

Kryopumpversuche mit Wasserstoff unter UHV-Bedingungen im Bereich zwischen 4,2 °K und 2,5 °K

Von J. HENGEVOSS und E. A. TRENDELENBURG

Balzers Aktiengesellschaft für Hochvakuumtechnik und Dünne Schichten, Balzers, Fürstentum Liechtenstein
(Z. Naturforsch. 17 a, 935—936 [1962]; eingeg. am 12. September 1962)

Bei der Temperatur von 4,2 °K haben fast alle Gase Dampfdrücke unter etwa 10^{-15} Torr. Lediglich die Dampfdrücke von Helium (1 Atm.) und von Wasserstoff sind noch von meßbarer Größe. Da Helium in Vakuum-Apparaturen praktisch kaum vorkommt, stört dieses Gas im allgemeinen nicht. Anders liegen die Verhältnisse bei Wasserstoff. Wasserstoff hat bei 4,2 °K einen Dampfdruck von der Größenordnung 10^{-6} Torr. Da nun Wasserstoff einen wesentlichen Bestandteil von Vakuum-Apparaturen darstellt, ergibt sich daraus, daß bei alleiniger Verwendung von Kryopumpen bei 4,2 °K Ultrahochvakua prinzipiell nicht erreichbar sind. Es ist daher wichtig, zu wissen, wie sich die Dampfdruckkurve von Wasserstoff bei noch tieferen Temperaturen verhält, die durch das Abpumpen des Helium-Bades erreicht werden können. Bisherige Versuche, die Dampfdruckkurve von Wasserstoff im Temperaturbereich des flüssigen Heliums zu bestimmen, haben aus 3 Gründen keine sehr zuverlässigen Resultate ergeben:

1. sind die aus der Literatur bekannten Versuche alle mit nicht ausheizbaren Apparaturen durchgeführt worden, d. h. die Ergebnisse waren von vornherein durch unbekannte Gasquellen, wie sie solche unausgeheizten Apparaturen darstellen, mit einer hohen Unsicherheit belastet,

2. ist keine Untersuchung bekannt, bei der die Kryofläche genügend eindeutig in ihren physikalischen Eigenschaften, wie Temperatur und Temperaturverteilung, bestimmbar war,

3. wurden alle bisher bekannten Untersuchungen in Apparaturen durchgeführt, bei denen das Gas sich nicht im Temperaturgleichgewicht mit der Umgebung befand (Abweichungen von der MAXWELL-Verteilung infolge gerichteter Gasströmungen).

Dementsprechend wurde eine Versuchsanordnung entsprechend Abb. 1 aufgebaut, die nach folgenden Gesichtspunkten konstruiert war:

1. Die Apparatur war bis 450 °C ausheizbar. Das Endvakuum im ungekühlten Zustand war besser als $1 \cdot 10^{-9}$ Torr (Stickstoff-Äquivalent).

2. Die Kryofläche betrug weniger als 1% der Gesamt-oberfläche des Rezipienten. Dadurch befand sich das Gas mit genügender Genauigkeit im Temperaturgleichgewicht mit der auf der Temperatur der flüssigen Luft (90 °K) gehaltenen Rezipientenwand. Die Verwendung einer relativ kleinen Kryofläche hat zudem den Vorteil, daß durch Vergleich der Sauggeschwindigkeit dieser Fläche mit der Sauggeschwindigkeit einer an die Kryopumpe angeschlossenen geeichten Diffusionspumpenanordnung die Haftwahrscheinlichkeit des gepumpten Gases an der Kryofläche leicht bestimmt werden kann.

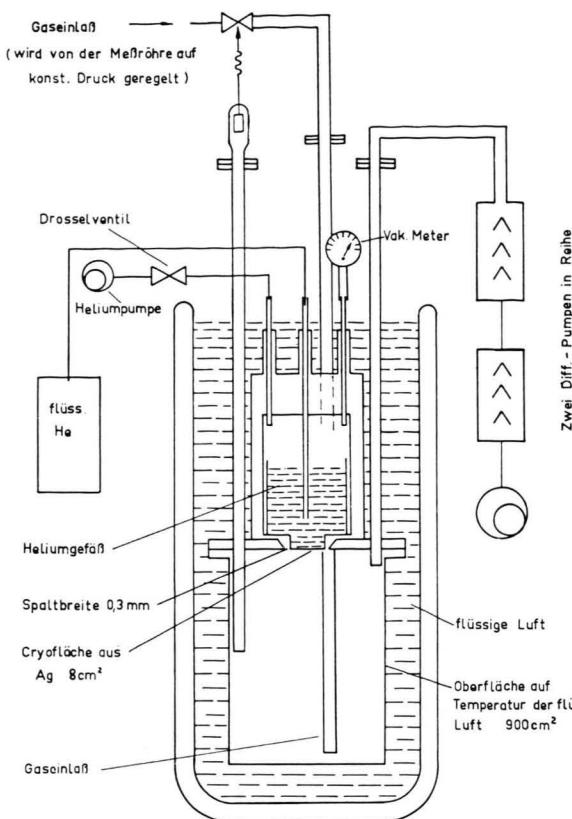


Abb. 1. Versuchsaufbau der Kryopumpe.

3. Wegen der guten thermischen Isolierung der Kryopumpe war es möglich, die Temperatur des Helium-Bades durch Abpumpen bis auf 2,5 °K zu erniedrigen. Der Dampfdruck des Heliums und damit die Temperatur des Kältebades konnte durch ein Vakuummeter bestimmt und durch ein Drosselventil in der Abgasleitung auf den gewünschten Wert eingeregelt werden.

4. Ein automatisch vom Druck in der Kryopumpe geregelter Gaseinlaß ermöglichte es, die Sauggeschwindigkeitsmessungen isobar durchzuführen, d. h. es war möglich, die Abhängigkeit der Sauggeschwindigkeit von der Temperatur des Kältebades bei konstantem Druck zu bestimmen. Dies ist besonders wichtig, weil durch die Druckkonstanz störende Veränderungen des Adsorptionsgleichgewichtes in der Apparatur vermieden werden können.

Ein weiteres Ziel der Untersuchung war, festzustellen, ob Wasserstoff unter Umständen in Gegenwart eines zweiten Gases auf tiefere Drücke heruntergepumpt werden kann, als es der Dampfdruckkurve entspricht. Im folgenden sollen nun einige vorläufige Ergebnisse mitgeteilt werden¹.

¹ Alle folgenden Druckangaben bedeuten wahre Drücke. Die Meßröhren waren für Wasserstoff geeicht.



Es wurde für Wasserstoff bei $4,2^{\circ}\text{K}$ ein Dampfdruck von $1,4 \cdot 10^{-6}$ Torr gemessen, bei $3,7^{\circ}\text{K}$ ($\pm 0,1^{\circ}\text{K}$) ein Dampfdruck von $6,5 \cdot 10^{-8}$ Torr. Unterhalb etwa $3,5^{\circ}\text{K}$ näherten sich die gemessenen Druckwerte der Meßgrenze des Versuchsaufbaus so weit, daß der Verlauf der Dampfdruckkurve nicht mehr genau bestimmbar war. Weiterhin wurden bei verschiedenen Temperaturen und Drucken Sauggeschwindigkeitsmessungen durchgeführt. Für $2,5^{\circ}\text{K}$, die niedrigste erreichbare Temperatur, ergab sich bei einem Gesamtdruck von $3 \cdot 10^{-9}$ Torr eine Sauggeschwindigkeit, die einer Haftwahrscheinlichkeit von etwa 1 entspricht.

Die Frage, ob sich die Pumpwirkung für Wasserstoff in Gegenwart eines zweiten Gases verbessert, wurde durch Zusatz von Ar bei einer Temperatur von $4,2^{\circ}\text{K}$ untersucht. Während unter den gewählten experimentellen Bedingungen der Wasserstoffdruck ohne Zusatz bei etwa $1 \cdot 10^{-6}$ Torr lag, konnte durch einen Argon-

zusatz der Gesamtdruck der Wasserstoff-Argon-Mischung unter Konstanthaltung aller übrigen Parameter um mehr als eine Zehnerpotenz erniedrigt werden. Eine detailliertere Diskussion der Ergebnisse und eine eingehende Beschreibung der verwendeten Apparatur erfolgt in Kürze an anderer Stelle.

Die Autoren danken Herrn Professor F. X. EDER und Herrn Dr. W. WIEDEMANN vom Tieftemperaturinstitut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften für ihre Ratschläge und tätige Hilfe beim Durchführen der Experimente. Sie danken ferner den Herren Dipl.-Ing. K. H. SCHMITTER und Ing. HÄGELSBERGER für das am Institut für Plasmaphysik in München-Garching für die Durchführung der Experimente gewährte Gastrecht. Herr W. GSTÖHL hat sich mit großem Einsatz an der Vorbereitung und Durchführung der Experimente beteiligt.

BERICHTIGUNGEN

Zu E. TRÜBENBACHER, Die Thermodiffusion für ein binäres Gemisch von Gasen aus rauhen Kugeln gleicher Massen und gleicher Durchmesser, Band 17a, 539 [1962].

Auf Grund eines freundlichen Hinweises von Herrn U. PIESBERGEN, Zürich, sind auf S. 548, Spalte 2, die Indizes an K_1 und K_2 zu vertauschen, es muß also heißen:

$$K_1 = K(D_2) = 0,090; \quad K_2 = K(HT) = 0,068.$$

Das ergibt

$$\alpha_1 = 0,835$$

und daher

$$\alpha_{12} = \alpha(D_2/HT) = 3 \cdot 10^{-3}.$$

Das Ergebnis liegt also rund um einen Faktor 10 unter dem Meßwert, der in der jetzigen richtigen Indizierung $\alpha_{12} = 2,8 \cdot 10^{-2}$ beträgt.

Zu L. MERTEN, Zur Gittertheorie der piezoelektrischen und elastischen Eigenschaften von Kristallen mit Zinkblendestruktur unter Berücksichtigung der elektronischen Polarisation. Teil II, Band 17a, 216 [1962].

S. 217: In Gl. (II, 3a) lies ... $= [4\pi/3 v_a] I$ statt ... $= [4/(3 v_a)] I$.

S. 218: In Gl. (II, 11) lies $M_{11}^{(0)}(11) = M_{11}^{(0)}(12)$ statt $M^{(0)}(11) = M^{(0)}(12)$.

S. 219: In Tab. 2, rechte Spalte oben, lies $Q_0 = 4\pi/(3 v_a)$ statt $Q_0 = 4/(3 v_a)$.

In Gl. (II, 15b) lies im Nenner 4π statt 4.

Die (für ZnS) benutzten, in Tab. 2 angegebenen Zahlenwerte für Q_0 und α sind richtig.