

1.3

*[Handwritten signature]*

# Verteilungsquotient

- A 5 -

Versuch vom 12. Juni 2011

Raphael Schmage und Tobias Renz  
Gruppe: 19



Karlsruher Institut für Technologie  
Institut Physikalische Chemie

Praktikum: A5

testiert am: 19. 07. 2011

Betreuer:

*[Handwritten signature]*

# I. Ziele und theoretische Grundlagen

Das totale Differential der freien Enthalpie lässt sich schreiben als:

$$dg = \left( \frac{\partial g}{\partial p} \right)_{T, n_i} dp + \left( \frac{\partial g}{\partial T} \right)_{p, n_i} dT + \sum_{i=1}^k \left( \frac{\partial g}{\partial n_i} \right)_{p, T, n_{j \neq i}} dn_i$$

Gibbssche Fundamentalgleichung:

$$dg = V dp - S dT + \sum_{i=1}^k \mu_i dn_i$$

In unserem Versuch haben wir einen Stoff C (Iod) der in zwei Flüssigkeiten A (Wasser) und B (n-Heptan) gelöst ist. Die zwei Flüssigkeiten sind untereinander nicht mischbar.

Da  $p$  und  $T$  konstant sind, muss das chemische Potential von C, im Gleichgewicht, in A und B gleich sein.

$$\mu_c^A = \mu_c^B \quad \text{mit } \mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i$$
$$\mu_c^{A0} + RT \ln a_c^A = \mu_c^{B0} + RT \ln a_c^B$$

dies lässt sich umformen zu:

$$\frac{a_c^B}{a_c^A} = \exp\left(\frac{\mu_c^{A0} - \mu_c^{B0}}{RT}\right)$$

da wir  $T$  als konstant annehmen, ist die rechte Seite eine Konstante.

$$\frac{a_c^B}{a_c^A} = K$$

Handelt es sich nun um stark verdünnte Lösungen, folgt daraus der Nernstsche Verteilungssatz

$$\frac{c_B}{c_A} = K \quad \text{und mit } c_B = c_1 \quad \text{und} \quad c_A = c_2$$

$$\frac{c_1}{c_2} = K$$

### Gibbs'sche Phasenregel:

Die Anzahl der Freiheitsgrade in einem System ist gegeben durch:

$$F = K + 2 - P$$

wobei  $K$  die Anzahl der Komponenten und  $P$  die Anzahl der Phasen im System ist!

### Ziel und Durchführung

Das Ziel dieses Versuchs ist es die Konstante  $K$  des Nernstschen Verteilungssatzes für Iod in Wasser und  $n$ -Heptan zu bestimmen.

Dazu werden verschiedene Mengen an Iod im Wasser, Heptan Gemisch gelöst.

Die jeweilige Konzentration von Iod in Wasser bzw. Heptan wird durch Titration mit Natriumthiosulfatlösung bestimmt.

Als Indikator dient dabei Stärke.

## II. Auswertung

Die Reaktionsgleichung für Iod mit Natriumthiosulfat sieht folgendermaßen aus:



Daraus sieht man, dass man:  $n_{\text{Iod}} = \frac{1}{2} n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$

Jetzt können wir die Konzentrationen des Iod in Wasser und Heptan berechnen.

### Titration von Wasser:

$$c_{\text{Iod}} = \frac{n_{\text{Iod}}}{V_{\text{probe}}} = \frac{n_{\text{Tit}}}{2 V_{\text{probe}}} = \frac{c_{\text{Tit}} V_{\text{Tit}}}{2 V_{\text{probe}}}$$

mit  $c_{\text{Tit}} = c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$

und  $V_{\text{probe}} = 200 \text{ ml Wasser}$

### Titration von Heptan:

$$c_{\text{Iod}} = \frac{c_{\text{Tit}} V_{\text{Tit}}}{2 V_{\text{probe}}}$$

mit  $c_{\text{Tit}} = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$

und  $V_{\text{probe}} = 5 \text{ ml Heptan}$

### Berechnung von $K$ :

$$K = \frac{c_{\text{Heptan}}}{c_{\text{Wasser}}}$$

mit  $c_{\text{Heptan}}$  bzw.  $c_{\text{Wasser}}$  ist die Konzentration von Iod in der jeweiligen Flüssigkeit gemeint.

Das  $K$  wird am Schluss dann über den Mittelwert mit Standardabweichung bestimmt.

## Fehlerbetrachtung

Als Fehler haben wir die Ungenauigkeit der Pipetten, wodurch wir Fehler beim Volumen von Wasser erhalten, und einen Fehler beim Titrieren. Die Fehler sind in der Tabelle aufgeführt.

Zur Fehlerberechnung benutzen wir Gauß'sche Fehlerfortpflanzung:

$$\Delta C_{\text{Iod}} = \sqrt{\left(\frac{C_{\text{Tit}} \Delta V_{\text{Tit}}}{2 V_{\text{Probe}}}\right)^2 + \left(-\frac{C_{\text{Tit}} V_{\text{Tit}} \Delta V_{\text{Aube}}}{2 V_{\text{Probe}}^2}\right)^2}$$

$$\Delta K = \sqrt{\left(\frac{\Delta C_{\text{Iod}}}{C_{\text{Wasser}}}\right)^2 + \left(-\frac{C_{\text{Iod}} \Delta C_{\text{Wasser}}}{C_{\text{Wasser}}^2}\right)^2}$$

### A5 - Verteilungsquotient

c_Titer	0,01 mol/l	Fehler
V_Wasser	200 ml	0,15 ml
V_Heptan	5 ml	0,01 ml
Fehler V_Titer		0,1 ml

Iod / g	in 200ml H <sub>2</sub> O			in 5ml n-Heptan			Verteilungsquotient	
	V <sub>Titer,2</sub> / ml	c <sub>2</sub> / mol·l <sup>-1</sup>	V <sub>Titer,1</sub> / ml	c <sub>1</sub> / mol·l <sup>-1</sup>	Wert	Wert	Wert	Fehler
0,10	1,90	4,75E-05	1,72	1,72E-03	1,00E-04	36,21	2,84	
0,20	3,70	9,25E-05	3,60	3,60E-03	1,00E-04	38,92	1,51	
0,40	7,00	1,75E-04	7,20	7,20E-03	1,01E-04	41,14	0,82	

Somit ergibt sich folgender Mittelwert: 38,76  
mit der Standardabweichung von: 2,47

### III Zusatzfragen

1.) Essigsäure liegt in Tetrachloräthan dimerisiert vor. Es bildet sich das folgende Gleichgewicht:



In dimerisierter Form werden 2 Essigsäure-Moleküle durch Wasserstoffbrücken zusammenschalteln.

Die Dissoziationskonstante  $K_D$  ergibt sich wie folgt:

$$K_D = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_2}{c[\text{CH}_3\text{COOH}]^2}$$

Die Gesamtkonzentration entspricht der Summe der beiden im Gleichgewicht stehenden Formen.

$$c_2 = c[\text{CH}_3\text{COOH}]_2 + c[\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$\Leftrightarrow c[\text{CH}_3\text{COOH}]_2 = c_2 - c[\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$\Rightarrow K_D = \frac{c_2 - c[\text{CH}_3\text{COOH}]}{c[\text{CH}_3\text{COOH}]^2} \Leftrightarrow c_2 = c[\text{CH}_3\text{COOH}] (K_D \cdot c[\text{CH}_3\text{COOH}] + 1)$$

Für den Verteilungsquotient erhalten wir nun:

$$K = \frac{c_1}{c_2} = \frac{c_1}{c[\text{CH}_3\text{COOH}] (K_D \cdot c[\text{CH}_3\text{COOH}] + 1)}$$

2.) Die Existenz der Wasserstoffbrücken und damit die der dimensierten Essigsäure lässt sich auf verschiedenste Arten „beweisen“.

Zum einen durch (Schwingungs-)spektroskopische Analysen & wie z.B. die Infrarot- oder Raman-Spektroskopie.

Des Weiteren können die unterschiedlichen Massen auch bei einer Massenspektroskopie festgestellt werden.

Außerdem ist die Tatsache, dass Essigsäure (Eisessig) bei  $16,6^{\circ}\text{C}$  ihren Schmelzpunkt hat ein weiteres Indiz für das Vorliegen <sup>als</sup> ~~von~~ Dimeren. Da bei Molekülen vergleichbarer Masse liegt dieser deutlich tiefer.



## IV Fehlerdiskussion

Fehler, die wir nicht berücksichtigt haben, können z.B. durch eventuelle Verunreinigungen der Gefäße zustande kommen oder auch durch nicht gelöstes Iod, das sich am Rand absetzt und mit der Zeit die Konzentration beeinflusst.

Dass die  $K$ 's sich mit zunehmender Konzentration ändern könnte auch dadurch zustande kommen, dass die Annahme  $a_i = \frac{c_i}{c_i^0}$  nur für bei sehr starker Verdünnung gilt, und es sein könnte dass wir diese Konzentration überschreiten.

## V Quellen

- Gerd Wedler; Lehrbuch der Physikalischen Chemie, Wiley-VCH; Weinheim 2004.

~~Zusatzfrage~~

# AS Verteilungsquotient

~~1.1) Verteilungsquotient~~

Fehler 50ml Pipette für u. Heptan: 0,05ml

2x 100ml " H<sub>2</sub>O  
+ 50ml von oben

0,075ml

---

$$\Sigma = 0,2 \text{ ml}$$

1. Probe 0,1g Iod

200ml Wasser Fehler 2. 0,075

5ml Pipette 0,01

100ml Pipette: 0,075

Iod	<del>200</del> ml Wasser	5ml Heptan
0,1g	1,95ml	1,72ml
0,2g	3,70ml	3,60ml
0,4g	7,00ml	7,20ml

*[Handwritten signature]*