

Ein Bezugsquerschnitt für die Streuung neutraler Moleküle

Von PETER TOSCHEK

Physikalisches Institut der Universität Bonn  
(Z. Naturforsch. 17 a, 356 [1962] ; eingegangen am 5. März 1962)

Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Molekularstrahlmethode stellt die Messung von Streuquerschnitten neutraler Moleküle dar. Dabei erfolgt die Streuung des Molekularstrahls entweder in einem Sekundärstrahl oder in einem gasgefüllten Volumen. Die bei derartigen Experimenten auftretenden Meßfehler rühren zum überwiegenden Teil von den Fehlern her, mit denen die Druckmessung des Streugases behaftet ist. Es erscheint daher angebracht, sich mit Relativmessungen von Streuquerschnitten zu begnügen, sofern ein (leicht reproduzierbarer) Bezugsquerschnitt angegeben werden kann, von dem möglichst viele unabhängige Messungen vorliegen, die außerdem eine möglichst geringe statistische Streuung aufweisen (siehe z. B. Anm. 5).

Hierfür bietet sich der Streuquerschnitt von Kalium in Argon an. Er wurde bisher fünfmal gemessen 1-5; die Abweichung der angegebenen Meßwerte ist allerdings beträchtlich (s. Tab. 1, Spalte 2).

Zur Berechnung des Streuquerschnitts  $Q$  aus der gemessenen abgeschwächten und unabgeschwächten Strahlintensität muß noch über die Geschwindigkeitsverteilung im Streugas und gegebenenfalls auch über die Verteilung im Strahl gemittelt werden.

In einem Fall 4 wurde zur Berechnung von  $Q_{K-Ar}$  nur die Formel von TAIT 6, 7 für die mittlere freie Weglänge benutzt, wobei man die Mittelung über die Geschwindigkeitsverteilung im Strahl vernachlässigte. Die anderen angegebenen Werte für  $Q_{K-Ar}$  wurden erhalten, indem die von ROSIN und RABI 2 aus der TAITschen Formel gewonnene Korrekturfunktion  $I(\alpha)$  mit  $\alpha = (T_{Gas} m_{Str}) / (T_{Str} m_{Gas})$  angewandt wurde:

$$\bar{\lambda} = 2 \pi I(\alpha) / (n Q), \quad Q_{eff} = 1 / (n \bar{\lambda}) \quad (1)$$

( $n$  = Teilchen/cm<sup>3</sup>).

Hierbei ist jedoch die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Streuquerschnitts nicht berücksichtigt; ferner stellt eine Mittelung über  $1/\lambda$  eine bessere Beschreibung des physikalischen Sachverhaltes dar als die über  $\lambda$ . Für eine solche Mittelung mit Berücksichtigung der Geschwindigkeitsabhängigkeit von  $Q$  sind kürzlich die geeigneten Korrekturfunktionen angegeben worden 8. Mit Hilfe der dort tabellierten Funktion  $Ga_0(6, y)$  wurde eine Neuberechnung der Werte von  $Q_{K-Ar}$  aller

fünf angegebenen Autoren nach

$$Q_{eff} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{\lambda} = Q \cdot Ga_0(6, y) \quad (2)$$

durchgeführt, wobei in einem Fall 1 von direkten Meßresultaten für  $n \lambda$  ausgegangen wurde, während in den anderen Fällen die Korrekturen ausgetauscht wurden. Auf diese Weise ergaben sich die Werte von Spalte 3 der Tabelle.

	$Q_{Autor}$	$Q_{Korr.}$
1	402 *	626
2	580	662
3	587	673
4	452	668
5	734	840
$M$	551	694
$\sigma/M$	10,3%	5,3%

Tab. 1.

Die Übereinstimmung der korrigierten Meßwerte ist nunmehr beträchtlich besser, so daß die Annahme nahe liegt, daß die Diskrepanzen in den Ergebnissen für  $Q_{K-Ar}$  zum wesentlichen Teil in den benutzten Mittelungsfunktionen begründet sind.

Danach dürfte die Wahl von  $Q_{K-Ar}$  als Bezugsquerschnitt nicht ungerechtfertigt sein. Für diesen Zweck wird der Wert

$$Q_{K-Ar} = 655 \text{ \AA}^2 \text{ (bei } T_K = 500 \text{ }^\circ\text{K)}$$

vorgeschlagen. Er stellt das gerundete arithmetische Mittel aus vier der Messungen dar. Eine der Messungen 5 wurde nicht berücksichtigt, da der Wert außerhalb der dreifachen Fehlergrenze des Mittels liegt. Ein systematischer Fehler in der Druckbestimmung könnte die Ursache sein.

Der mittlere Fehler des Bezugsquerschnittes ist nicht ganz einfach abzuschätzen, da über die Fehler der Einzelmessungen keine vollständigen Angaben existieren. Da aber für die Messungen 1 bis 4 der mittlere Fehler des Mittels weniger als 2% beträgt und, wie die Tabelle zeigt, selbst bei Berücksichtigung des ungünstigen Wertes 5 nur auf ca. 5% ansteigt, dürfte die Vermutung gerechtfertigt sein, daß die Abweichung des Wertes  $Q_{K-Ar} = 655 \text{ \AA}^2$  vom wahren Wert höchstens von dieser Größe ist.

Eine sorgfältige Nachmessung von  $Q_{K-Ar}$  von verschiedenen Seiten wäre sehr wünschenswert, um die Genauigkeit des Bezugsquerschnittes zu erhöhen.

1 W. H. MAIS, Phys. Rev. 45, 773 [1934].  
2 S. ROSIN u. I. I. RABI, Phys. Rev. 48, 373 [1935].  
3 P. ROSENBERG, Phys. Rev. 55, 1267 [1939].  
4 N. SASAKI u. K. KODERA, Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto, Ser. A, 25, Nr. 2 [1949].  
5 E. W. ROTHE u. R. B. BERNSTEIN, J. Chem. Phys. 31, 1619 [1959].  
6 P. G. TAIT, Trans. Roy. Soc. Edinb. 33, 74 [1886].

7 J. H. JEANS, Dynamical Theory of Gases, Cambridge 1916, S. 271.  
\* Später wurde ein Stoßradius von 13 Å angegeben, was einem Querschnitt von 530 Å<sup>2</sup> entspricht. Siehe ROSIN und RABI 2, Anmerkung auf S. 378.  
8 K. BERKLING, R. HELBING, K. KRAMER, H. PAULY, CH. SCHLIER u. P. TOSCHEK, Z. Phys. 166, 406 [1962].

