

## Übung 5

Abgabe: Freitag, 14. Mai 2004

### Aufgabe 1

Ein Verfahren zur Reinigung von mit organischen Stoffen kontaminierten Abwässern ist die sogenannte Umkehrosmose (Abb. 1): Das Abwasser wird durch eine Membran gepreßt, welche nur für Wasser, nicht aber für den organischen Stoff durchlässig ist. Um realistische Reinigungsraten zu erhalten, muß auf das Abwasser ein Überdruck  $\Delta p$  ausgeübt werden, der weitaus größer ist als die osmotische Druckdifferenz. Bei einer wäßrigen Lösung von 1-Butanol ( $C_4H_{10}O$ ) wurde für verschiedene Werte des Überdrucks  $\Delta p$  (aber bei gleichbleibender 1-Butanol-Konzentration) der Wasserdurchfluß durch die Membran gemessen. Für 298 K erhält man die in Abb. 2 gezeigten Werte.

- 1.1 Anhand von Abb. 2 bestimme man graphisch den osmotischen Druck der wäßrigen 1-Butanol-Lösung gegenüber reinem Wasser.
- 1.2 Wie groß ist die Konzentration des 1-Butanols?

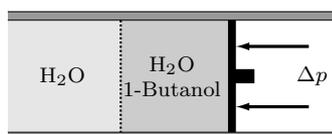


Abbildung 1: Umkehrosmose zur Reinigung von mit 1-Butanol kontaminiertem Abwasser

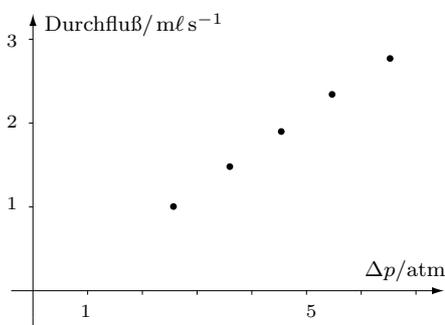


Abbildung 2: Wasserdurchfluß durch die Membran in Abhängigkeit vom Überdruck  $\Delta p$

### Aufgabe 2

Wieviel Gramm Kochsalz muß man – schätzungsweise – einem Liter Wasser zugeben, damit sich die Siedetemperatur um 1 K erhöht? Die Verdampfungswärme von Wasser beträgt  $44 \text{ kJ mol}^{-1}$ . (Vorsicht: Kochsalz dissoziiert in wäßriger Lösung!)

### Aufgabe 3

Der Partialdruck von Cyanwasserstoff (HCN) über 2,92-molarer Blausäure (einer wäßrigen Lösung von HCN) beträgt 0,22 atm bei 298 K. Der Partialdruck von Chlorwasserstoff (HCl) über 3,24-molarer Salzsäure beträgt  $1,04 \cdot 10^{-4} \text{ atm}$ .

Wie groß ist die Konzentration von *undissoziiertem* HCl in der 3,24-molaren Salzsäure?

*Annahmen:* HCl und HCN haben die gleiche Henry-Konstante. HCN dissoziiert nicht in wäßriger Lösung.

### Aufgabe 4

Bei einer Mischung von Aceton (A) und Kohlenstoffdisulfid (C) wurden die Partialdrücke der Komponenten in der Dampfphase in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der flüssigen Phase gemessen. Bei einer Temperatur von 298 K erhielt man dabei folgende Daten:

$x_C$	$p_C / \text{Torr}$	$p_A / \text{Torr}$
0,00	0	232
0,10	108	213
0,20	184	196
0,40	270	163
0,60	303	149
0,80	327	120
0,90	337	102
0,95	345	81
0,98	352	49
1,00	359	0

**4.1** Man trage die Partialdrücke in Funktion der Molenbrüche auf.

**4.2** Inwiefern erfüllt die jeweils im Überschuß vorhandene Komponente das Raoult'sche Gesetz

$$p_i = p_i^\bullet x_i \quad (\text{für } x_i \approx 1) ?$$

Wie groß sind die Dampfdrücke  $p_i^\bullet$  der reinen Komponenten?

**4.3** Inwiefern erfüllt die jeweils verdünnte Komponente das Henry'sche Gesetz

$$p_i/p_o = K_i x_i \quad (\text{für } x_i \ll 1)$$

( $p_o := 1 \text{ atm}$ )? Durch Extrapolation schätze man die Henrykonstanten  $K_i$  der verdünnten Komponenten.

## Aufgabe 5

Im folgenden soll untersucht werden, wie sich der Schmelzpunkt eines Lösungsmittels ändert, wenn ein zusätzlicher Stoff darin ideal gelöst wird. Die Herleitung ist analog zu derjenigen der

Siedepunktserhöhung von idealen Lösungen (vgl. Skript S. 32).

Eine ideale flüssige Lösung stehe im Gleichgewicht mit reinem gefrorenem Lösungsmittel.

**5.1** Unter Anwendung der Prinzipien des stofflichen Gleichgewichts finde man eine Beziehung zwischen den chemischen Potentialen des *reinen* flüssigen bzw. gefrorenen Lösungsmittels einerseits und dem Molenbruch  $x_1$  des Lösungsmittels in der flüssigen Phase andererseits.

**5.2** Durch Ableiten nach der Temperatur  $T$  finde man mit Hilfe der Gibbs-Helmholtz-Beziehung eine Differentialgleichung für  $x_1$ . Man integriere diese Differentialgleichung unter der Annahme, daß die molare Schmelzenthalpie des reinen Lösungsmittels temperaturunabhängig ist.

**5.3** Man gebe für verdünnte Lösungen einen Näherungsausdruck für die Änderung  $\Delta T$  des Schmelzpunkts. Welches Vorzeichen hat  $\Delta T$ ? Welcher Unterschied zum Fall der Siedepunktänderung ergibt sich? Woher kommt er?