

I. ÜBER DIE INNERE REIBUNG IN NICHT WASSERIGEN LÖSUNGEN.

Aus dem physikalisch-chemischen Institute der k. k. Universität Wien.

(Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse; Bd. CII. Abth. II a, 1893; pp. 1136—1140).

Bisher wurden fast ausschließlich wässrige Lösungen in Bezug auf ihre innere Reibung untersucht. Es zeigte sich hiebei, daß durch den Zusatz von Salzen zu Wasser die Reibung meistens erhöht, in einigen Fällen aber auch erniedrigt wird, und zwar sind nach der Theorie von Sv. Arrhenius (Ostwald's Z., 1887) letztere Lösungen als solche zu betrachten, welche eine besonders grosse Anzahl von aktiven, d. i. in ihre Ionen gespaltenen Molekeln besitzen. Nun war es von Interesse, auch das Verhalten von nicht wässrigen, z. B. alkoholischen Lösungen zu prüfen, bei welchen ein sehr geringes elektrisches Leitungsvermögen zu erwarten war, und eine Dissoziation nicht anzunehmen ist. Ich konnte nur eine diesbezügliche Versuchsreihe von D'Arcy (Philos. Mag. 1889, XXXII) auffinden, welcher eine Lösung von Chlorkalzium in Äthyl- und Methylalkohol benützte und in beiden Fällen eine bedeutende Vermehrung der Zähigkeit nachwies. Um einen Beitrag zur Ausfüllung dieser Lücke zu liefern, unternahm ich die Versuche, die im Folgenden beschrieben sind.

Ich verglich einerseits die Reibung von Schwefelkohlenstoff mit jener einer Lösung von Jod, also eines Metalloids, andererseits Alkohol mit alkoholischen Lösungen von Jodkalium und salpetersaurem Ammon, also Salzen, welche in wässrigen Lösungen von ähnlicher Konzentration eine merkliche Verminderung der Zähigkeit hervorrufen.

Eine absolute Messung des Reibungskoeffizienten war hierbei nicht erforderlich; es genügte, wenn Relativzahlen gefunden wurden und die diesen proportionale spezifische Zähigkeit (Wasser bei $0^\circ = 100$) mittelst eines Versuches mit Wasser bestimmt wurde. Die dadurch ermöglichte Modifikation des Ausflußapparates ist für die Praxis sehr bequem und mag daher hier kurz beschrieben werden (Fig. 1).

Die Kapillarröhre C ist U -förmig gebogen; der eine ganz kurze Schenkel mündet in die als Reservoir dienende Kugel K_1 , welche in die weite Röhre R_1 ausgeht, der andere, lange Schenkel geht in die kleinere Kugel K_2 über, an welche sich die rechtwinklig gebogene Röhre R_2 anschließt. Bei den Versuchen mit Alkohol, welche möglichste Fernhaltung der Luftfeuchtigkeit erforderten, wurde noch vor R_2 und über R_1 je ein Gefäß angebracht, in welchem die Luft über Schwefelsäure streichend getrocknet wurde. Die Maße waren: Rad. von $C = 0.56$ mm, Länge = 23.9 cm, wirksame Höhe der Flüssigkeitssäule = 14.2 cm, Rad. von $K_1 = 2.5$ cm, Rad. von $R_1 = 0.4$ cm, $R_2 = 1.5$ mm, Volumen von $K_2 = 11.792$ cm³. Der ganze Apparat war in ein Gefäß mit Wasser, dessen Temperatur konstant erhalten wurde, eingetaucht. In K_1 wird die

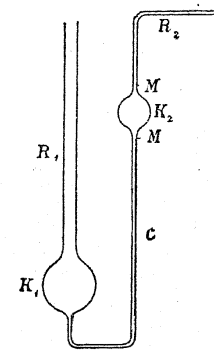


Fig. 1.

Flüssigkeit, deren Temperatur an dem von oben durch R_1 eingesenkten Thermometer abgelesen wird, bis zu einer Marke eingefüllt; mittelst eines Aspirators (Wasserstrahlpumpe), welcher mit R_2 in Verbindung ist, saugt man sie in K_2 und noch zu $1/2$ von R_2 hinauf und läßt sie durch Absperrren des Hahnes und Öffnen des Luftzutrittes wieder in K_1 zurückströmen. Die Zeit τ zwischen den Momenten des Durchfließens bei den oberhalb und unterhalb K_2 angebrachten Marken wird durch ein Chronoskop bestimmt. Bezeichnen s_1 und s_2 die spezifischen Gewichte zweier Flüssigkeiten, so ist das Verhältnis ihrer Reibungskoeffizienten: $\eta_1 : \eta_2 = s_1 \tau_1 (1 - \alpha_1) : s_2 \tau_2 (1 - \alpha_2)$, wobei das Korrektionsglied

$$\alpha = \frac{v^2}{2^{1/2} \pi^2 g r^4 h \tau^2}$$

Da die Durchflußzeit ziemlich kurz war, wurde eine größere Anzahl von Versuchen angestellt, aus denen die Mittel genommen wurden; der wahrscheinliche Fehler des Mittels stieg im Maximum auf 0.15%.

Die Versuchsergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Spalte A gibt die Anzahl der Versuche an, B die Temperatur, C die beobachtete Zeit, D die sich hieraus durch Subtraktion des Korrektionsgliedes und Multiplikation mit s ergebenden, der spezifischen Zähigkeit proportionalen Werthe η' , aus welchen nach der Methode der kleinsten Quadrate eine die Abhängigkeit von der Temperatur darstellende Formel mit drei Konstanten berechnet wurde. Der Übersichtlichkeit wegen sind noch unter E die aus letzterer folgenden Werte von η für 10° , 30° und 50° angeführt.

Schwefelkohlenstoff					9.26 proc. Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
22	1.0°	24.58	27.55	10° 27.56	25	0.9	24.52	29.06	10° 28.81
20	18.64	23.18	24.96	30 24.83	18	14.07	23.10	26.73	30 25.97
14	30.5	22.43	23.52		20	18.87	22.70	25.97	
					17	29.78	22.10	24.65	
$\eta' = 27.71 - 0.1638 \theta + 0.00086 \theta^2$					$\eta' = 29.103 - 0.1913 \theta + 0.00142 \theta^2$				
$\eta = 29.19 - 0.1726 \theta + 0.000906 \theta^2$					$\eta = 30.67 - 0.2016 \theta + 0.00150 \theta^2$				

Die Zunahme der Reibung beträgt also bei mittlerer Temperatur über 4%.

Äthylalkohol					1.72 proc. Lösung von Jodkalium in Alkohol				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
12	0.9°	114.85	91.95	10° 80.71	10	0.72	121.22	99.10	10° 86.27
11	11.94	92.70	73.08	30 54.24	11	11.46	97.91	78.91	30 57.80
15	21.75	77.50	60.25	50 40.73	12	20.86	82.22	65.38	50 43.01
20	29.89	67.76	51.99		15	30.10	69.80	54.69	
16	39.97	58.52	44.15		11	40.15	60.55	46.66	
13	50.0	51.43	38.09		15	49.75	53.30	40.37	
$\eta' = 93.76 - 1.8713 \theta + 0.01535 \theta^2$					$\eta' = 100.24 - 1.9998 \theta + 0.01623 \theta^2$				
$\eta = 98.81 - 1.9721 \theta + 0.01621 \theta^2$					$\eta = 105.64 - 2.108 \theta + 0.0171 \theta^2$				

4·1 proc. Lösung von salpetersaurem Ammon					
A	B	C	D	E	
14	20·03	97·67	78·73	[10°	99·01] ¹⁾
14	30·02	81·12	64·45	30	68·31
11	39·68	69·20	54·14	50	48·18
12	49·80	59·78	45·99		
$\eta' = 112\ 266 - 1\ 9576\ \theta + 0\ 01253\ \theta^2$					
$\eta = 118\ 32 - 2\ 063\ \theta + 0\ 0132\ \theta^2$					

Es ergibt sich also auch bei diesen Lösungen eine Vermehrung der Reibung, welche bis zu 25% steigt.

Der bei obigen Berechnungen verwendete Reduktionskoeffizient $\frac{\eta}{\eta'} = 1.0538$ folgte aus dem Werte der spezifischen Zähigkeit des Wassers bei 20° = 56.15 (Mittelwert der von Poiseuille, Graham, Rellstab, Sprung, Slotte und Wagner ermittelten Zahlen) und dem beobachteten Werte = 53.284.

Schließlich wurden die gebrauchten Lösungen in Bezug auf ihre elektrische Leitungsfähigkeit untersucht; der spezifische Widerstand (Quecksilber = 1) war bei der Jodlösung = 62.10¹¹, Jodkalium 10⁸, Ammoniumnitrat 6.10⁷, also ist die Leitungsfähigkeit verschwindend klein gegenüber jener der wässrigen Lösungen.

Das Resultat der Versuche läßt sich also kurz in Folgendem zusammenfassen: Insoweit sich die gewonnenen Ergebnisse verallgemeinern lassen, zeigt sich, daß die innere Reibung von nicht wässrigen Lösungsmitteln nicht nur durch Zusatz von Salzen erhöht wird, welche die Zähigkeit des Wassers bei ähnlicher Konzentration vermehren, z. B. CaCl₂, sondern auch von solchen, welche sie vermindern, z. B. KJ, NH₄NO₃; ebenso bei Jod. In Gemäßheit mit den Anschauungen von Arrhenius hätte man in diesen Lösungen eine sehr geringe Zahl von dissoziierten Molekeln anzunehmen, was auch mit dem geringen Leitungsvermögen übereinstimmt. Umfangreichere Untersuchungen müßten feststellen, ob dieses Verhalten auch Ausnahmen aufweist.

¹⁾ Bei Temperaturen von 10° und darunter konnten keine Versuche gemacht werden, da sich hiebei das Salz in kristallinen Flocken ausschied.

II. AKUSTISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ELASTIZITÄT WEICHER KÖRPER.

Aus dem physikalisch-chemischen Institute der k. k. Universität Wien.

(Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematurw. Klasse; Bd. CIII; Abth. II a, 1894; pp. 739—772).

Weiche Körper, z. B. Wachs, Paraffin, Kautschuk etc., sind für die Elastizitätstheorie hauptsächlich in zweifacher Hinsicht von Interesse. Erstens nimmt der Elastizitätsmodul derselben mit steigender Temperatur in unverhältnismäßig stärkerem Maße ab, als dies bei anderen Körpern, z. B. Metallen, der Fall ist; zweitens finden sich bei ihnen die größten Werte der Elastizitätszahl μ (Verhältnis der Querkontraktion zur Längsdilatation).

Bezüglich des ersten Punktes liegt bisher nur eine Beobachtung von Stefan ¹⁾ vor, welcher, anlässlich einer Untersuchung über die Schallgeschwindigkeit in Stäben von Wachs und Unschlitt, die er nach der im Folgenden beschriebenen Methode ausführte, die große Veränderlichkeit derselben — also auch des Elastizitätsmoduls — bemerkte.

Für Wachs ergeben seine Versuche:

Temperatur $\theta = 17^\circ$,	Schallgeschwindigkeit $c' = 880$ m/sek,
" 25	" 630 "
" 28	" 451 "

Für Unschlitt machte er keine näheren Angaben.

Demnach würde sich bei Erhöhung der Temperatur von 17° auf 28° die Schallgeschwindigkeit $\left[= \sqrt{\frac{E}{\rho}} \right]$ fast auf die Hälfte,

¹⁾ Diese Sitzungsberichte, LVII, 1868.