

Von den Becquerelstrahlen zur Atomenergiemaschine

Autor(en): **Gentner, W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **1 (1946)**

Heft 6

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653871>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Von den Becquerelstrahlen zur Atomenergiemaschine

PROF. W. GENTNER, FREIBURG I. BR.

Der Verfasser des folgenden Aufsatzes, Professor Dr. Wolfgang Gentner, Ordinarius für Experimentalphysik an der Universität Freiburg im Breisgau, ist einer der führenden deutschen Atomphysiker. Gentner ist ein Schüler von Professor Dr. F. Dessauer, der jetzt in Freiburg in der Schweiz tätig ist; er hat bei diesem an der Wolfgang von Goethe-Universität in Frankfurt am Main am Institut für Biophysik promoviert. Von dort aus kam er an das Curie-Institut nach Paris, wo er mehrere Jahre Assistent und Mitarbeiter von Madame Sklodowska-Curie, Joliot und Madame Joliot-Curie war. Gentner ging sodann an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Heidelberg, wo er Mitarbeiter des bekannten deutschen Atomphysikers Bothe war. Er baute das Heidelberger Zyklotron auf und veröffentlichte gemeinschaftlich mit Bothe und Fleischmann den berühmten Atlas von Wilson-Kammer-Aufnahmen, der wohl in den Händen aller physikalischen Institute der Welt ist. Kurz vor Ausbruch des zweiten Weltkrieges war Gentner in den Vereinigten Staaten, und Anfang 1939 erlebte er an der Universität Berkeley in Kalifornien die charakteristische Episode, die er in seinem Aufsatz erzählt und die sich ereignete, als im dortigen Institut die telegraphische Nachricht eintraf, daß Hahn und seine Mitarbeiter die Uranspaltung entdeckt hatten.

In diesem Jahre wird der 50. Geburtstag der Entdeckung der Radioaktivität durch H. Becquerel gefeiert. Die erste Mitteilung Becquerels über die Ausendung von durchdringenden Strahlen aus Uran war die Geburtsstunde eines neuen Wissenschaftszweiges, der unvergleichliche Erfolge errungen hat. Sie war der Anfang der Erforschung des Atomkerns, eines Teiles der physikalischen Forschung, die wir

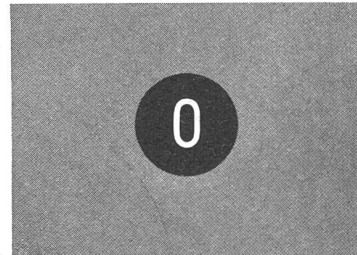
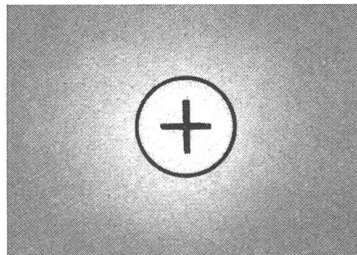
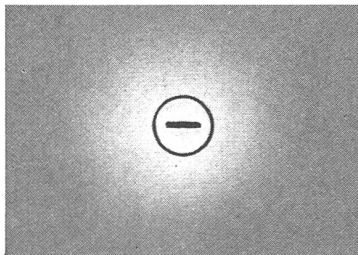
heute kurz «Kernphysik» nennen. Die Beobachtungen Becquerels waren durch die Veröffentlichungen von Röntgen aus dem Jahre 1895 über eine neue Art von Strahlen veranlaßt und beruhten auf der Vermutung, daß das grüne Fluoreszenzlicht des Glases der Röntgenröhre mit der Erzeugung der Röntgenstrahlen in engem Zusammenhang stehe. Becquerel erkannte aber schnell, daß seine Strahlen nicht in ursprünglichem Zusammenhang mit der grünen Fluoreszenz der bestrahlten Uranverbindungen standen, sondern daß sie gewissermaßen von selbst vom Uranatom ausgehen und daß die chemische Bindung des Urans keine Rolle spielt. In ihren physikalischen Eigenschaften zeigten die Becquerelstrahlen und die Röntgenstrahlen manche Ähnlichkeit; beide konnten Papier- und dünne Metallfolien durchdringen, die photographische Platte schwärzen und die Luft etwas leitfähig für Elektrizität machen.

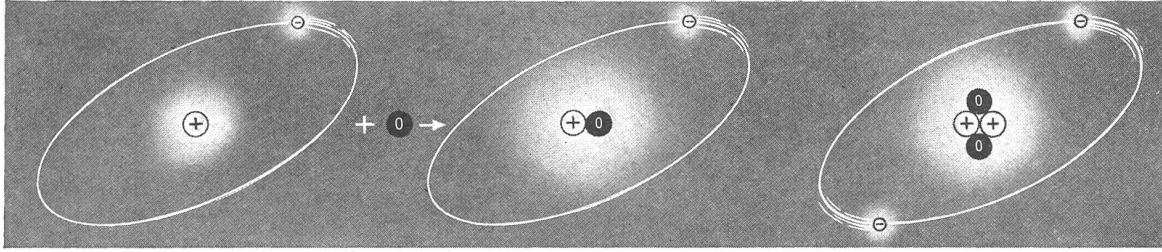
Als dann Madame Curie die Erforschung der Becquerelstrahlen als Thema ihrer Doktordissertation wählte, folgte jene stürmische Entwicklung, die uns vor wenigen Jahren eine ganze Reihe von neuen radioaktiven Stoffen mit verschiedenen Strahlenarten brachte. Die spätere Schule von Rutherford in Cambridge hat hier ganz Besonderes geleistet. Sie erkannte die zusammengesetzte Natur der radioaktiven Strahlung und unterschied α , β , γ -Strahlen. α -Strahlen sind schnell bewegte Heliumkerne, die der Atomkern spontan ausstößt. Ihre anfänglich hohe Geschwindigkeit wird beim Durchgang durch die Materie schnell abgebremst, und ihre Reichweite in der Luft beträgt nur wenige Zentimeter. Die β -Strahlen bestehen aus schnell bewegten Elektronen, also aus den kleinsten Elementarteilchen eines Atoms, die eine negative elektrische Ladungseinheit besitzen und die Hülle des Atoms bilden. Da ihre

Das Elektron, kleinstes Elementarteilchen. Bauteil der Atomhülle, negative elektrische Einheitsladung. Masse etwa $\frac{1}{2000}$ der Masse des Protons.

Das Proton, Bauteil des Atomkerns, positive elektrische Einheitsladung. 2000 mal größere Masse als das Elektron. Größe: Etwa $\frac{1}{100\,000\,000\,000}$ mm.

Das Neutron, ebenfalls ein Bauteil des Atomkerns, aber ohne elektrische Ladung. Masse und Größe etwa die gleichen wie die des Protons. Das Neutron ist anzusehen als ein Proton, in das Elektron «hineingefallen» ist. Selbständig kommt es nicht vor.





Das Atom des gewöhnlichen Wasserstoffes besteht nur aus einem Proton, umkreist von einem Elektron. Es ist das einfachste aller Atome.

Das Atom des schweren Wasserstoffes entsteht durch Hinzutreten von einem Neutron zum Atomkern des gewöhnlichen Wasserstoffes. Die elektrische Kernladung bleibt unverändert, dementsprechend ist auch diesem Atomkern nur ein Elektron zugeordnet. Das Atom des gewöhnlichen und des schweren Wasserstoffes besitzen die gleiche Kernladung (gleiche Protonenzahl) und infolgedessen die gleiche Elektronenhülle (gleiches chemisches Verhalten). Solche Atome mit gleicher Kernladung und daher gleichem chemischem Verhalten nennt man Isotope.

Das Atom des Heliums hat einen aus zwei Protonen und zwei Neutronen bestehenden Kern. Entsprechend seiner Kernladung von zwei elektrischen Einheiten wird es von zwei Elektronen umkreist.

Masse vieltausendmal kleiner ist als die der α -Strahlen, so erreichen sie Weglängen von mehreren Metern in der Luft. Nur die γ -Strahlen sind ihrer Natur nach den Röntgenstrahlen verwandt. Sie entsprechen sehr harten, das heißt bei hoher Spannung erzeugten Röntgenstrahlen und besitzen somit eine außerordentliche Durchdringungsfähigkeit.

Die experimentellen Untersuchungen über den Durchgang von α Strahlen durch die Materie haben Rutherford zu zwei Ergebnissen von überragender Bedeutung geführt. Einmal wies er damit die Existenz des Atomkerns nach, der praktisch die gesamte Masse des Atoms enthält und in weiter Entfernung von Elektronen umkreist wird. Dieses erfolgreiche Rutherford-Bohrsche Atommodell stammt aus dem Jahre 1911 und zeigt eine gewisse Analogie mit unserem Planetensystem, wo auch praktisch die ganze Masse in der Sonne konzentriert ist und die Planeten

ebenso in weiter Entfernung im leeren Raum kreisen. Zweitens konnte Rutherford 1919 den alten Traum der Alchimisten – allerdings nur in kleinstem Maßstab – erfüllen, da ihm der Nachweis gelang, daß schnelle α -Teilchen, wenn auch nur in seltenen Fällen, in einen Atomkern eindringen und aus ihm ein Bruchstück herausschlagen können (Bild 1). Damit war der Grundstein zu den Untersuchungen über die künstliche Atomumwandlung (Atomzertrümmerung) gelegt, die später, in den Jahren nach 1930, mit den künstlich beschleunigten Teilchen in allen Laboratorien der Welt in größtem Stil durchgeführt wurden.

Woher stammt die Energie, die diese radioaktiven Atome dauernd in Form von Strahlen aussenden? Sie könnte vielleicht in irgendeiner Form in den Atomen stecken und aus jener fernen Zeit stammen, da die uns bekannten 92 Elemente bei der Ent-

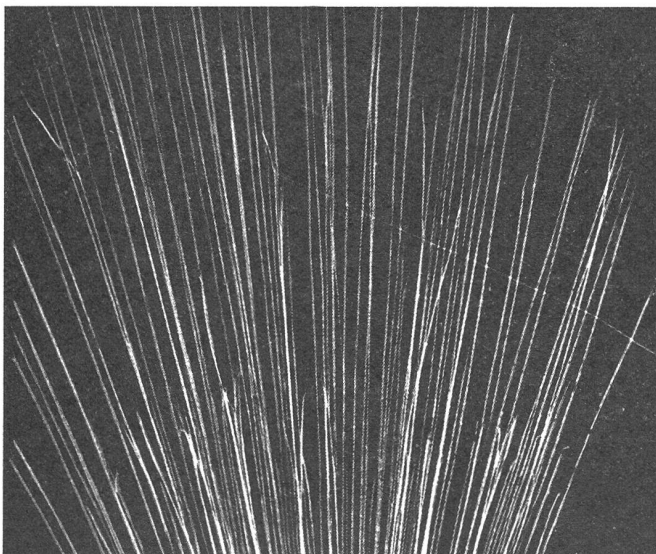
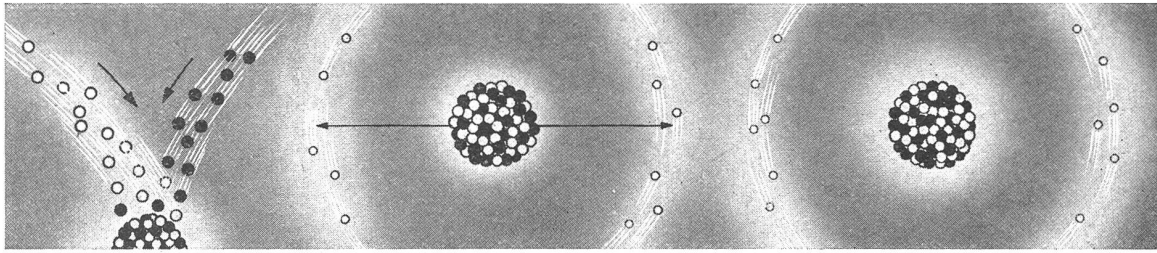


Bild 1: Aufnahme aus dem Wilson-Nebelkammerbilder-Atlas von Prof. W. Gentner. Rutherford gelang 1919 die erste künstliche Umwandlung eines Elementes, als er Stickstoff mit α -Teilchen beschloß. Das α -Teilchen (Heliumkern, bestehend aus 2 Protonen und 2 Neutronen) bleibt im Stickstoffkern (7 Protonen und 7 Neutronen) stecken. Der neu gebildete Kern, bestehend aus 9 Protonen und 9 Neutronen, ist nicht stabil und wandelt sich sofort durch Ausstoß eines Protons in ein Sauerstoffisotop mit 8 Protonen und 9 Neutronen um; Blackett hat diese Umwandlung 1925 als erster in der Wilsonkammer sichtbar gemacht. Die α -Teilchen fliegen im Bild von unten nach oben. Wenig links über der Bildmitte erfolgt durch einen der seltenen Volltreffer (einen auf ungefähr 80 000 Schüsse!) die Umwandlung. Das ausgestoßene leichte Proton fliegt mit großer Schnelligkeit (lange Bahn) nach rechts unten, während sich der viel schwerere Sauerstoffkern durch den Rückstoß langsamer (kurze Bahn) nach links oben bewegt.



Durch Hinzutreten weiterer Atombausteine, positiv elektrisch geladener Protonen sowie elektrisch neutraler Neutronen, ergibt sich der sukzessive Aufbau der Materie, angefangen vom einfachsten Atom, dem Wasserstoff, bis zum größten in der Natur vorkommenden Atom, dem ...

Atom des gewöhnlichen Urans, dessen Kern aus 238 Bausteinen besteht (Massenzahl 238), nämlich aus 92 Protonen und 146 Neutronen. Entsprechend seiner positiven elektrischen Kernladung von 92 elektrischen Einheiten ist dieser Atomkern von einer Wolke aus 92 Elektronen umgeben, die den Kern auf vorgeschriebenen Bahnen mit hoher Geschwindigkeit umkreisen. Der Durchmesser der Elektronenhülle ist etwa 10 000 mal so groß wie der des Atomkerns.

Das Atom des Uran-Isotops 235 unterscheidet sich vom Atom des gewöhnlichen Urans lediglich dadurch, daß es neben 92 Protonen nur noch 143 Neutronen enthält. Die Zahl der Protonen - und somit der positiven Kernladungen wie auch der die Atomhülle bildenden Elektronen - ist die gleiche. Somit haben beide die gleichen chemischen Eigenschaften und können nur auf physikalischem Wege getrennt werden. Die Trennung des Uran-Isotops vom gewöhnlichen Uran ist erforderlich, weil nur das Isotop 235 durch «Beschuß» mit Neutronen unmittelbar gespalten wird.

stehung des Weltsystems gebildet wurden. Wie wir heute wissen, ist der schwere Atomkern aus einer dichten Packung von Protonen und Neutronen aufgebaut (Heisenberg 1932). Protonen sind die Atomkerne des Wasserstoffs, des leichtesten Elementes mit der Ordnungszahl 1. Die Zahl der Protonen im Atomkern ist für seine elektrische Ladung, für seine chemischen Eigenschaften und damit für die Nummer im periodischen System der Elemente verantwortlich. Die Neutronen kommen dagegen in der Natur nicht als chemisches Element vor. Sie sind ungefähr gleichschwer wie die Protonen, tragen aber keine elektrische Ladung. Man kann sie zum Beispiel mit α -Strahlen aus Atomkernen herausschießen. Sie fliegen dann mit mehr oder weniger großer Geschwindigkeit durch die Materie, stoßen mit anderen Atomkernen zusammen und kleben sich meist am Ende ihrer kurzen Laufbahn an einen anderen Atomkern an. Durch die zwischen Protonen und Neutronen wirksamen Anziehungskräfte – die Kernkräfte – hat sich in der Hexenküche des einstigen Weltzentrums die Vielfalt der Atomkerne gebildet. Daß trotzdem nicht eine unendliche Zahl verschieden schwerer Atomkerne entstand, hängt damit zusammen, daß nur eine geringe Zahl von Kombinationen zwischen Neutronen und Protonen zu einem stabilen Atomkern führt. Der Grad der Stabilität kann ganz verschieden sein. Es gibt viele Kombinationen, die so instabil sind, daß sie im Augenblick der Entstehung sofort wieder zerfallen. Andere zerfallen erst nach längerer Lebensdauer, die bis zu mehreren Milliarden Jahren zählen kann. Zu diesen letzteren gehören die Elemente mit der Ordnungszahl 84 bis 92, die am Ende des periodischen Systems stehen. Sie alle versuchen sich durch Aussendung eines α - oder β -Strahls in einen stabilen Atomkern umzuwandeln.

Nun können wir die Frage nach der Herkunft der Energie für die radioaktiven Strahlen besser beant-

worten. Bei der Umwandlung eines radioaktiven Kerns in einen stabilen wird Energie frei, weil die Bindung zwischen den Kernbausteinen zunimmt. Das ist leicht einzusehen, wenn man den umgekehrten Weg beschreitet. Die fester gebundenen Kernteile sind ja nur mit größerem Energieaufwand voneinander zu trennen. Äußerlich macht sich das dadurch bemerkbar, daß der stabile Kern ein ganz klein wenig leichter ist als die instabile Form. Es wird also ein Teil seiner Masse als Energie ausgestrahlt. Wie schon Einstein am Anfang dieses Jahrhunderts vermutete, kann man gerade bei den radioaktiven Erscheinungen am besten seine berühmte Beziehung zwischen Energie und Masse ($E = mc^2$) auf ihre Richtigkeit prüfen. Je größer der Massenverlust oder Massendefekt beim Zusammentritt von Elementarbausteinen ist, desto stabiler wird auch sein Aufbau und desto mehr Energie muß bei seiner Bildung frei werden. Beim Helium-Atom zum Beispiel ist die Masse des Atomkerns um mehr als 70/100 geringer als die Masse der zwei Protonen und der zwei Neutronen, aus denen sich dieser Kern aufbaut. Eine Umrechnung solcher Massendefekte in die freigesetzte Bindungsenergie ergibt Beträge, die einmillion- bis zwanzigmillionmal so groß sind wie die bei den bekannten chemischen Reaktionen auftretenden Energien.

Die stabilsten Atomkerne befinden sich in der Mitte des periodischen Systems. Sowohl die leichten als auch die schweren Atomkerne haben einen kleineren Massendefekt. Man kann also Energie gewinnen, wenn man aus leichten Kernen mittelschwere Kerne aufbaut, und ebenso gewinnt man Energie, wenn man die schwersten Atomkerne in zwei Bruchstücke mittleren Gewichtes zerteilt. Der erste Prozeß spielt für die Energieerzeugung in den Fixsternen die ausschlaggebende Rolle. Auf den zweiten Prozeß kommen wir zurück, wenn wir von der Uranmaschine sprechen.

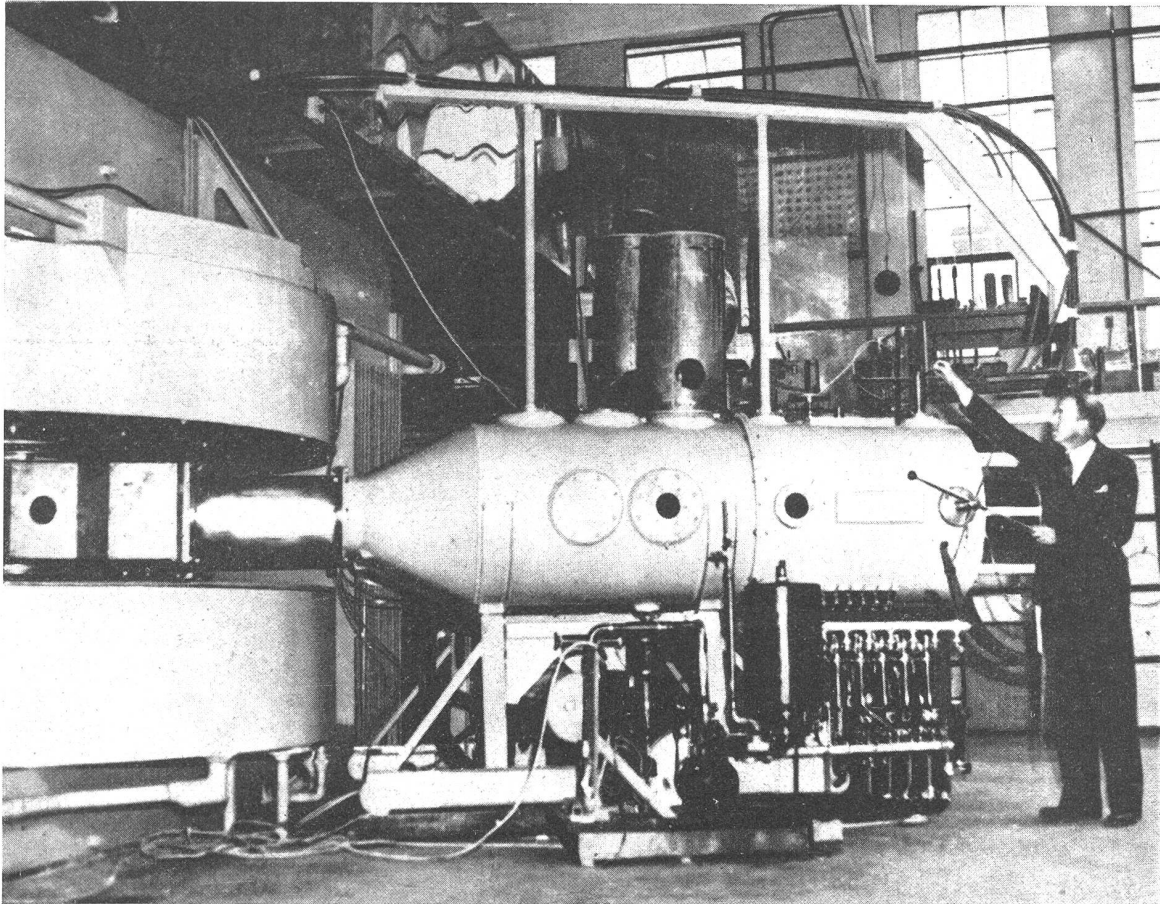


Bild 2: Den Schlüssel zu allen Arbeiten über die Spaltung von Atomkernen bilden die Versuche, bei denen die Atome eines Elementes mit Kernteilchen – Protonen, Deuteronen oder Alphateilchen – «beschossen» werden. Um diesen Kernteilchen eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu verleihen, damit sie beim Auftreffen auf ein Atom wirklich bis zu dessen Kern vorzudringen vermögen, wurde das Zyklotron entwickelt, eine sehr umfangreiche und kostspielige Apparatur. Die Aufnahme zeigt den durch die Arbeiten für die Atombombe bekannt gewordenen Forscher Dr. E. O. Lawrence vor dem Zyklotron in Berkeley (USA). In neuester Zeit sind neben dem Zyklotron auch das Betatron, das mit Elektronen «schießt», sowie das Synchrotron wichtig geworden, das eine noch größere Energieübertragung als das Betatron gestattet.

Vorher müssen wir noch feststellen, daß die meisten Elemente aus einem Gemisch von Atomen verschiedenen Gewichtes bestehen. Man nennt die Komponenten Isotopen, weil sie auf dem gleichen Platz im periodischen System stehen und chemisch keine Unterschiede zeigen. Die Isotopen eines Elementes enthalten eine verschiedene Zahl von Neutronen im Kern, während die Zahl der Protonen gleich ist. In kernphysikalischer Hinsicht benehmen sich die Isotopen ganz verschieden. Sie haben untereinander keine gemeinsamen Eigenschaften; Uran besteht zum Beispiel aus einem Gemisch von drei Isotopen, nämlich U-234, U-235 und U-238. Die prozentuale Häufigkeit beträgt rund 0,006 %, 0,7 % und 99,3 Prozent.

Bis zum Jahre 1938 hat sich die Kernphysik damit beschäftigt, den Aufbau der Atomkerne zu erforschen und durch Umwandlung der Atome mit Hilfe künstlich beschleunigter Teilchen die Vielzahl der

möglichen Kernreaktionen zu studieren. Bei diesen Prozessen entstehen als vorläufiges Endprodukt häufig künstlich-radioaktive Isotopen (Curie und Joliot 1934), die ihre große Bedeutung auch für chemisch-biologische Untersuchungsmethoden haben. Gerade die Reaktionen mit Neutronen spielten hierbei eine besondere Rolle; denn das Neutron kann infolge seiner elektrischen Neutralität die starken Kraftfelder des Atoms ungehindert durchlaufen und den elektrischen Schutzwall auch des schwersten Atomkerns passieren. Wenn so auch eine große Reihe von Kernprozessen bekannt wurde, die eine positive Energietönung, das heißt einen Energiegewinn, im Einzelfall aufwiesen, so schien es doch ganz unmöglich, auf diese Weise eine Quelle zu schaffen, die dauernd mehr Energie abgeben konnte, als man hineinsteckte. Die Neutronen mußten immer erst durch sehr viel größeren Energieaufwand frei gemacht werden, als man nachher durch ihre Kernreaktionen zurückgewinnen konnte. Es war also ganz aussichts-

los, über Anlagen nachzudenken, die eine Art Kraftquelle aus Atomenergie bilden könnten.

Jeder Kernphysiker hätte noch im Jahre 1938 mit Bestimmtheit die Ansicht vertreten, daß ein Energiegewinn aus Kernreaktionen auch für die nächste Zukunft undenkbar wäre. Da erschien im Januar 1939 eine Publikation von *Hahn* und *Straßmann* aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem, die diese Frage in ganz neuem Licht erscheinen ließ. Wie schon so oft hatte ein neuer experimenteller Befund eine grundlegende Revision der früheren Ansichten gefordert.

Ich selbst arbeitete damals gerade für einige Monate in dem bekannten Strahlenlaboratorium der Universität von Kalifornien, in Berkeley. Sein Leiter (Bild 2), Professor Lawrence, der Erfinder des Zyklotrons, empfing eines Morgens – es muß um den 30. Januar 1939 herum gewesen sein – ein Telegramm aus Washington. Darin stand zu lesen, daß Niels Bohr die Nachricht aus Europa mitgebracht habe, daß der Urankern unter der Einwirkung von Neutronen in zwei ungefähr gleich große Bruchstücke zerplatze. Hahn und Straßmann hätten nachgewiesen, daß nach der Bestrahlung von Uran mit Neutronen u. a. Barium, also ein Element mittleren Atomgewichts, chemisch nachgewiesen sei. Diese Mitteilung erregte unter den zahlreichen Physikern sofort eine lebhafte Diskussion, die abends im gemeinsamen Kolloquium fortgesetzt wurde. Bis dahin waren ja nur Kernreaktionen bekannt, bei denen als größtes Bruchstück des Atomkerns die α -Teilchen anzusehen waren. Mit Hilfe des Tröpfchenmodells vom Atomkern konnten wir uns in der Diskussion aber bald klarmachen, daß theoretisch ein Zerplatzen der schweren Kerne in zwei gleiche Teile denkbar ist, da ein zu großer Tropfen beim Anstoß

von außen in Schwingungen geraten kann und seine Stabilität verliert. Es war auch vorauszusehen, daß die Bruchstücke stark radioaktiv sein mußten, da sie zuviel Neutronen im Kern enthielten. An Hand der damals schon gut bekannten Daten über den Massendefekt der schweren und mittleren Kerne konnte auch leicht die große frei werdende Energie berechnet werden. Ja, man kam an demselben Abend sogar noch auf den Gedanken, daß vielleicht bei diesem Zerplatzen zusätzlich Neutronen frei würden, die ihrerseits wieder eine neue Uranspaltung hervorrufen könnten. Eine solche Kettenreaktion müßte aus einem kleinen Stück Uran eine ungeheure Energie frei machen. Ein Gramm Uran kann nämlich beim Zerplatzen in Atome mittlerer Ordnungszahl eine «Verbrennungswärme» von rund sechzehn Millionen Kilokalorien liefern, ein Gramm Steinkohle dagegen nur sieben Kilokalorien. Ganz neue und bis dahin für phantastisch gehaltene Ausblicke in die Zukunft taten sich uns auf. Ein neues Zeitalter der Energiegewinnung aus dem Atomkern schien angebrochen, und eine neue furchtbare Waffe war in die Hände des Menschen gelegt.

Ich erzähle diese kurze Geschichte, weil sie zeigen soll, wie allen Physikerkreisen der Welt auf ein kurzes Stichwort hin die Konsequenzen der Entdeckung von Hahn und Straßmann klar sein mußten. Die Realisation ließ natürlich auf sich warten. Dazu war zunächst noch sehr viel Kleinarbeit in den Laboratorien notwendig; auch zeigte sich damals gerade das Kriegsgespenst am Himmel, und die Zeit der freien Wissenschaft war allenthalben vorüber. Eine Zeit der Geheimarbeiten setzte ein. Die Welt hörte erst wieder etwas über die Atomenergie, als die erste Atombombe über Japan abgeworfen wurde.

Fortsetzung in der nächsten Nummer

Rindenminen an jungen Edelkastanien

DR. ROBERT STÄGER

Jene zierlichen Fraßgänge in Blättern der verschiedensten Pflanzen, die man Minen nennt, sind jedermann bekannt. Bald handelt es sich um zarteste Linienführungen, bald um Blasenbildungen, deren Urheber die Larven von Kleinschmetterlingen, Käfern und besonders Fliegen sind. Minen an Krautstengeln sind schon seltener und am seltensten solche in der Rinde von Holzpflanzen. Man hat einige wenige an der Birke, der Weide, der Pappel und der Erle nachgewiesen. Die von Fliegenmaden erzeugten Gänge verlaufen in der Splint- und zum Teil in der Kambialzone.

Neulich glückte es mir im Malcantone, Minen in der glatten Rinde des Stangenholzes der Edelkastanien zu entdecken. Diese vielfach gewundenen Fraßgänge einer noch nicht gefundenen Fliege verlaufen in der Grünsicht der Rinde. Die Larve dringt weder in das Kambium noch in das Holz ein. Sie geht wie die Blattminierer der chlorophyllhaltigen Schicht der Rinde nach.

Fadendünn beginnend, wird die Mine immer breiter, um mit einer schmalen bandförmigen Schleife zu endigen. Ihre ganze sehr verschiedene Länge beträgt 18–60 Zentimeter. Sie tritt erst an Stämm-