

Viskosität des flüssigen Systems Chlorbenzol + Brombenzol

R. Haase, M. Lethen und K.-H. Dücker

Lehrstuhl für Physikalische Chemie II
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

(Z. Naturforsch. 30 a, 916–917 [1975];
eingegangen am 7. Mai 1975)

Viscosity of the Liquid System Chlorobenzene + Bromobenzene

Results of measurements of the viscosity and of the molar volume for the ideal liquid system chlorobenzene + bromobenzene are presented. They cover the whole composition range between 0 °C and 80 °C. Both the composition and the temperature dependence of the viscosity are discussed.

Das flüssige System Chlorbenzol + Brombenzol stellt innerhalb der Meßgenauigkeit eine ideale Mischung dar. Daher sollte die Viskosität – wie andere Transportgrößen auch – einen besonders einfachen Konzentrationsverlauf zeigen. Wir haben deshalb die Viskosität im gesamten Mischungsbereich (für die reinen Komponenten und bei neun verschiedenen Zusammensetzungen der Mischungen) bei Temperaturen zwischen 0 °C und 80 °C (im Abstand von 10 °C und zusätzlich bei 25 °C) ermittelt. Darüber hinaus haben wir in demselben Konzentrations- und Temperaturbereich die Dichte und daraus das molare Volumen bestimmt.

Wie an anderer Stelle¹ ausführlich dargelegt, sind die Viskositätsmessungen mit Hilfe eines Ubbelohde-Viskosimeters, die Dichtemessungen pyknometrisch durchgeführt worden. Soweit Literaturwerte vorhanden, stimmen sie recht gut mit unseren Werten überein.

Das molare Volumen \bar{V} ist, wie bei einer idealen Mischung zu erwarten, bei allen Temperaturen innerhalb der Meßgenauigkeit eine lineare Funktion des Molenbruches x_1 bzw. x_2 des Chlorbenzols bzw. Brombenzols:

$$\bar{V} = x_1 V_1^* + x_2 V_2^* = V_1^* + (V_2^* - V_1^*) x_2. \quad (1)$$

Hierin bedeutet V_i^* das molare Volumen der reinen flüssigen Komponente i . Nach Gl. (1) genügt es, wenn wir unsere experimentellen Werte für V_1^* und V_2^* angeben (Tabelle 1).

Die Viskositäten η_1 und η_2 des reinen Chlorbenzols und reinen Brombenzols findet man in Tabelle 1, die Viskosität η der Mischung in Abhängigkeit von der Zusammensetzung bei den verschiedenen Temperaturen in Abbildung 1. (Die SI-Einheit für die Viskosität ist Pa s, die übliche und hier benutzte Einheit cP = 10⁻³ Pa s.)

Interessanterweise gilt für die Viskosität η kein zu Gl. (1) analoger Zusammenhang. Auch ein anderer Ansatz, der sich in der Literatur findet und eine

Tab. 1. Molares Volumen V_1^* bzw. V_2^* und Viskosität η_1 bzw. η_2 des reinen flüssigen Chlorbenzols bzw. Brombenzols bei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur	V_1^* cm ³ mol ⁻¹	V_2^* cm ³ mol ⁻¹	η_1 cP	η_2 cP
0 °C	99,82	103,14	1,0610	1,5364
10 °C	100,78	104,07	0,9166	1,3109
20 °C	101,77	105,02	0,8030	1,1355
25 °C	102,26	105,49	0,7550	1,0627
30 °C	102,77	105,98	0,7118	0,9974
40 °C	103,78	106,95	0,6365	0,8855
50 °C	104,83	107,95	0,5724	0,7917
60 °C	105,89	108,97	0,5183	0,7137
70 °C	106,98	110,01	0,4712	0,6455
80 °C	108,10	111,08	0,4314	0,5895

lineare Abhängigkeit der Fluidität ($1/\eta$) von den Molenbrüchen fordert, trifft für unser System nicht zu. Vielmehr lassen sich unsere experimentellen Daten innerhalb der Meßgenauigkeit durch den Ansatz von Arrhenius (1887)

$$\eta = \eta_1^{x_1} \eta_2^{x_2} \quad (2)$$

beschreiben. Dies ist in Abb. 2 für 25 °C dargestellt.

Die Abhängigkeit der Viskosität η von der thermodynamischen Temperatur T wird bei unserem System durch den Ansatz von Reynolds (1886)

$$\eta = C \exp \{E/RT\} \quad (3)$$

recht gut wiedergegeben¹. Dabei ist E bzw. R die Aktivierungsenergie der Mischung bzw. die Gaskonstante. Die Größen C und E sind nur Funktionen der Zusammensetzung.

Will man auch die Abhängigkeit der Viskosität von der Zusammensetzung durch Gl. (3) korrekt beschreiben, so muß man ansetzen:

$$C = C_1^{x_1} C_2^{x_2}, \quad E = E_1 x_1 + E_2 x_2, \quad (4)$$

worin E_1 bzw. E_2 die Aktivierungsenergie des reinen Chlorbenzols bzw. reinen Brombenzols bedeutet. Aus den Gln. (3) und (4) folgt:

$$\eta_1 = C_1 \exp \{E_1/RT\}, \quad \eta_2 = C_2 \exp \{E_2/RT\}. \quad (5)$$

Hieraus ergibt sich mit Gl. (3) und (4) wiederum der Ansatz (2).

Für unser System gilt:

$$C_1 = 2,09 \cdot 10^{-2} \text{ cP}, \quad C_2 = 2,41 \cdot 10^{-2} \text{ cP}, \\ E_1 = 8,88 \cdot 10^3 \text{ J/mol}, \quad E_2 = 9,38 \cdot 10^3 \text{ J/mol}.$$

Die Viskosität des flüssigen Systems Chlorbenzol + Brombenzol läßt sich also für jede Zusammensetzung und jede Temperatur zwischen 0 °C und 80 °C mit guter Näherung nach Gl. (3) und (4) mit Hilfe der vier angegebenen Konstanten berechnen.



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.

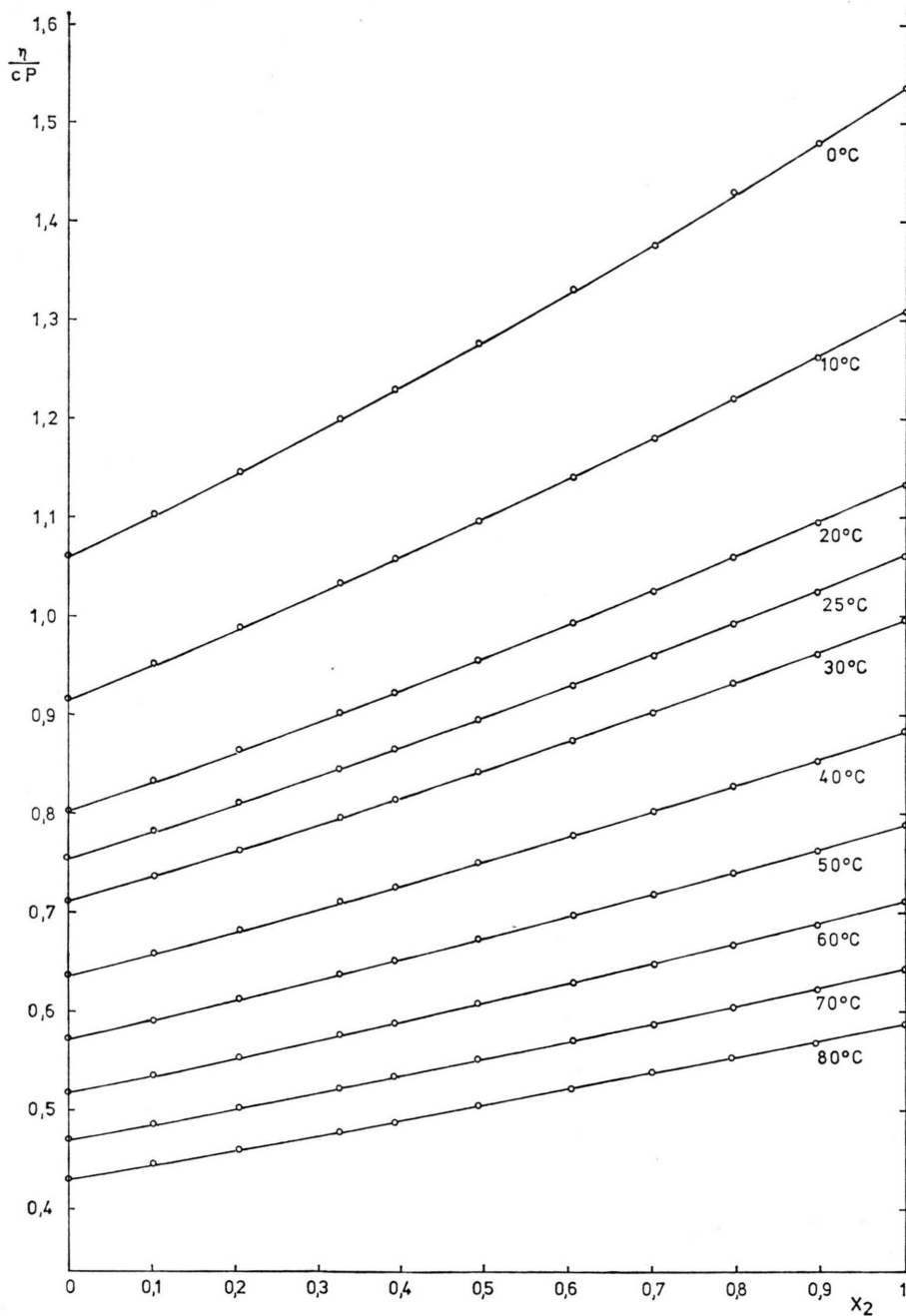


Abb. 1. Viskosität η des flüssigen Systems Chlorbenzol + Brombenzol in Abhängigkeit vom Molenbruch x_2 des Brombenzols bei verschiedenen Temperaturen. \circ Meßwerte.

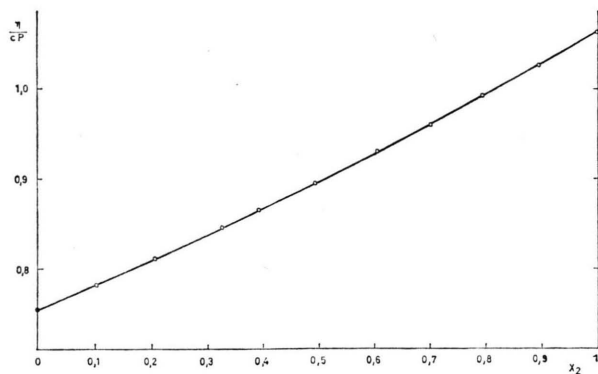


Abb. 2. Gemessene (\circ) und nach Gl. (2) berechnete (—) Werte der Viskosität η des flüssigen Systems Chlorbenzol + Brombenzol in Abhängigkeit vom Molenbruch x_2 des Brombenzols bei 25 °C.

¹ M. Lethen, Die Viskosität des flüssigen Systems Chlorbenzol + Brombenzol, Diplomarbeit, RWTH Aachen 1974.