine solche Verwendung von Steuergeldern befürwortet. Es geht doch um den Sieg der Demokratie, nicht wahr? Außerdem ist eine solche Waffe bestimmt eine gute Sache. An Waffen wurde bisher noch immer verdient, warum nicht an dieser neuen? Die Atomforschung wird für eine von Monat zu Monat anwachsende Gruppe amerikanischer Firmen ein Teil des großen Rüstungsgeschäftes.

Zunächst stellt die Metal Hydrides Company in Beverly, Massachusetts, geringe Mengen Uran in Pulverform her; doch die darin enthaltenen Verunreinigungen, obwohl chemisch kaum nachweisbar, sind noch zu groß. Versuche, das Uranmetall in Barren zu gießen, mißlingen. Zudem stellt sich bald heraus, daß das gewöhnliche Uran kaum geeignet ist. Spaltbar ist nur das Uranisotop mit der Massenzahl 235, während das Uran 238 nicht in der gewünschten Weise reagiert. Die Trennung dieser beiden Uranisotope bereitet neue, unübersehbare Schwierigkeiten. Da sich die Kerne chemisch vollkommen gleichartig verhalten, ist eine Trennung beider nur durch riesige Diffusionsanlagen oder durch Zentrifugen möglich. Die Kosten für eine Anlage, in der ein Kilogramm des seltenen Uranisotops 235 je Tag gewonnen werden könnte, werden auf zehn Millionen Dollar geschätzt.

H. C. Urey untersucht an der Columbia-Universität die Möglichkeiten, größere Mengen schweren Wassers herzustellen, nachdem die Physiker der Berkeley-Gruppe festgestellt haben, daß sich das schwere Wasser hervorragend zur Bremsung der Neutronen eignet.

Immer wieder tauchen neue Probleme auf, neue Schwierigkeiten, neue Kosten. Fermi, Breit, Szilard, Smyth, Wheeler und andere Wissenschaftler arbeiten an theoretischen Grundlagen. Die Eigenschaften der Neutronen, über die nur wenige ungenaue Ergebnisse vorliegen, müssen studiert, gemessen und kontrolliert werden. Die Zahl der Wissenschaftler, die an den verschiedenen Teilproblemen arbeiten, wächst von Monat zu Monat. Doch sie arbeiten anders, als sie bisher gewöhnt waren. Sie beschließen die Geheimhaltung ihrer Forschungsergebnisse, um sie dem Feind nicht auszuliefern. Man befürchtet, daß die Deutschen einen Vorsprung haben.

Im September 1941 reisen die Professoren Pegrum und Urey nach England, um mit den britischen Forschern Informationen auszutauschen. Die englischen Kollegen, an ihrer Spitze Chadwick, der Entdecker des Neutrons, und Cockcroft, dem die erste Atomumwandlung mit künstlich beschleunigten Teilchen gelang, sind durch ihre Versuche ebenfalls zu der Überzeugung gelangt, daß eine Atombombe möglich ist. Doch sie haben sehr sorgenvolle Gesichter.

Vor einigen Wochen war ihnen eine Mitteilung des britischen Geheimdienstes zugegangen: In einem norwegischen Werk wird seit mehr als einem Monat für die Deutschen schweres Wasser hergestellt. Die britischen Wissenschaftler überschauen sofort die Situation. Die Produktion von schwerem Wasser konnte nur mit einem Atombombenprojekt der Deutschen zusammenhängen. Es wird ein gewaltiger Wettlauf werden. Wehe dem Verlierer!

Zwischen den Engländern und den Amerikanern wird eine Übereinkunft getroffen, nach der die Entwicklung einer Atombombe in den Vereinigten Staaten vorangetrieben werden soll, während die englischen Wissenschaftler durch ihre Forschungsarbeiten Unterstützung leisten wollen. Der ehrgeizige Konkurrenzkampf der einzelnen Forscher untereinander soll aufhören. Die faschistische Gefahr zwingt dazu. Zugleich sichern sich aber die amerikanischen Monopole auf Grund ihrer wirtschaftlichen Macht ein vorteilhaftes Geschäft. Die riesigen Anlagen mit ihren kostspieligen Ausrüstungen, die im Laufe der Entwicklung dieser Atomindustrie entstehen werden, die technischen Erfahrungen und die Ausbildung der zugehörigen Fachleute werden sie nichts kosten. Der Staat wird alles aus Steuergeldern des Volkes bezahlen müssen, denn das Ganze soll der Landesverteidigung dienen. Am Ende jedoch werden alle technischen Anlagen, die Urangruben und Werke den Kapitalgewaltigen gehören; die Erfahrungen und die Kenntnisse der herangebildeten Fachleute werden ihrem Profit zugute kommen.

Trifft ein Neutron auf einen Kern des Uranisotops mit der Massenzahl 235, so zerplatzt der Kern. Unter den Bruchstücken befinden sich neue Neutronen, die ihrerseits wieder Urankerne zertrümmern können. Zur Auslösung dieser selbständig verlaufenden Kettenreaktion würde ein einziges Neutron genügen. Da immer freie Neutronen im Raum umherfliegen, sollte man meinen, daß schon ein kleines Stückchen Uran 235 zur Kettenreaktion kommen müßte. Der Versuch beweist aber das Gegenteil. Die entstehenden Neutronen treffen selten neue Kerne. Viel eher fliegen sie vorbei und gehen verloren. Außerdem müssen die Neutronen ganz bestimmte Geschwindigkeiten haben, wenn sie den Urankern zertrümmern sollen. Leider haben die bei der Spaltung entstehenden Neutronen eine viel zu hohe Geschwindigkeit. Sie müssen also künstlich gebremst werden, wenn eine Kettenreaktion

## **Die Kettenreaktion**

zustande kommen soll. Spuren von anderen Stoffen fangen leicht einen beträchtlichen Teil der Neutronen ein und bringen dadurch die gerade angelaufene Kettenreaktion zum Erlöschen, bevor sie merklichen Umfang angenommen hat.

Das auf den ersten Blick so einfach erscheinende Problem der Spaltungskettenreaktion steckt voller Schwierigkeiten. Offenbar muß das Uranstück eine bestimmte Mindestgröße haben, damit die Neutronen auf einen Kern treffen, bevor sie aus dem Metallstück hinausfliegen, so wie ein Waldstreifen eine bestimmte Breite haben muß, wenn das Licht nicht mehr durch die Stämme schimmern soll. All das sind vorerst nur plausible Erwägungen, Schlüsse aus ersten, kaum bestätigten Versuchsergebnissen. Dahinter stehen gewaltige Probleme, die auf eine exakte Lösung warten.

Wird die Wirkung einer solchen Befreiung der Kernkräfte, die zweifellos mit explosionsartiger Geschwindigkeit vor sich geht, überhaupt wesentlich stärker als die einer gewöhnlichen Bombe sein?

Welche Stoffe eignen sich zum Bremsen der Neutronen?

Wie soll eine Atombombe gezündet werden? Und wird es gelingen, Uran und den Bremsstoff in der erforderlichen Reinheit herzustellen?

So viele Fragen! Und wenn die Arbeit erst begonnen hat, werden aus jeder hundert neue Fragen wachsen, deren Lösung von den Forschern, Ingenieuren und ihren Hilfskräften ein ungeheures Arbeitspensum fordern wird.

**Uran** Das Element Uran wurde 1789, im Jahr der Großen Französischen Revolution, von dem deutschen Professor Heinrich Klaproth entdeckt und nach dem acht Jahre zuvor entdeckten Planeten Uranus benannt. Es kommt in der Natur in der Form von verschiedenen Mineralien vor, ist aber häufiger als die Elemente Silber, Antimon und Quecksilber zusammen. Bisher besaß es keine große Bedeutung. Die neue wissenschaftliche Entwicklung brachte es mit sich, daß Uran fast über Nacht zu einem der gesuchtesten Stoffe wurde.

Prospektoren, mit Geigerzählern ausgerüstet, streifen durch das Felsengebirge. Sie finden uranhaltige Erze in Granitgesteinen, Kupfer-, Uranlagerstätten im Sandstein, uranhaltige Schiefer und Asphaltlagerstätten. Nur die reichhaltigsten Funde wurden zunächst abgebaut. Zahlreiche Minerale werden bekannt. Neben der Pechblende besitzen Autunit, Torbenit, Curit und andere Minerale einen Uranoxydgehalt zwischen 40 und 80 Prozent.

In Front Range in Colorado, im Marysvale District, im Staate Utah und in anderen Orten Amerikas entstehen Uranbergwerke. Die Eldorado Mine in Kanada wird erschlossen und liefert bald große Mengen des Erzes nach den Vereinigten Staaten, obwohl das Erz erst 1000 Kilometer geflogen werden muß, bevor es mit der Bahn transportiert werden kann. Auch in England, in Devon und Cornwall, wird Uran ge-

wonnen. In Deutschland sind die Joachimsthaler Fundstätten bekannt. Im Kongo wird Uran gefunden, in Australien, in der Sowjetunion und in Südafrika. Falls es gelingt, die Atomenergie aus den Kernen der Uranatome zu gewinnen, sieht es um den Rohstoff recht günstig aus. Vorläufig jedoch interessieren sich die wenigen Menschen, die überhaupt die neuesten Kenntnisse besitzen, vorwiegend dafür, diese Atomenergie in explosiver Form zu gewinnen.

Im Herbst des Jahres 1942 sind die faschistischen deutschen Truppen auf dem östlichen Kriegsschauplatz bis Stalingrad vorgedrungen. Leningrad ist eingeschlossen, und im Moskauer Kreml hört man den Geschützdonner der nahen Front. Fast ganz Europa wird von den Faschisten beherrscht. Die Großstädte auf den Britischen Inseln sind schweren Angriffen der deutschen Sturzkampfbomber ausgesetzt.

Nur nach Amerika reicht der Arm der Deutschen nicht. Hier ist es möglich, die neue Waffe zu entwickeln.

Je weiter die Forschungen fortschreiten, desto klarer wird den beteiligten Wissenschaftlern, Ingenieuren, den Betriebsdirektoren und den Vertretern der Regierung der Vereinigten Staaten, daß die Herstellung einer Atombombe wahrscheinlich möglich, aber mit einem riesigen industriellen Aufwand verbunden ist, der viel Zeit und einige hundert Millionen Dollar kosten wird.

Das bedeutete in gewissem Sinne eine Beruhigung; die Chance für die Deutschen, eine gleiche Waffe zu entwickeln, wird wesentlich geringer.

Drei Jahre lang haben viele bedeutende Wissenschaftler aus Europa und Amerika in den Vereinigten Staaten gearbeitet, um eine Kettenreaktionsbombe zu entwickeln. Forschungsbeiträge, die insgesamt mehr als dreißig dicke Bände füllen würden, sind entstanden. Tausende von wichtigen Meßergebnissen der verschiedenen notwendigen Voruntersuchungen liegen vor. Gewaltige Industrieanlagen zur Herstellung der wesentlichen Stoffe, Uran, Graphit und schweres Wasser, sind an verschiedenen Orten im Bau. Und trotzdem ist es noch nicht gelungen, eine Kettenreaktion zu erzeugen. Dieses Experimente funktionierte vorläufig nur auf dem Papier.

Während in Leipzig, München, Hamburg und anderen deutschen Städten Frauen, Kinder und Greise, Arbeiter, Angestellte, Blockwarte der Nazipartei und Hitlerjungen in den Luftschutzbunkern frieren oder jede Minute den Heulton der Sirene erwarten, während die sowje-

## Der erste Reaktor



tische Rote Armee bei Stalingrad zur entscheidenden Gegenoffensive antritt, in deren Verlauf 140 000 deutsche Soldaten in Eis und Schnee und Steinrümern verbluten, werden in den Vereinigten Staaten die letzten Vorbereitungen getroffen, um endlich diesen wichtigen Versuch, das In-Gang-Setzen einer von selbst weiterlaufenden Kettenreaktion, durchführen zu können.

Chicago, den 2. Dezember 1942. Monatelange Vorbereitungen sind abgeschlossen. Reinstes Graphit von der National Carbon Company und der Speer Company ist endlich in genügenden Mengen vorhanden. Etwa sechs Tonnen Uranmetall, zum Teil von Westinghouse, zum Teil von Metal Hydrides und von Amas geliefert, sowie der ziegelförmig geschnittene Graphit stehen bereit.

Seit Tagen werden die Uranblöcke und der Graphitziegel zur ersten Reaktionseinheit zusammengesetzt. Unter der Leitung von Professor Fermi, der schon die ersten erfolglosen Versuchseinheiten im Vorjahr gebaut hatte, nehmen die Arbeiten mit aller Vorsicht ihren Fortgang. In einer großen Halle stehen die Wissenschaftler und Ingenieure der Arbeitsgruppe um ein zwei Meter hohes Holzgerüst. Alle tragen weiße Leinenmäntel, an den Händen Gummihandschuhe. Eine neue Schicht, abwechselnd Graphit- und Uranblöcke, wird auf das kugelförmige Gebilde zwischen dem Gerüst aufgetragen. Die Beobachter an den Ionisationskammern verfolgen die Bewegungen der Zeiger ihrer Meßinstrumente. Die Bohr-Trifluoridzähler zeigen schon einen beträchtlichen Neutronenstrom an. Wird der Neutronenvermehrungsfaktor größer als eins werden? Professor Fermi und seine Mitarbeiter stellen sich voller Spannung diese Frage, von deren Beantwortung alles abhängt. Wird die Kettenreaktion laufen oder nicht? – Eben ist der letzte Ziegel der neuen Schicht aufgelegt worden. Durch den Lautsprecher tönt das Kommando: „Achtung, Probelauf!“

Jeder wartet mit ungeheurer Spannung. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird nichts Besonderes geschehen. Es kommt nur darauf an, daß der Zeiger eines bestimmten Meßgerätes sich mindestens um soundso viele Striche über die Skala bewegt. Es wird an einigen Skalenteilen hängen, ob die jahrelange Mühe vergeblich war oder nicht.

„Meßinstrumente fertig?“

Männer mit blassen Gesichtern, überanstrengt und nervös, geben das Zeichen der Bereitschaft. Für einen Augenblick ist es still in der Halle.

„Achtung! Motoren der Sicherheitsstreifen einschalten!“ Professor Fermis Stimme ist so ruhig wie sonst. Die Elektromotoren beginnen leise zu singen. Die ersten Kadmium-Regulierstäbe werden aus der Uran-Graphit-Kugel herausgezogen. Einer, zwei, drei der weißglänzenden Metallstäbe ragen jetzt über das Gerüst hinaus. Immer, wenn ein neuer Stab herausgezogen worden ist, laufen die Meßergebnisse von verschiedenen um die Kugel verteilten Stationen nach dem zentralen Stand Professor Fermis. Bisher ist nichts Besonderes eingetreten, weder ein stark vermehrter Neutronenstrom, noch eine Temperaturerhöhung in der Kugel.

In diesem Augenblick gibt Professor Fermi, der unablässig die Instrumente beobachtet, die Weisung: „Langsam den letzten Stab herausziehen!“

Wieder singen die Motoren in der atemlosen Stille. Viele Augenpaare starren auf die Meßinstrumente. Die Spannung hat den Höhepunkt erreicht.

Langsam beginnen die Zeiger der Strahlenmeßgeräte zu klettern – jetzt schon schneller, immer schneller. In der Aufregung werden Meßwerte laut zugerufen. Die Assistenten sehen sich mit geröteten Gesichtern an. Professor Fermi hat die Arme müde auf das Holzgeländer gestützt, doch um seinen Mund spielt ein Lächeln. Der erste Kernreaktor der Welt läuft. Zum ersten Male haben Menschen eine selbständig laufende Kettenreaktion zwischen Atomkernen in Gang gesetzt. Der letzte Regulierungsstab ragt nur halb so weit heraus wie die übrigen. Zöge man ihn weiter heraus, so würde die Neutronenstrahlung so stark werden, daß Menschen in der Umgebung gefährdet wären. Die Schutzmaßnahmen sind für diesen Fall nicht ausreichend.

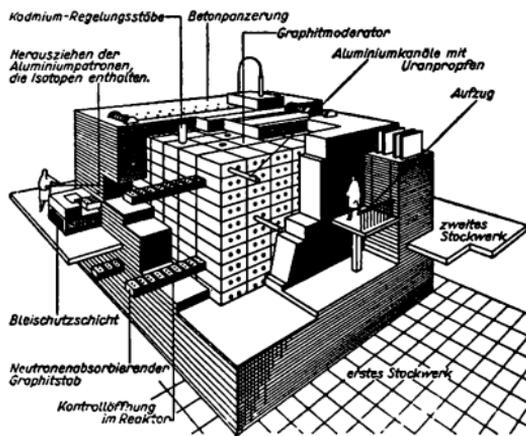
Schon nach einer knappen Stunde liegen die genauen Energieberechnungen vor. Danach erzeugt diese erste Reaktions-einheit eine Leistung von einem halben Watt.

Von nun an läuft die Kettenreaktion Tag und Nacht. Das Beobachtungs- und Bedienungspersonal löst sich alle sechs Stunden ab. Am 12. Dezember wird die Leistung auf 200 Watt erhöht, indem der letzte Kadmiumstab weiter herausgezogen wird. Eine weitere Erhöhung ist nicht ratsam, denn die Neutronenstrahlung ist jetzt so stark, daß sie sich schon auf dem Weg vor der Halle nachweisen läßt.

Doch das Wichtigste ist nun erreicht. Die selbstlaufende Kettenreaktion hat sich als möglich erwiesen.

In das riesige Unternehmen sind schon Hunderttausende von Dollars geflossen. Neue Werke wurden projektiert und zum Teil schon aufgebaut, neue Industriezweige entwickelt, viele kostspielige Versuche wurden angestellt. Das hätten alles nutzlose Bemühungen sein können, und kein verantwortungsbewußter Fachmann hätte zu normalen Zeiten diesen gewaltigen Aufwand für möglich gehalten, bevor die wissenschaftlichen Grundlagen gesichert waren. Nun hat Fermis Erfolg alle diese Anstrengungen gerechtfertigt.

Gleichzeitig tritt aber die ungeheure Bedeutung der im Anfang so gewagt erscheinenden Organisation der Arbeiten zutage. Die Zeit der



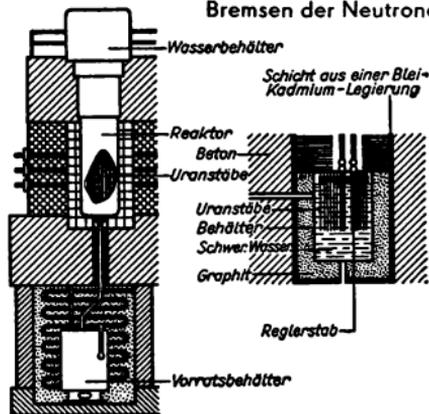
Uranreaktor mit Graphitmoderator

Entwicklung, die eigentlich nun erst beginnen sollte, ist wesentlich verkürzt worden. Die Mallinckrodt Chemical Works in St. Louis liefern bereits je Monat 30 Tonnen braunes Urandioxyd, dessen Reinheit allen Anforderungen entspricht. Graphit und schweres Wasser zum Bremsen der Neutronen, Bor- und Kadmiumstäbe zur Regulierung der

Kettenreaktion liegen bereit. Die erforderlichen Meßgeräte wurden entwickelt. Zahlreiche Ergebnisse von Versuchen und gründliche Studien zur Isotopentrennung haben eine gute Grundlage für den raschen Fortgang der Arbeiten geschaffen. Die Forschung zur Entwicklung einer Uranbombe kann unmittelbar beginnen.

In Chicago bildet sich eine Gruppe unter Professor Compton, die den Decknamen „Metallurgical Laboratory“ erhält und die Aufgabe hat, eine Kettenreaktionsbombe zu entwerfen. Die Wissenschaftler Amerikas, Englands und anderer Länder, die gemeinsam an dieser gewaltigen Aufgabe arbeiteten, haben ihren ersten großen Erfolg errungen. Aber sie wissen nicht, daß sie den anfänglich tatsächlich

vorhandenen Vorsprung der Deutschen wettgemacht haben. Sie haben sogar selbst einen beträchtlichen Vorsprung herausgearbeitet.



Uranreaktor mit schwerem Wasser

## Die Versuche in Deutschland

Im Jahre 1940, also ein Jahr früher als in den Vereinigten Staaten von Amerika, waren die deutschen Forscher an den Punkt ihrer Arbeit gekommen, wo es galt, die theoretisch vorhergesagte Kettenreaktion in die Tat umzusetzen. Im Berliner Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik wurden 6800 Kilogramm Uranoxyd in sechzehn Schichten von je sieben Zentimeter Dicke, getrennt von Paraffinscheiben, um eine Neutronenquelle herumgebaut. Da Ganze steckte in einem Metallkessel von 1,4 Meter Höhe. Dieser Kessel befand sich in einem zweiten größeren, der mit Wasser gefüllt war. Doch dieses erste deutsche Experiment mißlang genauso wie etwa ein Jahr später die ersten Versuche Fermis.

Besonders große Schwierigkeiten hatten die deutschen Forscher und Ingenieure mit der Beschaffung des Urans. Der Uranbergbau in Deutschland lag fast vollkommen darnieder oder existierte überhaupt nicht. Der Staat hätte sich jetzt dafür interessieren müssen, doch es war den Atomphysikern bisher nicht gelungen, ein nachdrückliches Interesse für ihre Arbeiten zu wecken. Ihre Bemühungen, größere Geldmittel zur Entwicklung großer Versuchsanlagen und zum Aufbau moderner Spezialanlagen zu bekommen, fanden wenig Verständnis.

„Wie lange dauert das Ganze?“ war immer die erste Frage der Wirtschaftsgewaltigen. Und die Antwort der Wissenschaftler lautete dann: „Zwei, drei Jahre – ein Termin läßt sich schwer angeben.“

Bis dahin wollten die deutschen Imperialisten ihren Krieg längst gewonnen haben. Sie steckten ihr Geld in sichere Geschäfte.

So großspurig dachten sie 1940, auch noch 1941 und 1942, als die sowjetischen Armeen den deutschen Vormarsch aufhielten und zum Gegenschlag ansetzten.

Immer noch wurden Hunderte von feindlichen Schiffen versenkt, Feindflugzeuge abgeschossen, Städte bombardiert und sogenannte Volksverräter in Zuchthäusern und Konzentrationslagern zu Tode geschunden.

1943 baute die deutsche Forschergruppe einen zweiten großen Versuch auf, um eine Kettenreaktion auszulösen. Diesmal wurden 220 Kilogramm reines Uran, in 100 Würfel geteilt, in schwerem Wasser eingefroren. Der ganze Aufbau stand im Tieftemperaturraum der Chemisch-Technischen Reichsanstalt.

Auch diesmal blieb ein Erfolg versagt. Der Neutronenstrom erreichte nicht den kritischen Wert.

Die politische Führung wandte jedoch den Arbeiten der deutschen Atomphysiker nun größere Aufmerksamkeit zu. Der SS-General Rudolph Mentzel, schon vorher zum Beauftragten für Wehrforschung an den deutschen Hochschulen ernannt, wurde mit der Sonderaufgabe betraut, die deutsche Atomforschung zu überwachen und ihr weitgehend Unterstützung angedeihen zu lassen.

General Mentzel nahm sofort Fühlung mit Professor Gerlach und einigen anderen führenden Physikern des deutschen Atombombenprojektes auf und ließ sich über den Stand der Arbeiten unterrichten. Dabei mußte er feststellen, daß vorläufig an die Herstellung einer Atombombe nicht zu denken war. Im Juni 1943 schrieb der Bevollmächtigte für Kernphysik, Staatsrat Professor Dr. Esau, in einem Bericht, daß zwar im Augenblick noch nicht mit der Schaffung von brauchbaren Atomkraftmaschinen oder Atomsprengstoffen gerechnet werden könne, daß der Feind aber sicher noch weiter von diesem Ziel entfernt sei.

Oberst I. C. Marshall hat sich seit einer Stunde in seinem Zimmer eingeschlossen. Vor ihm liegen Stadtpläne, Verzeichnisse, Landkarten. Er blättert in einem neu eingekauften Lehrbuch der Physik, wirft es aber nach einigen Minuten enttäuscht auf den niedrigen Tisch. In der zweiten Stunde greift Oberst Marshall zum Füllfederhalter. Namenslisten, Skizzen, Notizen, neue Verzeichnisse von Anschriften, Dienststellen und Firmen bedecken bald in großer, kräftiger Schrift die Seiten seines Schreibblockes. Die Rauchschwaden in seinem Zimmer sind inzwischen so dicht geworden, daß die Luft schwer zu atmen ist. Doch Marshall hat keine Zeit, auf seine Kopfschmerzen zu achten.

In der dritten Stunde telephonierte der Oberst mit dem Chef des Ingenieurkorps, mit verschiedenen Abteilungen, mit dem Marinedepartement, mit dem Metallurgical Laboratory in Chicago, mit ... Er beißt

**Manhattan  
District**

sich auf die Lippen. „Ruhe, mein Lieber, die Nerven behalten! Ru – hig!“

Erschöpft lehnt er sich für einige Minuten zurück. Eigentlich könnte er jetzt ein Glas Zitrone gebrauchen. Aber das kostet zu viel Zeit.

Oberst Marshall ist beauftragt, eine neue Abteilung im Ingenieurkorps der Armee der Vereinigten Staaten von Amerika zu bilden, die die Bezeichnung „Manhattan District“ tragen wird und als Aufgabe das sogenannte DSM-Projekt zugewiesen bekommt. DSM ist die Abkürzung für Development of Substitute Materials, das heißt: Entwicklung von Ersatzwerkstoffen. Hinter dieser Tarnung verbirgt sich die Entwicklung der Atombombe.

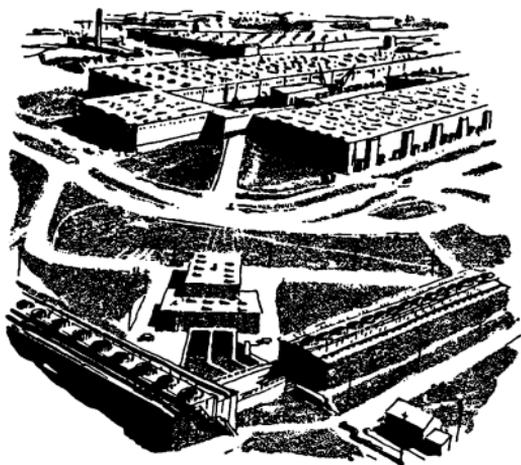
In den folgenden Wochen und Monaten übernimmt der Manhattan District die meisten Lieferverträge zwischen den Graphit-, Uran- und Leichtmetallwerken, den Forschungslaboratorien und den Montagebetrieben.

Die Armee hat damit die Organisation der Atomwaffenforschung und -produktion in die Hand genommen. Am 17. September 1942 überträgt Kriegsminister Henry L. Stimson dem Brigadegeneral des Ingenieurkorps L. R. Groves die volle Verantwortung für die gesamte Tätigkeit der Armee im Zusammenhang mit dem DSM-Projekt.

Die Entwicklung der Atombombe ist eine militärische Angelegenheit geworden, bei der Wissenschaftler und Ingenieure ihre Rolle zugewiesen bekommen, während die Militärs, Politiker und Finanzgewaltigen ihr Bestreben nach der Vormachtstellung in der Welt geschickt hinter der Losung „Kampf gegen den Faschismus“ verbergen.

Die Julisonne des Jahres 1943 brennt heiß über dem hügeligen Land von Tennessee. In der Gegend von Oak Ridge ist in den vergangenen Monaten hastig gebaut worden. Jetzt stehen hier sieben einstöckige langgestreckte Häuser aus roten Ziegeln, verbunden durch ein Querhaus. Dahinter drücken sich breite Gebäude mit flachen Dächern an den Boden. Dieser Gebäudekomplex, umzäunt von Stacheldraht, ist Manhattan District, die Zentrale der Organisation.

Auf der Zementstraße, rechts und links des kleinen Wachgebäudes, parken dreißig, vierzig Autos. Werkleiter, Ingenieure, Offiziere, Physiker kommen und gehen. Die Fahrer gähnen hinter ihren Steuerrädern, während aus den Radioapparaten ihrer Wagen laute, grelle Musik über den Platz schallt.



Gasdiffusionsanlage in Oak Ridge  
zur Trennung der Uranisotope  
Uran 238 und Uran 235

Drinnen, in den etwas kühleren Räumen der Gebäude, stehen Männer hinter Zeichenbrettern, andere beugen sich über große Baupläne und schlürfen nebenbei eisgekühlten Kaffee. Stenotypistinnen hämmern auf ihren Schreibmaschinen. Telephonistinnen stenographieren, die Telephonhörer am Ohr.

Vor dem Tor hält ein schwerer, hellgrauer Wagen. Oberst Marshall springt heraus. Frisch ist er und ausgeruht, jetzt, da das Schlimmste überstanden ist und seine Organisation wie ein präziser Mechanismus funktioniert. Sein Blick schweift über die Anlage, und er denkt zwölf Monate zurück, als das alles seinen Anfang nahm. Marshall hält die Zigarre zwischen den Lippen. Und ihn überkommt ein Gefühl der Befriedigung, welches der Mann empfindet, der sich bewährt hat... Es ist kein Zweifel mehr: Die Herstellung einer Atombombe ist möglich. Im Jahre 1943 ist es klar, daß die Atombombe nur eine Frage der Zeit ist.

Die Augen des Obersten schweifen über die erste Reihe der Gebäude. Das hier ist also das Zentrum, sein Zentrum.

Von Manhattan District laufen die Fäden zu den in der Nähe gelegenen Clinton Engineer Works, zu den Hanford Engineer Works bei Pasco, zu den Uran- und Graphitindustrien, zum Metallurgical Laboratory nach Chicago, nach Berkely in Kalifornien, nach Indiana, Minneapolis, New York und Washington.

Während die Physiker noch die Eigenschaften der Neutronen im Uran und im Plutonium studieren, Kernreaktionen untersuchen, während die Produktionsanlagen zur Isotopentrennung, zur Herstellung von schwerem Wasser und reinstem Graphit zum Teil noch im Bau sind, denkt man in Manhattan District schon viel weiter. Zum Beispiel gehört es zur Aufgabe der Organisation, einen Flugzeugtyp bereitzuhalten, der sich für den Abwurf von Atombomben eignet. Nicht ohne Absicht hat die Armee die Leitung in ihre Hände genommen.

Oberst Marshall spuckt auf den heißen, von einer Staubschicht überzogenen Beton. Während er durch das Torgebäude geht, flüchtig den Gruß der Wache erwidert, gehen ihm verschiedene Gedanken durch den Kopf, Gedanken eines amerikanischen Offiziers im Sommer 1943: „Die Sowjetarmee hat die Deutschen bei Stalingrad aufs Haupt geschlagen. Seitdem schiebt sich ihre Front immer weiter nach Westen. Ein Sieg der Sowjetunion in Europa wird für Amerika und das große Geschäft nach dem Kriege nicht gut sein. Auf jeden Fall haben wir die Atombombe.“

Wenn ein Neutron auf einen Kern des Urans 238 trifft und darin steckenbleibt, so ist ein neues Uranisotop, das Uran 239, entstanden, das in der Natur nicht vorkommt. Dieses Uran 239 wandelt sich aber radioaktiv um, wobei es Elektronen aussendet, und zwar so schnell, daß man gewissermaßen zusehen kann, wie das Uran 239 wieder ver-

**Plutonium**

schwindet und in andere Stoffe übergeht, die chemisch verschieden vom Uran sind.

Der Entdecker dieses Prozesses, der Physiker Seaborg, gab den neu entstehenden Elementen die Namen Neptunium und Plutonium nach den äußersten Planeten unseres Sonnensystems.

Während sich das Neptunium ziemlich rasch in das Element Plutonium verwandelt, geht dessen radioaktiver Zerfall so langsam vor sich – in 24000 Jahren zerfällt die Hälfte einer vorhandenen Menge –, daß man Plutonium bequem in größeren Mengen chemisch vom Uran trennen und aufbewahren kann, nachdem es einmal hergestellt ist.

Die Herstellung und Gewinnung von Plutonium ist scheinbar ganz einfach. Es entsteht nämlich als Nebenprodukt einer Kettenreaktion im Uran 238. In Wirklichkeit ist ein riesiger Aufwand erforderlich; denn um einige Gramm zu gewinnen, muß eine ganze Reaktions-einheit mit Uran laufen, und danach müssen die winzigen Plutonium-mengen durch komplizierte chemische Verfahren extrahiert werden.

Dieser Aufwand scheint sich aber zu lohnen, denn die Physiker haben herausgefunden, daß das Plutonium ähnlich leicht spaltbar wie das Uran 235 ist, sich also genauso zur Herstellung einer Atombombe eignen müßte.

Die von Professor Fermi und seinen Mitarbeitern erstmalig in Gang gesetzte Kettenreaktion im Uran befreit also nicht nur einen Teil der Energie der Urankerne, sondern sie liefert gleichzeitig neuartige Atomkerne, die noch besser zur Gewinnung von Atomenergie geeignet sind.

Da die Elemente Neptunium und Plutonium im Periodischen System der Elemente jenseits des Urans eingeordnet werden müssen, nennt man sie Transurane. Möglicherweise sind diese Stoffe früher auch in der Erdkruste vorhanden gewesen. Sie kommen heute nicht mehr vor, weil sie restlos radioaktiv zerfallen sind. Sie sind der Natur sozusagen ausgegangen. Es bedeutet eine großartige Leistung von Forschung und Technik, daß man diese Stoffe nun künstlich herstellen und daraus Energie der Atomkerne gewinnen kann.

General Groves, verantwortlicher Leiter des DSM-Projektes, sitzt den Vertretern der E. I. du Pont de Nemours and Company gegenüber. Die Herren von du Pont überlegen ein letztes Mal. Seit Wochen haben sie alle Unterlagen, dicke Akten, Zeichnungen und Versuchsberichte, studiert. Der Aufbau einer Industrieanlage ist für sie eine Kleinigkeit. Ihre Ingenieure und Techniker bauen Kesselanlagen und Turbinenaggregate, legen Rohrleitungen und Fernsteuerungen. Aber das hier?

Es soll eine Riesenanlage werden. Es gibt kein Beispiel für sie. Keine Versuchsanlage ist vorhergegangen. Keinerlei Erfahrungen existieren.

Mister Carpenter junior, der Präsident von du Pont, klappt den Deckel einer Aktenmappe zu. „Gut, wir machen es!“ sagt er nach einem feierlichen Räuspern. „Wenn das Kriegsdepartement die Unternehmung

für so außerordentlich wichtig hält und sogar Präsident Roosevelt seine Stimme in die Waagschale wirft, müssen wir wohl. Meine Herren – ?“ Er sieht sich nach den Mitgliedern seines Stabes um, quitiert das allseitige Nicken mit einem flüchtigen Lächeln und steht auf. Er und General Groves drücken sich die Hände.

Die du Pont Company übernimmt die Aufgabe, ein Werk zur Herstellung von Plutonium zu errichten. Zwischen ihr und der Regierung der Vereinigten Staaten wird ein Kontrakt abgeschlossen: Die Regierung übernimmt das gesamte Risiko und sichert der Firma einen festen Gewinn zu.

Am westlichen Ufer des Columbia River, nördlich von Pasco in Zentralwashington, liegt der kleine Ort Richland: einige alte Häuser, ein paar Farmen mit ihren Feldern in der Umgebung, dahinter mit Salbeibüschen bestandene Ebenen und kahle Hügel. Kurz vor der Brücke über den einmündenden Yakima River biegt die Straße nach Yakima Seattle ab. Flußaufwärts wird das Ostufer steil. Man kommt an zwei kleinen Inseln vorbei. Dahinter liegt der Bauplatz der ersten Anlage.

Die Aprilluft flimmert schon heiß, als vier schwere Lastwagen die ersten Bauteile für das Barackenlager herauffahren. In den folgenden Wochen beginnt hier eine fieberhafte Tätigkeit. Wohnbaracken, Ladenstraßen, Verwaltungsgebäude, Lagerschuppen in großer Zahl bilden bald eine ausgedehnte Stadt, in der Zehntausende von Arbeitern, Angestellten und Ingenieuren Quartier bezogen haben.

Am 6. April haben die Erdarbeiten begonnen. Bereits zwei Monate später wächst die erste Produktionsanlage in die Höhe. Im August ragen schon die ersten Schornsteine auf. Hohe Kühltürme, die weißen, fensterlosen Mauern der Werksgebäude, ein Gewirr von elektrischen Leitungen, dazwischen breite, niedrige Verwaltungsgebäude und Lagerhäuser für die Rohstoffe ergeben ein überwältigendes Bild modernster Industrie. Im Spätherbst soll die erste Anlage bereits Plutonium produzieren. Zwei weitere Anlagen, aus Sicherheitsgründen einige Meilen entfernt, dazu Trennanlagen, Pumpstationen und Wasserreinigungsanlagen bilden die Hanford Engineer Works, die erste große Plutoniumfabrik der Welt.

Am Rande des Produktionsfeldes hat die Gesundheitsabteilung eine Baracke bezogen. Im Untersuchungsraum herrscht Hochbetrieb. In zwei langen Reihen defilieren halbentkleidete Männer langsam an Ärzten vorbei. Heute findet die fällige Reihenuntersuchung für die Transportarbeiter und die Leute von der Trennanlage statt. In dem großen, hellen Raum riecht es nach Schweiß, Chloroform und kaltem Rauch. Die Ärzte haben müde Augen, aber sie untersuchen jeden Mann genau, prüfen die Reflexe und hören die Lungen- und Herzgeräusche ab. Alle Körperteile, besonders aber Gesicht und Hände, werden sorgfältig abgesucht, ob auch keine Hautreizungen, die von radioaktiven Strahlen herrühren könnten, zu sehen sind. Mann für Mann passiert diese Kontrolle des Arztes und tritt zuletzt noch zu einer der Schwestern, die von jedem eine Blutprobe nehmen.

Tag für Tag finden solche Untersuchungen statt. Jeder im Werk Beschäftigte durchläuft in regelmäßigen Zeitabständen diese ärztliche Kontrolle.

Chemiker und Physiker untersuchen die Abwässer, bevor sie in den Columbia River geleitet werden. Die Flußtemperatur wird gemessen, um die Erwärmung des Flußwassers festzustellen, die durch das hineingeleitete Kühlwasser entsteht.

Alle diese Untersuchungen liefern befriedigende Resultate. Der Betrieb der ganzen Anlage scheint sicherer zu sein, als man vorher erwartet hatte.

Die Plutoniumproduktion hat begonnen. In dem großen Werk werden je Tag nur wenige Gramm Plutonium erzeugt. Man kann sich leicht denken, daß auf Grund des riesigen Aufwandes ein Gramm dieses Stoffes viel teurer ist als ein Gramm Gold. Aber es ist auch fürchtbar gefährlich, dieses Plutonium. Geht ein einziges Gramm verloren, verteilt es sich im Staub der Luft und wird von Menschen eingeatmet, so kann es für die Betroffenen den Tod bedeuten. Deshalb erstreckt sich über die ganze Anlage ein Netz von Strahlenmeßgeräten, die mit Warnanlagen gekoppelt sind. Außerdem trägt jeder, der sich innerhalb des Werksbereiches aufhält, ein füllfederhalterähnliches Elektroskop, das die Strahlenmenge, die ihn trifft, ungefähr anzeigt.

Das in den Reaktorkammern erzeugte Plutonium wird in einer langen Reihe chemischer Prozesse vom Uran und anderen Fremdstoffen getrennt, bis schließlich die winzigen Mengen des reinen Elementes übrigbleiben, die in Spezialbehältern gesammelt werden. So vergrößert sich mit jedem Tag die Menge des vorhandenen Plutoniums und wartet auf den Tag, an dem sie, als Bombe zusammengeballt, explodieren wird.

## **Wunder- waffen**

In Amerika, in England und auch in Deutschland herrscht Aufregung. Hitler hat in seiner letzten Rede neue, beispiellose Waffen, Wunderwaffen, angekündigt, die den Krieg entscheiden sollen. Haben die Deutschen doch den Wettlauf gewonnen? Haben sie die Atombombe?

Tage vergehen. Die Eingeweihten, die vorraussehen, was das bedeuten kann, warten mit unerträglicher Spannung auf den Einsatz dieser Wunderwaffen, auf die erste Explosion einer deutschen Atombombe.

Nach den jüngsten Kriegseignissen ist mit einem Einsatz der neuen deutschen Waffe im Osten zu rechnen, denn 179 deutsche und 61 verbündete Divisionen können den Vormarsch der sowjetischen Armeen nicht aufhalten. Die deutsche Blockade um Leningrad ist durchbrochen worden. Bei Woronesh, am Don, im Nordkaukasus und bei Rshew werden Hitlers Generale geschlagen. Bis zum April 1943 ist die Rote Armee an einigen Frontabschnitten 600 und 700 Kilometer vorgerückt. Am 5. August wird Orel befreit, am 23. August erobern rote Batail-

lone Charkow. Smolensk, das ganze Donezgebiet, Kiew und eine Reihe anderer Städte werden den Faschisten entrissen. Und der harte russische Winter steht vor der Tür. Die sowjetischen Truppen stehen bald an der Weichsel. Die Deutschen würden also ihre Atomwaffen zuerst im Osten einsetzen.

Die britische Luftwaffe hat seit 1942 die Taktik der Flächenangriffe auf deutsche Großstädte verfolgt. Angriffe mit tausend und mehr Flugzeugen werden geflogen, die sich gegen die deutsche Bevölkerung richten. Jetzt fürchten die Briten die deutsche Atombombe. Seit dem Frühjahr 1944 fliegen fast pausenlos die Raketen V1 und V2 über den Kanal, doch die Atombombe fällt nicht.

Reichspropagandaminister Goebbels kündigt erneut die Wunderwaffen an. Doch auch nach dieser Drohung geschieht nichts.

Britische Bomben haben 1944 das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem getroffen. Die langjährige Wirkungsstätte Otto Hahns und Lise Meitners ist ein Trümmerhaufen.

Professor Hahn steht vor seinem zerstörten Institut.

Ein bitterer Groll erfüllt ihn, und seine Gedanken mischen sich mit Erinnerungen und Zukunftsplänen, die der Krieg vernichtet hat.

Doch das wird nicht das Ende seiner Arbeit sein. Ein Teil der Geräte und Einrichtungsgegenstände, die noch geborgen werden konnten, werden unter Otto Hahns Leitung auf Lastwagen verladen. Er hat auch diesen Schmerz überwunden. Sein Institut soll nach Süddeutschland, in das kleine Städtchen Hechingen, verlagert werden. Professor Hahn wird dort ohne Verzug seine Forschungsarbeiten wieder aufnehmen.

Auch die Versuche zur Erzeugung einer Kettenreaktion müssen im Süden Deutschlands weitergeführt werden. Der große Endversuch wird nach langen, sorgfältigen Vorbereitungen in Haigerloch aufgebaut. Diesmal sind es 680 Metallwürfel, insgesamt 1500 Kilogramm Uran. Das ist alles, was sich zur Zeit in Deutschland und in den noch besetzten Gebieten auftreiben läßt.

Diese Uranwürfel hängen an Aluminiumdrähten in einem Magnesiumkessel, welcher mit schwerem Wasser gefüllt ist. Eine vierzig Zentimeter dicke Graphitschicht, die allein ungefähr 15 Tonnen wiegt, umgibt das Ganze.

Der Versuch läuft unter den Augen der beteiligten Forscher an. Es ist wohl keiner unter ihnen, der nicht aufs äußerste gespannt wäre. Die Meßgeräte zeigen den ansteigenden Neutronenstrom, während die Regulierstäbe langsam herausgezogen werden. Wird diesmal der kritische Wert erreicht?

Um einige wenige, aber entscheidende Skalenteile bleiben die Zeiger unter den roten Marken. Auch diese letzte Anstrengung ist vergeblich gewesen.

Die deutschen Vorräte an Uranmetall sind erschöpft. Es gibt keine Möglichkeit mehr, weiterzukommen. Auch das norwegische Werk, das bisher schweres Wasser für die Versuche geliefert hat, ist durch einen Angriff zerstört worden und produziert nicht mehr. In Deutschland gibt

es keine Atombombe, und es wird keine mehr geben. Hitlers und Goebbels' Gerede von Wunderwaffen ist leere, ohnmächtige Drohung von Leuten, die den Untergang ihrer Herrschaft vor Augen haben.

### **Das Laboratorium in der Wüste**

Kahl, rau und schon im zeitigen Frühjahr glühend heiß sind die Berge in Los Alamos, Neumexiko. An den Hängen der breiten Tafelberge wuchern Kakteen und meist dickfleischige Gewächse, die der langen Trockenheit des Sommers standhalten müssen.

Etwa dreißig Meilen von Santa Fé entfernt, auf einem erhöhten Plateau, herrscht der betriebsame Lärm einer riesigen Baustelle. Noch vor wenigen Monaten standen auf diesem öden Fleck nur die kümmerlichen Gebäude eines kleinen Internats. Doch nach dem Frühjahrsregen rollten lange Kolonnen von Lastwagen, beladen mit Baumaterial, Kränen, Maschinen und Barackenteilen, die engen, gewundenen Gebirgsstraßen herauf. Omnibusse brachten Scharen von Arbeitern. In wenigen Monaten wuchsen Wohngebäude, Laboratorien, Läden, Kraftanlagen und Werkstätten empor. In Los Alamos entsteht das Laboratorium zur Entwicklung der Atombombe. Mit großen Mühen und Kosten werden Versuchsanlagen antransportiert. Im Februar 1943 trifft ein in seine Teile zerlegtes Zyklotron von der Harvard-Universität ein. Die Montage des großen Gerätes beginnt sofort und dauert nur wenige Monate. Die Universität Wisconsin stellt zwei Van-de-Graaff-Generatoren zur Verfügung, und die Universität Illinois trägt eine Cockcroft-Walton-Anlage zur Ausrüstung des Laboratoriums bei. Mehrere Lastwagenladungen kleinerer Geräte befriedigen einigermaßen den Bedarf der in Los Alamos versammelten Wissenschaftler.

Professor Oppenheimer hat seit einiger Zeit begonnen, einen Stab von Wissenschaftlern um sich zu sammeln, welche die Endphase der Entwicklung der Atombombe in die Hände nehmen sollen.

Aus allen Teilen des Landes treffen Physiker, Chemiker, Biologen, Ingenieure in Los Alamos ein. Auch Niels Bohr aus Dänemark und eine Delegation englischer Wissenschaftler unter der Leitung von James Chadwick beteiligen sich an den Forschungsarbeiten. In kurzer Zeit ist eine Elite der Wissenschaft in der Wüste Neumexikos versammelt. Nach einem halben Jahr ist das Laboratorium in Los Alamos zum modernsten Atomversuchsfeld der Welt geworden.

Die trockene Augusthitze wölbt sich wie eine glühende Glasglocke über Neumexiko. Nur wenige ausgedörrte Gewächse, mit dicken Staubschichten bedeckt, verkümmern zwischen den Felsbrocken am Straßenrand. Lastwagen winden sich langsam durch die Schlucht hinauf zum Plateau. Zwischen den gewaltigen Bergen und weiten Flächen, die in sengender Hitze ohne irgendeine Bewegung liegen, verliert sich der Motorenlärm, als würde er von der flimmernden Luft aufgesaugt.

Auf dem Plateau herrscht reges Treiben. In weiß gekalkten Gebäuden arbeiten schon die Wissenschaftler. Über große Gerüste schallen die

Rufe der Maurer und Zimmerleute. Transportkolonnen laden Kisten von staubverkrusteten Lastwagen. Amerikanische Offiziere, Handwerker, Mädchen, Soldaten, Professoren in breitkrempigen Sonnenhüten, jüngere Wissenschaftler und Ingenieure bewegen sich zwischen den fertigen und halbfertigen Gebäuden der Stadt in der Hochwüste. Das ist Los Alamos, das bald über 300 Gebäude zählt, in denen über 2000 Wissenschaftler und Techniker mit der Herstellung der ersten Atombombe beschäftigt sind.

Die Arbeiten stehen vor der Lösung der letzten Probleme. Zwar liegen bisher weder Uran 235 noch Plutonium in ausreichender Menge vor, um tatsächlich eine Bombe herzustellen, aber die Voruntersuchungen sind so weit fortgeschritten, daß die Herstellung einer ersten Versuchsbombe in Angriff genommen werden kann, sobald der Atomsprenge-  
stoff eingetroffen ist.

Die Uran- oder Plutoniummenge für eine Bombe wird etwa 10 Kilogramm betragen. Diese sogenannte kritische Masse muß zusammengeballt vorhanden sein, damit sich die Neutronen vermehren. Die Kettenreaktion wächst dann lawinenartig an, und zwar so blitzartig schnell, daß sich eine Explosion ergibt, deren Macht der Explosivkraft von zwanzigtausend Tonnen Trinitrotoluol etwa gleich ist, in der Fachsprache mit TNT abgekürzt, dem stärksten bisher bekannten Sprengstoff.

Die Technik der Zündung einer Atombombe bereitete anfangs große Schwierigkeiten. Das Prinzip war eigentlich sehr einfach: Die Masse von zehn Kilogramm Uran 235 sollte innerhalb der Bombenhülle in mehreren voneinander getrennten Stücken angeordnet werden, die erst im Augenblick der beabsichtigten Explosion zusammengefügt werden müßten. Dieser Vorgang muß in winzigen Bruchteilen von Sekunden erfolgen, weil sonst die Explosion mit nur geringer Wirkung verpufft. Ein Stab von Physikern und Technikern entwickelte einen genau durchdachten Zündmechanismus. Die Uranstücke sollten durch elektrisch ausgelöste Zündsätze mit gewöhnlichem Sprengstoff zusammengeschoßen werden. Danach würde die kritische Masse des Urans oder des Plutoniums kompakt und explodierte ohne weitere Zündung.

Alles ist genau berechnet worden. Es existiert eine vollständige Theorie der Atombombe. Trotzdem – über den Erfolg wird erst ein Versuch die Entscheidung fällen. Noch weiß man nicht, ob es vielleicht nur eine Teilexplosion geben wird, die das so mühsam gewonnene Uran 235 oder das Plutonium auseinanderreißt, ehe die Kettenreaktion vollständig abgelaufen ist. Die geschätzte kritische Größe der Uranmenge entspricht zwar gründlichen theoretischen Vorarbeiten, aber man hat noch keinerlei Bestätigung für die Richtigkeit.

Ein Versuch mit kleineren Mengen Uran 235 oder Plutonium ist unmöglich, weil diese Atomsprenge-  
stoffe, solange ihre zusammengeballte Masse kleiner als die kritische Masse ist, auf keine Weise explodieren können. Das Experimentum crucis kann nur die große Bombe liefern.

In weniger als zwei Jahren wurden in Los Alamos sämtliche Probleme gelöst, die im Zusammenhang mit der Atombombe standen. Zehntausende von Menschen haben mitgearbeitet, mehr als tausend Millionen Dollar sind in diese Arbeiten hineingesteckt worden. 1945, das sechste Jahr des Krieges, wird das Jahr sein, in dem der letztlich doch so fragwürdige „Erfolg“ dieses gewaltigen Aufwandes sichtbar werden soll.

**Wüste** Der April des Jahres 1945 ist ungewöhnlich warm. Von Tag zu Tag platzen Tausende von Knospen auf, zusehends rollen sich die zartgrünen jungen Blättchen auf, und während sonst um diese Zeit gerade die ersten Blüten der Apfelbäume rötlich an den knorrigen, kahlen Ästen schimmerten, stehen sie schon in voller Pracht. Es ist, als spürten sie, daß der Krieg zu Ende ist und nun endlich wieder die Zeit des fröhlichen Blühens kommen darf.

**Europa**

Im Tale der Eger marschieren deutsche Soldaten westwärts, doch es sind keine Marschkolonnen mehr, sondern lose Trüppchen, ohne Kommando, ohne Ziel, gleichgültig. Ihre Waffen liegen weit hinter ihnen im Straßengraben. Lederkoppel und Stahlhelme haben sie dazugeworfen. In der Gefangenschaft braucht man das nicht mehr.

Südlich der Stadt Eger werden die Gefangenen in einem großen, von Stacheldraht umzäunten Gelände aufgefangen. Kauende Amerikaner weisen den Weg und „kaufen“ Armbanduhren für ein, zwei oder drei Päckchen Zigaretten.

Der Krieg in Europa ist zu Ende. Kurz bevor die Truppen der Roten Armee, die Straße um Straße der deutschen Hauptstadt Berlin erobert haben, in die Reichskanzlei eindringen, nimmt sich Hitler das Leben. Verschiedene seiner Anhänger folgen diesem Beispiel, andere versuchen zu fliehen. Am 7. Mai wird in Reims das vorläufige Protokoll über die bedingungslose Kapitulation der deutschen Truppen unterzeichnet.

**Die** Alle Vorbereitungen sind bis zum Juli 1945 abgeschlossen, die Erprobung der ersten Atombombe in den Vereinigten Staaten steht unmittelbar bevor. Mehr als fünf Jahre angestrengtester Forschungsarbeit eines Heeres von Wissenschaftlern, Ingenieuren, Technikern und Arbeitern hat dieses Werk zur Vollendung geführt. 150 000 Menschen, darunter 14 000 Physiker, Chemiker und Ingenieure, beteiligten sich an diesem gewaltigen Projekt. Die gesamten Ausgaben betragen etwa 2000 Millionen Dollar. Aber der Krieg in Europa ist beendet, Hitler-Deutschland zerschlagen, noch ehe die amerikanische Atombombe eingesetzt werden konnte. Auch der Krieg im Fernen Osten ist bereits entschieden. Die Japaner leisten zwar noch verzweifelten Widerstand, doch ihre endgültige Niederlage ist unabwendbar.

**Neumexiko-  
Probe**

Die für den Krieg entwickelte Atomenergie wird dem friedlichen Aufbau zugewendet werden können. Wie das geschehen soll, ist zwar noch nicht abzusehen, doch auch dieser Weg wird gefunden werden.

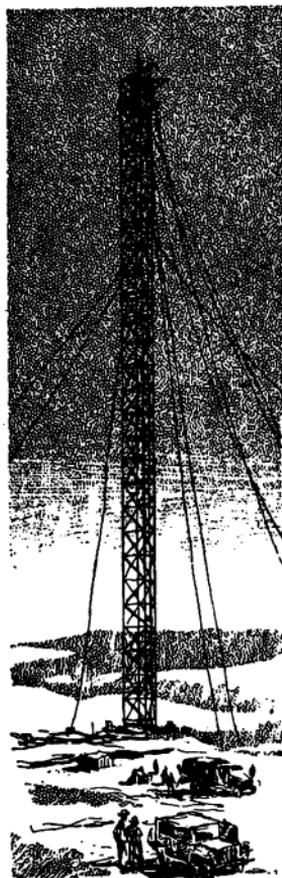
Die Welt hat die grausige Herrschaft faschistischer Staaten über andere Länder erlebt und die Leiden eines fast sechsjährigen Krieges erfahren müssen, der mehr als dreißig Millionen Menschen das Leben kostete.

Die Existenz der Atombombe, so hoffen wohl die meisten der eingeweihten Wissenschaftler, wird in Zukunft solche Kriege unmöglich machen.

Zweihundert Kilometer südöstlich von Albuquerque in der Wüste von Neumexiko wird in den ersten Tagen des Juli ein hoher Stahlurm errichtet. Die Teile werden auf Lastwagen durch den Geröllboden herangefahren und an Ort und Stelle montiert. Nach vollbrachter Arbeit verschwindet die Montagekolonne wieder. Am 12. Juli, nachts, beginnt in einem alten Ranchhouse in der Nähe dieses Stahlturmes die Schlußmontage der Atombombe. Die Teile sind aus verschiedenen Gegenden des großen Landes hier angekommen. Die Spannung der Gelehrten steigt von Stunde zu Stunde. Ganze Städte sind für diesen Zweck gebaut worden, gewaltige neue Industrieanlagen entstanden, in denen eine bestimmte kleine Menge Materie hergestellt worden ist, die zu einer ungeheueren und vorher nie erfahrenen Kraftwirkung gebracht werden soll.

Langsam, präzise geht die Schlußmontage vor sich. Blanke, auf tausendstel Millimeter genau geschliffene Teile werden verschraubt, Kontakte eingestellt, Drähte verbunden. Doktor R. F. Bacher hat das Herzstück der Bombe zu montieren. Die Kollegen stehen in atemloser Spannung und sehen seinen ruhigen Bewegungen zu. Sie wissen alle, daß eine falsche Bewegung sie und ihre ganze Arbeit vernichten kann. Und so stehen sie hier mit unerträglich gespannten Nerven.

Am Sonnabend, dem 14. Juli, wird das metallische Gebilde, von dem Erfolg oder Mißerfolg der ganzen Arbeit abhängen, am Stahlurm aufgezogen. Langsam hebt sich die Versuchsbombe über den Boden, schwankt aufwärts, während die Stahlseile Zentimeter um Zentimeter über die Rolle laufen. Über eine Stunde dauert es, bis der metallene Körper die vorgesehene Lage erreicht hat und dort fest verankert worden ist. Keiner weiß, wie dieses Ding reagieren wird. Vielleicht gibt es nur einen zischenden Puff, ein paar Kubikmeter geschmolzenen Sand und zerstörte Hoffnungen; vielleicht aber ist die Wirkung so gewaltig, daß die vorgesehenen Sicherheitsmaßnahmen nicht ausreichen und die Beteiligten ihre „Vorwitzigkeit“ mit dem Leben bezahlen werden. Doch die Entscheidung möge so oder so ausfallen, alles ist besser als diese quälende Ungewißheit.



Brigadegeneral Thomas F. Farrell, Beauftragter von General Groves, hat vor der Montage einen Empfangsschein unterzeichnet. Damit haben die Forscher das Ergebnis ihres Werkes den Vertretern der Armee übergeben.

Die Montage der Signalanlagen, des Fernzündungsmechanismus, der Beobachterunterstände und der nötigen Fernsprech- und Funkverbindungen dauert noch den ganzen Sonntag. Am Montag, dem 16. Juli, morgens vier Uhr soll die Versuchsbombe gezündet werden.

Schwarze, sternenlose Nacht liegt über der Erde. Mitternacht ist vorüber. Noch knapp drei Stunden trennen die Leute von Los Alamos von der entscheidenden Sekunde. Da fällt ein Sturm über das Gebirge, heult und pfeift und trägt dichte Staubwolken über die Ebene. Ein greller Blitz zuckt hinter den Hügelketten, und Sekunden später folgt ein mächtiger Donnerschlag – das Echo rollt durch den Raum. Weitere Blitzschläge zucken nieder, und nach einem Donnerschlag, der die Erde zu erschüttern scheint, stürzt dichter, kalter Regen auf die Männer im Hauptlager. Das Gewitter tobt über eine Stunde lang mit unverminderter Heftigkeit, scheint gegen halb drei Uhr nachzulassen, kehrt aber nach einer Stunde wieder zurück. Der Tanz der Naturkräfte beginnt von neuem. Der Wetterexperte studiert seine Instrumente, vergleicht mit den Meldungen umliegender Wetterstationen, aber er kann nicht mit Sicherheit sagen, ob sich das Wetter bis vier Uhr, dem festgesetzten Zeitpunkt für die Zündung der Bombe, beruhigen wird.

Es ist kurz nach drei Uhr. Die Hauptpersonen, darunter General Groves, Dr. Vannevar Bush, Leiter des Amtes für wissenschaftliche Forschung und Entwicklung der Vereinigten Staaten, Dr. James R. Conant, Präsident der Harvard-Universität, Professor Dr. Oppenheimer und Dr. K. T. Bainbridge vom Massachusetts Institut of Technology, der die Auslösung des Zündmechanismus vornehmen wird, gehen in strömendem Regen auf den vordersten Kontrollpunkt zu. Dieser Unterstand aus Holz und Erdreich befindet sich etwa neun Kilometer südlich des Turmes. Sie finden trotz des Unwetters noch alles in Ordnung. Auf dem Rückweg beschließen sie, die Explosion um einundeinehalbe Stunde zu verschieben. Wieder erleuchtet ein greller Blitz die nahen Gebirgsketten. Die Männer treffen völlig durchnäßt im Hauptlager ein. Mit zäher Langsamkeit rücken die Zeiger der Uhren. Vier Uhr ist vorüber. Das Unwetter scheint doch endlich nachzulassen. Sie lauschen auf das monotone Geräusch des Regens und versuchen sich gegenseitig zu überzeugen, daß das Klatschen und Trommeln der Tropfen schwächer wird. Immer noch jagen tiefhängende schwarze Wolken dahin, aber schon blinkt für Augenblicke ein Stern durch die schwarz-grauen Fetzen.

Das Hauptlager ist 15,5 Kilometer vom Stahlurm entfernt, den man im Morgengrauen schon erkennen kann. Der Zeitpunkt der Explosion ist endgültig festgelegt worden.

Durch die Lautsprecher ertönt die Stimme von Dr. S. K. Allison von der Chicago-Universität:

„Achtung, Achtung! Noch zwanzig Minuten bis zur Explosion!“ General Groves und General Farrell verabschieden sich. Sie wollen sich für den Fall, daß ein Unglück geschieht, nicht an ein und demselben Ort befinden. General Groves geht hinaus. Als ihm Professor Oppenheimer noch einmal zuwinkt, nickt er zustimmend, aber sein Lächeln ist krampfhaft.

Wieder meldet sich die Stimme im Lautsprecher: „Noch fünfzehn Minuten! – Bitte nehmen Sie Ihre Plätze ein!“

Diese Zeitansagen treiben die Spannung zum Zerspringen. Etwa zwanzig Männer, darunter Professor Oppenheimer mit seinen engsten Mitarbeitern, einige Offiziere, der Wetterexperte, befinden sich auf der Kommandostation. Dr. Kistiakowsky verteilt Blaugläser, die eine direkte Beobachtung der Explosion ermöglichen sollen. Letzte Vorbereitungen werden getroffen.

Nach dem charakteristischen Knacken im Lautsprecher verkündet die Stimme von Dr. Allison: „Noch zehn Minuten...“

Man denkt in solchen Minuten über manches nach, über persönliche Angelegenheiten, über irgendwelche ganz unwichtige Dinge oder über den Sinn unseres Daseins, und man wird gewahr, wieviel man in fünf Minuten denken kann. Doch diese Sekunden sind nicht länger als zu irgendeiner anderen Zeit. Jetzt muß die Ansage der fünf Minuten kommen.

Das ist sie: „Achtung, Achtung, noch fünf Minuten!“

Die Männer legen sich, den Anweisungen entsprechend, auf den Erdboden, die Füße nach dem Ort der zu erwartenden Explosion.

„Noch vier Minuten...“

Es ist jetzt 5 Uhr 26. Die klare, frische Morgenluft streicht durch die Beobachtungsluken. Verschwommene Wolken bedecken noch den Horizont. Professor Oppenheimer bemerkt zum erstenmal, daß in einer Ecke des Unterstandes ein ganzer Schwarm Ameisen über die Wand kriecht, große gelbliche Tiere, die ihre Eier scheinbar sinnlos hin- und hertragen. Er erkennt deutlich, wie –

„Noch zwei Minuten!“

Dr. Bainbridge steht als einziger. Neben dem Druckschalter liegt seine Armbanduhr. Für ihn gibt es im Moment nur diesen Zeiger, der von Sekunde zu Sekunde springt und von dem er kein Auge wendet.

„Noch eine Minute!“

Die Männer sehen sich gegenseitig an. Zu sprechen wagt keiner mehr. Dr. Bainbridge beißt die Zähne aufeinander. Sein Blick saugt sich förmlich am Sekundenzeiger der Uhr fest. Jetzt springt der Zeiger auf den dritten Strich. Bainbridge drückt die Schalttaste nieder. In 45 Sekunden wird die Entscheidung fallen.

Der Zündmechanismus ist in Gang gesetzt. An der Bombe tickt das Zeitstellwerk bis zum Auslösekontakt. Die meisten halten den Atem an, ohne es zu merken. Professor Oppenheimer sieht starr vor sich hin. Die Last der Verantwortung drückt ihn wie ein riesiger Stein. Bleich und ernst wartet er mit den anderen die letzten Sekunden.

„Fünf Sekunden – drei Sekunden –“ Diese raue Stimme, Allison's Stimme, ist nicht wiederzuerkennen. „Eine Sekunde – Jetzt!“ – Ein greller Lichtausbruch erleuchtet mit ungeheurer Klarheit die umliegenden Gebirgsketten. Die Männer wälzen sich herum und sehen, die Blaugläser vor den Augen, einen riesigen, furchtbaren Feuerball über dem Ort der Explosion. Sein Licht, heller als die klarste Sonne, beleuchtet die Gegenstände der Umgebung mit unerträglicher Schärfe.

Darauf folgt ein erschütterndes, anhaltendes Krachen. Die Männer reißen instinktiv den Mund auf. Eine schwere Druckwelle reißt zwei von ihnen, die vorzeitig aufgestanden sind, zu Boden. Am Ort der Explosion kocht eine riesenhafte, wogende Wolke, die in grellen gelben, blauen und weißen Farben gleißt, gegen den Himmel. Minuten vergehen, in denen diese Wolke mit unheimlicher Schnelligkeit emporwächst. Allmählich färben sich ihre Ränder dunkel. Aus der anfangs kugelförmigen Gestalt ist die Form eines Pilzes gewachsen, die von den Winden der höheren Regionen langsam aufgelöst wird.

Die Spannung unter den Beobachtern ist gewichen. Allmählich entspannen sich die Züge. Professor Oppenheimer spürt fast körperlich, wie der Druck von ihm weicht. Hände werden geschüttelt, manche umarmen sich glücklich. Und die Gratulationen, die sich die Forscher zurufen, scheinen der Geburtsstunde eines Zeitalters zu gehören, in dem die Existenz solcher Waffen jegliche Kriege unmöglich machen soll.

Selbst die Wissenschaftler können sich nicht ausmalen, was die Beherrschung solcher Energien für die Menschheit bedeuten wird. Aber sie ahnen es, und ihre unsägliche Freude über das gelungene Experiment gilt auch dem nahen Ende dieses letzten Krieges und der herrlichen Zukunft der Menschheit, zu der sie den ersten Schritt getan zu haben glauben.

Ist dieser Blick nicht zu sehr Illusion? – Was die technische Seite des Problems anbetrifft, so sind die Forscher wohl als erste in der Lage, einen Blick in die Zukunft zu tun. Aber wird es wirklich keine Kriege mehr geben? Wird die Welt so ausschließlich von der Vernunft regiert?



## Der 6. August 1945

Die Sonne scheint schon durch die Zweige des großen Apfelbaumes und spiegelt sich in tausend Tautropfen, an Blättern und Halmen. Lange Schatten fallen durch die zierlichen Holzgitter vor den Fenstern eines japanischen Holzhauses bis auf den niedrigen Tisch mit eben noch benutztem Geschirr. Gegen drei Viertel sieben verläßt der Maschinenschlosser Hiroomi Marumori dieses Haus. Seine junge schlanke Frau, nur in einen leichten Haori gehüllt, sieht ihm nach, wie er, die alte Ledertasche unter den Arm geklemmt, die Straße zur Haltestelle der Straßenbahn hinuntergeht. Und sie denkt jeden Morgen wieder, wie gut es ist, daß er seit Kriegsbeginn in der Rüstung arbeitet, anstatt als Soldat irgendwo herumzuliegen. Sie sehen sich jeden Abend und jeden Morgen, und sie können nachts, wenn die Sirenen heulen, wenigstens zusammen im Luftschutzkeller hocken.

Er ist ihren Blicken entschwunden. Vielleicht steigt er gerade in die Bahn, oder er kauft eine Zeitung.

Sie geht hinein, um die Kinder zu wecken. Der Junge ist zwölf, das Mädchen zehn, beide dünn und hohlwangig – Kinder, die im Kriege aufgewachsen sind. Die beiden sind noch mit dem Ankleiden beschäftigt, da heult wieder die Alarmsirene. Die Mutter eilt in den Garten hinaus, doch am Himmel ist nichts zu sehen. Weit in der Ferne hört man einige Flugzeuge brummen. Viele scheinen es nicht zu sein. Die drei lassen sich also vorläufig nicht bei ihrem Frühstück stören, lauschen nur häufig nach draußen . . . Die Kinder sind das alles seit Jahren gewöhnt und tun, als sei nichts weiter dabei, aber als gegen sieben Uhr dreißig die Entwarnung kommt, richten sich ihre Rücken auf. So, als hätten sie eine Last von sich geworfen, springen die Kinder hinaus in den Garten, bespritzen sich gegenseitig mit Wasser, und ihre nackten Zehen reißen Halme aus dem feuchten Gras. Die junge Mutter lehnt

**Wie man  
Städte  
„auslöscht“**

lächelnd an der Tür. Die Wärme der Morgensonne streichelt ihre frische Haut, über die die kühle Seide des blauweißen Kimonos gleitet, während sie ihr schwarzglänzendes Haar kämmt. Sie schaut den ausgelassenen Kindern zu, und in ihren Gedanken ist nichts außer dieser Gegenwart. Nur kurze Minuten sind es an manchen Tagen, die der Krieg so unberührt läßt.

Die Kinder holen ihre Schulsachen und verabschieden sich von der Mutter, der Junge flüchtig, mit einem leichten Hang ins Störrische, das Mädchen dafür um so zärtlicher. Am Gartentor winkt sie noch zurück. Mit einem Mal ist es still im Garten geworden. Doch es ist eine sonnenhelle, freundliche Stille.

Einige Stunden früher – die 509. Composite Group, eine Sondereinheit der amerikanischen Luftwaffe auf Tinian in den Marianen, bereitet den Tod vor. Eine Stunde vor Mitternacht schlendern die Offiziere über den spärlich erleuchteten Platz nach dem Andachtsraum. Oberst Tibbets, Major Lewis, Captain Parsons gehen schweigend nebeneinander her. Spannung ist in ihnen, die keine belanglosen Worte zuläßt. Sie wissen, daß sie eine Stadt vernichten werden mit allen Menschen. Alle wissen es aus den vorsichtigen Andeutungen General Farrells und der anwesenden Wissenschaftler. Erstaunlich viele sind zur Andacht gekommen. Kaum einer fehlt von den 15 Besatzungen. Sie sitzen schweigend, und mit sanfter Stimme betet Kaplan William B. Downey: „Mögen die Männer, die diese Nacht fliegen, sicher in Deiner Hut ruhen, und mögen sie gesund zu uns zurückkehren. Wir werden im Vertrauen auf Dich hinausgehen, denn wir wissen, daß wir in Deiner Hand sind, heute und in Ewigkeit. Amen.“

Die Stadt Hiroshima hat noch 9 Stunden und 15 Minuten zu leben. Um zwei Uhr fünfzehn ist das Rollfeld in eine Lichtflut getaucht. Drei große Maschinen, die „G r e a t A r t i s t e“, die „E n o l a G a y“ und die Maschine Nr. 44–191 stehen vor den Kameras der Reporter, die sich um die Besatzungsmitglieder drängen, schnell noch eine Uhr, einen Ring oder irgend etwas anderes mitgeben wollen, um später einen Gegenstand zu besitzen, der „dabei“ war.

Genau zwei Uhr fünfundvierzig starten die Maschinen. Die „E n o l a G a y“, eine Maschine vom Typ B 29, kommt schwer vom Boden ab. Ihr Fluggewicht von vierundfünfzig Tonnen ist um sieben Tonnen überschritten. Dabei trägt sie nur eine einzige Bombe.

Der erste Pilot, Colonel Tibbets, zieht auf die vorgeschriebene Flughöhe: 4700 Fuß. Captain Parsons und sein Assistent Leutnant Morris Jepson zwingen sich in den Bombenschacht hinunter, um die Drähte des elektrischen Zündmechanismus in genau vorgeschriebener Reihenfolge zu verbinden. Als sie wieder heraufkommen, stehen ihnen Schweißperlen auf der Stirn. Die Bombe ist jetzt scharf.

Die Fluggeschwindigkeit beträgt zweihundertfünfzehn Meilen je Stunde. Türme von Kumuluswolken erschweren den Flug, schütteln die Maschinen und versperren zeitweilig die Sicht. Der Mond steht als kleiner, heller Fleck am Himmel. Der Ozean unter ihnen ist nur zu

ahnen. Gegen fünf Uhr erreicht die Maschine Iwo Jiwa. Während die Sonne rot über den Horizont steigt, geht die B 29 auf 9000 Fuß Flughöhe. Die Begleitmaschinen ordnen sich hinter der „Enola Gay“ zur Dreierstaffel.

Die amerikanischen Generalstäbler haben ihre Forderung gegen die Stimmen vieler Wissenschaftler durchgesetzt. Die erste Atombombe soll auf die japanische Stadt Hiroshima fallen. Die Stadt, 344 000 Einwohner, wichtiger Kriegshafen und Armeeverpflegungsdepot, soll ausgelöscht werden.

Die japanische Kriegsmacht ist bereits zerbrochen und zieht sich halb aufgelöst, zum Teil noch kämpfend, auf das Mutterland zurück.

Ist der Einsatz der Atombombe überhaupt noch notwendig? Einige Wissenschaftler, die die Bombe mit schufen, haben vor ihrem Einsatz gewarnt. Doch die Militärs blieben auf Weisung der herrschenden Kreise hart: „Wozu haben wir die Bombe, wenn wir sie nicht einsetzen? Die Russen sollen merken, daß wir den längeren Arm haben!“

Ist es vielleicht nur ein fürchterliches Experiment, das amerikanische Militärexperten mit Hunderttausenden von Frauen und Kindern machen wollen, um die Wirkungen der neuen Waffe zu studieren, bevor ihnen der Waffenstillstand die Möglichkeit dazu nimmt? Wollen sie die Menschen in Angst und Schrecken versetzen, so das „amerikanische Jahrhundert“ einleitend, von dem sie dauernd sprechen und das die Herrschaft der amerikanischen Imperialisten über die ganze Erde bedeuten soll?

Die Männer der Besatzung haben nicht solche Gedanken. Sie halten den vorgeschriebenen Kurs, kauen Schokolade und trinken von Zeit zu Zeit heißen Kaffee aus Thermosflaschen. Im Morgengrauen überfliegen sie ein ausgedehntes Wolkenfeld. Gegen sieben Uhr ist die Sicht wieder klar. Zwischen den drei Flugzeugen und den Japanischen Inseln liegen noch etwa vierhundert Kilometer.

Der zwölfjährige Tetuo läuft schweigsam, die Hände in den Taschen vergraben. Das Mädchen geht einen Schritt hinter ihm. Sie denken an ihre kleinen Probleme, stoßen Steinchen mit den Füßen vorwärts und weichen den Erwachsenen aus, die mit ernstern Gesichtern vorüberhasten. Anscheinend haben sie keine Angst vor den Bombenflugzeugen, die zu jeder Stunde aus dem weiten, blauen Himmel herunterstoßen können. Seit sechs Jahren sind sie es gewöhnt. Die Angst sitzt tiefer, in den Gedanken, in vergessenen Wünschen, in den leise zitternden Händen. An diesem Morgen gibt es keinen Alarm. Gegen 9 Uhr 15 erscheinen über der Stadt drei Flugzeuge, so hoch, daß sie mit bloßem Auge kaum zu erkennen sind. Die japanische Luftabwehr hat nichts mehr, was sie einsetzen könnte. Die Flak schießt nur noch bei größeren Angriffen. Wenn einzelne Flugzeuge wie diese drei, meist Aufklärer, erscheinen, wird nicht einmal mehr Alarm gegeben.

Die Kinder gehen auf das große Schultor zu. Klassenkameraden begegnen ihnen, sie drücken sich die Hände, rufen durcheinander. Im Schulgebäude läutet eine Glocke.

Die beiden Piloten der B 29 nicken sich zu. Ein Rundspruch durch das Bordmikrofon verständigt die übrige Besatzung: „Achtung! Fertigmachen zum Abwurf!“ Der Funker P. F. C. Nelson sendet einen langen Dauerton, der im Augenblick des Bombenabwurfs aufhören wird. Unter ihnen liegt Hiroshima. Jetzt können sie schon Einzelheiten erkennen. Große Gebäude, herausragende Tempelbauten, dazwischen breite Straßen, auf denen man sogar Fahrzeuge und winzige Pünktchen, die Menschen, erkennen kann – alles liegt seltsam klar im Lichte der Morgensonne unter ihnen.

Jetzt hat Major Tom Ferebee den Auslösehebel heruntergedrückt. Mit rasender Geschwindigkeit jagt die B 29 davon. 43 Sekunden später steigt hinter ihnen ein riesiger Rauchpilz von der Erde auf. Die Stadt, eben noch unter ihnen im Morgenglanz, ist ein Flammenmeer geworden. Die Flammen scheinen das Stadtzentrum zu schmelzen, und an den umliegenden Hängen schießen Brände empor, als seien sie von der Glut des Zentrums hingespritzt worden.

Die Amerikaner haben bleiche Gesichter. Man darf jetzt nur an die notwendigen Handgriffe denken: Maschinen auf Höhe ziehen – Rückflugkurs aufnehmen – Funkmeldung über erfolgten Bombenabwurf absenden. Um neun Uhr zwanzig fliegen die drei Flugzeuge wieder in 10 000 Meter Höhe und streben mit gleichmäßigem Dröhnen ihrem Flughafen zu.

Die Kinder vor dem Schultor haben sich die Zeit bis zum letzten Klingelzeichen vertrieben, haben Bilder ausgetauscht und, auf den Mauerrändern hockend, ihre Aufgaben verglichen. Da ist plötzlich ein ungeheurer, blendender Lichtblitz, etwas furchtbar Helles, das von allen Seiten zu gleißen scheint. Doch ehe man einen Gedanken fassen kann, schießt eine rasende Druckwelle über den Boden. Ohrenbetäubendes Krachen ist in der Luft, und die Erde zittert unter wuchtigen Stößen. Es scheint, als ob für eine Sekunde Totenstille herrsche. Doch dann wird das Dröhnen und Splintern und Bersten wieder hörbar. Es ist, als stöhnten alle Steine über dem Erdboden. Mauern neigen sich langsam. Brocken fliegen wie Geschosse durch die Luft, und körniger Staub fegt wie ein riesiger Sandstrahl über die Erde. In Sekunden hüllt der Staub alles in Zwielicht und füllt die Luft. Die Bombe ist etwa zwei Kilometer von der Schule entfernt niedergegangen.

Tetuo und seine Schwester haben gerade zwischen den Torpfeilern gestanden. Die Böschungen rechts und links der Stufen haben sie und einige andere Kinder geschützt. Sie liegen auf den Steinstufen, die meisten ohne sich zu bewegen. Tetuo holt mühsam Atem. Staub brennt ihm in der Kehle. Minuten vergehen, bis er vollständig zur Besinnung kommt. Er tastet um sich, richtet sich auf und preßt die Fäuste an die Ohren. Er ringt immer noch nach Atem. Mit den staubverklebten

Augen kann er kaum sehen. Wie ein Blinder tastet er um sich, reibt die Augen, atmet keuchend, faßt einen Schuh an, der zu einem Bein gehört. Der fremde Junge rührt sich ein wenig. Da fällt Tetuo die Schwester ein. Er flüstert ihren Namen, ruft lauter, ruft noch einmal; doch man sieht nur, daß er den Mund bewegt. Außer dem dröhnenden Krachen ist nichts zu hören. Da erblickt er sie gleich neben sich, beugt sich über sie und ruft ihren Namen. Doch erst, als er sie an den Haaren reißt, schlägt sie die Augen auf. Er hilft ihr, sich aufzurichten, wischt ihre Augen aus. Da neigt sie sich zur Seite – ein krampfhaftes Zucken geht durch den kleinen Körper – sie erbricht sich. Schlagartig ist es still geworden. Doch als die Kinder wieder zu hören beginnen, vernehmen sie ein sausendes Geräusch, das Heulen der Flammen. Sie ducken sich immer noch an die Mauerreste, unfähig, irgend etwas zu denken. Ein Hagel von kleinen Steinen und Erdklumpen prasselt dicht neben ihnen auf das Ziegelpflaster des Schulhofes. Tetuo versucht, mit seinem Körper die Schwester zu decken, doch sie bekommen nur einige Spritzer ab. Plötzlich gellt drüben von der anderen Ecke der gräßliche Angstschrei eines Kindes. Tetuo sieht zum ersten Male bewußt seine Umgebung. Um ihn liegen Kinder, manche wimmernd mit gebrochenen Gliedern, viele unverletzt, aber vor Angst noch unfähig, sich zu rühren. Von der Straße her tönen Schritte hastig laufender Menschen. Um die Kinder kümmert sich niemand. Aus der Innenstadt steigen riesige schwarze Rauchwolken auf.

Vielleicht haben die Kinder nach der Mutter geschrien, vielleicht ist es ihnen erst beim Anblick des ungeheuer großen Rauchpilzes in den Sinn gekommen, daß gerade in dieser Gegend das Haus mit der Mutter ist. Sie starren in die Richtung und bewegen die grauen Köpfe wie Erstickende. Wie unter einer Kraft, die ihnen von dort kommt, stehen sie auf, wanken einige Schritte, steigen über Hindernisse bis auf die Straße. Vor ihnen liegt der Weg, den sie vor einer Viertelstunde ahnungslos gekommen sind. Leute hasten an ihnen vorüber, ohne sie zu beachten. Die meisten tragen etwas. Frauen schreien Namen. Auf der anderen Straßenseite bricht eine weißhaarige Greisin zusammen. Ein großer Junge kniet neben ihr nieder. Tetuo zerrt seine Schwester vorwärts, und nun laufen die beiden, so schnell sie können, die lange Straße hinunter. Sie kommen nicht weit. Ein Mann hält sie auf. Sein Gesicht ist schwarz vor Rauch und Dreck.

„Stehen bleiben! Wo wollt ihr denn hin? Da hinten brennt alles!“ Tetuo schlägt um sich, reißt sich endlich los, wartet nach einigen Schritten auf die Schwester. Doch sie werden wieder aufgehalten. Diesmal von einer Gruppe Soldaten, die die Straße absperren. Die beiden Kinder suchen einen anderen Weg. Doch auch dieser wird ihnen versperrt. So irren sie stundenlang ziellos umher, bis sie ein Sanitätstrupp aufgreift. Ohne sie zu fragen, läd man sie auf ein Lastauto. Sie werden aus der Stadt gebracht.

Es dauert fast ein Stunde, bis die Rettungs- und Bergungsarbeiten in Gang kommen. Sanitäter und Ärzte richten notdürftig Verbandsplätze

an den Stadträndern ein. Löschzüge der Feuerwehr versuchen, die riesigen Brände wenigstens einzudämmen. Hilfstrupps aus Soldaten, Polizisten und Freiwilligen kämpfen sich durch die Außenbezirke der Stadt, um noch zu retten, was zu retten ist.

Die ganze Stadt ist ein Flammenmeer. Elf Quadratkilometer, dicht bestanden mit Wohn- und Geschäftshäusern, bilden einen riesigen Glutofen, in dem etwa 80 000 Menschen umkommen. Die meisten sind wahrscheinlich schon durch die Druckwelle, durch Splitter, einstürzende Mauern und herabfallende Steine getötet. Menschenhände sind machtlos. Die Rettungsmannschaften müssen immer wieder Wahnsinnige abwehren, die dennoch in die Innenstadt eindringen wollen, um Angehörige zu suchen.

Der blendende Lichtblitz war durch die große Werkhalle gefahren, heller als das Sonnenlicht. Dann barsten die Fensterscheiben, Glas splitterte, Türen krachten, und Blechstücke, Drehspäne und leichte Werkzeuge wirbelten durch die Luft. Die elektrisch getriebenen Maschinen liefen brummend aus und blieben stehen. Hiroomi Marumori starrte genauso fassungslos wie seine Kollegen hinüber auf die riesige Feuersäule, die aus der Stadt aufstieg. Etwas Unfaßbares, Un – faß – bares war geschehen.

Sein erster Gedanke galt der Frau und den Kindern. Sie hatten zu Hause gegessen, vielleicht im Garten gespielt, da drüben! Hiroomi warf den Hammer weg, den er gerade in der Hand hielt, hob ihn dann aber rasch wieder auf und stürmte hinaus. Keiner versuchte, ihn zu halten. Neben ihm liefen andere Männer, wie er in blauen Monteuranzügen.

Hiroomi läuft. Schweiß rinnt über sein Gesicht, und die Hand krampft sich um den Hammerstiel. Absperrtrupps halten ihn auf. Ein Offizier befiehlt ihm, sich einzureihen. Doch er hört und sieht nichts außer einer nebelhaften, rauchenden und brennenden Umgebung, die erfüllt ist von dumpfem Brausen. Er macht einen Bogen um die Innenstadt, klettert über Ruinen, rauchende Trümmer, verkohlte Menschenleiber. Die leichten Schuhe fallen ihm von den Füßen. Von einem herabstürzenden brennenden Balken fängt seine Jacke Feuer. Er reißt sie in Fetzen herunter und läuft weiter. Seine Hände sind blutig; er weiß nicht, wovon. Rauch treibt Tränen aus den Augen, und die Haut ist grauschwarz von Asche und Staub.

Da ist die Straße, in jedem Garten eine Feuersäule. Die leichten Holzhäuser brennen nieder. Die meisten sind schon zusammengefallen. Hiroomi stürzt die Straße hinauf. Da, da hinter der Ecke muß es sein – gewesen sein.

Nachdem die Kinder gegangen waren, hatte sich die Frau im Innern des Hauses zu schaffen gemacht und war danach in den Garten gegangen. Die freudige Stimmung des Morgens war noch in ihr, als sie klares Zisternenwasser aus der Gießkanne über die Blumen rieseln ließ. Später hockte sie sich vor eins der Gemüsebeete und begann,

Unkraut auszuziehen. Die Nachbarin trat an den Gartenzaun, rief einen Gruß herüber und blieb noch stehen, um ein Gespräch anzuknüpfen. Da fiel die Bombe.

Sie hatte gerade zur Nachbarin aufgeschaut. Das fürchterliche Licht traf mitten in ihr Gesicht. Es war das letzte, was sie sah. Ihre kauernde Stellung, noch dazu in einer kleinen Bodenvertiefung, rettete sie vor der ungeheuren Druckwelle. Trotzdem wurde sie noch erfaßt und in einen Strauch geschleudert.

Die Nachbarin wurde gegen den Zaun geworfen. Die dünnen Latten brachen, und die Splitter bohrten sich in ihr Fleisch. Doch sie spürte es nicht mehr, denn der gewaltige Druck hatte ihre Lungenbläschen zerrissen. Die Frau erstickte, ohne wieder zur Besinnung gekommen zu sein.

Hiroomis Frau, durch die Blendung blind geworden, tastete um sich, versuchte, vorwärtszukriechen. Ihre Hände ergriffen etwas. Sie befühlte es – die Puppe ihrer Kleinen. Da erst stieß sie einen gequälten Schrei aus. Sie spürte nicht, wie die Dornenzweige des Strauches ihren Kimono in Fetzen vom Leibe rissen. Mühsam befreite sie sich von den Dornen. In ihrem Haar war eine weiße Blüte hängengeblieben. Da traf sie ein herabstürzender Stein auf den Kopf. Ohne einen Laut brach sie zusammen, und ihr Blut rann in die Erde.

So fand sie Hiroomi. Er warf sich neben ihr nieder, schüttelte sie. Dann rief er die Kinder. Nur ein heiseres Krächzen kam über seine Lippen. Es hatte kaum noch Ähnlichkeit mit einer menschlichen Stimme. Außer dem Prasseln der Flammen war nichts zu hören. Da begann Hiroomi zu suchen. Als er die tote Nachbarin sah, kam ihm der Gedanke, die Kinder hätten schon in der Schule oder zumindest auf dem Weg dahin sein können. Doch er hatte keine Kraft mehr. Vor sich hin stierend, blieb er neben seiner toten Frau hocken, wiegte sich wie ein Irrer hin und her.

Da fiel sein Blick auf die Hand der Toten, die immer noch die Puppe umklammert hielt. Das riß ihn in die Gegenwart zurück. Stöhnend richtete er sich auf, taumelte einige Schritte auf sein brennendes Haus zu, fiel aber wieder nieder. Das Haus war schon zusammengestürzt. Hiroomi kroch um die brennenden Trümmer herum. Als er die Straße erreicht hatte, richtete er sich auf. Immer noch ohne klare Gedanken, wankte er die altvertraute Straße hinunter, die jetzt, von Steinen und Erdklumpen übersät, zwischen glühenden Aschehaufen hindurchführte. Hiroomi mußte wenigstens die Kinder finden.

Er erwacht auf einem Lager in einer alten Halle mit feuchten, dunklen Wänden. In diesem Notkrankenhaus gibt es keine Betten. Mehr als dreihundert Verletzte liegen auf Stroh und alten Decken zu ebener Erde.

Beim Drehen des Kopfes hat er gemerkt, daß er einen Stirnverband trägt. Auch die Hände sind verbunden. Später tritt eine Krankenschwester zu ihm. Sie ist sehr freundlich. Hiroomi sagt seinen Namen. Dabei sieht er, wie die Schwester ihre Stirn in Falten zieht, wie

jemand, der angestrengt überlegt. Der Kranke muß eine weiße Flüssigkeit schlucken. Er hat auch Fieber, und jetzt spürt er an den Händen und im Gesicht einen eigenartig juckenden Schmerz. Er schaut nach seinem Nachbarn und wieder auf die hohen Fenster des Saales. In seinem Kopf ist eine dumpfe Leere, die sich nur ganz langsam wieder mit Gedanken füllt. Eigentlich sind es keine Gedanken, nur starre Bilder wie auf Photographien. Das einzige, was sich darin bewegt, sind hohe, leckende Flammen.

Plötzlich fährt Hiroomi hoch, doch ein stechender Schmerz im Kopf läßt ihn wieder zurücksinken. Kraftlos liegt er hier, kann nicht fortgehen, nicht die Kinder suchen. Ein ohnmächtiges Stöhnen kommt von seinen Lippen. Er flüstert ihre Namen mit geschlossenen Augen und krallt seine Hände in die rauhe Wolldecke. Die Krankenschwester kommt auf ihn zu, und hinter ihr gehen zwei Kinder. Der Mann sieht und schließt die Augen und reißt sie wieder auf. Da werfen sich die beiden kleinen Körper auf seine Brust.

Zwei oder drei Tage später schieben mehrere Ärzte ein tischgroßes, fahrbares Gerät von Lager zu Lager. Sie beobachten die Meßgeräte, die in der Deckplatte des Gerätes eingebaut sind, während einer von ihnen mit einem Rohr, das durch ein Gummikabel mit dem Apparat verbunden ist, die Kranken bestreicht, ohne sie eigentlich zu berühren.

Ist das eine neue Heilmethode oder ein besonderes Untersuchungsverfahren?

Ohne den Kranken etwas zu sagen, verschwinden die Ärzte wieder mit ihren Geräten.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind erschreckend. Das Geiger-Zählrohr beweist, daß fast alle Patienten starke radioaktive Substanzen in ihren Körpern beherbergen, eingeatmeten Staub, verschluckte Ascheteilchen, die nun in den Lungen, im Blut, in Magen und Därmen strahlen, das Blut zersetzen und die Gewebe zerstören. Und sie stehen ratlos vor den vielen Fällen. Zwar ahnen sie nun die Ursachen der zahlreichen, bisher rätselhaften Krankheitserscheinungen, doch sie wissen keine Abhilfe, keine Behandlungsmethode.

Hiroomi zählt zu den ernsthaftesten Fällen. Er scheint große Mengen radioaktiven Staubes geatmet und geschluckt zu haben. Auch der kleine Tetuo ist verseucht, während seine Schwester nicht so stark betroffen scheint.

Die Kinder dürfen ihren Vater täglich nach dem Mittagessen besuchen. Anfangs spricht er mit ihnen. Doch sie verstehen manches nicht. Nach einigen Tagen beginnt ihm das Sprechen schwerzufallen. Er keucht und ringt häufig nach Atem. Dann ermahnt ihn die Krankenschwester, still zu sein. Der Junge steht mit klappernden Zähnen vor dem Lager des Vaters, während das Mädchen auf der Erde hockt und mit ihrer Kinderhand fortwährend, mühsam die Tränen unterdrückend, die verbundenen Hände des Vaters streichelt.

Am folgenden Tag kommt das Mädchen allein. Der Bruder liegt mit Fieber. Hiroomi sieht sein Kind dicht vor sich. Er will irgend etwas

sagen. Über seine Lippen kommt aber nur ein unverständliches Gemurmel. Ihm ist, als brenne sein Körper von innen aus. Jeder Atemzug scheint seine Lunge zu zerreißen. Er sieht noch, wie die Kleine ihr Köpfchen ganz dicht heranneigt. Ihr zartes Haar berührt seine aufgesprungenen Lippen. Dann schwinden ihm die Sinne.

Als das Mädchen am folgenden Tag wieder zu ihrem Vater gehen will, schüttelt die Krankenschwester den Kopf. Hiroomi Marumori ist in der Nacht an den Folgen starker radioaktiver Substanzen gestorben, die in seinen Körper gelangt waren. Diese waren in Form von Staub durch Mund und Nase in die inneren Organe gedrungen und hatten dort starke Verbrennungen hervorgerufen.

Tetuo erfährt von der schluchzenden Schwester, daß ihr Vater nicht mehr ist. Da beginnt das Fieber ihn von neuem zu schütteln. Nach einigen Tagen scheint er sich erholt zu haben. Er darf wieder aufstehen und mit der Schwester im Garten der Anstalt spazierengehen. Die Kinder wissen nicht, was aus ihnen werden soll. Der Vater hatte es nicht über die Lippen gebracht, und so muß ihnen erst die Krankenschwester sagen, daß auch ihre Mutter nicht mehr lebt.

Eines Morgens wacht das kleine Mädchen auf und sieht erstaunt, daß mehrere Ärzte um das Lager ihres Bruders stehen. Plötzlich hellwach geworden, richtet sie sich auf und starrt auf das wächserne Gesicht. Ihre Augen füllen sich mit Tränen. Er soll sie ansehen, nur ansehen. Sie öffnet den Mund, um ihn zu rufen, bringt aber keinen Laut heraus. Vor Entsetzen stumm, sieht sie, wie er hinausgetragen wird.

Die Ärzte versuchen, Tetuo durch eine Bluttransfusion zu retten. Er hätte sie auf Grund seines stark anomalen Blutbildes schon eher bekommen müssen, doch anfangs war kein geeignetes Blut vorhanden, und später wurde es bei dieser ungeheuren Überlastung des Arzt- und Pflegepersonals vergessen. Der Junge stirbt, noch ehe der erste Tropfen Spenderblut in seine Adern rollt.

Die kleine Schwester starrt immer noch auf die Tür, durch die sie ihn hinausgetragen haben. Ihre Gedanken beginnen sich zu verwirren. Sie hört nicht, daß sie schreit, laut und schrecklich schreit.

Am 9. August 1945 startete ein zweiter Langstreckenbomber B29, diesmal nur von einem Aufklärer begleitet, und warf eine Plutoniumbombe auf die japanische Stadt Nagasaki.

Zwei Atombomben, die einzigen, die die Vereinigten Staaten zu dieser Zeit besaßen, haben 120 000 Menschen getötet, 110 000 verletzt, von denen in den folgenden Monaten noch viele starben. Über die Zerstörungen in Hiroshima sagt der amerikanische Bericht des U.S.S.B.S. (United States Strategic Bombing Survey): „Von den annähernd 90 000 Gebäuden der Stadt wurden 65 000 unbrauchbar gemacht, und fast der ganze Rest erhielt zumindest oberflächliche Beschädigungen. Die unterirdischen Rohr- und Leitungssysteme wurden nicht beschädigt, solche Stellen ausgenommen, wo sie auf Brücken über die Flüsse, die die Stadt durchschneiden, führten. Die kleinen Fabriken im Zentrum der Stadt waren sämtlich zerstört. Die großen Werke jedoch am Rande der

Stadt waren fast vollkommen unbeschädigt und 94% ihrer Arbeiter unverletzt. Diese Werke hatten einen Anteil von 74% an der Industrieproduktion der Stadt. Man schätzt, daß sie innerhalb von dreißig Tagen wieder im wesentlichen normale Produktion hätten erreichen können, wenn der Krieg weitergegangen wäre. Die Eisenbahngleise, die durch die Stadt laufen, waren zur Wiederaufnahme des Durchgangsverkehrs schon am 8. August, zwei Tage nach dem Angriff, wiederhergestellt."

Auch eine britische Kommission begab sich kurz nach der Kapitulation Japans in die beiden Städte, um die Wirkung der Atombomben zu studieren. In ihrem Bericht heißt es:

„Sowohl in Hiroshima wie in Nagasaki brachte das Ausmaß der Katastrophe das Leben der Stadt und die Industrie praktisch zum Stillstand. Auch die verheerendsten Angriffe üblicher Art wie die Brandangriffe auf Hamburg im Sommer 1943 und auf Tokio im Jahre 1945 hatten keinen vergleichbaren Erfolg in der Lähmung der kommunalen Organisation“.



Über die physikalische Wirkung der Atomexplosionen stellt der U.S.S.B.S.-Bericht fest:

„Im Moment der Explosion wurde Energie in Gestalt von Licht, Hitze, Strahlung und Druck abgegeben. Die Strahlung des ganzen Spektrums, von den Röntgen- und Gammastrahlen über das Ultraviolett und das sichtbare Licht zu der strahlenden Wärme der infraroten Strahlen breitete sich mit Lichtgeschwindigkeit aus. Die Stoßwelle aus dem ungeheuren Druck baute sich fast augenblicklich am Explosionspunkt auf, wanderte aber langsamer hinaus, nämlich mit Schallgeschwindigkeit. Die überhitzten Gase, aus denen sich der Feuerball zunächst zusammensetzte, dehnten sich nach außen und oben in langsamerem Tempo aus... Die Dauer des Lichtblitzes betrug nur den Bruchteil einer Sekunde, er war aber stark genug, um bis auf eine Meile (1,6 km) Entfernung Verbrennungen dritten Grades auf der ungeschützten Haut hervorzurufen... In der unmittelbaren Umgebung von Punkt Null (dem Boden-

punkt direkt unterhalb der Explosion) wurden die Leichen von der Hitze bis zur Unkenntlichkeit verkohlt.“

In Anbetracht dieser furchtbaren Wirkungen fragt man sich, warum die Bombe abgeworfen wurde. Wollten die amerikanischen Politiker

und Militärs ihre Macht demonstrieren? Wollten sie Japan noch vor der sowjetischen Offensive, die nach dem alliierten Plan für den 8. August 1945 festgesetzt war, auf die Knie zwingen, um allein Herr über das Land zu sein? In Europa hatten die Alliierten gesiegt, den deutschen Faschismus vernichtend geschlagen und zur bedingungslosen Kapitulation gezwungen. Den Hauptanteil an Opfern trug die Sowjetunion. Die Rote Armee gab den Ausschlag bei dem Sieg über Hitler-Deutschland. Ihr verdankten die ost- und südosteuropäischen Staaten die Befreiung von jahrelanger faschistischer Herrschaft. Sollte durch die amerikanische Atombombe die hervorragende Rolle der Sowjetunion im Kriege verwischt werden? Sollte das heißen: Wir Amerikaner waren die Stärksten und werden es bleiben?

Fest steht jedenfalls nach den Aussagen vieler Sachverständiger, daß eine militärische Notwendigkeit für den Einsatz der beiden Atombomben nicht bestand.

Das ist das grausame Fazit. Mehr als 200 000 Menschen wurden getötet, schwer verletzt oder erlitten Strahlenschäden, die erst Monate, in einzelnen Fällen Jahre später zum Tode führten.

Das waren Menschen, Menschen mit Wünschen, Hoffnungen, Zukunftsplänen, Menschen mit Ideen, Kinder, die kaum einen Ball halten und auf eigenen Füßen stehen konnten, weißhaarige Väter und Mütter, die auf Nachrichten ihrer Söhne von den Fronten warteten. – Zweihunderttausend! – Eine militärische Notwendigkeit bestand nicht.

Professor Hahn versteht gut, was der englische Offizier sagt. Es ist ein junger Mann, höchstens fünfundzwanzig, lang aufgeschossen und gesund. Ein bißchen höflicher könnte der Mensch sein, auch wenn er ihn, den deutschen Atomphysiker, gefangennehmen soll. Otto Hahn nimmt den kleinen Koffer und geht zwischen den fremden Soldaten die Treppe hinunter. Am Tor blickt er sich noch einmal um. Er ist müde, so müde und gleichgültig. Ihm kommt das alles wie ein schlechter Scherz vor, über den er nicht lachen kann. Er steigt in den Jeep. Neben ihm sitzt der Offizier. Otto Hahn kennt die englischen Rangabzeichen nicht genau. Es ist auch nicht wichtig. Leise surrend fährt der Wagen an, überquert eine Kreuzung und rast dann westwärts aus der Stadt hinaus. Professor Hahn, der Siebenundsechzigjährige, weiß nur, daß er Gefangener ist. Wohin werden sie ihn bringen?

Sie bewachen den alten Mann scharf, so streng, daß es fast lächerlich wirkt. Außer Otto Hahn werden noch andere Atomphysiker gefangen genommen und westwärts gebracht. Die deutschen Gelehrten sitzen stumm zwischen schwerbewaffneten Soldaten. Hinter ihnen bleibt das deutsche Land zurück, zerstörte Städte, abgemagerte Greise und Kinder, die die fremden Soldaten um Brot oder Zigaretten anbetteln. Nur die jungen Mädchen können bei den Soldaten Büchsenmilch, Corned beef und Schokolade bekommen, wenn sie wollen.

## **Gefangen- schaft**

Der Rhein fließt ruhig dahin. Allerdings fehlen die kleinen, weißen Vergnügungsdampfer und die Segelschiffe. Dafür patrouillieren Motorboote der Besatzungstruppen auf dem Strom.

Die deutschen Gelehrten werden zuerst nach Frankreich gebracht. Sie dürfen keine Briefe schreiben, keine Post empfangen. Professor Hahn versucht, sich zu beschäftigen, doch er findet keine Ruhe zu irgendeiner Arbeit. Die Gespräche mit den Kollegen drehen sich immer wieder um dieselben, die nahe Zukunft betreffenden Mutmaßungen.

Da befiehlt ihnen der Lagerkommandant eines Tages, ihre Sachen zu packen. Sie warten einen Tag, zwei Tage. Man scheint sie wieder vergessen zu haben.

Die Sonne Frankreichs hat die Gesichter gebräunt. Professor Hahn hat in den vergangenen Wochen stundenlange Spaziergänge gemacht – immer die gleiche erlaubte Runde –, meist allein, dabei über das Vergangene nachgedacht und in zunehmendem Maße den Drang zu neuer Arbeit gespürt. Anderen Kollegen scheint es ähnlich zu gehen. Es kommt schon wieder vor, daß lange Fachgespräche geführt werden.

Ganz überraschend kommt der Befehl zum Abtransport. Otto Hahn wird mit anderen deutschen Forschern über den Kanal gebracht. In England erhalten sie einige Erleichterungen. Sie bekommen Bücher und Zeitungen. Das Essen ist gut. Post und Besuche dürfen sie nicht empfangen.

Hier erfahren die deutschen Wissenschaftler von der Explosion einer Atombombe über der japanischen Stadt Hiroshima und ihren furchtbaren Folgen.

Otto Hahn sammelt die Zeitungsmeldungen, trägt sie mit sich umher, liest sie noch einmal und noch einmal. Und dann sitzt er da und spricht mit keinem, geht zum Mittagstisch und ißt ohne Appetit, geht stundenlang auf und ab, liest wieder die Meldungen der englischen Zeitungen, und keiner weiß, was in ihm vorgeht. Vielleicht malt seine Phantasie Bilder von brennenden Frauen und erstickenden Kindern, Feuer, Rauch und riesigen Staubwolken. Vielleicht denkt er an seine Versuche in den November- und Dezembertagen des Jahres 1938. In einem kleinen Labor in der Kaiser-Wilhelm-Straße war es gewesen. Sie hatten fast nur an die Arbeit gedacht, jedes Versuchsergebnis sorgfältig notiert, ausgewertet. Dann hatte er seine überraschende, aber zwingende Schlußfolgerung aus den Analysen gezogen und zuerst Lise Meitner mitgeteilt. Und knapp sieben Jahre später gab es die Kernspaltungsbombe. Wo war der Anfang zu suchen? – Bei ihm? – Oder bei denen, die sich vornahmen, eine Uranbombe zu schaffen? – Oder viel früher, bei Rutherford oder Curie oder Becquerel? – Er fand keine Antwort auf diese Frage. So durfte man wohl auch nicht fragen. Für ihn, der sich fast ausschließlich mit seiner Wissenschaft beschäftigt hatte, war es schwer, das Gewirr politischer, wirtschaftlicher und menschlicher Beziehungen zu überschauen, die Ursachen des vergangenen Krieges richtig zu erkennen. Eines jedoch empfand er: Mit der Wissenschaft war Mißbrauch getrieben worden. Ähnliches

dachten viele Wissenschaftler. Aber wer hatte diesen Mißbrauch zu verantworten? – Diejenigen, die in Amerika gearbeitet hatten? – Die erste Bombe war fast ausschließlich von Wissenschaftlern entwickelt und hergestellt worden. Waren es die faschistischen Greuel, die sie dazu getrieben hatten? Oder waren es die amerikanischen Generale, die, nachdem sich einmal die Herstellung als möglich erwiesen hatte, zu immer größerer Eile getrieben und zuletzt die Einsätze befohlen hatten? – Offenbar stieß man hier auf Fragen, die nicht so leicht zu entwirren waren und über die man vorher nie nachgedacht hatte. Um Antworten zu finden, mußte man wohl etwas von Ökonomie und Politik verstehen, und daran hatte man bisher leider kaum gedacht. Übrig blieb ein unbestimmtes, drückendes Gefühl von Mitschuld.

Otto Hahn dachte auch über die vergangenen Jahre in Deutschland nach, über alles, was er gesehen, gehört, getan oder nicht getan hatte. Eines war ihm und den anderen deutschen Forschern nun klar. In Deutschland hatte es nicht gelingen können, eine Atombombe herzustellen. Die deutsche Forschung war nicht nur aus Mangel an Uran oder an der zu spät kommenden staatlichen Unterstützung gescheitert, sondern auch aus Mangel an Fachkräften. Die nationalsozialistische Rassenhetze hatte zahlreiche Spitzenfachleute ins Ausland getrieben. Außerdem war eine ganze Reihe von Physikern, abgestoßen von der Fratze des Faschismus, einer Mitarbeit ausgewichen. Der Mißerfolg des deutschen Atombombenprojektes war ein Mißerfolg der braunen Diktatur gewesen. Und das war gut so. Die Vernichtung des faschistischen Deutschen Reiches hat genug Opfer gekostet. Viel zu lange hatte die Unmenschlichkeit in Europa bereits regiert.

Otto Hahn sehnt sich zurück nach seiner alten Wirkungsstätte, nach Berlin, in dem es keine braunen Uniformen, keine Judenverfolgungen, keine Bombenangriffe mehr gibt.

Der Herbst in England ist wärmer, als er ihn in der Erinnerung hat. Wochen vergehen – Monate. Er schreibt schon den Monat November in das Datum seiner Briefe. Da erreicht ihn eines Tages ein großer Brief. Professor Hahn besieht sich die Stempel und Briefmarken – schwedische Briefmarken. Die Anschrift ist mehrfach durchgestrichen und umgeändert. Er reißt den Umschlag auf und zieht einige Bogen heraus. Mit einem Mal hat ihn eine Ahnung erfaßt. Mit zitternden Händen entfaltet er ein gesiegeltes Blatt, schließt die Augen einen Moment, bevor er liest.

Die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften hat Herrn Professor Otto Hahn den Nobelpreis für Chemie für das Jahr 1944 zuerkannt.

Es hat sich rasch herumgesprochen. Die Mitgefangenen bestürmen ihn mit Gratulationen. Für die deutschen Forscher ist das eine große Freude. Bald stellen sich auch englische Gratulanten ein. In den folgenden Wochen erhält Otto Hahn Glückwunschschriften aus allen Erdteilen. Er wartet nun auf seine Freilassung. Der Krieg ist seit einem

halben Jahr zu Ende, und er sitzt immer noch untätig in englischer Gefangenschaft. Doch er muß auch noch den Jahreswechsel hier verbringen. Endlich, im Jahre 1946, darf Otto Hahn nach Deutschland zurückkehren.

### **Fünf Jahre später**

Ein Mädchen stirbt. Die heiße Augustsonne steht über der Stadt Hiroshima. Die weißen Mauern des neuerbauten Krankenhauses blenden die Augen der Vorübergehenden.

Doch die Augen eines fünfzehnjährigen Mädchens werden sich nicht mehr öffnen. Sie folgt ihrer Mutter, ihrem Vater und ihrem Bruder Tetuo nach. Sie alle waren Opfer der einen Bombe, auch sie, nach fünf Jahren. Ihre Gedanken sind eingeschlafen.

Gestern noch hatte sie Furcht davor gehabt. Sie hatte in ihrem kleinen Zimmer leben, hatte am Tage wieder in die Fabrik gehen wollen und sich gewünscht, Blumen zu tragen. Sie hatte keinen Freund gehabt, denn sie war mager und häßlich durch die rotgeänderten Augen; aber die Leute, bei denen sie wohnte, waren gut zu ihr gewesen, und sie hatte noch irgendetwas Schönes erwartet. Nun ist alles vorüber.

Leicht ist der Körper und weit, unendlich weit die Umgebung. Niemand ist da, um Abschied zu nehmen. Geräuschlos geht die Schwester

durch den Raum, bleibt vor der Kranken stehen, lauscht auf ihre Atemzüge und eilt hinaus, um den Arzt zu rufen.

Allein liegt das Mädchen im dämmrigen Zimmer. Leise bewegt der Wind die Vorhänge und bringt kühle Luft durch das halb geöffnete Fenster. Sie hat keine Schmerzen, würde sie auch nicht spüren. Sie liegt in tiefem, glücklichem Schlaf. Das Herz schlägt, noch einmal und noch einmal – und dann nicht mehr.

Der Arzt findet eine Tote. Leise treten er und die Schwester zurück, ziehen die Tür hinter sich zu. Draußen im Stationszimmer trägt die Schwester in das Krankenblatt das letzte ein: „Todesursache: Zerstörung der blutbildenden Zentren im Knochenmark durch radioaktives Strontium – Spätopfer des Bombenabwurfs. – Hiroshima, den 14. August 1950.“





## Die ersten Schritte im Atomzeitalter

Aus der Nacht des Weltkrieges ist er aufgewacht, der geschundene, zum Krüppel geschlagene Mensch. Da steht er, und um ihn ist wüste, verbrannte Erde.

Er wird wieder zu pflügen beginnen, Korn säen, wird wieder Lehm graben, Ziegel brennen und Häuser bauen. Neugeborene werden schreien und ins Sonnenlicht blinzeln. Kinder werden die ersten Schritte lernen; sie werden spielen und in das Leben hineinwachsen. Der Krieg ist vorbei, vorbei die Bombennächte, zu Ende die Züge der Flüchtlinge, vorüber die Qual der Konzentrationslager.

Zehntausende in der Sowjetunion, in Polen, Deutschland, Frankreich und allen Ländern des europäischen Kontinents suchen einander, warten aufeinander; Millionen suchen einen neuen Anfang.

Man erfährt auch von den Ereignissen im Fernen Osten, liest „Hiroshima“ und „Atombombe“ und denkt dabei an die Luftangriffe auf die eigene Stadt. Während Arbeiter mit Hacken und Schaufeln die Maschinenwracks ihrer Betriebe aus den Trümmern graben, Frauen aus Flickn Kinderkleider nähen, experimentieren schon Gruppen von Forschern und Ingenieuren mit der Energie der Atomkerne. Das Atomzeitalter hat begonnen, ohne von der Mehrzahl der Menschen besonders beachtet zu werden. Für den „kleinen Mann“ ändert sich dadurch zunächst nicht viel. Aber es ist da. Die Zeitungen schreiben davon. Politiker argumentieren mit der Atombombe. Gesellschaften verhandeln über Uranlagerstätten, Konzessionen und Patente. An einigen versteckten Plätzen der Welt arbeiten Plutoniumfabriken, Urantrennanlagen. Wissenschaftler messen Strahlungen und Energien an Kernreaktoren. Ärzte studieren die krebshelende Wirkung radioaktiver Substanzen, während Bombenexperten noch immer versuchen, die Wirkungen der Atombomben zu vergrößern.

**Das Erbe**

Die Atomenergie ist so real wie nur irgend etwas. Viele Generationen von Wissenschaftlern sind auf dem Wege zur Atomtechnik vorangegangen: Demokrit, Epikur, Gassendi, Newton, Boyle, Dalton, Mendelejew, Faraday, Ampere, Loschmidt, Boltzmann.

1896 stieß Henri Becquerel auf die radioaktive Strahlung des Urans, zwei Jahre später entdeckten Marie und Pierre Curie das radioaktive Element Polonium und danach das Radium. Sie begründeten damit die experimentelle Atomkernforschung. In den ersten Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts veröffentlichten Ernest Rutherford und sein Mitarbeiter Frederick Soddy ihre Theorie der Radioaktivität.

Als Max Planck im Jahre 1900 das Wirkungsquantum entdeckte, gab es nur wenige Physiker, die der Arbeit des Berliner Theoretikers eine besondere Bedeutung zumaßen. Als dann dreizehn Jahre später Niels Bohr Rutherfords Atommodell mit der Planckschen Quantenhypothese zu einer neuen Theorie über den Bau der Atome verknüpfte, fand man seine Arbeit abwegig und wunderte sich höchstens, daß merkwürdig gute Übereinstimmung zwischen Bohrs Theorie und zahlreichen Messungen an Linienspektren der Atome bestand. Doch dann folgten die Fortschritte Zug um Zug, kaum aufgehalten durch den ersten Weltkrieg. Gockel und Heß entdeckten die Höhenstrahlen, C. T. R. Wilson erfand die Nebelkammer, Sommerfeld verbesserte die Bohrsche Theorie, Louis de Broglie führte die Wellenmechanik ein, Heisenberg, Schrödinger, Dirac und andere gelangten in der Atomtheorie zu ungeahnten Erfolgen. Um das Jahr 1930 waren über den Aufbau der Elektronenhülle der Atome so viele Einzelheiten bekannt und als theoretisch gut begründet anzusehen, daß es wie ein Wunder anmutet, wenn man bedenkt, daß ein Atom auch mit dem besten Elektronenmikroskop nicht gesehen werden kann.

Währenddessen hatten verschiedene Physiker schon begonnen, die Atomkerne genauer zu untersuchen.

1919 erzielten Rutherford und seine Mitarbeiter die erste künstlich hervorgerufene und registrierte Kernreaktion, die Umwandlung eines Stickstoffkerns in einen Sauerstoffkern durch Beschuß mit Alphateilchen. Es wurde immer klarer, daß die Atomkerne aus noch kleineren Bausteinen zusammengesetzt sind. Die Erforschung dieser Elementarteilchen wurde zu einem der Hauptziele der modernen Physik. 1911 hatte bereits Millikan die Ladung eines Elektrons gemessen. Der Kern des Wasserstoffatoms, Proton genannt, erwies sich als ein weiteres Elementarteilchen. Im Jahre 1932 entdeckte James Chadwick das Neutron. Im gleichen Jahre fand Anderson in einer Nebelkammeraufnahme die Spur eines positiv geladenen Elektrons und konnte damit die Existenz der von Dirac vorhergesagten Positronen nachweisen.

Die Zusammensetzung der Materie aus den Elementarteilchen gab noch viele Rätsel auf, deren Lösung immer schwieriger und komplizierter wurde. Man wußte nun, daß die Atomkerne aus Protonen und Neutronen bestehen und von einer Elektronenhülle umgeben sind. Die Protonen und Neutronen in den Kernen binden sich mit riesigen Energien.

Als Otto Hahn und Fritz Straßmann in den letzten Tagen des Jahres 1938 die Spaltung des Urankerns entdeckten, tat sich plötzlich ein Weg zur Umwandlung dieser Atomenergien auf, ein Weg, der zu Fermis erstem Atomreaktor und zur Atombombe führte.

Man kann in einem Zuge nicht alle Stationen aufzählen, die die Atomforschung in den letzten fünfzig Jahren durchlief. Die Namen der Forscher stehen auch für ihre Assistenten und Laboranten und nicht zuletzt für die Bauarbeiter, die ihnen die Institute bauten, für die Mechaniker und Glasbläser, die ihre Versuchsanlagen herstellten, und für die Ingenieure und Techniker, die ständig an der Verbesserung der Meßgeräte arbeiteten, neue Hilfsgeräte entwickelten und durch ihre Präzisionsarbeit die enormen Genauigkeitsforderungen kernphysikalischer Meßmethoden erfüllen halfen.

Trotz aller pessimistischen Philosophen des Bürgertums ist die menschliche Erkenntnis bis in die kleinsten Bausteine der Materie gedrungen, hat der Mensch die ungeheure Bindungsenergie in den Atomkernen entdeckt und Wege gefunden, diese Energie zu nutzen. Neben den radioaktiven Strahlen kennt man vorläufig nur die Atomexplosion. Doch inzwischen weiß man, daß man die Atomenergie auch zur Herstellung von Elektrizität benutzen kann. Vor den Menschen steht ein Zeitalter, das ohne Furcht sein kann, das die Angst überwinden muß.

Die Grundlagenforschung kostet zunächst viel Geld. Die Aufwendungen für die Einrichtung der Laboratorien, für die Erweiterung der Forschungsanlagen, für die Anschaffung von Geräten und den Kauf des Verbrauchsmaterials müssen von den arbeitenden Menschen getragen werden. Weitere Summen sind nötig, um laufend neue Fachkräfte auszubilden. Es dürfte daher für jeden leicht verständlich sein, daß der wissenschaftliche Fortschritt weitgehend davon abhängt, ob den Wissenschaftlern ausreichend Möglichkeiten für ihre Arbeiten geboten werden und ob für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses planmäßig gesorgt wird.

Die Entwicklung der Atombombe hat gezeigt, daß die Kosten und der personelle Aufwand in der Atomforschung so gewaltig geworden sind, daß nur eine riesige moderne Industrie und das Zusammenwirken möglichst vieler Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen zu bedeutenden Erfolgen führen können.

Um das Erbe fünfzigjähriger internationaler Atomforschung anzutreten, braucht man nicht nur einige fähige Wissenschaftler, sondern einen ungeheuren Aufwand an ausgebildeten Fachleuten und an Material.

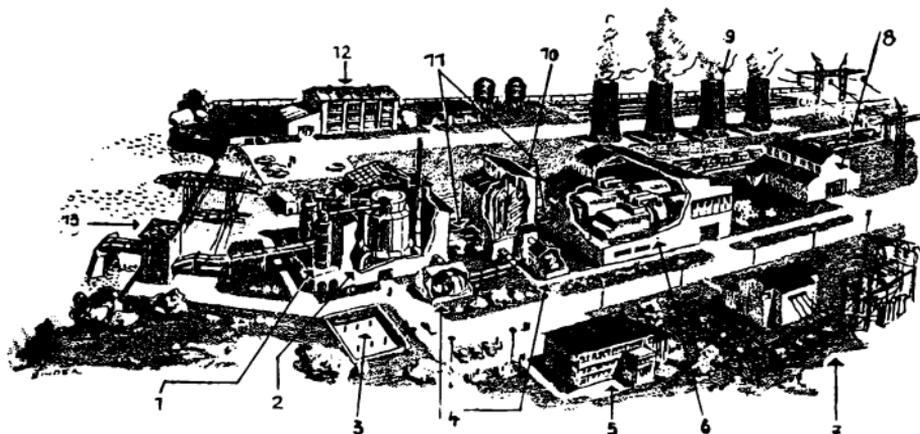
Je entwickelter ein Land ist, um so größer sind in seinen Grenzen die Möglichkeiten der Forschung.

Die Vereinigten Staaten von Amerika entwickelten sich nach dem ersten Weltkrieg zum reichsten Industrieland der Erde. Hinzu kam, daß zu den amerikanischen Forschern bekannte europäische Wissenschaftler wie Fermi, Einstein, Bohr, von den Faschisten aus ihrer Heimat vertrieben, über den Atlantischen Ozean kamen, um ihre Arbeit in dem großen Lande fortzusetzen.

Für die westliche Welt überraschend, trat nur wenige Jahre nach dem Kriege die Sowjetunion als Atomgroßmacht auf den Plan. Die ersten Meldungen von sowjetischen Atombomben wurden als Gerüchte abgetan, doch bald traten Dinge ein, die keinen Zweifel mehr ließen. An Rumpf, Tragflächen und Leitwerk eines amerikanischen Flugzeuges, das aus dem Nordpazifik zurückkehrte, wurden Spuren radioaktiven Staubes entdeckt, der nur von einer Atombombenexplosion stammen konnte. Seismographen hatten Erderschütterungen registriert, die von einem Punkt im Nordsibirien ausgegangen sein mußten. Es bestand kein Zweifel mehr: In der Sowjetunion war ebenfalls die Atombombe entwickelt worden.

Das erste Atomkraftwerk der Welt wurde in der Sowjetunion gebaut und erfolgreich in Betrieb gesetzt. Die westeuropäischen und amerikanischen Fachleute konnten aus eigener Erfahrung die Größe dieser Leistung beurteilen.

Natürlich waren die Forschungen Plancks, Rutherfords, Bohrs, Hahns und Joliot-Curies in der Sowjetunion genauso bekannt wie in der übrigen Welt. Andererseits gibt es in der Sowjetunion eine Reihe von international anerkannten Physikern. Kurtschatow, Wawilow, Blochinzew, Joffe sind bei allen Physikern hoch angesehen. Wexler, der Er-



Sowjetisches Atomkraftwerk

- |                    |                      |                        |                      |
|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| 1 Wärmeaustauscher | 4 Kondensatorpumpen  | 7 Transformatorstation | 10 Dampfkondensator  |
| 2 Atomreaktor      | 5 Verwaltungsgebäude | 8 Lagerräume           | 11 Hauptdampfleitung |
| 3 Wasserkühltank   | 6 Turbine            | 9 Kühlturm             | 12 Werkstätten       |
|                    |                      |                        | 13 Pumpstation       |

finder des Synchrotron-Prinzips, Frenkel, einer der führenden Kerntheoretiker, Tscherenkow und Skobelzyn, einer der Pioniere der Nebelkammertechnik und der Höhenstrahlungsforschung, gehören zu den Spitzenforschern der Welt.

Vielen unfaßbar war es aber, daß in diesem vom Krieg verwüsteten Land neben dem Wiederaufbau der zerstörten Städte und Industrie-

anlagten die Entwicklung einer völlig neuen Industrie, von der die Amerikaner geglaubt hatten, sie sei in ihrem Lande einmalig, in so kurzer Zeit möglich gewesen war. Woher hatten die Völker der Sowjetunion diese Kraft genommen?

Noch andere wirtschaftliche Erfolge des großen sozialistischen Staates zwingen der westlichen Welt Achtung ab. Weißrussen, Ukrainer, Letten und Litauer, Sibirier und Kaukasier, sie alle, die man zum Teil noch zu den „primitiven“ Völkern gerechnet hatte, vollbringen wissenschaftliche, technische und kulturelle Leistungen, die kaum für möglich gehalten wurden. Die angebliche russische Atomspionage ist kein Argument mehr für die „westliche Überlegenheit“. Durch Spionage können wohl verschiedene einzelne Forschungsergebnisse gestohlen werden, aber nie Tausende von Arbeitsergebnissen ebenso vieler Wissenschaftler, die nicht einmal untereinander ihre Arbeiten kennen.

In den überraschenden wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Fortschritten der Sowjetunion drücken sich die Vorzüge einer geplanten und planmäßig entwickelten Volkswirtschaft aus. Für Wissenschaft, Forschung und Ausbildung werden weit größere Summen ausgegeben, obwohl manche für den Augenblick unproduktiv erscheinen. Hier wartet niemand auf die Stiftung eines Zyklotrons für ein Institut, die ein Konzern mit der entsprechenden Reklame verbindet. Hier werden keine Rockefeller-Stipendien an wenige verteilt. Hier entwickeln nicht Industrievereinigungen neue Meßgeräte, Apparatetypen und Maschinen, die ängstlich vor der Konkurrenz geheimgehalten werden. Hier tauscht man Erfahrungen offen aus, verteilt alle Aufgaben planmäßig, vermeidet Überschneidungen und Doppelarbeiten. Maßgebend ist nicht mehr der maximale Profit. Der Plan ist das Gesetz des Fortschritts, von Millionen Menschen erdacht, von Millionen in gemeinsamem Handeln verwirklicht.

Das klingt alles ganz einfach, und doch macht es den ganzen Unterschied zwischen der neuen sozialistischen und der alten kapitalistischen Gesellschaftsordnung aus.

Am 4. Dezember 1954 beschließt die Vollversammlung der Vereinten Nationen, im folgenden Jahr eine internationale Konferenz für die friedliche Anwendung der Atomenergie einzuberufen. Es wird ein großes Ereignis für die Wissenschaftler, aber nicht nur für sie. Viele Menschen aus allen Berufen haben nach dem Kriege der Entwicklung der Atomphysik von einer Spezialwissenschaft zum weltbewegenden Problem voller Erwartungen und Sorgen zugesehen. Bisher standen immer die Atomwaffen im Vordergrund. Wird diese Konferenz endlich die Atomangst beseitigen und einer friedlichen Entwicklung der angewandten Atomphysik den Weg bereiten?

Vom 8. bis 20. August 1955 finden sich 1400 Wissenschaftler aus 73 Ländern in Genf zusammen, um Erfahrungen auszutauschen. Das

## **Die Genfer Atom- konferenz**

menschliche Wissen von den Eigenschaften der Atomkerne ist so weit fortgeschritten, daß schon auf vielen Gebieten praktischer Nutzen gezogen werden kann.

So wie Galvanis und Voltas Entdeckungen auf dem Gebiete der Elektrizität zunächst vorwiegend wissenschaftliches Interesse hervorriefen, sich aber nach der Erfindung des Telegraphen und der Dynamomaschine plötzlich als Ursprung einer umwälzenden Technik erwiesen, so ist nun die Wissenschaft von den Atomen an einem Punkte angelangt, wo aus der Wissenschaft eine neue Technik hervorgehen soll, welche noch nicht abzusehende Umwälzungen auf allen Gebieten des menschlichen Lebens bringen wird.

Die besonderen politischen Verhältnisse haben es mit sich gebracht, daß über sämtliche Arbeiten auf dem Gebiet der Kernphysik der Schleier des Geheimnisses gebreitet wurde.

Langsam setzte sich jedoch die Erkenntnis durch, daß die Geheimhaltung sogar in manchen Punkten für den Urheber dieser Geheimniskrämerei von Nachteil ist. Das Eindringen in die Gesetze der Natur erfordert immer kompliziertere Einrichtungen und wird dabei in zunehmendem Maße unübersichtlich und verzweigt, so daß die weltweite Zusammenarbeit einfach zur notwendigen Voraussetzung für ein erfolgreiches Vordringen wird.

Hier in Genf, im Palast der Vereinten Nationen, soll ein Teil der Forschungsergebnisse bekanntgegeben werden.

Der Präsident der Konferenz, Professor Homi Bhabha aus Indien, verliest die Grußbotschaften des Ministerpräsidenten der Sowjetunion und des Präsidenten\* der Vereinigten Staaten. Die Konferenz steht im Mittelpunkt des Weltinteresses. Noch ist es ein schwerer Alldruck, der dieses Interesse hauptsächlich hervorruft. Viele Menschen sind nicht neugierig auf die Zukunft, sondern sie fürchten sie. Das ist der bedrückende Schatten, der über dem Beginn des Atomzeitalters liegt.

Die Genfer Konferenz hellt diesen Schatten auf. In einer gleichzeitig stattfindenden internationalen Ausstellung zeigen die Atomwissenschaftler und Techniker, wie unser Wissen von den Kernkräften zum Nutzen der Menschheit angewandt werden kann. Aus der Atomenergie kann elektrischer Strom gewonnen werden. Ganze Städte können damit beleuchtet und geheizt werden. Welch imponantes Werk, geschaffen von Menschenhänden und -händen, haben wir vor Augen, wenn wir in Gedanken an seine Anfänge zurückkehren!

Da wagte vor etwas mehr als dreihundert Jahren ein Franzose, Pierre Gassendi, die vergessene Lehre von den Atomen, aufbauend auf spekulativen Ideen der alten Griechen, gegen die herrschende Lehrmeinung der katholischen Kirche zu verteidigen. Wir lächeln heute, wenn wir von den abenteuerlichen Vorstellungen lesen, die sich Gassendi von seinen Atomen machte. Doch er schuf eine Grundlage, und Robert Boyles Atome waren schon um ein winziges weniger phantastisch. John Dalton lieferte den ersten zwingenden Beweis für die Existenz dieser Atome. Doch dieser Meinungsstreit im 17., 18. und im

beginnenden 19. Jahrhundert konnte nur akademisches Interesse beanspruchen, genauso wie Newtons Streit mit Huygens um die Natur des Lichtes. Die Atome waren bis dahin nur eine Vorstellung, eine Hypothese, der exakte Begründungen über Wesen und Struktur der Materie noch nicht zugrunde lagen.

So blieb es im ganzen 19. Jahrhundert, bis die Entdeckungen der Curies, Becquerels, Rutherfords und ihrer Nachfolger die eigentliche Atomphysik begründeten.

Nun, im Jahre 1955, stehen wir vor dem Modell eines Atomkraftwerkes. In einer großen, hellen Halle, umgeben von meterdicken Betonwänden, steht der Energiereaktor. Schon sein Äußeres deutet den technischen Fortschritt an, der sich vollzogen hat, seit Fermi die ersten Versuchsreaktoren baute. Präzise funktionierende Steuer- und Sicherungsanlagen, Kontroll- und Warnvorrichtungen sowie Fernbedienungseinrichtungen machen das Arbeiten völlig gefahrlos. Die in gesonderten Räumen aufgestellte Pumpenaggregate befördern das Kühlmittel, das im sogenannten ersten Kreislauf die Wärme abtransportiert, die durch die gesteuerte Kettenreaktion entsteht. Die rot-angestrichenen Rohre dieses Kreislaufes bedeuten, daß sein Inhalt radioaktive Substanzen enthält. Ein zweiter Kreislauf aus blaugestrichenen Rohren übernimmt die Wärmeenergie, ohne mit den radioaktiven Teilchen des ersten in Berührung zu kommen. Heißes Wasser, völlig ungefährlich, steht nun zum Betrieb von Dampfturbinen zur Verfügung. Die ganze Anlage kann von einem einzigen großen Schaltraum, in dem Hunderte von Meßgeräten und Schaltern an großen hell lackierten Schaltschränken den Triumph der Technik manifestieren, bedient und überwacht werden. Der Mensch hat die Energie der Atome gebändigt.

Es ist kein Traum mehr. Das sowjetische Atomkraftwerk ist schon in Betrieb genommen worden. Im kommenden Jahr soll das erste britische Atomkraftwerk in Calder Hall den ersten Strom liefern. Auch im französischen Departement Gard entsteht ein Atomkraftwerk.

In den Vereinigten Staaten werden U-Boote mit Atomtrieb entwickelt. Sie können Raketen abschießen. In die Raketen kann man atomare Sprengköpfe einbauen. In der Sowjetunion dagegen wurde ein Atomeisbrecher gebaut, ein 16000 Tonnen großes Schiff, dessen Motorenleistung von 44000 PS von einem Atomreaktor aufgebracht wird, der an die Stelle der gewöhnlichen Dampfkessel tritt. Dieser Atomeisbrecher wird dem Menschen Gebiete erschließen helfen, die durch ihre geographische Lage bisher für Wissenschaft und Wirtschaft schwer zugänglich waren. Solche Schiffe können jahrelang ohne neue Treibstoffaufnahme durch die Weltmeere kreuzen. Es wird keine Heizer mehr geben, die verschwitzt und rußverschmiert vor den Kessel Feuerungen stehen müssen. Sie werden sich im bequemen Anzug in eine helle, saubere Schaltzentrale setzen, auf Knöpfe drücken und Hebel bedienen. Die Fernsteuerung wird die Mechanismen der Regulierstäbe des Schiffsreaktors in Tätigkeit setzen und genau die gewünschte Antriebsenergie aus dem Reaktor nehmen.

Lokomotiven werden ohne Kohlen fahren. Der sowjetische Wissenschaftler Khachaturow hat mitgeteilt, daß derartige Vorbereitungen im Gange sind, und auch die englische Firma Kidde und Kompanie hat die Entwicklung einer Reaktoranlage für eine Lokomotive aufgenommen. Vielleicht wird es in nicht allzu ferner Zeit sogar Flugzeuge mit Atomtrieb geben. Ist genügend Energie vorhanden, so steht einer fortschreitenden Mechanisierung und Automatisierung der gesamten Industrie nichts mehr im Wege. Die Arbeitszeit des Menschen wird einmal viel kürzer als heute sein; denn die mit Atomenergie betriebene Maschine wird für ihn arbeiten.

Da sind wir unversehens in die Zukunft hineingeraten. Im Jahre 1955 sind das alles nur Projekte der nächsten Jahre und Jahrzehnte. Die Tatsache aber, daß endlich begonnen wird, in weltweiter Gemeinsamkeit weiterzuforschen, erhöht beträchtlich die Chancen für die baldige Verwirklichung solcher Pläne.

Die Bekanntgabe der verschiedensten Spezialergebnisse von seiten amerikanischer, englischer, sowjetischer und französischer Forscher führt immer wieder zu der beruhigenden Feststellung: „Wir sind den richtigen Weg gegangen. Unsere Ergebnisse stimmen im wesentlichen mit denen der anderen Forscher überein!“

Die Entwicklung der Atomenergie ist noch von einem anderen Gesichtspunkt aus von großem Interesse. Der Weltbedarf an Kohle beträgt gegenwärtig ungefähr 1,7 Milliarden Tonnen im Jahr, befindet sich aber ständig im Wachsen. Auf Grund der Wachstumsraten der Industrie haben die Statistiker ausgerechnet, daß dieser Bedarf am Ende dieses Jahrhunderts wohl auf 7 bis 8 Milliarden Tonnen ansteigen wird. Der Zeitpunkt, an dem die Kohlevorräte erschöpft sein werden, ist bei diesem enormen Zuwachs abzusehen. Was dann? – Die Schwierigkeiten behindern sogar schon vorher die Weltenergieversorgung. Der Kohleverbrauch wird bald ein solches Maß erreichen, daß Förderung und Transport zu kaum lösbaren Problemen werden.

Die Entdeckung der Kernenergie und ihre Erschließung sind, wenn man es so betrachtet, gerade zum rechten Zeitpunkt gelungen. Der wertvolle Rohstoff Kohle wird in Zukunft für unsere chemische Industrie erhalten bleiben. Sind wir im Augenblick auch noch weit entfernt davon, so scheint doch sicher zu sein, daß dereinst unser Energiebedarf in der Hauptsache aus Wasserkraft und Kernenergie gedeckt werden wird.

## **Isotope**

Die Atomreaktoren können nicht nur Energie produzieren. Die bei der Spaltung der Urkerne frei werdenden Neutronen werden auch zur Herstellung künstlicher radioaktiver Isotope benutzt. Zu diesem Zwecke wird die Schwerbetonhülle des Reaktors mit sogenannten Kanälen versehen. In einem Reaktorkanal wird dann beispielsweise ein Stück Gold oder ein Stück Phosphor oder irgendein anderes Material bis

dicht an die „heiße Zone“ herangebracht und dem Neutronenstrom ausgesetzt. Ein Teil der Neutronen bleibt in den Atomkernen des Materials stecken und wandelt diese um. Die neu entstandenen Atomkerne sind dann meist radioaktiv; sie senden Alpha-, Beta- oder Gammastrahlen aus. Eine zweite Möglichkeit, radioaktive Isotope zu produzieren, besteht darin, daß man entsprechendes Material mit schnellen Protonen; Deuteronen oder Alphateilchen aus einem Zyklotron oder Synchrozyklotron bestrahlt. Wie weit die Wissenschaft in der Anwendung solcher radioaktiver Isotope schon fortgeschritten ist, zeigt die Genfer Ausstellung auf eindrucksvolle Weise. Die radioaktiven Isotope sind zu einem neuen, großartigen Instrument der Forschung geworden.

Ein radioaktives Phosphoratom verhält sich chemisch genauso wie ein normales Phosphoratom. Mischt man radioaktiven Phosphor in winzigen Mengen unter gewöhnlichen und düngt damit Pflanzen, so dringen die radioaktiven Atome genauso in den Boden ein, werden von den Haarwurzeln der Pflanzen aufgenommen, durch Hauptwurzeln und Stengel bis in die Blätter transportiert wie die übrigen Phosphoratom. Auf diesem Wege senden sie aber ununterbrochen ihre Strahlung aus; sie zeigen dem Pflanzenforscher, wo sie sich gerade befinden. Mit Zählgeräten kann er ihren Weg und ihre Verteilung verfolgen, kann die Geschwindigkeit des Nährstofftransportes messen. Auf besonderen photographischen Platten photographieren sich die radioaktiven Substanzen durch ihre Strahlung selbst und liefern durch diese Methode der „Autoradiographie“ Aufnahmen von ihrer augenblicklichen Verteilung in einem Pflanzen- oder Tierkörper. Biologie, Agrarwissenschaft und Physiologie können mit diesen Methoden die feinsten Lebensvorgänge innerhalb der Zellen erforschen. Sie stellen dabei nicht nur das Vorhandensein bestimmter Stoffe fest, sondern sie beobachten auch deren Bewegungen und Veränderungen. Damit sind die Grenzen der Beobachtungsmöglichkeiten mit Mikroskopen und Elektronenmikroskopen weit überschritten. Freilich erfordern die Isotopenmethoden weit mehr Mühe, als es zunächst scheint. Dazu gehören höchstempfindliche Strahlenmeßgeräte, komplizierte chemische Analysen und große wissenschaftliche Erfahrungen, die heute zum Teil noch fehlen. Aber der Weg ist offen, und Tausende von Forschern arbeiten bereits auf diesen Gebieten, um mit Hilfe der strahlenden Isotope neue Geheimnisse der Materie zu lüften.

Mit radioaktiven Isotopen – Spürisotopen – wurde zum Beispiel festgestellt, daß sich das Chlorophyll in den grünen Pflanzen alle zwei bis drei Tage erneuert. Untersuchungen mit radioaktivem Stickstoff ergaben, daß sich das Eiweiß im grünen Teil der Pflanze bedeutend schneller als in den Wurzeln erneuert.

Mit radioaktivem Natrium, das ins Blut injiziert wurde, konnten Funktionsprüfungen des menschlichen Blutkreislaufs durchgeführt werden. Die Ärzte können so Blutstauungen schnell lokalisieren, die Kreislaufzeit messen, die Herzleistung bestimmen und viele andere Funktionen der verschiedenen Organe untersuchen.

Die Chemiker haben unter Anwendung radioaktiver Isotope neue Analysemethoden entwickelt, die ihnen gestatten, unvorstellbar geringe Substanzmengen noch genau nachzuweisen. In bestimmten Fällen ist es ihnen gelungen, bis in die Struktur der Moleküle vorzudringen. Diese neuen Methoden sind zudem noch zeitsparend. Bei der sogenannten Aktivierungsanalyse wird die zu untersuchende Substanz einfach in einen Reaktorkanal gebracht. Die unbekanntesten Stoffe werden durch Neutronen in radioaktive Isotope verwandelt, die man dann leicht an ihrer Strahlung erkennen und unterscheiden kann.

Auch in der Technik finden die Spürisotope bereits vielfache Anwendung. Die Materialbewegungen in Hochöfen und Siemens-Martin-Öfen wurden mit Spürisotopen studiert. Bei der Erdölbohrung helfen die „markierten“ Atome, die Bohrlöcher zu untersuchen und den Gehalt der Lager zu bestimmen. Schmiereigenschaften von Ölen können erstmalig erforscht werden. Bei Verschleißuntersuchungen an Motoren und beim Studium anderer Probleme wendet man radioaktive Isotope an.

Außer diesen Methoden, bei denen man die Strahlung der radioaktiven Atome benutzt, um ihr Vorhandensein überhaupt festzustellen, wird auch die Wirkung der Strahlung selbst verwendet. Während bei den Spürisotopen die Strahlung minimal ist und unbeachtet bleiben kann, braucht man größere Mengen radioaktiver Stoffe, wenn man deren Strahlenwirkung irgendwie benutzen will. Besonders starke Strahlenquellen stellen die „verbrauchten“ Uranstäbe aus Kernreaktoren dar. Man benutzt sie vorwiegend bei der Grobstrukturuntersuchung von großen Metallteilen. Auch radioaktive Kobaltpräparate, Cäsiumpräparate und andere Substanzen werden in solchen Struktur- und Materialprüfanlagen als Strahlenquellen verwendet. Die Gammastrahlen aus einer Kobaltquelle durchdringen ebenso wie Röntgenstrahlen ein Gußstück oder eine Schweißnaht und schwärzen einen auf der gegenüberliegenden Seite angebrachten Film. Materialfehler werden dann auf diesem Film als unterschiedlich geschwärmte Stellen sichtbar. Eine solche Anlage mit radioaktiver Strahlenquelle besitzt gegenüber einer Röntgengrobstrukturapparatur beachtliche Vorteile. Sie ist viel kleiner, kann dadurch transportabel angelegt und vielfältiger eingesetzt werden. Zudem ist sie wesentlich billiger, unabhängig von elektrischer Stromversorgung und leichter zu bedienen. Die Gammastrahlen besitzen eine größere Durchdringungsfähigkeit als die Röntgenstrahlen. Man kann Material bis zu 100 Millimeter Dicke durchleuchten. Einziger Nachteil ist, daß man wegen der geringen Intensität der radioaktiven Strahlen längere Belichtungszeiten – bis zu einigen Stunden – braucht.

Es ließen sich noch viele Beispiele für die Anwendung radioaktiver Isotope und Strahlenquellen anführen, die auf der Genfer Atomkonferenz von sowjetischen, amerikanischen, englischen und anderen Fachleuten und Forschern vorgetragen wurden. Die Dicke von fließend produzierten Materialien, zum Beispiel Filmen, Gummi- und Kunststoffplatten, Blechen und anderen Walzprodukten, kann mit Gamma-

und Betastrahlen leicht kontrolliert werden. Pflanzenzüchter sprachen von neuen Versuchen mit Strahlen, und Mediziner berichteten über die Arbeiten mit radioaktiven Isotopen auf vielen Spezialgebieten.

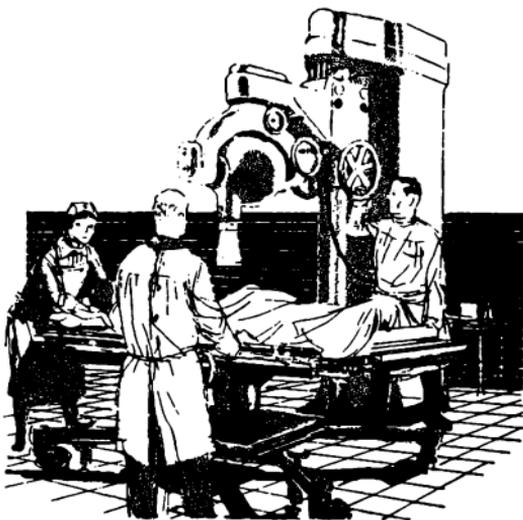
Henri Becquerel hatte sich vor sechzig Jahren eine Verbrennung zugezogen, weil er radioaktive Stoffe in der Westentasche getragen hatte. Pierre Curie fügte sich Radiumverbrennungen zu, um an sich selbst deren Wirkung zu studieren. Von diesen Versuchen ausgehend, entwickelte die Medizin neue Behandlungsmethoden gegen Geschwulstkrankheiten, mit deren Hilfe sie in den letzten Jahrzehnten dem Krebs manches Opfer entriß.

Auf der Ausstellung in Genf wurden Geräte gezeigt, die zur Bestrahlung dienen. In ein solches Bestrahlungsgerät wird als Strahlungsquelle eine kleine Menge radioaktiver Substanz – etwa Kobalt 60 – eingesetzt, deren Strahlung dann Tausenden von kranken Menschen Heilung bringen kann. Ärzte berichten von ihren Behandlungsmethoden und Erfolgen.

Neben der Chirurgie ist die Strahlenbehandlung heutzutage die wichtigste Waffe gegen den Krebs. In zahlreichen, jahrelangen Versuchen an Tieren wurden die Reaktionen des bestrahlten lebenden Gewebes studiert. Die Erfahrungen medizinischer Kliniken aller fünf Erdteile in der Strahlenbehandlung krebsartiger Geschwüre halfen, diese Heilmethode zu entwickeln, so daß die Medizin heute über ein sehr wirksames Mittel zur Bekämpfung dieser tödlichen Krankheit verfügt. Schon manches Menschenleben wurde auf diese Weise gerettet.

Die Strahlung wirkt zerstörend. Die harten Gammastrahlen radioaktiver Stoffe verbrennen gewissermaßen die lebenden Zellen. Ganz ähnliche Wirkung haben harte Röntgenstrahlen. Man sollte nun meinen, daß auf diese Weise nur Geschwüre an der Körperoberfläche behandelt werden können. Die Strahlenmedizin ist aber heute in der Lage, auch von Krebs befallene Gewebe der inneren Organe zu behandeln.

Eines der wichtigsten Lebensmerkmale einer Zelle ist ihre fortgesetzte Teilung. Auch die Zellen des erwachsenen menschlichen Körpers teilen sich fortwährend. Das ist ein genau durch den Organismus gesteuerter Vorgang, ein Gleichgewicht zwischen neugebildeten und absterbenden Zellen. Wird an irgendeiner Stelle des Körpers dieses Gleichgewicht gestört, so entgleitet die Zellteilung der Kontrolle des



Gesamtorganismus und nimmt dort überhand. So entstehen Wucherungen in dem betreffenden Gewebe, die wir Krebs nennen. Gerade dieses schnellwachsende Gewebe ist empfindlicher gegen die Gammastrahlung als das normale. Wird also eine solche Krebsgeschwulst an einem inneren Organ bestrahlt, so reagieren die übrigen von der Strahlung getroffenen Gewebe schwächer, werden wesentlich weniger zerstört als die krebsartige Wucherung. Trotzdem treten bei längerer Behandlung in dem in Mitleidenschaft gezogenen Gewebe Verbrennungen ein, die aber das weitaus kleinere Übel darstellen und meist in erträglichen Grenzen gehalten werden können. Zu Beginn unseres Jahrhunderts, als die Strahlenmedizin kurz nach den Entdeckungen Marie und Pierre Curies' ihre ersten Erfolge erzielte, war diese Methode der Behandlung noch ungeheuer teuer. Ein Gramm Radium kostete mehr als hunderttausend Mark, so daß nur sehr wenige Kliniken in der Welt die erforderliche Radiummenge anschaffen konnten.

Erst als Irène und Frédéric Joliot-Curie die künstliche Radioaktivität entdeckten, zeigte sich die Möglichkeit, wesentlich billigere Strahlenquellen zu gewinnen. Die Entwicklung der Atomreaktortechnik ist jetzt so weit fortgeschritten, daß die zur Strahlentherapie notwendige Menge radioaktiver Substanz tausendmal billiger geworden ist und auf Bestellung praktisch jederzeit in genügender Menge hergestellt werden kann. Als besonders geeignet hat sich das Kobalt 60, ein Isotop des gewöhnlichen Kobalts, erwiesen, weil es seine strahlende Eigenschaft lange behält und weil die Gammastrahlung des Kobalts 60 sehr günstige Werte hat. Eine kleine Menge dieses Stoffes, durch Kernreaktionen mit Neutronen in einem Atomreaktor hergestellt, wird gekapselt, so daß die Strahlen nur in einer bestimmten Richtung austreten, und in ein besonderes Bestrahlungsgerät eingesetzt. Ein solches Gerät nennt man Kobaltkanone.

In der Sowjetunion werden Kobaltkanonen bereits serienweise produziert und von dort auch exportiert.

Die Krebsbehandlung mit Gammastrahlen ist nur eine der Methoden, bei denen radioaktive Stoffe zum Werkzeug der Medizin werden.

Ein weites Feld für die Anwendung der Atomphysik in der Medizin hat sich aufgetan. Die Strahlenmedizin steht noch längst nicht am Ende ihrer Erkenntnis. Bereits bekannte Methoden werden durch neue Erfahrungen immer zuverlässiger, neue Verfahren werden entdeckt. So hat man in bestimmten Fällen mit Erfolg versucht, radioaktive Substanzen direkt in den Körper zu bringen und auf diesem Wege krebsartige Geschwülste von innen zu bestrahlen.

Eine der wesentlichsten Schwierigkeiten in der Krebsforschung ist das frühzeitige Erkennen bösartiger Geschwülste. Auch hier haben radioaktive Isotope schon neue Möglichkeiten eröffnet. Bestimmte Stoffe werden häufig vorzugsweise in bestimmten Organen angesammelt und hier wieder von wucherndem Gewebe stärker als von normalem. So ist es z. B. gelungen, mit radioaktivem Jod Schilddrüsenkrebs festzustellen und die Lage der Geschwulst von außen genau zu bestimm-

men. Aber nicht nur in der Krebsforschung helfen die strahlenden Atome. Bei der Erforschung von Blutkreislauf, Atmung und Stoffwechsel, bei der Diagnostik und der Therapie von Thoraxerkrankungen und vielen anderen Fällen spielen die radioaktiven Isotope heute schon eine große Rolle und werden in den kommenden Jahren immer unentbehrlicher werden.

Bei den amerikanischen Vorbereitungen für die Genfer Atomkonferenz wurde eine Reihe bekannter Wissenschaftler aufgefordert, Vorträge auszuarbeiten und der AEC (amerikanische Atomenergiekommission) einzureichen. Unter ihnen befand sich auch der weltbekannte Strahlen genetiker Nobelpreisträger H. I. Muller. Er reichte einige Wochen vor der Konferenz seinen Vortrag unter dem Titel „How Radiation changes the genetic Constitution“ an die AEC ein. Im Gegensatz zu den meisten anderen Manuskripten wurde seine Arbeit nicht an die UN weitergegeben. Professor Muller erhielt die Mitteilung, daß sein „Paper“ abgelehnt worden sei.

Zu dieser Zeit liefen amerikanische Versuchsserien mit Wasserstoffbombenexplosionen im Pazifik und Atombombenexperimente in der Wüste von Nevada. An verschiedenen Orten der Erde wurden von meteorologischen Stationen radioaktive Niederschläge gemeldet.

Am 17. März 1955 beobachtet man eine radioaktive Wolke über Schweden, die über Nordschottland aus Nevada gekommen ist.

In der Atmosphäre über Westdeutschland wird erhöhte Radioaktivität festgestellt.

Ende März sind über Großbritannien radioaktive Regen- und Schneefälle niedergegangen.

Im Allgäu geht radioaktiver Regen nieder, auch in der Schweiz und in Oberitalien.

Trotz dieser Ereignisse und trotz nachdrücklicher Proteste von Wissenschaftlern, verantwortungsbewußten Politikern und Regierungen beabsichtigen die Amerikaner, ihre Versuche fortzusetzen. Unter diesen Umständen sind sie nicht daran interessiert, daß ein Forscher aus ihrem eigenen Land über die Gefahr radioaktiver Partikel und Strahlen für die menschlichen Erbanlagen spricht.

Muller, der maßgebende Mann Amerikas auf dem Gebiet der Strahlen genetik, der den Nobelpreis für die Entdeckung der Veränderung von Erbanlagen – sogenannter Genmutationen – durch Röntgenstrahlen erhalten hat, wird von der Liste der offiziellen Teilnehmer der Konferenz gestrichen. Er darf nur als Beobachter nach Genf fahren und nicht an der Diskussion teilnehmen.

Man hatte allerdings dabei zu wenig mit der Weltöffentlichkeit gerechnet. Ein Mann wie Muller konnte unmöglich unbeachtet bleiben. Zunächst fiel in den Sitzungen der Zweiten Genetischen Sektion auf, daß Muller schwieg. Als die Ursache bekannt wurde, forderte der Vorsitzende die Teilnehmer auf, sich von ihren Plätzen zu erheben und

## Die Muller-Affäre

Muller ihre Ovation darzubringen. Darüber berichtet das Bulletin of the Atomic Scientists XI, 314, 1955: „Es war eine internationale Demonstration der Entrüstung. Niemand zweifelte, daß Mullers Schweigen der Versuch einiger Offizieller der Konferenz war, das Lautwerden einer wissenschaftlichen Meinung zu verhindern, die diese Offiziellen als unerwünscht ansahen.“ Unter dem Druck der Wissenschaftler wurde Mullers Vortrag nachträglich gedruckt. Er war als Paper No A/Conf. 8/P'/234 wie die anderen Papers zu haben und wurde auch in das sechzehnbändige Werk, das die Vorträge und Diskussionsbeiträge der Atomkonferenz enthielt, aufgenommen. In einer Pressekonferenz am 3. Oktober 1955 begründete der Leiter der AEC, Lewis L. Strauss, das Verhalten Muller gegenüber nachträglich damit, daß auf einer Konferenz für die friedliche Anwendung der Atomenergie nichts über Schäden und Spätfolgen der Atomexplosionen von Hiroshima und Nagasaki, die Muller als Beweismaterial für seine wissenschaftlichen Meinungen angeführt hatte, gesagt werden sollte. Schließlich entschuldigte er den Vorfall als Versehen innerhalb der AEC. Niemand glaubte dieser Entschuldigung. Die amerikanische Atomenergiekommission hatte sich vor der Weltöffentlichkeit bloßgestellt und durch ihr Verhalten die allgemeine Aufmerksamkeit stärker auf Mullers Vortrag gelenkt, als es geschehen wäre, wenn dieser gehalten worden wäre.

Der Vortrag von Professor H. I. Muller beschäftigte sich mit den Schäden, die die Erbanlagen des Menschen durch radioaktive Strahlen davontragen können. In den Keimzellen eines Lebewesens befinden sich die sogenannten Chromosomen, fädige Gebilde, die in linearer Anordnung Tausende von komplizierten Eiweißmolekülen, sogenannte Gene, enthalten. Jedes Gen bestimmt eine besondere Eigenschaft des zukünftigen Wesens. Wird ein Gen von einem radioaktiven Strahlteilchen oder einem Gammaquant getroffen, so verändert es sich, und als Folge verändert sich auch ein aus dieser Keimzelle hervorgehendes Lebewesen. Diese Veränderungen sind in keiner Weise vorherzusehen und in den allermeisten Fällen schädlich für das betreffende Wesen. Eine Reihe von Fällen sind aus Japan bekannt, wo Kinder, die nach 1945 geboren wurden, mit körperlichen Mißbildungen zur Welt kamen, weil ihre Eltern in Hiroshima oder Nagasaki in den Bereich der Strahlung geraten waren.

Auch die Atomexplosionen, die nach dem Krieg zu Versuchszwecken ausgelöst werden, stellen nach Ansicht der Genetiker eine ernste Gefahr dar, denn die schwer kontrollierbaren radioaktiven Staubwolken und Niederschläge nach solchen Explosionen erhöhen die Strahlenbelastung großer Teile der Menschheit. Für die genetische Wirksamkeit gibt es keine Mindestgrenze. Auch die schwächste Strahlung ist wirksam. Andererseits bleiben die Genmutationen rezessiv, das heißt, sie werden nicht sofort wirksam. Es handelt sich nicht um eine Gefahr für die Lebenden, sondern um eine Gefahr für spätere Generationen, für unsere Enkel und Urenkel. Die Genforscher haben eine – von ihrem Standpunkt aus gesehen – höchstzulässige Strahlendosis für

den Menschen festgelegt. Diese beträgt 0,03 Röntgen je Woche. („Röntgen“ ist eine Einheit der Strahlungs-dosis.) Um einen Begriff von dieser Größe zu geben, vergleichen wir: Die Strahlenbelastung durch die Leuchtziffern einer Armbanduhr beträgt jährlich 0,002 Röntgen. Bei einer Röntgenaufnahme des Magens, des Brustkorbes oder eines anderen Körperteils werden ungefähr 0,5 bis 15 Röntgen verabfolgt. Hierbei wird allerdings Sorge getragen, daß die Keimdrüsen nicht getroffen werden. Nach einer starken Kernexplosion tritt in ein Kilometer Entfernung noch eine Gammastrahlung von 2000 Röntgen auf.

Vor der Strahlung kann man sich weitgehend schützen. Wäre das nicht möglich, so könnte man mit radioaktiven Stoffen gar nicht umgehen. Einfach ist der Strahlenschutz bei Protonen-, Deuteronen-, Alpha- und Elektronenstrahlen, weil alle elektrisch geladenen Teilchen schon von wenigen Millimeter dicken Schichten zurückgehalten werden. Durchdringend und deshalb gefährlich sind nur die Gamma-, die Röntgen- und Neutronenstrahlung. Die ersten beiden schirmt man durch dicke Bleischichten ab, während Neutronenstrahlen durch Betonwände, Paraffin- oder Wasserschichten aufgehalten werden. Erst durch diese Maßnahmen ist der Betrieb von Reaktoranlagen und Teilchenbeschleunigern möglich. Die Strahlung eines Reaktors von 100 000 Kilowatt wäre ohne Schutzwände noch in ein Kilometer Entfernung in wenigen Stunden tödlich.

Außer den Schutzwänden dienen besondere Anlagen zur dauernden Strahlenkontrolle. Die Strahlung, die Arbeiter und Forscher in kernphysikalischen Anlagen trifft, wird mit sogenannten Dosimetern gemessen und registriert. Für Menschen, die mit strahlenden Substanzen umgehen, ist eine Wochendosis als höchstzulässig festgelegt worden, die bei 0,2 bis 0,3 Röntgen liegt. Im Jahr wären das 10 bis 15 Röntgen. Der Genetiker Muller hält diese Strahlungsdosis schon für die höchstzulässige für den genannten Zeitraum vom ersten bis zum dreißigsten Lebensjahr.

Das Problem der Strahlenschäden am Menschen ist längst noch nicht gründlich genug erforscht, weil dazu Beobachtungen über mehrere Generationen hinweg erforderlich sind, während wir doch die radioaktiven Strahlen gerade erst sechzig Jahre kennen und erst reichlich zwanzig Jahre in größerem Umfang damit umgehen. Auf jeden Fall kann man die Energie der Atomkerne gewinnen und ihre Strahlung benutzen, ohne Menschen einer ernsthaften Gefährdung auszusetzen. Größte Gefahr für die Menschheit bleiben die Rauchpilze der Atomexplosionen.

Im schwachen Grau eines Frühlingmorgens des Jahres 1955 stehen zwei Männer in langen Wasserstiefeln im Uferschilf des Columbia Rivers. Über dem hügeligen Land hinter ihnen liegen noch die Schatten der Nacht. Nur die Stahltürme und Schornsteine der Hanford-Plutoniumwerke ragen schemenhaft aus der Dämmerung. Die beiden

**In der  
Umgebung  
von Hanford**

regen sich nicht. Jetzt zieht der eine langsam ein Bein aus dem Schlamm, biegt mit den Händen behutsam die nächsten Schilfhalme auseinander und bewegt sich vorsichtig vorwärts. Da kommt ein gurrender Laut seitlich aus dem Schilf. Die beiden Männer halten den Atem an und rühren sich nicht mehr. Einer weist mit einer Kopfbewegung in die Richtung, aus der der Laut der Moorente kam. Mit Vorsicht pirschen sie sich näher.

Im Osten zeigt sich schon ein heller Streifen am Horizont, doch hier unten im Schilf kann man kaum die Umrisse der scharfen, harten Halme unterscheiden. Die beiden hören nichts mehr. Das Nest der Ente muß ganz nahe sein. Die Männer beugen ihre Gesichter auf das Wasser hinunter, um gegen den grauen Himmel besser sehen zu können. Der Vordere trägt ein Netz zwischen zwei langen Stäben. Da war wieder der Laut, diesmal ganz nahe, höchstens vier Fuß entfernt. Sie lauschen einige Minuten, reglos im Wasser stehend. Plötzlich rauscht das Wasser auf. Die Männer haben zwei rasche Schritte vorwärts getan und ihr Fangnetz zwischen das Schilf geworfen. Kurze Zeit später halten sie eine ausgewachsene Moorente in den Händen.

Ein Stich in den Hals tötet das Tier. Nun baumelt es leblos auf dem Rücken eines der Männer.

Bis zum nächsten Brutplatz ist es nicht weit. Die beiden Vogelfänger haben das schon seit Tagen ausgekundschaftet. Sie dringen durch das Schilf, halten immer wieder an, um zu lauschen, doch an diesem Morgen gelingt ihnen kein weiterer Fang. Inzwischen ist der rote Sonnenball über die Horizontlinie gestiegen und beleuchtet die vom Fluß aufsteigenden Nebel. Die Männer erklimmen das Ufer. Von ihren Stiefeln fallen glitzernde Wassertropfen.

Sie haben nicht weit zu gehen, um das

hinter dem nächsten Hügel gelegene Zeltlaboratorium Professor Parkers und seiner Mitarbeiter zu erreichen. Knackende Holzsplitter eines kleinen Feuers zeigen an, daß auch hier der Tag schon begonnen hat. Angenehmer Kaffeegeruch verbreitet sich über das kleine Lager. Dr. Parker besieht sich die neue Beute der Fänger, nickt dann zufrieden.

Sofort nach dem Frühstück beginnt die Arbeit. Das Tier wird mit einem langen Schnitt geöffnet. Gummibehandschuhte Hände tasten sich vorsichtig durch die inneren Organe. Einige werden herausgelöst und in bereitstehende Gläser gelegt. Vor allem aber hat es Parker auf die Schilddrüse des Tieres abgesehen. Nachdem dieses Organ präpariert ist, beginnt erst die eigentliche Arbeit. In einer chemischen Analyse wird der Jodgehalt der Drüse festgestellt und danach mit Zählgeräten die Radioaktivität dieses Jods bestimmt.



Seit Wochen führt Parkers Gruppe solche Untersuchungen durch. Mäuse, Eidechsen, Steppenhühner, ja sogar Raubvögel und Kojoten werden gefangen, sezirt und untersucht. Eine andere Gruppe von Wissenschaftlern unter der Leitung von Professor Hanson fängt Schwalben, junge und ausgewachsene Wildhühner und studiert auch die Radioaktivität verschiedener Vogeleier.

Alle Ergebnisse sind ähnlich und nicht sehr erfreulich. Die gefangenen Tiere sind hundert-, oft tausendmal radioaktiver, als es, durch die natürliche Verteilung radioaktiver Spurenelemente über die Erde bedingt, normalerweise der Fall ist. Die Eier und die Jungtiere sind besonders belastet. Auch tote Tiere werden gefunden, die wahrscheinlich an der Strahlenbelastung gestorben sind. Das Steppengras erweist sich bei empfindlichen Messungen ebenfalls als radioaktiv bis zu fünfzehn Kilometer Entfernung von der nächsten Plutoniumanlage. Wahrscheinlich stammen diese Spuren von den radioaktiven Abgasen, die nicht vollständig gereinigt das Werk verlassen. Dasselbe trifft für die Abwässer zu, wie man an der Radioaktivität gefangener Fische gut erkennt.

Was noch 1945 ungefährlich erschien, erweist sich nun, nach zehnjähriger Erfahrung als bedenklich. Im Laufe der Jahre ist das Gebiet um Hanford radioaktiv stark verseucht. Für den weiteren Betrieb der Anlagen scheint es dringend erforderlich, daß die Schutzmaßnahmen nach den neuesten Erkenntnissen verbessert werden.

Seitdem die Forschergruppe unter Professor Fermi in Chicago den ersten Atomreaktor aus Uranblöcken und Graphitziegeln zusammensetzte und eine Kettenreaktion in Gang brachte, sind kaum zwölf Jahre vergangen. Seit diesem ersten Versuch im Dezember 1942 machte die Kernphysik derartig große Fortschritte, daß es heute für den Nichtfachmann schwierig ist, sich einen Überblick über die verschiedenen Reaktorarten, die gebaut worden sind, zu verschaffen. Man kann durchaus schon von einer Reaktortechnik sprechen. Kernreaktoren werden routinemäßig gebaut und von der Sowjetunion, von England und den USA mit allen dazugehörigen Anlagen exportiert.

Je nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Energiereaktoren, Forschungsreaktoren und Brutreaktoren.

Energiereaktoren werden betrieben, um die Wärme, die bei der Kernspaltung entsteht, in elektrischen Strom, in mechanische Antriebsenergie zu verwandeln. Dabei kann ein Teil der Wärme auch direkt zur Heizung von Gebäuden benutzt werden. Forschungsreaktoren produzieren ebenfalls Energie, allerdings gewissermaßen nur als Abfallprodukt. Hier ist der Überschuß an freien Neutronen das wichtigste. Die Neutronen treffen auf eingebaute Materialien, erzeugen dabei Kernreaktionen, die Gegenstand des Studiums sind. Auf die gleiche Weise werden radioaktive Isotope erzeugt, die in Biologie, Medizin

## Atom- reaktoren



beindlichen Energiereaktoren wird aber mehr Uran 235 gespalten, als Plutonium erzeugt wird. Die Brennstoffelemente erschöpfen sich also allmählich, bis die Kettenreaktion zum Stillstand kommt. Man kann die Brennstoffelemente so einrichten, daß mehr Plutonium entsteht, als Uran 235 gespalten wird. Diese Art der Reaktoren nennt man Brutreaktoren. Auf diese Weise arbeiten die Plutoniumfabriken. Man wird so aber auch Reaktoren herstellen können, deren Kernbrennstoff sich nicht erschöpft oder zum mindesten eine wesentlich längere Lebensdauer hat. Solche Brutreaktoren werden in der Zukunft noch eine bedeutende Rolle spielen.

Uranerz, der wichtigste Rohstoff für den Betrieb von Atomreaktoren, kommt in den oberen Gesteinsschichten der Erde verhältnismäßig häufig vor. Geologen haben den Uranvorrat in der obersten, fünf Kilometer dicken Schicht der Erde auf 40 bis 50 Billionen Tonnen geschätzt. Das bekannte Granitgestein enthält beispielsweise vier Gramm Uran je Tonne. Derartig arme Erze erhöhen natürlich die Kosten der Aufbereitung enorm. Für den Preis des elektrischen Stromes aus Atomenergie sind aber die Rohstoffkosten gegenüber den anderen Aufwendungen für die Betriebsanlagen so gering, daß ihre Verteuerung kaum ins Gewicht fällt. Trotzdem baut man natürlich zuerst die konzentrierteren Vorkommen ab, die gar nicht so selten sind. Zu den bekannten Uranpechblendelagern im Sächsischen Erzgebirge, im Kongo und in Kanada kommen weitere ergiebige Fundstätten in verschiedenen Teilen der Sowjetunion, in Nordamerika, Schweden und anderen Ländern, die erst in den letzten Jahren mit Geigerzählern und mit Hilfe anderer empfindlicher Prospektormethoden aufgefunden wurden. Die vorhandene Menge des Urans kann jedenfalls für Jahrhunderte den Bedarf der Erde decken, auch wenn sich die Zahl der Atomkraftwerke vervielfacht.

Der Betrieb einer Reaktoranlage erfordert eine Reihe von Strahlenmeß- und Warnanlagen, ferngesteuerte Mechanismen zur Regelung und Steuerung des Betriebes, so daß Menschen den ganzen Vorgang von fern steuern können. Für unvorhergesehene Zwischenfälle sind Alarmanlagen eingerichtet worden. Sogenannte Havariestäbe können die Kernspaltungsreaktion sofort zum Stillstand bringen, wenn sie – durch die Alarmanlage automatisch ausgelöst – in die heiße Zone des Reaktors fallen. Man hat, um die Gefahr, die sozusagen jedem Reaktor innewohnt, wirklich beurteilen zu können, einen Versuchsreaktor „durchgehen“ lassen und dabei festgestellt, daß es nicht zu einer Atomexplosion kommt, weil das dabei verdampfende Kühlmittel dem lawinenartig anwachsenden Neutronenstrom entgegenwirkt. Einige Zwischenfälle, die in Reaktoranlagen trotz aller Vorsichtsmaßnahmen vorkamen, ließen Wissenschaftler und Ingenieure wertvolle Erfahrungen für die Konstruktion der Brennelemente, der Warn- und Havarievorrichtungen sammeln. Von einem solchen Zwischenfall soll hier berichtet werden.

Am 12. Dezember 1952 ging der Kanadische NRX-Reaktor durch. Nachträglich wurde festgestellt, daß der Vorfall auf einen Fehler im

Betätigungsmechanismus der Sicherheits- und Kontrollstäbe zurückzuführen war. Zunächst stellte das Bedienungspersonal an den Fernthermometern ein Ansteigen der Kühlwassertemperatur fest. Das Wasser begann zu kochen. Plötzlich floß Kühlwasser in den Bodentank unter dem Reaktor. Ein Teil der Brennelemente schmolz unter der großen Hitze der durchgehenden Kettenreaktion. Man traute sich nicht, das Kühlwasser, das mit 1200 Litern je Minute floß, abzustellen, weil man fürchtete, daß das Uran zu brennen anfangen würde. Man drosselte es nur auf 250 Liter je Minute. Dieses Wasser, das stark radioaktiv verseucht war, mußte wieder abgepumpt werden. Man leitete es in ein Speicherbecken außerhalb des Gebäudes und ließ es später im Gelände versickern. Schließlich drosselte man den Zufluß zu den nicht zerstörten Stäben. Nach weiteren Stunden gelang es endlich, der Havarie Herr zu werden. Dieser Zwischenfall war nach fünfjährigem Betrieb passiert, also durchaus nicht an einer unerprobten Anlage. Die kanadischen Forscher und Techniker studierten nicht nur die Ursachen dieses Unglücks, sondern sie veröffentlichten ihre Beobachtungen und halfen dadurch auch ihren ausländischen Kollegen, wichtige Erfahrungen zu sammeln. In neueren Reaktortypen wurden automatische Überwachungsanlagen eingebaut, verstärkte Sicherungsmaßnahmen und Kontrollen vorgesehen, so daß derartige Reaktorunfälle in modernen Anlagen nicht mehr zu erwarten sind.

### **Das erste Atom- kraftwerk**

In der Nähe von Moskau arbeitet das erste Atomkraftwerk. 5000 Kilowatt leistet es und gibt den erzeugten elektrischen Strom in das Versorgungsnetz ab. Es ist nicht groß, und seine elektrische Leistung ist nicht bedeutend, verglichen mit anderen Großkraftwerken. Aber es ist das erste seiner Art in der Welt, ein großartiger gelungener Versuch, Atomenergie für den friedlichen Aufbau zu nutzen. Es läßt Motoren laufen, Lampen leuchten, setzt Signale in Bewegung, heizt, beleuchtet, belebt. Es steht nicht mehr nur auf dem Papier, daß die Kernspaltung dazu ausgenutzt werden kann. Es ist Tatsache geworden!

Größere Kraftwerke werden diesem ersten folgen, nachdem die notwendigen Erfahrungen gesammelt worden sind. Wie kann man die im Atommeiler erzeugte Wärmeenergie am günstigsten in elektrische umformen? Wie verhalten sich Uranstäbe, ihre Leichtmetallhüllen und die anderen Bauteile über sehr lange Betriebszeiten? Diese und viele andere Fragen sollen gelöst werden, bevor Atomkraftwerke mit zehn- und zwanzigfach höherer Leistung gebaut werden. Doch diese Atomgroßkraftwerke sind schon geplant. In einigen Jahren schon sollen sie entstehen und den wachsenden Energiebedarf decken helfen.

In den sozialistischen Ländern wächst der Energiebedarf schneller als in den kapitalistischen, weil ihre industrielle Zuwachsrate größer ist. Infolgedessen besitzt für sie die Atomenergie eine besonders große Bedeutung. Überdies spart man den wertvollen Rohstoff Kohle für die

chemische Industrie, die zahlreiche hochwertige Produkte aus Kohle gewinnen kann.

Ein Tag im sowjetischen Atomkraftwerk. Ruhig laufen die Turbinen, getrieben vom überhitzten Dampfstrahl. Hinter den Betonwänden des Atommeilers „brennt“ die Kernreaktion. Nur der Ingenieur im zentralen Steuerraum erkennt an seinen Meßgeräten, ob in der „heißen Zone“ des Reaktors alles ordnungsgemäß verläuft. Strahlenmeßgeräte melden die Neutronen- und Gammastrahlung von verschiedenen Stellen des Reaktorraumes. Auf den angrenzenden Gängen leuchten Warnlampen. Der ganze Betrieb ist weitgehend automatisiert. Nur wenige Leute gehören zu einer Schicht und halten das Kraftwerk in Betrieb. Der Ingenieur im zentralen Steuerraum liest den letzten Bericht im Betriebsbuch. Dann nimmt er seine erste Eintragung vor. Der Hauptingenieur der Schicht fragt über die Rundsprechanlage die Betriebsposten ab. Später geht er an den Schaltschränken entlang, um die von Meßgeräten angezeigten Werte – Neutronenflüsse, Kühlwassertemperaturen und andere Eigenschaften des in Betrieb befindlichen Kraftwerkreaktors – genau festzustellen. Einer der diensthabenden Dosimetristen stattet ihm einen Besuch ab. Sie unterhalten sich eine Weile. Bei normalem Betrieb des Kraftwerks ist nicht viel zu tun. Fernbediente Elektromotoren setzen die Regelmechanismen in Tätigkeit. Gleichmäßig arbeitende Pumpen treiben das Wasser durch den ersten Kühlkreislauf. Dieses Wasser wird im Reaktor hoch erhitzt. Da es dabei aber radioaktive Partikel aufnimmt, muß die Wärme in den sogenannten Wärmeaustauscher auf den zweiten Kühlkreislauf übertragen werden. In seinen Röhren fließt nun heißes, nicht mehr radioaktives Wasser, mit dessen Dampf die Schaufelräder der Turbinen getrieben werden. Auf diese Weise wird aus der im Reaktor entstehenden Wärme elektrische Energie erzeugt, ohne daß Heizer Feuer unter Dampfkesseln halten müssen, ohne daß Güterzüge Berge von Kohlen zum Werk transportieren müssen.

Nachdem das Kraftwerk mehrere Monate ohne größere Störungen gelaufen ist, soll es vorübergehend stillgelegt werden, damit die Brennelemente und die übrigen Teile überprüft und untersucht werden können. Aus diesen Beobachtungen werden Ingenieure und Wissenschaftler eine Reihe von wichtigen Schlüssen für neue Projekte und den weiteren Dauerbetrieb ziehen. Es ist noch nicht genügend bekannt, wie sich die Metallhülsen und die Uranstäbe unter dem Einfluß der Hitze und der Strahlung verhalten, wie sich die Stahlrohre der Kühlkreisläufe und die Materialien in den Wärmeaustauschern bewähren.

Die Bremsstäbe haben sich in die heiße Zone gesenkt und die Kettenreaktion zum Erlöschen gebracht. Die Reaktorhalle ist mit dicken Stahltüren verschlossen. Ihr Inneres kann nur durch Spezialfenster, die vor Neutronen- und Gammastrahlen schützen, beobachtet werden.

Die großen Pumpen, die das Kühlmittel und das Wasser des zweiten Kreislaufes durch die Rohre getrieben haben, stehen still. Bevor die Überprüfung beginnen kann, ist eine gewisse Wartezeit nötig, denn sowohl die Brennelemente als auch das Kühlmittel des ersten Kreis-

laufes haben sich mit radioaktiven Substanzen angereichert, von denen ein Teil rasch aufhören wird, zu strahlen. Danach ist die Untersuchung dieser radioaktiven Teile gefahrloser.

Zuerst müssen die Uranstäbe aus dem Reaktor herausgezogen werden. Da diese äußerst stark radioaktiv sind, wurde schon beim Bau des Werkes eine besondere Anlage vorgesehen, die, von außen ferngesteuert, diese Arbeit verrichtet.

Durch die meterdicken Betonwände hört man nicht, wie nach einem Schalterdruck unten in der Halle Motoren zu surren beginnen. Im Blickfeld des Beobachtungsfensters erscheint, auf einer Kranschiene gleitend, eine Vorrichtung. Über dem Reaktorkessel bleibt sie stehen. Ein Ingenieur verfolgt jede Bewegung dieses Greifergerätes, das er von seinem Steuerpult aus lenkt. Eine Stange schiebt sich aus der Vorrichtung nach unten. An ihrer Spitze trägt sie stählerne Greifer, deren Arme noch geschlossen sind. Die Greifer berühren jetzt fast den Deckel des Reaktorkessels. Sie führen einige ruckartige Bewegungen aus, bis sie genau über einem der wenige Zentimeter hervorragenden Metallzylinderköpfe stehenbleiben. Nun öffnen sich die Greiferarme. Alle diese Bewegungen veranlaßt der Ingenieur mit seinen Knöpfen und Schaltern. Die Stange senkt sich noch ein Stück. Die Greifer umfassen den Zylinderkopf. Nun hebt sich die Stange wieder und zieht den ersten Uranstab heraus. Der Hauptingenieur photographiert den

freihängenden Stab für seinen wissenschaftlichen Bericht. Dann bewegt sich der Arm wieder seitlich, bis der Uranstab über einer vorbereiteten Betongrube schwebt, in welche er hineingesenkt wird. So wird Stab für Stab aus der heißen Zone des Reaktors herausgezogen. Müßten Menschenhände diese Arbeit verrichten, so wären schwere Verbrennungen und andere Strahlenschäden die Folge. Erst wenn die Strahlenmeßgeräte so wenig Strahlung anzeigen, daß die Reaktorhalle wieder betreten werden darf, kann mit den Untersuchungen begonnen werden. Als erste betreten Dosimetristen mit tragbaren Geräten die Halle und messen die noch vorhandene Strahlung auf dem Boden, über den die Uranstäbe transportiert wurden, und am Reaktor selbst. Erst wenn sie die Halle freigeben, dürfen die Techniker und Ingenieure mit ihrer Arbeit beginnen. Sie tragen Schutzanzüge, die verhindern, daß winzige radioaktive Partikel an ihre Körper gelangen. Atemmasken schützen sie vor dem Einatmen strahlender Teilchen. Nachdem die Radioaktivität

abgeklungen ist, werden auch die Uranstäbe einer eingehenden Prüfung unterzogen. Diese Prüfung wird in Kammern vorgenommen, deren Wände die Menschen vor der immer noch vorhandenen Reststrahlung schützen. Roboterarme transportieren die Uranstäbe von Prüfgerät zu Prüfgerät innerhalb der Kammern.



Während diese Arbeiten präzise nach dem vorbereiteten Plan ablaufen, haben andere Techniker die Dichte, den Korrosionszustand und die Isolierung der Wasserkreisläufe und der Wärmeaustauscher untersucht. Das ganze Werk ist von angestrenzter Tätigkeit erfüllt. Nachdem die Arbeiten abgeschlossen worden sind, übergibt der Direktor des Kraftwerkes dem Leiter der Hauptverwaltung Atomenergienutzung in Moskau einen ausführlichen Bericht. Das erfreuliche Ergebnis zeigt, daß die Krümmung der Uranstäbe geringer als erwartet, die Korrosion der Metallhülsen sehr schwach und das Material des Kühlkreislaufes einwandfrei geblieben ist. Das Atomkraftwerk ist bereit, wieder Strom in das Versorgungsnetz zu liefern.

Eines der wichtigsten Probleme bei der zukünftigen Nutzung der Atomenergie in Kraftwerken und bei der Großproduktion von Kernbrennstoff in Plutoniumfabriken wird die Beseitigung der radioaktiven Abfälle sein. Wenn sich die Uranstäbe eines Atomreaktors erschöpft haben, wenn also die Kettenreaktion zum Stillstand gekommen ist, müssen die Brennstoffelemente ausgebaut und durch neue ersetzt werden. Durch die Kernspaltung sind in den verbrauchten Uranstäben zahlreiche radioaktive Isotope mittelschwerer Kerne entstanden, die den Umgang mit diesem Material so gefährlich machen, daß nur die Anwendung ferngesteuerter Mechanismen in Frage kommt.

Von dem Uran 235 ist trotzdem nur ein Teil verbraucht, so daß sich eine Aufbereitung lohnt. Diese chemische Aufbereitung kann erst vor sich gehen, nachdem die Stäbe mehrere Wochen in Betonkammern gesteckt und einen beträchtlichen Teil ihrer Radioaktivität verloren haben. Dennoch müssen die Chemiker bei ihren Verfahren sorgfältig alle Strahlenschutzbedingungen beachten, weil die Aktivität durch die Anwesenheit langlebiger Isotope weit über der Grenze des Verträglichen liegt.

Neben dem unverbrauchten Uran 235 sind nur einige Isotope verwendbar. Von den mehr als dreißig verschiedenen Spaltprodukten ist ein ganzer Teil nicht brauchbar und muß irgendwie unschädlich gemacht werden. Diese radioaktiven Abfälle liegen in Form von Lösungen und in fester Form vor. Das Problem ihrer Beseitigung stand bereits bei den ersten Großanlagen auf der Tagesordnung.

Bei den Plutoniumwerken in der Nähe von Hanford legte man große unterirdische Tanks an, mit Stahl ausgekleidete Betonbehälter, in die die radioaktiven Abwässer geleitet wurden. Ähnlich ging man bei den sowjetischen Großanlagen vor. Temperatur und Flüssigkeitsspiegel in diesen Tanks können von außen gemessen werden. Durch die radioaktive Strahlung erhitzen sich diese gespeicherten Abwässer bis zum Sieden, so daß sie verdampfen und die Lösungen immer konzentrierter werden. Der Dampf wird abgesaugt und durch Kühler geleitet. Das Kondensat, dessen Radioaktivität so gering geworden ist, daß es biologisch ungefährlich ist, läßt man schließlich im Boden versickern.

## **Atommasche**

Im Laufe von Wochen und Monaten klingt die Radioaktivität der Abfallprodukte ab, da ja jedes Isotop eine bestimmte Halbwertszeit hat. Nach einem Jahr ist die Strahlungsintensität zwar bedeutend geringer geworden, liegt aber immer noch weit über der Grenze der ungefährlichen Dosis. Die zu einer Kernenergieanlage erforderlichen Abfallbehälter werden sich also allmählich füllen, wenn nicht ein Mittel gefunden wird, um die strahlenden Abfälle auf andere Weise unschädlich zu machen.

Im englischen Werk Windscale hat man eine Rohrleitung zum Meer gebaut, durch die täglich eine bestimmte Menge radioaktiver Abwässer geleitet wird. Messungen der Radioaktivität an Meerespflanzen und Tieren haben ergeben, daß die Werte in erträglichen Grenzen bleiben.

Nahe liegt der Gedanke, strahlende Abfälle in fester Form in der Tiefsee zu versenken. Die Methode ist zwar schon angewandt worden, hat aber mehrere Nachteile. Es ist noch nicht genau bekannt, in welcher Weise dadurch die Tier- und Pflanzenwelt des Meeres beeinflußt wird. Möglicherweise könnten Schäden oder Verschiebungen im biologischen Gleichgewicht auftreten, die noch nicht abzusehende Folgen haben. Außerdem werden vielleicht künftig Substanzen, die heute noch als Abfallprodukte angesehen werden, von großer Bedeutung sein. Versenkt man sie ins Meer, so sind sie unwiederbringlich verloren. Dasselbe ist zu dem Vorschlag zu sagen, radioaktive Abfälle mit Raketen in den Weltraum zu schießen. Gegenwärtig werden verschiedene Verfahren genau untersucht, ihre Sicherheit, aber auch ihre Kosten abgewogen. Eine sichere Methode zur Beseitigung der Atommasche ist auf jeden Fall Voraussetzung für die Ausnutzung der Atomenergie in großem Maßstab. Mehrere Wissenschaftler beschäftigten sich in ihren Vorträgen auf der Genfer Atomkonferenz mit diesem Problem und vertraten die Ansicht, daß eine Lösung nur durch internationale Zusammenarbeit aller beteiligten Staaten und ihrer Wissenschaftler zu erreichen sein wird.

**Dubna** Wenn man auf dem Flughafen Wnukowo aus der Maschine gestiegen ist, mit einem der bereitstehenden Kraftwagen das Rollfeld verlassen hat, geht die Fahrt nach Moskau hinein. Das erste, was man von der sowjetischen Hauptstadt zu sehen bekommt, sind die Leninberge, ein neuer Stadtteil, moderne Häuser, Hochhäuser und, höher als die übrigen, die bekannte neuerbaute Lomonossow-Universität.

Weiter geht die Fahrt über eine der Moskwabrücken hinüber in das alte Moskau, wo man neben modernen Bauten noch alte, verwinkelte Gassen mit niedrigen, verwitterten Häuschen findet, die jedoch immer mehr großzügigen Neubauten weichen müssen.

Von Moskau aus führt eine gute Asphaltstraße nordwärts. Nach knapp einstündiger Fahrt durch Wälder und freie Ackerflächen zweigt rechts die Straße nach Dubna ab.

Im Wald, weitab von den Bauernhäuschen des Dorfes Dubna, liegen die Gebäude des Vereinigten Instituts für Kernforschung. Ein Hotel für Gäste und Wissenschaftler, die sich hier nur kurze Zeit aufhalten, daneben einige Villen, von Gärten umgeben, und das Verwaltungsgebäude, das ist der erste Anblick. Auf der anderen Seite, kaum fünfzig Meter vom Ufer der Wolga entfernt, steht das Klubhaus. Von Laboratorien und dem berühmt gewordenen Synchrotron ist nichts zu sehen. Am Verwaltungsgebäude vorbei führt eine Straße durch den Wald. Rechts ragt der Schornstein des Kraftwerkes über die Wipfel. Kurz hinter der Eisenbahnlinie, die für den Antransport schwerer Geräteteile gebaut wurde, gelangt man an ein Tor, den Eingang zum Laboratoriumsgelände. Dahinter stehen rechts und links einige Gebäude, in denen Labors und Werkstätten untergebracht sind. Von hier aus sieht man dann den großen runden Bau, in dem sich das Synchrotron befindet. Dieser moderne Teilchenbeschleuniger bringt Atomkerne auf eine unvorstellbar große Geschwindigkeit, die der Lichtgeschwindigkeit nahekommt. Die Physiker interessieren sich vorwiegend für die Teilchenenergie und messen diese in Elektronenvolt. Das Dubnaer Synchrotron bringt atomare Teilchen auf eine Energie von 10 Milliarden Elektronenvolt. Die Teilchenbahn in dem Beschleuniger ist ein Quadrat mit abgerundeten Ecken. Der gewaltige Magnet, der die Atomkerne auf diese Bahn zwingt, wiegt 36000 Tonnen. Der gesamte Laufraum der Teilchen muß von Pumpenaggregaten auf Hochvakuum gehalten werden. Die Herstellung dieses Vakuums ist außerordentlich schwierig. Zahlreiche Meßsonden und Targets, das sind Platten, auf die man die beschleunigten Teilchen aufrallen läßt, ragen so in den Laufraum hinein, daß sie von außen bewegt werden können. Im freien Mittelraum der Anlage, über Leiterbrücken zu erreichen, befindet sich ein Steuerpult, welches nur zur Einstellung und Justierung der Anlage benutzt werden kann. Die Ionenquelle steht außerhalb und gibt die erzeugten Atomkerne an einen Linearbeschleuniger, der die Teilchen auf die notwendige Anfangsgeschwindigkeit von einigen Millionen Elektronenvolt bringt. Allein der Ablenkmagnet, der die Teilchen, die aus dem Linearbeschleuniger kommen, in die Bahn des Synchrotrons lenkt, hat die Größe eines normalen Zyklotrons. Die eigentliche Steuerung dieser Anlage erfolgt von einem etwa hundert Meter entfernten Gebäude aus. Wenn das Synchrotron arbeitet, darf sich niemand im Gebäude aufhalten, weil die Strahlengefährdung zu groß ist. Sämtliche Aggregate des Großgeräts können von dem Steuerhaus her fernbedient werden. Alle Messungen werden über Kabel nach dem Steuerhaus übertragen und können dort abgelesen werden.

Mit diesem Gerät gelang es erstmalig, schwere Atomkerne aufzulösen. Die Bilder des sowjetischen Synchrotrons und die ersten Aufnahmen der Kernauflösung in kleine Bruchstücke und Elementarteilchen gingen nach diesem Erfolg durch die Weltpresse. Ein neues Werkzeug führt uns näher an die Geheimnisse der atomaren Kräfte heran.

Etwas abseits liegt ein zweites, kleineres Gebäude, in dem ein Synchrozyklotron untergebracht ist. Mit diesem Teilchenbeschleuniger, der leichte Kerne auf 680 Millionen Elektronenvolt bringt, steht den Physikern ein weiteres Großgerät zum Studium der Kernreaktionen zur Verfügung.

Dieses moderne Institut bei Moskau dient nicht nur sowjetischen Wissenschaftlern, sondern auch den Forschern aus der Deutschen Demokratischen Republik, aus China, Polen und anderen sozialistischen Ländern. Dafür zahlen die betreffenden Regierungen einen jährlichen Beitrag. Die Atomforschung ist so kostspielig geworden, daß die gemeinsame Ausnutzung solcher Großanlagen durch mehrere Staaten schon aus Gründen der Rationalität vernünftig ist. Für die sozialistischen Staaten bietet Dubna aber vor allen Dingen großartige, von der Sowjetunion geschaffene Möglichkeiten, ihre Wissenschaftler sofort an diesen modernsten Forschungsgeräten arbeiten zu lassen, ohne Zeit, Geld und Mühe für eigene Entwicklungen hineingesteckt zu haben.

Wir treffen hier neben dem Leiter des Instituts Professor Blochinzew und anderen sowjetischen Forschern den deutschen Atomphysiker Professor Pose, den chinesischen Physiker Hing Hu, bekannte polnische und ungarische Forscher und junge Wissenschaftler aus allen sozialistischen Staaten.

Dubna ist kein Zentrum der Atomwaffenforschung, sondern ein großartiges Laboratorium, in dem die Physiker neue Wege zur friedlichen Anwendung der Atomenergie suchen. Das wußte auch der Italiener Pontecorvo, heute Leiter einer Arbeitsgruppe in Dubna, als er die sowjetische Regierung um Asyl bat, um nicht länger an der englischen Atomwaffenproduktion beteiligt zu sein.

## **Was ist in Windscale geschehen?**

Am 7. Oktober 1957 schaltete man den Reaktor I des britischen Plutoniumwerkes Windscale ab, um die sogenannte Wigner-Energie auszulösen. Bei dieser „Wigner-Energie“ handelt es sich um ein eigenartiges Phänomen, das bei Reaktoren mit Graphitmoderator auftritt. Durch die Neutronen aus der Kettenreaktion werden im Kristallgitter des Graphits Kohlenstoffatome zu Energiespeichern. Auf diese Weise sammelt sich im Graphit Energie an, die spontan frei werden kann. Als Folge erhitzt sich der Reaktor. Diese Erscheinung wurde zum ersten Mal 1952 beobachtet. Um ersten Störungen auszuweichen, muß man diese Wigner-Energie von Zeit zu Zeit auslösen. Das geschieht dadurch, daß die Temperatur des Reaktors vorsichtig erhöht wird, bis sich die gespeicherte Energie aus dem Graphit befreit.

Der Reaktor I wurde neunzehn Uhr fünfundzwanzig wieder eingeschaltet. Zunächst löste sich die Wigner-Energie nicht aus. Am 8. Oktober ließ der leitende Physiker den Reaktor neu anregeln. 15 Minuten lang stiegen die Temperaturen viel schneller an, als es sein

durfte. Die Bremsstäbe wurden eingeführt, um die Reaktorleistung zu reduzieren. Mit einer Reihe von Maßnahmen, von denen keine durchschlagenden Erfolg hatte, verging dieser Tag. Die Physiker liefen aufgeregt umher, maßen Aktivitäten, versuchten neue Temperaturkontrollen vorzunehmen; aber eigentlich meinten sie, noch Herren der Lage zu sein.

Am 9. Oktober stieg die Temperatur im Reaktor langsam weiter. An den Meßinstrumenten war zu erkennen, daß schon einzelne Brennelementhülsen defekt geworden waren. Um wenigstens eine geringe Kühlung des Reaktors zu erreichen, schloß man ihn an den Abluftkamin.

Am frühen Morgen des 10. Oktober zeigte das Strahlenmeßgerät am Kamin unterhalb des Filters stark erhöhte Radioaktivität an. Der leitende Physiker sah das jedoch nicht als gefährlich an, weil es eine Folge der Luftbewegung sein konnte. Nach neuerlichem Temperaturanstieg wurde die Luftkühlung verstärkt. Jetzt vermuteten die Physiker und Techniker wirklich ernste Schäden innerhalb des Reaktors. Man versuchte, den Kanal mit der höchsten Temperatur zu entladen, aber die mechanische Vorrichtung zum Herausziehen der Uranstäbe versagte. Dosimetristen stellten die Aktivität der Luft in der Reaktorhalle fest. Zur Not konnten Menschen bei entsprechendem Strahlenschutz bis an den Reaktor herankommen. Ein Trupp in Schutzkleidung und Atemmasken machte sich fertig, um den gefährdeten Kanal, in dem die Metallumhüllungen bereits auf Rotglut waren, zu entladen. Doch es gelang nicht. Die Dosimetristen mußten die Arbeit abbrechen lassen, weil die Strahlung zu hoch wurde. Auch die weiteren Versuche schlugen fehl. Nur die umliegenden Kanäle konnten entladen werden, um eine Ausbreitung der Glut zu verhindern. Nun bestand kein Zweifel mehr: Der Reaktor brannte.

Ein Kraftwagen jagt nach Calder Hall, um Kohlensäurebomben zu holen. Aber auch dieser Kühlversuch bleibt erfolglos. Die Belegschaft des Werkes erhält die Anweisung, unter Dach zu bleiben und Atemmasken zu tragen. Die Feuerwehr des Bezirks wird alarmiert. Es bleibt nur noch eine Lösung: Der Reaktor muß unter Wasser gesetzt werden.

24 Stunden läuft das Wasser. Die Löschkommandos arbeiten vom 10. Oktober neun Uhr, den ganzen Tag, die Nacht durch, den 11. Oktober und noch eine Nacht. Durch den Luftkamin stoßen explosionsartig mehrere Staubwolken. Erst am 12. Oktober hat sich der Reaktor wieder abgekühlt.

Sir William Penney, der britische Spitzenfachmann für nukleare Waffen, geht erregt von der kleinen Versammlung in seinem Empfangszimmer auf und ab, während ihn die Journalisten erwartungsvoll ansehen. Erst nachdem sich einige ungeduldig geräuspert haben, beginnt er zu sprechen, und die Bleistifte der Berichterstatter eilen über die Stenogrammböcke.

Sir Penney sagt, es sei kein Grund zur Aufregung, wirklich kein Grund. Der Schaden sei aufgeklärt und werde behoben.

Aber was ist mit den Ascheauswürfen? Die Bevölkerung der umliegenden Ortschaften ist beunruhigt.

Sir Penney zuckt die Achseln. Die endgültigen Ergebnisse der Untersuchungskommission müssen abgewartet werden.

Ein Journalist von „News Chronicle“ will wissen, welches die Ursachen des Zwischenfalls waren. Der Verantwortliche Penney versucht auszuweichen. Es handle sich um Versuche, die mit militärischen Projekten in Zusammenhang stünden, sagt er und sieht dabei immer wieder nach dem Telephon, als ob er von dort her etwas erwarte. Die Journalisten lassen nicht locker. Ob die Regierung für den Schaden aufkomme, der Teile der umliegenden Ortschaften betrifft, will eine Mitarbeiterin von „Daily Worker“ wissen. Welche Maßnahmen getroffen würden, um in Zukunft solche Unfälle zu vermeiden.

Da klingelt das Telephon.

Sir Willam Penney geht gemessenen Schrittes an den Tisch und nimmt den Hörer. Am anderen Ende der Leitung steht Sir Edwin Plowden, der Leiter der Atomic Energy Authority.

„Geben Sie einen klaren, knappen Bericht, Penney! Es läßt sich nicht vermeiden; denn die Untersuchungskommission wartet mit schlechten Nachrichten auf. Es ist ärger, als wir anfangs dachten.“

Sir William nickt. Als er danach wieder zu den Journalisten spricht, klingt seine Stimme kühl und sachlich. Dies ist der Inhalt seines Berichtes:

Am 10. Oktober ist im britischen Plutoniumwerk Windscale in Cumberland ein Uranofen in Brand geraten. Der im Ofen befindliche Kanister mit Bombenmaterial explodierte zwar nicht, wurde aber zerstört. Aus dem Schornstein sind größere Mengen radioaktiven Staubes gewirbelt worden. Der gerade herrschende mäßige Wind hat diesen Staub in verschiedene Richtungen abgetrieben. Das Ausmaß und die Aktivität des Aschenniederschlages sind noch nicht genau bekannt. Das Werk wird einige Monate außer Betrieb bleiben, bis der Schaden behoben sein wird. Dadurch wird die Produktion von spaltbarem Material in Großbritannien vorübergehend auf die Hälfte sinken.

Die Bauern in der Grafschaft Cumberland sind aufgebracht. „Da haben wir's“, sagen sie und erinnern sich grimmig an die Zeit, als sie noch ihre Ruhe vor diesem „modernen Atomzeug“ hatten. Wütend sehen sie den Meßtrupp zu, die mit ihren Geigerzählern über das Land gehen. Es ist ein Glück, daß der größte Teil der Ernte eingebracht ist. Doch wie steht es mit dem Grünfutter für das Vieh? Die Bauern hocken zusammen und beraten.

„Ich füttere überhaupt nicht Grünes“, sagt einer. Und ein anderer: „Gerade füttere ich. Wegen mir soll alles verrecken. Das muß der Staat bezahlen!“

„Wie willst du beweisen, daß die Kühe daran gestorben sind, he?“ Der Gefragte reibt sich nachdenklich das Kinn. Dann haut er wütend mit der Faust auf den Tisch. „Klagen müssen wir, alle zusammen!“

Die Meßtruppe der Atomenergiebehörde haben nicht vor den Bauernhäusern und den Ställen haltgemacht. Sie untersuchen die Menschen und die Tiere. Widerwillig lassen sich die Bauern das gefallen. Lieber ließen sie die Hunde los, doch damit wäre ihnen nicht geholfen.

Blut- und Urinproben sowie Hautuntersuchungen ergeben, daß keine größeren Schädigungen aufgetreten sind. Auch das Vieh, das am 10. Oktober und an den beiden folgenden Tagen, bis die Warnung überall bekannt wurde, draußen geweidet hatte, scheint besser davongekommen zu sein, als befürchtet wurde. Das Blut der Rinder und Schafe zeigt keine erhöhte Radioaktivität. Dagegen ist die Milch der meisten Kühe radioaktiv verseucht. Am 16. Oktober erläßt die Regierung ein Verbot des Milchverkaufs für alle landwirtschaftlichen Betriebe des Gebietes. Die Verbotzone umfaßt eine Fläche von 500 Quadratkilometern. 150 Bauern der Grafschaft Cumberland sind betroffen. Sie fahren nun täglich ihre Milch in das Depot. Von hier aus sind in aller Eile Röhren gelegt worden, in denen nun Tag für Tag 13 600 Liter Milch ins Meer fließen. Die Regierung bezahlt natürlich diese Milch. Sie bezahlt auch das Gemüse, welches auf den Feldern von radioaktiver Asche befallen wurde.

Nach einigen Wochen ist alles vorüber. Der Milchverkauf ist wieder freigegeben worden, und die Bauern haben ihre Entschädigung bekommen. Doch sie sollen bald merken, daß ein anderer Schaden nicht beachtet wurde. Sie begegnen auf dem Markt Schwierigkeiten, die sie empfindlich treffen. Die Leute wollen nicht kaufen, was aus der Gegend von Windscale stammt. „Man kann nie wissen“, sagen sie. „Alles ist bestimmt nicht kontrolliert worden. Man sieht ja dem Zeug nicht an, was drin ist.“ Monate vergehen, bis die um Windscale sagen können: „Wir sind nun wieder wie andere Bauern.“

Der alte Schäfer Robert Breck – er hat in Cumberland die größte Herde – bleibt, auf seinen Stab gestützt, stehen, bis der Pfarrer herangekommen ist. Der Priester ist so alt wie er, und sie haben sich in den letzten zehn Jahren über manches unterhalten, was den Glauben und das Leben der Menschen betrifft. Nachdem sie sich begrüßt haben, rückt der Schäfer heraus: „Hochwürden, ich habe jetzt manchmal gedacht, wenn Gott das alles gewußt hätte, daß sie Atombomben machen und so – ob er doch nicht seinen Geboten noch eins oder zwei angehängt hätte. Du sollst keine Atombomben machen – oder – du sollst nicht giftigen Staub werfen auf deines Nächsten Feld, Haus, Vieh und Kind?“ Der Pfarrer schüttelt den Kopf, und seine Antwort ist ohne Feuer.

„Gott sieht alles voraus, mein Freund. Er hat geboten: Du sollst nicht töten! Das heißt aber, daß alle diese Bomben schreckliche Sünde sind vor Gottes Angesicht.“

Der Schäfer sieht dem Pfarrer nach, grübelnd, auf seinen Stecken gestützt. Wenn alle Priester, vor allem die großen, so denken und reden wollten!

## **Die Wasserstoff- bombe**

In den Jahren nach 1945 entwickelte eine Gruppe amerikanischer Wissenschaftler, an deren Spitze der Physiker Edward Teller stand, eine neue Bombe, deren Wirkung die der Uran- und Plutoniumbomben um ein vielfaches übertrifft.

Der Kern dieser sogenannten Wasserstoffbombe besteht aus einer Uran- oder Plutoniumbombe der bekannten Bauart, während der umhüllende Mantel leichte Elemente in bestimmten gebundenen Formen enthält. Bei der Explosion des Urankerns leiten die riesigen freierwandelnden Energien Kernreaktionen zwischen diesen leichten Elementen des Mantels ein, die nur dieses Anstoßes bedürfen, um ihrerseits noch viel gewaltigere Energien zu entwickeln.

Man nennt derartige Reaktionen Aufbaureaktionen, weil dabei aus zwei leichteren Elementen ein schwereres gebildet wird. Im Prinzip geschieht dasselbe in den selbstleuchtenden Sternen, zum Beispiel in unserer Sonne. Man kann sagen, daß die Sonne (und ebenso die anderen Fixsterne) ein riesiges Atomlaboratorium ist, in dem ununterbrochen schwere Atome aus leichteren zusammengesetzt werden. Die dabei abfallende Energie wird ausgestrahlt und fällt zu einem winzigen Bruchteil als Licht und Wärme auf unsere Erde.

Der Mantel einer Wasserstoffbombe enthält meist Deuterium, Tritium oder Lithium, nicht, wie der Name vermuten läßt, gewöhnlichen Wasserstoff. Theoretische Überlegungen zeigten, daß eine Verbindung zwischen Deuterium und Lithium besonders hohe Energien abgeben müßte.

Die ersten Versuche mit dieser Bombe beginnen 1952 in der Wüste von Neumexiko. Die USA wollen damit ihre Vormachtstellung als Atomweltmacht wiederherstellen.

Es ist hier am Platz, die Frage nach dem Sinn solcher ungeheuerlichen Waffen zu stellen. Die wissenschaftliche Bedeutung der Explosionen steht nicht zur Debatte; denn von vornherein interessieren sich die amerikanischen Politiker und Militärs nur für die Vernichtungswirkung. Hat solche Forschung noch etwas mit Wissenschaft zu tun?

Die Ingenieure, die die Verbrennungsöfen von Auschwitz anlegten, lieferten „saubere“ Arbeit. Sie berechneten sogar, wieviel Menschen in der Stunde mit ihren Öfen verbrannt werden konnten. Ist die Erfindung der H-Bombe etwas anderes?

Edward Teller ist der Meinung: „Aufgabe des Wissenschaftlers ist es, die Natur zu erforschen und das, was er gefunden hat, in klaren, verständlichen und schlichten Worten zu erklären, so daß die daraus folgenden menschlichen Entscheidungen von jedermann in unserem Land mit Verständnis getroffen werden können. Denn die Macht der Entscheidung gehört dem Volk, und es ist das Volk, das die Folgen der Entscheidung tragen muß.“

So ist es natürlich am bequemsten. Der Forscher lehnt die Verantwortung ab. Daß er selbst auch zum Volk gehört und entscheiden muß, auf Grund seines überragenden Wissens sogar diese Entscheidung wesentlich beeinflussen kann, wird übersehen. Mögen andere zusehen,

was sie aus der Entdeckung machen! Sollen sie ruhig Länder verwüsten, Meere verseuchen!

Es gehören schon ein „kindlicher“ Glaube an die uneingeschränkte Liebe und Vernunft unter den Menschen oder Verantwortungslosigkeit und Zynismus dazu, um eine solche Einstellung zu äußern.

Die Wasserstoffbombe kann keinem anderen Zweck dienen als dem der Massenvernichtung. Sie ist von vornherein dazu geschaffen. Das kann keinem verborgen bleiben, der nur einiges über ihre Wirkung erfährt.

Eine Normal-Wasserstoffbombe besitzt einen Sprengradius von 15 Kilometern. In diesem Umkreis werden alle Gegenstände durch die Druckwelle der Explosion zerdrückt, zerrissen, dem Erdboden gleichgemacht. Ihre Glutstrahlung setzt im Umkreis von 55 Kilometern alles Holz in Brand. Die radioaktive Gammastrahlung wirkt bis zu 5 Kilometer Entfernung. Die Verseuchung durch radioaktive Ascheteilchen erstreckt sich über ein schwer abschätzbares, riesiges Gebiet.

Die Uran- und die Plutoniumbombe besitzen eine bestimmte kritische Größe, das heißt, diese Bomben müssen eine bestimmte Mindestgröße haben, können aber auch nicht sehr viel größer gemacht werden. Die Wasserstoffbomben dagegen können in fast beliebiger Größe hergestellt werden. Begrenzend wirken hier höchstens solche Faktoren wie Kostenaufwand, Gewicht und Transportmöglichkeiten der Bombe. Die Wirkungen einer der erprobten Wasserstoffbomben sind furchtbar. In einem Umkreis von 12 bis 15 Kilometern um den Ort der Explosion werden Gebäude völlig zerstört. Infolge der ungeheuren Hitze schießen überall Feuersbrünste in die Höhe. Menschen und Tiere, die sich innerhalb dieser Zone befinden, erleiden schwerste Hautverbrennungen, erblinden sofort, wenn ihre Augen nicht im Augenblick der Explosion geschützt sind, und werden durch herabstürzende Massen erschlagen oder verschüttet. Die ungeheure Druckwelle zerreißt die Lungenbläschen und lähmt das Atemzentrum, so daß mit einer totalen Vernichtung aller Lebewesen in dieser Zone gerechnet werden muß. Zu diesen Wirkungen kommen die radioaktiven Strahlen, die vom Bombenstaub ausgehen. Ein Gebiet, viel größer als die Zone des sofortigen Todes, wird in wenigen Minuten so stark radioaktiv verseucht, daß die darin befindlichen Menschen schwerste, in vielen Fällen tödliche Strahlenschäden erleiden. Darüber hinaus breiten sich Wolken radioaktiven Staubes aus, die sich in Windrichtung mehrere hundert Kilometer fortbewegen und erst nach Tagen über einem weit entfernten Ort niederregnen können.

Eine einzige dieser Bomben reicht aus, um Städte wie Leipzig, München, Köln, Paris oder London „auszulöschen“.

Der wissenschaftliche Leiter der amerikanischen Atombombenforschung, Professor I. Robert Oppenheimer, äußert Bedenken gegen die Entwicklung der Kernwaffen und die Versuche mit Wasserstoffbomben. Die herrschenden Kreise der USA zitieren ihn, der vor neun Jahren die Neumexiko-Probe leitete, vor eine Kommission, die ihn verhört, und entfernen ihn schließlich von seinem Posten.

Doch Robert Oppenheimer steht nicht allein mit seinem Protest. Einer der berühmtesten Physiker des Jahrhunderts, Albert Einstein, erklärt: „Im Hinblick auf die Tatsache, daß in jedem zukünftigen Weltkrieg mit Sicherheit Atomwaffen verwendet werden und diese Waffen den Bestand der Menschheit bedrohen, fordern wir dringend die Regierungen der Welt auf, zu erkennen, daß ihre Ziele nicht durch einen Weltkrieg gefördert werden können.“

Die Forscher wollen nicht, daß die Atomenergie zum Fluche der Menschheit wird. Ist die Furcht in der Welt nicht groß genug? Hat nicht schon diese Furcht, die in den kapitalistischen Ländern von einer gelenkten Presse zu einer Psychose gesteigert wird, viele junge Menschen vom Wege des Lernens zu ziellosem Schlendrian getrieben?

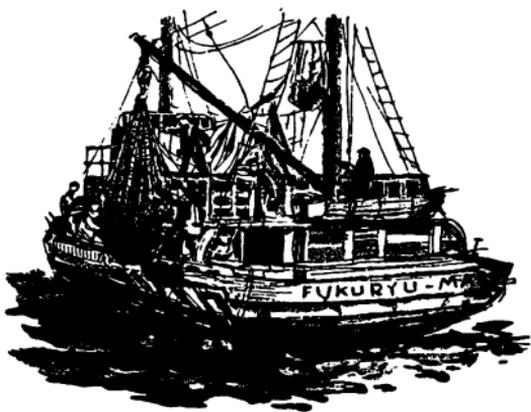
Und alle noch lebenden Forscher, deren Namen leuchtend in das Geschichtsbuch der Atomphysik geschrieben sind, erheben ihre Stimme. Frédéric Joliot-Curie, Erwin Schrödinger, Otto Hahn, Lise Meitner mahnen die Regierungen. Sie sprechen im Namen ihrer toten Lehrmeister Curie, Rutherford und Plank.

Ihrem Protest folgen andere Wissenschaftler, Künstler, Lehrer, Pfarrer, Arbeiter und Bauern, Handwerker und Kaufleute.

Unter den Völkern entsteht eine mächtige Bewegung gegen den Atomtod, der sie alle bedroht. Das Volk entscheidet sich gegen die Wasserstoffbombe, doch diese millionenfache Willenskundgebung wird im amerikanischen Generalstab noch übersehen. Die Ereignisse widerlegen Edward Teller, und sie bestätigen einmal mehr die Erkenntnisse von Marx, Engels und Lenin über die Ursachen der Kriege, die Politik der imperialistischen Staaten und die Kraft der Völker.

Die Fachleute auf dem Gebiet nuklearer Waffen wissen sofort, was es bedeutet, als von sowjetischen Wissenschaftlern mitgeteilt wird, daß es ihnen gelungen ist, Deuterium an Lithium zu binden. Alle amerikanischen und englischen Versuche waren bisher an dieser Aufgabe gescheitert. Die Bestätigung ihrer Befürchtungen erfahren die amerikanischen Politiker kurze Zeit später. Im Jahre 1953 explodiert im Nordosten Sibiriens die erste sowjetische Wasserstoffbombe.

Die Völker der Sowjetunion müssen sich gegen die Wasserstoffbombendrohung zur Wehr setzen. Die Forscher des großen sozialistischen Landes haben „gleichgezogen“. Vielleicht ist dadurch die Gefahr hinausgeschoben, Zeit gewonnen, in der mehr Menschen einsehen können, wie verderblich der Weg ist, auf dem sie von einigen Konzerngewaltigen und skrupellosen Generalen mitgerissen werden, Zeit, in der sie die Entscheidung für den Frieden auf der ganzen Welt erzwingen, eine Entscheidung, der sich auch die Imperialisten werden beugen müssen.



## Strahlende Südsee

Hell und weit ist die Nacht, der sammetschwarze Himmel übersät mit unzähligen Sternen, die sich in der glatten Fläche des unendlichen Wassers widerspiegeln. Langsam zieht die „Fukuryu Maru“ ihre Furche durch den Ozean. Hinter dem Heck drängen sich Myriaden von Leucht-tierchen in der Flut. Bakterien sind es, die, auf Manteltieren, Quallen und anderen Meerestieren sitzend, als funkelnder Schweif hinter dem Schiff im Wasser tanzen. Ein leiser, kühler Hauch weht aus Südwest von den Marshallinseln herauf.

Der Mann am Steuer des Kutters zieht fröstelnd die Schultern zusammen. Das Rad ist festgebunden. Er kann die Hände in die Taschen stecken, rund herum in die Nacht schauen – Südseenacht auf dem Meer. Still ist es. Nur die Bugwelle rauscht eintönig. Masuda summt leise vor sich hin. Was sind dreitausend Meilen für die Gedanken eines Fischers, der einsam auf dem nächtlichen Schiffsdeck steht und an zu Hause denkt?

Um drei Uhr löst Hattori den Kameraden am Steuer ab. Beim Hinaufsteigen sieht er Licht in der Kajüte des Kapitäns. Was mag der Alte um diese Zeit machen?

Kapitän Tsutsui sitzt gähmend vor der Karte. Mehrmals fährt er mit den Fingern über die Augenlider, ehe er die Brille zurechtsetzt. Es hat ihm keine Ruhe gelassen. In gut drei Stunden wird die Sonne aufgehen. Heute ist also dieser erste März. Und da ist der Kreis, dieser verfluchte Kreis, säuberlich mit dem Zirkel gezogen – nichts weiter als ein Bleistiftkreis auf der Seekarte, gezogen um ein Eiland, welches

**„Fukuryu  
Maru“**

Bikini heißt. Er trägt die Verantwortung für Schiff und Mannschaft, nicht wahr? Aber das Sperrgebiet ist sicher viel zu groß. Trotzdem wird er vorsichtig sein, gut aufpassen, lieber noch ein paar Meilen nordwärts gehen. Sicher ist sicher. Nervös trommelt er mit dem Bleistift auf die Karte. Plötzlich quält ihn die Vorstellung von Sukiyocki, dünnen Rindfleischscheiben in Gemüse gedünstet, mit Reis und Shoyu. Vor seinen Augen tanzen Schalen mit saurem Tofu, saftige Melonen und Bohnenkuchen. Er rechnet aus, wie lange er wohl noch warten müssen. In den letzten Tagen ist der Fang gut gewesen. Noch ein Dutzend solcher fünf Meter langen Burschen wie gestern die beiden – in drei Wochen könnte das Schiff voll sein – guter, fetter Thunfisch. Er würde ein schönes Stück Geld bringen, vor allem der Companie, für die er diesen alten Kasten fährt. Grau und rissig, ausgescheuert sind die Planken, die Masten dick und plump zwischen den Aufbauten, von denen überall die Farbe abblättert. Trotzdem – ein paar Jahre würde es noch so gehen. Kapitän Tsutsui hat Kopfschmerzen. Er hätte schlafen sollen, aber an einem solchen Tag gibt ein guter Kapitän sein Schiff nicht aus der Hand. Er steht auf, reckt die steifen Glieder und steigt langsam nach oben. Die frische Brise tut ihm gut. Im Osten werden die Sterne schon blasser. Er wechselt ein paar Worte mit dem Rudergast. Sorgfältig mit Kompaß und Besteck hantierend, bestimmt er Standort und Kurs. Ohne auf die Karte zu sehen, rechnet er aus: 91 Seemeilen von Bikini. Wann würden sie die Bombe werfen? Ob man es von hier aus sehen oder hören kann? Er fühlt sich unsicher, in einer ekelhaften Spannung. Seufzend steigt er wieder unter Deck.

Drei Uhr dreißig. Der Funker Kuboyama stülpt den Kopfhörer über, hört Schlüsseltexte, die er nicht verstehen kann. Er kratzt mit einem Streichholz in den Fingernägeln. Zu Hause werden sie noch schlafen. Bald wird es Zeit zum Aufstehen.

Während er mit seinem Empfangsgerät die verschiedenen Sendefrequenzen abtastet, denkt er an sein Kind daheim. Er sieht sie vor sich, wie sie lächelnd vor dem Spiegel steht in ihrem roten, gelbgeblühten Kimono und das lange, schwarze Haar kämmt. Fünfzehn Jahre alt wird sie morgen werden. Nun ist sie unversehens erwachsen geworden...

Hattori geht müde auf dem Deck hin und her. Noch eine halbe Stunde bis zur Ablösung. Er faßt die gewaschenen Hemden an, die an einer Leine quer über das Heck hängen. „Trocken“, stellt er bei sich fest. Sie sind fast trocken, nur etwas feucht noch vom Tau. Das Wetter würde gut bleiben.

Seine Gedanken wandern wie die der anderen weit über den Ozean...

Träumerisch sieht er nach Norden. Nichts ist zu sehen in der Nacht über dem Meer, aber weit, weit in dieser Richtung liegt Yaezu. Vielleicht denkt er an eine Frau, sieht sie, wie sie aufsteht, Wasser über den schlanken Körper rinnen läßt, dann in den Garten springt, um frische Blüten für die große Vase in der Tokonoma zu brechen. Er besieht seine breiten, starken Hände, krümmt die Finger, spannt die

Armmuskeln. Oh, sie ist so schön, so jung Drei Uhr vierzig. Hattori geht über die rauhen, hell gescheuerten Planken zur Funkerkabine hinüber.

„Gibt es etwas Neues, Aikichi?“ fragt er, den Kopf und die breiten Schultern durch das enge Fenster zwängend.

Kuboyama schüttelt den Kopf. Ohne aufzublicken, sagt er beiläufig: „Heute werfen sie die Bombe. Bin gespannt, ob wir etwas sehen werden.“

„Wie weit sind wir eigentlich weg davon?“

„Ungefähr neunzig Meilen.“

Hattori sieht auf die Uhr. Er wird noch einmal um das Deck gehen und dann – erschrocken, mit weit aufgerissenen Augen starrt er nach Südwesten.

„Aikichi! – Kapitän! – Da, seht!“

Blendendes Licht, weiß, grell, strahlt über das Wasser. Die Augen schmerzen, wenn man hinsieht. Die Glut schwebt über dem Ozean.

„Die Bombe –“, flüstert er, „das war die Bombe.“

Ein gelber Rauchpilz mit grauen Rändern wächst aus dem Wasser, immer noch blendend hell. Schon steht er riesig drohend am Himmel, färbt sich langsam orange, dann hellrot. Beklommen starren Hattorie, Kuboyama und Kapitän Tsutsui in die Richtung. Bald hat sich die ganze Mannschaft an Deck versammelt. Mit wirren Haaren, noch schlaftrunken, starren alle auf das seltene Schauspiel.

Die Bombe! Erregte Stimmen werden laut, Fragen, Rufe. Der Rauchpilz wächst immer noch. Sein Kern hat sich inzwischen zu einem schmutzigen Dunkelrot verfärbt. – Da, nach acht Minuten, hören sie Donner und Getöse. Die Bombe!

Endlich löst sich die Spannung. Es ist vorbei. Ihnen ist nichts passiert. Man lacht und scherzt. Was hätte auch passieren sollen in der Entfernung! Sie steigen wieder unter Deck, um sich fertig anzuziehen und zu frühstücken.

Im Osten steigt langsam die Sonne über den Horizont. Fahl und schwach scheint ihr Licht in den Augen, die vor kurzem die Explosion gesehen haben.

Später werfen sie die Netze aus. In den Worten, die hin und wider gerufen werden, schwingt die Aufregung noch nach, bei manchen hinter



übertriebener Lautheit versteckt. Riesig steht noch die Rauchwolke am Himmel. Das Sonnenlicht wird seltsamerweise immer schwächer, als ob sich ein dünner Schleier über den Himmel zöge. Träge zieht das Schiff die Netze durch die Flut. Kurz vor acht Uhr beginnt ein feiner Regen zu rieseln. Regen? – Aus heiterem Himmel? – Aber was ist das? Kein Wasser – Staub ist es, feiner, weißlich grauer Staub. Asche fällt aus der Luft herab. Und immer dichter wird der Staubregen. Kleider, Gesichter, Köpfe, alle Teile des Schiffes, alles wird mit einer immer dicker werdenden Ascheschicht überzogen.

„Ob das von der Bombe ist?“ fragt einer laut. Natürlich ist es von der Bombe. Man braucht dem Frager keine Antwort zu geben. Woher soll es denn sonst sein? Man kann nicht mehr atmen, ohne daß die lästigen, feinen Ascheteilchen in Mund und Nase geraten. Die Fischer speien über die Reling, fluchen husten, schneuzen sich. Die Staubschicht auf dem Schiff ist schon zentimeterhoch.

Kuboyama hat keine Zeit, das offene Fenster zu schließen. Die „Myojin Maru“ funkt ihren Standort, die „Kichisha Maru“, die „Kaiko Maru“. Alle haben die Explosion gesehen. Der Staub dringt dem Funker in die Augen. Sie tränen, brennen. Endlich schließt er doch das Fenster. Eine Stunde mag vergangen sein, als der Ascheregen nachläßt und ganz aufhört. Der Kapitän läßt das Schiff reinigen. Die Seeleute ziehen Eimer um Eimer voll Meerwasser herauf, spülen und schrubben die Deckplanken, die Treppen, die Geländer. Bis in den Mittag dauert die gründliche Schiffswäsche. Zuletzt säubern sie sich selbst. Hattori läßt sich einen Eimer Wasser über den eingeseiften Haarschopf gießen. Seine nackten, feuchten Muskeln glänzen. Seine Leute werden lachen, wenn er ihnen von dem Deckregen erzählt. Erst, als die anderen schon wieder an Deck die warmen Sonnenstrahlen auf den erfrishten Gliedern spüren, verläßt Kuboyama seine Kabine, um sich auch zu waschen.

Zwei Tage später. Es ist morgens gegen sieben Uhr. Eine frische Brise streicht über das Schiff. Der Kapitän gibt das Kommando zum Einholen der Fangnetze. Die Fischer verteilen sich an die Flaschenzüge. Schwer, tiefend heben sich die Spurleinen aus dem Wasser. Die Netze sind nicht besonders voll, aber so schwer. Seltsam. – Nach der Bergung des Fanges lehnen die meisten erschöpft an der Reling.

Hattori wundert sich über die Blässe seines Nachbarn.

„Wie siehst du denn aus? Ist dir schlecht?“

Der andere schüttelt verneinend den Kopf, hustet.

„Schlecht auch – so schwach. Ganz elend ist mir. – Du siehst ja auch so blaß aus. War das Essen nicht in Ordnung?“

Hattori sieht sich um. Die meisten haben sich auf das Deck gesetzt. Einige rauchen Zigaretten. – Sein Kopf schmerzt, und er fühlt sich matt zum Umfallen. Hinlegen möchte er sich, ausruhen. Was ist nur mit ihm los? Er beißt die Zähne zusammen. Allmählich verschwindet der Schwächeanfall.

Kurz vor Mittag sollen die Netze zum zweiten Mal eingeholt werden. Krampfhaft halten die Hände die Seile, ziehen; verzweifelt spannen sich die Muskeln. Die Fischer keuchen. Noch eine Anstrengung! Das Netz hebt sich. Vorn klatscht etwas. Das Netz! Sie haben das Netz fallen lassen. Der Kapitän starrt mit entsetzten Augen von der Brücke.

„Männer! Was ist denn los?“ – Er kommt herunter, faßt selbst mit an und spürt auf einmal auch eine bleierne Müdigkeit in den Gliedern. Und bleiern schwer scheinen die Netze zu sein. Nacheinander werden doch endlich alle Netze eingeholt. Bleiche Gesichter starren sich ratlos gegenseitig an. Lustlos schlürfen sie später das Essen. Einer steht plötzlich auf und steigt an Deck. Man hört, wie er sich würgend übergeben muß. Drückendes Schweigen herrscht. Kuboyama schiebt appetitlos seine Schüssel zur Seite. Wieder vor seinem Funkgerät, gibt er auf Anordnung des Kapitäns die Meldung in den Äther: „Mannschaft erkrankt – stop – Fukuryu Maru nimmt Heimatkurs – stop – 1. März sieben Uhr fünfundfünfzig einsetzender Ascheregen – stop – was sollen wir tun? – Ende –“

Und bis zum Heimathafen Yaezu sind noch über 3000 Meilen. Zwei Wochen werden sie unterwegs sein. Die Köpfbaut juckt, der Nacken, die Hände – alles brennt. Man könnte kratzen und wahnsinnig werden dabei. Und so übel ist ihm – so schlecht. Mechanisch steht er auf, zieht die Kopfhörer ab. Wankend schiebt er sich zur Reling, sein Magen krümmt sich, dünn, widerlich beißend im Mund und da – er bricht, hält sich krampfhaft an den Seilen.

Drei Kameraden liegen völlig erschöpft in ihren Matten. Das Schiff hat Kurs auf Nordwest genommen. Am Abend liegen schon sieben Mann, apathisch, aus hohlen Augen blicklos starrend. Kuboyama hält mühsam in seiner Funkerkabine aus. Tage vergehen und qualvolle Nächte. Noch 2000 Meilen bis Yaezu. Die meisten haben rote Blasen an Gesicht, Hals und Armen.

„Der Bombenstaub!“ – Alle wissen es jetzt. Auf dem Schiff kann gerade noch das Notwendigste getan werden. Die Kräftigsten lösen sich im Führen des Ruders ab. Wenn jetzt ein Sturm käme! – Aber es kommt kein Taifun. Ruhig liegt das Wasser, wirft blendend das Sonnenlicht zurück und leuchtet in den Nächten, lockend und friedlich.

Kapitän Tsutsui holt mühsam Atem. Erst haben sie die besten Fanggewässer abgesperrt und jetzt – zornig schwellen seine Schläfenadern. Halbvoll ist der Kasten höchstens. Sein Blick schweift trübsinnig über den alten Kutter. Noch 1248 Seemeilen bis Yaezu. Er hat das Schiff nicht gut geführt. Aber wer konnte das wissen? Trotzdem, er hat sein Schiff . . . Diese Gangster, diese verfluchten! Er ballt in ohnmächtigem Zorn die Fäuste und läßt sie fallen. Es hat keinen Zweck. Zu spät! Nun ist es geschehen.

Hattori hockt stöhnend auf den eingerollten Netzen. Verständnislos betrachtet er seine Hände, die starken – haha! – die starken Hände! Der Funker geht zum Kapitän. „Funkspruch aus Nagasaki. Hier!“ Der Kapitän liest: „Asche wahrscheinlich radioaktiv – stop – Rückkehr schnellstens. Ende.“

Er nickt. „Geben Sie unseren Standort durch!“  
Kuboyama geht wieder zu seinen Geräten. Noch 1000 Seemeilen bis Yaezu.

Am 14. März läuft die „Fukuryu Maru“ in Yaezu ein.

## **Der tote Markt**

Der Fang der „Fukuryu Maru“ ist von der Gesundheitsbehörde beschlagnahmt worden. Die Company aber, die einen so großen Verlust nicht tragen will, hat heimlich einen Teil der Ladung auf den Markt gebracht und sofort an Kleinhändler verkauft. Auch der Ladenbesitzer Tanaka hat wie viele andere davon genommen. Er hat immer auf einwandfreie frische Ware geachtet. Sein Geschäft, fast am Nordrand von Yaezu, genießt einen guten Ruf. Kopfschüttelnd sieht er dem Auto der Company nach, das in rasender Eile davonfährt. Er tritt in den Laden zurück, betrachtet freundlich die lebenden Fische im gläsernen Wasserkasten, der auf hölzernen Füßen in der Mitte des niedrigen Raumes steht, nickt den Tintenfischen zu, die von der Decke hängen. Er hat heute ein gutes Geschäft gemacht. So billig hat er lange kein Faß Thunfisch gekauft. Die Companyleute haben sein Angebot hingenommen, ohne zu treiben. Eigentlich ist das ungewöhnlich, merkwürdig. Hat man ihn etwa betrogen? Mißtrauisch betrachtet er das Faß. Nein, er hat ja jedes Stück, in der Hand gehabt. Die Tür geht. Eine Frau in schwarzgelbem Haori, einem seidenen Übermantel, betrachtet die Kleinfische auf der Auslagebank.

„Wissen Sie schon? Die Fischer von der Fukuryu Maru, die heute vormittag eingelaufen ist, sind alle krank. Der Koch soll aus Versehen Rattengift oder nein, etwas anderes – ah, ich weiß schon gar nicht mehr... Jeder erzählt etwas anderes. Man hat alle ins Hospital gefahren. Geben Sie mir bitte ein schönes Stück Thun.“ Wenig später treten zwei Männer in Tanakas Laden. Der Alte erschrickt. Die Fremden sind in weiße Gummiumhänge gehüllt, tragen Kapuzen und Gummihandschuhe. Der eine hat ein seltsames Gerät. Sie weisen eine Beschlagnahmebescheinigung des Gesundheitsamtes für radioaktiven Fisch vor. Ohne auf den verständnislos starrenden Ladeninhaber weiter zu achten, beginnen sie mit der Untersuchung der Waren. Vor dem frisch gefüllten Faß beginnt der Geigerzähler rasend zu ticken.

„Haben Sie davon schon verkauft?“

„Ja“, stammelt der Alte, „einer Frau – vor einer halben Stunde. Sie hat... Ah, was ist bloß – was bedeutet...?“ „Kennen Sie die Frau? Wo wohnt sie? – Schnell!“

Zu spät! Auf dem Tisch stehen feine Sachimischnitten aus frischem Thunfisch.

„Halt! Nicht essen!“ schreit der in Gummi Gekleidete verzweifelt. Die Kinder springen erschrocken auf. Ein kleiner, dicker Mann hält eine

der saftigen Fischschnitten am Holzspieß in der Luft. Zu spät – die ganze Familie hat davon genossen. Sie müssen am folgenden Tag ins Krankenhaus gebracht werden.

Ehe die Morgenzeitung erscheint, weiß jeder in Yaezu: Der Fisch ist vergiftet. Panische Angst greift um sich. Hausfrauen vernichten ihre frisch eingekauften Vorräte, lassen die Kinder nicht mehr aus den Augen. Von Laden zu Laden gehen die weiß verhüllten Suchtrupps des Gesundheitsamtes. Neue Gerüchte über das Ergehen der dreißig Fischer schwirren umher. Der Ladenbesitzer Tanaka aber steht verzweifelt vor seiner Tür. Kein Mensch kauft Fisch. Er wird bankrott machen, wenn das so weitergeht. Jahrzehntlang ist das Geschäft gut gegangen, und jetzt –. Die Bombe, die verfluchte Bombe!

In anderen Häfen laufen ebenfalls Schiffe mit radioaktiver Ladung ein. Eine Katastrophe droht hereinzubrechen, Hungersnot! Man muß wissen, daß Fisch in Japan eine viel größere Rolle spielt als bei uns das Fleisch. Eine der wichtigsten Nahrungsquellen des Hundertmillionenvolkes ist vergiftet. In Yokohama, in Kobe und anderen großen und kleineren Städten bleiben die Fischgeschäfte geschlossen.

Am 27. März läuft die „Myojin Maru“ mit kranker Mannschaft und verseuchter Ladung ein. Das Schiff geriet 10 Tage nach dem Abwurf der Bombe 1500 Kilometer von Bikini entfernt in einen ähnlichen Ascheregen wie die „Fukuryu Maru“. Tausende von Kilogramm Fisch müssen vernichtet werden.

Weitere Schiffe mit verseuchter Ladung laufen ein. In Tokio, Osaka und Nigata fällt radioaktiver Regen. Früchte, Gemüse und Viehfutter werden stellenweise verseucht. Das japanische Gesundheitsministerium warnt die Bevölkerung der betroffenen Gebiete. Am 9. April stellen japanische Wissenschaftler fest, daß in der Umgebung der nordjapanischen Stadt Sapporo radioaktiver Schnee gefallen ist. Am 10. April werden zwei Schiffe, 1300 Kilometer von Bikini entfernt, radioaktiv verseucht. Am 15. April laufen die Schiffe „Kichisho Maru“ und „Tokachi Maru“ mit kranker Mannschaft in ihre Heimathäfen ein. Weitere Fangschiffe kehren mit kranker Mannschaft und verseuchtem Fisch zurück. Der japanische Fischmarkt ist tot. Niemand wagt mehr, etwas zu kaufen. Verzweifelt hockt der alte Tanaka in einer Ecke seines Ladens. Längst steht er nicht mehr vor der Tür, um nach Kunden auszuschaun. Da treten wieder zwei Männer mit Gummiumhängen zu ihm herein. Seine erhalten gebliebenen Bestände wollen sie sehen. Schlep-penden Schrittes, hoffnungslos, führt er sie zu den Fässern. Aber dieser Besuch hat erfreuliche Folgen. Die Leute haben seine Ware mit einem Stempel versehen: „Garantiert nicht radioaktiv.“ Überall wird diese Maßnahme durchgeführt. Langsam beleben sich die japanischen Fischmärkte wieder. Da werden auch von den Küstenfishern radioaktive Fische gefangen. Die Kontrolle der Gesundheitsbehörden muß zu einer dauernden Einrichtung werden. Allmählich treten wieder Käufer an die Stände. Auch in Tanakas Laden kommen sie. Der Alte läuft geschäftig umher. Jeder Käufer verlangt den Stempel zu sehen. Er kann wieder ein wenig aufatmen.

## **Die Atom- krankheit**

Der Zustand der Fischer von der „Fukuryu Maru“ verschlechtert sich von Tag zu Tag. Sie sind sofort in das Stadtkrankenhaus von Yaezu eingeliefert worden. Ihre Angehörigen dürfen sie nicht berühren, nur von weitem sehen und sprechen. Besonders schlecht geht es dem Fun-ker Kuboyama. Der Körper ist von bleifarbener, schlaffer Haut be- deckt, die aufplatzt und blutet. Man muß überall Verbände an- legen.

Nach wenigen Tagen werden die Fischer nach Tokio gebracht und in die Universitätsklinik eingeliefert.

Die Professoren Tsuzuki und Yamada übernehmen an der Spitze eines achtköpfigen Kollegiums die Behandlung der Fischer. Das Blutbild ist stark verändert. Am auffälligsten ist eine starke Leukopenie (Mangel an weißen Blutkörperchen) und eine progressive Anämie (Abnahme der roten Blutkörperchen). Hier können nur Blutkonserven helfen. Die schwärzlichblauen Wunden, über den ganzen Körper verstreut, wollen trotz aller Mühen der Ärzte und Schwestern nicht abheilen.

Inzwischen hat man die radioaktive Asche analysiert. Sie enthält mehr als 30 Spaltprodukte, die zum Teil intensive Alpha- und Betastrahlung aussenden. Besonders bedenklich ist die Feststellung von Strontium, welches sich im Knochenmark ablagert und hier eine langsame Zer- setzung verursacht.

Fieber schüttelt die Kranken. Ihre Haare fallen aus. Diarrhoe schwächt die Körper in erschreckendem Maße. Professor Tsuzuki hat sich schon seit 1945 mit der Atomkrankheit befaßt. Hunderte von Patienten aus Hiroshima und Nagasaki hat er behandelt. Viele sind gestorben. Er hat nichts dagegen tun können. Die Last drückt ihn. Nächtelang wälzt er sich schlaflos hin und her. Man hält ihn für den besten Spezialisten. Die Kranken sehen auf ihn mit stummen Fragen im Blick. Aber was weiß er schon viel mehr als die Symptome? Ja, man kann Bluttrans- fusionen vornehmen, bei einigen Fällen die Frischzellentherapie an- wenden, Kreislauf und Nieren behandeln. Die alte Lebenskraft wird mit all dem den Leuten nicht wiedergegeben.

Und immer neue, unvorhergesehene Symptome treten auf. Gestern zum Beispiel klagte der Patient Masuda darüber, daß er plötzlich viel schlechter sehen könne. Eine Probe ergab, daß bei allen Kranken das Sehvermögen merklich abgenommen hat.

Die radioaktiven Spaltprodukte wandern im Körper je nach ihrer Art an verschiedene Stellen, setzen sich dort fest und rufen die verschie- densten Krankheitserscheinungen hervor. Wie viele Menschen werden noch siech werden, wie viele noch sterben, bevor man einen vollstän- digen Überblick über alle Anzeichen und Folgen der Atomkrankheit hat! Und dann weiß man immer noch nicht, wie solchen Folgen be- gegnet werden werden kann.

Eines Tages taucht eine Kommission amerikanischer Ärzte und Wissen- schaftler auf. Sie werden von ihren japanischen Kollegen reserviert empfangen. Sie kommen ja aus demselben Lande wie die Bombe. Die Amerikaner bringen Medikamente mit, Heilmittel gegen die Atom- krankheit. Ist es ein Hoffnungsschimmer für die Fischer?

Professor Tsuzuki schildert den Gästen die Krankheitsbilder. Als er sich nach den neuen Medikamenten erkundigt, stellt sich heraus, daß es sich um unerprobte Mittel handelt, die hier erstmalig bei Menschen angewandt werden sollen.

Nach reiflicher Überlegung und Beratung verweigern die Professoren Tsuzuki und Yamada dieses Experimentieren an ihren Kranken. Die Amerikaner ziehen unverrichteterdinge wieder ab.

Die Atomkrankheit ist ein schrecklicher, heimtückischer Feind, schleichend und böse. Die japanischen Ärzte werden nicht müde in diesem monatelangen Kampf. Immer neue Bluttransfusionen, neue Verbände, Spritzen und Wundbehandlungen.

Im Laufe des Sommers können die meisten der dreiundzwanzig Fischer aus dem Krankenhaus entlassen werden. Sie sind nicht etwa als geheilt zu betrachten. Auch ihren Beruf können sie nicht wieder ausüben. Lediglich die dauernde Krankenhausbehandlung scheint nicht mehr notwendig zu sein.

Einige Möven segeln vor der Südküste der Inseln. Sie schwingen über dem Wasser, streichen auf die Küste zu, biegen aber vor der wuchernen Urwaldmauer ab, um wieder hinaus auf die See zu treiben.

Weiter rechts ist eine Lücke in der grünen Mauer. Hier stehen zehn oder zwölf Häuser. Ihre spitzen Dächer sind mit den Blättern der Arekapalme gedeckt. Dahinter liegen einige kleine Bananen- und Jampfpflanzungen.

Es ist die Zeit, zu der die Kinder zu den Booten kommen müßten, um in die Schule zu fahren, welche sich in der eine Meile nördlich gelegenen Hauptsiedlung der Insel befindet. Aber die Ausleger-Einbäume liegen verlassen am Strande. Kein Mensch ist zu sehen. Die Feuerstellen in den Häusern sind kalt geworden. Töpfe mit Speisen, Körbe; Arbeitsgeräte stehen verlassen umher. Kinderspielzeug liegt, als wollten die kleinen braunen Besitzer gleich wiederkommen, hier und da. Doch überall breitet sich eine dünne graue Staubschicht aus. Und der Staub ist auch auf den Strandgewächsen und auf den Palmenblättern in der Nähe.

Zuerst hatten sich die Menschen über diesen Staub, der vom Himmel regnete, nur gewundert. Sie bliesen ihn fort, wo er störte. Einige Wochen später wurden die meisten krank. Von der großen Insel kam ein Arzt zu ihnen. Der meinte, das sei von dem Staub. Da bekamen sie schreckliche Angst und flohen von dem Ort, wo ihre Eltern gelebt hatten. Der Arzt sagte, sie dürften nicht zu anderen gesunden Menschen gehen, und in den weißen Baracken auf der großen Insel sei auch kein Platz mehr.

Da zogen sie den schmalen Pfad aufwärts. Er war mühsam gehauen durch das Gewirr von Rotang, Bambus und armstarken Luftwurzeln der großen Würgerlianen. Viel Windungen macht dieser Pfad, bis er die Höhe erklommen hat. Und sie fühlten sich matt, wie sonst nicht

**Elftausend  
Menschen  
in Gefahr**

nach der schweren Arbeit, die Mehrzahl von ihnen blutete aus offenen Wunden. Einige brachen zusammen und mußten weitergetragen werden. Endlich hatten sie oben am Rande des Waldes vor der weiten Grassteppe gestanden. Die Kräftigsten hatten junge Stämme gefällt und notdürftige Hütten errichtet. Hier wohnen sie nun seit mehreren Wochen. Hinter ihnen liegt der dichte Wald, überragt von den hohen, zarten Wedeln der Stechpalmen, und vor ihnen dehnt sich die Steppe. Das scharfe Alang-Alang-Gras steht steil in großen Büscheln zwischen kantigen Steinen. Die Fläche neigt sich allmählich. Ganz in der Ferne schwimmt der Horizont mit der heißen, flimmernden Luft zusammen. Und dahinter rauscht wieder das Meer. Sie waren vierundvierzig Menschen, dreizehn Frauen, elf Männer und zwanzig Kinder. Drei sind schon gestorben. Die meisten liegen apathisch im Dämmerlicht der Hütten, die aus vier Pfählen und Wänden, geflochten aus Palmwedeln, bestehen. Es sind nur noch wenige kräftig genug zum Gehen. Sie sammeln immer neues Laub für die Kranken, die aus vielen Platzwunden und Blasen auf der Haut bluten. Das Blut gerinnt unter ihnen und lockt giftige Fliegen und Spinnentiere an, wenn das Laub, auf dem sie liegen, nicht täglich erneuert wird.

Alle zehn Tage kommt der weiße Arzt von der großen Insel. Er verbindet die Wunden, streicht Salbe auf die roten Blasen. Seine braunen Gehilfen tragen Kisten mit Nahrungsmitteln und Medikamenten aus seinem Motorboot herauf. Aber er kann die blinden Augen nicht wieder sehend machen, und er schüttelt ratlos vor den geschwollenen, eiternden Gliedern den Kopf. Warum reißen die Leute die Verbände immer wieder ab? Er fragt einige. „Es brennt und juckt und sticht wie mit tausend Nadeln“, sagen sie. Er geht wortlos davon. Das ist nicht die einzige Siedlung, die er besuchen muß. Und er wird in zehn Tagen wiederkommen, neue Verbände anlegen. Vielleicht findet er zwei Pfleger, die hier bei den Menschen bleiben. Doch das wird sáwter sein. Die Angst vor der Krankheit, die sie nicht kennen, ist zu groß.

Eine Meile nördlich von der verlassenenen, mit radioaktivem Staub verschütteten Siedlung liegt der Hauptort der Insel. Seine Einwohner sind verschont geblieben. Aber die Katastrophe hat auch in ihr Leben eingegriffen. Seit sie die Unglücklichen oben an der Grassteppe mit Nahrung versorgen, leiden sie selbst Hunger. Nur die Kinder können noch satt werden.

Alle drei Tage gehen Männer hinauf, tragen in großen Körben Nahrungsmittel für die Unglücklichen und vergessen auch nicht, Bastkrüge mit Trinkwasser mitzunehmen, denn oben in der Steppe gibt es keinen Tropfen. Die Träger wagen sich nicht an die Kranken heran. Sie setzen alles in einiger Entfernung auf den Boden und entfernen sich wieder. Die noch Gehfähigen kommen heran. Sie tragen Wasser und Nahrung zu den Hütten und verteilen es.

Gestern kroch der kleine Namu wie irr vor den anderen her, richtete sich auf, ging ein paar Schritte stolpernd, bis er plötzlich umfiel.

Die Männer haben ratlos um den Elfjährigen gestanden, einige haben geschimpft. Nach hundert Atemzügen ist er wieder zu sich gekommen

und blitzschnell zu den abgesetzten Speisen und Krügen gekrochen. Dort hat er sich mit letzter Kraft auf einen Wasserkrug gestürzt. Seine Zähne haben auf den Rand geschlagen, und das Wasser ist über sein Gesicht gelaufen. Einer der Männer konnte gerade noch das umgestürzte Gefäß aufheben, bevor das kostbare Wasser in den Boden sickerte.

Möven sitzen auf dem Riff. Vom Ufer aus kann man sie nur als weiße Punkte erkennen. Aber sie stecken die Köpfe unter die Flügel und hocken stundenlang reglos. Was sind das für Möven, die nicht fliegen?

Ein Windstoß treibt plötzlich einen weißen Wogenkamm heran. Klat-schend schlägt die Welle über den Korallenstock. Einige der Vögel sind im letzten Augenblick mit matten Flügelschlägen aufgestiegen. Zwei rühren sich nicht. Das Wasser reißt sie hinunter. Unten im Becken schwimmen sie, zucken noch einige Male hilflos mit den Flügeln. Jetzt drehen sie sich zur Seite. Wasser kriecht in ihr Gefieder. Neben ihnen treiben tote Fische.

So wie hier, sieht es auf mehreren Inseln der Marshallgruppe aus. Die Inseln Rongelap und Utirik sind radioaktiv verseucht. Ihre Bewohner müssen für unbestimmte Zeit auf die Insel Kwajelein evakuiert werden. Auf Kili und Ujelang wird die Nahrung immer knapper; denn hier müssen außer den Eingesessenen auch die Bewohner von Bikini und Eniwetok ihr Dasein fristen, seitdem ihre Inseln für Bombenversuche beschlagnahmt wurden.

Am 26. März 1954 explodierte eine zweite Wasserstoffbombe auf Bikini und am 6. April eine dritte über dem Meer in der Nähe von Eniwetok. Diesmal wurde die Sperrzone auf einen Umkreis von 750 Kilometern erweitert. In diesem Gefahrengebiet wohnen aber 11 000 Menschen.

Die Mitglieder des Mandatskomitees der Marshallinseln richten in ihrer Verzweiflung eine Petition an die Vereinten Nationen. Hundert-undelf Namen der führenden Persönlichkeiten stehen darunter.

Ihre Heimat ist vom Strahlentode bedroht. Ihr Grund und Boden schrumpft zusammen, wird verseucht, unfruchtbar. Menschen sterben qualvolle Tode. Es gibt keine Rettung für sie, wenn die Bombenversuche nicht sofort eingestellt werden.

**Strahlende Südsee** – Grüne Inseln träumen im blauen Ozean, von Korallen umgeben, die im Licht einer heißen Sonne in roten, gelben und weißen Farben schimmern. Und in der Nacht gibt das Meer das Licht zurück. Die Korallen scheinen zu leuchten, und auf den Wellen tanzen unzählige Lichtpünktchen.

Das ist jetzt vergessen. Da ist ein anderes, gefährliches Strahlen. Es tötet die Fische und die Menschen. Die Radioaktivität des Wassers ist an manchen Stellen auf das Zehntausendfache des natürlichen Wertes gestiegen.

Im Wasser der Südsee schleicht das Gift, und oben in den schwarzen Wolken segelt der Tod.

## **Eine Tagung in Genf**

Auf Einladung des Internationalen Roten Kreuzes versammeln sich im Frühjahr 1954 Wissenschaftler, Ärzte und Juristen in Genf, um über den Schutz der Zivilbevölkerung gegen Atombombenwirkung zu beraten.

Professor Tsuzuki wird von europäischen Fachkollegen auf dem Flugplatz begrüßt. Man ist gespannt auf den Vortrag dieses Kenners der Atomkrankheit aus dem Fernen Osten.

Die Männer, die dann seine Worte hören, machen ernste Gesichter. Es wächst die Sorge, die sie hierher geführt hat. Der kleine Japaner vorn am Rednerpult läßt vor ihnen ein Bild erstehen, das noch viel fürchtbarer ist, als sie angenommen haben. Und was er sagt, sind alles unzweifelbare, mit Namen, Orten und Daten belegte Tatsachen. Er beschreibt den Verlauf der Strahlenkrankheit bei den Fischern der Fukuryu Maru. Die anwesenden Ärzte machen sich Notizen:

Zuerst Kopfschmerzen, Erbrechen, Diarrhoe. Nach einigen Wochen traten Fieber, Erschöpfung, Haarausfall auf. Die Haut wurde bleifarben bleich. Blasen bildeten sich überall, wo radioaktiver Staub direkt mit der Haut in Berührung gekommen war. Später platzten diese Blasen auf, wurden zu blutenden Wunden, die sich trotz aller Mühe der Ärzte nicht schließen wollten. Akute Strahlendermatitis trat auf. Leukopenie und Anämie wurden durch Transfusionen behandelt. Das Knochenmark wurde schwer hypoplastisch. Die Spermatogenese war stark herabgesetzt. Das seien nicht die einzigen Fälle, sagt Tsuzuki. In den ersten Märztagen sind in japanischen Küstenstädten über hundert Menschen erkrankt, welche radioaktiven Fisch gegessen hatten.

Das Fischerboot Misaki Maru befand sich 4000 Kilometer von den Marshallinseln entfernt. Alle 19 Mann seiner Besatzung waren schwer erkrankt, als das Schiff im Hafen von Yokohama einlief. Das Schiff wurde mit Geigerzählern untersucht. Man stellte eine Radioaktivität fest, die das Fünffache des gerade noch für Menschen ungefährlichen Höchstwertes betrug.

Sieben Männer, die auf einem Leuchtturm vor der südjapanischen Küste Dienst taten, haben nach dem Genuß von radioaktivem Wasser ihr Gehör verloren.

In Japan mußten mehr als 50000 Kilogramm Fisch vernichtet werden, weil er durch die radioaktive Verseuchung ungenießbar geworden war.

Die Erkrankten waren bisher in der Mehrzahl der Fälle am Leben zu halten, aber ihre ursprüngliche Lebenskraft ist verloren. Die Patienten werden dauernd in erheblich geschwächtem Zustand bleiben, in den meisten Fällen arbeitsunfähig sein. Man wird mit späteren Rückfällen, wenn nicht gar mit langsamem Siechtum rechnen müssen.

Der Japaner beendet seinen Vortrag, ohne einen pathetischen Hilferuf an die Öffentlichkeit zu richten. Er weiß, daß das hier überflüssig ist. Manche Zuhörer wischen sich Schweißtropfen von der Stirn.

Von Genf reist Professor Tsuzuki nach Paris. Der Leiter des Radiuminstitutes, Professor Lacassagne, hat ihn gebeten, über die Atom-

krankheit zu sprechen. Und dann steht Professor Tsuzuki, der Japaner, vor den Studenten und Wissenschaftlern der weltberühmten Sorbonne. Auch Leute von der Presse, einige Gäste und Vertreter verschiedener Ämter sind anwesend. Viele müssen abgewiesen werden, weil die Plätze im Hörsaal nicht ausreichen. Und in dem Institut, welches für Madame Curie errichtet wurde, die mit ihrem Gatten Pierre Curie die Radioaktivität entdeckte, warnt der japanische Arzt vor den furchtbaren Folgen der radioaktiven Verseuchung.

Im Zuge von Yaezu nach Tokio sitzen vier Frauen. Die älteste hält die Augen geschlossen. Die beiden jungen Frauen starren seit zwei Stunden vor sich hin. Das junge Mädchen am Fenster sieht manchmal die Mutter gegenüber an. Ihre Augen sind groß und feucht. Ihre Lippen zittern leise. Wenn ihr ein Blick begegnet, weicht sie aus. Ob Großmutter schläft? – Nein, sie mahlt mit den Zähnen.

Weitere Stunden vergehen. Der Zug rollt. Eintönig hämmern die Räder auf die Schienenstöße. Auf den vier Frauen lastet Schweigen. Und sie tragen die weißen Trauergewänder im Gepäck.

Tokio, Hauptbahnhof. Die Frauen klettern aus dem Zug, schieben sich im Menschenstrom dem Ausgang zu. Die Dämmerung ist schon hereingebrochen. In der Ginza, der Hauptstraße der riesigen Stadt, flammen grellbunte Lichtreklamen auf. Von der Eitaibashi-Brücke sieht man viele erleuchtete Boote, auch einige kleinere Schiffe.

Die Frauen haben Eile. Und bis zum Universitätskrankenhaus ist es noch weit.

Im Monat August hat sich das Befinden des Funkers Kuboyama sehr verschlechtert. Er wimmert Tag und Nacht. An Nase und Augen mußten Schläuche angesetzt werden, um die Wundsekrete abzuführen. Stundenlange Dämmerzustände tragen ihn zeitweise über die qualvollen Leber- und Nierenschmerzen hinweg. Anfang September rufen die Ärzte die Angehörigen herbei.

Nun stehen die vier Frauen an seinem Bett. Da liegt er vor ihnen auf dem Lager, kaum erkenntlich unter den Verbänden, die Kopf, Gesicht und Hände einhüllen. Die alte Frau kniet vor ihm und tastet über den Mull, unter dem die Hand des Sohnes sein muß. Frau und Schwester rufen seinen Namen. Und an den Türpfosten gelehnt, steht sie, seine Blume, sein Töchterchen. Sie beißt sich auf die Lippen, hält das Taschentuch vor den Mund. Ein würgendes, abgebrochenes Schluchzen . . .

Vor der Tür dieses Zimmers wartet der diensthabende Arzt. Nach einer Weile klopft er leise und tritt ein. Die Gattin des Kranken steht schwerfällig auf. Ihre Füße heben sich nicht mehr beim Gehen. Als sie dicht vor dem Arzt steht, flüstert sie: „Geht es – zu Ende – Herr Doktor?“ Der Arzt bleibt lange stumm. Solche Antworten sind wohl die schwersten im Leben. Endlich nickt er, ganz wenig nur. Die Frau vor ihm wendet sich ab.

**Alkichi  
Kuboyama**

Nur die Mutter glaubt nicht an die Antwort des Doktors. Er ist doch ihr Aikichi. Mütter sterben immer vor ihren Kindern. Solange sie bei ihm am Bett sitzen wird, kann der Tod nicht nach ihm greifen. Und sie wird hierbleiben, bis der Junge aufstehen und mit ihr nach Hause gehen kann.

Der Kranke spürt die Frauen um sich. Wie eine Erlösung ist es; denn nun weiß er, daß sein Leiden bald zu Ende sein wird. Manchmal huschen noch Erinnerungsbilder durch sein Gehirn aus vergangenen Jahren und auch vom letzten Abschied. Da hatten die Mandelbäume und die Kirschen geblüht. Die Mädchen trugen Blumen, und in der Luft war der Duft des Frühlings. Manchmal ist ihm, als sei alles nicht wahr. Er ist doch nur zum Fischfang ausgefahren wie in jedem Jahr. Er braucht nur aufzustehen und mit der Mutter hinauszugehen in den blühenden Garten, wo die anderen beim Tee sitzen. Aber draußen reifen die Früchte. Er hat den Sommer über im verhängten Zimmer gelegen und erlebt diesen Herbst schon nicht mehr. In seinen Gedanken ist draußen Frühling – Blumen – Blumen – Blu – men. – Noch vierzehn Tage lang leiden die Frauen mit ihm. Die Ärzte lassen nichts unversucht. Doch es gibt keine Rettung mehr. Immer noch treibt das Herz des Kranken das vergiftete Blut in unregelmäßigen Schlägen durch die Adern. In den Verbänden, die oft gewechselt werden, klebt faulige Flüssigkeit, die aus seinem Körper dringt.

Endlich, am 23. September, achtzehn Uhr dreißig nach Tokioer Ortszeit tut Kuboyama seinen letzten, röchelnden Atemzug. Das Herz steht still.

Sie wollten sehen, wie eine Wasserstoffbombe explodiert. Der tote Fischer hatte sich nicht dafür interessiert. Sie hatten eine neue Zündvorrichtung konstruiert.

Sein Töchterchen hatte inzwischen ein Geschenk für den Vater ausgesucht.

Sie hatten die Bombe in einem klug konstruierten Stahlturm aufgehängt. Ihre Beobachterschiffe standen gut gesichert.

Seine Frau wusch die Hemden und hackte Bohnen im Garten.

Der Versuch mit der Bombe gelang. Der Zündmechanismus funktionierte ausgezeichnet.

Der amerikanische Botschafter Allison steht am Telefon.

„Hallo! Hier Allison. – Haben Sie denn keine Polizei? Verdammt! – Wie? – Na, soll ich mir das Gejohle der Menge vor meinem Haus noch lange anhören? – Wie? – Kein Polizist dazubringen? Ich – was soll ich? – Sie sind wohl verrückt! Ich gebe doch vor dem Pöbel keine Erklärung ab. Also hören Sie mal. Wenn in fünf Minuten nicht – wie? Mein persönlicher Schutz –“

Allison legt selten den Hörer so sacht auf. Nachdem er einen Whisky hinuntergegossen hat, klingelt er nach der Sekretärin. „Machen Sie sofort ein Telegramm nach Washington fertig!“

Während er diktiert, geht er unruhig auf und ab, späht immer wieder über die Parkmauer. Die Sprechhöre gellen in seinen Ohren.

Der Tod Kuboyamas löste die grollende Aufregung in ganz Japan. Die Zeitungen des Landes widmen dem Toten ganze Trauerseiten. Der Funker von der Fukuryu Maru ist zum Märtyrer geworden. Überall finden Kundgebungen statt, die von den Amerikanern die Einstellung der Kernwaffenversuche fordern.

Der japanische Atomwissenschaftler und Nobelpreisträger Professor Yukawa schreibt: „Ich wünsche von Herzen, daß das Opfer dieses Menschenlebens das Gewissen aller Völker der Welt wachruft, insbesondere bei den Großmächten, welche Atomwaffen herstellen. Ich wünsche auch, daß unsere Hoffnung auf ein Verbot dieser Waffen verwirklicht wird.“

Der amerikanische Botschafter erklärt im Auftrage seiner Regierung: „Die Wasserstoffbombenversuche im Pazifik werden fortgesetzt. Japan wird dadurch keinen Schaden erleiden. Wir zahlen für seine Verluste im vergangenen Jahr zwei Millionen Dollar.“

Zum Begräbnis Aikichi Kuboyamas stiftet Allison sogar einen Kranz.



## Leben ohne Krieg

### Atom- bomben- strategie

Die gestapelten Atom- und Wasserstoffbomben in den Händen gewissenloser Menschen stellen eine furchtbare Gefahr dar, mit der sich jeder auseinandersetzen muß.

In kapitalistischen Ländern wird mit allen Mitteln der öffentlichen Meinungsbeeinflussung dem „kleinen Mann“ empfohlen, der „nuklearen Aufrüstung“ zuzustimmen und im übrigen sich nicht in die Politik einzumischen. Es gibt einige wenige, denen die nuklearen Waffen, kombiniert mit strategischen Bombern und Langstreckenraketen, eine willkommene Drohung sind, mit der sie ihre Macht der übrigen Menschheit immer wieder bewußt machen. Für Militaristen und Anhänger der militärischen Machtpolitik steht es außer Zweifel, daß ein Krieg gegen den Kommunismus geführt werden muß und daß in diesem Krieg Atomwaffen eingesetzt werden. Sie „operieren“ mit ausgelöschten Städten, atomverseuchten Völkern und verbrannter Erde. Für sie bilden die Millionen Toten, die ein nuklearer Gegenschlag von der anderen Seite unter ihren eigenen Völkern erfordern würde, nur einen Posten in ihrer Kalkulation. Ihr Denken ist brutal und unmenschlich.

Da erklärt der amerikanische Oberkommandierende der NATO-Streitkräfte in Europa, General Gruenther:

„Wir fassen die Möglichkeit ins Auge, Atombomben zur Unterstützung unserer Landtruppen einzusetzen. Wir fassen auch die Möglichkeit ins Auge, Atombomben auf dem Staatsgebiet des Gegners einzusetzen.“

Im Oktober 1954 äußert General Mark Clark in Washington:

„Wir können nicht auf die Priorität im Atomangriff verzichten. Nur Atomwaffen sichern uns das strategische Übergewicht.“

In einem Artikel der Zeitschrift „Information Digest“ setzt General William Creasy seinen Lesern auseinander:

„Da das Hinterland der kriegführenden Staaten durch die Entwicklung der Fernbomberwaffe zum Frontgebiet wird, ist es möglich,



durch biologische Kampfstoffe die Einwirkung des Krieges auf die Zivilbevölkerung meßbar zu steigern.“

Der ganze Erdball soll also zur Front werden. Frauen, nehmt ein Köfferchen mit dem Notwenigsten, auf den freien Arm den Säugling und geht weg! Hier ist Front, und da ist Front, überall ist Front. Verkriecht euch unter die Erde, in Stollen, in Betonbunker tief unter die Erde! Dort, wo das Licht der Sonne scheint, ist dann die Front, ist tödliche Strahlung, sind künstliche Wolken von Pestbazillen, ist Atom- asche auf verbrannter Erde.

Die amerikanischen Generale sprechen dabei durchaus nicht nur ihre persönlichen Absichten aus, sondern hinter ihnen stehen die Mehrzahl der führenden Politiker und die Macht der Konzerne. Der amerikanische Außenminister erklärte wiederholt, daß die amerikanische Strategie im Falle eines Krieges auf der Anwendung von Atom- und Wasserstoffbomben beruht. Der republikanische Senator Knowland äußert am 8. April 1954 im amerikanischen Senat:

„Wenn wir Zeit haben, im Ernstfall unsere Verbündeten zu befragen, dann gut. Wenn nicht, werden wir selbstverständlich handeln, ohne unsere Zeit zu verlieren. Daran wird uns auch kein Vertrag mit irgendeinem anderen Lande hindern, der etwa ein Vetorecht gegen den Gebrauch der Atomwaffen enthält.“

Der Rat der Nordatlantikpakt-Staaten hat beschlossen, den Einsatz von Atomwaffen im Falle militärischer Auseinandersetzungen in das Ermessen des militärischen Führungsstabes zu stellen.

Die Herren Generale stoßen keine leeren Drohungen aus. Hinter ihnen steht die Macht des Großkapitals, schon über-

holt, unfruchtbar, im Absterben begriffen. Ein letzter verzweifelter Schlag gegen die Welt soll die alte Ordnung retten.

Vor hundert Jahren schrieben Karl Marx und Friedrich Engels: „Ein Gespenst geht um in Europa, das Gespenst des Kommunismus.“

Heute ist der Kommunismus kein „Gespenst“ mehr, sondern greifbare Wirklichkeit, Gewißheit einer lichtvollen Zukunft für die ganze Mensch-



heit. Dagegen hat die kapitalistische Gesellschaftsordnung keine andere Zukunft zu setzen als den Atomtod.

Einstweilen geht das Geschäft noch einigermaßen. Die Hetze gegen die sozialistischen Staaten macht viele Menschen zu willigen Steuerzahlern. Die Rüstungsindustrie kann Milliarden Dollar verschlingen. Ein Netz von Radarstationen, Raketenabschubbasen und Militärstütz-



punkten wird über die Welt verteilt. Die Börsenkurse für Eisen, Zink, Kupfer und viele andere Grundstoffe sind gestiegen. Die Atomrüstung ist der einzige Ausweg aus der Wirtschaftskrise, deren erste Auswirkungen schon die Furcht der großen und kleinen kapitalistischen Unternehmer erregt haben. Wird die Produktion auf längere Zeit wieder stabilisiert sein? Die Zusammenballung großer Menschenmassen in den Großstädten ist ungeheuer gefährlich, wenn man mit der Möglichkeit eines Atomkrieges rechnet. Große Evakuierungspläne werden erwogen. Danach würde eine gewaltige Bautätigkeit einsetzen müssen, um kleine Häuser weit über das Land zu verteilen.

Neue Straßen wären erforderlich, und bei der weiter auseinander wohnenden Bevölkerung würde das Bedürfnis nach Kraftwagen erheblich steigen. Es ist noch gar nicht abzusehen, welche riesigen Profite die Atomgefahr abwerfen wird.

Gerade auf diesen Profit kommt es ihnen an. Er ist einziges, blindes Prinzip, das alles Geschehen der alten, kapitalistischen Welt treibt.

Währenddessen geben sich Wissenschaftler dazu her, die Vernichtungswirkung der Kernwaffen zu steigern. Sie erfinden die Kobaltbombe. Der Krieg soll nicht nur gegen die Lebenden geführt werden. Er wird durch die Kobaltbombe auf die Ungeborenen ausgedehnt.

Man kann den Mantel einer Atom- oder Wasserstoffbombe aus solchen Stoffen herstellen, die, bei der Explosion radioaktiv geworden, jahrelang strahlen und dadurch weite Gebiete auf lange Zeit unbewohnbar machen, alle menschlichen und tierischen Lebewesen tödlich vergiften. Als aus den Vereinigten Staaten die Nachricht bekannt wurde, es würden Kobaltbomben hergestellt, also Bomben mit einem Mantelmaterial, das mehr als zehn Jahre lang gefährliche Strahlen aussendet, stieg in der Welt die Empörung derartig an, daß sich die amerikanische Regierung gezwungen sah, nicht mehr von der Kobaltbombe zu sprechen und fortan nur noch mit dem Einsatz „sauberer“ Atomwaffen zu drohen.

„Saubere“ Atomwaffen vernichten „nur“ Menschen, Tiere, Häuser und Straßen, Felder und Wälder. Die verbrannte Erde selbst ist „schon“

nach einigen Wochen, höchstens Monaten von Überlebenden wieder betretbar.

In Wirklichkeit war die Bikinibombe schon eine solche Versuchsbombe. Ihr Mantel bestand aus Uran. Durch dessen Spaltung entstehen auch langlebige Radioisotope, die ihre Wirkung in den Sommermonaten des Jahres 1954 in der Südsee, in Süd- und Ostasien nur zu deutlich zeigten.

Der Einsatz aller Atombomben, gleich welcher Art, ist gegen die Zivilbevölkerung gerichtet. Nicht umsonst nennen die Amerikaner ihre Wasserstoffbomben „Großstadtknacker“. Ihre Lichtblitze löschen die Augen der Mütter aus, und ihre Glut verbrennt die Säuglinge. Ihre Druckwellen zerreißen die Lungen von Kindern und Greisen. Radioaktive Asche regnet auf Kranke und Gebrechliche. Trotzdem soll sie „sauber“ heißen. Die Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki haben erfahren, daß solche „saubereren“ Atombomben ihre Städte zerstörten. Viele von ihnen leiden heute noch unter der Atomkrankheit. Manche glaubten, sie seien davongekommen. Erst nach Jahren stellten sich die Anzeichen krankhafter Veränderungen ein, und heute noch sterben Menschen als Opfer der Atomangriffe im August 1945.

Es gab eine Zeit, da konnten die Türken Krieg führen mit einem ihrer Nachbarreiche, ohne daß ein Europäer deswegen seine Pfeife hastiger geraucht, seine Zeitung weniger ruhig gelesen hätte. Heute ist es nicht mehr so. Wir lauschen auf jede Meldung von internationalem Geschehen. Hinter jedem Waffenklingen – und sei es bei unseren Antipoden – wittern wir für uns Gefahr. Noch nie hat die Welt so lange unter einer solchen Spannung gelebt. Für uns ist es durchaus nicht mehr gleichgültig, was „weit hinten in der Türkei“ geschieht.

Die zerstörende Wirkung einer einzigen Wasserstoffbombe ist so ungeheuer, die Reichweite moderner Raketenwaffen ist so groß, daß es praktisch auf der Erde keinen „sicheren Platz“ mehr gibt. Die Verflechtung der Interessen des internationalen Kapitals über alle westeuropäischen Staaten, über die Mittelmeerländer, Afrika, den Orient, Australien, Amerika, große Teile Asiens und die Pazifikinseln hat mehr oder weniger enge militärische Bündnisse zwischen diesen Staaten mit sich gebracht. Diese Bündnisse, vom amerikanischen Großkapital beherrscht, sind gegen die sozialistischen Staaten und gegen diejenigen gerichtet, die versuchen, ihre wirtschaftliche Unabhängigkeit zu erlangen oder zu behaupten. Demgegenüber stehen heute die sozialistischen Staaten mit modern ausgerüsteten Armeen in Verteidigungsstellung. Die Sowjetunion besitzt die gleichen Kernwaffen, die besseren Raketen. Die sozialistische Politik ist die stärkere, weil sie allgemeine Abrüstung, friedlichen wirtschaftlichen Wettstreit, wissenschaftliche und technische Zusammenarbeit aller Völker anstrebt. Demgegenüber hat das kapitalistische System den Völkern keine Zukunft

**Weit hinten  
in der Türkei**

zu bieten. Die Kernwaffen in den Händen seiner herrschenden Klasse sind eine große Gefahr für die Menschheit. Diejenigen, die über den Einsatz nuklearer Waffen zu entscheiden haben, sind meist nicht in der Lage, Wirkung und Folgen wirklich zu übersehen. Sie denken in imperialistischen, nicht in menschlichen Maßstäben. Selbst neutrale Länder, Gebiete, die nicht von direktem Kernwaffenbeschuß betroffen würden, wären Wolken radioaktiven Staubes, Ascheregen und anderen radioaktiven Niederschlägen ausgesetzt, die das Land verseuchen, die Nahrungsmittel unbrauchbar machen und in kurzer Zeit alles Leben vernichten würden. Das läßt sich nach den verschiedenen Wasserstoffbombenversuchen und ihren Folgen mit erschreckender Sicherheit voraussagen. Japanische Fischer wurden nach Wochen, mehr als tausend Kilometer vom Zentrum der Versuchsexplosion entfernt, von radioaktivem Ascheregen überfallen. Mitteleuropa registrierte radioaktive Niederschläge, obwohl die Kernexplosionen über dem Stillen Ozean stattgefunden hatten. Im Kriegsfall würden aber nicht einige, sondern Hunderte von Wasserstoffbomben explodieren. Wahrscheinlich wäre die Erde in kurzer Zeit in radioaktiven Staub gehüllt.

In dieser Situation trägt jeder Mensch mit an der Verantwortung. Wer die Gefahr in ihrem ganzen Umfang kennt, soll sie denen zeigen, die sie nicht sehen, unterschätzen oder nicht wahrhaben wollen. Es kommt darauf an, daß sich überall in der Welt die Meinung durchsetzt, daß angesichts solcher „Zukunft“ jede kriegerische Auseinandersetzung sinnlos geworden ist. Die menschliche Gesellschaft muß sich vor dem Atomtod bewahren.

Millionen haben durch ihre Unterschrift unter den Stockholmer Appell vom 19. März 1950 gegen die Atomwaffendrohung protestiert. Viele bekannte Wissenschaftler haben ihre warnende Stimme erhoben. Doch Proteste allein nützen wenig. Man muß etwas tun, gegen die Atomstrategen arbeiten. Mancher in Amerika und wohl auch in anderen Ländern hält einen Platz im atom sicheren Bunker für das beste. Vernünftiger wäre ein Sturm der Völker, der die Regierungen hinwegfegt, wenn sie sich nicht einer friedlichen Politik zuwenden. Darauf hinzuwirken ist jedermanns Sache, wenn ihm sein Leben lieb ist.

## **Atom In der Gegenwart**

Im Schatten der Atomdrohung hat unser Wissen von den Atomen in den letzten Jahren bemerkenswerte Fortschritte gemacht. In der Wasserstoff- und Kobaltbombe wurden Waffen erfunden, die wirklich nicht als grandiose Leistungen der Atomforschung hingestellt werden können. Obwohl der Mensch solche gewaltigen Kräfte entfesseln kann, ist ihm über die Quellen dieser Kräfte, über die Atomkerne, noch recht wenig bekannt.

Nach der Entdeckung der Kernspaltung haben sich verschiedene praktische Arbeitsrichtungen von der eigentlichen physikalischen Forschung getrennt. In der Reaktortechnik versucht man, die Energie der Urankerne möglichst wirtschaftlich zu gewinnen, entwickelt neue Reaktor-

typen und untersucht ihre Eigenschaften. Die Technik der Isotopenproduktion wird ständig verbessert und erweitert. Biologie, Medizin, Landwirtschaft und Industrie wenden Isotope in der Forschung und in der Praxis an, sammeln Erfahrungen im Umgang mit Isotopen und in der Anwendung der strahlenden Substanzen.

Die eigentliche Kernforschung beschäftigte sich in den letzten zwanzig Jahren vorwiegend damit, die Eigenschaften der verschiedenen Atomkerne genauer kennenzulernen, neue Wege zur Kernenergie zu finden und das Wesen der Kräfte zu ergründen, die die Elementarteilchen in den Atomkernen zusammenhalten.

Das Atom Demokrits und Epikurs war ein winziges Teilchen, ein Form- und Stoffproblem. Das blieb es bis ins 19. Jahrhundert, als die Chemiker schon ihre Theorie der chemischen Bindungen entwickelten. Lenards und Rutherfords Versuche führten dann zu Vorstellungen vom inneren Bau der Atome. Man lernte Atomhülle und Atomkern unterscheiden. Nachdem die Elektronenhüllen der Atome erfolgreich erforscht waren, wandte sich die Atomphysik direkt den Kernen zu. Man bestimmte ihre Massen, ihre elektrische Ladung, lernte die radioaktiv zerfallenden Kerne kennen, studierte die verschiedenen Strahlenarten und fand Methoden, Reaktionen zwischen Atomkernen auszulösen. Es gelang, künstlich radioaktive Kerne herzustellen und Atomkerne zu erzeugen, die schwerer als Urankerne sind. Solche sogenannten Transurane wie Plutonium sind heute in größerer Zahl bekannt. Insgesamt sind heute neun Transurane und von jedem mehrere Isotope bekannt. Das schwerste, das Mendelevium, enthält 101 Protonen und 155 Neutronen in seinem Kern. Es ist damit zu rechnen, daß in den nächsten Jahren weitere Transurane entdeckt werden.

Über den inneren Bau der Kerne wurden verschiedene Theorien entwickelt, die zu sogenannten Kernmodellen führten. Diese blieben aber unvollkommen, weil über die Art der Kernkräfte nichts Genaues bekannt ist. Sicher herrschen im Kern die elektrischen Kräfte, die von den geladenen Protonen herrühren. Diese Kräfte allein würden aber die Kerne sofort sprengen, weil sich die gleichartig geladenen Protonen abstoßen. Es müssen stärkere Bindungskräfte existieren, die Protonen und Neutronen in bestimmter Ordnung zusammenhalten. Diese Bindungskräfte sind es gerade, die man bei der Spaltung schwerer Kerne überwindet, um die Spaltungsenergie zu gewinnen, genauso, wie man die in einer gespannten Spiralfeder gespeicherte Energie gewinnt, wenn man die Feder in der Mitte zerschneidet.

Im Verlaufe der experimentellen Kernforschung der letzten Jahre gelang es, verschiedene neue Elementarteilchen zu entdecken. Zunächst stießen mehrere Forscher auf eine sehr merkwürdige Tatsache. Die Beta-teilchen aus einem betastrahlenden Isotop besitzen nicht gleiche Geschwindigkeiten, wie nach der Theorie zu erwarten gewesen wäre, sondern neben dieser theoretischen Höchstgeschwindigkeit noch alle möglichen kleineren. Das führte zunächst zur sogenannten Neutrino-hypothese. Man nahm an, daß neben den Beta-teilchen noch ungeladene Teilchen von den Betastrahlern emittiert werden. Rechnungen

ergaben, daß die Masse dieser Teilchen überaus klein, noch bedeutend kleiner als die Masse der Elektronen sein muß. Zunächst hielt man den direkten Nachweis solcher Teilchen, die sich weder durch merkliche Stöße auf andere Elementarteilchen noch durch eigene Nebelspuren feststellen lassen, für ausgeschlossen. Man nannte sie Neutrinos (kleine Neutronen). Ihre Existenz wurde nur aus dem Energiespektrum der Betateilchen gefolgert. Bald jedoch traten neue Anzeichen für die Existenz der Neutrinos hinzu, so daß heute das Vorhandensein solcher winziger neutraler Teilchen als gesichert gelten kann.

1955 entdeckten Chamberlain, Segré und andere Forscher ein neues Teilchen. Dieses besitzt dieselbe Masse wie ein Proton, eine negativ elektrische Elementarladung und zerfällt radioaktiv. Sie nannten es Antiproton. Verschiedene Versuchsergebnisse veranlassen die Physiker auch, die Existenz eines Antineutrons anzunehmen. Welche Bedeutung die Existenz solcher Teilchen für die Struktur der Atomkerne hat, ist noch weitgehend unbekannt. Es gilt für die Experimentalphysiker, weiterhin neues Versuchsmaterial zusammenzutragen, für die Theoretiker, neue Zusammenhänge aufzudecken.

Bei den Elementen Uran und Plutonium ist es gelungen, durch selbstlaufende Kettenreaktionen Kernspaltungsenergie in Wärmeenergie zur wirtschaftlichen Nutzung zu gewinnen. Doch das ist nur ein Schritt auf einem Wege, der in seiner ganzen Weite noch vor uns liegt. In allen Atomen sind gewaltige Kräfte gebunden. Gelänge es beispielsweise, die Energie, die in Sauerstoff- und Stickstoffkernen gespeichert ist, wirtschaftlich zu gewinnen, so könnten wir Energie aus Luft erzeugen. Überlegungen haben gezeigt, daß sich ein Isotop des Elements Thorium zur Kernspaltung eignen könnte. Thorium ist etwa viermal häufiger als Uran. Wahrscheinlich sind Versuche in dieser Richtung schon im Gange. Daß es noch ganz andere Möglichkeiten zur Gewinnung von Atomenergie geben kann, zeigt die Wasserstoffbombe. Hier geht man ja von den leichten Elementen Deuterium, Tritium und Lithium aus. Die Kerne dieser leichten Elemente verhalten sich grundsätzlich anders als die schweren am anderen Ende des Periodischen Systems. Diese leichten Kerne verschmelzen zu schwereren. Beispielsweise kann auf diesem Wege aus zwei Deuteriumkernen ein Heliumkern entstehen. Allerdings geht diese Kernverschmelzung oder Kernfusion erst bei Temperaturen von mehreren Millionen Grad vor sich. Solche Fusionsprozesse vollziehen sich in den selbstleuchtenden Sternen. Die Sonnen sind also gewissermaßen kosmische Werkstätten, in denen ständig schwere Atomkerne aus leichteren zusammengesetzt werden. Die dabei frei werdende Energie ist so gewaltig, daß die Strahlen unserer Sonne über 150 Millionen Kilometer hinweg alle Lebensenergie auf der Erde spenden können. In der Wasserstoffbombe wird die notwendige Temperatur zur Einleitung der Kernfusion durch die Zündung einer normalen Uranbombe erzeugt. Seit einigen Jahren arbeiten Forschergruppen in verschiedenen Ländern daran, Kernfusionsprozesse nichtexplosiv zu führen.

Eine englische Forschergruppe entwickelte das sogenannte ZETA-Gerät. Dieses Gerät besteht aus einem hohlen Aluminiumring von drei Meter Durchmesser. In diesem Ring befinden sich kleine Mengen von gasförmigem Deuterium, in dem eine Hochstromentladung gezündet wird. Im Augenblick der Entladung fließen einige hunderttausend Ampere durch das Gas. Damit sich das elektrisch leitende (ionisierte) Gas auf einen dünnen Faden zusammenzieht, ist ein magnetisches Führungsfeld notwendig. Der Magnet der ZETA-Maschine wiegt 130 Tonnen. Während der Hochstromentladung entstehen im Gasfaden höchste Temperaturen. Selbstverständlich kann man solche Temperaturen nicht mehr mit Thermometern messen. Man bestimmt sie ungefähr aus dem optischen Spektrum eines anderen in Spuren beigemischten Gases.

Den englischen Forschern gelang es, den Gasfaden einige Millisekunden zu halten. Ihr Nachweis eingetretener Fusionsprozesse im Deuteriumgas erwies sich allerdings später als nicht zuverlässig.

In letzter Zeit gelang es sowjetischen Physikern, andere Geräte zu entwickeln, in denen das Gasplasma – so nennt man den elektrisch leitenden, hochoberhitzten Gasfaden – unbegrenzt lange gehalten werden kann. Sie erzeugten Gasentladungsströme von einigen Millionen Ampere und erreichten auf engem Raum Temperaturen von mehr als zehn Millionen Grad. Das Gasplasma berührt natürlich keine Gefäßwand, sondern schwebt, nur durch das Magnetfeld gehalten, im Vakuum.

Auch amerikanische Forscher arbeiten in dieser Richtung. Eines dieser Geräte ist die sogenannte Spiegelmaschine. Hier schwebt das Gasplasma als ellipsoidförmiges Gebilde in einem zylindrischen Gefäß. Ein drittes Gerät ist der Stellerator, bei dem das Gasgefäß aus einer achtförmigen Röhre besteht.

Um nennenswerte Ausbeuten bei Fusionsprozessen zu erreichen, sind wahrscheinlich Temperaturen von 100 Millionen Grad Celsius nötig. Gasplasmen solcher Temperaturen zu erzeugen und zu halten, ist gegenwärtig Hauptproblem dieser Forschungsrichtung.

Welche Kräfte halten die Atomkerne zusammen? Wie kann Kernfusionsenergie steuerbar gewonnen werden? Welche neuen Aufschlüsse über die Struktur der Materie können aus den Eigenschaften der Elementarteilchen gewonnen werden? – Vor der physikalischen Forschung stehen lohnende Aufgaben, die der Menschheit großartige Perspektiven eröffnen können, schwere Aufgaben, die eine weltweite friedliche Zusammenarbeit erfordern.

Daß einem die Atomforschung nicht gleichgültig sein kann, sofern man den Anspruch erhebt, sein eigenes Leben, die gegenwärtigen Gesellschaftsordnungen und die ihnen innewohnenden Kräfte zu begreifen, sozusagen mit sehenden Augen unter seinen Mitmenschen in der Gegenwart zu stehen, ist seit dem 6. August 1945 keine Frage mehr.

**Was einer  
damit  
zu tun hat**

Wir alle sind durch die Atomwaffen bedroht, und wir alle haben an dem technischen und wirtschaftlichen Fortschritt teil, den uns eine friedliche Atomforschung bringen kann. Ein Teil dieses Fortschritts ist heute schon abzusehen. Der gegenwärtige Stand der Kernenergiegewinnung erlaubt einige bemerkenswerte Betrachtungen über mögliche Perspektiven.

So gibt es auf der Erde eine Reihe von Erzlagerstätten, die durch ungünstige Verkehrsverhältnisse keine wirtschaftliche Bedeutung besitzen. Unabhängig von geographischen Verhältnissen kann heutzutage in der Nähe solcher Vorkommen ein Atomkraftwerk errichtet werden, das die Energie zur Erzgewinnung und Aufbereitung liefert und überdies noch die Maschinen einer weiterverarbeitenden Industrie an Ort und Stelle treiben könnte. Die Atombrennstoffmengen sind so gering, so ergiebig und dadurch fast unabhängig von Transportverhältnissen, daß Aufbau und Betrieb von Atomkraftwerken nahezu an jedem beliebigen Ort der Erde möglich sind. In den wirtschaftlich wenig entwickelten Ländern, denen Kohle- und Erdölvorkommen fehlen, um eine eigene Industrie zu entwickeln, kann die Atomenergie eine moderne wirtschaftliche Basis schaffen, auf der diese Völker neue Arbeitsmöglichkeiten, ökonomische Selbständigkeit und Wohlstand aufbauen können.

Schon im vorigen Jahrhundert wurden Projekte zur Bewässerung der Wüste Sahara erdacht, erwogen – und verworfen.

Wasser müßte aus dem Mittelmeer gepumpt und in langen Rohrleitungen ins Innere des Landes geleitet werden. Riesige Bewässerungsanlagen würden Feuchtigkeit verteilen, den Anbau von Nutzpflanzen und Wäldern ermöglichen und das Land in einen Garten verwandeln. Der Nutzen könnte durchaus die Kosten übersteigen, so daß dieses fast hundert Jahre alte Vorhaben tatsächlich kein Hirngespinnst ist.

Die Kernenergie zeigt einen realen Weg. Atomkraftwerke, Giganten aus Stahl, Beton, Aluminium und Glas, Festungen gegen die Dürre an den Küsten vor Tunesien und Lybien, könnten diesen Traum erfüllen helfen.

Vor kurzer Zeit wurde Erdöl in der Sahara entdeckt. Vorkommen von Eisenerz, Uran und anderen wertvollen Mineralien wurden zum Teil schon aufgefunden, zum Teil durch geologische Forschungen wahrscheinlich gemacht. Das Erschließen dieser Bodenschätze erfordert Menschen und Energie, Atomenergie.

Das heiße trockene Klima der Sahara kann Nordafrika zu einem der herrlichsten Gärten der Erde machen, wenn Wasser die Vegetation zum Leben erweckt. Unter Palmenhainen, zwischen blühenden Stauden und Bäumen voller saftiger Früchte werden frohe, starke Menschen leben, arbeiten und köstliche Ferientage verbringen.

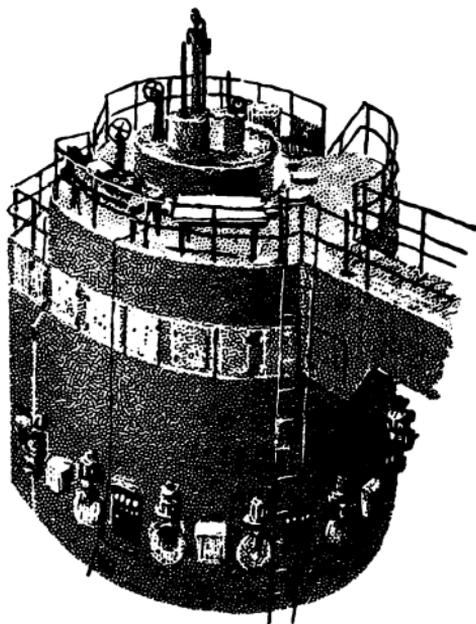
Ebenso wie die Energie der Atomreaktoren Technik und Wirtschaft der Zukunft bedeutend umgestalten wird, verspricht die strahlende Eigenschaft radioaktiver Atome umwälzende Erkenntnisse und praktische Erfolge auf nahezu allen Gebieten des Lebens.

Als zu Beginn des 18. Jahrhunderts durch die Arbeiten Leeuwenhoeks das Mikroskop zu einem der erstaunlichsten Geräte entwickelt wurde, tat sich den Forschern eine ganz neue Welt auf. Bisher Unsichtbares wurde sichtbar. Die Menschen erfuhren von Zellen, Blutkörperchen, Mikroben. In einem Tropfen Wasser entdeckte man Tausende von Lebewesen. Für Physik, Chemie und Biologie ergaben sich neue Forschungsmöglichkeiten. Die Medizin errang mit dem Mikroskop gewaltige Erfolge gegen die Erreger vieler ansteckender Krankheiten.

Vor eine ähnliche Situation sehen wir uns heute gestellt. Die markierten Atome, überall durch die Strahlung nachweisbar, verraten uns ihren Weg im lebenden Organismus, bei chemischen Reaktionen und metallurgischen Prozessen. Ein Atomkern, hundertmillionenmal kleiner als das kleinste Teilchen, welches gerade noch mit allen modernen Hilfsmitteln der Lichtmikroskopie wahrgenommen werden kann, immer noch hunderttausendmal kleiner als die kleinsten sichtbaren Teilchen unter dem Elektronenmikroskop, kann mit den hochempfindlichen Strahlenmeßgeräten nachgewiesen werden. Der Weg von Nährstoffen in Pflanzen, der Strom des Blutes in Herz und Kreislauf, die Bewegung der Atemluft im Thorax, die Verteilung von Spurenelementen in Metallen, die Lage verschiedener Atome in komplizierten chemischen Verbindungen, die Bildung von Metallegierungen und viele andere Probleme werden heute schon mit radioaktiven Isotopen erfolgreich untersucht. Dabei stehen alle diese Methoden erst am Anfang ihrer Ausbildung. Wie viele Möglichkeiten mögen noch verborgen sein?

Automatische Produktion, Kultivierung großer öder Gebiete, Sieg über den Krebs, Weltraumflug, Ende aller Kriege – es sind keine Träume mehr. Menschen haben bewiesen, daß Menschen Fähigkeiten und Kraft genug haben, um eine solche Zukunft Wirklichkeit werden zu lassen.

In der Steinzeit fürchteten sich die Menschen vor dem Blitz, aber sie überwandten die Furcht und nahmen das Feuer, das er entzündet hatte, und lernten es zu gebrauchen. Auch die Energie der Atomkerne wird zu einem zuverlässigen Lebensquell werden, wenn die Menschheit das Bewußtsein ihrer Würde und ihrer Kraft ganz gewonnen und gegen alle niedrigen Interessen einzelner durchgesetzt hat.



# Inhalt

## Der Bau der Welt

Ein Flüchtling aus Sardes .....	7
Der Einsame und sein Palast .....	10
Griechische Wissenschaft .....	11
Atomos .....	12

## Im Schatten des Kreuzes

Das Wunder .....	17
Die Philosophen und die Kirchenväter .....	19
Verwerfliche Wißbegier .....	20
Der leere Raum .....	22
„De vita, moribus et doctrina Epicuri“ .....	23

## Geheimnisse des Lichtes

Das schwächliche Kind .....	25
Von den „Anwendungen“ des Lichtes .....	26
Der Uhrmacher aus Holland .....	30

## Chemie wird zu Wissenschaft

Glücksucher .....	31
The Sceptical Chemist .....	33
Fortschritte .....	35
Die Atome verraten ihre Existenz .....	37
Die Letzten .....	41

## Die Abenteuer großer Entdeckungen

Ein Buchbinderlehrling und sein Weg .....	43
Atomspaltung auf dem Papier .....	47
Ein Steit .....	49
Das Periodische System der Elemente .....	52
Kein Platz für Atomphysik .....	55

## Elektron

Franklin, Volta und Edison .....	59
Ein Professor und sein Glasbläser .....	61
Kathodenstrahlen .....	63

## Unsichtbare Strahlen

Das dicke Buch und der grüne Schimmer .....	65
Ein geheimnisvoller Schrank .....	68
Ein polnisches Mädchen .....	70
Das Unbekannte .....	72
Erfolge über Erfolge .....	75
Der radioaktive Zerfall .....	76
Ein Wagen mit Soldatenuniformen .....	77

## Max Planck

Auf der Universität .....	79
Strahlende Körper .....	83
Geburtsstunde der Quantenphysik .....	84

<b>Gemessene Elektronen</b>	
Lenards Fenster .....	88
Wie das Elektron gewogen wurde .....	90
<b>Zehn Ionen je Sekunde</b>	
Hängt ein Kobold am Zeiger? .....	94
Wie die Strahlung gemessen wurde .....	95
Das Geheimnis der Stratosphäre .....	96
Licht über dem Eis .....	101
<b>Ante lucem</b>	
Zielloos .....	103
Lenin .....	104
Widersprüche .....	106
Die Welt ist leer .....	107
München 1912 .....	111
Ein Däne fordert unsinnige Dinge .....	114
Der Weltkrieg .....	116
Neues aus England .....	119
Der Siegeszug der Quantenphysik .....	122
<b>Das Jahr 1932</b>	
Das Geheimnis der Nebelspuren .....	124
Die Diracschen Löcher .....	127
Verdächtige Messungen .....	127
Von Laboratorien in der Stratosphäre und wie sie auf die Erde geholt wurden .....	128
<b>Über die Grenzen</b>	
Am Vorabend .....	133
Strahlung – Materie .....	134
Schneller als das Licht .....	135
Künstliche Radioaktivität .....	136
Fermis Transurane .....	137
Der Gesang der Heiligen .....	138
<b>Spaltung des Urankerns</b>	
Die ersten Versuche .....	140
Abschied .....	141
Das seltsame Radium .....	142
Ein Telegramm für 400 Dollar .....	144
<b>Atom wird zu Waffe</b>	
Ein Physikerkongreß .....	146
Was der eine vom anderen weiß .....	148
Die Kettenreaktion .....	153
Uran .....	154
Der erste Reaktor .....	155
Die Versuche in Deutschland .....	158
Manhattan District .....	159
Plutonium .....	161
Wunderwaffen .....	164
Das Laboratorium in der Wüste .....	166
Wüste Europa .....	168
Die Neumexiko-Probe .....	168

## **Der 6. August 1945**

Wie man Städte „auslöscht“ .....	173
Gefangenschaft .....	183
Fünf Jahre später .....	186

## **Die ersten Schritte im Atomszeitalter**

Das Erbe .....	187
Die Genfer Atomkonferenz .....	191
Isotope .....	194
Die Muller-Affäre .....	199
In der Umgebung von Hanford .....	201
Atomreaktoren .....	203
Das erste Atomkraftwerk .....	206
Atommasche .....	209
Dubna .....	210
Was ist in Windscale geschehen? .....	212
Die Wasserstoffbombe .....	216

## **Strahlende Südsee**

„Fukuryu Maru“ .....	219
Der tote Markt .....	224
Die Atomkrankheit .....	226
Elftausend Menschen in Gefahr .....	227
Eine Tagung in Genf .....	230
Aikichi Kuboyama .....	231

## **Leben ohne Krieg**

Atombombenstrategie .....	234
Weit hinten in der Türkei .....	237
Atom in der Gegenwart .....	238
Was einer damit zu tun hat .....	241