

Abb. 11. Druck, Druckverhältnis $P(\text{Mantel})/P(\text{Mitte})$, Trennfaktor A und Trennpotential δU in Abhängigkeit vom Durchsatz \dot{G} für verschiedene Trennrohlängen beim Gemisch $\text{H}_2/\text{CO}_2=1/3$. Düsendurchmesser: 2 mm, Schälrohrdurchmesser: 10 mm. Kurvenparameter oben: Abstand Sonde—Düse (—x— 5 cm, —■— 10 cm, —○— 14 cm); unten: Trennrohlänge (—x— 3 cm, —○— 10 cm, —◇— 14 cm, —△— 25 cm).

im Bereich großer Durchsätze. Deshalb ist anzunehmen, daß nicht nur die Reibung die Tangentialgeschwindigkeit herabsetzt, sondern daß auch ohne

Reibung die Tangentialgeschwindigkeit um so kleiner wird, je größer der Abstand vom Einlaß ist. Dies könnte z. B. durch eine Expansion des Gases und eine entsprechende Beschleunigung in Richtung der Rohrachse hervorgerufen werden.

Die maximalen Trennfaktoren werden bei um so höheren Durchsätzen gefunden, je länger das Trennrohr ist. Das Maximum des 10 cm langen Rohres ist am größten, die Maxima der längeren Rohre sind entsprechend den kleineren Druckverhältnissen kleiner.

In dem kurzen Rohr (3 cm) scheint die Zeit zur Annäherung an das Gleichgewicht zu klein zu sein.

Die nach Gl. (8) berechneten Trennpotentiale weisen entsprechende Höchstwerte auf, die jedoch zu größeren Durchsatzwerten verschoben sind, weil der Durchsatz selbst als Faktor in das Trennpotential eingeht.

Herrn Professor Dr. W. GROTH danken wir für wertvolle Diskussionen und die starke Förderung, die er dieser Arbeit in jeder Weise zuteil werden ließ. Die Arbeit wurde mit Mitteln durchgeführt, die von dem Ministerium für Wirtschaft und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurden.

Ein Verfahren zur Bestimmung von Halbwertszeiten kurzlebiger gasförmiger Radioisotope. Die Halbwertszeiten des Thorons (^{220}Rn) und Actinons (^{219}Rn)

Von HEINZ RODENBUSCH * und GÜNTER HERRMANN

Aus dem Institut für Anorganische Chemie und Kernchemie der Universität Mainz

(Z. Naturforsch. 16 a, 577—582 [1961]; eingegangen am 17. November 1960)

Es wird ein Verfahren zur indirekten Bestimmung von Halbwertszeiten kurzlebiger gasförmiger Radioisotope beschrieben. Das Verfahren beruht auf einem zuerst von MAKOWER und GEIGER benutzten Prinzip; Voraussetzung ist, daß aus den gasförmigen Radioisotopen positiv geladene, relativ langlebige Folgeprodukte entstehen. Die gasförmigen Isotope werden mit einem Trägergas durch ein Rohr getrieben, in dem negativ geladene Netzelektroden angebracht sind. Die Folgeprodukte scheiden sich auf den Elektroden ab. Nach der Exposition wird die Aktivität der Elektroden gemessen; sie nimmt mit wachsender Entfernung von der Quelle exponentiell ab. Aus der Abnahme und der Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich die Halbwertszeit der gasförmigen Muttersubstanz. Das Verfahren wurde mit Thoron und Actinon geprüft und Halbwertszeiten von $56,6 \pm 0,8$ bzw. $4,01 \pm 0,06$ sec gefunden. Bei direkten Zerfallsmessungen ergaben sich übereinstimmende Werte von $56,3 \pm 0,2$ bzw. $4,00 \pm 0,05$ sec. Der Einfluß der Elektrodenspannung, des Trägergases und der Strömungsgeschwindigkeit auf die Abscheidung wurde untersucht. Bei hohen Elektrodenspannungen werden die Folgeprodukte im Mittelpunkt der Elektroden fokussiert.

Bei der Kernspaltung entstehen zahlreiche kurzlebige Radioisotope, deren Spaltausbeuten für die Aufklärung des Spaltungsprozesses besonders in-

teressant sind. Zur Ausbeutebestimmung müssen die wichtigsten Eigenschaften der Isotope, vor allem die Halbwertszeiten, bekannt sein. Der rasche Zerfall erschwert die Abtrennung und Untersuchung sehr. Deshalb liegt es nahe, Verfahren zu verwenden,

* Auszug aus einer Dissertation, Mainz 1960.



durch die Halbwertszeiten oder Spaltausbeuten ermittelt werden können, ohne daß die kurzlebigen Produkte direkt gemessen werden.

Am einfachsten gelingt dies bei den gasförmigen Spaltprodukten, insbesondere den Isotopen des Kryptons und Xenons. Sie können während der Bestrahlung mit großer Ausbeute und Reinheit kontinuierlich abgetrennt werden, wenn eine hochemanierende Uranverbindung verwendet wird^{1,2}. Die Halbwertszeit kann nach einem von MAKOWER und GEIGER³ für Thoron und Actinon benutzten Verfahren indirekt bestimmt werden. Eine Methode zur indirekten Ausbeutebestimmung hat WAHL⁴ beschrieben, sie beruht ebenfalls auf dem hohen Emaniervermögen gewisser Uran- und Bariumverbindungen.

Bei dem Verfahren von MAKOWER und GEIGER³ wird das Edelgasisotop mit einem Trägergas durch ein Metall-Rohr getrieben, in dessen Achse ein negativ geladener Draht angebracht ist. Die Strömungsgeschwindigkeit wird so gewählt, daß das Edelgasisotop auf dem Weg durch das Rohr bereits merklich zerfällt. Durch den Zerfall entstehen relativ langlebige Folgeprodukte in Form positiver Ionen, die auf dem Draht niedergeschlagen werden; das Edelgasisotop selbst ist elektrisch neutral. Nach der Exposition wird der Draht stückweise gemessen.

Seine Aktivität ist proportional der Aktivität des Edelgasisotops im umgebenden Gasraum. Sie nimmt daher mit wachsender Entfernung von der Quelle in demselben Maße ab, wie die gasförmige Muttersubstanz während des Weges durch das Rohr zerfällt. Die Aktivität wird gegen die Entfernung aufgetragen; es ergibt sich die Zerfallskurve und — bei bekannter Strömungsgeschwindigkeit — die Halbwertszeit der Muttersubstanz.

Die Vorteile dieser Methode liegen nicht nur darin, daß die direkte Messung kurzlebiger Isotope umgangen wird. Es können komplexe Aktivitätsmischungen entwirrt und Isotope sehr ähnlicher Halbwertszeiten nebeneinander untersucht werden, da die Folgeprodukte durch ihre Halbwertszeit oder Strahlungsenergie genügend unterschieden oder durch radiochemische Verfahren getrennt werden können. Weiterhin werden Edelgasisotope und Folgeprodukte

genetisch zugeordnet, wodurch meist zugleich die Massenzahl der ersteren festgelegt wird. OVERSTREET, JACOBSON et al.⁵⁻⁸ haben die Methode erstmals auf die Spaltedelgase angewendet; die Drahtelektrode wurde in Stücke zerschnitten und die Aktivität der Folgeprodukte nach einer chemischen Trennung gemessen.

Mit diesem Verfahren haben DILLARD, ADAMS, FINSTON und TURKEVICH⁶ die heute noch gültigen Halbwertszeiten der kurzlebigen Krypton- und Xenon-Isotope bei der Uranspaltung bestimmt. Da wir den Eindruck haben, daß diese Bestimmungen teilweise nur orientierend sind und genaue Werte für manche Untersuchungen nützlich sein werden, wollen wir die Halbwertszeiten neu bestimmen. Dazu wurde eine bequemere Form des Verfahrens entwickelt. Durch die Bestimmung der Halbwertszeiten des Thorons (²²⁰Rn) und Actinons (²¹⁹Rn) wurde nachgewiesen, daß das Verfahren genaue Halbwertszeiten ergibt.

Apparatives

Unsere Anordnung ist in Abb. 1 skizziert. Die von OVERSTREET et al.⁵⁻⁸ benutzte, in der Rohrachse gespannte Sammelelektrode wurde als ungünstig angesehen, weil der Ein- und Ausbau in dem mehrere Meter langen Rohr unbequem ist und das Zerschneiden in gleiche Stücke so lange dauert, daß manche Folgeprodukte nicht erfaßt werden können. Wir verwendeten zunächst Stiftelektroden. Es zeigte sich jedoch, daß kleine Anteile der Folgeprodukte in der Strömungsrichtung mitgerissen werden, wodurch die Halbwertszeiten verfälscht werden können. Am zweckmäßigsten sind engmaschige Netze senkrecht zur Strömungsrichtung, die schnell aus dem Rohr entfernt werden können und einen großen Teil der Folgeprodukte erfassen. Der Rest wird auf der Rohrwand niedergeschlagen; ein Mitreißen wurde hierbei nicht mehr beobachtet.

Das Rohr besteht aus zehn Einzelstücken von je 40 cm Länge, die ineinander gesteckt werden. Es ist aus einer Leichtmetall-Legierung gefertigt, wobei sorgfältig darauf geachtet wurde, daß der Rohrdurchmesser

¹ O. HAHN u. F. STRASSMANN, *Naturwiss.* **28**, 54 [1940].

² A. C. WAHL u. W. R. DANIELS, *J. Inorg. Nucl. Chem.* **6**, 278 [1958].

³ W. MAKOWER u. H. GEIGER, *Practical Measurements in Radioactivity*, New York 1912, S. 98.

⁴ A. C. WAHL, *J. Inorg. Nucl. Chem.* **6**, 263 [1958].

⁵ R. OVERSTREET u. L. JACOBSON, in C. D. CORYELL u. N. SUGARMAN (Herausg.), *Radiochemical Studies: The Fission Products*, New York 1951, S. 621.

⁶ C. R. DILLARD, R. M. ADAMS, H. FINSTON u. A. TURKEVICH, ebenda, S. 624.

⁷ S. RAYNOR, ebenda, S. 1775.

⁸ R. M. ADAMS u. H. FINSTON, ebenda, S. 1791.

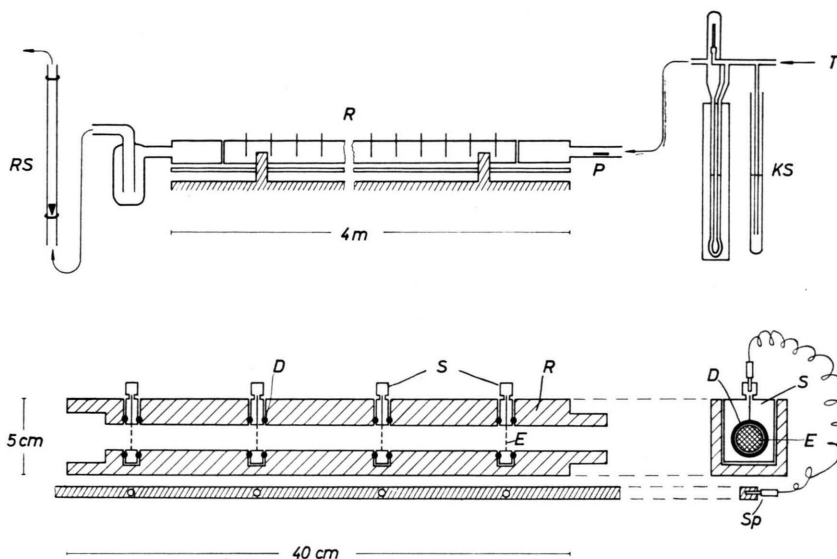


Abb. 1. Apparatur zur indirekten Bestimmung der Halbwertszeiten kurzlebiger gasförmiger Radioisotope.

T Trägergas, KS Kapillarströmungsmesser, P emanierendes Präparat, R Leichtmetallrohr, F Aktivkohle-falle, RS Rotameter-Strömungsmesser, S Kunststoff-Schieber m. Netzelektrode E, D Dichtung (Rundschnur-ring), Sp Schiene zur Spannungszuführung. Unten: Einzelstück des Rohres.

(21,1 mm) auf die ganze Länge konstant ist. In das Rohr sind in Abständen von 10 cm 41 Kunststoff-Schieber (Vinidur) eingepaßt und durch weiche Rundschnur-ringe abgedichtet, die mit Silikonfett gefettet werden. In den Schiebern befinden sich die Elektroden aus V2A- oder Platinnetz, 529 Maschen/cm².

Undichtigkeiten können durch die Strömungsmessung festgestellt und durch Auswechseln der Dichtungen behoben werden. Die Strömungsgeschwindigkeit wird am Ein- und Ausgang des Rohres nach zwei verschiedenen Methoden – mit einem Kapillarströmungsmesser und einem Rotameter – bestimmt. Für die verschiedenen Bereiche wurden mehrere Kapillaren volumetrisch und mehrere Rotameter rechnerisch⁹ geeicht. Die Strömungsgeschwindigkeit kann auf $\pm 1,5\%$ gemessen und während der Exposition konstant gehalten werden. Diese Ungenauigkeit ist die wesentliche Fehlerquelle bei der Halbwertszeitbestimmung. Als Trägergas wurde in den meisten Fällen Stickstoff verwendet. Die Spannung wurde einem Satz von Anodenbatterien entnommen; für einige Versuche mit hoher Spannung wurde ein Gleichspannungs-Netzgerät verwendet.

Anwendung auf Thoron und Actinon

Zur Prüfung der Apparatur wurden die Halbwertszeiten von Thoron und Actinon bestimmt.

Beide Isotope wurden aus emanierenden Präparaten¹⁰ von Radiothor (²²⁸Th) bzw. ²³¹Pa, gefällt an Eisen(III)-hydroxyd, ausgetrieben. Die Reinheit der Präparate in bezug auf Glieder der anderen natürlichen

Zerfallsreihen wurde durch γ -Spektrometrie und Zerfallsmessungen der Folgeprodukte überprüft. Eine Exposition von 30–60 Minuten war bei Präparaten von 10 bzw. 3 μ c ausreichend. Die Elektroden wurden nach der Gleichgewichts-Einstellung zwischen ThB (²¹²Pb) bzw. AcB (²¹¹Pb) und ihren Folgeprodukten mit einem Endfenster- β -Proportionalzählrohr gemessen und der Zerfall des ThB bzw. AcB während der Messung rechnerisch korrigiert. Bei der Messung wurden die Elektroden mit einer Klebefolie bedeckt, da sonst erhebliche Aktivitäten von ThC'' (²⁰⁸Tl) bzw. AcC'' durch α -Rückstoß an das Zählrohrfenster gelangen.

Zur Auswertung wird die Aktivität der Elektroden in halblogarithmischem Papier gegen die Entfernung von der ersten Elektrode aufgetragen. Es resultiert eine Gerade, aus der die Halbwertsstrecke $X_{1/2}$, d. h. die Strecke, nach der die Aktivität der Elektroden auf die Hälfte abgefallen ist, abgelesen wird. Bei Gemischen von Edelgasisotopen wird die übliche Kurvenanalyse vorgenommen. Aus $X_{1/2}$ (in cm) und der Strömungsgeschwindigkeit u (in ml pro min) wird die Halbwertszeit T berechnet, wobei der Radius r des Rohres (in cm) bekannt sein muß:

$$T(\text{sec}) = 60 r^2 \pi X_{1/2} / u.$$

Die Messungen wurden zunächst auf Grund der Zerfallskurven ausgewertet; die endgültigen Werte wurden rechnerisch nach BEHRENS¹¹ ermittelt¹². Einige

⁹ Rotamesser Handbuch, Rota Aachen.

¹⁰ O. HAHN, Naturwiss. 12, 1140 [1924]. Vgl. auch A. C. WAHL, in A. C. WAHL u. N. A. BONNER, Radioactivity Applied to Chemistry, New York 1951, S. 284.

¹¹ D. J. BEHRENS, nach G. B. COOK u. J. F. DUNCAN, Modern Radiochemical Practice, Oxford 1952, S. 62.

¹² Die Rechnungen wurden mit der elektronischen Rechenmaschine des Institutes für Angewandte Mathematik der Universität Mainz durchgeführt. Herrn Prof. Dr. F. L. BAUER und Herrn Dr. R. BAUMANN danken wir für diese Möglichkeit.

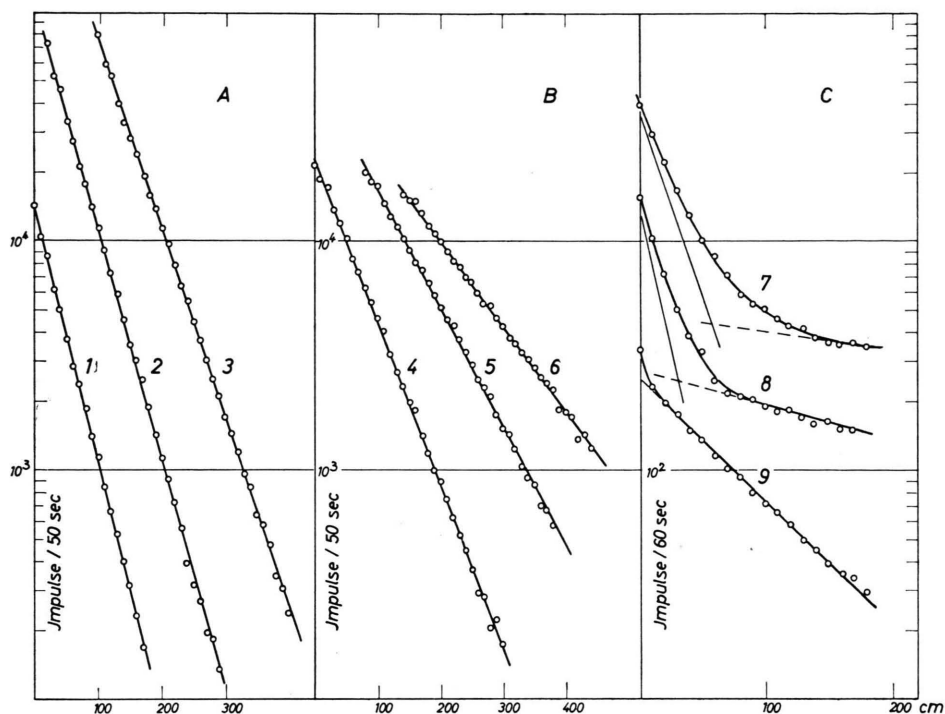


Abb. 2. Beispiele für die mit dem indirekten Verfahren erhaltenen Zerfallskurven. Die Aktivität der Elektroden (AcB bzw. ThB) ist gegen den Abstand von der ersten Elektrode aufgetragen. — A) Actinon; Strömungsgeschwindigkeit 1415 (1), 1590 (2) und 1920 (3) ml/min. — B) Thoron; Strömungsgeschwindigkeit 159 (4), 211 (5) und 300 (6) ml/min. — C) Gemisch aus Actinon und Thoron mit Bevorzugung des Actinons (7) oder Thorons (9); Strömungsgeschwindigkeit 1000 (7), 600 (8) und 200 (9) ml/min.

Zerfallskurven für reines Thoron und Actinon und für Gemische aus beiden sind in Abb. 2 wiedergegeben. Es sei besonders auf die in Abb. 2 c gezeigte Möglichkeit hingewiesen, bei Gemischen durch eine passende Einstellung der Strömungsgeschwindigkeit die kurzlebige oder die langlebige Komponente zu bevorzugen.

Aus je 10 Einzelmessungen ergaben sich folgende Halbwertszeiten:

für Thoron (^{220}Rn)	$56,6 \pm 0,8 \text{ sec}$,
für Actinon (^{219}Rn)	$4,01 \pm 0,06 \text{ sec}$.

Der Fehler von $\pm 1,5\%$ ist vorwiegend durch die Ungenauigkeit der Strömungsgeschwindigkeit gegeben.

Bestimmung der Halbwertszeiten von Thoron und Actinon durch direkte Zerfallsmessung

Die mit dem Rohr gefundenen Halbwertszeiten von 56,6 bzw. 4,01 sec sind etwas größer als die aus älteren Messungen stammenden Werte von

54,5 sec für Thoron¹³ und 3,92 sec für Actinon (s. Anm.^{13, 14}); beim Thoron liegt eine stark abweichende neuere Bestimmung von 51,5 sec¹⁵ vor. Um zu prüfen, ob im Rohr systematische Fehler auftreten, wurden die beiden Halbwertszeiten durch direkte Zerfallsmessungen kontrolliert. Einige Beispiele für die Zerfallskurven sind in Abb. 3 dargestellt.

Die Edelgasisotope wurden mit einem Trägergas in eine Kunststoff-Kammer von 72 ml Inhalt geblasen, die mit zwei dünnen Fenstern ($1,0 \text{ mg/cm}^2$, mit Aluminium bedampfte Kunststoff-Folie) versehen war. An beiden Fenstern war je ein α -Proportionalzählrohr mit strömendem Zählgas (Methan) angebracht. Die beiden Zählrohre wurden parallel geschaltet. Die Zählrate wurde mit einer automatischen Zählordnung (Berkeley Eputmeter 7160 GH mit Drucker) aufgenommen, wobei das Meßintervall und die zum Abdruck des Resultates notwendige Pause zwischen den Messungen durch eine quartzgesteuerte elektronische Uhr gegeben wurde. Durch die Nachbildung der α -strahlenden Folgeprodukte steigt der Untergrund während der Messung an. Er konnte durch einen negativ geladenen Metallring in der Kammer vermindert, jedoch nicht vollständig

¹³ R. SCHMID, Wiener Ber. **126, II a**, 1065 [1917], siehe auch M. CURIE, A. DEBIERNE, A. S. EVE, H. GEIGER, O. HAHN, S. C. LIND, ST. MEYER, E. RUTHERFORD u. E. VON SCHWEIDLER, Rev. Mod. Phys. **3**, 427 [1931].

¹⁴ O. HAHN u. O. SACKUR, Ber. dtsch. Chem. Ges. **38**, 1943 [1905].

¹⁵ H. SCHMIED, R. W. FINK u. B. L. ROBINSON, J. Inorg. Nucl. Chem. **1**, 342 [1955].

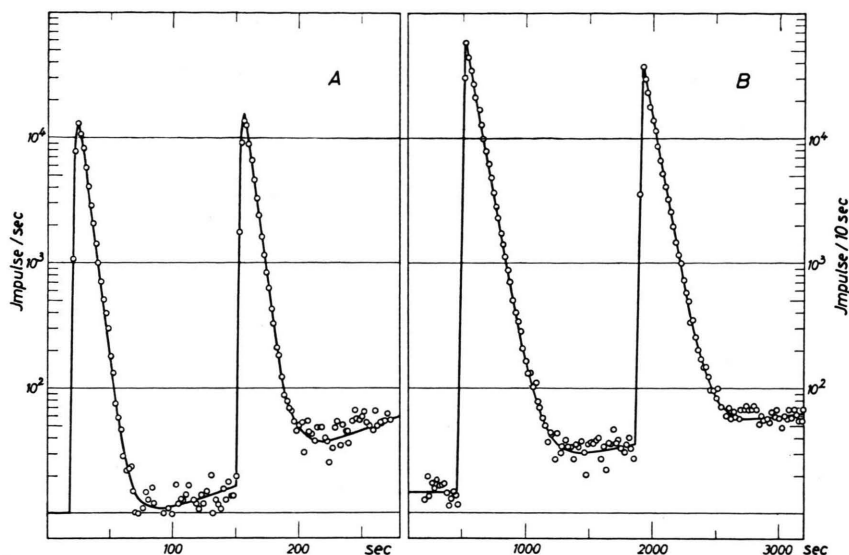


Abb. 3. Beispiele für die Zerfallskurven bei der direkten Zerfallsmessung von Actinon (A) und Thoron (B).

unterdrückt werden. Die Korrektur des Untergrundes wurde graphisch durchgeführt (Abb. 3). Sie bedingt keinen merklichen Fehler in der Halbwertszeit, wie sich durch Halbwertszeitbestimmungen nach dem Verfahren von KUŠČER et al.¹⁶ ergab, für die nur die am Ende der Zerfallskurven gemessenen, von der Korrektur erheblich veränderten Meßwerte benutzt wurden. Auch durch die Addition aller zum gleichen Zeitpunkt (vom Beginn des Zerfalls an gerechnet) gemessenen Zählraten der 25 Zerfallskurven ließen sich die Korrektur des Untergrundes und die Genauigkeit der Halbwertszeitbestimmung kontrollieren. Die endgültige Auswertung wurde wiederum rechnerisch nach BEHRENS^{11, 12} vorgenommen.

Durch je 25 Einzelmessungen wurden folgende Halbwertszeiten ermittelt:

für Thoron (²²⁰Rn) $56,3 \pm 0,2$ sec,
für Actinon (²¹⁹Rn) $4,00 \pm 0,05$ sec.

Der Fehler ergibt sich aus den rechnerisch ermittelten¹¹ Fehlern der einzelnen Zerfallsmessungen, er entspricht der dreifachen Standardabweichung des Mittelwertes.

Die ausgezeichnete Übereinstimmung mit den im Rohr erhaltenen Werten beweist, daß durch die Methode von MAKOWER und GEIGER³ exakte Halbwertszeiten erhalten werden können. Die Vorteile dieser Methode wurden oben schon erörtert. Hier sei hinzugefügt, daß Halbwertszeiten bis zu etwa einer Se-

kunde herab ohne Schwierigkeiten bestimmt werden können, wenn ein geeignetes Folgeprodukt gebildet wird.

Einfluß von Spannung, Trägergas und Strömungsgeschwindigkeit

Die vorwiegend positiv geladenen¹⁷ Folgeprodukte der Radonisotope werden nicht nur an den Elektroden, sondern auch an der Rohrwand abgeschieden. Um eine möglichst hohe Ausbeute auf den Elektroden zu erreichen, wurde der Einfluß von Spannung und Strömungsgeschwindigkeit untersucht.

Es wurde ein Einzelstück des Rohres verwendet. Die Folgeprodukte wurden von den vier Elektroden und der Rohrwand mit Salpetersäure (1+1) abgelöst und als Bleisulfat gefällt und gezählt. Die Summe der Aktivität von Elektroden und Rohrwand wird gleich 100% gesetzt.

Wie Abb. 4 A zeigt, steigt die Ausbeute auf den Elektroden erwartungsgemäß mit der Spannung an, bis bei etwa 1000 Volt ein konstanter Wert erreicht wird. Die Ausbeute kann durch eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit gesteigert werden (Abb. 4 B), so daß unter optimalen Bedingungen etwa 90% der Folgeprodukte auf den Elektroden gesammelt wer-

¹⁶ I. KUŠČER, M. V. MIHAILOVIĆ u. E. C. PARK, Philos. Mag. **20**, 998 [1957].

¹⁷ Vgl. ST. MEYER u. E. VON SCHWEIDLER, Radioaktivität, 2. Aufl.,

Leipzig und Berlin 1927, S. 426, 481. E. RUTHERFORD, J. CHADWICK u. C. D. ELLIS, Radiations from Radioactive Substances, Cambridge 1951, S. 153.

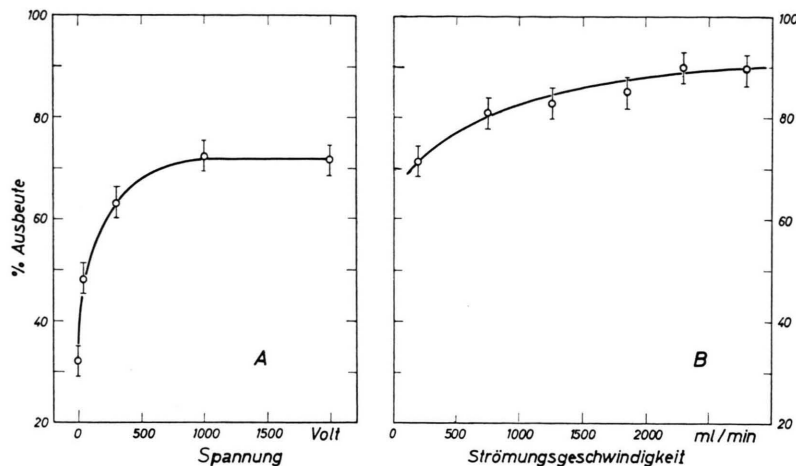


Abb. 4. Ausbeute der Folgeprodukte von Thoron und Actinon an den Elektroden, verglichen mit der insgesamt an Elektroden und Rohrwand abgeschiedenen Aktivität (=100%), A) als Funktion der Spannung bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 200 ml/min, B) als Funktion der Strömungsgeschwindigkeit, Elektrodenspannung —2000 Volt. Trägergas war in beiden Fällen Stickstoff.

den. Allerdings kann bei einer Halbwertszeitbestimmung nicht immer die günstigste Strömungsgeschwindigkeit benutzt werden, da sie der Halbwertszeit des Isotops angepaßt werden muß. Es ist zu erwarten, daß auch die Folgeprodukte des Kryptons und Xenons wenigstens teilweise als positive Ionen vorliegen und mit guter Ausbeute gesammelt werden können⁵⁻⁸, wenn auch quantitative Unterschiede in der Abscheidung der β -Rückstoßatome gegenüber den hier benutzten α -Rückstoßatomen nicht unwahrscheinlich sind.

Wie BRIGGS¹⁸ festgestellt hat, hängt die Ladung der Rückstoßatome stark vom Gas ab, in dem sie gebremst werden. Ammoniak ergibt z. B. einen wesentlich niedrigeren Anteil an positiv geladenen Rückstoßatomen als Stickstoff. Wir haben einige Ausbeutebestimmungen mit Ammoniak als Trägergas durchgeführt. Erwartungsgemäß ergab sich, daß der Anteil der Folgeprodukte auf den Elektroden nur etwa 40% des in Stickstoff gefundenen beträgt.

Die Folgeprodukte verteilen sich nicht gleichmäßig auf die ganze Elektrodenfläche. Vielmehr tritt eine mit wachsender Spannung zunehmende Fokussierung in der Elektrodenmitte ein (Abb. 5). Neben fokussierbaren scheinen auch nicht fokussierbare, wahrscheinlich elektrisch neutrale Rückstoßatome vorzuliegen. Mit Ammoniak als Trägergas ist ihr Anteil — verglichen mit dem fokussierbaren — größer. Die gegenüber dem Rohr auf negativer Spannung liegenden Netzelektroden wirken offensichtlich als elektrostatische Linsen. Durch Ausmessung verschie-

dener Elektroden mit einer Lochblende haben wir geprüft, daß die Fokussierung bei konstanter Spannung an allen Elektroden des Rohres gleich ist, was für die Genauigkeit der Halbwertszeitbestimmungen wichtig ist. Die Fokussierung ist eine bequeme Methode zur Herstellung nahezu punktförmiger Präparate von Folgeprodukten gasförmiger Radioisotope.

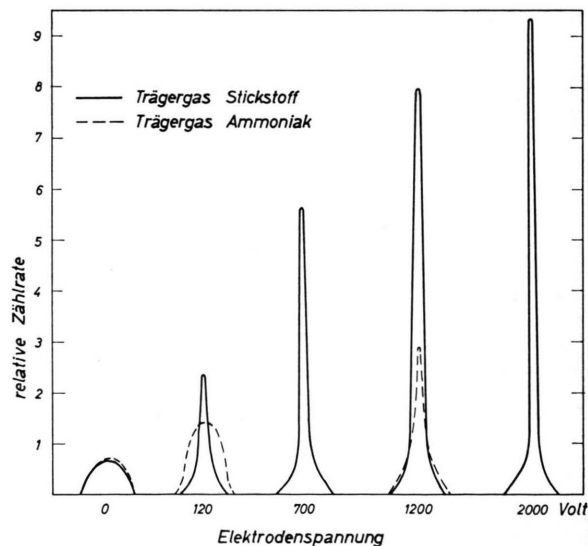


Abb. 5. Fokussierung der Folgeprodukte von Thoron auf den Sammelelektroden bei verschiedenen Elektrodenspannungen und Trägergasen. Die Elektroden wurden mit einer Lochblende von 3 mm Durchmesser ausgemessen, die in Schritten von je 1 mm verschoben wurde.

Herrn Prof. Dr. F. STRASSMANN danken wir sehr für die Förderung der Untersuchung, dem Bundesministerium für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft für finanzielle Beihilfen.

¹⁸ G. H. BRIGGS, Philos. Mag. **50**, 600 [1925].