

Abb. 3. Beispiel für die Erfüllung der Beziehung

$$P'_{S(DCM)} = \hat{P}'_S \left(1 - \delta \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \right)$$

dargestellt für

- a) C_6H_5Cl bei verschiedenen Konzentrationen ($x_S = 0$ bis $x_S = 1$) in CCl_4 bei $20^\circ C$ (Punkte).
- b) C_6H_5Cl (extrapoliert auf unendliche Verdünnung) gelöst in verschiedenen Lösungsmitteln bei $20^\circ C$. (Kreise; das Lösungsmittel ist beim betreffenden Meßpunkt angegeben.)

werten errechneten Werte $P'_S = \frac{\bar{P} - x_L P_L^*}{x_S}$ gemäß Wolf den nach Gl. (22) (nach vorhergehender Bestimmung der Konstanten δ sowie \hat{P}'_S) berechneten

Werten P'_S gegenübergestellt. Mit diesen Größen (\hat{P}'_S, δ) wurden nun nach Gl. (24) die Werte P'_S unter Annahme einer Lösung in verschiedenen Lösungsmitteln berechnet. Die so berechneten Werte werden im zweiten Teil der Tab. 2 mit den durch Extrapolation auf unendliche Verdünnung nach DCM bestimmten experimentellen Werten $[P'_{S(DCM)}]$ verglichen, wobei letztgenannte aus einer Zusammenstellung von Müller¹² stammen. In Abb. 3 ist das Material graphisch dargestellt.

Die gute Übereinstimmung der experimentellen Befunde mit der in dieser Arbeit abgeleiteten Beziehung erlaubt wohl die Annahme, daß Gl. (21) eine gute Näherung für die Berechnung der Polarisation aus Lösungen — auch aus höheren Konzentrationen — darstellt, die durch eine theoretische Herführung des Faktors δ noch weiter ausgebaut werden könnte.

Zum Schluß möchten wir Herrn Prof. Dr. O. Kratky für das Interesse an dieser Arbeit und deren besondere Förderung unseren Dank aussprechen. Ebenso fühlen wir uns Herrn Dr. G. Porod für anregende Diskussionen zum Dank verpflichtet.

Diffusionstrennmachine für Gase

Von H. KORSCHING

Aus dem Max-Planck-Institut für Physik, Göttingen
(Z. Naturforschg. 6 a, 213—217 [1951]; eingegangen am 9. März 1951)

Es wird eine neue Apparatur beschrieben, die zur Trennung von Gasgemischen dient. Das Trennprinzip besteht in einer Kombination der Diffusion gegen ein strömendes Hilfs gas mit einem mechanischen Transport senkrecht zur Richtung des strömenden Hilfs gases. Die an mehreren Gasgemischen durchgeführten Messungen werden mitgeteilt.

Die Trennung verschiedener Gase durch Diffusion hat zum ersten Male Hertz¹ mit großem Erfolg durchgeführt. Durch Hintereinanderschaltung der einzelnen Trennstufen erzielte er größere Effekte als seine Vorgänger². — Es erschien nun erstrebenswert, die einzelnen Trennstufen nicht als gesonderte Apparaturen zu haben, sondern sie in einer kompakten Apparatur zu vereinigen und die Trennung bei gewöhnlichem Druck auszuführen, wie dies auch schon Maier³ getan hat.

Im folgenden sei das Prinzip der neuen Trenn-

apparatur beschrieben: Zwischen zwei parallelen Wänden befinde sich das zu trennende Gemisch der Gase; senkrecht zu beiden Wänden bewege sich mit konstanter Geschwindigkeit ein Hilfsdampfstrom, der durch die eine Wand eintritt und an der anderen Wand kondensiert wird. Legen wir das Koordinatensystem so, daß sein Ursprung in der Wand liegt, an der der strömende Dampf kondensiert und die X-Achse senkrecht zu beiden Wänden verläuft, so wird der stationäre Diffusionsvorgang¹ beschrieben durch die Gleichung

$$\Delta \varrho = - \frac{v}{D} \frac{\partial \varrho}{\partial x},$$

worin ϱ die Gasdichte, v die Geschwindigkeit des strömenden Hilfs gases, D der Diffusionskoeffizient ist.

¹ G. Hertz, Z. Physik 19, 35 [1923]; 91, 810 [1934].
² W. D. Harkins u. A. Hayes, J. Amer. chem. Soc. 43, 1803 [1921].
³ C. G. Maier, J. chem. Physics 7, 854 [1939].

Für ein einzelnes Gas erhält man daraus

$$q = q_0 e^{-vx/D}$$

Darin ist q_0 die Dichte des Gases an der Wand, an der das strömende Hilfsgas kondensiert wird. Für ein gegen den Strom diffundierendes Gemisch aus zwei Komponenten ergibt sich für das Verhältnis der Dichten

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{q_{01}}{q_{02}} e^{-vx \left(\frac{1}{D_1} - \frac{1}{D_2} \right)}$$

Es tritt also eine teilweise Trennung der beiden Komponenten des Gasgemisches ein. Diese Trennung wird nun dadurch akkumuliert, daß an der Eintrittsseite des Hilfsgases das an der schneller diffundierenden Komponente angereicherte Gasgemisch senkrecht zum Hilfsdampfstrom nach oben transportiert wird, während an der Kondensationswand das an der langsamer diffundierenden Komponente angereicherte Gemisch nach unten bewegt wird. Im Endeffekt tritt an den beiden Enden der Apparatur eine verstärkte Trennung auf.

Zur praktischen Durchführung des Prinzips wurde eine Apparatur konstruiert, die in Abb. 1 im Längsschnitt dargestellt ist. Sie besteht aus zwei gegenübergestellten Vierkantrohren, an die oben und unten ein Vorratsvolumen angeschlossen ist, das das zu trennende Gemisch aufnimmt. Das linke Rohr D wird mit Dampf aus dem Siedegefäß S gespeist. Durch die gelochte Wand L kommt der Dampf in den eigentlichen Trennraum, durchquert ihn und wird schließlich an der Wand des wassergekühlten Rohres K kondensiert; das Kondensat fließt in das Siedegefäß zurück. Im Raum zwischen beiden Vierkantrohren befindet sich das Band B, das so beschaffen ist, daß es den Strom des Dampfes von der Löcherwand zur Wand des Kühlers praktisch nicht behindert, aber in der Richtung senkrecht dazu einen guten Gastransport bewirkt. Dieses Band wurde durch fortlaufendes Herausstanzen und Umbiegen von Lappen aus einem Bronzeblech hergestellt. Das Band wird durch 2 Rollen angetrieben, die in den Vorratsgefäßen untergebracht sind. Abb. 2 zeigt einen Querschnitt durch die Apparatur. Die beiden Vierkantrohre (D und K), die durch Streifen aus Pertinax auf Distanz gehalten werden, dienen gleichzeitig als Führung für die Kanten des Bandes. Das arbeitende Volumen zwischen beiden Vierkantrohren ist nach außen durch eine Gummidichtung und zwei Platten abgeschlossen. Die wirksame Trennlänge der Apparatur beträgt 55 cm, der Abstand zwischen gelochter und gekühlter Wand 0,9 cm. Als Hilfs-

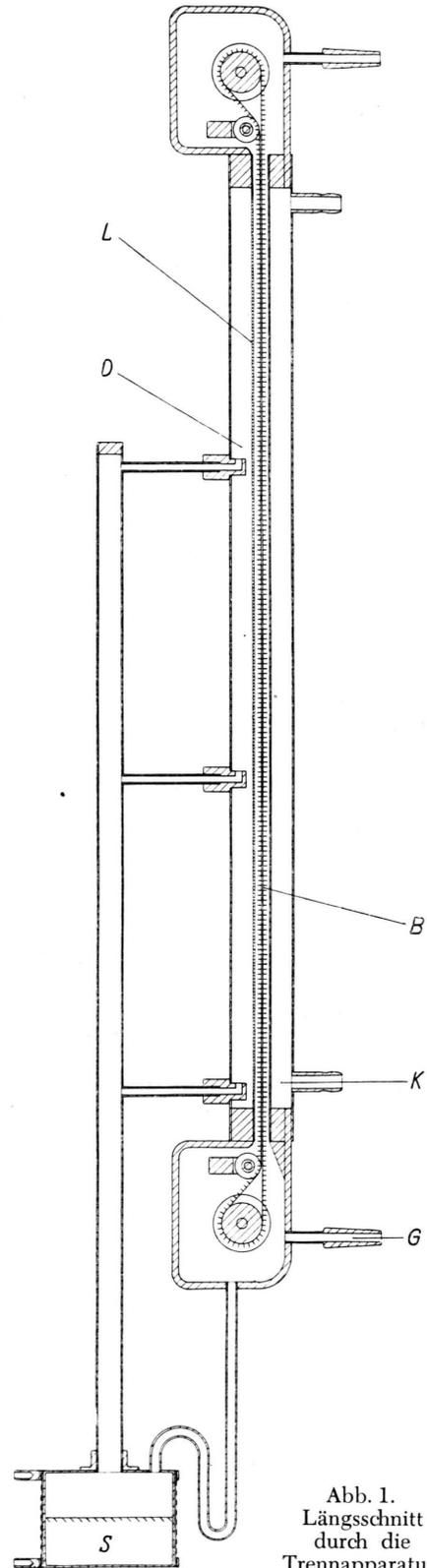


Abb. 1.
Längsschnitt
durch die
Trennapparatur.

dampf werden Methylalkohol oder Wasser verwendet.

Zunächst wurde nun die Trennung eines Wasserstoff/Stickstoffgemisches untersucht. Die Zeitabhängigkeit war so, daß in 20 min in den beiden Vorratsgefäßen praktisch bereits die Endtrennung erreicht war. Dann wurde die Abhängigkeit der Endtrennung von der Geschwindigkeit des Bandes untersucht. Die Trennung oben und unten ist Null bei stehendem Band und muß auch wieder bei sehr großen Bandgeschwindigkeiten gegen Null gehen, da die Einstellung des Diffusionsgleichgewichtes im strömenden Dampf eine gewisse Zeit erfordert, die bei sehr schnell bewegtem Band nicht mehr zur Verfügung stehen wird. In Tab. 1 ist die Abhängigkeit des Trennfaktors q von der Bandgeschwindigkeit w aufgetragen. Darin ist q das Verhältnis der Konzentrationen

w [cm/sec]	1,9	5,4	6,8	9,6
q	4,9	137,5	15,5	16,3

Tab. 1.

x/a	0,167	0,389	0,5	0,833
q	7,4	16,8	16,1	3,3

Tab. 2.

gegeben, worin w_{max} die Bandgeschwindigkeit, ρ die Dichte des der Trennung unterworfenen Gasgemisches und a der Abstand zwischen gekühlter Wand und gelochter Wand ist. Es ist evident, daß man mit einem Band, das den Trennraum gerade erfüllt und in zwei gleichbreite Förderrichtungen teilt, diese Bedingung nicht befriedigen kann.

Es treten in der Apparatur noch zwei zusätzliche Trenneffekte auf; einmal bewirkt der Temperaturunterschied zwischen Dampf- und Kondensationswand eine Trennung durch Thermodiffusion. Dieser Effekt ist aber sehr klein, nämlich für das Gemisch He/Luft⁴ $q = 1,4$ mit stehendem Band und $q = 1,9$ mit der Bandgeschwindigkeit 4,5 cm/sec. Der zweite Effekt wird durch die spezielle Art der Einbringung des Hilfsdampfes in das Vierkantdampfrohr hervorgerufen, die im Vierkantdampfrohr einen Dampfstrom in der Längsrichtung desselben bewirkt. Falls der Dampfstrom nicht sehr groß ist, wird ein Teil des Gasgemisches gegen den Dampf durch die Löcherwand diffundieren, sich dabei etwas trennen und durch den Dampfstrom im Vierkantrohr nach oben transportiert werden. Der hierbei beobachtete Trennfaktor für He/Luft betrug $q = 3,6$; bei etwa doppelter Heizleistung war er nur noch $q = 1,3$. Auch dieser zusätzliche Trenneffekt ist also von untergeordneter Bedeutung. Außer der Mischung Wasserstoff/Stickstoff wurde noch das Gemisch 50 % He 50 % Luft untersucht, wofür ein maximaler Trennfaktor 209,3 gemessen wurde. Für das Gemisch 20% Ne, 80% N₂ war der Trennfaktor $q = 6,8$. 50% H₂ mit 50% CO ergab $q = 82,5$. Im Hinblick auf eine größere Versuchsanordnung wurden noch andere Eigenschaften

⁴ O₂/N₂ trennt sich praktisch nicht, da der Diffusionskoeffizient sowohl von der Masse wie vom Durchmesser des betreffenden Moleküls abhängt. Beide Effekte wirken in diesen beiden Gasen gegeneinander.

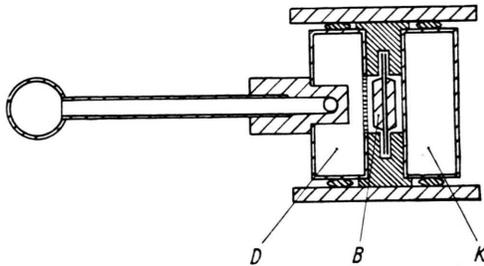


Abb. 2. Querschnitt durch die Trennapparatur der Abb. 1.

der beiden Gase im oberen Volumen zu dem Verhältnis derselben im unteren Volumen. Das Gasgemisch bestand aus 30 % Wasserstoff und 70 % Stickstoff. Wie man sieht, entsprechen die gemessenen Werte der Erwartung.

Ferner wurde der Einfluß der Lage des Bandes innerhalb des Trennraumes untersucht. In Tab. 2 ist der gemessene Trennfaktor q in Abhängigkeit von der relativen Lage der Bandmitte zur Kondensationswand gegeben (x/a). x ist der Abstand Kondensationswand—Bandmitte und a der Abstand zwischen beiden Wänden. Hieraus geht hervor, daß die Trennung am besten in einer Lage des Bandes ist, die von der Mitte etwas zur Kondensationswand verschoben ist. Da ja die Dichteverteilung des zu trennenden Gasgemisches zwischen beiden Wänden gemäß einer Exponentialfunktion verläuft, wäre der ideale Gas-transport durch das Band so, daß gleichviel Gas nach oben wie nach unten befördert wird; also durch die Bedingung

$$\int_0^a w(x) \rho(x) dx = 0$$

dieser Apparatur untersucht. Zunächst wurde der Apparat anstatt lotrecht fast waagrecht angeordnet. Es wurden beide dabei möglichen Lagen der Bänder, nämlich lotrecht und schwache Steigung gegen die Waagerechte, in Anwendung gebracht. Die Ergebnisse der Trennung waren nur wenig kleiner als in der lotrechten Lage des Apparates. Als nächstes wurden nun die beiden Möglichkeiten verglichen, in

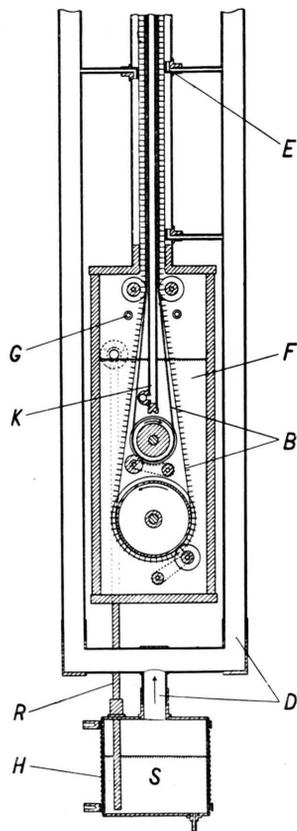


Abb. 3. Längsschnitt durch den unteren Teil der größeren Trennapparatur.

der lotrechten Lage einmal das Band an der Dampf wand nach oben, das andere Mal nach unten laufen zu lassen, wobei der Hilfsdampf in das Dampfrohr jeweils in derselben Richtung eingebracht wurde, in der das Band an der Dampfseite bewegt wurde. In dem normalen Falle war Helium im oberen Vorratsgefäß angereichert, in dem anderen war es im unteren Vorratsgefäß angereichert. Die Trennung war beide Male ähnlich, $q = 72,7$ bzw. $1/q = 209,3$.

Auf Grund dieser Meßresultate wurde noch eine größere Apparatur gebaut. Abb. 3 zeigt einen Längsschnitt durch den unteren Teil, Abb. 4 gibt den Quer-

schnitt durch die Mitte der Apparatur wieder. Symmetrisch zu dem gekühlten Rohr K sind zwei Trennräume angeordnet, die von zwei verschiedenen breiten Bändern B in entgegengesetztem Sinne durchlaufen werden. Der Hilfsdampf kommt aus den beiden Dampfrohren D. Das breite Band läuft also an dem einen Vierkantdampfrohr nach oben, an dem anderen nach unten. Das unten an die Trennvorrichtung angebrachte große viereckige Gefäß ist nun bis zur Höhe des Ablaufs R mit Siedeflüssigkeit gefüllt. Der oberhalb des Flüssigkeitsspiegels befindliche Gasraum ist durch das bis unterhalb der Oberfläche geführte Kühlrohr in zwei Teile geteilt. In das linke Volumen, in das das breite Band aus dem Trennraum einmündet, wird vorzugsweise das leichter diffundierende Gas transportiert. Es fungiert als „oberes“ Vorrats-

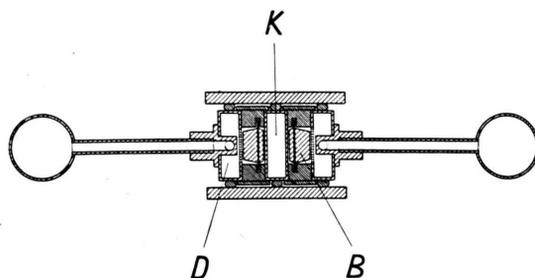


Abb. 4. Querschnitt durch die Trennapparatur der Abb. 3.

volumen. Die rechte Seite, in die das schmale Band das am langsamer diffundierenden Gas angereicherte Gemisch befördert, dient als „unteres“ Volumen. Der Vorteil dieser Konstruktion ist einmal die Verdoppelung der Trennlänge bei gleicher Länge der Apparatur, dann erlaubt die Verwendung von zwei Bändern die bessere Einhaltung der bereits oben betrachteten Bedingung $\int_0^a w(x) \varrho(x) dx = 0$. Dabei gibt es sogar zwei Regulierungsmöglichkeiten, einmal die Verwendung verschieden breiter Bänder, dann auch die Änderung des Verhältnisses der Geschwindigkeiten der beiden Bänder.

Diese Apparatur war nur kurz in Betrieb, sie ging Ende des Krieges ebenso wie die eingangs beschriebene durch Demontage verloren.

Inwieweit sich dieses Verfahren zur Isotopentrennung eignet, müßten weitere Versuche zeigen.

Die Analyse der verschiedenen Gasgemische geschah durch Dichtemessungen. Zu diesem Zweck wurde eine Gaswaage aus Quarz gebaut, ähnlich der

⁵ E. Lehrer u. E. Kuss, Z. physik. Chem., Abt. A 163, 73 [1933].

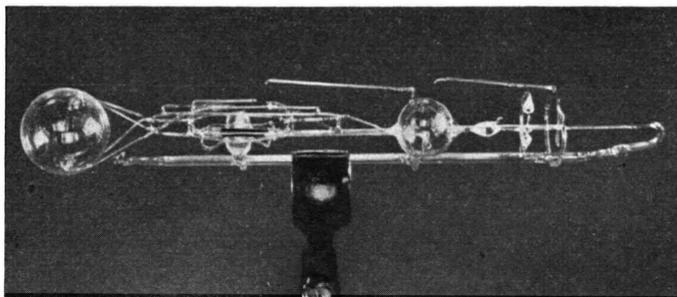


Abb. 5. Gaswaage aus Quarz.

von Lehrer und Kuss⁵. Abb. 5 zeigt den Innenteil der Waage. Die Meßmethode war die, daß durch Änderung des Drucks der Waagebalken in die Nullstellung gebracht wurde. Die Drucke sind dann umgekehrt proportional der Gasdichte. Die Messung der Schwebedrucke geschah durch ein Quecksilbermanometer und parallel damit mit einer Bourdonschen Spirale aus Quarz, die 20 Windungen besaß. Die Gaswaage befand sich in einem Thermostaten, der erschütterungsfrei gerührt wurde. An das Thermostatengefäß war ein Kreislauf angeschlossen, durch den das Wasser mit Hilfe einer kleinen Kreiselpumpe hindurchgepumpt wurde. Ehe das Wasser wieder in den Thermostaten eintrat, floß es durch ein dünnwandiges Messingrohr, dessen Heizwicklung durch

Kontaktthermometer und Relais betätigt wurde. Das Kontaktthermometer selbst stand direkt in dem in den Thermostaten einschießenden Wasserstrahl. Durch diese Anordnung wurde eine sehr gute Wirkungsweise erzielt. Ein eingehängtes Beckmanthermometer (in $\frac{1}{100}^\circ$ geteilt) zeigte während eines Schaltzyklus keinerlei Veränderung, auch die Konstanz innerhalb von 1—2 Std. war dieselbe. Das Hochheizen bis zur Betriebstemperatur wurde durch eine Hilfsheizung besorgt.

Frl. Pfitzinger und Frl. Dipl.-Ing. Herforth danke ich für ihre Hilfe bei dem Durchführen der Dichtebestimmungen.

Hrn. Mechanikermeister Hornung bin ich für den Bau der großen Trennapparatur zu Dank verpflichtet.

NOTIZEN

Multipelschwingungen der Protonen gegen die Neutronen im Tröpfchenmodell des Atomkerns

Von Michael Danos u. Helmut Steinwedel

Institut f. theoret. Physik der Universität Heidelberg

(Z. Naturforschg. 6 a, 217—218 [1951]; eingeg. am 22. März 1951)

In Erweiterung der Arbeit von Steinwedel, Jensen und Jensen¹, die die Dipolschwingungen im Kern zur Erklärung der (γ ; n)-Resonanzen bei hohen Gammaenergien berechneten und diskutierten, haben wir in höherer Näherung folgende Effekte berücksichtigt:

1. Einfluß der Störung der Coulomb-Energie auf die Eigenfrequenzen². Der Effekt ist gering, die Eigenfrequenz der Dipolschwingung wird für die schweren Kerne (U) um etwa 2%, die der leichten Kerne (Cu) um < 1% erhöht.

¹ H. Steinwedel u. J. H. D. Jensen, Z. Naturforschg. 5 a, 413 [1950], P. Jensen u. J. H. D. Jensen, Z. Naturforschg. 5 a, 343 [1950].

² Vgl. H. Jensen, Z. Physik 106, 620 [1937].

2. Die ungleichförmige Protonenverteilung im ungestörten Kern bedingt eine ortsabhängige „Schallgeschwindigkeit“; dadurch wird die Dipolfrequenz im U um etwa 10%, im Cu um etwa 2% erhöht. Beide Effekte bewirken einen etwas schwächeren Gang der Eigenfrequenzen als proportional mit $A^{-1/3}$; vgl. Abb. 1. Zum Vergleich mit den experimentellen Werten haben wir die theoretische

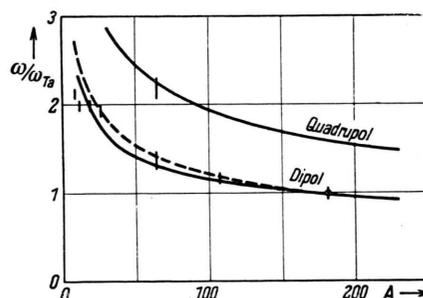


Abb. 1. Dipol- und Quadrupol-Resonanzfrequenzen relativ zu Ta^{181} . --- unkorrigiert; — korrigiert.