

**Institut für Physikalische Chemie  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg**

**Lösungen zum Übungsblatt 2  
zur Vorlesung Physikalische Chemie II  
WS 2008/09 Prof. E. Bartsch**

- 1.1 Die Dichte einer (nach Masse) 20%igen wässrigen Lösung von Ethanol bei 20°C beträgt 968.7 kg m<sup>-3</sup>. Berechnen Sie das partielle molare Volumen des Wassers. Das partielle molare Volumen des Ethanols ist 52.2 cm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>

**Lösung:**

$$\text{Ansatz: } V = n_W \bar{V}_W^o + n_E \bar{V}_E^o \Rightarrow \bar{V}_W^o = \frac{V - n_E \bar{V}_E^o}{n_W}$$

$$\text{Annahme: } V = 100 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berechnung der Molzahlen: } m = \rho_m V = 0.9687 \text{ g cm}^{-3} \times 100 \text{ cm}^3 = 96.9 \text{ g}$$

$$m_E = 0.2m = 19.4 \text{ g} \Rightarrow n_E = \frac{19.4 \text{ g}}{46 \text{ g mol}^{-1}} = 0.42 \text{ mol}$$

$$m_W = 0.8m = 77.5 \text{ g} \Rightarrow n_E = \frac{77.5 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 4.3 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \bar{V}_W^o = \frac{100 \text{ cm}^3 - 0.42 \text{ mol} \times 52.2 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}}{4.3 \text{ mol}} = 18.15 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

- 1.2 Die Henry-Konstante für die Löslichkeit von CO<sub>2</sub> in Wasser beträgt K<sub>H,CO<sub>2</sub></sub> = 1.67 · 10<sup>6</sup> mbar. Berechnen Sie die Konzentration (in mol L<sup>-1</sup>) von CO<sub>2</sub> in Wasser, das im Gleichgewicht mit Luft steht (pCO<sub>2</sub> = 0.33 mbar).

$$\text{Lösung: } x_{\text{CO}_2} = \frac{p_{\text{CO}_2}}{K_{\text{H,CO}_2}} = \frac{0.33 \text{ mbar}}{1.67 \cdot 10^6 \text{ mbar}} = 2.05 \cdot 10^{-7}$$

$$\text{Umrechnen in mol L}^{-1}: \quad x_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{CO}_2}} \approx \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}}} \quad ; \quad \bar{V}_{\text{H}_2\text{O}}^o = 18 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

$$c = \frac{n_{\text{CO}_2}}{V} \approx \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{H}_2\text{O}} \bar{V}_{\text{H}_2\text{O}}^o} \approx \frac{x_{\text{CO}_2}}{\bar{V}_{\text{H}_2\text{O}}^o} = \frac{2.05 \cdot 10^{-7}}{18 \cdot 10^{-3} \text{ L mol}^{-1}} = 1.1 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

- 1.3 Benzol und Toluol bilden miteinander nahezu ideale Mischungen. Reines Benzol siedet bei 80.1°C. Bestimmen Sie das chemische Potential des Benzols in der Mischung relative zu dem der reinen Substanz, wenn  $x(\text{Benzol}) = 0.3$  ist (am Siedepunkt). Wenn der Aktivitätskoeffizient des Benzols in der Mischung 0.93 statt 1 wäre, wie hoch wäre dann sein Dampfdruck (in Torr)?

**Lösung:**

Für ideal Mischungen ist das chemische Potential gegeben durch:

$$\mu_B(l) = \mu_B^o + RT \ln x_B \Rightarrow \mu_B(l) - \mu_B^o = RT \ln x_B = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 353.25 \text{ K} \times \ln(0.3) = \\ = 2.94 \text{ kJ mol}^{-1} \times (-1.2) = -3.54 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$a_B = f_B x_B = \frac{p_B}{p_B^o} \Rightarrow p_B = f_B x_B p_B^o = 0.93 \times 0.3 \times 760 \text{ Torr} = 212 \text{ Torr}$$

- 1.4 Im Gleichgewichtszustand zwischen flüssiger und Dampfphase eines Aceton-Methanol-Gemischs bei 57.2°C und 1 atm wurde als Molenbruch in der flüssigen Phase  $x_{\text{Aceton}} = 0.400$  gemessen, der Molenbruch in der Dampfphase betrug  $y_{\text{Aceton}} = 0.516$ . Bestimmen Sie auf der Grundlage des Raoult'schen Gesetzes die Aktivitäten und Aktivitätskoeffizienten beider Komponenten in der Mischung. Gegeben sind die Dampfdrücke der reinen Komponenten bei der betrachteten Temperatur,  $p^o(\text{Aceton}) = 786 \text{ Torr}$  und  $p^o(\text{Methanol}) = 551 \text{ Torr}$ .

**Lösung:** Raoult'sches Gesetz für reale Mischungen:  $a_A = \frac{p_A}{p_A^o}$

Dampfdruck von Aceton:  $p_A = y_A p^o = 0.516 \times 760 \text{ Torr} = 392 \text{ Torr}$

Aktivität von Aceton:  $a_A = \frac{392 \text{ Torr}}{786 \text{ Torr}} = 0.5$

Aktivitätskoeffizient von Aceton:  $f_A = \frac{a_A}{x_A} = \frac{0.5}{0.4} = 1.25$

Dampfdruck von Methanol:  $x_M = 0.6 \quad y_M = 0.484$   
 $p_M = y_M p^o = 0.484 \times 760 \text{ Torr} = 368 \text{ Torr}$

Aktivität von Methanol:  $a_M = \frac{368 \text{ Torr}}{551 \text{ Torr}} = 0.668$

Aktivitätskoeffizient von Methanol:  $f_M = \frac{a_M}{x_M} = \frac{0.668}{0.6} = 1.11$