

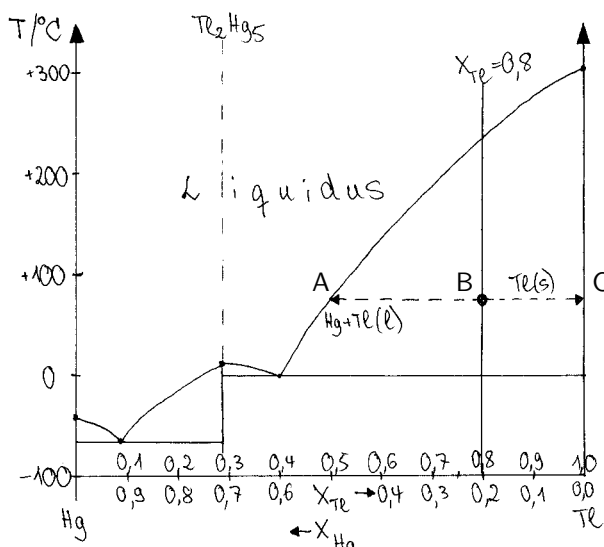
# Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie I

Übungsleiter: Tanja Asthalter · Zimmer 9-356 · Tel. 4464 · e-mail t.asthalter@ipc.uni-stuttgart.de

## Lösungsblatt 14

19. 10. 2004

### Lösung zu Aufgabe 14.1



b)

Der fragliche Punkt A befindet sich im Zweiphasengebiet. Dort verhalten sich die Verhältnisse der Stoffmengen (wenn das Diagramm in der X-Skala linear ist; ist es linear in den Massen-%, der Massenanteile) nach dem Hebelgesetz:

Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm

Also: Linker Abschnitt mal Stoffmenge/Masse der Phase am linken Ende der Isotherme = rechter Abschnitt mal Stoffmenge/Masse der Phase am rechten Ende der Isotherme.

Im vorliegenden Fall:

$$\overline{AB} \cdot n_{(l)} = \overline{BC} \cdot n_{(s)}$$

Aus dem Diagramm lesen wir ungefähr ab:  $\overline{AB} = 2 \text{ cm}$ ,  $\overline{BC} = 1,35 \text{ cm}$ . Um daraus die Menge an festem Tl zu berechnen, brauchen wir zunächst die mittlere Molmasse:

$$\begin{aligned} \overline{M} &= X_{\text{Tl}} M_{\text{Tl}} + X_{\text{Hg}} M_{\text{Hg}} \\ &= 0,8 \cdot 204,38 \text{ g/mol} + 0,2 \cdot 200,59 \text{ g/mol} \\ &= 203,622 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Wir haben also insgesamt  $n = m/\overline{M} = 1 \text{ g}/203,622 \text{ g/mol} = 0,0049 \text{ mol}$  vorliegen. Damit gilt

$$\overline{AB} \cdot (n - n_{(s)}) = \overline{BC} \cdot n_{(s)}$$

Abtrennen kann man nur das feste Thallium, nicht aber das in der flüssigen Phase. Daher lösen

wir die Gleichung nach  $n_{(s)}$  auf:

$$\begin{aligned} n_{(s)} &= n \cdot \frac{\overline{AB}}{\overline{AB} + \overline{BC}} \\ &= 0,0049 \text{ mol} \cdot \frac{2}{3,35} = 0,0029 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{m_{(s)} = 0,6 \text{ g}}}$$

- c) Im Liquidusgebiet erhält man gar kein reines Thallium. Zur Auftrennung muß man ins Zweiphasengebiet gehen, wo der Liquidus mit festem Tl im GG steht. Dort erhält man den Anteil von reinem Tl nach dem Hebelgesetz: Man zeichne bei gegebener Temperatur von der  $X_{\text{Tl}} = 0,8$ -Linie aus horizontale Linien nach links bis zur Liquiduslinie und nach rechts bis an den Rand des Phasendiagramms. Der molare Anteil von Tl ist das Verhältnis zwischen rechtem und linkem Abschnitt. Mit sinkender Temperatur wird dieser immer größer und ist maximal bei der Schmelztemperatur des Eutektikums zwischen  $\text{Tl}_2\text{Hg}_5$  und Tl, also bei  $0,6^\circ \text{C}$ . Dort beträgt er, wie man leicht ablesen kann,  $2/3$  oder  $0,66666$ . Um nun die Gesamtmenge Tl zu berechnen, die wir aus 10 kg Legierung mit  $X_{\text{Tl}} = 0,8$  herauskriegen, müssen wir zunächst berechnen, wieviel mol den 10 kg insgesamt entsprechen. Dies geht analog zu b):

$$\begin{aligned} \bar{M} &= X_{\text{Tl}} M_{\text{Tl}} + X_{\text{Hg}} M_{\text{Hg}} \\ &= 0,8 \cdot 204,38 \text{ g/mol} + 0,2 \cdot 200,59 \text{ g/mol} \\ &= 203,622 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Wir haben also insgesamt  $n = m/\bar{M} = 10.000 \text{ g}/203,622 \text{ g/mol} = 49,11 \text{ mol}$  vorliegen.  $2/3$  davon, also 32,74 mol oder 6,69 kg lassen sich als reines Tl gewinnen.

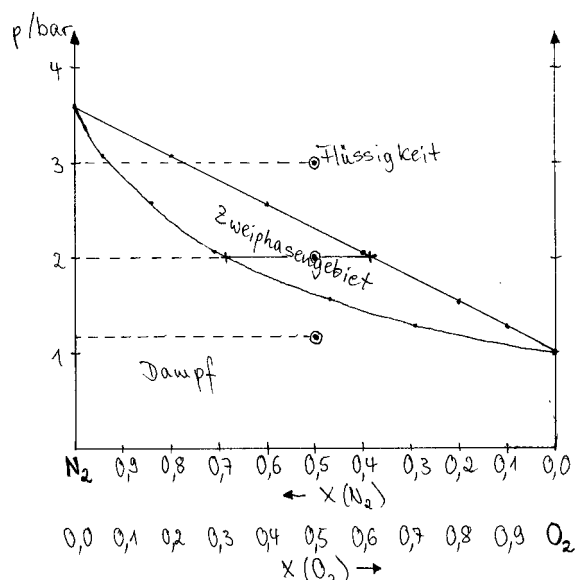
### Lösung zu Aufgabe 14.2

- a) Dampfdrücke nach Raoult:

$$p_i = X_i^{\text{fl}} \cdot p_i^*, \text{ damit } p = p_1 + p_2 \text{ und } x_i^{\text{g}} = p_i/p$$

$X(\text{N}_2, \text{fl})$	$p(\text{N}_2) [\text{bar}]$	$p(\text{O}_2) [\text{bar}]$	$p [\text{bar}]$	$X(\text{N}_2, \text{g}) = p(\text{N}_2)/p$
0,0	0,00	1,00	1,00	0,00
0,1	0,36	0,90	1,26	0,29
0,2	0,72	0,80	1,52	0,47
0,4	1,44	0,60	2,04	0,71
0,6	2,16	0,40	2,56	0,84
0,8	2,88	0,20	3,08	0,94
1,0	3,60	0,00	3,60	1,00

- b)



- c)  $X(\text{N}_2, \text{g}) = 0,8$ : Fällen eines Lotes auf die Tau- bzw. Kondensationskurve ergibt  $p \approx 2,5$  bar. Konode (Waagerechte) zur Siedekurve schneidet diese bei  $X(\text{N}_2, \text{fl}) \approx 0,52$ . Analog für  $X(\text{N}_2, \text{g}) = 0,6 \rightarrow X(\text{N}_2, \text{fl}) \approx 0,3$ .

d)

$$X(\text{N}_2, \text{g}) = \frac{p(\text{N}_2)}{p} = \frac{X(\text{N}_2, \text{fl}) p(\text{N}_2)^*}{p} = X(\text{N}_2, \text{fl}) \frac{p(\text{N}_2)^*}{p}$$

Da  $\text{N}_2$  die leichterflüchtige Komponente mit dem höheren Dampfdruck  $p^*$  der Reinphase ist, gilt  $p_{\text{N}_2}^* \geq p$  und damit

$$X(\text{N}_2, \text{g}) \geq X(\text{N}_2, \text{fl}) \quad \text{q.e.d.}$$

- e) Mischung mit  $\rightarrow X(\text{N}_2, \text{fl}) = 0,5$ :

Außendruck 3 bar: Druck höher als der Dampfdruck  $p = 2,3$  bar der Mischung, den man aus der Siedekurve abliest  $\rightarrow$  es existiert nur die Flüssigphase

Außendruck 1,2 bar: Druck tiefer als der entsprechende Punkt der Kondensationskurve (abgelesen: 1,5 bar)  $\rightarrow$  außerhalb des Zweiphasengebiets  $\rightarrow$  nur Gasphase

### Lösung zu Aufgabe 14.3

a)

$$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \approx \frac{n_B}{n_A}, \quad \text{weil } n_A \gg n_B$$

Mit  $M = m/n \rightarrow n = m/M$  gilt:

$$X_B \approx \frac{m_B}{M_B} \cdot \frac{M_A}{m_A} = \frac{\frac{m_B}{m_A + m_B}}{\frac{M_B}{m_A + m_B}} \cdot \frac{M_A}{\frac{m_A}{m_A + m_B}} = \frac{Y_B}{M_B} \cdot \frac{M_A}{Y_A} \quad \text{q.e.d.}$$

- b) Molmasse geht nach der Grundformel für die Siedepunktserhöhung:

$$\Delta T = \frac{RT_*^2}{\Delta H_{\text{vap}}} X_B$$

Einsetzen der obigen Beziehung und Auflösen nach  $M_B$  liefert

$$\begin{aligned} \underline{\underline{M_B}} &= \frac{Y_B \cdot RT_*^2 \cdot M_A}{Y_A \cdot \Delta H_{\text{vap}} \cdot \Delta T} \\ &= \frac{0,0148 \cdot 8,31441 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (349,85 \text{ K})^2 \cdot 153,81 \text{ g mol}^{-1}}{0,9852 \cdot 29820 \text{ J/mol} \cdot 0,652 \text{ K}} \\ &= \underline{\underline{120,9 \text{ g/mol}}} \end{aligned}$$

### Lösung zu Aufgabe 14.4

Volumen des Eispanzers:

$$V = 0,001 \text{ m} \cdot 19000 \text{ m} \cdot (2 \cdot 3 + 6 \cdot 3,5) \text{ m} = 513 \text{ m}^3$$

Masse Eis:

$$m_E = \rho_E \cdot V = 4,7 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

Stoffmenge Eis:

$$n_E = \frac{m_E}{M_E} = \frac{4,7 \cdot 10^8 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 2,613 \cdot 10^7 \text{ mol}$$

Molenbruch der Salzlösung:

$$X_{\text{Na}^+ + \text{Cl}^-} = \frac{\Delta T \cdot \Delta H_m}{RT_m^2} = \frac{5 \text{ K} \cdot 6 \text{ kJ mol}^{-1}}{8,31441 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot (273,15 \text{ K})^2} = 0,04836$$

Da jedes mol NaCl 2 mol Ionen erzeugt, gilt also:

$$\begin{aligned} n_{\text{NaCl}} &= \frac{1}{2} X_{\text{Na}^+ + \text{Cl}^-} \cdot n_{\text{Eis}} \\ &= 6,3193 \cdot 10^5 \text{ mol} \\ \rightarrow m_{\text{NaCl}} &= 3,693 \cdot 10^7 \text{ g} = \underline{\underline{36,93 \text{ t}}} \end{aligned}$$