

Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung

Nr. 183

Ermittlung der Halbwertszeit von RaD mittels Wärmemessung eines alten Ra-Präparates

Von

Theodora Kautz

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Februar 1926)

Die Halbwertszeit von RaD wurde bereits nach verschiedenen Methoden bestimmt. Die Ergebnisse der ersten Messungen weichen noch stark voneinander ab, während die letzten Resultate schon in ziemlich guter Übereinstimmung stehen. G. N. Antonoff¹ erhielt im Jahre 1910 für die Halbwertszeit von RaD den Wert von $16\frac{1}{2}$ Jahren, R. Thaller² im Jahre 1914 den Wert von $15\cdot83$ Jahren.

Es wurde von mir im Jahre 1925 eine Bestimmung der Halbwertszeit von RaD aus der Wärmeentwicklung eines Ra-Präparates vorgenommen, welche Methode im folgenden zur Darstellung gebracht werden soll.

Ein Ra-Standardpräparat des Wiener Radiuminstitutes war im August 1911 von seinen Folgeprodukten befreit worden; mit diesem Zeitpunkt begann die Nachentwicklung von Polonium, dessen Anhängungsgeschwindigkeit von der Zerfallsgeschwindigkeit von RaD abhängt. Dieses Ra-Präparat wurde im Jahre 1925 bezüglich seiner Wärmeentwicklung gemessen und aus dem Anteil an Wärmeentwicklung, der auf das bereits nachgebildete Polonium entfällt, konnte nun ein Rückschluß auf die Lebensdauer von RaD gezogen werden.

Die Wärmemessung geschah mittels einer Kompensationsmethode, welche von St. Meyer und V. F. Hess³ beschrieben ist. Es wurde die Wärmeentwicklung des Präparates zu $4\cdot440_8$ cal./h gemessen. Hiervon entfällt auf das Ra und seine kurzlebigen Folgeprodukte eine Wärmeproduktion von $4\cdot0475$ cal./h, da das Standardpräparat zur Zeit der Messung einen Radiumgehalt von $30\cdot594$ mg aufwies und nach St. Meyer und V. F. Hess³ 1 g Ra im Gleichgewicht mit seinen kurzlebigen Folgeprodukten — in derselben Anordnung, die hier verwendet wurde — $132\cdot3$ cal./h erzeugt. Die

¹ G. N. Antonoff, *Phil. Mag.*, 19, p. 852, 1910.

² R. Thaller, *Wien. Ber.*, 123, p. 157, 1914.

³ St. Meyer und V. F. Hess, *Wien. Ber.*, 121, p. 603, 1912.

Wärmeentwicklung, die durch die β - und γ -Strahlung von RaD und RaE hervorgerufen wird, wurde aus Angaben von H. Geiger und A. F. Kovarik¹, beziehungsweise E. Rutherford und H. Richardson² zu $0\cdot009_4$ cal./h bestimmt, wobei als Maß der von der betreffenden Strahlung hervorgerufenen Energie die Anzahl von Ionenpaaren genommen wurde, die eine β -, beziehungsweise γ -Emission in der Zeiteinheit erzeugt. Werden nun die auf das Ra und seine Folgeprodukte bis inklusive RaE entfallenden Anteile an Wärmeproduktion von dem beobachteten Wert für die Wärmeentwicklung des Präparates in Abzug gebracht, so bleibt ein Rest von $0\cdot383_9$ cal./h, der auf das Polonium entfällt. Wir haben somit in dem Präparat, in dem sich während $13\cdot9_2$ Jahren (im Mittel) Polonium nachgebildet hat, einen Wärmeüberschuß von $9\cdot5^0_0$ gegenüber einem gleich starken Präparat ohne Polonium.

Dieser aus der Beobachtung gewonnene Wert ist nun mit jenen zu vergleichen, die eine Berechnung ergibt, wobei für die Halbierungszeit von RaD verschiedene Werte gesetzt werden. Die Berechnungen gestalten sich nach M. Curie³ folgendermaßen: Bezeichnet Δ die durch α -Strahlung hervorgerufene Wärmeentwicklung des Ra-Präparates, das von Polonium befreit ist, Δ' jene des Poloniums, so ist

$$\frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{27\cdot4}{123\cdot6} \frac{\lambda_3 P}{\lambda_1 R}, \text{ wobei } \frac{\lambda_3 P}{\lambda_1 R} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \left[1 - \frac{\lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_2} e^{-(\lambda_2 - \lambda_1)A} + \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_3 - \lambda_2} \cdot e^{-\lambda_3 A} \right],$$

wenn $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ die Zerfallskonstanten von Ra, RaD und Po bedeuten, A die Zeit, die seit dem Beginn der Poloniumnachbildung bis zur Messung des Präparates verflossen ist und R und P die zur Zeit A vorhandene Anzahl Atome Ra, beziehungsweise Po.

Die Wärmeentwicklung eines Ra-Präparates wird, wenn sich durch eine bestimmte Zeit A hindurch Polonium nachgebildet hat, im Verhältnis $\frac{\Delta + \Delta'}{\Delta}$ vermehrt. Werden den Konstanten nach

St. Meyer und E. Schweidler⁴ die folgenden Werte zugrunde gelegt:

$$\lambda_1 = 4\cdot00 \cdot 10^{-4} a, \lambda_2 = 0\cdot0433 \text{ (für eine Halbierungszeit von RaD } T_{RaD} = 16 a),$$

$$\lambda_2 = 0\cdot0347 \text{ (für } T_{RaD} = 20 a),$$

$$\lambda_3 = 1\cdot85_5 \text{ und } A = 13\cdot9_2 a,$$

¹ H. Geiger und A. F. Kovarik, Phil. Mag., 22, p. 604, 1911.

E. Rutherford und H. Richardson, Phil. Mag., 26, p. 324, 1913.

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

⁴ St. Meyer und E. Schweidler, Radioaktivität, p. 372/373, 1916.

so ergibt die Berechnung die folgenden Resultate:

$$\frac{\Delta + \Delta'}{\Delta} = 1.097_7 \text{ für } T_{RaD} = 16 a$$

$$\frac{\Delta + \Delta'}{\Delta} = 1.082_4 \text{ für } T_{RaD} = 20 a.$$

Aus den Messungen beobachtet erhielt ich

$$\frac{\Delta + \Delta'}{\Delta} = \frac{3.7814 + 0.3839}{3.7814} = 1.101_5,$$

welcher Wert besser mit jenem berechneten übereinstimmt, bei welchem die Halbirungszeit von RaD mit 16 Jahren bemessen wurde, als wenn sie mit 20 Jahren in Rechnung gezogen wurde. Die Abweichung vom ersteren beträgt nur zirka $3\%_{00}$, vom zweiten zirka das sechsfache. In M. Curies und D. K. Yovanovitch's l. c. Arbeit, welche auch die Bestimmung der Zerfallskonstanten von RaD mittels Wärmemessung behandelt und welche erschienen ist, während ich noch mit meinen Messungen beschäftigt war, wird angegeben, daß der aus der Beobachtung gewonnene Wert für T_{RaD} näher bei 20 als bei 16 Jahren liegt. M. Curie macht jedoch keine genaueren Angaben über die Halbirungszeit von RaD, da hierfür die Meßgenauigkeit nicht hinreicht. Um die Halbirungszeit von RaD nach dieser Methode auf 1 Jahr genau angeben zu können, müßte die Meßgenauigkeit $2\%_{00}$ betragen.

Aus obiger Formel für $\frac{\Delta'}{\Delta}$ läßt sich nun die Wärmeentwicklung des Poloniums, das sich nach einer bestimmten Zeit A in dem Präparat nachgebildet hat, berechnen; werden hierbei für λ_2 verschiedene Werte in Betracht gezogen, so läßt sich die Größe der Wärmeentwicklung des Poloniums als Funktion der Zerfallskonstanten von RaD darstellen. Hierbei ist zu bemerken, daß sich der Wert von Δ' unmerklich ändert, wenn in der Berechnung desselben für die Zerfallskonstante des Poloniums statt des Wertes 1.855 nach St. Meyer-Schweidler l. c., der Wert von 1.814 nach M. Curie gesetzt wird. Die folgende Tabelle gibt die nach obiger Formel berechneten Werte von Δ' für verschiedene Halbirungszeiten von RaD an.

Der beobachtete Wert für Δ' beträgt 0.383_9 cal./h. Unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen erhält man einen Maximalwert von 0.400_0 cal./h und einen Minimalwert von 0.367_8 cal./h, so daß sich also aus der Beobachtung eine Halbirungszeit für RaD ergibt, die zwischen 14 und 16 Jahren liegt.

Die Kurve in Fig. 1 gibt graphisch den Zusammenhang zwischen Wärmeentwicklung des Poloniums und Halbirungszeit von RaD wieder; die Abszissen bedeuten die Wärmeentwicklung

des Poloniums für ein bestimmtes A , die Ordinaten die Halberungszeit von RaD. Das stark gezeichnete Stück der Kurve stellt die der Beobachtung entsprechenden Werte innerhalb ihrer Fehlergrenzen

T_{RaD} in Jahren	$\frac{\Delta + \Delta' }{\Delta}$	Δ'
10	1·1342	0·5075 cal./h
11	1·1265	0·4783
12	1·1195	0·4519
13	1·1133	0·4284
14	1·1075	0·4066
15	1·1024	0·3873
16	1·0977	0·3693
17	1·0933	0·3530
18	1·0894	0·3380
19	1·0858	0·3244
20	1·0824	0·3115

dar. Der aus der Messung bestimmte Mittelwert liegt in der Nähe jenes Punktes, der einer Halberungszeit von 15 Jahren entspricht.

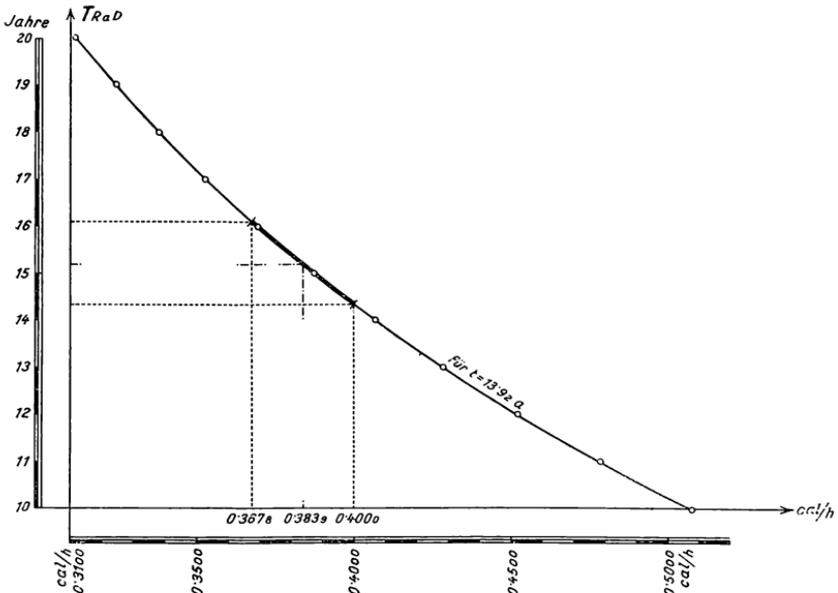


Fig. 1.

Wird das aus meiner Messung hervorgehende Ergebnis mit den anderen zuletzt gewonnenen verglichen, so zeigt sich, daß es in guter Übereinstimmung mit den von G. N. Antonoff l. c. und R. Thaller l. c. erhaltenen steht. Es weicht von dem von M. Curie l. c. erhaltenen, 16 bis 20 Jahren, nur wenig ab, die beiden Resultate schließen sich daher nicht aus. Die letzten Ergebnisse, die für die Halbierungszeit von RaD gewonnen wurden, zeigen jedenfalls, daß dem zuletzt allgemein angenommenen Wert von 16 Jahren kein großer Fehler anhaftet.

Zusammenfassung.

Aus der Wärmeentwicklung eines zirka 14 Jahre alten Ra-Präparates, in dem sich RaD bis RaF zum Teil bereits ausgebildet haben mußten — im Vergleich mit den Resultaten an frisch hergestellten (von RaD freien) Präparaten — wurde auf eine Halbierungszeit von 14 bis 16 Jahren für RaD geschlossen.

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: 1926

Band/Volume: [135_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Kautz Theodora

Artikel/Article: [Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung N r . 183. Ermittlung der Halbierungszeit von RaD mittels Wärmemessung eines alten Ra-Präparates. 93-97](#)