Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung
Nr. 163

Über die maximale Reichweite der von Radium C ausgeschleuderten Partikeln

Von
Dagmar Pettersson

(Mit 2 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. April 1924)

Die Frage, ob von einer radioaktiven Substanz Partikeln von mehr als einer bestimmten Reichweite ausgeschleudert werden, ist mehrmals diskutiert worden. So behaupteten Marsden und Perkins 1914,[1] außer den gewöhnlichen α-Partikeln von Actinium C ($R = 5 \cdot 40\ cm$) auch eine allerdings sehr geringe Zahl von Partikeln größerer Reichweite ($R = 6\ 4\ cm$) beobachtet zu haben. Rutherford und Wood berichteten 1916[2] über ähnliche Partikeln aus Thorium C ($R = 11\ 3\ cm$). Anderseits haben Hess und Lawson bei ihrer Bestimmung der Zahl der von Radium C ausgeschleuderten gewöhnlichen α-Partikeln ($R = 6 \cdot 97\ cm$) festgestellt, daß die Zahl solcher Partikeln von größerer Reichweite, wenn sie überhaupt vorkommen, jedenfalls nicht mehr als 1 pro 50.000 von den normalen α-Partikeln betragen könne.

1919 hat Rutherford bei seinen Untersuchungen über den Zusammenstoß zwischen schnellen α-Partikeln und Atomkernen der leichteren Elemente, sowohl aus reinem Sauerstoff und Stickstoff, als aus Kohlensäure, eine kleine Zahl von Partikeln von der Reichweite etwa $9\ cm$ gefunden. Seine erste Deutung[4] von diesen Partikeln war, daß sie einfach geladene Sauerstoff-, beziehungsweise Stickstoffatome sind, welche von einer α-Partikel durch einen Kerntreffer in Bewegung gesetzt werden. Durch besondere Kontrollversuche wurde es wahrscheinlich gemacht, daß sie nicht aus der Strahlungsquelle selbst, d. h. aus Ra C herstammen. Später hat Rutherford diese Erklärung aufgegeben und angenommen, daß diese Partikeln als Trümmer aus den getroffenen Atomkernen aufzufassen sind und für dieselben mittels magnetischer Ablenkungsversuche die Ladung $+ 2e$ und die Masse 3 gefunden, d. h. sie

[1] E. Marsden and P. B. Perkins, Phil. Mag. *27*, p. 690, 1914.

[2] E. Rutherford and A. B. Wood, Phil. Mag. *31*, p. 379, 1916; siehe auch A. B. Wood, Phil. Mag. *41*, p. 575, 1921.

[3] V. F. Hess und R. W. Lawson, Mitt. Ra-Inst. Nr. 108, diese Ber. *127*, 599, 1918.

[4] E. Rutherford, Phil. Mag. *37*, p. 576, 1919.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

als X_3-Partikeln erklärt.[1] Zuletzt hat er auch diese Deutung verlassen, indem er 1922 die Überzeugung ausspricht, daß die betreffenden Partikeln als doch gewöhnliche α-Partikeln von anormal großer Reichweite, aus Ra C selbst herstammend, anzusehen wären.[2] Letztere Deutung ist dann von seinen beiden Mitarbeitern L. F. Bates und J. Stanley Rogers zum Gegenstand einer eingehenden Prüfung gemacht worden, über deren Resultate sie einen vorläufigen Bericht in einem Brief an die »Nature«, 22. September 1923, abgegeben haben.

Nach den in diesem Brief enthaltenen Angaben sollen aus Ra C nicht weniger als drei verschiedene Gruppen von α-Partikeln anormal großer Reichweite stammen, deren Zahl auf 10^7 der normalen α-Partikeln bezogen, zusammen mit ihrer Reichweite in der folgenden kleinen Tabelle wiedergegeben ist:

Reichweite	9·3	11·2	13·3 *cm*
$n\,Q.10^7$	380	125	64

Außer diesen Partikeln, welche wegen der Helligkeit der beobachteten Szintillationen für α-Partikeln gehalten wurden, fanden die Verfasser auch eine beträchtliche Zahl von Partikeln, $n/Q\ 10^7 = 160$, noch größerer Reichweite, $R > 13\ cm$, welche, den Szintillationen nach, als H-Partikeln aufzufassen wären. Von Thorium C wurden auch drei ähnliche Gruppen von α-Partikeln gefunden, deren Zahl und Reichweite angegeben werden. Schließlich wird auch über eine Gruppe Partikeln von supranormaler Reichweite aus Actinium C berichtet. Betreffs der von Ra C gefundenen Partikeln sprechen die Verfasser die Vermutung aus, daß sie identisch sein können mit den von G. Kirsch und H. Pettersson gefundenen Partikeln ähnlicher Reichweite aus mit Ra C-α-Partikeln bestrahltem Lithium, Silicium und Magnesium, die von ihren Entdeckern als H-Partikeln aufgefaßt wurden, die aus den betreffenden Kernen durch Zertrümmerung ausgesprengt werden.[3]

In einer später veröffentlichten Abhandlung werden die Versuchsbedingungen näher beschrieben und einige der Messungsresultate angegeben.[4] Die α-Partikeln werden als direkt aus Ra C stammend gedeutet und die ihrer Initialgeschwindigkeit entsprechenden Energieniveaus im Atomkern berechnet.

Schließlich haben dieselben Verfasser in einem zweiten Brief an die »Nature« mitgeteilt, daß sie auch aus Polonium drei verschiedene Gruppen α-Partikeln von supranormaler Reichweite ge-

---

[1] E. Rutherford, Bakerian Lecture, Proc. Roy Soc. *97*, p. 388—392, 1920. E. Rutherford, Journ. de Physique et le Radium. Sér. VI 3, p. 146, 1922.

[2] G. Kirsch und H. Pettersson, Mitt. Ra-Inst. Nr. 160, diese Ber. *132*, 1924; auch Brief an die Nature 15. Sept. 1923, Phil. Mag. (6). *47*, 500, 1924.

[3] L. F. Bates and J. S. Rogers, Proc. Roy Soc. *105*, p. 97, 1923.

funden haben.[1] Nach einer nicht näher beschriebenen, von Rutherford ersonnenen Methode soll es erwiesen sein, daß die erwähnten drei Gruppen von Partikeln aus RaC tatsächlich α-Partikeln sind.

Nach einem bisher als allgemein gültig betrachteten Erfahrungssatz ist die Reichweite der von einer α-strahlenden radioaktiven Substanz ausgeschleuderten Partikeln eine Konstante von ebenso fundamentalem Charakter wie die Zerfallsgeschwindigkeit, mit welcher die Reichweite ja durch die berühmte Geiger-Nuttall'sche Gleichung verbunden ist. Das Vorhandensein der von Bates und Rogers beschriebenen Partikeln würde, wenn dieselben tatsächlich aus den RaC-Atomen selbst herstammen, entweder die allgemeine Gültigkeit der erwähnten Gleichung aufheben oder zu der Annahme sehr verwickelter Verzweigungsverhältnisse in der Zerfallskette zwingen. Wenn auch die *H*-Partikeln aus den RaC-Atomen kämen, wäre damit eine ganz neue Zerfallsmöglichkeit der radioaktiven Elemente nachgewiesen, deren Konsequenzen für die ganze Lehre der Radioaktivität schwer zu übersehen wären. Abgesehen davon würde das Vorkommen ähnlicher primärer *H*-Partikeln zu einer Revision von mehreren sehr wichtigen, in dem Cavendish-Laboratorium ausgeführten Untersuchungen zwingen. So wären z. B. etwa die Hälfte von den schnellen »natürlichen« *H*-Partikeln, welche aus reinem Wasserstoff oder Wasserstoffverbindungen durch Stoßwirkung von α-Partikeln beobachtet worden sind, primärer Natur, d. h. aus der Strahlungsquelle selbst herstammend. Die auf diese Messungsresultate begründeten Berechnungen von der Gestalt und Größe der α-Partikeln wären demnach kaum aufrechtzuhalten. In ihrer ausführlichen Abhandlung in Proc. Roy. Soc. drücken sich die Verfasser mehr reserviert über die Herkunft der *H*-Partikeln aus. Es wird angegeben, daß dieselben teilweise aus dem bestrahlten Glimmer, beziehungsweise der Luftschicht stammen können.

In Anbetracht der Bedeutung sowohl der α-Partikeln supranormaler Reichweite, als noch mehr der *H*-Partikeln für die im Wiener Radium-Institut im Gange befindlichen Forschungen über Atomzertrümmerung, habe ich die im folgenden zu beschreibenden Versuche ausgeführt, um Näheres über die Herkunft der von Bates und Rogers gefundenen Partikeln aus RaC und ihre Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen zu erfahren.

Bei Betrachtung der von Bates und Rogers wiedergegebenen Absorptionskurven ist es auffallend, daß binnen jeder von den drei beobachteten Gruppen die Reichweite der Partikeln nicht konstant ist, sondern von einem Minimalwert bei maximaler Partikelzahl zu einem Maximalwert, gleich der angegebenen »Reichweite«, bei minimaler Partikelzahl variiert. Ähnliches ist früher nicht bekannt

[1] L. F. Bates und J. S. Rogers, Brief an die Nature 27 Dez. 1923.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

für kernechte α-Partikeln, ist aber charakteristisch für sekundäre, durch Stoß in Bewegung gesetzte Partikeln, sowohl die durch Kernstoß in Translationsbewegung gebrachten natürlichen *H*-Partikeln, als die durch Atomzertrümmerung ausgesprengten Kernfragmente. Weiter fällt es auch auf, daß bei mehreren von den Versuchen über die Partikeln von Ra C die normalen α-Partikeln zuerst durch einige Zentimeter Luft oder Kohlensäure bei Atmosphärendruck, dann in Glimmer gebremst wurden. Da nun bekanntlich aus Glimmer sekundäre Partikeln, sicher *H*-Partikeln, möglicherweise auch α-Partikeln ausgesprengt werden können, und da die oben mitgeteilten Rutherford'schen Versuche ein ähnliches Aussprengen von α-Partikeln auch aus Sauerstoff nicht ausschließen, schien es mir naheliegend, den Einfluß der absorbierenden Substanz näher zu untersuchen.

Herstellung der Präparate.

Die bei dieser Untersuchung benutzten Präparate von Radium B + C wurden nach der Kondensationsmethode dargestellt.[1] Diese Methode gibt auch bei mäßiger Menge der vorrätigen Emanation eine relativ sehr gute Ausbeute, die Anfangsaktivität entsprach im allgemeinen Mengen von 10 bis 25 Millicuries Ra C (Maximum 80 *mc*, Minimum 4·5 *mc*). Abgesehen davon scheinen derartig hergestellte Präparate den Vorteil zu besitzen, daß sie nach sorgfältiger Entemanierung ein Minimum von Verseuchungsgefahr bieten, wahrscheinlich wegen des doppelten Einhämmerns durch den Rückstoß der gebildeten Atome (Ra A aus Ra Em; Ra B — Ra C aus Ra A) in das aktivierte Metall.

Die Messung der Präparatstärke geschah durch Bestimmung der γ-Aktivität des entemanierten Präparates und wurde gewöhnlich durch nachträgliche Messung der Restaktivität nach beendeten Zählungen kontrolliert. Die Übereinstimmung mit den nach der Abklingungsformel berechneten Werten (siehe Tabelle auf S. 347 im Lehrbuch der Radioaktivität von Meyer und v. Schweidler) war im allgemeinen befriedigend. Die Versuchsdauer betrug nur ausnahmsweise mehr als zwei bis zweieinhalb Stunden. Es war praktisch nicht möglich, die Zahl der normalen α-Partikeln direkt zu bestimmen, wie es Bates und Rogers gemacht haben, und die aus der γ-Aktivität nach dem Abklingungsgesetz berechnete Zahl dieser Partikeln ist deshalb einigermaßen unsicher. Das Hauptergebnis der Untersuchung wird aber von dieser Unsicherheit nicht beeinflußt.

Die Beobachtungsmethode.

Für die Zählung der Szintillationen auf einem Zinksulfidschirm sind die Eigenschaften des Schirmes sowohl als die des benutzten

[1] H. Pettersson, Mitt. Ra-Inst. Nr. 155, diese Ber. *132*, 55, 1923.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Mikroskops von großer Bedeutung. Die Zinksulfidschirme verdanke ich Frau Dr. Elisabeth Kara-Michailova, welche dieselben nach sorgfältiger Prüfung verschiedener Szintillationssubstanzen und Darstellungsmethoden verfertigte. Da es bei dieser Untersuchung vor allem beabsichtigt war, die von *H*- und α-Partikeln hervorgebrachten Szintillationen zu unterscheiden, wurden die Schirme nur mit einer sehr dünnen Schicht von Zinksulfid überzogen, um dem Anhäufen mehrerer Körner aufeinander mit entsprechender Unschärfe der Szintillationen zu entgehen. Dabei konnte nicht vermieden werden, daß die Deckung relativ unvollständig war, so daß die mittels Poloniumpräparaten bekannter Stärke bestimmten Schirmkoeffizienten nur etwa 40% betrugen. Für diese Nutzkoeffizienten sind die unten angegebenen Messungsresultate korrigiert.

Für die Zählungen der Szintillationen diente ein Mikroskop besonderer Konstruktion, welches von der Firma Negretti und Zambra in London geliefert worden war. Das Objektiv, ein Watson Holoscopic von 12 *mm* Brennweite, ist mit einer konischen Verlängerung der Frontlinse versehen, auf deren vorderen Fläche der Szintillationsschirm mittels Zedernöl oder Canadabalsam direkt angekittet werden kann. Die numerische Apertur des Objektivs beträgt ungefähr 0·70. Vermittels eines versilberten Spiegels wird der Strahlengang rechtwinkelig abgelenkt und das Okular, Watson Holoskopic Nr. 5, gibt unausgezogen ein Gesichtsfeld von 12·5 mm^2, bei größtem Auszug 8·0 mm^2 Dank der »Glasimmersion« und der großen Apertur des Objektives ist dieses Mikroskop dem früher von Kirsch und Pettersson benutzten, nach Angaben von Rutherford und Chadwick gemachten Mikroskop bedeutend überlegen. Die Szintillationen von *H*-Partikeln sehen bei dem neuen Mikroskop etwa ebenso lichtstark aus, wie Szintillationen von α-Partikeln im alten Mikroskop betrachtet. Dabei wirkt die Wölbung des Gesichtsfeldes, obschon wohl bemerkbar, wenig störend bei sorgfältiger Einjustierung des Okulares. Um auch bei sehr dunklem Gesichtsfeld die Zentrierung des Auges ohne Ermüdung beibehalten zu können, ist eine kleine Menge von Szintillationssubstanz um die Öffnung in der Okularblende angebracht, so daß nach kurzer Vorbeleuchtung derselben das Gesichtsfeld von einem leuchtenden Ring umgeben erscheint.

Dank der hervorragenden Eigenschaften dieses Mikroskopes waren die Szintillationszählungen viel weniger ermüdend als bei den früheren Zählungen. Jedenfalls wurden sie nur ausnahmsweise länger als eine Minute von demselben Beobachter fortgesetzt, drei bis vier Beobachter zählten immer abwechselnd mit im allgemeinen sehr befriedigender Übereinstimmung der verschiedenen Zählungen untereinander. Die von natürlicher Verseuchung oder Triboluminiszenz der Schirme herrührenden Scintillationen ohne Präparat wurden bei den Messungen besonders bestimmt und sind von den beobachteten α-Szintillationen abgerechnet worden. Diese Korrektion war immer

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

unbedeutend und betrug nur ausnahmsweise mehr als höchstens eine Szintillation pro jede zweite oder dritte Minute.

Der Unterschied an Lichtstärke zwischen *H*- und α-Szintillationen ist mit dem neuen Mikroskop noch mehr auffallend als mit dem alten. Mit einiger Übung gelingt es unschwer, die beiden Arten von Szintillationen separat zu zählen, nur bei α-Partikeln unmittelbar vor dem Ende ihrer Reichweite ist die Unterscheidung zuweilen schwierig. Im allgemeinen erkennt man aber auch dann die α-Partikeln an der größeren Ausdehnung des Lichtfleckes, welcher der Szintillation entspricht, während die *H*-Partikeln nahezu punktförmige Szintillationen erzeugen. Obschon eine gewisse Unsicherheit in der Trennung der beiden Szintillationsarten unvermeidlich ist, spricht doch die gute Übereinstimmung zwischen den Zahlenangaben verschiedener Zähler dafür, daß die Zahl der möglicherweise für *H*-Partikeln verkannten α-Partikeln relativ unbedeutend war. Direkte Vergleiche zwischen den Helligkeiten der beiden Arten von Szintillationen, welche im Wiener Radium-Institut ausgeführt worden sind, sprechen auch für die Zuverlässigkeit dieser Trennungsmethode.[1]

Versuchsanordnung und Messungsresultate.

Einige Vorversuche wurden mit Apparaten von dem in Fig. 1 schematisch wiedergegebenen Typus ausgeführt. *A* ist ein ⊤-Rohr aus Glas, in dessen horizontal gestellten Zweig das Radium C-Präparat von einem Präparatträger *T* in beliebigen Abstand vor dem Scintillationsschirm *Z* gehalten werden kann. Unmittelbar vor dem Präparat *P* befindet sich eine Folie *F* aus 22karat. Gold von 5 bis 6 *cm* Luftäquivalent. Hinter der Goldfolie kann eine stufenweise veränderliche Absorption aus Glimmerblättern verschiedener Dicke in den Strahlengang eingeschaltet werden. Zu diesem Zweck sind zwei Rahmen M_1 und M_2 aus dünnem Messing mit je fünf Fenstern in einem doppelten Geleise in den vertikal gestellten beiden Armen des ⊤-Rohres angebracht. Durch Drehung von zwei eingeschliffenen Glasstöpseln G_1 und G_2 kann jeder der beiden Rahmen hinauf oder hinabbewegt werden, so daß die Gesamtabsorption hinter der Goldfolie stufenweise von Null auf 16 *cm* Luftäquivalent erhöht werden kann. Durch das Zuleitungsrohr *H* kann die Art sowohl als der Druck der Gasfüllung im Rohr beliebig verändert werden. Ein senkrecht zum Strahlengang angebrachtes kräftiges Magnetfeld dient zur Ablenkung der β-Strahlen aus dem Präparat.

Tabelle I gibt die Resultate einer typischen Versuchsreihe mit diesem Apparat wieder. Der Apparat war dabei mit trockenem Sauerstoff von Atmosphärendruck gefüllt, der Abstand des Präparates

---

[1] E. Kara-Michailova und H. Pettersson, Mitt. Ra-Inst. Nr. 164, diese Ber. 1924.

von dem Zinksulfidschirm betrug 3·0 *cm*, Abstand von der Goldfolie 0·3 *cm*. Die Aktivität des Präparates (auf Goldblatt von 0·3 *cm* Luftäquivalent) betrug bei der ersten Zählung 10·7 Millicuries. Die erste Kolumne der Tabelle I gibt die absorbierenden Substanzen an, der Reihenfolge nach von Präparat zum Zn S-Schirm mit ihren Luftäquivalenten. Die zweite Kolumne gibt die Gesamtabsorption

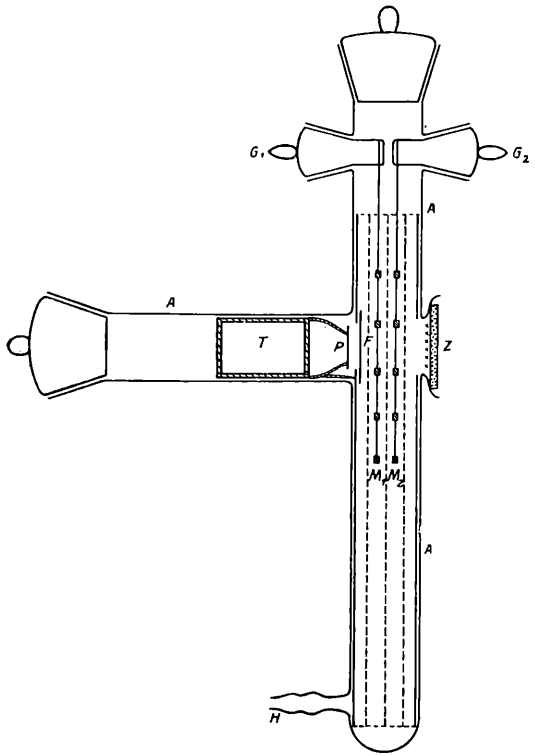

Fig. 1.

Tabelle I.

Absorbierende Substanzen	Gesamtabsorption	*H*-Partikeln $nQ.10^7$ beob.	*H*-Partikeln $nQ.10^7$ B & R	α-Partikeln $n'Q.10^7$ beob.	α-Partikeln $n'Q.10^7$ B & R
Sauerstoff . . . 0·3 *cm*	13·7	1	160	2·5	20
Gold . . 6·4	12·6	3·0	160	3·7	
Glimmer	11·6		160	23·7	119
Sauerstoff . . 3·0	10·6	6·0	160	101	
	9·7	8·7	160	142	zirka 200

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

in Zentimeter Luft, die variable Glimmerabsorption mitberechnet, die dritte den Wert von $n/Q \cdot 10^7$ für die beobachteten H-Partikeln, d. h. ihr Verhältnis zu der Zahl der normalen α-Partikeln aus dem Ra C-Präparat an. Die vierte Kolumne gibt die entsprechenden, nach Bates und Rogers Angaben zu erwartenden Zahlen, währenddem die fünfte und sechste Kolumne die Werte für die beobachteten und die zu erwartenden Verhältniszahlen für die α-Partikeln ergeben.

Man sieht aus der Tabelle, daß die Zahlen der bei dieser Versuchsanordnung beobachteten H-Partikeln von mehr als $13 \cdot 7$ *cm* Reichweite weniger als ein Prozent von den nach Bates und Rogers Versuchen zu erwartenden Partikeln entsprechen. Für die α-Partikeln sind die Zahlen bedeutend höher bei den kleineren Absorptionen. Es zeigte sich aber bei näherer Untersuchung der Goldfolie, daß dieselbe nicht gleichmäßig dick war, sondern schwächere Stellen besaß, wodurch einige von den normalen α-Partikeln relativ weniger gebremst hindurchfliegen konnten und also α-Partikeln von anormal hoher Reichweite vortäuschten. Rutherford hat auch auf die Schwierigkeit hingewiesen, sehr dünne Metallfolien von völlig gleichmäßiger Dicke darzustellen. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, absolut zuverläßliche Folien aus Gold zu erhalten, dagegen sind Folien aus gewalztem Kupfer von sowohl 4 als 7 *cm* Luftäquivalent unschwer zu bekommen, aus welchen Stückchen von relativ befriedigender Homogenität sich ausschneiden lassen. Allerdings hat das Kupfer gegenüber dem Gold den Nachteil, daß es sich weniger vollständig entgasen läßt. Jedenfalls gibt die Kupferfolie auch nach längerem Erhitzen in Hochvakuum, beziehungsweise nach Bestrahlung mit Kathodenstrahlen bis Rotglut, noch eine beschränkte Zahl von Wasserstoffstrahlen ab, deren Ursprung wahrscheinlich in Spuren von okkludiertem Wasserstoff zu suchen ist.[1]

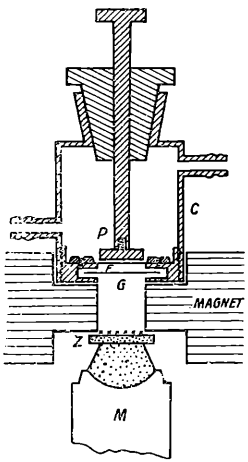

Fig. 2.

Für die Versuche mit Kupferfolien wurde eine bedeutend vereinfachte Anordnung gewählt, aus Fig. 2 ersichtbar. Ein zylindrisches Gefäß C aus Messing von $2 \cdot 3$ *cm* lichter Weite und ungefähr derselben Höhe hat unten ein zentrales Loch von 1 1 *cm* Durchmesser, welches mit der gut entgasten Kupferfolie F verschlossen wird. Unter diese Verschlußfolie kann bei G eine variable Absorption, in verschiebbaren Rahmen befestigte Glimmerblätter, eingeschoben werden unmittelbar oberhalb des Zinksulfidschirmes Z, welcher mit dem oben erwähnten neuen Mikroskop M betrachtet

[1] G. Kirsch und H. Pettersson, Mitt. Ra-Inst. Nr. 160, diese Ber. *132*. p. 306, 1924.

wird. Das Präparat *P*, eine mit Ra C aktivierte Scheibe aus Messing oder aus Gold von 1·0 *cm* Durchmesser, wird von dem vertikal verschiebbaren Präparatträger gehalten, so daß die Scheibe entweder oben im Apparat oder unten nur 0·1 *cm* oberhalb der Verschlußfolie angebracht werden kann. Beliebige Gase können bei Atmosphärendruck durch die in der Figur angedeuteten Ansatzröhren in den Apparat eingeführt werden. Der Apparat ruht auf den besonders gestalteten Polstücken eines Leyboldt-Magneten, so daß die β-Strahlung abgelenkt wird.

Die Tabellen II bis VII enthalten die Resultate von einigen typischen Messungsreihen mit diesem Apparat. Die erste Kolumne gibt die absorbierenden Substanzen (ohne die variable Glimmerabsorption) bei der ganzen Versuchsreihe an und zwar in der Ordnung vom Präparat zum Schirm gerechnet. Die zweite Kolumne gibt die Gesamtabsorption zu jeder Beobachtung. Die beiden folgenden Kolumnen geben die gefundenen Werte von $n/Q\ 10^7$ für *H*- und α-Strahlen an. In Tabelle IV und VI sind auch noch zum Vergleich die nach Bates und Rogers zu erwartenden Zahlen für beide Arten von Partikeln beigefügt. Die angegebenen Absorptionen sind auf einige Millimeter unsicher, erstens wegen ungenügender Kenntnis der Homogenität der Kupferfolien, zweitens da die Absorption von diesen sowohl als von den Glimmerblättern direkt entweder mit Polonium-α-Strahlen oder α-Strahlen aus RaC, beziehungsweise ThC gemessen sind, die gefundenen Werte dann für die größere Absorption gegenüber noch schnelleren Partikeln korrigiert sind. Letztere Korrektion, nach Marsdens und Richardsons Angaben[1] berechnet, ist jedenfalls mit einer Unsicherheit von einigen Millimetern behaftet, welche für den Zweck dieser Untersuchung ohne größere Bedeutung erscheint.

Tabelle II.

Absorbierende Substanzen	Gesamt-Absorption	*H*-Partikeln $n\,Q.10^7$	α-Partikeln $n\,Q.10^7$
Luft . .0·1 *cm*			
Kupfer . . .4·3	17·6	17·2	keine
.4·1	14·7	21	
Glimmer	11·7	20·3	
Luft . 1·5	10·7	25·2	

In den Tabellen II bis IV sind die Resultate wiedergegeben von einigen Versuchsreihen, wo der Apparat mit einer, beziehungsweise zwei aufeinander gelegten Verschlußfolien aus dünnem Kupfer von etwa 12 μ Dicke versehen war. Das Präparat befand sich dabei nur 0·1 *cm* oberhalb der Folien. Bei den in Tabelle II enthaltenen Messungen waren die Verschlußfolien weniger energisch entgast als sonst.

[1] E. Marsden und H. Richardson, Phil. Mag. *25*, p. 184, 1913.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

woraus sich die relativ hohe Zahl von H-Partikeln erklären läßt. Jedenfalls beträgt bei der vorletzten Absorption diese Zahl nur etwa 13% von der nach Bates und Rogers zu erwartenden Zahl (20 anstatt 160 H-Partikeln von $R > 13\ cm$). Die Zahl der α-Partikeln ist bis zu der kleinsten Absorption $10 \cdot 7\ cm$) herab gleich Null, unterhalb dieser Absorption fing die Inhomogenität der Folien an, sich bemerkbar zu machen. Nach Bates und Rogers wären bei dieser Absorption außer den 160 H-Partikeln auch 100 α-Partikeln zu erwarten.

Tabelle III.

Absorbierende Substanzen	Gesamt-Absorption	H-Partikeln $n\,Q.10^7$	α-Partikeln $n\,Q.10^7$
Luft ..0·1 *cm*			
Kupfer .4·1	12·4	1·6	keine
.4·	11	1·8	
Glimmer	10·7	4·9	
Luft . .1·7	10·0	22·3	1

Bei dem in Tabelle III wiedergegebenen Versuch waren die Kupferfolien besser entgast und die Zahl der H-Partikeln dementsprechend bedeutend kleiner, bei $12 \cdot 4\ cm$, kaum 1% von der Zahl von Bates und Rogers. Die bei $10 \cdot 0\ cm$ auftretenden zahlreicheren Partikeln beruhen wahrscheinlich wieder auf mangelnder Gleichförmigkeit der Folien, die Zahl der α-Partikeln ist aber immerhin nur einige Prozente von den zu erwartenden.

Tabelle IV

Absorbierende Substanzen	Gesamt-Absorption	H-Partikeln $n'Q.10^7$ beob.	H-Partikeln $'Q.10^7$ B & R	α-Partikeln $n'Q.10^7$ beob.	α-Partikeln $n'Q.10^7$ B & R
Luft .... .0·1 *cm*	10·0	1·7	160	keine	zirka 160
Kupfer[1]. ...7·1	9·6		160		180
Glimmer	9·0	6·3	160		200
Luft . ..1·2					

Schließlich gibt Tabelle IV die Messungsergebnisse wieder von einem Versuch, wo eine sehr sorgfältig entgaste Folie von 19 μ Kupfer als Verschluß diente. Diese dicke Folie scheint mehr gleichförmig gewesen zu sein, so daß die Abwesenheit von

[1] In der vorläufigen Mitteilung (Brief an die Natur, 3. Mai 1924) zu $5 \cdot 6\ cm$ angegeben. Eine Überprüfung mit α-Partikeln von Thorium C ergab eine höhere Absorption, $7 \cdot 1\ cm$.

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

α-Partikeln bis zu 9·0 *cm* herab festgestellt werden konnte, also bei einer Absorption, wo die zwei weitreichendsten Gruppen von den hypothetischen α-Partikeln größerer Reichweite anwesend sein sollten in einer Gesamtzahl von 200 pro zehn Millionen normaler Partikel.

Tabelle V

Absorbierende Substanzen	Gesamt-Absorption	*H*-Partikeln $n\,Q.10^7$	α-Partikeln $n'Q.10^7$
Luft . .0·1 *cm*	16·8	8·2	keine
Glimmer .3·3	13·9	9·0	2·0
Kupfer...4·1	11·6	10·4	2·0
Glimmer	10·9	17·7	3·0
Luft . 1	10·5	27·9	2·0
	9·9	28·8	2·0
	9·2	etwa 75·0	etwa 15·0

Einige Versuche wurden auch ausgeführt, wo ein Glimmerblatt unmittelbar vor dem Präparat auf die Verschlußfolie aus Kupfer gelegt wurde. Das Resultat (Tabelle V) zeigt, wie zu erwarten, eine relativ beträchtliche Zahl von *H*-Partikeln; aber auch α-Partikeln waren bemerkbar, allerdings in einer bedeutend kleineren Zahl als die von Bates und Rogers gefundene. Es ist aber immerhin möglich, daß bei der kleinsten Absorption einige von den als *H*-Partikeln angesehenen Teilchen tatsächlich α-Partikeln unmittelbar vor dem Ende ihrer Reichweite sein könnten.

Tabelle VI.

Absorbierende Substanzen	Gesamt-Absorption	*H*-Partikeln $n'Q.10^7$ beob.	*H*-Partikeln $n'Q.10^7$ B & R	α-Partikeln $Q.10^7$ beob.	α-Partikeln $Q.10^7$ B & R
Luft . .0·1 *cm*	12·8	0·8	160	keine	64
Gold .6·3	11·2	2·0	160		zirka 70
Glimmer	10·5	2·6	160		150
Luft 1·6	9·8	—	160	zahlreiche	170

Ein Versuch mit derselben Anordnung wie in Fig. 2, aber mit einem ausgewählten Stück Goldfolie von 6·3 *cm* Luftäquivalent als Verschluß und mit dem Präparat unmittelbar oberhalb des Goldes, zeigte eine sehr kleine Zahl von *H*-Partikeln bei Absorptionen von mehr als 10·5 *cm*, dagegen traten schon bei der Gesamtabsorption 9·8 *cm* relativ zahlreiche α-Partikeln auf

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(Tabelle VI). Bei näherer Prüfung des Goldes zeigte sich aber, daß schon mit Polonium α-Strahlen eine kleine Zahl von Szintillationen sichtbar wurde, welche auf eine Dicke des Goldes bei gewissen schwachen Punkten von nur etwa 3 *cm* Luftäquivalent schließen ließ. Die bei der Absorptionsstufe 9·8 *cm* beobachteten α-Partikeln sind wahrscheinlich solche von normaler Reichweite, welche, durch die erwähnten schwächeren Stellen durchfliegend, eine um etwa 3 *cm* erhöhte Reichweite vortäuschen.

Tabelle VII.

Absorbierende Substanzen	Gesamt-Absorption	*H*-Partikeln $n\,Q.10^7$	α-Partikeln $n\,Q.10^7$
Luft . .0·1 *cm*			
Glimmer .3·3			
Gold .6·2	18·8	8·9	keine
Glimmer	11·2	14·2	
Luft . . . . .1·0	10·6	39·3	

Bei Einführung eines Glimmerblattes von 3·3 *cm* Absorption zwischen Präparat und Gold trat die zu erwartende beträchtliche Erhöhung in der Zahl der *H*-Partikeln sofort ein, währenddem von α-Partikeln bis zu 10·6 *cm* Absorption herab gar keine beobachtet wurden (Tabelle VII).

Über den Einfluß eines Gases (Luft oder Sauerstoff) zwischen dem Präparat in der oberen Lage und der Verschlußfolie sind nur wenige Versuche gemacht worden. Aus diesen scheint hervorzugehen, daß mit den erwähnten beiden Gasen keine α-Partikeln von mehr als 11 *cm* Reichweite vorkommen. Dagegen war die Zahl der *H*-Partikeln ausgesprochen höher, als wenn das Präparat unmittelbar oberhalb der Verschlußfolie angebracht war. Bei kleineren Absorptionen als 11 *cm* waren die Resultate weniger eindeutig, wahrscheinlich wegen des obenerwähnten Defektes der Folien. Die Frage, ob von Sauerstoff oder Stickstoff Partikeln von der Reichweite 7—11 *cm* ausgeschleudert werden können, kann erst durch weitere Untersuchungen entschieden werden.

Diskussion der Versuchsergebnisse.

Wie es aus den Tabellen ersichtlich ist, sind bei sämtlichen Beobachtungsserien eine beschränkte Zahl von *H*-Partikeln vorgefunden worden. Im Vergleich mit den von Bates und Rogers mitgeteilten Ergebnissen ist diese Zahl durchweg sehr gering und beträgt nur einen kleinen Bruchteil von den bei ihren Versuchen beobachteten *H*-Partikeln. Dazu kommt aber, daß die von mir gefundenen *H*-Partikeln an Zahl beträchtliche Schwankungen zeigen

von einer Versuchsreihe bis zu der anderen und namentlich ist diese Zahl sehr gering, ein bis ein paar Prozent von den nach Bates und Rogers zu erwartenden Werten, wenn die normalen α-Partikeln in möglichst gut entgasten Metallfolien gebremst werden. Dagegen ist die Zahl immer höher, wenn dieselben Partikeln mit unabgeschwächter Geschwindigkeit durch Glimmer oder Gase durchfliegen dürfen. Wenn auch die Möglichkeit besteht, daß die wenigen H-Partikeln, welche z. B. in Tabelle III, IV und VI bei den Absorptionen von mehr als 9—10 *cm* vorkommen, tatsächlich kernechte, aus dem Ra C-Atom selbst herrührende H-Partikeln sein können, so erscheint es doch viel wahrscheinlicher anzunehmen, daß sie sekundärer Natur sind, d. h. aus den durchflogenen Substanzen durch Stoßwirkung der α-Partikeln in Bewegung gesetzt werden. Daß bei den Versuchen mit Glimmer und mit Luft unmittelbar vor dem Präparat einige von diesen Partikeln einer wirklichen Atomzertrümmerung entstammen, ist höchst wahrscheinlich. Daß dasselbe auch bei Sauerstoff der Fall sein kann, ist jedenfalls nicht ausgeschlossen. Mit Kupfer oder mit Gold als erste absorbierende Substanz darf man wohl annehmen, daß die gefundenen H-Partikeln »natürliche« H-Partikeln sind und von okkludiertem Wasserstoff herstammen. Als Schlußfolgerung läßt sich jedenfalls feststellen, daß, wenn überhaupt H-Partikeln von Ra B + C ausgesandt werden, so ist die Zahl solcher Partikeln, deren Reichweite 9 *cm* übersteigt, nicht größer als eine pro Million normaler α-Partikeln aus Ra C, also höchstens einige Prozente der Zahl von den bei Bates und Rogers Versuchen beobachteten H-Partikeln.

Betreffs der von Bates und Rogers gefundenen beiden schnelleren Gruppen von α-Partikeln kann man aus dem hier wiedergegebenen Versuchsmaterial schließen, daß dieselben bei geeigneter Versuchsanordnung fehlen, d. h. daß die Zahl ähnlicher von Ra B + C stammenden Partikeln höchstens einige Prozente der angeblichen Zahl entsprechen. Bezüglich der Realität von der ersten Gruppe der von Bates und Rogers gefundenen α-Partikeln sind die hier beschriebenen Versuche nicht entscheidend.

Über die Herkunft der übrigen von Bates und Rogers beobachteten Partikeln läßt sich auf Grund des vorliegenden Beobachtungsmaterials nichts Bestimmtes aussagen. Daß die H-Partikeln sekundärer Natur sein müssen, erscheint beinahe sicher und daß dasselbe wenigstens für die weitreichendsten α-Partikeln auch der Fall ist, muß wohl als die plausibelste Annahme gelten. Dabei ist aber wichtig zu bemerken, daß bei Glimmer eine inhomogene Absorption nicht ausgeschlossen erscheint. So hat ja neuerdings Sir Ernest Rutherford bei seinen schönen Untersuchungen über den Verlust und das Wiedereinfangen eines Elektrons von einer α-Partikel gefunden, daß schon ein Glimmerblatt von 2 *cm* Luftäquivalent genügt, um eine beträchtliche Inhomogenität in der Geschwindigkeit der durchfliegenden α-Strahlen hervor-

zubringen.[1] Die in Aussicht gestellte nähere Untersuchung dieses eigentümlichen Phänomenes ist mit dem größten Interesse zu erwarten. Möglicherweise liegt darin die Erklärung zu dem Auftreten von einigen der rätselhaften Partikeln, welche Bates und Rogers entdeckt haben.

Das Resultat der hier beschriebenen Versuche ist zunächst ein rein negatives, dürfte jedoch von Bedeutung sein für die Weiterführung der Arbeiten über Atomzertrümmerung. Man darf nämlich jetzt als festgestellt betrachten, daß bei geeigneten Versuchsbedingungen eine Prüfung auf Atomfragmente bis zu der Reichweite 10 *cm* herab möglich ist, ohne Komplikationen von Partikeln aus dem als Strahlungsquelle benutzten Ra B + C-Präparat selbst. Im Interesse ähnlicher Untersuchungen mit anderen radioaktiven Substanzen als Strahlungsquellen wird es von Wichtigkeit sein, nachzuprüfen, ob dasselbe negative Resultat auch auf die angeblichen Partikeln supranormaler Reichweite aus ThC, aus Actinium C und aus Polonium erweitert werden kann.

Zusammenfassung.

Es werden Meßanordnungen beschrieben, mit denen eine Untersuchung der von Bates und Rogers gefundenen, nach ihrer Deutung aus Radium C stammenden *H*- und α-Partikeln übernormaler Reichweite ausgeführt worden ist.

Unter Verwendung von entgasten Metallfolien unmittelbar vor der Strahlungsquelle zur Absorption der normalen α-Teilchen erhält man eine Zahl von *H*-Partikeln sowie von α-Partikeln der beiden weitreichendsten Gattungen, die höchstens einigen Prozenten von der nach den erwähnten Verfassern zu erwartenden Zahl entspricht.

Über die Realität der kürzesten Gruppe von den angeblich aus Radium C stammenden α-Teilchen läßt sich auf Grund dieses Beobachtungsmateriales nichts bestimmtes sagen,

Die Bedeutung dieses negativen Resultates für die weitere Arbeit auf dem Gebiete der Atomzertrümmerung sowie für die Gültigkeit wichtiger Erfahrungsgesetze auf dem Gebiete des radioaktiven Zerfalls wird hervorgehoben.

---

[1] E. Rutherford, Phil. Mag. *47*, p. 282, 1924

ZOBODAT - 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: 1924

Band/Volume: 133_2a

Autor(en)/Author(s): Pettersson Dagmar

Artikel/Article: Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung Nr. 163. Über die maximale Reichweite der von Radium C ausgeschleuderten Partikeln. 149-162