

Mitteilungen des Institutes für Radiumforschung  
Nr. 202

Der Nachweis von Atomtrümmern nach der  
Wilson-Methode

Von  
Rudolf Holoubek

(Mit 8 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 28. April 1927)

Bei den im II. physikalischen Institute der Wiener Universität gemeinsam mit dem Institute für Radiumforschung von G. Kirsch und H. Pettersson durchgeführten Untersuchungen über Atomzertrümmerung<sup>1</sup> war ebenso wie in Cambridge die Szintillationsmethode die führende Methode. Obwohl man hier in Wien diese Methode bis fast an das Höchstmaß ihrer Leistungsfähigkeit ausgestaltet hat, ergeben sich immer noch Mängel, die einerseits im Szintillationsmaterial und der geringen geometrischen Erfassungsmöglichkeit der sekundären Strahlung, andererseits in der Abhängigkeit von der physischen Verfassung der Zähler, liegt doch der optische Eindruck der Helligkeit der schwächeren H-Szintillationen hart an der Empfindlichkeitsschwelle des Auges, begründet sind. Diese Mängel ergaben die Notwendigkeit, nach neuen Untersuchungsmöglichkeiten zu suchen, um die mit der Szintillationsmethode gefundenen Versuchsergebnisse mit den nach anderen Methoden erhaltenen vergleichen zu können und durch diese zu bestätigen.

Von den vielen Untersuchungsmöglichkeiten zeigte derzeit die von C. T. R. Wilson geschaffene Nebelmethode<sup>2</sup> die günstigsten Versuchsbedingungen. Einer ihrer Hauptvorteile gegenüber anderen Methoden liegt darin, daß die Flugbahn eines Teilchens nicht nur für die visuelle Beobachtung sichtbar gemacht, sondern auch auf der photographischen Platte, dem objektivsten Beobachter, festgehalten werden kann.

Dieser Vorteil, der die Möglichkeit gibt, mit Hilfe dieser Methode auch die Dynamik des Atomzertrümmerungsvorganges zu studieren, führte P. M. S. Blackett<sup>3</sup> als ersten dazu, sie für Untersuchungen auf dem Gebiete der Atomzertrümmerung mit Erfolg zu

<sup>1</sup> H. Pettersson und G. Kirsch, »Atomzertrümmerung«, Akad. Verlagsges., Leipzig, 1926.

<sup>2</sup> C. T. R. Wilson, Jahrb. d. Rad. u. El., 10, 34, 1913; Proc. Roy. Soc. (A.), 81, 141a, 162, 1918.

<sup>3</sup> P. M. S. Blackett, Proc. Roy. Soc. (A.) 107, 349, 1925; ebenda 102, 294, 1922.

verwenden. Seine Aufnahmen, die unter verschiedenen Winkeln erfolgten, bewiesen sowohl die Zertrümmerung von Stickstoff als auch das Haftenbleiben des zertrümmernden  $\alpha$ -Teilchens an dem Restkern. Er fand, daß unter den 270.000 schnelleren  $\alpha$ -Teilchen aus Th C ( $R = 8.6 \text{ cm}$ ) nur acht zu Kerntreffern mit deutlicher Protonenemission führten, wobei alle acht Gabelungen in den ersten zwei Wegzentimetern der  $\alpha$ -Bahn auftraten und keine der H-Bahnen einer kürzeren Reichweite als  $19 \text{ cm}$  in Luft entsprach. W. D. Harkins und H. A. Shadduck<sup>1</sup> fanden nach einer in letzter Zeit veröffentlichten Arbeit bei gleicher Anzahl von  $\alpha$ -Bahnen nur zwei H-Bahnspuren, also nur ein Viertel der von Blackett gefundenen Ausbeute.

Bei beiden Untersuchungen war das Hauptgewicht auf die Dynamik des Zertrümmerungsvorganges gelegt. Dies erfordert, daß nur eine eng begrenzte Zahl von  $\alpha$ -Bahnen, zirka 18 bis 20, sichtbar sein dürfen, wenn sowohl die  $\alpha$ -Bahn als auch die H-Bahn festgestellt und untersucht werden soll. Da aber das Verhältnis zwischen H-Teilchen und  $\alpha$ -Teilchen größenordnungsmäßig zwischen  $10^{-4}$  bis  $10^{-8}$  bei größeren Reichweiten liegt, erfordert diese Arbeitsmethode die Aufnahme mehrerer tausende von  $\alpha$ -Bahnen, um nur eine H-Bahn zu erhalten.

Verzichtet man auf die Aufnahme der  $\alpha$ -Bahn und damit auf die Möglichkeit des Studiums der Dynamik der Kernzertrümmerung, so kann man bei Verwendung von Polonium als Primärstrahlungsquelle an Stelle von Th C oder Ra C die Intensität der Strahlungsquelle bedeutend erhöhen und damit auch die Möglichkeit von H-Bahnen.

Auf diesem Prinzipie aufgebaut, wurden die im folgenden beschriebenen Versuche durchgeführt.

## Versuchsordnung.

Die von mir verwendete Versuchsanordnung ist eine von T. Shimizu<sup>2</sup> angegebene Wilsonkammer mit periodischer Expansion. Sie besteht in ihrem obersten Teile aus einem Glasring von  $57 \text{ mm}$  Weite und  $20 \text{ mm}$  Höhe. Eine in einen Messingring eingekittete planparallele Glasscheibe, die auf ihrer der Kammer zugewendeten Seite mit durchsichtiger Gelatine überzogen ist, bildet den Deckel der Kammer. Den Boden bildet ein in den Metallunterbau der Kammer eingeschliffener und sorgfältig gedichteter Kolben, der, mittels eines Elektromotors bewegt, 60 bis 130mal in einer Minute in vertikaler Richtung die Kammer expandiert. Der Teil der Kolbenoberfläche, der den Boden der Kammer bildet, ist

<sup>1</sup> W. D. Harkins und H. A. Shadduck, Proc. Nat. Acad. U. S. A., Vol. 12, Nr. 12, 707, 1926.

<sup>2</sup> T. Shimizu, Proc. Roy. Soc. (A.) 99, 432, 1921.

et einer mit Tusche geschwärtzten Gelatine überzogen, gegen die Nebelstreifen scharf abheben.

Eine Spannung von 440 Volt zwischen Deckglas und Kolben sorgt für rasche Entfernung aller entstehenden Ionen und wird erst unmittelbar vor der größten Expansion ausgeschaltet, um die entstehenden Bahnen unverzerrt sichtbar zu machen.

Durch Verstellung des Unterstützungspunktes des die Kolbenbewegung vermittelnden Hebels kann das Expansionsverhältnis während der Betätigung des Apparates reguliert werden. Dadurch ist es möglich, stets die günstigsten Bedingungen für die Sichtbarkeit der H-Bahnen zu erhalten, da sich mit der Änderung der Expansionszeit auch diese Bedingungen ändern. Wird nämlich die Expansionszeit, die von der Tourenzahl des an die Netzspannung angelegten Motors abhängt, größer, so daß die Expansion langsam erfolgt, wird das günstigste Expansionsverhältnis größer.

Das zur Beleuchtung der Kammer dienende Licht tritt durch einen seitlichen Spalt von 60 *mm* Länge und 1 bis 6 *mm* Breite in die Kammer ein. Die geringen Dimensionen der Nebelkammer und die eingebauten Bestandteile erfordern einen ganz beschränkten, sehr flachen Lichtkegel, der Deckglas und Boden im Schatten läßt, aber die Kammer selbst intensiv durchleuchtet. Durch einen Kondensator von sehr kurzer Brennweite wird das Licht des positiven Kraters einer Bogenlampe mit Goerz-Beck-Kohlen (bis zu 1000 Hefnerkerzen pro Quadratmillimeter) gesammelt und durch eine kurzbrennweitige Zylinderlinse in vertikaler Richtung parallel gemacht. Um die möglichst größte Lichtmenge auszunützen, ist die Nebelkammer so aufgestellt, daß die Randstrahlen des in horizontaler Richtung divergenten Bündels den Mantel der Kammer tangential treffen.

Die so beleuchteten H-Bahnen wurden entweder visuell beobachtet oder photographisch aufgenommen. Für die visuelle Beobachtung wurde zeitweise eine Anordnung benützt, bei der die Nebelkammer mittels eines Ermanox-Objektivs ( $f = 140 \text{ mm}$ , 1:2) und einem unter  $90^\circ$  reflektierenden Planspiegel auf eine Mattscheibe projiziert wurde. Eine Vergrößerung von 1:2 bis 1:3 ergab ein leicht zu übersehendes Bild. Gegenüber der direkten Beobachtungsmethode hatte diese den Vorteil, daß alles störende Streulicht der verschiedenen Apparateile vollkommen ausgeschaltet war. Die einzelnen Beobachtungsperioden erstreckten sich ohne merkliche Ermüdung der Zähler auf vier bis fünf Minuten. Diese längeren Beobachtungsperioden erwiesen sich besonders dann von Vorteil, wenn es sich um die Erfassung seltener Teilchen (1 pro  $10^7$  bis  $10^8$   $\alpha$ -Teilchen) handelte. Bei niederen Sekundärabsorptionen, wo die Teilchenzahl sehr groß war, war es nötig, Sektoren von der Hälfte bis zu drei Vierteln der Kammer durch schwarzes Papier abzudecken.

Die photographischen Aufnahmen wurden mit einer Kinokamera durchgeführt, deren Verschlussanordnung mit dem die Kolbenbewegung vermittelnden Hebel so gekoppelt war, daß nach

jeder vierten Expansion eine Aufnahme erfolgen konnte. Als Objektiv wurde ein Weitwinkelobjektiv besonderer Lichtsfärke ( $f = 40\text{ mm}$ ,  $1:1.8$ ) der Firma Zeiß, Jena, verwendet. Die Kinokammer wurde in einem Eisengerüst, das mit der Nebelkammer fest verbunden war, festgeklemmt. Um die durch den Motor und die Bewegung des Kolbens entstehenden Schwingungen möglichst dämpfen, waren sowohl die Nebelkammer als auch der Motor mit  $2\text{ cm}$  dicken Eisenplatten beschwert und auf dicke Filzunterlagen aufgestellt.

Die Strahlungsquellen waren an die Bedingungen der Methode gebunden. Sollte es möglich sein, Atomtrümmerbahnen in größter Zahl zu erhalten, dann mußte die Intensität der primären Strahlungsquelle so hoch als möglich gefordert werden. Da bei Verwendung von Th C und Ra C mit der Intensität der  $\alpha$ -Strahlung auch die durchdringenden  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung erhöht wird, diese aber durch Bildung eines diffusen Nebels die Sichtbarmachung der H-Bahn bedeutend erschwert, wenn nicht sogar unmöglich macht, wurden diese beiden Strahlungsquellen vorläufig ausgeschlossen. Es blieb daher nur Polonium als Strahlungsquelle von den günstigsten Bedingungen. Einen Nachteil hat die Verwendung von Polonium und das ist die damit leicht eintretende, aber schwer wegzubringende Verseuchung. Es war daher nötig, das Präparat stets unter eine dünne Glimmerfolie einzukapseln und auf peinlichste Sauberkeit bei der Einführung des Präparates zu achten. Die Verwendung von Polonium stützt sich auf die von E. A. W. Schmidt<sup>1</sup> gemachte Beobachtung, daß auch  $\alpha$ -Teilchen aus Polonium mit einer Reichweite von  $3.9\text{ cm}$  noch die Fähigkeit besitzen, zertrümmernd zu wirken. Die zu den Versuchen verwendeten Präparate waren ein Poloniumpräparat von 9500 elektrostatischen Einheiten Anfangsaktivität auf  $4\text{ mm}$  Silberblech hergestellt von I. Curie, und solche von 600 bis 4500 elektrostatische Einheiten nach einem Destillationsverfahren von E. Rona und E. A. W. Schmidt, im Wiener Institut für Radiumforschung hergestellt. Die Angaben über Präparatstärken beziehen sich auf nach der Ionisationsmethode gemessenen, beziehungsweise extrapolierten Sättigungsstrom.

## Anordnung von Strahlungsquelle und bestrahlter Substanz.

Da eine seitliche Anordnung der primären und sekundären Strahlungsquelle geometrisch eine Erhöhung der Ausbeute um ein Beträchtliches nicht gestattet, wurden sowohl Strahlungsquelle als auch bestrahlte Substanz zentral in der Kammer angebracht und

<sup>1</sup> E. A. W. Schmidt, Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. IIa, *133*: 1925; Naturwissensch. 14. Jg., H. 26, p. 620, 1926.

radial verlaufenden Bahnspuren beobachtet. Diese Art der Anordnung ermöglichte es, einen hohen Bruchteil beider Strahlungsstellen auszunützen.

Anordnung I. Die erste Art der Anordnung gab eine Untersuchungsmöglichkeit nach der vorwärtigen Methode. In das Deckglas *D*, Fig. 1, wurde ein zentrales Loch von 6 *mm* Durchmesser gebohrt, das auf der der Kammer zugewendeten Seite mit einer Glimmerfolie von 6·9, beziehungsweise 12 *cm* Luftäquivalent verschlossen war. Auf dem Glimmer *G* lag außerhalb der Kammer die zu bestrahlende Substanz *S* in der Form einer Folie von 1·8 bis 5 *cm* Luftäquivalent, und unmittelbar darüber war in einem

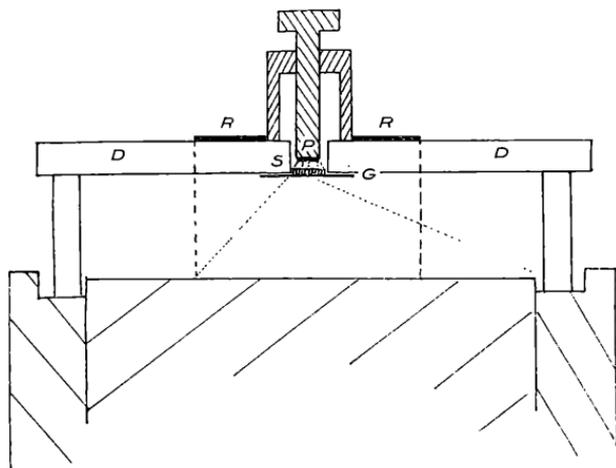


Fig. 1.

Abstand von maximal 0·5 *mm* ein starkes Poloniumpräparat angebracht. Die Absorption des Verschlussglimmers verhinderte das Eindringen von  $\alpha$ -Teilchen aus der Strahlungsquelle in die Kammer.

Die senkrecht den Glimmer durchsetzenden H-Teilchen hatten somit eine Absorption von 11·7, beziehungsweise 16·8 *cm* Luftäquivalent zu durchfliegen, wenn sie innerhalb des ersten Wegzentimeters der  $\alpha$ -Bahn entstanden. Alle jene Teilchen aber, die den Glimmer schräg durchsetzen, finden je nach dem Winkel, unter dem sie hindurchfliegen, höhere Absorptionen. Schon bei einem Winkel von 30° gegen die Normale auf den Glimmer erhöht sich die Absorption auf 14, beziehungsweise 19·4 *cm* Luftäquivalent. Bei einem Weg von 2 *cm* in der Kammer müssen also solche Teilchen, wenn sie beobachtbar sein sollen, eine Reichweite über 10 *cm* beim dünneren Verschlussglimmer haben. Da nach Bohrs Theorie »natürliche« H-Teilchen, wie sie durch Zusammenstoß einer  $\alpha$ -Partikel mit einem Wasserstoffkern entstehen,

bei einer Reichweite von  $3.9\text{ cm}$  der  $\alpha$ -Partikel eine Reichweite von  $16\text{ cm}$  haben, wenn sie in der Richtung der Flugbahn der  $\alpha$ -Partikel gestoßen werden, ist es möglich, durch Ablendung der zentraler Kammerteile die Winkelverhältnisse so zu wählen, daß natürliche H-Teilchen ausgeschlossen sind. Variationen der Radien dieser zentralen Ringblenden  $R$  ermöglichten auch Beobachtungen bei verschiedenen Absorptionen, da jeder Ringblende je nach ihrem Radius ein bestimmter minimaler Durchsetzungswinkel und damit eine bestimmte Minimalabsorption entsprach. Die Inhomogenität in den Durchsetzungswinkeln, die sich auf diese Art nicht vermeiden ließ, ist ein Nachteil dieser Anordnung. Da außerdem eine Beobachtung von Atomtrümmern unter einer Reichweite von  $16\text{ cm}$  wegen der Möglichkeit natürlicher H-Bahnen nicht ausführbar war,

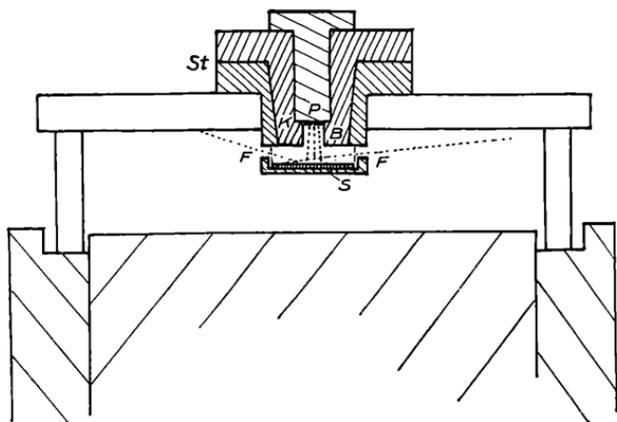


Fig. 2.

wurde wie bei der Szintillationsmethode durch Kirsch und Petterson wie auch durch Rutherford und Chadwick der Übergang zu einer indirekten, der rechtwinkligen Methode gewählt.

Anordnung II war nach diesem Prinzip gebaut. In eine zentrale Bohrung des Deckglases ist ein zylindrisches Körbchen eingesenkt, das in einer Höhe von  $2\text{ mm}$  über dem Boden in seine Mantelfläche 2 Fensteröffnungen  $F$ , Fig. 2, von je  $2\text{ mm}$  Höhe und  $165^\circ$  Öffnungswinkel in der Horizontalebene eingeschnitten hat. Im Boden des Körbchens liegt vertieft und leicht auswechselbar die zu bestrahlende Substanz  $S$  in Form eines Scheibchens von  $10\text{ mm}$  Durchmesser und  $0.5\text{ mm}$  Dicke. Nach außen wird das Körbchen durch den eingeschlifften Stopfen  $St$  abgeschlossen. Dieser durchbohrte Stopfen trägt in seinem Innern den Präparateträger mit dem Präparate  $P$ . Durch den Kanal  $B$  ist das primäre Strahlenbündel so beschränkt, daß keine Primärstrahlung durch die Fenster in den zu beobachtenden Raum der Nebelkammer eintreten

kann, aber auch Winkel zwischen Primär- und Sekundärstrahlung unter  $82^\circ$  ausgeschlossen sind. Zum Schutze gegen Verseuchung des Körbchens ist der Präparatraum durch eine dünne Glimmerfolie abgeschlossen, die durch den mit einem Gummiblättchen verschlossenen Kanal *K* gegen Druckschwankungen entlastet wird. Der Blendenkanal *B* ist innen mit einer dünnen Paraffinschichte überzogen, um H-Teilchen aus dem Messing des Kanales auszuschließen. Aluminiumfolien, deren Absorption durch Gewichtsbestimmung wie auch durch Aichung festgestellt wurde, wurden in Form zylindrischer Röhrrchen in den Innenraum des Körbchens so

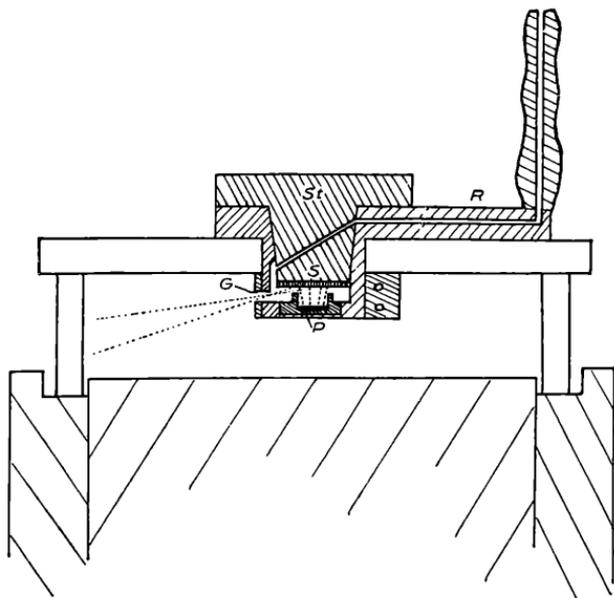


Fig. 3.

eingeschoben, daß sie die Fenster abdeckten. Bei dieser Anordnung hatte die Primärstrahlung einen gewissen Weg in Luft zurückzulegen, von dem  $2\text{ mm}$  für eine eventuelle Sekundärstrahlung aus den Atomen der in der Luft enthaltenen Elemente und dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft in der Kammer in Betracht kamen.

Dieser Übelstand machte es nötig, eine Anordnung zu konstruieren, bei der jede andere Herkunft der H-Bahnsuren als die aus der zu bestrahlenden Substanz ausgeschlossen war.

Anordnung III war nun so konstruiert, daß das Körbchen durch dünne Glimmerfenster von der umgebenden Nebelkammer abgeschlossen war. Die Strahlungsquelle *P* (Fig. 3) ist eingekapselt in den Boden des Körbchens eingeschraubt. Oberhalb des Präparates an dem als Hahn verwendbaren Stopfen *St* ist die zu zertrümmernde Substanz *S* angebracht. Durch den Stopfen, dessen Durchbohrung, beziehungsweise Rille mit je einem Röhrrchen kor-

respondiert, kann das Körbchen leicht mit irgendeinem Gas, Helium, gefüllt werden. Die geometrischen Verhältnisse zwischen Fenster, Präparat, Substanz sind so gewählt, daß H-Teilchen, die durch das Glimmerfenster austreten, mit der sie erzeugenden  $\alpha$ -Partikel keine kleineren Winkel als  $90^\circ$  zwischen den Richtungen ihrer Flugbahnen haben können. Die im Helium gestreuten  $\alpha$ -Partikeln können vermöge ihrer zu geringen Reichweite das Glimmerfenster nicht durchdringen.

Das bei dieser Anordnung verwendete Helium wurde in einem langsamen Strome durch in flüssiger Luft gekühlte Kokosnußkohle geleitet. Das so gereinigte Helium wurde über glühendem Kupferoxyd vom Wasserstoff befreit und über  $P_2O_5$  getrocknet in das Körbchen eingeleitet. Dichtebestimmungen in den verschiedenen Stadien des Durchleitungsverfahrens ergaben eine maximale Verunreinigung von  $1.5\%$  Luft.

## Zur Durchführung der Versuche.

Um eine Berechnung der Ausbeute zu ermöglichen, war es nötig, jede einzelne Anordnung zu sichten. Zu diesem Zwecke wurde bei Abwesenheit der Strahlungsquellen ein schwaches Poloniumpräparat (0.007 elektrostatische Einheiten), dessen Stärke genau bestimmt war, an Stelle der Substanzscheibe eingeführt. Die aus diesem Präparate erhaltenen  $\alpha$ -Bahnen wurden gezählt und die so erhaltene Zahl durch die auf Grund der geometrischen Verhältnisse und der Präparatstärke theoretisch zu erwartenden Zahl dividiert. Der Quotient, bei verschiedenen Tourenzahlen ermittelt, ergab eine Eichkurve für die Abhängigkeit der Ausbeute von der diskontinuierlichen Beobachtungsart. Die bei den einzelnen Versuchen erhaltenen Werte wurden dann mittels dieser experimentell ermittelten Eichkurve auf eine mittlere Tourenzahl umgerechnet.

Bei Anordnung II war es nötig, jenen Effekt zu bestimmen, der dem von der Primärstrahlung durchstrahlten Luftweg entsprach. Mit einer modifizierten Anordnung, bei der der Luftweg vergrößert war, wurden zwei Versuchsserien durchgeführt; eine Versuchsreihe, bei der die ganze Kammer mit Wasserstoff gefüllt war, und eine Versuchsreihe mit Luft. Diese Versuche ergaben die den einzelnen Werten anzufügende Korrektur für den Lufteffekt.

Um eine eventuell auftretende Verseuchung prüfen zu können, war es bei jeder der drei Anordnungen möglich, das  $\alpha$ -Präparat abzudecken. Da eine einmal auftretende Verseuchung durch Polonium sehr schwer wegzubringen ist, wurde in Fällen, wo die Verseuchung einen Wert erreichte, der Unsicherheit bedingte, eine neue Anordnung gebaut.

Da bei den verwendeten Poloniumpräparaten eine gewisse Unsicherheit<sup>1</sup> in der Zahl und der Reichweite der  $\alpha$ -Teilchen bestand,

<sup>1</sup> Siehe E. A. W. Schmidt, Zeitschr. f. Physik, Bd. 42, H. 9/10, 1927, p. 737.

ist diese Unsicherheit auch in den angegebenen Werten enthalten. Diese Werte der Ausbeute sind daher nur approximativ und nicht als Absolutwerte anzusehen.

## Versuchsergebnisse.

Die mit Anordnung I durchgeführten Versuche betrafen Atomtrümmer aus Aluminium nach vorwärts. Als zu zertrümmernde Substanz wurde eine auf Lochfreiheit geprüfte Aluminiumfolie von

Tabelle I.

Anordnung I. Präparat Po, 9250 elektrostatische Einheiten, darunter 4·8 *cm* Al.

Dauer der Beobachtungsperiode in Sekunden	Zahl der beobachteten H-Bahnen	Beobachter	Pro Minute	Anmerkung
40	68	A	102	} Sekundärabsorption 16 <i>cm</i> Luftäquivalent
40	69	B	103	
40	68	B	102	
38	65	C	102	
50	70	B	84	
35	50	A	86	
39	45	A	69	} Sekundärabsorption 19 <i>cm</i> Luftäquivalent
40	56	B	84	
40	58	A	87	
40	56	B	84	
40	58	A	87	

4·8 *cm* Luftäquivalent verwendet. Um die bei den einzelnen Beobachtungen erhaltenen Werte überprüfen zu können, wurden gelegentlich verschiedene Sektoren der Kammer abgeblendet und die so erhaltenen Werte miteinander verglichen. In den Tabellen I und II sind Protokolle wiedergegeben als Beispiele für die durchwegs befriedigende Übereinstimmung zwischen den einzelnen Beob-

achtern. Im ersten Teile der Tabelle II ist das Protokoll eines Kontrollversuches mit einem Paraffindünnschnitt von  $5 \cdot 4 \text{ cm}$  äquivalent als bestrahlter Substanz enthalten. Dieser Kontrollversuch bewies, daß natürliche H-Bahnen tatsächlich nicht vorkamen. Die wenigen beobachteten Bahnen dürften H-Teilchen aus der Luft unterlage oder dem im Paraffin enthaltenen Kohlenstoff zuschreiben sein. Der zweite Teil dieser Tabelle zeigt das

Tabelle II.

Anordnung I. Präparat Po, 9200 elektrostatische Einheiten, darunter  $5 \cdot 4 \text{ cm}$

Dauer der Beobachtungsperiode in Sekunden	Zahl der beobachteten H-Bahnen	Beobachter	Pro Minute
60	2	A	2
60	3	B	3
60	1	B	1
60	4	A	4
Zwischen Präparat und Paraffin $2 \cdot 4 \text{ cm Al}$			
55	14	A	15
70	14	B	12
62	10	A	10
60	12	B	12
60	12	B	12

Wiederauftreten der H-Bahnen, wenn zwischen Paraffin und Präparat eine Aluminiumfolie von  $2 \cdot 4 \text{ cm}$  Luftäquivalent eingeschoben wurde.

Eine Übersicht über die Resultate der Versuchsserie dieser Anordnung enthält Tabelle III.

In der ersten Kolonne der Tabelle sind die einzelnen Beobachtungsstufen angegeben. Die zweite Kolonne enthält die Beobachtungszeit in Sekunden, Kolonne III die Zahl der während dieser Zeit beobachteten H-Bahnen. Kolonne IV gibt die auf eine Million einfallender  $\alpha$ -Teilchen bezogene Zahl der H-Bahnen an.

4 zeigt, ist die Abnahme der H-Teilchen bei steigender Absorption eine sehr regelmäßige, und zeigt die Kurve einen ähnlichen Verlauf wie eine von E. A. W. Schmidt<sup>1</sup> nach der Szintillationsmethode aufgenommene Absorptionskurve.

Tabelle III.

(Anordnung I.)

Absorption in Zentimeter äquivalent	Beobachtungszeit in Sekunden	Zahl der beobachteten H-Bahnen	Pro 10 <sup>6</sup> $\alpha$ -Teilchen
16	234	323	1.3
19	478	632	1.0
21	220	136	0.8
24	265	204	0.6
28	268	121	0.5
	300	34	0.025
62	430	26	0.016

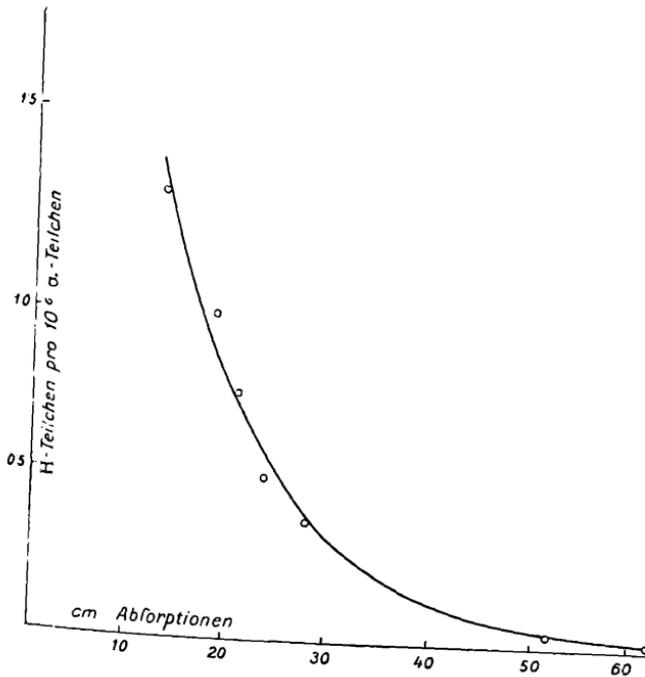


Fig. 4.

<sup>1</sup>E. A. W. Schmidt, Akad. d. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Abt. IIa, 1925.

Die mit Anordnung II ausgeführten Messungen sind in Tabelle IV übersichtlich zusammengestellt. Mit dieser Anordnung wurden parallel Versuche mit zwei verschiedenen starken Präparaten ausgeführt. In der ersten Kolonne sind die im Strahlungsweg der Sekundärstrahlung eingeschalteten Absorptionen angegeben, die stets so gewählt waren, daß gestreute  $\alpha$ -Teilchen in die Kammer

Tabelle IV.  
(Anordnung II.)

Element	Ab- sorption in Zenti- meter Luft- äqui- valent	Präparat 600 elektrostatische Einheiten			Präparat 4000 elektrostatische Einheiten		
		Beob- achtungs- zeit in Sekunden	Zahl der beob- achteten H-Bahnen	Pro 10 <sup>6</sup> $\alpha$ - Teilchen	Beob- achtungs- zeit in Sekunden	Zahl der beob- achteten H-Bahnen	Pro 10 <sup>6</sup> $\alpha$ - Teilchen
Al	2·4	1728	815	31·8	490	1194	27·3
Fe	4·1	992	330	22·5	—	—	—
Be	1·8	2623	669	17·2	—	—	—
O	1·8	924	217	15	1296	1875	15
C (Diamant)	2·0	2278	415	11·7	653	1124	17
C (amorph. Kohlenst.)	2·0	1803	421	15·7	—	—	—

nicht mehr eintreten konnten. Die zweite (fünfte) und dritte (sechste) Kolonne enthalten die Beobachtungsperioden, summiert in Sekunden, beziehungsweise die Zahl der in der Gesamtzeit gezählten H-Bahnen. Die vierte (siebente) Kolonne enthält wieder die Zahl der H-Bahnen, bezogen auf eine Million auftreffender  $\alpha$ -Teilchen wie in Tabelle III bei Berücksichtigung aller die Ausbeute beeinflussenden Faktoren.

Zu den Aluminiumversuchen wurde ein Scheibchen von 10 mm Durchmesser und 0·5 mm Dicke aus im Vakuum geschmolzenem Aluminium verwendet. Die Zahl der H-Teilchen, zirka 30 pro 10<sup>6</sup>  $\alpha$ -Partikeln, legt den Schluß nahe, daß infolge der sehr schrägen Austrittsverhältnisse der Sekundärstrahlung nur der erste Wegzentimeter der auftreffenden  $\alpha$ -Bahn unter diesen Verhältnissen wirksam sein dürfte.

Das Eisen war reines Eisen schwedischer Herkunft von 20  $\mu$  Dicke, das Beryllium ein Scheibchen aus metallischem Beryllium. Bei den Versuchen mit Eisen ist zu berücksichtigen, daß die Sekundärabsorption mit Rücksicht auf die größere Restreichweite der gestreuten  $\alpha$ -Teilchen höher ist als bei den anderen Elementen.

Die Sauerstoffversuche wurden mit Wasser in Form 1 $\frac{1}{10}$ igen Agargels durchgeführt.

Für die Versuche mit Kohlenstoff wurden zwei verschiedene Modifikationen dieses Elementes in reiner Form verwendet. Eine Versuchsreihe wurde mit einem Mosaik aus weißen Diamanten auf Paraffinhintergrund durchgeführt, eine zweite mit amorphem Kohlenstoff, der laut Analyse 99·9 $\frac{0}{10}$  C enthielt. Der in den beiden Versuchsreihen auftretende Unterschied dürfte reell sein und seine Erklärung darin finden, daß es nicht möglich war, die Zwischenräume des Mosaiks mit Diamantsplittern voll auszufüllen und so eine gleichmäßige Oberfläche herzustellen.

Aus obigen Versuchsergebnissen ergibt sich für Kohlenstoff zu Aluminium ein Verhältnis wie 1 2.

Tabelle V.  
(Anordnung III.)

Absorption in Zentimeter Luftäquivalent	Präparatst. elektrostatische Einheiten	Substanz	Beobachtungsperioden in Sekunden	Zahl der H-Bahnen	Pro 10 <sup>6</sup> $\alpha$ -Teilchen
1·4	650	C	1428	178	16
1·4	600	C	834	158	19
1·4	520	C	425	62	17
1·4	520	C	1076	160	17
1·7	520	Al	1142	300	30

Die mit den verschiedenen Präparaten durchgeführten Versuche zeigen eine weitgehende Übereinstimmung.

Die Versuche mit Kohlenstoff wurden ihrer Wichtigkeit wegen mit Anordnung III unter Bedingungen wiederholt, die jede andere Herkunft der H-Teilchen als aus dem Kohlenstoff ausschließen. In Tabelle V sind vier Versuchsserien mit ihren Ergebnissen dargestellt. Als Substanz wurde ebenfalls amorpher Kohlenstoff von 40  $\mu$  Dicke verwendet. Ein als Verseuchungsschutz dienendes Glimmerblättchen setzte die Reichweite der aus dem 650 bis 520 elektrostatische Einheiten starken Poloniumpräparaten stammenden  $\alpha$ -Teilchen auf 3·3 cm herab. Um gestreute  $\alpha$ -Partikeln auszuschließen, hatten die Glimmerfenster eine Dicke, die einer Absorption von 1·4 cm Luftäquivalent entsprach. Die relativ wenig schwankenden Ausbeutezahlen geben ein Verhältnis von 17:30 zwischen Kohlenstoff und Aluminium.

Versuchen, bei denen die Reichweite der primären  $\alpha$ -Teilchen bis auf 2·2 cm Restreichweite beim Auftreffen auf die Substanz

herabgesetzt wurde, entstammen die beigegefügte photographischen Aufnahmen.

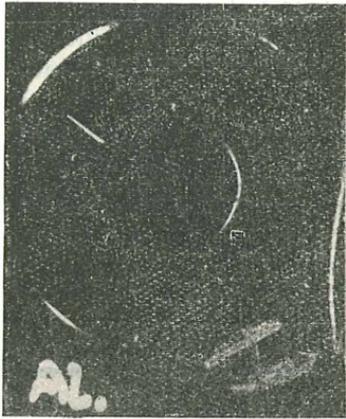


Fig. 5.

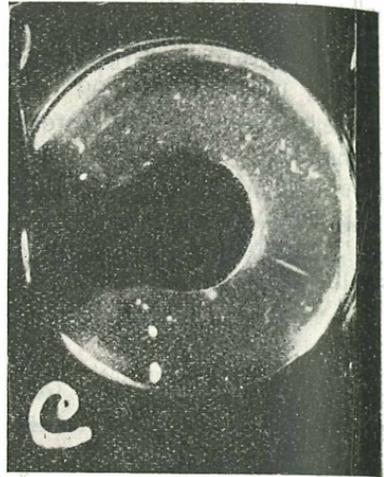


Fig. 6.

Fig. 5 zeigt eine H-Bahn aus Aluminium.

Fig. 6 eine aus Diamant.

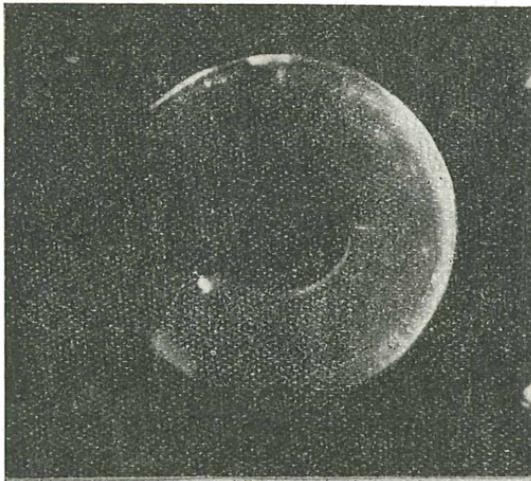


Fig. 7.

Fig. 7 aus amorphem Kohlenstoff.

Fig. 8 zeigt eine Aufnahme von natürlichen H-Bahnen, wie sie mit einer für Demonstrationszwecke geschaffenen Anordnung erhalten wurde.

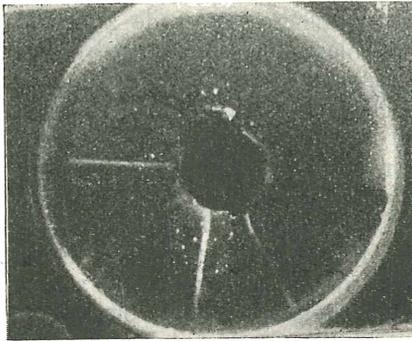


Fig. 8.

Eine Glaskapillare von 18 bis 25  $\mu$  Wandstärke wurde mit einem Paraffindünnschnitt von 36  $\mu$  beschickt. In diese Kapillare ist die mit 100 elektrostatischen Einheiten Polonium aktivierte Spitze eines Palladiumdrahtes von 2 mm Länge eingeschmolzen. Die Absorption in der Kapillarenwand (4 bis 5 cm Luftäquivalent) ist groß genug, um  $\alpha$ -Partikeln des Präparates den Eintritt in die Kammer zu verwehren. Diese Kapillare ist zentral so angebracht, daß zirka 40% der sekundären Strahlung ausgenützt werden. In Verbindung mit der Projektionsanordnung ist diese Anordnung für Demonstrationszwecke besonders geeignet.

---

## Zusammenfassung.

In den oben beschriebenen Untersuchungen wurde eine neue Modifikation der Wilson-Nebelstrahlmethode beschrieben. Die hohe geometrische Ausbeute und die Mechanisierung des Expansionsvorganges machen es möglich, mit den beschriebenen Anordnungen von primärer und sekundärer Strahlungsquelle Atomtrümmern in größerer Zahl sichtbar zu machen. Die günstigen Beobachtungsbedingungen ermöglichen infolge geringer Ermüdung bei visueller Beobachtung längere Zählperioden und machen sie so zur Erfassung seltener Teilchen besonders geeignet. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß sie gegenüber der Szintillationsmethode keine speziellen Anforderungen an die Augen der Zähler stellt. Mit der Möglichkeit der photographischen Feststellung der H-Bahnen und

den vorerwähnten Vorzügen ist sie eine Methode, die der Szintillationsmethode gleichwertig zur Seite gestellt werden kann, ins-  
lange es sich um die qualitative Feststellung von Atomtrümmern  
handelt. Für quantitative Untersuchungen wird es noch weitere  
Ausgestaltung bedürfen.

Die nach der Szintillationsmethode zuerst nachgewiesene Zer-  
trümmerung von Kohlenstoff nach Pettersson und Sauerstoff  
nach Kirsch, der Elemente der Type  $4n$  mit den kleinsten Atom-  
gewichten, ist durch diese Methode vollkommen bestätigt worden.  
Das Verhältnis der Ausbeutewerte 1:2 zwischen Kohlenstoff und  
Aluminium erscheint mit dem nach anderen Methoden gefundenen  
in guter Übereinstimmung.

Die von E. A. W. Schmidt gefundene Tatsache, daß auch  
 $\alpha$ -Teilchen kürzerer Restreichweite, Polonium ( $3.9\text{ cm}$  in Luft) bei  
Aluminium zertrümmernd wirken, wurde mit abgebremsten  $\alpha$ -Teilchen  
von einer maximalen Restreichweite von  $2.2\text{ cm}$  in Luft bestätigt  
und auf die Elemente Be, C, O und Fe ausgedehnt.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1927

Band/Volume: [136\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Holoubek Rudolf

Artikel/Article: [Mitteilungen des Institutes für Radiumforschung Nr. 202. Der Nachweis von Atomtrümmern nach der Wilson-Methode. 321-336](#)