

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.

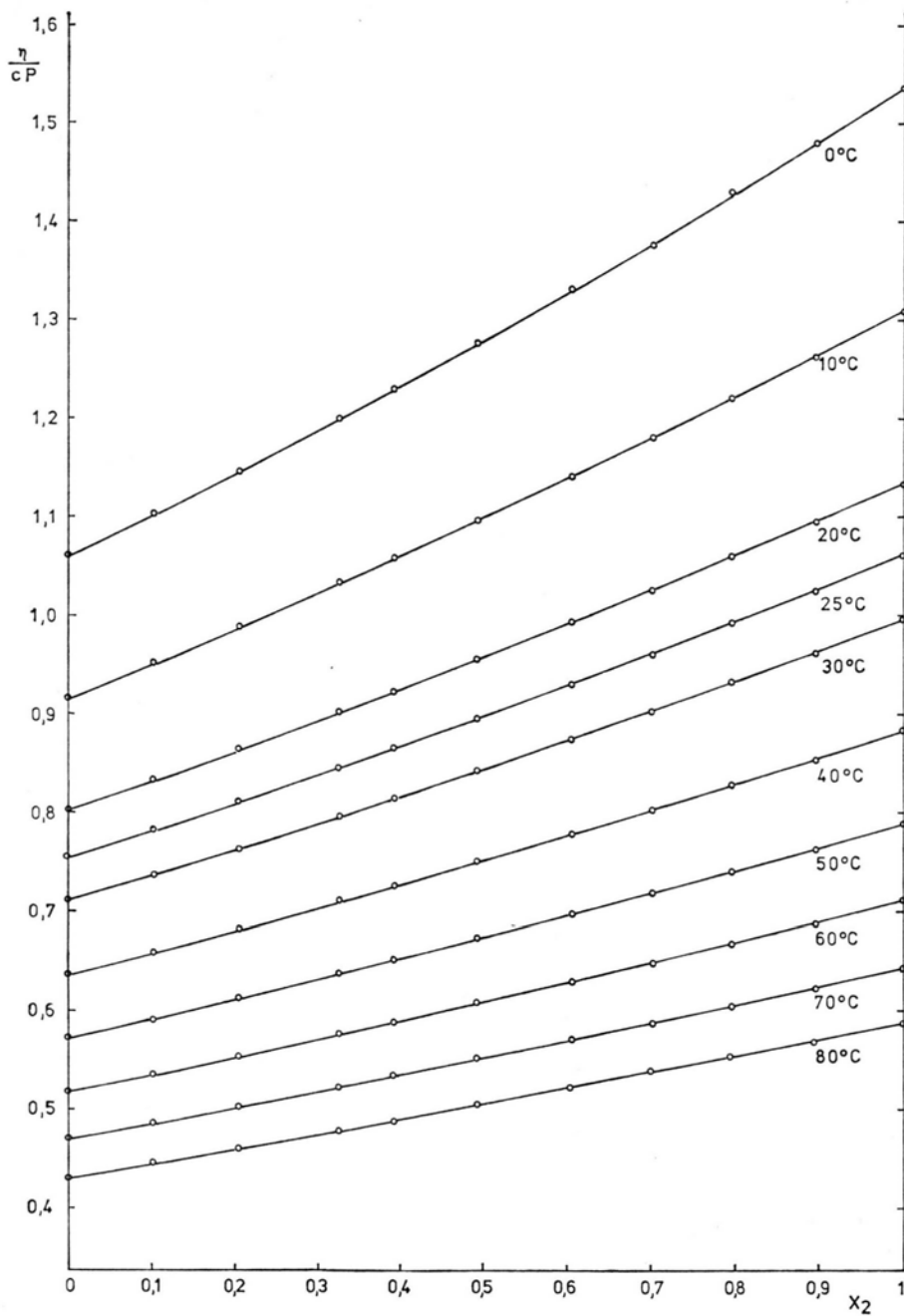


Abb. 1. Viskosität η des flüssigen Systems Chlorbenzol + Brombenzol in Abhängigkeit vom Molenbruch x_2 des Brombenzols bei verschiedenen Temperaturen. \circ Meßwerte.

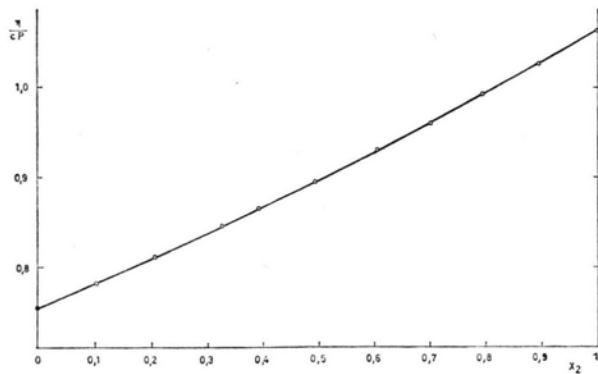


Abb. 2. Gemessene (\circ) und nach Gl. (2) berechnete (—) Werte der Viskosität η des flüssigen Systems Chlorbenzol + Brombenzol in Abhängigkeit vom Molenbruch x_2 des Brombenzols bei 25 °C.

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