

Weitere Beiträge zur Ionisation durch H-Partikeln

Von

Marietta Blau und Elisabeth Rona

(Mit 7 Textfiguren)

Vorgelegt in der Sitzung am 31. Oktober 1929

In einer 1926¹ erschienenen Arbeit wurde die Ionisation durch H-Partikeln, die durch α -Partikeln von Polonium aus Paraffin ausgelöst wurden, untersucht. Da uns damals nur verhältnismäßig schwache Präparate zur Verfügung standen, mußte die Entfernung Präparat-Ionisationskammer sehr klein gewählt werden. Dadurch traten die Strahlen ziemlich schräg in die Kammer ein, was die Berechnung der Bahnlänge, längs welcher die Ionisierung erfolgt, erschwerte. Es schien deshalb wünschenswert, da es inzwischen möglich wurde, bedeutend stärkere Poloniumpräparate herzustellen, mit einer verbesserten Anordnung die Versuche zu wiederholen. Außerdem ergaben die 1926 beschriebenen H-Ionisationskurven ebenso wie die gleichzeitig durchgeführten Szintillationszählungen ein Reichweitenende bei zirka 17 cm (bei 15° C. und 760 mm Hg). Es wurde bereits damals erwähnt, daß dieser mit der Theorie nicht übereinstimmende Wert der Reichweite durch H-Partikeln aus dem Stickstoff der umgebenden Luft oder eventuell dem Glimmer unterhalb des Paraffins, wenn dieses infolge der Bestrahlung löcherig oder dünner wird, hervorgerufen sein könnte. Auch zur Klärung dieser Frage wurde die Ionisationsmessung unter verbesserten Versuchsbedingungen wiederholt.

Um jedoch die Ionisationskurve mit möglichst geschwindigkeits-homogenen H-Partikeln, deren Zahl bei Erhöhung der Absorption konstant bleibt, untersuchen zu können, wurden nach Beendigung der erwähnten Versuche mit einer schon vorbereiteten Anordnung Messungen mit magnetisch abgelenkten H-Partikeln durchgeführt. Bei der uns zur Verfügung stehenden Meßanordnung reichte die Intensität der Poloniumpräparate (es wären zirka 150.000 el. stat. E. auf einer Fläche von $1 \times 10 \text{ mm}^2$ notwendig) nicht mehr aus und es mußten als Strahlungsquelle Radonkapillaren verwendet werden, wobei die von der Strahlungsquelle ausgesandte γ -Strahlung die Versuche wesentlich komplizierte.

¹ Mitt. Ra-Inst. Nr. 190, 1926; diese Berichte 135, 573, 1916.

Es soll gleich an dieser Stelle erwähnt werden, daß eine vollkommene Homogenisierung der H-Partikeln auch bei diesen Versuchen aus Intensitätsgründen nicht durchzuführen war.

Versuche mit Polonium als Strahlungsquelle.

Das Poloniumpräparat, welches eine Anfangsaktivität von 15.000 el. stat. E. auf einer Fläche von 9 mm^2 besaß und durch Destillation frei von Ra D und Ra E gewonnen wurde,¹ befand sich in der Vertiefung des Bodens eines evakuierbaren Messingrohres von 45 mm Länge und 23 mm Weite. Über dem Präparat befand sich ein 1 mm dickes Scheibchen mit einem zentralen Loch von 4 mm Durchmesser, das mit Paraffin von 4 cm Luftäquivalent ($\gg \text{L. \AA.} \ll$) bedeckt war. Der Paraffindünnschnitt wurde vor jedem Versuch geeicht und nach höchstens 8 Stunden erneuert. Versuche hatten nämlich ergeben, daß in dieser Zeit bei evakuiertem Rohr das Paraffin durch die Strahlung noch nicht verändert wird. Durch eine Zelluloidblende im Innern des Rohres wurde die an der Wand gestreute Strahlung abgefangen. Der Deckel des Rohres hat im Zentrum eine Öffnung von 5 mm , die durch einen Glimmer von 4 cm L. \AA. verschlossen ist. Über diesem Glimmer befindet sich eine Zelluloidblende von 3.53 mm Durchmesser, wodurch das Strahlenbündel auf maximal 6° Neigung beschränkt ist. Da sich das Glimmerfenster in verhältnismäßig großer Entfernung vom Präparat befindet, sind die H-Partikeln aus dem Glimmerblättchen gegenüber den im Paraffindünnschnitt ausgelösten, selbst bei fehlerhaft gewordenem Paraffin, vollkommen zu vernachlässigen. Wegen des im Rohr herrschenden geringen Druckes (höchstens 5 mm) kommen H-Partikeln aus Stickstoff nicht in Betracht. Das Messingrohr wird während des Versuches auf dem Deckel der Ionisationskammer angebracht und ist dort durch einen 5 mm hohen Ring fixiert. Die Ionenkammer ist in Fig. 1 im Durchschnitt wiedergegeben; sie bestand aus einem Messinggehäuse *M* von 45 mm Länge, 17 mm Höhe und 38 mm Breite, das im Innern mit Aluminiumblech ausgekleidet war. Der Deckel der Kammer hat in der Mitte ein Loch von 5 mm Durchmesser, das durch eine Zelluloidblende auf 4 mm Durchmesser abgeblendet wird und welches mit Schaumaluminium von 1.2 mm L. \AA. bedeckt war. In dem Deckel ist eine Rille angebracht, in die kleine Rahmen eingeschoben werden konnten, welche die zur Absorption der H-Strahlen verwendeten Glimmerblättchen tragen. Zu diesem Zwecke hat der früher erwähnte Ring zwei Ausnehmungen. Auch die Bodenplatte der Kammer hat ein zentrales Loch von 5 mm Durchmesser, dessen Zweck später besprochen wird. Im Innern der Kammer befinden sich die aus Aluminium bestehenden Elektroden, wobei die an Spannung liegende Elektrode *E* auf 120 bis 160 Volt aufgeladen wurde, was bei den

¹ E. Rona und E. A. W. Schmidt, Mitt. Ra-Inst. Nr. 214, 1928; diese Ber., 137, 103, 1928.

zu messenden Ionisationsströmen zur Sättigung genügte. J ist die isolierte Elektrode, die mit dem messenden System durch einen in einem geerdeten Rohr von 35 mm Länge und 20 mm Breite durch Bernsteinringe geführten Draht in Verbindung steht. Die Elektrode J selbst, ein kleiner Aluminiumblock von 4 mm Höhe und 1 cm² Fläche, sitzt auf einem von einem geerdeten Ring umgebenen Bernsteinsockel. Vor und hinter dieser Elektrode in der Richtung der einfallenden Strahlen, zur Definierung des Feldes, befinden sich geerdete Aluminiumblöckchen A von 6 mm Breite und 10 mm Länge in 0.5 mm Abstand. Als Meßinstrument wurde ein Einfaden-Wulf-Elektrometer mit Hilfsspannung verwendet, wobei die Schneiden, die symmetrisch eingestellt waren, gewöhnlich auf je 160 Volt aufgeladen wurden. Die Empfindlichkeit betrug dabei 250 bis 300 Skalenteile pro Volt; sie wurde während eines Versuches wiederholt nachgeprüft und gegebenenfalls durch Kompensation der Schneidenspannung nachreguliert. Um Veränderungen der Empfindlichkeit durch Temperatureinflüsse¹ möglichst auszuschalten, wurde das Fadensystem nur mit einem 4 Volt-Lämpchen, das sich hinter einem mit Kupfersulfatlösung gefüllten Trog befand, beleuchtet. Die Kapazität des ganzen Systems betrug 9.7 cm. Da es sich bei diesen Versuchen um außerordentlich kleine Ströme, bei größten Absorptionen bis zu $5 \cdot 10^{-7}$ el. stat. E. pro Sekunde handelt, sind Isolationsverluste im messenden System und erhöhte natürliche Zerstreuung im Elektrometer überaus störend, weil sie eine Aufladung in entgegengesetzter Richtung wie der zu messende Effekt bewirken können. Da diese Fehlerquellen nur schwer auf das gewünschte Maß herabgesetzt werden können, haben wir sie durch Kompensation mit einem schwachen Poloniumpräparat zu eliminieren versucht, wobei wir, um die Kapazität nicht vergrößern zu müssen, die α -Strahlen des Kompensationspräparates in dieselbe Ionenkammer durch die Öffnung in der Bodenplatte eintreten ließen. Der Kompensationsstrom wurde so groß gewählt (zirka $1 \cdot 10^{-5}$ el. E.), daß

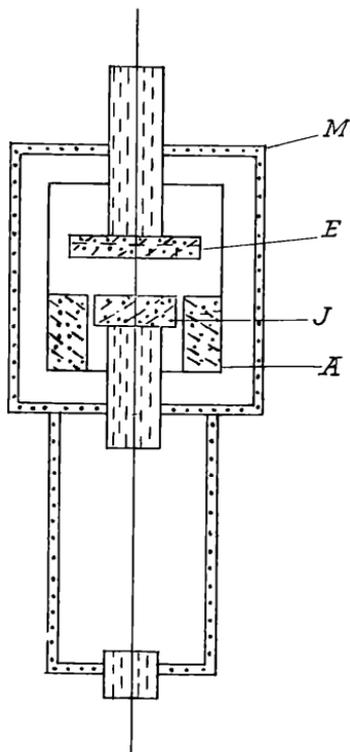


Fig. 1.

¹ Sämtliche Messungen wurden im Kältelaboratorium des I. Physikalischen Institutes durchgeführt, für dessen Überlassung wir Herrn Prof. E. Schweidler zu Dank verpflichtet sind.

Einbringen des Apparates längs eines Weges, welcher der Bahn der zu messenden Partikeln entsprach, mittels magnetischer Wage ausgemessen und dann ebenso wie der Ablenkungswinkel zur Mitte des Austrittsspaltcs durch Eichung mit homogener α -Strahlung eines Ra C-Präparates kontrolliert. Es wurde dabei an Stelle der Radonkapillare direkt über das Spaltsystem ein Ra C-Scheibchen und statt des Verschlußglimmers an der Bodenplatte *B* ein Zinksulfidschirm

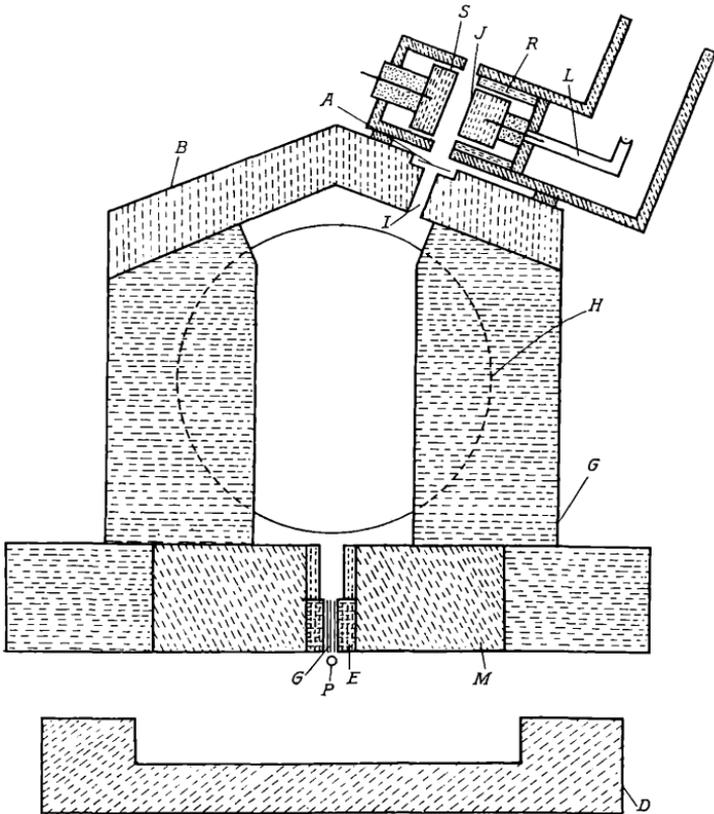


Fig. 3.

angebracht und die Zahl der Partikeln bei Variation der Stromstärke des Elektromagneten ausgezählt; es ergab sich eine typische Glockenkurve mit einem ausgeprägten Maximum bei $4 \cdot 65$ Amp., was mit dem für Ra C- α -Teilchen berechneten Feldintegral von $HL = 120.750$ sehr gut übereinstimmte. Die Glockenkurve, die man bei Veränderung des Magnetfeldes erhält und die also zeigt, daß auch Partikeln bei Feldstärken auftreten, die der für die entsprechende Geschwindigkeit berechneten Feldstärke benachbart sind, ist durch die Breite des Spaltbildes, die im vorliegenden Fall $4 \cdot 57$ mm betrug, bedingt. Man kann auf Grund dieser Glockenkurve die spektrale Zusammensetzung der aus

dem Fenster austretenden H-Strahlen unter der Annahme berechnen, daß die durch die α -Strahlen der Radonkapillare ausgelösten H-Partikeln über alle in Betracht kommenden Geschwindigkeiten — in unserem Falle bis zu 12 *cm* Restreichweite — gleichmäßig verteilt sind.¹ In Fig. 4 sind die so berechneten Werte auf Reichweiten umgerechnet für ein Feldintegral $HL = 67.500$, was der Ablenkung von H-Partikeln von 9.75 *cm* Reichweite zur Mitte des Austrittsfensters entspricht, eingetragen. Man sieht, daß zirka 70% aller H-Strahlen

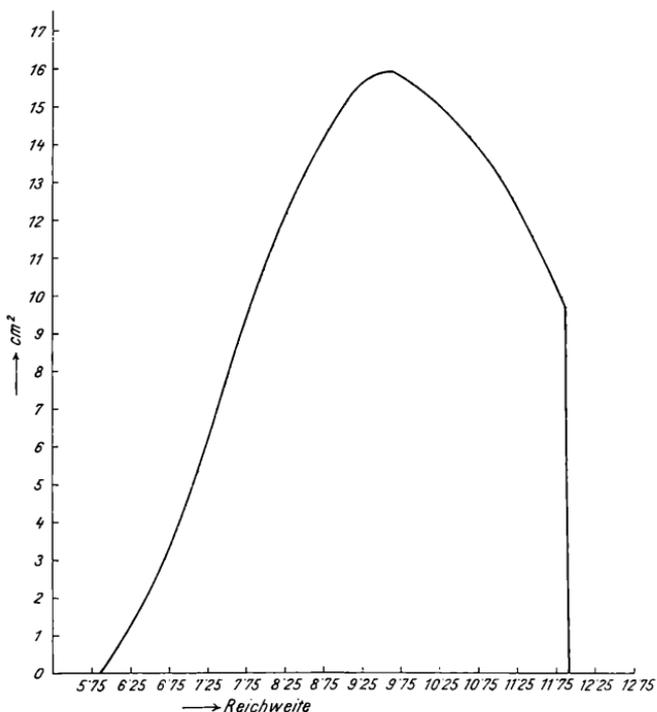


Fig. 4.

eine Restreichweite von 9.75 ± 1.5 *cm* besitzen. Eine bessere Homogenisierung der Strahlen durch Verkleinerung der Breite des Austrittsfensters war aus Intensitätsgründen nicht möglich.

Die aus dem Fenster austretenden Partikeln gelangen in eine Ionenkammer, die durch Messingklammern in einem auf dem Magnetapparat *G* aufgesetzten Rahmen befestigt werden konnte. Eine Rille

¹ Diese Annahme war nach Vorversuchen von E. Kara-Michailova, Mitt. d. Ra-Inst. Nr. 239, 1929 und auch durch frühere Untersuchungen von G. Stetter, loc. cit., innerhalb weiter Grenzen erfüllt. Für die schnellsten H-Partikeln — im vorliegenden Falle zwischen 11 und 12 *cm* Restreichweite — muß ein Abfall an Partikelzahl eintreten, weil nur diejenigen α -Teilchen von Ra C, die senkrecht die Kapillarenwand von zirka 2 *cm* L. Ä. durchsetzen, H-Partikeln erzeugen, die nach senkrechtem Durchlaufen einer weiteren Absorption von 8.3 *cm* noch diese Restreichweite besitzen.

zwischen Apparat und Rahmen diente für die zur Absorption der Strahlung mit Glimmerblättchen verschiedenen L. Ä. besetzten Röhmchen *A*. Die Ionenkammer war im Prinzip ähnlich, jedoch um möglichst den Einfluß der γ -Strahlung auszuschalten, noch gedrängter gebaut als die bei den Poloniumversuchen beschriebene Kammer. Die spannungführende Elektrode *S* — ein Aluminiumblech von $12 \cdot 5 \times 12 \cdot 5 \text{ mm}$ — befand sich in 5 mm Abstand von der messenden Elektrode *J*; diese bestand aus einem runden Aluminiumblöckchen von 5 mm Höhe und 10 mm Radius und war, durch einen Luftspalt von $0 \cdot 5 \text{ mm}$ getrennt, von einem Schutzring *R* aus Aluminium umgeben. Das Blöckchen war auf einem zirka 2 mm dicken Draht *L* aufgeschraubt, der durch einen Bernsteinsockel, der wieder von einem Erdungsring umgeben war, gehalten wurde. Der Draht ist dann weiter rechtwinkelig gebogen in einem geerdeten Messingkniestück geführt und endet in einem mit Platin ausgekleideten Hohlkonus, in den ein Platinstift paßt, der die Fortsetzung des 1 mm dicken Drahtes ist, welcher selbst die Verbindung mit den isolierten Quadrantenpaar des Elektrometers herstellt; er ist durch zwei Bernsteinringe isoliert, in einem Rohr von 23 mm Durchmesser geführt, das durch einen Rundschliff an das Kniestück angepaßt war, so daß beide durch ein Ansatzrohr gleichzeitig evakuiert werden konnten. Der Bernsteinring an der Austrittsstelle des Drahtes wurde durch Wachs-Kolophonium-Kitt luftdicht verschlossen, so daß ein ziemlich gutes Vakuum, das auch während der langen Versuchsdauer 1 cm Hg nicht überschritt, erreicht werden konnte. Das freie Ende des Verbindungsdrahtes führt in einen Quecksilbernafp, der sich, isoliert in einer kleinen geerdeten Metallschachtel mit verschiebbarem Deckel, befindet; dieser Deckel hat eine Ausnehmung, in welche die Schraube des isolierten Quadrantenpaares des Elektrometers, geschützt durch einen geerdeten mit Paraffin gefüllten Ring, hineinpaßt. Im Innern der Schachtel führte von diesem Schraubenkopf ein Draht in den erwähnten Quecksilbernafp, der durch einen Stift vom Platze des Beobachters geerdet oder isoliert werden konnte. In diesen selben Nafp tauchte auch der Verbindungsdraht von der isolierten Elektrode der erwähnten Kompensationskammer, die sich dicht an der Metallschachtel befand. Die Metallschachtel wurde, da ein Evakuieren nur schwer durchführbar war, vollkommen mit Paraffin ausgefüllt, was natürlich die Kapazität erhöhte.

Die Kompensation erfolgte durch ein RaD-Präparat, das sich oberhalb der Kompensationskammer befand. Um die Intensität nach Bedarf variieren zu können, war zwischen beiden eine Irisblende angebracht (RaD-Präparate haben sich für Kompensationszwecke besser erwiesen als Poloniumpräparate, da bei den geringen Intensitäten — es handelt sich um Bruchteile von einer statischen Einheit — die unregelmäßige Ionisation durch statistische Schwankungen in der Zahl der α -Partikeln sich störend bemerkbar macht). Die Kompensation wurde nicht vollständig durchgeführt, sondern so wie bei den Poloniumversuchen ein kleiner Effekt in der Richtung der

Aufladung durch H-Partikeln belassen. Um nicht durch Veränderung des Magnetfeldes (da ein großes Streufeld vorhanden war) unkontrollierbare Sekundäreffekte in Ionenkammer und Elektrometer hervorzurufen, mußte stets bei demselben Magnetfeld gearbeitet werden. Es wurde auf H-Partikeln von $2 \cdot 15 \cdot 10^9$ cm Geschwindigkeit eingestellt und die Ionisierungsstärke bei verschiedenen Absorptionen durch Differenzversuche mit einer für H-Partikeln undurchlässigen Absorption (ein Glimmerblättchen von 20 cm L. Ä.) durchgeführt. Daß durch diese Absorptionen nicht auch eine gleichzeitige Änderung der γ -Strahlung eintritt, wurde durch Versuche mit verschiedenen Absorptionen und dicken, für α -Strahlen undurchlässigen Kapillaren untersucht.

Eine weitere Komplikation der Versuche bestand in der allmählichen Veränderung der Paraffinschicht infolge der intensiven Bestrahlung, die eine Änderung in der Ausbeute an H-Strahlen zur Folge hatte. Wir suchten diesen Fehler dadurch auszuschalten, daß wir vor und nach jeder Messung mit der gewünschten Absorption eine Nullmessung bei der Mindestabsorption — sie betrug $2 \cdot 3$ cm — einschalteten. Die Differenz der Stromwerte zwischen jener und der bei H undurchlässigen Absorption vorhandenen, bezogen auf die zeitlich benachbarten (und gemittelten) Nullwerte, ergeben den gesuchten Effekt.¹ Die so erhaltenen Werte sind in der Kurve A der Fig. 7 wiedergegeben; man sieht ein flaches, aber ausgeprägtes Maximum. Es kommt hier im Gegensatz zu den Messungen ohne Magnetfeld zur Ausbildung eines Maximums, weil trotz der Inhomogenität des Strahlenbündels die Gesamtzahl der Partikeln (mit Ausnahme der größten Geschwindigkeiten) bei verminderter Absorption konstant bleibt. Die Messungen wurden an drei aufeinanderfolgenden Versuchstagen mit derselben Kapillare, jedoch täglich erneutem Paraffin, gewonnen.

Die Auswertung der Ergebnisse ist wegen der Inhomogenität der Strahlung ziemlich kompliziert. Es wurde folgendermaßen vorgegangen:

Durch die Kurve in der Fig. 4 ist die spektrale Zusammensetzung des H-Strahlengemisches gegeben. Bei Einschaltung von Absorptionen erniedrigt sich die Restreichweite sämtlicher am Strahlengemisch beteiligter Partikeln um den gleichen Betrag. Kennt man die Ionisierungsstärke der H-Partikeln in Abhängigkeit von ihrer Restreichweite und multipliziert die Anzahl der Partikeln, die bei

¹ Natürlich ist trotzdem durch die Zersetzung des Paraffins die Meßgenauigkeit eingeschränkt und es ergibt sich daraus, daß entscheidende Messungen nur mit viel schwächeren Präparaten oder bei größerer Entfernung zwischen Präparat und Paraffindünnschnitt durchgeführt werden können, was beides eine wesentlich empfindlichere Anordnung voraussetzt. Es war eine Wiederholung der Versuche geplant, die mit einer umgebauten Anordnung kleinerer Kapazität und demnach größerer Empfindlichkeit durchgeführt werden sollten. Dieser Plan wurde jedoch aufgegeben, da uns das Röhrenelektrometer von G. Ortner und G. Stetter, l. c., nach der kürzlich erschienenen Arbeit von E. A. W. Schmidt und G. Stetter, l. c., für Untersuchungen dieser Art besser geeignet erscheint.

einer bestimmten Absorption eine bestimmte Restreichweite haben, je mit dem ihnen zukommenden Ionisierungsvermögen, so muß die Integration über diese Kurve die Gesamtionisierung bei der betreffenden Absorption ergeben. In Fig. 5 ist diese Kurve für die Minimalabsorption 2.3 cm eingezeichnet, wobei als relative Ionisierungsstärke wieder die entsprechenden Werte einer α -Ionisierungskurve genommen wurden. Gewählt wurde in diesem Falle die von Briggs¹ aus den Energieverlusten berechnete Ionisierungskurve, da sie eine Extrapolation bis zu den gewünschten Reichweiten ohne weiteres gestattet. Die entsprechend der Kammertiefe von 1 cm über diesen Bereich graphisch integrierte Brigg'sche Kurve, aus der die jeder

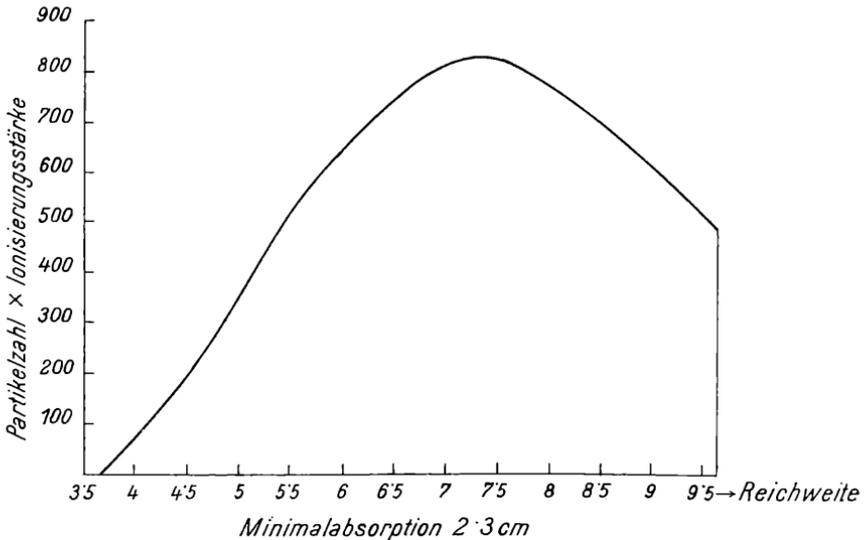


Fig. 5.

Reichweite zukommende Ionisierungsstärke entnommen wurde, ist in Fig. 6 wiedergegeben. Die Berechnung wurde von 5 zu 5 mm durchgeführt und die so erhaltenen Kurven graphisch integriert.

Die gewonnenen Integralwerte in Abhängigkeit von der Absorption sind in Fig. 7 als Kurve *B* neben den experimentellen Werten eingetragen. Es wurde dabei die Teilchenzahl der Partikeln von mehr als 11 cm Reichweite wegen des schon erwähnten Abfalles der Partikelzahl zwischen 11 und 12 cm nur mit dem halben Wert eingesetzt und für diese Partikeln größter Geschwindigkeit die Marsdenkorrektur² überschlagsmäßig als 5%ige Erhöhung des Luftäquivalentes der Glimmerblättchen in Rechnung gesetzt. Die An-

¹ Proc. Roy. Soc., 114, 341, 1927.

² E. Marsden und H. Richardson, Phil. Mag. (6), 25, 184, 1913.

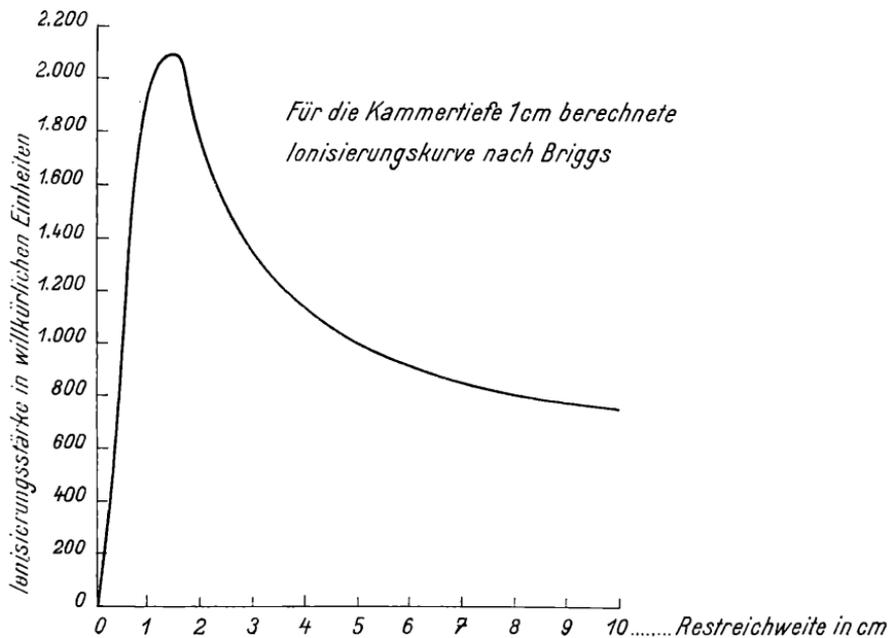


Fig. 6.

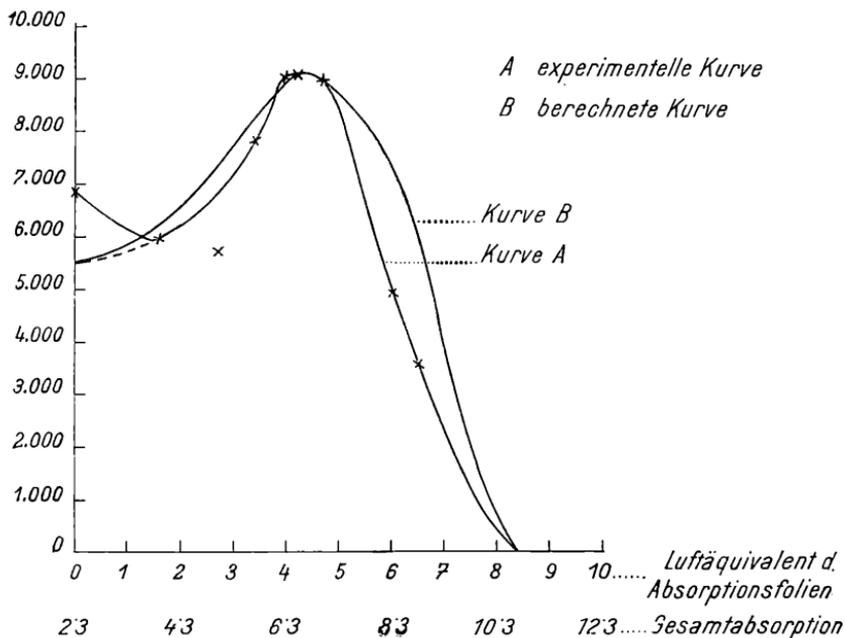


Fig. 7.

gleichung der experimentellen Werte an die berechnete Kurve erfolgte bei der Absorption 4.27 cm , welche am häufigsten gemessen wurde. Man sieht, daß experimentelle und berechnete Werte nicht in allen Punkten übereinstimmen. Die deutlichsten Abweichungen sind folgende: Zwischen der Absorption 0 und 1 cm ist ein deutlicher Abfall der experimentellen Kurve zu erkennen, den wir uns nur durch das Verschwinden einer kleinen Gruppe von Partikeln kurzer Reichweite¹ erklären können. Ferner ist bei der experimentellen Kurve eine geringe Verschiebung des Maximums nach größeren Restreichweiten und ein allmählicherer Abfall nach großen Absorptionen zu beobachten. Diese Abweichungen lassen sich durch Streuung in den zur Absorption dienenden Glimmerblättchen und durch die Zunahme des Luftäquivalentes der Absorptionsfolien für Partikeln größerer Geschwindigkeit erklären.² Es ist nämlich durch Bianu³ und Consigny⁴ bekannt, daß die Ionisierungskurve für α -Strahlen, die sogenannte Bragg'sche Kurve, eine Veränderung erfährt, wenn die Absorption der Partikeln nicht in Luft, sondern in Folien erfolgt, und zwar tritt ebenso wie in dem hier besprochenen Fall eine kleine Verschiebung nach der Seite größerer Restreichweiten und ein weniger steiler Abfall nach größeren Absorptionen ein.

Es sprechen demnach auch diese Versuche, die bis zu Reichweiten von 8.5 cm verfolgt wurden, sich also über einen großen Geschwindigkeitsbereich erstrecken, für die Annahme, daß die Ionisierung von H-Partikeln nach den gleichen Gesetzen verläuft wie bei α -Teilchen. Eventuelle kleinere Unterschiede, namentlich gegen Reichweitenende, können wohl erst mit einer Meßanordnung, die Einzelteilchen registriert, ermittelt werden.

Zusammenfassung.

In vorliegender Arbeit wird im Anschluß an frühere Versuche die Ionisation durch H-Partikeln aus Paraffin in Abhängigkeit von der Teilchengeschwindigkeit untersucht. Bei diesen Versuchen wurden als Primärstrahlung sowohl die α -Teilchen eines konzentrierten Poloniumpräparates als auch die einer Radonkapillare verwendet. Die ersteren Versuche, bei denen die Anzahl der bei jeder Absorption vorhandenen H-Partikeln mit Hilfe eines Röhrenelektrometers bestimmt wurde, ergaben, daß die Ionisation durch H-Partikeln in

¹ Da Partikeln solch kurzer Reichweite, die durch das magnetische Feld an diese Stelle abgelenkt werden (wegen ihrer größeren Steifheit), α -Partikeln sein müssen, könnte es sich dabei eventuell um die α -Partikeln übernormaler Reichweite von 11.3 cm handeln, die nach Durchsetzen der Kapillarenwand, des Paraffindünnschnittes und des darunter befindlichen Glimmerblättchens auf diese Geschwindigkeit abgebremst werden.

Eine mit derselben Anordnung gewonnene Ionisationskurve von homogenen α -Teilchen aus Ra C zeigte qualitativ die gleichen Abweichungen.

² Le Radium, 10, 122, 1913; 11, 65, 1914.

⁴ C. R., 183, 127, 1926.

Abhängigkeit von der Geschwindigkeit parallel mit der von α -Partikeln verläuft und daß die Zahl der Ionenpaare, die eine H-Partikel pro Zentimeter Weglänge erzeugt, nur ein Viertel des Wertes beträgt, wie für eine α -Partikel gleicher Geschwindigkeit.

Bei den Versuchen mit einer Radonkapillare als Primärstrahlenquelle wurden die H-Partikeln magnetisch abgelenkt und in einem bestimmten Spektralbereich die Ionisation der H-Partikeln in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei konstant bleibender Partikelzahl durch Änderung der Absorption bestimmt. Auch bei diesen Versuchen, die sich über einen Bereich von zirka 8 *cm* Restreichweite erstrecken, ergibt sich ein ähnlicher Verlauf der Ionisationskurve wie bei α -Partikeln.

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: 1929

Band/Volume: [138_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Blau Marietta, Rona Elisabeth

Artikel/Article: [Mitteilungen des Institutes für Radiumforschung Nr. 241.
Weitere Beiträge zur Ionisation durch H-Partikeln. 717-731](#)