

Mitteilungen des Institutes für Radiumforschung  
Nr. 227

Über die Halbwertszeit von Radium D

Von

Ewald A. W. Schmidt

(Mit 3 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 2. November 1928)

Zur Bestimmung der Halbwertszeit des RaD sind wegen des erforderlichen langen Zeitraumes, über den eine direkte Beobachtung erstreckt werden muß, bisher meist indirekte Ermittlungsverfahren angewendet worden.

Am zuverlässigsten erscheinen davon jene Methoden, die sich auf einen Vergleich der Mengen der in der Zerfallsreihe dem RaD vorangehenden Substanzen mit den der aus ihnen entstandenen Folgeprodukte desselben stützen. Man geht dabei so vor, daß entweder die  $\alpha$ -Strahlung von RaC mit der des über RaD gebildeten Po oder die  $\beta$ -Strahlung von RaC mit der von RaE verglichen wird.

So fand zunächst E. Rutherford<sup>1</sup> (1904) durch  $\beta$ -Vergleich eine Halbierungszeit  $T = 40$  Jahre, St. Meyer und E. v. Schweidler<sup>2</sup> (1906) nach derselben Methode den Wert  $T = 37.5$  Jahre und durch  $\alpha$ -Vergleich:  $T = 13.5$  Jahre. Die Strahlungsintensität wurde in diesen Arbeiten durch Messung der ionisierenden Wirkung bestimmt, während G. N. Antonoff<sup>3</sup> eine Zählung der  $\alpha$ -Teilchen eines aus einer gegebenen Radonmenge entstandenen Po-Präparates vornahm und zu dem Wert  $T = 16.5$  Jahre gelangte.

Die großen Diskrepanzen, welche die Ergebnisse dieser Versuche insbesondere zwischen den Methoden des  $\alpha$ - und  $\beta$ -Vergleichs aufweisen, lassen sich wohl größtenteils durch den quantitativ höchst unsicheren Schluß auf die Aktivität eines Präparates aus Messungen der Ionisierung durch  $\beta$ -Strahlen erklären. Aus diesem Grunde ist die Methode des  $\alpha$ -Strahlenvergleichs unbedingt vorzuziehen. Doch sind auch die nach diesem Verfahren ausgeführten Messungen nur an zwei Präparaten und zu einer Zeit angestellt worden, in der nur ungenaue Kenntnisse über das Ionisierungsvermögen der einzelnen  $\alpha$ -Strahlengattungen vorlagen.

---

<sup>1</sup> E. Rutherford, Phil. Trans. (A), 204, 169, 1904; Proc. Roy. Soc., 73, 403, 1904.

<sup>2</sup> St. Meyer und E. v. Schweidler, Wiener Ber., 115, 697, 1906; 116, 701, 1907; Phys. Zeitschr., 8, 457, 1907.

<sup>3</sup> G. N. Antonoff, Phil. Mag. (6), 19, 825, 1910.

Wenn nun auch der bisher festgesetzte Wert von zirka 16 Jahren durch einige Bestimmungsversuche anderer Art<sup>1</sup> eine gewisse Wahrscheinlichkeit erhalten hat, so bleibt doch die Halbwertszeit des RaD eine der unsichersten Konstanten der radioaktiven Zerfallsreihen. Einer Anregung von St. Meyer folgend, habe ich es daher unternommen, die Versuche nach der Methode des  $\alpha$ -Strahlenvergleichs mit einer größeren Zahl von Präparaten, nach möglichst verschiedenen Methoden hergestellt, zu wiederholen.

Vorversuche zeigten, daß man praktisch am besten von der Aktivierung mit einer gewissen Radonmenge ausgeht, deren Größe nachträglich aus dem daraus entstandenen RaC zu ermitteln ist. Dazu ist ein Aktivierungsverfahren zu benützen, welches eine exakte Berechnung des abgestorbenen Radons auf Grund der Bestimmung des RaC-Wertes bei der Unterbrechung der Aktivierung erlaubt. Durch die Kombination verschiedener Meßmethoden sollte außerdem ein möglichst fehlerfreier Vergleich der jeweils vorhandenen Strahlung des Präparates erreicht werden.

### Die Herstellung der Präparate.

Das einfachste Verfahren zur Herstellung von Präparaten, die der erwähnten Forderung genügen, ist die Daueraktivierung in einem mit Radon gefüllten Gefäß und gründet sich auf die Annahme einer zeitlich gleichmäßigen Absetzung des aktiven Niederschlages auf allen Wandflächen.

Eine bessere Ausnützung der zur Verfügung stehenden Radonmenge wird durch die elektrische oder die Kondensationsmethode erreicht. Da bei den vorliegenden Versuchen gewöhnlich so vorgegangen wurde, daß erst die solcherart ausgenützte Emanation zur Daueraktivierung verwendet wurde, sollen diese Aktivierungsmöglichkeiten zunächst besprochen werden.

Die elektrische Methode besteht darin, die positiv geladenen Rückstoßatome auf der zu aktivierenden Fläche dadurch zu sammeln, daß man diese entsprechend auf einer negativen Spannung von einigen hundert Volt gegenüber dem übrigen Aktivierungsgefäß hält. Obzwar die Ausbeute an aktivem Niederschlag hierbei gut ist, zeigt es sich doch, daß auf diese Weise hergestellte Präparate für den vorliegenden Zweck unverwendbar sind. Das Auftreten des sogenannten elektrischen Windes bewirkt<sup>2</sup> nach einer gewissen Zeitdauer der Exposition eine Abnahme der abgeschiedenen Folgeprodukte. Dieser aus den anormal verlaufenden Abklingungskurven hervorgehende Vorgang ist ganz unkontrollierbar und schließt eine Berechnung der Endmenge des Niederschlages völlig aus.

---

<sup>1</sup> R. Thaller, Wiener Ber., 123, 157, 1914.

M. Curie und D. K. Yovanovitch, J. de phys. (6), 6, 33, 1925.

T. Kautz, Mitt. d. Ra-Inst. Nr. 183, diese Ber., 135, 93, 1926.

A. Gabler, Mitt. d. Ra-Inst. Nr. 126, diese Ber., IIa, 129, 210, 1920.

Bei der Kondensationsmethode nach H. Pettersson<sup>1</sup> wird die Emanation durch beliebig lange Zeit auf den zu aktivierenden Metallfolien oder -scheibchen ausgefroren gehalten. Die Vorteile und möglichen Fehlerquellen anderseits, welche dieses Verfahren für den gegebenen Zweck bietet, waren für die Art seiner Anwendung maßgebend.

Die Ausgangsmenge von einigen hundert Milligrammäquivalent Radon wurde zunächst der gewöhnlichen Vorreinigung durch Funken,

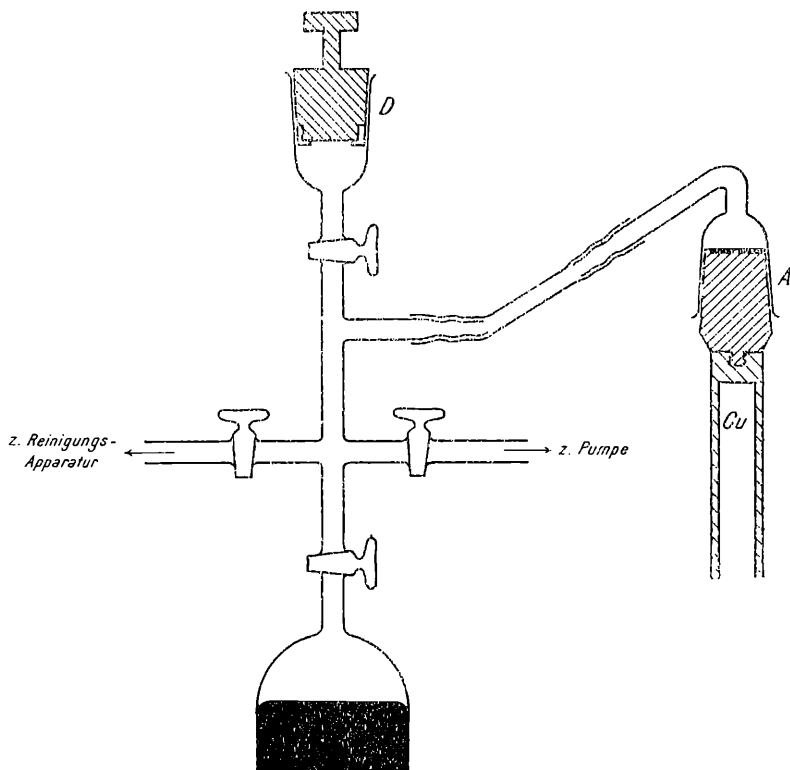


Fig. 1

längeres Stehen über geschmolzenem KOH und mehrstündiges Trocknen mit  $P_2O_5$  unterworfen und sodann beim wiederholten Durchpumpen durch in flüssiger Luft gekühlte U-Rohre von allen nicht kondensablen Beimengungen getrennt. Von dem nach Entfernung der flüssigen Luft verdampfenden Kondensat wurde stets nur die erste entweichende Gasmenge benützt, deren Eintreten in die Pumpgefäße man an dem plötzlichen Aufleuchten erkennt.

<sup>1</sup> H. Pettersson, Mitt. d. Ra-Inst. Nr. 155, diese Ber., IIa, 132, 55, 1923.

G. Ortner und H. Pettersson, Mitt. d. Ra-Inst. Nr. 166, diese Ber., IIa, 133, 229, 1924.

Das Aktivierungsgefäß *A* (Fig. 1), von der zur Herstellung der Präparate für Atomzertrümmerungsversuche in diesem Institute üblichen Form, besteht aus einem birnförmig erweiterten Quarzrohr, in das ein Invarkonus dicht eingeschliffen ist. Das Dichthalten des Aktivierungsgefäßes, auch bei der Temperatur der flüssigen Luft, wurde stets durch mehrere Tage geprüft. Die Präparatunterlagen bestanden aus zirka 1 *mm* starken Scheibchen aus Invarstahl. Diese waren entweder in den Konus, dessen Stirnfläche sie bildeten, eingeschraubt oder, was die späteren Messungen erleichtert, in das mit einer flachen, an den Rändern konischen Vertiefung versehene Schliffende dicht eingepaßt. In letzterem Falle war meist das kreisförmige Scheibchen von etwa 20 *mm* Durchmesser in zwei Hälften geteilt, von denen die eine zu den verschiedenen Kontrollversuchen diente.

Die Schliffe sind mit Benützung von möglichst wenig Hahnfett einzusetzen und ebenso das Aktivierungsgefäß durch längeres Waschen in Alkohol und Benzin von allen Fettspuren zu befreien, die erfahrungsgemäß große Mengen von Radon okkludieren. Die Präparatscheibchen waren auf Hochglanz poliert und ebenfalls vor dem Einsetzen sorgfältigst gereinigt worden. Trotzdem haben Versuche gezeigt, daß die Kondensation nicht an allen Stellen gleichmäßig erfolgt, was jedoch an sich für den vorliegenden Fall ohne Bedeutung ist. Bei längeren Expositionszeiten, wie sie hier verwendet wurden, tritt fast immer ein leichtes Anlaufen der Präparatoberfläche ein, das wohl von gasförmigen Produkten herrührt, die sich bei Berührung des Radons mit Fett in den Hähnen der Reinigungsapparatur oder dem Vakuumschlauch bilden, welcher das Quarzgefäß mit der übrigen Glasapparatur verbindet. Das elektrolytische Überziehen der Scheibchen mit einer dünnen Platinschicht, das in manchen Fällen angewendet wurde, ergab keine merkliche Verbesserung, ist aber für die Konservierung der Präparate später von Vorteil.

Um den Zeitpunkt des Beginnes der Kondensation genauer fixieren zu können, ist es vorteilhaft, das Präparatscheibchen schon vor dem Einbringen der gereinigten Emanation zu kühlen, was durch Eintauchen des an dem Invarschliff angeschraubten Kupferrohres in flüssige Luft geschieht. Das bedingt jedoch, um ein Beschlagen des Scheibchens mit anderen Kondensaten zu verhindern, peinliche Trockenhaltung der Apparatur und die erwähnte gründliche Reinigung der Emanation.

Die nicht unbeträchtlichen Mengen von adsorbiertem und okkludiertem Radon würden eine genaue Messung stören, daher müssen die Präparate vorher von diesen Gasresten befreit werden. Da es anfangs unbekannt war, ob durch die gebräuchlichen Entemanierungsverfahren die Präparate für diese Untersuchung nicht untauglich werden, wurde eine Anzahl von Versuchen gemacht, derart, daß von den erwähnten zweigeteilten Scheibchen jede Hälfte auf verschiedene Weise behandelt und die Ergebnisse verglichen wurden. Am günstigsten ist es danach, die Präparate in einem Rohr, das hochevakuiert ist, durch etwa 5 bis 8 Minuten in siedendem Paraffin zu erhitzen

(zirka  $200^{\circ}$  C.). Eine vollständige Entfernung aller okkludierter Radonreste wird auf diese Weise zwar nicht erreicht, doch besteht keine wesentliche Verseuchungsgefahr mehr.<sup>1</sup> Die für die Berechnung anzubringende Korrektur ist meist verschwindend klein.

Mit diesem Kondensationsverfahren werden RaD-Präparate in für die weitere Messung bequemer Stärke auch bei geringeren Radonmengen und nicht zu langer Expositionszeit erhalten.

Durch die Aktivierung mit Radon in fester Form scheint eine gleichmäßige Absetzung der Folgeprodukte gewährleistet. Zudem haben die solcherart hergestellten Präparate den speziell für den vorliegenden Zweck bedeutenden Vorzug des außerordentlich festen Haftens der aktiven Schicht auf der Unterlage, das durch die Einhämmernung durch drei  $\alpha$ -Rückstöße bewirkt wird.

Demgegenüber bestehen zwei Fehlermöglichkeiten, welche die Endresultate fälschen können. Erstens ist es möglich, daß die Kondensation eines Teiles des Radons stärker verzögert eintritt, wodurch der aus der Endmenge des vorhandenen RaC errechnete Wert für das gesamte abgestorbene Radon zu hoch herauskäme und eine zweite Fehlermöglichkeit besteht darin, daß der erwähnte gemessene Endwert an RaC außerdem aus irgendeinem Grunde bei Unterbrechung der Exposition größer oder kleiner ist, als dem Gleichgewichte während der gesamten Expositionszeit tatsächlich entspricht.

Um den Einfluß der ersten Fehlerquelle einzuschränken, beziehungsweise festzustellen, wurde die Aktivierung stets über größere und verschieden lange Zeiten (von 12 bis 56 Stunden) ausgedehnt, ohne daß ein systematischer Unterschied in den Endresultaten zu finden gewesen wäre. Was den zweiten Fehler betrifft, so sind offenbar für einen zu großen Endwert an RaC kaum triftige Gründe anzugeben, hingegen wäre es möglich, daß im Laufe der Aktivierung ursprünglich auf dem Scheibchen kondensiertes Radon abwandert. Es ist eine oft beobachtete Erscheinung, daß sich bei langer Expositionszeit, auch wenn der Präparatsträger sorgfältigst eingeschliffen ist, im Schliffteile mit der Zeit ein scharfer leuchtender Rand dort ausbildet, wo die Grenze der Schliffettung verläuft. Eine wachsende Okklusion von Radon durch das Fett könnte immerhin das anfängliche Gleichgewicht zwischen kondensierter und gasförmiger Emanation stören. Da bei der Daueraktivierung (ohne Benützung der Kondensation) die betreffende Erscheinung nicht beobachtet wurde, so wäre eventuell hier ein regelmäßiger Unterschied zu erwarten.

Die Versuche haben aber gezeigt, daß die Differenzen der Endergebnisse von nach den beiden Methoden hergestellten Präparaten nicht größer sind, als jene von Präparaten ein und derselben Aktivierungsart untereinander.

Zur Herstellung von Präparaten mit Daueraktivierung wurde das verdampfte Radon aus dem Kondensationsgefäß zurückgezogen

---

<sup>1</sup> Es war selbst durch 5 Minuten dauerndes Rotglühen nicht möglich, alle Emanation auszutreiben.

und sogleich in den Glasschliff D (Fig. 1) eingeführt. Als Präparatunterlagen dienten entweder ähnliche Scheibchen wie bei der Kondensation oder es wurde ein rundes Platinblech zwischen der Frontfläche des eingeschliffenen Messingstöpsels und einem seinen obersten Teil bildenden Rähmchen festgeklemt. Auch dieses Gefäß ist vorher durch mehrere Tage auf Dichtigkeit geprüft worden. Die Exposition wurde in diesem Falle meist über zwei bis drei Halbwertszeiten der Emanation erstreckt. Die Entemanierung geschah in der früher beschriebenen Weise. Große Vorsicht gegen jede Berührung der Oberfläche ist hier wegen des schlechteren Haftens der aktiven Schicht notwendig.

### Die Messung der Präparate.

Bei Berücksichtigung der Expositionsdauer errechnet sich das Gesamtquantum des bis zum Abbruch der Aktivierung auf dem Scheibchen abgestorbenen Radons aus der nachträglich gemessenen Menge des vorhandenen RaC, korrigiert für diesen Zeitpunkt. Der Verlauf der Abklingung erweist gleichzeitig die Berechtigung der angestellten Berechnung, indem aus ihm hervorgeht, ob sich die kurzlebigen Folgeprodukte der Emanation im Gleichgewichte befanden. Da diese Feststellung speziell von größter Bedeutung für die Genauigkeit der Resultate ist, habe ich die Messung des RaC-Abfalles stets mit drei bis vier verschiedenen Anordnungen durch 6 bis 8 Stunden fortgesetzt.

Begonnen wurde mit einer Messung der  $\gamma$ -Aktivität durch Vergleich mit einer Reihe von Ra-Standards passender Stärke im großen Plattenkondensator, in Verbindung mit einem Wulf-Elektrometer.<sup>1</sup> Hatten die Präparate eine entsprechende Stärke erreicht, so folgte in den allermeisten Fällen eine Zählung der emittierten  $\alpha$ -Teilchen. Zu diesem Zwecke wurde in einem 4·8 cm weiten, 2 m langen, evakuierten Messingrohr durch Zelluloidblenden von dem auf einem Schlitten eingeführten Präparat ein enges Strahlenbündel ausgeblendet.<sup>2</sup> Weitere Blenden verhinderten den Austritt von an der Rohrwandung gestreuten  $\alpha$ -Teilchen. Die Auszählung des Strahlenbündels geschah entweder mit Szintillationsschirm und Mikroskop oder mit der elektrischen Zählordnung von G. Ortner und G. Stetter.<sup>3</sup> In diesem Falle war die Austrittsöffnung des Rohres mit einem Glimmer von 9 mm Luftäquivalent verschlossen. Der Abstand desselben von der Verschlussfolie der Ionisationskammer (Al von 6 mm Luftäquivalent) betrug höchstens 3 mm. Die Zählung wurde durch Beobachtung der Ausschläge eines Ampèremeters und gleichzeitiges Abhören der Knacke in einem Lautsprecher vorgenommen. Die Auszählung bei rasch abfallender Teilchenzahl bietet bekanntlich besondere Schwierigkeiten,

<sup>1</sup> St. Meyer und E. v. Schweidler, Radioaktivität, p. 290.

<sup>2</sup> Für die Überlassung der für eine andere Untersuchung aufgestellten Anordnung sowie für Unterstützung bei den Zählversuchen bin ich Frau Dr. E. Karachailova zu Dank verpflichtet.

<sup>3</sup> G. Ortner und G. Stetter, Mitt. Ra-Inst. Nr. 228.

da die Mittelwertbildung stets nur über verhältnismäßig kurze Zeitintervalle ausgedehnt werden kann. Das gilt besonders von der Szintillationszählung, wo sich den natürlichen Schwankungen an Teilchenzahl noch die Empfindlichkeitsschwankungen des Zählers überlagern. Ich habe deshalb auch, sooft mir diese zur Verfügung stand, die elektrische Zählordnung vorgezogen. Bezüglich der zeitlichen Ausdehnung des Versuches ist man allerdings auch in diesem Falle ziemlich beschränkt. Es zeigt sich nämlich, daß eine zu große Zahl von Partikeln zu kleine Werte ergibt, wohl wegen der Schwierigkeit, den Effekt von nahezu gleichzeitig in die Ionenkammer eintretenden Strahlen zu trennen und andererseits stört bei kleineren Zahlen eine nicht immer auszuschließende wachsende Verseuchung mit ihren ebenfalls schwankenden Werten bereits erheblich. Ein Auswechseln der Blenden, sei es erwünscht, weil die erwartete Präparatstärke nicht erreicht wurde oder wegen Verseuchung, ist aber wegen der notwendigen exakten Zentrierung während des Versuches nicht gut möglich. Eine gewisse Unsicherheit in der Auswertung wird auch durch den schwer genau ermittelbaren Einfluß der Streuung an den Verschlüßfolien von Rohr und Kammer bewirkt. Trotzdem weichen, mit Ausnahme von wenigen Fällen, sowohl die mit der Szintillationszählung wie der elektrischen Registrierung erhaltenen Mittelwerte nur um einige Prozente von dem für den betreffenden Zeitpunkt aus den vorangehenden und nachfolgenden Messungen mit anderen Methoden extrapolierten Wert der Präparatstärke ab. Der vergleichenden Berechnung ist dabei die Heß-Lawson'sche Zahl von  $3 \cdot 72 \cdot 10^7$   $\alpha$ -Teilchen pro 1 mg Radium zugrunde gelegt worden. Eine Veränderung der Abklingung der Präparate durch das neuerliche längere Verbleiben im Vakuum tritt, wie Parallelversuche zeigten, nicht ein.

Nach erfolgter Auszählung wurde der weitere Abfall der Präparatstärke durch Messung des  $\alpha$ -Ionisationseffektes im Plattenkondensator mit einem hochempfindlichen Galvanometer beobachtet. Bei den großen Anfangswerten der Ionisation (Beobachtung des Dauerausschlags) war dabei auf den Sattwert zu extrapolieren. Die kleineren Endwerte wurden ballistisch gemessen. Der Anteil der  $\beta$ -Aktivität an der Ionisation konnte durch Bedecken der Präparate mit Absorptionsfolien bestimmt und in Rechnung gesetzt werden. Die Präparate waren stets beiderseitig zu messen, da immer ein geringer Bruchteil der Aktivität auf der Rückseite sitzt, welcher bei der  $\gamma$ -Messung mitgemessen wird. Es war der so für die Vorderseite der Präparate mit Ausschluß der geringen Randaktivität (Abblendung mit passenden Schablonen) ermittelte Prozentsatz, der bei der Auswertung der Zählversuche in Frage kommt. In jenen Fällen, wo die Menge der okkludierten Emanation nicht zu groß war, schloß sich schließlich noch die Ionisationsmessung mit einem Wulf-Zweifaden-elektrometer und Topfanordnung an.

Die Übereinstimmung zwischen den mit den verschiedenen Anordnungen gemessenen Werten ist fast durchwegs sehr befriedi-

gend. Die ausgezogene Kurve in der Fig. 2 gibt den aus dem extrapolierten Anfangswert<sup>1</sup> nach den Tabellen des Werkes von St. Meyer und E. v. Schweidler gerechneten Abfall für den geforderten Gleichgewichtszustand bei Abbruch der Exposition. Wie ersichtlich, schließen sich die einzelnen Meßwerte im allgemeinen dieser theoretischen Abklingungskurve eng an. Auf die Größe der möglichen Meßfehler bei den einzelnen Präparaten wird später eingegangen.

In der Folgezeit wurden die Präparate anfangs alle 8 bis 14 Tage, später in längeren Intervallen gemessen und der Anstieg der  $\alpha$ -Aktivität des anwachsenden Poloniums verfolgt. Diese Messungen erstrecken sich bei den einzelnen Präparaten über 6 bis 8 Monate. In der Zwischenzeit waren die Scheibchen einzeln in kleinen Fläschchen

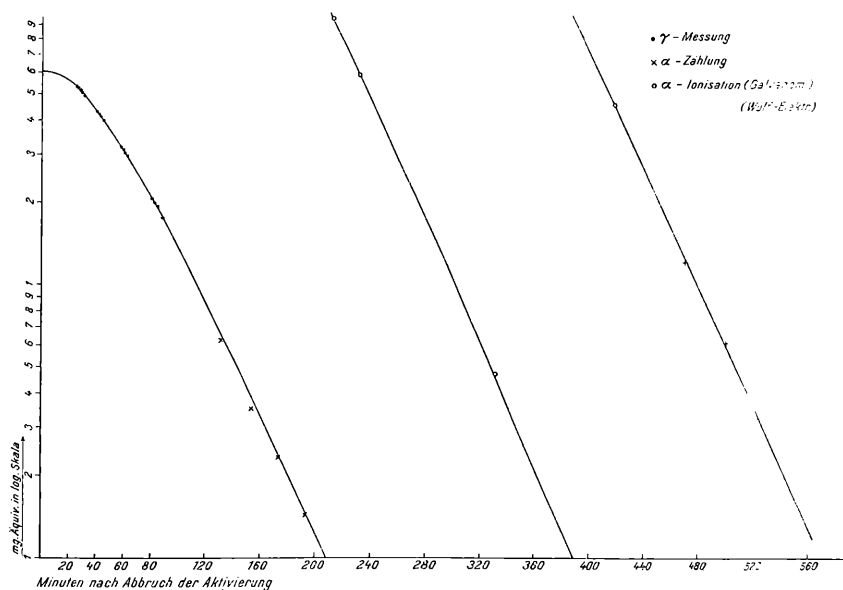


Fig. 2.

unter trockenem Stickstoff aufbewahrt, um jeden chemischen Angriff auf die Oberfläche zu vermeiden. Zudem wurden die Präparatscheibchen in Rähmchen gespannt, so daß beim Messen eine direkte Berührung mit der Pinzette oder der Unterlage vermieden war. Wie Kontrollversuche zeigten, ist das insbesondere bei nicht ganz blanken Oberflächen notwendig. Der Betrag der Abschirmung durch diese Rähmchen wurde dann erst bei den letzten Messungen ermittelt.

Die Messung der  $\alpha$ -Ionisation erfolgte zunächst mit dem Wulf-Elektrometer, für welche Anordnung durch Vergleich mit bekannten Präparaten eine Sättigungskurve aufgenommen wurde, späterhin mit zunehmender  $\alpha$ -Aktivität wieder im Plattenkondensator mit dem

<sup>1</sup> Bei dieser Extrapolation wurde das Schwergewicht stets auf die mit den elektrischen Methoden gewonnenen Meßwerte gelegt.



Galvanometer. Da die Meßresultate bei so schwachen Präparaten (um eine elektrostatische Einheit) unter Umständen um mehrere Prozente schwanken, wurde eine entsprechend lange Anstiegszeit abgewartet, um exakte Mittelwerte zu erhalten. Die Feststellung des geringen Anteils der  $\beta$ -Ionisation geschah wieder durch Extrapolation aus Messungen mit Absorptionsfolien verschiedener Dicke.

Außer der Ionisationsmessung wurden auch hier stichprobenweise Auszählungen der emittierten  $\alpha$ -Teilchen mit einem verkürzten Blendenrohr der beschriebenen Art vorgenommen. Die Berechnung zum Vergleich mit der elektrischen Messung erfolgt auf Grund der Annahme eines Verhältnisses der Ionisierung durch  $\alpha$ -Strahlen von

Po und RaC wie  $\frac{1 \cdot 5}{2 \cdot 2}$ .<sup>1</sup> Daraus folgt eine Zahl von  $2 \cdot 79 \times 10^4$  allseitig

ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen pro eine elektrostatische Einheit Polonium

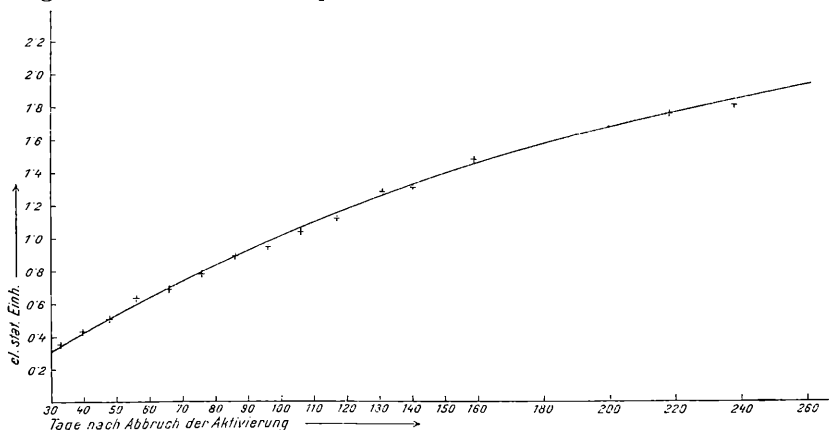


Fig. 3.

halbseitig gemessen. Die Abweichungen der Zählresultate vom so berechneten Wert sind, soweit sie sich auf die elektrische Registrierung beziehen, geringer als bei der  $\alpha$ -Zählung der RaC-Präparate.

Fig. 3 gibt ein Beispiel einer solchen Anstiegsmessung, aus der die mit dem RaD im laufenden Gleichgewicht befindliche Po-Menge zu extrapolieren ist. Die ausgezogene Kurve zeigt wieder den theoretischen Anstieg, gerechnet aus dem ermittelten Gleichgewichtswert.

Die Berücksichtigung des Einflusses der Ra D-Konstanten auf die schließliche Korrekturrechnung zur Bestimmung des Dauer-gleichgewichtes im Zeitpunkt des Aktivierungsschlusses, erfolgte durch Abgleichung mit dem Mittelwert der gefundenen Resultate.

### Diskussion der Versuchsergebnisse.

Aus den in der beschriebenen Weise ermittelten Werten ergibt sich die Halbierungszeit des Ra D nach der Formel:

<sup>1</sup> St. Meyer und E. Schweidler, Radioaktivität, p. 629.

$$T_{\text{Ra D}} = T_{\text{Ra Em}} \times 3.72 \times 10^7 \times \frac{\text{mg Äquivalent zerfallenes Radon}}{\text{Zahl der zerfallenden Ra D-Atome/sec.}}$$

Die nebenstehende Tabelle gibt in Kolonne 2 die Resultate dieser Berechnung für die einzelnen Präparate. In den Kolonnen 3 und 4 sind dazu die Aktivierungsart und -dauer des betreffenden Präparates vermerkt.

Tabelle.

| 1   | 2                         | 3                | 4                       | 5                                                            |
|-----|---------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Nr. | $T_{\text{Ra D}}$ (Jahre) | • Aktivierungs-  |                         | Bemerkung                                                    |
|     |                           | art              | zeit                    |                                                              |
| 1   | $23.04 \pm 20\%$          | Daueraktivierung | 10 Tage                 | { Unstimmigkeit zwischen<br>$\alpha$ - und $\gamma$ -Messung |
| 2   | $22.3 \pm 50\%$           | »                | 10 »                    |                                                              |
| 3   | $25.7 \pm 30\%$           | »                | 8                       |                                                              |
| 4   | $24.4 \pm 30\%$           | Kondensation     | $13\frac{1}{2}$ Stunden |                                                              |
| 5   | $25.5 \pm 3.50\%$         | »                | 56                      | Entemanierung bei Rotglut<br>Kondensat unrein                |
| 6   | $27.0 \pm 3.20\%$         |                  | $12\frac{1}{2}$         |                                                              |
| 7   | $29.6 \pm 30\%$           |                  | $12\frac{1}{2}$         |                                                              |
| 8   | $29.4 \pm 30\%$           |                  | 28                      |                                                              |

Wie man sieht, sind die Differenzen in dem Endergebnis ziemlich bedeutend. Allerdings lassen sich bei einigen Präparaten gewisse Hinweise zur Erklärung für das besonders starke Herausfallen der Werte geben, die in der letzten Spalte eingetragen sind. So ist Präparat 2 das einzige, bei welchem eine große (bis 90%), durch einen Sprung nach oben in der sonst normal verlaufenden Abklingungskurve kenntliche Diskrepanz, zwischen der  $\alpha$ - und  $\gamma$ -Messung der Ra C-Aktivität auftrat.

Dementsprechend dürfte der gegebene Mittelwert zu niedrig sein. Da es sich um ein Schwesterpräparat zu Nr. 1 handelt, fehlt hier die dort vorgenommene Auszählung der  $\alpha$ -Teilchen.

Nr. 7 wurde beim Entemanieren auf Rotglut erhitzt. Ob und wie in diesem Umstand die Ursache für den höheren  $T$ -Wert zu suchen ist, läßt sich nicht eindeutig entscheiden. Dasselbe gilt für Präparat 8, welches bei der Herausnahme aus dem Schliff einen kleinen Kondensattropfen zeigte, der aufgesogen wurde. Der Ra C-Abfall war aber auch in diesen Fällen normal, aus welchem Grunde sie auch in der Tabelle aufgenommen sind. Hingegen sind solche Präparate weggelassen, die zu Kontrollzwecken besonders behandelt wurden, deren Abklingung entsprechend unregelmäßig verlief und jene, deren Aktivierung als mißlungen angesehen werden muß.<sup>1</sup>

Die verhältnismäßig weiten Fehlergrenzen erklären sich aus

<sup>1</sup> So gibt z. B. ein Präparat, auf welches durch ein plötzliches Undichtwerden der Schlauchverbindung ein Hg-Spritzer kam, wie zu erwarten, entsprechend dem durch Legierungsbildung verlorenen Ra D einen bedeutend höheren Wert für  $T_{\text{Ra D}}$ .

dem Umstand, daß die Schwankungen der Ablesungen der verschiedenen angewandten Meßarten (mit Ausnahme offenbar falscher Zählungen) berücksichtigt sind und sich die Fehler teilweise summieren. Doch selbst, wenn man diese voll in Rechnung setzt und außerdem die früher erwähnten, einigermaßen verdächtigen Werte ausschließt, so lassen sich die Diskrepanzen unmöglich durch Meßfehler erklären. Nun tritt zu den übrigen bei Besprechung der Präparatherstellung als möglich erwähnten Fehlerquellen noch ein eventueller Verlust an radioaktiver Substanz nach erfolgtem Absterben des Ra C. Als Erklärung für einen solchen würde das Abstreifen einer sehr locker sitzenden Oberflächenschichte, Abblasen bei Durchleitung des Stickstoffs in die Aufbewahrungsfläschchen oder schließlich Aggregatrückstoß in Betracht kommen. Auf die Ausschließung der ersten beiden Möglichkeiten wurde bei der Behandlung der Präparate sehr viel Gewicht gelegt; ein Versuch zur Feststellung des Aggregatrückstoßes (durch Überschieben einer mit einer nachträglich gemessenen Folie belegten Kapsel über ein Präparat) macht auch einen wesentlichen Einfluß dieser Verlustmöglichkeit unwahrscheinlich. Eine solche würde sich in einer Vergrößerung des  $T$ -Wertes äußern, während die bei der Aktivierung erwähnten Fehlerquellen, lange Expositionszeit vorausgesetzt, eher eine Verkleinerung bewirken würden. Es wäre Sache einer sehr eingehenden Untersuchung, diese Verhältnisse und damit den Grund für die Differenzen in den Resultaten zu klären.

Abgesehen von diesen, zwingen aber die Versuchsergebnisse zu dem Schluß, daß der Wert für die Halbierungszeit des Ra D erheblich größer ist, als bisher angenommen wurde. Dabei gewinnt der aus den vorliegenden Versuchen hervorgehende Wert von zirka 25 Jahren um so mehr an Wahrscheinlichkeit, als er aus der Messung von in verschiedener Weise hergestellten Präparaten erhalten ist und die Ergebnisse, wie die in der Tabelle angeführten Daten zeigen, gegen einen systematischen Einfluß der Aktivierungsart und -zeit sprechen.

### Zusammenfassung.

Durch Vergleich der Strahlung der aus einer gegebenen Menge von Radon sukzessive gebildeten radioaktiven Substanzen wird eine Neubestimmung der Halbierungszeit des Ra D vorgenommen. Von den möglichen Aktivierungsverfahren werden die Daueraktivierung und die Kondensationsmethode gewählt und in für den gegebenen Fall entsprechender Weise angewendet.

Die möglichen Fehlerquellen werden eingehend diskutiert. Die Messung der Präparate erfolgt mit drei bis vier verschiedenen Anordnungen.

Die gefundenen Resultate sprechen für einen Wert der Halbierungszeit des Ra D von zirka 25 Jahren.

# 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: 1928

Band/Volume: [137\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Ewald A. W.

Artikel/Article: [Mitteilungen des Institutes für Radiumforschung Nr. 227. Über die Halbwertszeit von Radium D. 647-657](#)