

Über zwei direkte Methoden zur Bestimmung der Reichweite von α -Strahlen in Flüssigkeiten und Gasen.

Von H. Rausch v. Trautenberg und K. Philipp.

Mit zwei Abbildungen. (Eingegangen am 10. Mai 1921.)

I. Die Reichweite in Flüssigkeiten ließ sich bis jetzt nach einer von W. Michl¹⁾ ausgearbeiteten photographischen Methode dadurch ermitteln, daß die Spuren der einzelnen von einem Strahler ausgehenden α -Teilchen sich direkt in der empfindlichen Schicht einer photographischen Platte markierten. Der Strahler und die photographische Platte waren dabei in die zu untersuchende Flüssigkeit eingebettet. Das an sich schöne Verfahren läßt sich naturgemäß nur bei solchen Flüssigkeiten anwenden, die die Emulsion nicht angreifen. Die langen Expositionszeiten und die etwas mühsame Auswertung der Beobachtungsergebnisse ließ die Ausarbeitung einer einfacheren Methode wünschenswert erscheinen. Bei einer Szintillationsmethode ist es jedoch nicht möglich, den Strahler und den Sidotschirm gleichzeitig in die Flüssigkeit einzubetten, da bei der geringen Reichweite in Flüssigkeiten eine exakte Abstandsmessung von Strahlungsquelle und Schirm durch die Grobkörnigkeit des Sidotpulvers, ganz abgesehen von der chemischen Einwirkung der Flüssigkeiten, unausführbar ist. Der Ersatz des Sidotschirmes durch einen Diamanten nach dem Vorgang von Regener²⁾ scheitert an der Schwierigkeit in der Beschaffung genügend großer Diamanten von geeigneter Szintillationsempfindlichkeit. Wir haben, um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, bei unserer Methode den Strahler, eine kleine Kugel³⁾, die durch Aktivierung in Radiumemanation zu einem RaC α -Strahler gemacht worden war, dicht unter der Oberfläche der Flüssigkeit angebracht. Die α -Strahlen durchdringen die Flüssigkeitsschicht oberhalb der Kugel und fallen dann auf einen Sidotschirm, der in etwa 1 mm Abstand über der Flüssigkeitsoberfläche befestigt ist. Wird nun die Dicke der Flüssigkeitsschicht durch Heben des Flüssigkeitsniveaus so weit vergrößert, bis die Szintillationen auf dem Sidotschirm verschwinden, so entspricht die

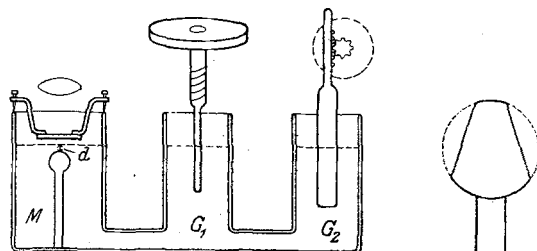
¹⁾ Wien. Ber. 123 [2a], 1965—1990, 1914.

²⁾ Ber. d. Berl. Akad., 8, 948—965, 1909.

³⁾ Es wurde eine Kugellagerkugel von 4,5 mm Durchmesser und sehr exakten Dimensionen verwendet, welche, um die Fokussierung zu erleichtern, an der Vorder- und Rückseite abgeschliffen war (siehe Fig. 1).

auf diese Weise erhaltene Schichtdicke d (siehe Fig. 1) der Reichweite der α -Strahlen in der betreffenden Flüssigkeit. Die geringe Luftstrecke läßt sich dabei leicht als Korrektion ebenso wie bei der Keilmethode von H. Ransch v. Trautenberg ¹⁾ in Anrechnung bringen. Das Heben und Senken des Flüssigkeitsniveaus wird durch Eintauchen von Drahtstiften verschiedenen Querschnitts in zwei mit dem Meßgefäß M — Trog mit planparallelen Glaswänden — kommunizierende Gefäße G_1 und G_2 in Grob- und Feinverstellung erzielt. Die Grobverstellung erfolgt mittels Zahn und Trieb, die Feinverstellung durch eine Schraube von geringer Ganghöhe. Die Verstellvorrichtungen sind an einem gesonderten Halter befestigt, um jede Erschütterung am Meßgefäß zu vermeiden. Um die Reichweite zahlenmäßig zu bestimmen, mißt man den Abstand zwischen der Kugel und ihrem an

Fig. 1.



der total reflektierenden Flüssigkeitsoberfläche zustande kommenden Spiegelbild mit Hilfe eines Mikroskops. Diese Strecke ist gleich dem doppelten Abstand zwischen Kugel und Oberfläche, also gleich der doppelten Reichweite. Das mit einer Okularskala versehene Mikroskop wird unter einem gewissen kleinen Neigungswinkel gegen die Horizontale eingestellt. Um die Fehler zu vermeiden, die dadurch entstehen, daß der optische Weg zum größten Teil in der Flüssigkeit verläuft, haben wir die Auswertung der Mikroskopskala genau unter den gleichen Bedingungen vorgenommen wie bei der Reichweitemessung. Zu diesem Zweck wurde dieselbe Kugel mit Hilfe einer Präzisionsmikrometerschraube einem Metallspiegel um genau meßbare Distanzen genähert. Hierbei waren Kugel und Spiegel in der betreffenden Flüssigkeit eingebettet und die optischen Wege bis zum Mikroskop genau gleich gewählt wie beim eigentlichen Versuch. Der Metallspiegel ersetzt bei dieser Eichung die total reflektierende Flüssigkeitsoberfläche. Als Eichwert für einen Skalenteil der Mikroskopskala ergab sich der Mittelwert $11,25 \mu$ aus acht verschiedenen Messungen.

¹⁾ ZS. f. Phys. 2, 268—276, 1920.

Mit der beschriebenen Einrichtung haben wir die Reichweite der α -Strahlen des RaC in destilliertem Wasser gemessen. Wichtig bei diesen Messungen ist, daß die Strahlungsquelle so schwach gewählt wird, daß man bei Flüssigkeitsschichten kleiner als die Reichweite auf dem Schirm kein kontinuierliches Leuchten erhält, sondern noch deutlich einzelne Szintillationen unterscheiden kann, die man dann wie gesagt durch Heben der Flüssigkeitsoberfläche zum Verschwinden bringt. Die als Strahler dienende Kugel wurde bei unseren Messungen nur eine Minute aktiviert, dann mit Alkohol und fließendem Wasser gut abgewaschen, bevor sie in das eigentliche Meßgefäß gebracht wurde. Wir erhielten die folgenden Einstellungen im Mikroskop:

Datum	Einstellung	Beobachter	Datum	Einstellung	Beobachter
21. März	5,0	Tr	21. März	5,3	Tr
"	6,0	Ph	23. März	5,2	Tr
"	5,3	Tr	"	5,4	Tr
"	5,3	Ph	"	5,2	Tr
"	5,3	Tr	"	5,2	Tr
"	5,0	Ph	"	5,0	Tr

Das Mittel aus diesen 12 Einstellungen ist 5,26 Skalenteile. Daraus erhalten wir im Wasser eine Reichweite von: $R = 5,26 \cdot 11,25 = 59,2 \mu$ und unter Hinzurechnung der Korrektur für die etwa 1 mm dicke Luftschicht zwischen Wasseroberfläche und Sidotschirm $R = 59,2 + 0,84 = 60,0 \mu$. Für die α -Strahlen des Poloniums fand W. Michl¹⁾ nach der photographischen Methode $32,0 \mu$. Rechnet man diesen Wert nach der Beziehung $R = Kv^3$ auf RaC um, so erhalten wir $R = 32,0 \cdot \frac{1,92^3}{1,58^3} = 57,8 \mu$, einen auf 4 Proz. mit unserer Messung übereinstimmenden Wert. Unter Zugrundelegung der von Taylor²⁾ gefundenen mittleren Reichweite in Sauerstoff $R_0 = 60,6 \text{ mm}$ berechnet sich das Bremsvermögen s des Wassermoleküls nach der Beziehung

$$s = \frac{R_0 \cdot \varrho_0 \cdot M}{R \cdot \varrho \cdot A_0} = \frac{60,6 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot 18}{60 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 16} = 1,53.$$

Hierin bedeuten ϱ_0 und A_0 Dichte und Atomgewicht des Sauerstoffs, ϱ und M Dichte und Molekulargewicht des Wassers.

Für solche Flüssigkeiten und Lösungen, welche den Versuchsapparat, der bei unserer ersten Ausführung noch Metallteile enthielt, angreifen, müßte die Einrichtung nur aus Glas bestehen und die

¹⁾ W. Michl, l. c.

²⁾ Phil. Mag. (6) 26, 402, 1913.

bis zu einer Entfernung RA genähert, welche der Reichweite entspricht, so werden alle α -Teilchen in Entfernungen kleiner als RA den Schirm zum Aufleuchten bringen, in Entfernungen größer als RA dieses nicht mehr vermögen. Wir erkennen auf dem Sidotschirm somit eine Trennungslinie zwischen hell und dunkel. Um die Lage dieser Trennungslinie fixieren zu können, sind auf dem Sidotschirm auf der Stelle A zwischen C und B zwei Metallspitzen N angebracht (siehe Fig. 2b), auf welche man die Trennungslinie hell-dunkel durch Annähern oder Entfernen des Strahlers R gerade einstellen kann. Der Strahler R läßt sich mittels einer Schraube T unter Zwischenschaltung des Gleitstückes V , welches zwischen zwei Metallstäben M_1 und M_2 läuft, in Feinverstellung verschieben. Die Entfernung zwischen dem Strahler R und den beiden Nasen N kann später kathetometrisch ausgemessen werden. Für Messungen in Luft ergibt sich auf diese Weise eine sehr einfache Apparatur. Um die Reichweitemessungen auch in anderen Gasen ausführen zu können wird die Vorrichtung mittels des Schliffes S_1 in ein luftdicht abschließendes Gefäß G eingesetzt. Die Hähne H_1 und H_2 dienen zur Evakuierung und Füllung. Durch Drehen am Schliffe S_2 läßt sich die Schraube T unter Zwischenschaltung des etwas federnden Drahtes d von außen drehen¹⁾. Der untere Teil des Gefäßes endet in einem Metallkasten K , welcher mit einem Glasfenster f versehen ist, durch welches man den Sidotschirm mit der Lupe L von außen betrachten kann. Um die Dichte des zu untersuchenden Gases zu bestimmen, deren Kenntnis zur Berechnung des Bremsvermögens notwendig ist, wird nach dem Vorgang von Bragg ein Kölbchen D mittels des Schliffes S_3 an das Gefäß G angesetzt. Die Messung erfolgt nun folgendermaßen: Nach Einsetzen des aktivierten Drahtes R wird der Apparat evakuiert, dann das zu untersuchende Gas bei H_1 eingeführt. Durch Drehen des Schliffes S_2 wird die Grenze hell-dunkel auf die Verbindungslinie der Nasen NN eingestellt und in diesem Moment der Hahn H_3 abgeschlossen. Später wird der Apparat bei S_1 auseinandergenommen und die Entfernung RA kathetometrisch ausgemessen. Das Gefäß D wird dann gewogen und daraus die Dichte bestimmt. Die Meßgenauigkeit ist eine recht gute. So läßt sich z. B. eine Reichweite von 60 bis 70 mm von verschiedenen Beobachtern auf weniger als $\frac{1}{2}$ mm genau einstellen. Ein Vergleich der erhaltenen

¹⁾ Da die Reichweite in den einzelnen Gasen sehr verschieden ist, empfiehlt es sich, auf annähernd richtige Reichweite durch entsprechendes Einkitten des Drahtes F im Schliff S_2 einzustellen, und die Feinverstellung durch die Schraube T vorzunehmen.

Reichweiten mit den Taylorschen Werten ergibt, daß man nicht auf die maximale, sondern auf die mittlere Reichweite einstellt.

Außer Luft haben wir mit der vorbeschriebenen Einrichtung die Gase CO, CO₂, CH₃Br, CH₃J, Cl₂, HCl und NH₃ untersucht. Teilweise sind diese Gase schon von Bragg untersucht worden. In der folgenden Tabelle sind seine Werte mit den unsrigen zusammengestellt. Die von Bragg angegebenen Bremsvermögen, die von ihm auf das Luftmolekül bezogen sind, sind durch Multiplikation mit dem Faktor $\frac{3,79}{4} \cdot 2$ auf das Sauerstoffatom als Einheit umgerechnet worden¹⁾.

Untersuchtes Gas	Wert des Bremsvermögens		Bemerkungen
	nach Bragg	nach Trautenberg und Philipp	
CO	1,87*	1,85	* Die Dichte wurde durch Wägung bestimmt.
CO ₂	2,85*	2,78	
CH ₃ Br	3,85	3,93*	
CH ₃ J	4,90	4,97*	
Cl ₂		3,51*	
HCl		1,92*	
NH ₃		1,46*	

Die Gase CO₂, Cl₂ und NH₃ wurden Bomben entnommen und getrocknet. CO und HCl wurden von uns hergestellt²⁾. CH₃Br- und CH₃J-Gas wurde durch Verdampfen der flüssigen Verbindung erhalten. Es ist möglich, daß sich die angegebenen Werte bei der beabsichtigten Wiederholung der Messungen durch noch sorgfältigere Reinigung der Gase verbessern lassen.

Wir beabsichtigen, diese Methode noch zu weiteren Reichweitemessungen in Gasen und Dämpfen zu benutzen, um die Probleme, die in der vorstehenden Abhandlung sich ergaben, weiter verfolgen zu können.

Göttingen, im Mai 1921. Physikal. Institut.

¹⁾ Siehe H. Rausch von Trautenberg, die vorstehende Arbeit.

²⁾ Moser, Reindarstellung von Gasen, S. 51 Verfahren I. Travers, Experimentelle Untersuchung von Gasen, S. 48 Verfahren b.