

Berechnung von Gleichgewichten

Beispiel 1:

a) Mit $c^0 = 1 \text{ mol/L}$ ist $K = \frac{[c(\text{Ag}^+)/c^0] \cdot [c(\text{NH}_3)]^2 \cdot (c^0)^2}{c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+)]/c^0} = 7,94 \cdot 10^{-8}$ (1)

Da $c(\text{Ag}^+)$ durch die Komplexbildung sehr viel kleiner als $c(\text{Cl}^-)$ ist, ist $c([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]) \approx c(\text{Cl}^-)$ und $c(\text{NH}_3) = 1,00 \text{ mol/L} - 2 \cdot c(\text{Cl}^-)$.

Außerdem ist $c(\text{Ag}^+)/c^0 = K_L(\text{AgCl})/(c(\text{Cl}^-)/c^0)$.

Damit ergibt sich $x = c(\text{Cl}^-)/c^0$ für die obenstehende Gleichung:

$$\frac{[1,70 \cdot 10^{-10}/x] \cdot [1,00 - 2x]^2}{x} = 7,94 \cdot 10^{-8} \Rightarrow x^2 + 8,64 \cdot 10^{-3} x - 2,16 \cdot 10^{-3} = 0$$

$$x_1 = 0,424 \quad (x_2 = -0,0510) \Rightarrow c(\text{Cl}^-) = 0,0424 \text{ mol/L}$$

Damit lösen sich 0,0424 mol AgCl in 1,00 L dieser Ammoniaklösung,

dies sind $0,0424 \text{ mol} \cdot 143,3 \text{ g/mol} = \mathbf{6,08 \text{ g AgCl}}$.

b) Es ist $c(\text{Br}^-) = (0,584 \text{ g/L})/(187,8 \text{ g/mol}) = 3,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ und $c(\text{Ag}^+) = K_L(\text{AgBr})/c(\text{Br}^-)$.

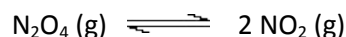
Damit ergibt sich mit $y = c(\text{Br}^-)/c^0 = 3,11 \cdot 10^{-3}$ für die obenstehende Gleichung (1):

$$\frac{[K_L(\text{AgBr})/3,11 \cdot 10^{-3}] \cdot [1,00 - 2 \cdot 3,11 \cdot 10^{-3}]^2}{3,11 \cdot 10^{-3}} = 7,94 \cdot 10^{-8}$$

$$K_L(\text{AgBr}) = \mathbf{7,78 \cdot 10^{-13}}$$

Beispiel 2:

Der Index 1 wird für den Ausgangszustand (1 L), der Index 4 für den Endzustand (4 L) verwendet.



$$n_1 \text{ in mol} \quad 1 \quad 0,086 \quad n_{1,\text{gesamt}} = 1,086 \text{ mol}$$

$$n_4 \text{ in mol} \quad 1 - x \quad 0,086 + 2x \quad n_{4,\text{gesamt}} = (1,086 + x) \text{ mol}$$

a) Nach dem Gasgesetz ist

$$p_1(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{n_1(\text{N}_2\text{O}_4) \cdot R \cdot T}{V_1} = \frac{1,00 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 2,48 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$p_1(\text{NO}_2) = \frac{n_1(\text{NO}_2) \cdot R \cdot T}{V_1} = \frac{0,086 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 0,213 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$K_p = \frac{p^2(\text{NO}_2)/(p^0)^2}{p(\text{N}_2\text{O}_4)/(p^0)} = \frac{(0,213 \cdot 10^6/10^5)^2}{2,48 \cdot 10^6/10^5} = \mathbf{0,183}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } p_{4,\text{gesamt}} &= \frac{n_4 \cdot R \cdot T}{V_4} = \frac{(1,086+x) \text{ mol} \cdot R \cdot T}{4,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \\ p_4(\text{N}_2\text{O}_4) &= p_{4,\text{gesamt}} \cdot \frac{n_4(\text{N}_2\text{O}_4)}{n_{4,\text{gesamt}}} = p_{4,\text{gesamt}} \cdot \frac{(1-x) \text{ mol}}{(1,086+x) \text{ mol}} = \frac{(1-x) \text{ mol} \cdot R \cdot T}{4,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \\ p_4(\text{NO}_2) &= p_{4,\text{gesamt}} \cdot \frac{n_4(\text{NO}_2)}{n_{4,\text{gesamt}}} = p_{4,\text{gesamt}} \cdot \frac{(0,086+2x) \text{ mol}}{(1,086+x) \text{ mol}} = \frac{(0,086+2x) \text{ mol} \cdot R \cdot T}{4,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Eingesetzt in die Gleichung für K_p ergibt sich

$$K_p = 0,183 = \frac{p^2(\text{NO}_2)/(p^0)^2}{p(\text{N}_2\text{O}_4)/(p^0)} = \frac{\left(\frac{(0,086+2x) \text{ mol} \cdot R \cdot T}{4,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} / p^0\right)^2}{\frac{(1-x) \text{ mol} \cdot R \cdot T}{4,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} / p^0}$$

Nach Einsetzen der Zahlenwerte für R und T und Umformung ergibt sich eine quadratische Gleichung:

$$x^2 + 93,4 \cdot 10^{-3} - 5,54 \cdot 10^{-3} = 0 \quad x = 0,041 \quad (x_2 = -0,135, \text{ nicht sinnvoll})$$

$$n_4(\text{N}_2\text{O}_4) = (1,00 - x) \text{ mol} \quad n_4(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,959 \text{ mol}$$

$$n_4(\text{NO}_2) = (0,086 + 2x) \text{ mol} \quad n_4(\text{NO}_2) = 0,168 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{c) } \text{Nach dem Gasgesetz ist} \quad p_4(\text{N}_2\text{O}_4) &= 5,94 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ p(\text{NO}_2) &= 1,04 \cdot 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

d) Berechnet für n_1 ($V = 1,00 \text{ L}$):

$$K_c = \frac{c^2(\text{NO}_2)/(c^0)^2}{c(\text{N}_2\text{O}_4)/(c^0)} = \frac{(0,086)^2}{1,00} = 7,40 \cdot 10^{-3}$$

oder

berechnet für n_4 ($V = 4,00 \text{ L}$):

$$K_c = \frac{c^2(\text{NO}_2)/4,00^2 (c^0)^2}{c(\text{N}_2\text{O}_4)/4,00 (c^0)} = \frac{(0,168/4,00)^2}{(0,959/4,00)} = 7,40 \cdot 10^{-3}$$