

ANGEWANDTE CHEMIE

HERAUSGEGEBEN VON DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER

66. Jahrgang · Nr. 4 · Seite 93–120 · 21. Februar 1954

FORTSETZUNG DER ZEITSCHRIFT «DIE CHEMIE»

Zur Erforschung der Radioaktivität

Lise Meitner zum 75. Geburtstag

Markante Abschnitte in der Geschichte der Naturwissenschaften sind mit dem Namen einzelner Forscher verknüpft. Wenn aber eine Einzelleistung Ausgangspunkt für eine Erweiterung oder Änderung des bestehenden Weltbildes werden soll, kann die experimentelle Sicherung der entscheidenden Gedanken oder Beobachtungen nur noch durch eine größere Gruppe von Forschern geschaffen werden, deren Blick klar genug ist, die Bedeutung des Leitgedankens zu erfassen und deren Verantwortungsgefühl groß genug ist, um auch vor aufreibender Kleinarbeit nicht zurückzuschrecken.

Am 7. November 1953 feierte Prof. Lise Meitner in Stockholm ihren 75. Geburtstag. Kollegen und Freunde im In- und Auslande werden der Forscherin und dem Menschen Lise Meitner mit ihren Glückwünschen Achtung, Verehrung und Liebe überzeugender haben zeigen können, als es mit dem Versuch einer Schilderung ihrer Entwicklung und Leistungen geschehen könnte.

Durch Ehrungen mancher Art wurden ihre Leistungen rückhaltlos anerkannt. 1926 erhielt sie eine Professur an der Berliner Universität, sie wurde Mitglied der Leopoldinischen Akademie Halle, Korresp. Mitglied der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, erhielt den Ellen-Richards-Preis aus USA und durch die Preuß. Akademie der Wissenschaften die Leibniz-Medaille. In den letzten Jahren wurde sie Mitglied der Schwedischen Akademie der Wissenschaften in Stockholm und Ehrendoktor mehrerer amerikanischer Universitäten, erhielt eine Professur für Kernphysik und wurde Leiterin einer selbständigen Forschungsabteilung in der Versuchsanstalt der Stockholmer Ingenieur-Vetenskaps Akademien.

Wenn hier versucht wird, einen kleinen Ausschnitt aus diesem reichen Leben aufzuzeichnen, dann soll sich diese Betrachtung natürlich auf die wissenschaftliche Arbeit beschränken.

Lise Meitner wurde am 7. XI. 1878 in Wien geboren. Nach der üblichen Schulausbildung bereitete sie sich privat auf das Abitur vor, um die Berechtigung zum Studium zu erlangen. Man darf wohl annehmen, daß die Liebe und

Befähigung zur Klarheit und Schärfe des Gedankens, die sie heute noch auszeichnet, sie auch damals bereits in der Wahl der Studienrichtung beeinflußt hat. Sie studierte an der Universität Wien Physik.

Die Physik mochte dem Außenstehenden wie ein vollendetes Gebäude erscheinen, das auf einem soliden Fundament ruhte, in dem bestenfalls in einzelnen Abteilungen noch die Feinarbeiten auszuführen waren. Daß es in einem weitläufigen Zweckbau auch Räume ohne speziellen Verwendungszweck gibt, braucht nicht zu bedeuten, daß diese Räume überflüssig oder sinnlos sind. Sie können sogar gelegentlich von entscheidender Bedeutung für den gesamten Bau werden. Im Lehrgebäude der Physik spielte die theoretische Physik damals diese Rolle, was durch den Umstand charakterisiert werden mag, daß es an den meisten deutschen Hochschulen noch keinen Lehrstuhl für dieses Fach gab. Aber seit 1889 war M. Planck als Nachfolger Kirchhoffs nach Berlin auf den Lehrstuhl für theoretische Physik berufen worden, und 7 Jahre später wurde durch die Arbeiten H. Becquerels und des Ehepaars Curie der Anstoß für die Entwicklung der modernen Anschauung über den Atombau gegeben. Die Zeit war reif, um das bestehende Weltbild wesentlich zu erweitern.

Die mechanische Wärmetheorie und die Strahlungsphysik waren diejenigen Gebiete, die Plank in seinen ersten selbständigen Untersuchungen so erfolgreich bearbeitet hat, und eine Untersuchung über die Wärmeleitung in inhomogenen Systemen und Folgerungen aus den Fresnelschen Reflexionsformeln waren die Arbeiten, mit denen Lise Meitner die Reihe ihrer wissenschaftlichen Untersuchungen begann. Bereits 1 Jahr später (1906) arbeitete sie am Institut für theoretische Physik in Wien gemeinsam mit Stefan Meyer über die Physik der neugefundenen Strahlenarten. Es war der Beginn einer außerordentlich erfolgreichen Lebensarbeit, denn Lise Meitner ist diesem Arbeitsgebiet treu geblieben und hat erfolgreich und entscheidend zu seiner Entwicklung beigetragen.



Photo: dpa

Nach diesen ersten Arbeiten über die Absorption der α - und β -Strahlen und über die Streuung der α -Strahlen ging sie 1907 nach Berlin, um sich in den Vorlesungen *M. Plancks* theoretisch weiterzubilden. Dieser Schritt bedeutete keine Abkehr von der Experimentalphysik und so suchte und fand sie bald eine geeignete Arbeitsmöglichkeit, jedenfalls soweit es das Gebiet der Strahlenphysik betraf. Sie lernte *Otto Hahn* kennen, dem in den Kellerräumen des chemischen Institutes der Universität ein Raum für seine Untersuchungen an radioaktiven Substanzen zur Verfügung stand und der glücklicherweise über eine große Zahl der natürlichen radioaktiven Elemente verfügte. Als sie *Hahns* Angebot, eine gemeinsame Untersuchung über radioaktive Körper auszuführen, annahm, hat sie vermutlich an eine Fortsetzung und Erweiterung ihrer Wiener Arbeiten über β -Strahlen gedacht. Die Zusammenarbeit von Physik und Chemie erwies sich hier auf dem Gebiet der Radioaktivität als außergewöhnlich fruchtbar. Die heutige team-Arbeit hat in der Arbeitsgemeinschaft *Meitner-Hahn* ein muster-gültiges Vorbild gehabt. Über 30 Jahre dauerte diese, ideale Möglichkeiten bietende, Arbeitsgemeinschaft und ihre zeitliche Begrenzung und ihr Ende im Jahre 1938 wurde durch Umstände erzwungen, deren Beeinflussung nicht mehr in den Händen der beiden Wissenschaftler lag.

Dieser Beginn ihrer Arbeit in den Kellerräumen der Universität, der in der Folge für die Entwicklung der modernen Kernphysik und Kernchemie von so fundamentaler Bedeutung wurde, ist nicht gerade durch besonders glückliche Arbeitsbedingungen gekennzeichnet, wie man nach dem bereits gesagten annehmen könnte. Sie waren in höchstem Maße beschämend für den Direktor des chemischen Institutes, der die Aufnahme weiblicher Studierender ablehnte und der *Lise Meitner* die Arbeit nur gestattete, als sie sich verpflichtete, die Arbeitssäle des Institutes nicht zu betreten.

Es fällt uns heute schwer abzuschätzen, welche Schwierigkeiten sich damals dem Frauenstudium entgegenstellten und es wäre menschlich verständlich gewesen, wenn *Lise Meitner* diese Bedingungen als kränkend empfunden und ihren Berliner Aufenthalt abgebrochen hätte. Aber in ihrem ganzen Leben hat sie wissenschaftlichen Ehrgeiz und persönliche Empfindungen der jeweils bearbeiteten Forschungsaufgabe untergeordnet, und so entstanden die Arbeiten über die Absorption der β -Strahlen, die zur Erkenntnis des Absorptionsgesetzes führten und erlaubten, aus der Form der Absorptionskurve auf die Reinheit der gemessenen Substanz zu schließen und natürlich auch neue, bis dahin unbekannte β -Strahler aufzufinden. 1909 gelang *Hahn* und *Meitner* die Entdeckung des radioaktiven Rückstoßes und *Lise Meitner* schlug mit sicherem Blick für die Ausnutzung gegebener Möglichkeiten eine Versuchsanordnung vor, die gestattete, in kürzester Zeit die heute noch als C"-Glieder bekannten Tl-Isotope der natürlichen Umwandlungsreihen darzustellen, einzutragen und sogar z.T. zu entdecken. Aber immer wieder widmete sie ihre Kraft mit Erfolg dem Studium der β -Strahlen. 1910 veröffentlichten *Meitner*, *Hahn* und *O. v. Baeyer* die ersten Aufnahmen magnetischer β -Spektren.

Mittlerweile hatten sich zwar die Arbeitsbedingungen verbessert und 1913 wurde *Lise Meitner* wissenschaftliches Mitglied des 1912 neugegründeten Kaiser-Wilhelm-Institutes für Chemie in Berlin-Dahlem, aber der 1. Weltkrieg verzögerte und unterbrach eigene und Gemeinschaftsarbeiten, da *Lise Meitner* sich als freiwillige Röntgen- und Krankenschwester zu Verfügung stellte. Trotzdem hat sie die Urlaubspausen und jede verfügbare Zeit benutzt, um ihre Forschungsarbeiten weiter zu treiben. Bei der

eingangs erwähnten Ähnlichkeit der Arbeitsrichtungen überrascht es nicht, daß *M. Planck* auf sie aufmerksam geworden war und sie von 1915–1918 als Assistentin zu gemeinsamer Arbeit an das Berliner Institut für theoretische Physik verpflichtete, eine Arbeit, aus der sich wohl eine Freundschaft für das Leben entwickelt hat. Gegen Ende des Krieges gelang ihr in gemeinsamer Arbeit mit *O. Hahn* die Entdeckung des Elementes 91, des Protactiniums. Es folgten wieder Arbeiten über Halbwertszeitbestimmungen und β -Strahlmessungen und nun war es endlich auch in Preußen für eine Frau möglich geworden, sich zu habilitieren. Ihre Antrittsvorlesung verrät wieder, daß sie über die engeren Grenzen ihrer experimentellen Arbeit hinaus, die kommende Entwicklung voraussieht. Ihr Vortrag behandelt Probleme der kosmischen Physik. Ihre Selbstständigkeit war größer geworden, sie leitete eine eigene Abteilung und es zeigte sich, daß sie in der Betreuung, Ausbildung und Leitung des wissenschaftlichen Nachwuchses ebensoviel Achtung verdiente, wie als Mensch und Forscherin. Selbst von unermüdlichem Arbeitseifer beseelt, besaß sie bereits damals die Erkenntnis, daß es auf die Dauer für Forschung und Forscher günstiger ist, das eigene Arbeitstempo nicht dem Mitarbeiter aufzwingen zu wollen; und was bemerkenswerter war, sie besaß auch die Selbstdisziplin, nach dieser Erkenntnis zu handeln.

1925 folgte die Veröffentlichung ihrer bekannten und vieldiskutierten Arbeit über die sekundären β -Strahlen und ihre Spektren, die eine Streitfrage über die zeitliche Folge von schnellverlaufenden Kernprozessen endgültig entschied. Sie führte darin den Nachweis, daß die sekundären β -Strahlen ihren Ursprung in der Hülle des erst durch die Umwandlung neu entstandenen Atoms hatten, daß der γ -Strahl also auf die β -Umwandlung folgen mußte. Für die primären β -Strahlen konnte die Kontinuität des Spektrums sichergestellt werden, ein experimentelles Ergebnis, dessen Bedeutung für die Entwicklung der Neutrino-Hypothese nicht erst betont zu werden braucht. Absorptionsmessungen auch der γ -Strahlen, speziell Messungen der Absorption in schweren Elementen führten zu der wichtigen Erkenntnis, daß Photoeffekt und Compton-Effekt nicht zur Deutung der Ergebnisse ausreichen. Diese Beobachtung konnte später durch die sogenannte Paarbildung erklärt werden. Daneben wurden Arbeiten über den β -Rückstoß, abnorme Reichweiten bei α -Strahlen und Verbesserungen der Nebelkammermethode ausgeführt, so daß sie als erste in der Lage war, Aufnahmen von Positronen-Spuren zu machen.

Mit der Entdeckung der Neutronen begann für *Lise Meitner* ein neuer Arbeitsabschnitt. Auf Grund der *Fermischen* Versuche über die Bestrahlung des Urans und des Thoriums begann sie gemeinschaftlich mit *O. Hahn* eine ausgedehnte systematische Untersuchung über die verschiedenen, durch langsame und schnelle Neutronen entstandenen neuen Umwandlungsprodukte. Die Zeit war für die Lösung einer so komplizierten Aufgabe denkbar ungünstig. Im Gegensatz zu vielen ihrer Fachkollegen hat sie sich ihre Urteilsfähigkeit und ihren klaren Blick auch für den Ablauf der Tagesereignisse bewahrt, und so gab sie sich seit 1933 keiner Täuschung mehr über den Ablauf der kommenden Jahre hin. Die Sorge um langjährige Freunde, die drückende Verantwortung für die Zukunft und Entwicklung der von ihr geleiteten physikalischen Abteilung des Instituts und die dauernd wachsende Sorge um die wissenschaftliche und menschliche Entwicklung des ihr anvertrauten Nachwuchses lasteten von Jahr zu Jahr schwerer auf ihr und erschwerten in steigendem Maße eine Konzentration auf die bearbeiteten Probleme. Es ist von

allen näher Beteiligten als besonders bitter empfunden worden, daß *Lise Meitners* im Juli 1938 durch politische Ereignisse erzwungener Abschied vom Institut, der sie zunächst nach Kopenhagen und schließlich nach Stockholm führte, ihr den greifbar nahen Erfolg, die Deutung der Ergebnisse der letzten Jahre, die wenige Wochen später möglich wurde, aus der Hand genommen hat.

Aber ihre Arbeitskraft blieb ungebrochen und in kürzester Frist hat sie gemeinsam mit *O. Frisch* als erste die physikalische Bestätigung der Uran-Spaltung gebracht und eine Schätzung der dabei freiwerdenden Energie vorgenommen. Mehrere Angebote zu gemeinsamer Arbeit mit englischen und amerikanischen Kollegen lehnte sie ab und arbeitete in Stockholm im *Siegbahnschen* Institut über

Einfangquerschnitte langsamer und schneller Neutronen an schweren Elementen. Es ist eine bewundernswerte Bilanz der erfolgreichen Arbeit, auf die sie an ihrem 75. Geburtstag zurückblicken kann und ihre Arbeiten geben ein Bild von der Entwicklung der Kernphysik.

Ihre Freunde haben es alle mit ehrlicher Freude begrüßt, daß sie nun wieder die Ruhe und Sicherheit der Arbeit genießt, die für den Forscher unerlässlich notwendig ist und in die Gedanken, die wir ihr widmen, darf sich die Genugtuung darüber mischen, daß selbst in Zeiten schwerster Belastung dieses glänzende Bild einer Forscherpersönlichkeit von der menschlichen Seite her nicht nur keine Beeinträchtigung erlitt, sondern in vorbildlicher Weise ergänzt wurde.

F. Strassmann

Die Gewinnung von radioaktiven Isotopen in der Pile

Von Dr. HENRY SELIGMAN

Leiter der Isotopen Division, Atomic Energy Research Establishment,

Harwell, England

Die Uran-Pile ermöglicht durch ihre starke Produktion an thermischen und schnellen Neutronen den Neutronenbeschluß zahlreicher Substanzen. Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens sowie insbes. die Herstellung und Reinigung von ^{32}P , ^{131}I und Tritium werden ausführlich dargelegt. Die Trennung von Uranspaltprodukten wird beschrieben.

Künstlich hergestellte Radioisotope sind nicht neu. Schon einige Jahre vor dem letzten Krieg, seitdem man teilchenbeschleunigende Maschinen hatte, konnte man im Laboratorium Radioisotope herstellen, die es nicht in der Natur gibt. Diese Maschinen, z. B. Cyclotrone, können aber nur wenige Isotope gleichzeitig herstellen, und die Gesamtaktivitäten bleiben verhältnismäßig klein. Außerdem war die Instrumententechnik noch nicht so weit fortgeschritten, und primitive Meßinstrumente mußten in den eigenen Laboratorien hergestellt werden.

Dieses Bild änderte sich grundsätzlich mit den erfolgreichen kernphysikalischen Studien während des Krieges, die in der Herstellung der ersten Pile¹⁾ in Chicago am 2. Dezember 1942 kulminierten. Nun auf einmal war man im Besitz von einem Koloß, der als Nebenprodukt freie Neutronen in ungeheurer Menge schuf. Die wichtigste Voraussetzung, um Radioisotope in die Medizin, Wissenschaft, Technik und Industrie einzuführen, war somit geschaffen. In England wurde daraufhin alles getan, um diese Isotope schnell und verhältnismäßig billig herzustellen und ohne alle unnötigen Beschränkungen auch anderen Ländern zugängig zu machen. Harwell erfüllt zur Zeit mehr als 11000 Aufträge für Radioisotope im Jahr. 35 Länder werden zur Zeit mit diesen Materialien von England aus versorgt. Es sei hinzugefügt, daß auch die Industrie in den verschiedenen Ländern viel getan hat, um die nötigen Meßinstrumente herzustellen und sie preiswert auf den Markt zu bringen.

Warum nun ist die Pile ideal, um große Mengen radioaktiver Stoffe gleichzeitig herzustellen, welche sind ihre Beschränkungen und welche Kernreaktionen sind die günstigsten?

Unsere „orthodoxe“ Pile in Harwell besteht aus Graphit und Uran-Metall, in natürlicher Zusammensetzung.

Ihr Neutronenfluß ist gegeben durch die Menge des Urans, die Bauart des Aggregats, die Kühlvorrichtungen (diese Pile ist luftgekühlt) und andere technische Einzelheiten. Der derzeitige Maximalfluß in der Mitte der Pile ist $2 \cdot 10^{12}$ Neutronen/cm²/sec. Die Verteilung des Neutronenflusses in der Pile zeigt Bild 1.

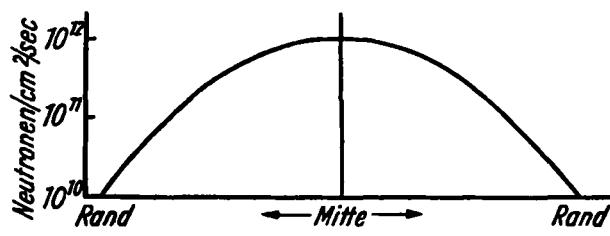


Bild 1
Verteilung der Neutronendichte in der Pile

Schon daraus kann man ersehen, daß es sehr schwer ist, den Neutronenfluß genau vorauszusagen. Hinzu kommt, daß die Pile manchmal während der Woche mit reduzierter Leistung läuft. Auch hat die Luftkühlung einen Einfluß auf die Leistung der Pile. Bei erhöhter Temperatur werden mehr Neutronen im Uran-Resonanzgebiet weggefangen, gehen also für die Uran-Spaltung verloren. Schließlich müssen wir die Absorptions- und Selbstabsorptionsmöglichkeiten durch Materialien mit verhältnismäßig hohen Wirkungsquerschnitten, die in der Pile bestrahlt werden, berücksichtigen. Dies sind keineswegs kleine Korrekturen, sondern außerordentlich hohe Beträge. Bild 2 zeigt die gemessene Selbstabsorption eines kleinen Kobalt-Zylinders, der einen Durchmesser und eine Höhe von 12 mm hat. Im Innern des Zylinders geht der Neutronenfluß auf 58% zurück. Dies ist eine erhebliche Reduktion, besitzt doch Kobalt vergleichsweise gar keinen so großen Wirkungsquerschnitt und ist die Menge an Kobalt in diesem

¹⁾ Der Autor glaubt, daß ein Neutronen gebärendes Aggregat, das eine sensible, temperamentvolle Maschine ist, nicht mit dem männlichen Artikel versehen werden kann. (Die häufige Verwendung des männlichen Artikels geht wohl darauf zurück, daß zunächst „pile“ mit „Meiler“ übersetzt wurde).