

sungen). Unter diesen Voraussetzungen erhält man jetzt für den Absorptionskoeffizienten im Eigenleitungsfall gegenüber der früheren Berechnung, die mit $m_E^* = m_L^* = m$

$$K = c T^{-1/2} \lambda^{1.5} \frac{1}{R^2 \sigma} (\gamma - 2 + 1/\gamma)$$

lieferte, einen Korrekturfaktor 13 000.

Es ergeben sich also rechnerisch noch erheblich höhere Absorptionswerte, als sie experimentell gemessen wurden. Eine Anpassung ist möglich, wenn man die Deformationspotentiale der beiden Bänder ungleich annimmt. Schon bei geringer Verschiedenheit ändern sich die Beweglichkeitsverhältnisse und über die zu erwartende Trennung der Bänder auch das Besetzungsverhältnis stark. Damit ändert sich der Absorptionskoeffizient, verglichen mit dem Produkt $1/R^2 \sigma$, erheblich. Ändert sich die Breite der Bänder, so werden sich außerdem die effektiven Massen ändern.

Das nach SHOCKLEY abgeleitete Beweglichkeitsverhältnis (siehe oben) hat sich schon bei 4°K nicht bestätigt. DRESSELHAUS, KIP und KITTEL geben auf Grund der Auswertung der Zyklotronresonanzmessungen² für die Relaxationszeiten folgende Werte an: $\tau_1 = 5 \cdot 10^{-11} \text{ sec}$ und $\tau_2 = 7 \cdot 10^{-11} \text{ sec}$. Daraus ergibt sich ein Beweglichkeitsverhältnis:

$$\beta = \frac{b_1}{b_2} = \frac{m_2^*}{m_1^*} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{1}{10,5}.$$

Nunmehr sind die optischen und elektrischen Eigenschaften nicht mehr so unabhängig voneinander durch die zwei Löcherarten bestimmt. Führt man mit diesem Wert die analogen Rechnungen durch, so erhält man in

der Fremdleitung einen Korrekturfaktor 160 zur früheren Rechnung. Bei der Berechnung für den Eigenleitungsfall sei noch berücksichtigt, daß das Beweglichkeitsverhältnis γ temperaturabhängig ist: $\gamma = \text{const} \cdot T^{0.7}$. Für den Absorptionskoeffizienten bei 600°K ergibt sich damit ($\gamma = 2,4$) ein Korrekturfaktor 2100 zu der früheren Rechnung, die mit $m_E^* = m_L^* = m$ und $\gamma = 1,5$ durchgeführt war und zu der das Experiment den Korrekturfaktor 2300 lieferte.

Aus der Gewinnung des HALL-Beweglichkeitsverhältnisses und auch aus der Temperatur des Nulldurchganges des HALL-Koeffizienten beim Übergang in die Eigenleitung ist zu ersehen, daß man das Beweglichkeitsverhältnis γ fast vollständig auf die leichten Löcher zu beziehen hat. Würde man es auf die schweren Löcher beziehen, so würde der HALL-Koeffizient zufällig fast Null, empfindlich gegenüber der Angabe von γ und ein schlechtes Maß für die Trägerzahl sein. Grundsätzlich wäre noch die Verwendung des Drift-Beweglichkeitsverhältnisses zu diskutieren.

Auf diese Weise hat also die hohe Abweichung der experimentellen Absorption freier Löcher von der berechneten eine überraschend genaue Erklärung gefunden, und es darf erwartet werden, daß eine genauere Kenntnis der maßgebenden Größen bei höheren Temperaturen die noch verbliebenen Abweichungen beseitigt. Umgekehrt kann man aus den Ultrarotmessungen das Beweglichkeitsverhältnis bestimmen, wenn man das Besetzungsverhältnis der beiden Bänder kennt. Da die Korrekturfaktoren der Eigenleitung und der Fremdleitung (letztere stärker) vom Beweglichkeitsverhältnis abhängen, kann man aus den gemessenen Korrekturfaktoren in p- und Eigenleitung das Beweglichkeitsverhältnis bei verschiedenen Temperaturen bestimmen.

Ultraschallabsorption und -geschwindigkeit in Triäthylamin *

Von G. BUSCH und W. MAIER

Physikalisches Institut der Universität Freiburg i. Brg.
(Z. Naturforschg. 11 a, 765–766 [1956]; eingegangen am 14. Juli 1956)

Mit der früher beschriebenen¹ Impulsapparat haben wir den Absorptionskoeffizienten α ($p = p_0 \cdot e^{-\alpha x}$) im Temperaturbereich von -55°C bis $+35^\circ \text{C}$ für Ultraschall von $1,340 \pm 0,006$ und $4,17 \pm 0,02 \text{ MHz}$ an der flüssigen Phase des Triäthylamins gemessen. Bei $4,17 \text{ MHz}$ wurde außerdem auch die Schallgeschwindigkeit v bestimmt. Die Substanz befand sich in einer ganz aus V4A-Stahl gefertigten Meßküvette. Temperaturkonstanz: $\pm 0,2^\circ \text{C}$; Genauigkeit von α : $\pm 2\%$; Genauigkeit von v : $\pm 0,5\%$. Das zur Messung verwendete Triäthylamin [p. a., Firma Fluka/Buchs (Schweiz)] hatte einen Schmelzpunkt von -115°C und einen Siedepunkt von $+89^\circ \text{C}$ und wurde ohne weitere Vorbehandlung verwendet.

* Auszug aus: G. BUSCH, Dissertation Freiburg 1955.

Abb. 1. bringt die Ergebnisse. Als Ordinate ist für die Absorption der durch das Quadrat der Frequenz ν dividierte Absorptionskoeffizient aufgetragen.

α konnte bei Temperaturen oberhalb -10°C mit $1,34 \text{ MHz}$ der zu geringen Absorption ($< 0,02$) wegen nicht mehr mit befriedigender Genauigkeit gemessen werden.

Zur Kontrolle haben wir bei einigen Temperaturen die α -Werte auch an destillierter p. a.-Substanz und an Proben geringeren Reinheitsgrades gemessen. Es zeigten sich hierbei keinerlei außerhalb der Fehlergrenzen fallende Abweichungen gegenüber den in Abb. 1 angegebenen Werten. Die beobachtete Absorption hat also nichts mit Verunreinigungen und irgendwelchen Entmischungsvorgängen zu tun, sondern ist eine Eigenschaft des reinen Stoffes.

Um den durch die Scherviskosität η verursachten Absorptionskoeffizienten α_η berechnen zu können, haben wir η in einem Kugelfallviskosimeter gemessen ($\pm 2\%$) und die Dichten ρ pyknometrisch bestimmt ($\pm 0,5\%$). Aus diesen Daten wurde α_η/ν^2 berechnet nach

¹ G. BUSCH u. W. MAIER, Z. Phys. 137, 494 [1954].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

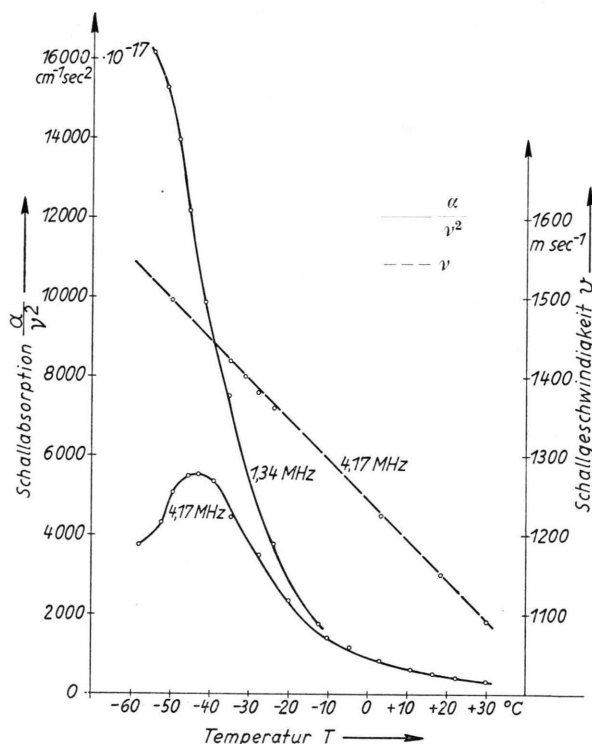


Abb. 1. Triäthylamin. Schallabsorption und -geschwindigkeit.
—— α/v^2 ; ---- v .

$\alpha_\eta/v^2 = 8\pi^2\eta/3\rho v^3$. (Tab. 1, graphisch interpolierte und gemittelte Werte für η und ρ .)

Temperatur °C	Dichte g/cm³	Viskosität cp	$\alpha_\eta/v^2 \cdot 10^{17}$ cm⁻¹ sec²
-60	0,798	2,00	180
-40	0,784	1,30	140
-20	0,766	0,87	120
0	0,748	0,63	118
+20	0,730	0,46	114

Tab. 1. Triäthylamin. Viskosität, Dichte und α_η/v^2 .

Die Ziffern der letzten Spalte müssen lauten:

18,0; 14,0; 12,0; 11,8; 11,4.

Die durch die Scherviskosität bedingte Absorption macht — wie man aus Tab. 1 sieht — nur einen unbedeutenden Bruchteil der beobachteten Absorption aus. Letztere scheint im wesentlichen also durch einen Relaxationsprozeß verursacht zu sein, der bei -45°C z. B. eine Relaxationsfrequenz von etwa 4 MHz besitzt.

Wir haben weiterhin auch die Schallabsorption und -geschwindigkeit an flüssigem Diäthylamin gemessen (Abb. 2).

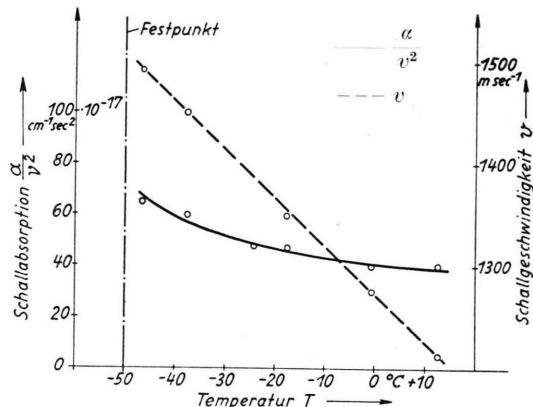


Abb. 2. Diäthylamin. Schallabsorption und -geschwindigkeit.
—— α/v^2 ; ---- v ; $v=12\text{ MHz}$.

Wie man sieht, weist diese Substanz keine Absorption auf, die mit der an Triäthylamin beobachteten vergleichbar wäre. Der schwache Anstieg, den die α/v^2 -Kurve auf der Seite der tieferen Temperatur zeigt, hängt wohl eher mit einer Assoziation des Diäthylamins zusammen, als daß er als Beginn eines ähnlichen α/v^2 -Maximums zu deuten wäre, wie es Triäthylamin besitzt.

Eine Diskussion des bei Triäthylamin vorliegenden Absorptionsprozesses wird erst dann möglich sein, wenn weitere Messungen bei anderen Frequenzen vorliegen. Wir sind mit solchen Untersuchungen beschäftigt. Da eine Absorption der oben beschriebenen Form bei Flüssigkeiten bisher noch nicht beobachtet worden ist, schien es uns wünschenswert zu sein, durch diese Mitteilung darauf aufmerksam zu machen.

Bemerkungen zu einer Arbeit von H. Harmuth über Unschärferelation und Schrödinger-Gleichung *

Von L. BIERMANN, K. JÖRGENS und A. SCHLÜTER

Max-Planck-Institut für Physik, Göttingen

(Z. Naturforschg. 11 a, 766—767 [1956]; eingegangen am 21. Juli 1956)

HARMUTH versucht, einen Zusammenhang zu begründen zwischen der Stabilitätsbedingung einer Approximation der zeitabhängigen SCHRÖDINGER-Gleichung und der KLEIN-GORDON-Gleichung durch Differenzengleichungen

und der HEISENBERGSchen Unschärferelation. Es ist ein bekannter Tatbestand, daß Lösungen von Differenzengleichungen in mehreren Veränderlichen mit abnehmenden Maschenweiten auch dann nicht notwendig gegen die Lösung der approximierten Differentialgleichung konvergieren, wenn die Differenzenquotienten einzeln gegen die gewünschten Differentialquotienten konvergieren. Es gibt vielmehr drei Möglichkeiten, die alle für „vernünftige“ Differenzengleichungen vorliegen können:

* H. HARMUTH, Die Unschärferelation in den DIRAC-Gleichungen und in der relativistischen SCHRÖDINGER-Gleichung. Z. Naturforschg. 11 a, 101 [1956].