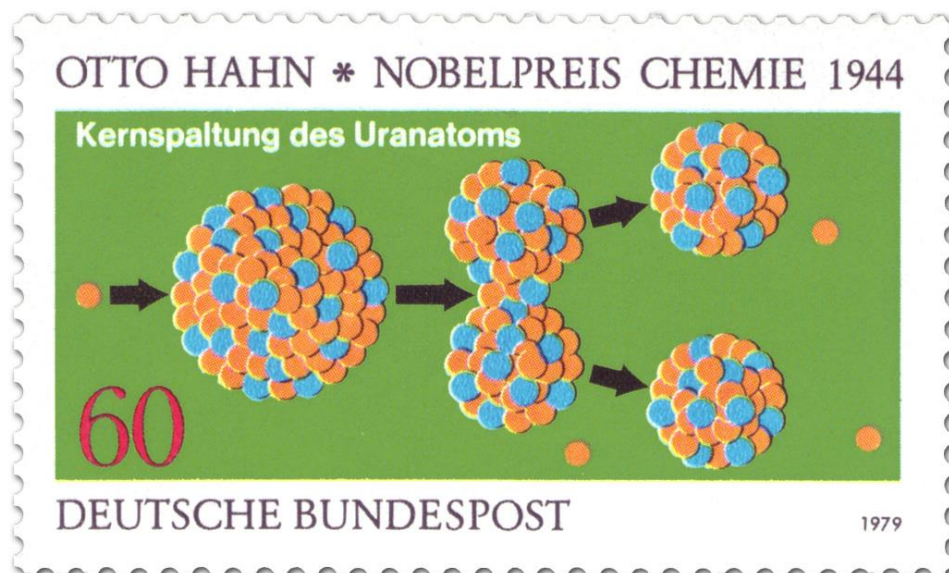




Facharbeit

Otto Hahn und die Kernspaltung



Verfasser: **Jonathan Reich**

Kurs: Seminarfach Bunte

Lehrer: Herr Bunte

Schuljahr: 2019/2020

Abgabedatum: 18.03.2020

Inhalt

Einleitung	2
Grundlagen.....	3
Die Spaltung des Urans	5
Die Kettenreaktion; Die „Uran-Pile“	7
Die Atombombe	11
Gewinnung von künstlichen Elementen/Transurane.....	12
Fazit.....	13
Anhang	16
Literaturverzeichnis.....	17

Einleitung

Bereits in der Antike existierte die Vorstellung einer Ursprungsmaterie, aus der alle anderen Stoffe bestehen und aufgebaut sind. Da diese uns heute als Atome bekannte Ursprungsmaterie jedoch nicht unter einem Lichtmikroskop zu erkennen ist, war selbst noch anfangs des zwanzigsten Jahrhunderts die Existenz dieser kleinsten Teilchen umstritten. Erst 1905 bewies Albert Einstein endgültig, dass Atome existieren. Die Atome, die anfangs noch als unteilbar angesehen wurden, konnte man jedoch im Nachhinein noch in den Atomkern, in dem sich die positiven Protonen und neutral geladenen Neutronen befinden, und eine darum bestehende Atomhülle, in der sich negative Elektronen befinden, unterteilen.

Nach einigen Jahren der Forschung rund um das Thema „Atom“ wurde dann von berühmten Chemikern und Physikern wie Enrico Fermi und Otto Hahn die Energiegewinnung revolutioniert. Wie sie zum Teil intendiert, aber auch aus Versehen für uns mittlerweile Selbstverständliches entdeckten, möchte ich in dieser Facharbeit mit dem Titel „Otto Hahn und die Entdeckung der Kernspaltung“ aufzeigen. Anfangs gehe ich kurz auf wissenswerte, aber auch notwendige Grundlagen der Atomforschung ein. Danach widme ich mich im Hauptteil hauptsächlich der Kernspaltung des Urans und der Erschaffung von neuen, künstlichen Elementen, beziehungsweise Transuranen. Dabei lege ich besonderen Wert auf das Verständnis von Hahns Versuchen und der damit folgenden zukunftsbeeinflussenden Erkenntnisse. Ich gehe aber auch auf die anfänglichen Problematiken ein, die bei der Gewinnung von Energie durch die Kernspaltung auftreten. Zudem werde ich den Unterschied zwischen der Kernspaltung in einem Atomkraftwerk und in einer Atombombe erklären.

Das Ziel dieser Facharbeit ist es, dem Leser einen Einblick in die Geschichte der Atomforschung der 30er und 40er Jahre zu geben. Zudem möchte ich zeigen, wie auch ohne ein direktes Ziel, Otto Hahns Forschungen großartige Resultate hervorbrachten.

Ich entschied mich für dieses Thema, da ich die Entdeckung der Kernspaltung für eine der wichtigsten für die Menschheit halte. Die Atomenergie ist sozusagen die Erfindung des Rads, bloß für die Neuzeit. Das Thema nimmt eine sehr relevante Rolle für die Geschichte aber auch für die Naturwissenschaft ein. Aufgrund dieser

Eigenschaft kann ich meine geschichtlichen und naturwissenschaftlichen Interessen vereinen.

Grundlagen

Den Grundstein für die Atomforschung liegt beim Atommodell von Ernest Rutherford. Welches unser heutiges Bild der Atome bereits maßgeblich geprägt hat. Daraufhin entwickelte Niels Bohr das berühmte Atommodell, das aus einem Atomkern und einer ihn umgebenden Elektronenhülle besteht.¹

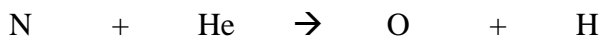
Um nun die Kernspaltung zu verstehen muss man als erstes mit den Grundlagen und Grundbegriffen der Kernphysik vertraut sein, die Otto Hahn zur Zeit der Entdeckung der Kernspaltung kannte. Für das spätere Verständnis sind diese durchaus relevant.

Die so genannten Atomkerne, die sich in allen chemischen Elementen befinden bestehen aus den Neutronen und Protonen. Dabei sind Protonen die positiv geladenen Kerne des Wasserstoffatoms, Neutronen sind hingegen die ungeladenen Atomkerne, welche die gleiche Masse wie die Protonen besitzen. Als „nackte“ Atomkerne besitzen jene keine Elektronenhülle um sich herum, und bilden dadurch auch keine direkten chemischen Verbindungen. Diese Eigenschaft spielt aber für den Kernaufbau und bei Kernreaktionen eine große Rolle. Durch die Anzahl an Protonen, also der geladenen Kernbestandteile, wird die chemische Natur eines Elements festgestellt. Die Summe der Neutronen und Protonen bestimmen hingegen die Masse bzw. das Atomgewicht. Durch eine Veränderung der Neutronenanzahl verändern sich die chemischen Eigenschaften des Elements nicht. Dies resultiert daraus, dass Neutronen keine Ladung aufweisen, beziehungsweise keine relevante, da ein Neutron neutral geladen ist. In diesem Fall wird von so genannten „isotopen“ Atomarten gesprochen, die verschiedene Massen besitzen und zu ihrem, durch die Protonen definierten, Element gehören. Zudem beeinflussen sie das Atomgewicht jenes Elements. Beginnend mit Wasserstoff bis zum Uran sind fast alle Elemente Mischungen von Isotopen und werden Mischelemente genannt. Im Gegensatz zu den Reinelementen, die nur aus einer einzigen Atomart bestehen. Das natürliche

¹ Neles, J. M., & Pistner, C.: Kernenergie Eine Technik für die Zukunft? . Darmstadt 2012, S.2

Uran besitzt zum Beispiel drei Isotope, wobei nur jenes mit der Masse 238 und das seltenere mit der Masse 235 interessant für Hahns Versuche sind. Mithilfe dieser Erkenntnisse können dann Elemente künstlich umgewandelt werden.¹

Die erste künstliche Umwandlung eines Atoms wurde von Ernest Rutherford durchgeführt, nachdem dieser 1914 als erster den Unterschied zwischen Protonen und Elektronen erkannte. Dabei schlug er das Teilchen, was genau so schwer ist, wie ein Wasserstoffatom als Grundeinheit der positiven Ladung vor.² Daraufhin wandelte er 1919 durch die Bestrahlung von Stickstoff mit α -Teilchen (Heliumkern) jenen in Sauerstoff um, da ein Proton (Wasserstoffkern) emittiert wurde. Die dazugehörige chemische Reaktionsgleichung lautet:



Im Jahr 1934 wurde dann die künstliche Radioaktivität vom Ehepaar Joliot-Curie entdeckt, nachdem sie Bor und Aluminium mit α -Teilchen bestrahlten, und dadurch so genannten instabilen, also radioaktiven Stickstoff und instabiles, radioaktives, Phosphor gewannen.³

Jene beiden Atomarten zerfielen rasch wieder unter Abgabe eines β^+ -Teilchens, also einem positiven Elektron ($e = +1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{C}$). Dadurch veränderte sich die Protonenzahl nicht dauerhaft.

Eine wirkliche Atomumwandlung oder Kernumwandlung besteht also darin, dass sich die Zahl der im Kern zusammensetzenden Protonen oder Neutronen ändert. Eine wahre Elementverwandlung kann also nur durch eine Änderung der Protonenzahl erreicht werden, da sich ja die Anzahl der Kernbestandteile verändert. Bei der Veränderung der Neutronenzahl bedeutet dies aber lediglich die Bildung eines Isotops, da sich die Kernladung nicht verändert, sondern nur das Atomgewicht.⁴

Da die Neutronen keine Ladung besitzen, werden sie vom positiv geladenen Atomkern nicht abgestoßen und stellen daher ein günstiges Material für die Atomumwandlung dar. Solch eine Atomumwandlung besteht dann meistens daraus, dass Neutronen, wenn sie in „Kernnähe“ gelangen, von jenem aufgenommen

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.6

² Asimov, Isaac: Kleine Geschichte der Chemie. München 1969, S.177

³ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.7

⁴ Ebenda, S.8

werden. Dies lässt dann ein Isotop mit einer um die Masse des jeweiligen Neutrons vermehrten Masse entstehen. Meist sind diese Isotope jedoch instabil und kommen in der Natur nicht als Mischelement vor, weshalb sie sich daher unter der Emission von β -Strahlen (negativen Elektronen) in das nächsthöhere Element umwandeln.¹

Die Spaltung des Urans

Der italienische Physiker Enrico Fermi verwendete als erster die Neutronen für Kernreaktionen. Er dehnte seine Versuche bis zum Uran aus, wobei er auch dabei Umwandlungen unter Emission von β -Strahlen fand, was wiederum zur künstlichen Herstellung von neuen Atomkernen von Elementen jenseits des Urans führte. Jene waren damals aber noch nicht entdeckt worden.

Otto Hahn und Lise Meitner führten diese Versuche fort und fanden mithilfe von Fritz Straßmann in den Jahren 1935-1938 eine ganze Reihe an damals für Trans-Urane gehaltene, künstlich radioaktive Atomarten. Aus ihren Aufzeichnungen schlossen die Chemiker und Physiker dann, dass sie Vertreter der bis dahin unbekannt Elemente 93, 94, 95 und 96 gefunden hatten. Bewiesen wurde diese These durch eine deutliche Unterscheidung der chemischen Eigenschaften der gefundenen Substanzen, mit denen vom Uran benachbarten Protactinium- und Thoriumisotopen. Zudem gehörten die zahlreichen gefundenen Atomarten mit Sicherheit vier verschiedenen Elementen an. Diese Entdeckung wurde von Physikern anfangs angezweifelt, da dieses Phänomen einzigartig für Uran war. Bei Experimenten mit anderen Elementen des Periodensystems waren nie neue Elemente, sondern nur Isotope oder benachbarte Elemente entstanden. Die Ergebnisse von Hahn und Meitner wurden durch gleiche Erkenntnisse in anderen Ländern bestätigt.²

Im Herbst 1938 fanden Otto Hahn und sein Assistent Straßmann bei der Weiterführung jener Experimente jedoch recht seltsame Resultate. Bei ihrer Atomumwandlung schieden sie drei aktive Erdalkalimetalle ab, die sie zunächst für Radium-Isotope hielten. Radium ist jedoch aufgrund seiner Kernladung von 88 kein

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.8

² Ebenda, S.9

nächster Nachbar von Uran. Zudem konnten die Chemiker die „Radiumisotope“ nicht durch eine Trennungsmethode für Radium und Barium vom Barium trennen, was die Ergebnisse noch unverständlicher machte. Auch bei einem Indikatorversuch mit einer Mischung aus künstlichen und natürlichen Radiumisotopen konnten nur die natürlichen Isotope vom Barium getrennt werden, was zu dem Schluss führen musste, dass die künstlich erzeugten Erdalkali-Isotope gar kein Radium waren, sondern Barium. In diesem Fall war das Uran durch den Beschuss mit Neutronen in zwei mittelschwere Kerne zerplatzt, also gespalten. Eines der Bruchstücke war Barium, das andere Krypton. Jene Elemente besitzen die Ordnungszahlen 56 und 36 und ergänzen sich letztendlich zu 92, der Ordnungszahl von Uran.¹

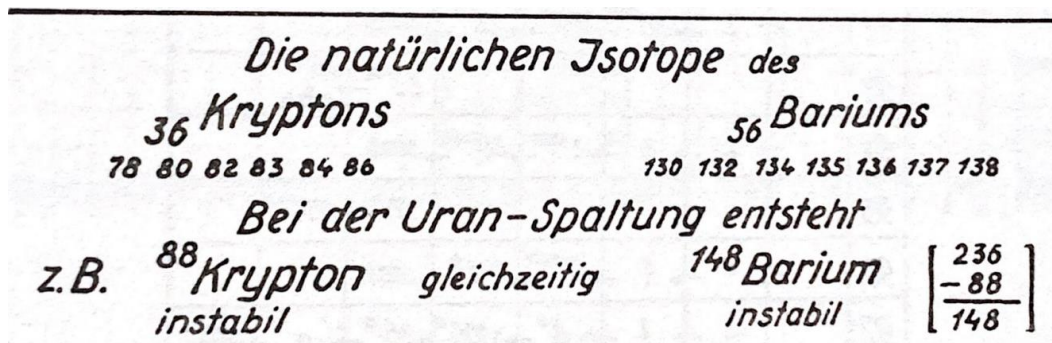


Abbildung 1 Atomgewichte natürlicher und künstlicher Isotope

Abbildung eins zeigt Hahns Beobachtungen zu den unterschiedlichen Atommassen der natürlichen und künstlichen Isotope von Krypton 36 und Barium 56. Oben die in er Natur vorkommenden, unten die bei der Uran-Spaltung gleichzeitig entstehenden, instabilen, künstlichen Isotope.

Meitner und Frisch waren die ersten, die den Ausdruck Kernspaltung (nuclear fission) verwendeten, nachdem sie den Vorgang mit dem Bohr'schen Modell der Atomkerne erklärten. Besonders wichtig zu erwähnen ist hierbei, dass nur das zu $\frac{1}{140}$ vorkommende Uran-Isotop der Masse 235 für die Spaltreaktion in Frage kommt, da die Spaltung besonders wirksam ist, wenn die Neutronen vorher ihre große kinetische Energie verloren haben. Dadurch haben sie dann eine Geschwindigkeit vergleichbar mit gewöhnlichen Gasmolekülen.²

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.9

² Ebenda, S.10

Bald darauf wurde entdeckt, dass es zahlreiche Spaltprozesse gab, dass also die Bruchstücke nicht zwangsläufig Barium und Krypton sein mussten. Es gab auch zahlreiche andere Produkte wie Strontium und Xenon, Brom und Lanthan, sowie Jod und Yttrium deren Kernladungen sich immer zu der Ordnungszahl 92 addieren.¹

Im Jahr 1944 wurde dann im Kaiser-Wilhelm Institut für Chemie eine Tabelle der Spaltprodukte aufgestellt die aus sämtlichen Elementen von Brom (35) bis Praseodym (59) bestand (Siehe Anhang, Abbildung 3). Jene Elemente lagen meist in Form von mehreren Isotopen mit verschiedenen Halbwertszeiten und Zwischenprodukten vor, die sich anschließend in die stabilen, nicht mehr nachweisbaren Isotope der benachbarten höheren Elemente umwandelten.²

Anschließend wurde 1946 in den U.S.A ein Bericht veröffentlicht, der die Reihe der Bruchstücke auf den Beginn bei Zink (30) bis Europium (63) ausweitet. Jedoch konnten diese leichtesten und schwersten Bruchstücke durch ihre so geringe Entstehung nicht mit zur Verfügung stehenden Strahlungsmessern gefunden werden. Dies bewies, dass jegliche von anderen Physikern entdeckten, für Trans-Urane gehaltenen, Substanzen in Wirklichkeit alles Spaltprodukte des Urans und aktive Vertreter von mittelschweren Elementen waren.³

Die Kettenreaktion; Die „Uran-Pile“

Wenn also ein Neutron auf einen Uran-235-Kern trifft, so bewirkt es dessen Spaltung. Bei jener Spaltung werden zusätzlich noch zwei bis drei neue Neutronen abgedampft. Dem entsprechend wird nicht nur das anfängliche Neutron zurückgeliefert, sondern es werden auch neue Neutronen „geschaffen“. Auch diese neu erschaffenen Neutronen haben die Möglichkeit, sofern sie nicht vorher anderweitig durch Fremdkörper absorbiert wurden, ihrerseits eine neue Spaltung hervorzurufen. Durch eine einzige Atomspaltung kann also in kürzester Zeit eine Kettenreaktion zur Bildung einer wägbaren Menge an Spaltprodukten führen. Diese Theorie der Abdampfung weiterer Neutronen wurde später dann fast gleichzeitig von Joliot und

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.11

² Ebenda, S.11

³ Ebenda, S.11

Mitarbeitern in Frankreich, aber auch in den U.S.A bestätigt. Die Entdeckung der theoretisch möglichen Ausbildung einer Reaktionskette war der Grundstein für die technisch verwertbare Nutzung der dabei freiwerdenden Energie.¹

Die Ausnutzung dieser Energie war in verschiedenen Weisen möglich. Einerseits konnte sie in einer geregelten, gleichmäßig ablaufenden Reaktion ablaufen. Diese Option ist vergleichbar mit der Verbrennung von Kohle in einer Zentralheizung. Andererseits konnte die Reaktion aber auch unregelmäßig und sich mit einer ungeheuren Vehemenz steigend ablaufen. Letzteres ist dementsprechend eher mit einer großen Kohlenstaubexplosion vergleichbar.²

Um 1942 war nun die prinzipielle Anwendungsmöglichkeit der Spaltenergie in Deutschland, sowie auch den U.S.A bekannt. Deutsche Kernphysiker stellten daher den Plan auf einen als „Uranbrenner“ bezeichnete Anordnung zu konstruieren, um die Energie zu verwerten.³

In Amerika beschäftigte man sich während des Krieges hingegen mit der Gewinnung von höchstwirksamen Sprengstoffen mithilfe der Option der unregelmäßigen Reaktion. Die war jedoch problematischer als gedacht, da das natürliche Isotopengemisch des Urans nicht für die Spaltung geeignet war. Die Menge der unbrauchbaren und reaktionshindernden Uran-238-Isotope war sehr viel höher als die des verwertbaren Uran 235. Also mussten jene Isotope voneinander getrennt werden. Dies erwies sich jedoch als schwierig, da beide Isotope die identischen chemischen Eigenschaften haben. Um dennoch eine Trennung zu ermöglichen mussten physikalische Diffusionsmethoden und Massenspektroskopie durchgeführt werden.⁴

Ein anderer Weg wurde hingegen von Otto Hahn, Meitner und Straßmann gefunden. Bei ihrer Methode werden Neutronen niedriger Energie durch einen sogenannten „Resonanzprozess“ vom Uran 238 eingefangen. Das Isotop wird nicht gespalten, sondern in ein künstliches Isotop von Uran, das Uran 239, umgewandelt. Dieses Isotop emittiert wiederum β -Strahlen, wandelt sich also in Element 93 um. In einer darauffolgenden β -Strahlenumwandlung wird es dann zum Element 94. Später

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.13

² Ebenda, S.14

³ Ebenda, S.14

⁴ Ebenda, S.14

wurde dann das Element 93 in Neptunium, nach dem Planeten Neptun, und das Element 94 in das bekanntere Plutonium, nach dem Zwergplaneten Pluto, benannt.¹

Bei der Einwirkung von Neutronen auf das Mischelement Uran laufen also zwei konkurrierende Reaktionen ab. Einmal die Spaltung von Uran 235 und die Bildung von Neptunium und Plutonium. Während Neptunium ein nur kurzlebige Isotop ist, ist das Plutonium-Isotop eine durchaus langlebige Substanz. Der Atomkern des Elements 94 konnte zusätzlich, genauso wie beim Uran 235, durch den Einfluss von Neutronen gespalten werden, also als Material für einen Sprengstoff dienen. Dieses Phänomen hat kernphysikalische Gründe, welche besagen, dass Isotope ungerader Masse, wie zum Beispiel 235 oder auch 239, sich leichter spalten lassen, als die Geraden.²

Diese künstliche Atomumwandlung löste das Problem der Uran-Trennung, da die chemische Trennung des Urans und Plutoniums sehr viel einfacher von statten geht, als die Gewinnung von Uran aus dem Mischisotop. Also wäre durch das Umwandlungsverfahren das neue Material für eine „Atombombe“ recht simpel zu gewinnen.³

Aber auch bei diesem Verfahren treten einige Probleme auf. Zuerst muss ein Uranblock mit großer Reinheit gegeben sein, sodass die Neutronen nicht anderweitig durch Fremdkörper absorbiert werden. Dann tritt die Schwierigkeit auf, dass bei den Abdampfungsprozessen primär nur zusätzliche Neutronen mit hoher Energie entstehen. Diese Neutronen mit großer Energie lagern sich jedoch weder an das Uran 238 an, noch spalten sie das Uran 235. Der Zusammenstoß dieser Neutronen mit anderen Atomkernen führt zu einem schnellen Verlust der kinetischen Energie der neu entstandenen Neutronen. Darauf folgt dann der Zustand, in dem die Anlagerung an das Uran 238 möglich wird. Die sogenannten „Resonanzneutronen“ werden also aufgenommen und die Plutoniumbildung setzt ein.

Um nun jedoch einen Spaltungsprozess hervor zu rufen muss die Geschwindigkeit der Neutronen noch geringer, vergleichbar mit der kinetischen Energie von Gasmolekülen bei Zimmertemperatur, sein. Diese niedrige Geschwindigkeit können die Neutronen jedoch nicht erreichen, da sie vorher von der großen Menge an Uran 238

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.15

² Ebenda, S.15

³ Ebenda, S.16

„abgefangen“ werden. Die Emission, und damit auch die Reaktionskette bricht also ab. Um dies zu verhindern muss also etwas unternommen werden, sodass nur ein Teil der Neutronen durch das Uran 238 angelagert wird und damit ein Rest zur Kernspaltung von Uran 235 bleibt.¹ Diese Bremsung der Geschwindigkeit wird durch die Einlagerung von Bremssubstanzen, sogenannten „Moderatoren“ herbeigeführt. Die Moderatoren bewirken, dass ein Großteil der Neutronen ein niedrigeres Energieniveau erreichen als die der Reaktionsstoppenden „Resonanz-Energie“. Dabei wirken sie aber lediglich verlangsamen, nicht absorbierend.² Als solche Bremssubstanzen eignen sich „schweres Wasser“ (Deuteriumoxid: D_2O)³, aber auch reiner Graphit besonders. Diese Stoffe verlangsamen die Neutronen, absorbieren sie aber nicht, oder nur kaum. Wenn nun reines Uran in Form von Stäben oder Blöcken zu einer Art Raumbgitter in das „schwere“ Wasser oder in den Graphit eingebettet wird, so bleiben verlangsamte Neutronen für die Kernspaltung von Uran 235 und damit Fortführung der Kettenreaktion bestehen. Dieses im Moderator Graphit eingebettete Uran nennt man „Uran-Pile“. Es tritt also eine gesteuerte Reaktionsfolge ein.

4

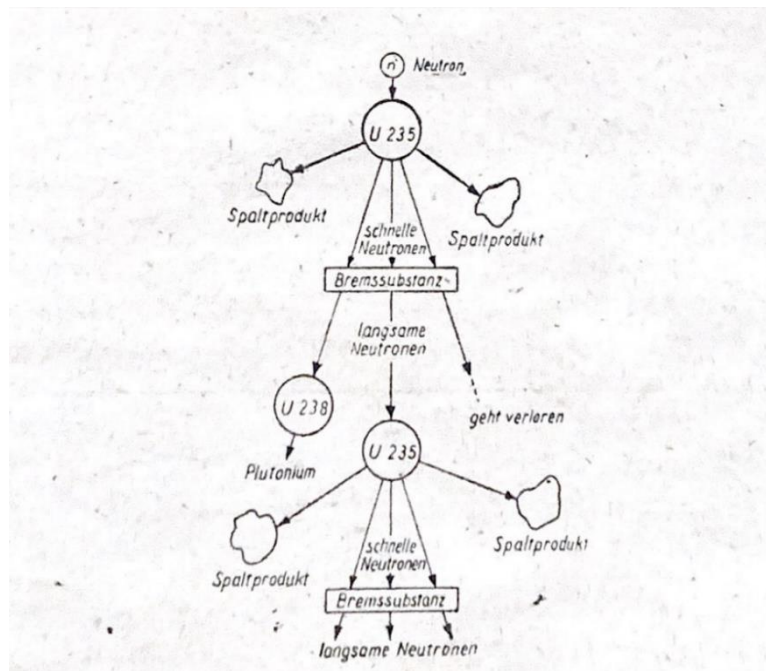


Abbildung 2 Kettenreaktion in dem Uran Pile

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.16

² Ebenda, S.17

³ Cornelsen: Das große Tafelwerk. Berlin 2016, S.125

⁴ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.17

Abbildung zwei zeigt ein Schaubild der gesteuerten Kettenreaktion im sogenannten „Uran-Pile“. Dabei wird angenommen, dass bei der Spaltung zusätzlich drei Neutronen entstehen. Eines der Neutronen geht durch Diffusion nach außen oder durch Absorption innerhalb des Piles verloren. Ein Zweites bildet nach Anlagerung an das Uran 238 Plutonium. Das dritte Neutron spaltet nachdem es durch einen Moderator gebremst wurde ein weiteres Uran 235 und sorgt für eine Fortführung der Kette.¹

Die Atombombe

Die Energiegewinnung durch eine gesteuerte Kettenreaktion war nun möglich gemacht worden. Doch auch für die ungesteuerte Reaktion wurde ein Verwendungszweck gefunden. Wie schon erwähnt konnte mithilfe einer Umwandlungsreaktion das Material für eine Atombombe künstlich hergestellt werden. Dieses künstlich hergestellte Plutonium war ebenfalls für die Kernspaltung geeignet. Der italienische Physiker Fermi bekam daher die Aufgabe das neu entdeckte Element in großen Mengen zu produzieren. Am zweiten Dezember 1942 wurde das erste Mal Energie durch die Spaltung von Uran gewonnen.²

Im Jahr 1945 wurde dann das erste Mal eine Art Atombombe konstruiert. Bei diesem Gerät wurden durch das Zünden einer kleinen Sprengladung zwei Uranstücke aufeinander zugetrieben. Auch wenn jedes Stück einzeln unter der „kritischen“, also reagierenden Maße lag, waren sie gemeinsam darüber. Wenn diese kritische Masse erreicht war begann, durch freie Neutronen in unserer Atmosphäre sofort die nukleare Kettenreaktion. Diese Reaktion explodierte mit einer, bis zu diesem Zeitpunkt, unvorstellbar großen Gewalt.³

Die erste „Atombombe“ wurde im Juli 1945 in Neu-Mexico gezündet. Einen Monat später wurden dann zwei weitere derartige Bomben über Hiroshima und Nagasaki in Japan abgeworfen, die den zweiten Weltkrieg beendeten.⁴

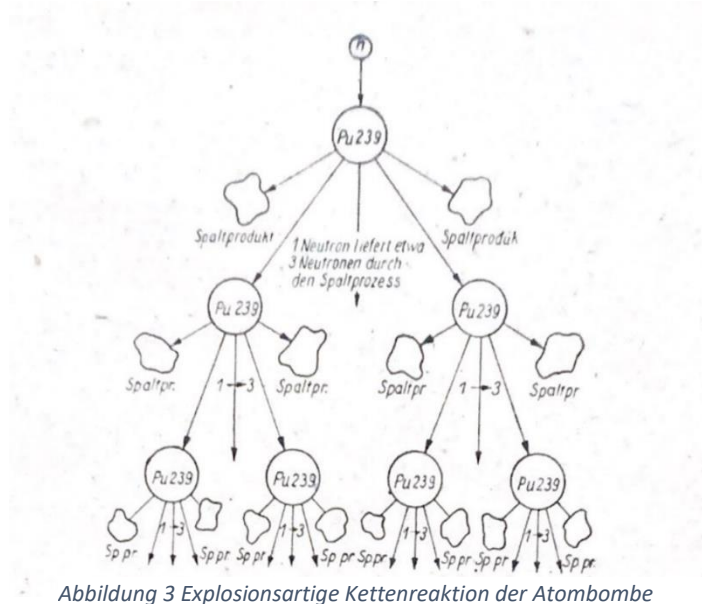
¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.17

² Asimov, Isaac: Kleine Geschichte der Chemie. München 1969, S.211

³ Ebenda, S.211

⁴ Ebenda, S.211

1



In Abbildung drei ist nun im Vergleich der Reaktionsverlauf der ungesteuerten Kettenreaktion einer Atombombe zu sehen. In diesem Fall ist kein Uran 238 vorhanden, sondern das spaltfähigere Plutonium und das vom Uran 238 getrennte Uran 235. Die Reaktion läuft sehr schnell ab und hat daher eine Explosion zur Folge.²

Gewinnung von künstlichen Elementen/Transurane

Die Anzahl der bei einer Kettenreaktion entstehenden aktiven Spaltprodukte, mit relativ langer Lebensdauer, und inaktiven Endglieder beläuft sich auf mehr als 70. All diese Elemente und Isotope können durch die Erfindung des Uran-Pile nachweislich gewonnen werden. Ebenfalls können nun diverse Vertreter all der Elemente gewonnen werden, die durch das Bestrahlen mit Neutronen herstellbar sind. Dabei dient die Uran-Pile-Anlage als Neutronenquelle zur Gewinnung der Substanzen. Der Uran-Pile ist also der Grundstein für die künstliche Gewinnung von Elementen.

Bei der künstlichen Elementherstellung muss jedoch beachtet werden, dass es nach den „Mattauschschen Isobarensätzen“ keine vollständig stabilen Vertreter des zu erstellenden Elements geben kann. Otto Hahn formulierten den relevanten Satz so:

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.18

² Ebenda, S.18

„Es gibt keine stabilen Isobarenpaare (Isobare = verschiedene chemische Elemente gleicher Massenzahl), deren Kernladung nur um eine Einheit verschieden ist.“¹ Ein Beispiel für diesen Satz ist das Element 43, Technetium (Tc). Jede dem Element zuschreibbare Massezahl ist bereits durch stabile Isotope eines höheren oder tieferen Nachbarelements vertreten. Daraus folgt, dass es keinen Platz mehr für ein stabiles Isotop des Elements 43 gibt. Zudem lässt sich allgemein feststellen, dass alle künstlich hergestellten Elemente radioaktiv sind. Manche von ihnen wandeln sich aber, im Vergleich zu zum Beispiel Radium, sehr langsam um. Diese Elemente können praktisch schon als stabile Grundstoffe angesehen werden. Inaktive Vertreter dieser neuen, künstlichen Elemente gibt es in der Natur so nicht.²

Im Laufe der Jahre stellte Otto Hahn im Rahmen seiner Forschungen diverse weitere Elemente her. Dank seiner revolutionären Erkenntnisse konnten kurz darauf auch von anderen Chemikern und Physikern noch weitere Elemente „erschaffen“ werden. Ein paar Beispiele sind das Element 87, Francium (Fr), das bereits erwähnte Neptunium 93 (Np) oder auch das Americium 95 (Am) und das Element 96, Curium (Cm).³

Diese neuen, künstlichen Atome, die schwerer als das bisher schwerste Element, Uran, waren, bekamen 1834 von Enrico Fermi den Namen „Transurane“⁴

Fazit

In der vorliegenden Facharbeit wurde die Geschichte der Entdeckung der Kernspaltung, sowie das Erschaffen von Transuranen thematisiert. Dabei wurde nach der Vorstellung von Grundwissen rund um das Thema Atomforschung die Kernspaltung von Uran präsentiert.

Die wichtigsten Erkenntnisse stellen eindeutig die Auswirkungen von Neutronenbeschuss auf Atomkerne dar. Die dabei entstehenden Unterschiede zwischen Isotopen und neu erschaffenen Elementen wurden deutlich am Beispiel des Urans erklärt. Die daraus folgenden, unterschiedlichen Kettenreaktionen wurden ebenfalls

¹ Hahn, Otto: Künstliche neue Elemente. Berlin 1948, S.19 Z.7 f.

² Ebenda, S.19

³ Ebenda S.3

⁴ Asimov, Isaac: Kleine Geschichte der Chemie. München 1969, S.207

behandelt. Auch die anfänglichen Probleme der Absorption aller freien Neutronen durch Uran 238 wurden aufgezeigt. Die damit verbundene Lösung, die Erfindung des „Uran-Pile“ ist ein weiterer Bestandteil der Facharbeit.

Durch die Forschungsergebnisse von Otto Hahn folgte kurz darauf die Entwicklung der ersten nuklearen Waffe einer „Atombombe“. Diese neue Waffentechnologie setzte dem zweiten Weltkrieg durch die Bombenabwürfe über Japan ein Ende. Die Atombombe ist damit das beste Beispiel für die unkontrollierte Kettenreaktion, die bei der Spaltung von Uran ablaufen kann. Die Verwendung von Hahns Forschungsergebnissen für die Kriegsführung war jedoch nie die Absicht des Chemikers.

Die heutige Stromversorgung setzt ebenfalls größtenteils auf die von Hahn entdeckte Kernenergie. Auch das Prinzip des „Uran-Pile“, welche die Grundvoraussetzung für eine kontrollierte Kettenreaktion darstellt, ist auch heute noch für die nukleare Energiegewinnung von großer Wichtigkeit.

Otto Hahn hat also nicht nur unabsichtlich die mögliche Variabilität von Elementen nach Neutronenbeschuss erkannt. Er hat zudem auch weitergedacht und seine Erkenntnisse mithilfe von praktischen Anwendungsmöglichkeiten für die Zukunft nutzbar gemacht.

Otto Hahn ist damit einer der bedeutungsvollsten Chemiker und Physiker des zwanzigsten Jahrhunderts. Er wurde nicht nur über 30 Mal für den Chemie- und Physiknobelpreis nominiert, sondern 1944 auch mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Offiziell wurde er für die Entdeckung der Spaltung schwerer Atomkerne ausgezeichnet.

Zusammenfassend sind Otto Hahns Forschungsergebnisse einige der Prägendsten unserer Zeit. Jedoch haben sie auch Konsequenzen auf unsere Zukunft. Zwar ist die Atomkraft unsere Hauptenergiequelle auch noch im einundzwanzigsten Jahrhundert, dennoch gibt es immer noch Probleme mit der Abfallentsorgung der Reaktionsprodukte. Auch kommt es immer wieder zu katastrophalen Unfällen in Atomkraftwerken. Das aktuellste Beispiel ist Fukushima Daiichi, ein japanisches Kernkraftwerk. Bei durch ein Erdbeben verursachten Kernschmelzen wurden damals große Mengen an radioaktiven Emissionen freigesetzt.

Solche Ereignisse werfen daher die Frage auf, ob das Lebenswerk Otto Hahns auch in Zukunft noch angewendet werden sollte. Mittlerweile werden bereits einige

Atomkraftwerke durch ökologischere Alternativen ersetzt, die letztendlich zum Ausstieg aus der Atomenergiegewinnung führen sollen. Auch die Weiterentwicklung von Atombomben könnte in Zukunft unvorstellbare Folgen für unser Leben auf der Erde haben.

Anhang

1

Z	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	-	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	-	Sm	Eu	Z	
M	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	M	
83	stab																														119	
84	stab																															120
85	stab																															121
86	stab																															122
87	stab																															123
88	stab																															124
89	stab																															125
90	stab																															126
91	stab																															127
92	stab																															128
93	stab																															129
94	stab																															130
95	stab																															131
96	stab																															132
97	stab																															133
98	stab																															134
99	stab																															135
100	stab																															136
101	stab																															137
102	stab																															138
103	stab																															139
104	stab																															140
105	stab																															141
106	stab																															142
107	stab																															143
108	stab																															144
109	stab																															145
110	stab																															146
111	stab																															147
112	stab																															148
113	stab																															149
114	stab																															150
115	stab																															151
116	stab																															152
117	stab																															153
118	stab																															154

Abbildung 3 Tabelle der Spaltprodukte: Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie (1945)

¹ Hahn, Otto: Mein Leben. München 1968, S.261

Literaturverzeichnis

Asimov, I. (1969). *Kleine Geschichte der Chemie*. München: Wilhelm Goldmann Verlag München.

Cornelsen. (2016). *Das große Tafelwerk*. Berlin: 2012 Cornelsen Verlag GmbH, Berlin.

Hahn, O. (1948). *Künstliche neue Elemente*. Berlin: Verlag Chemie, GmbH, Weinheim/Bergstraße und Berlin.

Hahn, O. (1968). *Mein Leben*. München: Verlag F. Bruckmann KG, München.

Neles, J. M., & Pistner, C. (2012). *Kernenergie Eine Technik für die Zukunft?* Darmstadt: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die Hausarbeit ohne fremde Hilfe angefertigt, nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt und alle Textstellen, die ich mit dem Wortlaut aus Quellen übernommen habe, entsprechen kenntlich gemacht habe.

Ort/Datum

Unterschrift

Freiwillige Erklärung

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Ort/Datum

Unterschrift