

Lösungen

(4) Wie viele Mol Teilchen befinden sich...

(a) in 1 mol H₂O: 1 mol H₂O-Moleküle

(b) in 1 mol Na₂O: 2 mol Na⁺-Ionen und 1 mol O²⁻-Ionen, insgesamt also 3 mol Ionen.

(c) in 0.5 mol Al₂O₃: 1 mol Al³⁺-Ionen und 1.5 mol O²⁻-Ionen, insgesamt also 2.5 mol Ionen.

(5) $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$

$$K_L = 4.9 \cdot 10^{-9} (\text{mol/l})^2 = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})$$

Da Calciumcarbonat gemäss Formel aus Ca²⁺- und CO₃²⁻-Ionen im Verhältnis 1:1 aufgebaut ist, gehen gleich viele Kationen wie Anionen in Lösung.

$$\text{Damit ist } c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{CO}_3^{2-}) = (4.9 \cdot 10^{-9})^{1/2} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} \quad (\text{molare Löslichkeit})$$

Mit $M(\text{CaCO}_3) = 100.08 \text{ g/mol}$ folgt:

$$100.08 \text{ g/mol} \cdot 7 \cdot 10^{-5} (\text{mol/l}) = \underline{7 \cdot 10^{-3} \text{ g/l}} \quad (\text{Löslichkeit in Gramm})$$

In einem Liter kalkhaltigem Wasser sind somit maximal 7 mg Calciumcarbonat gelöst.

(6) $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{aq})$

$$K_L = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^{-}) = 6 \cdot 10^{-12} (\text{mol/l})^3$$

$$= x \cdot (2x)^2 = 4x^3 = 6 \cdot 10^{-12} (\text{mol/l})^3$$

$$x = (1/4 \cdot 6 \cdot 10^{-12})^{1/3} = 1.14 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = c(\text{Mg}^{2+})$$

$$2x = 2.28 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l} = c(\text{OH}^{-})$$

Da Magnesiumhydroxid aus Mg²⁺- und OH⁻-Ionen im Verhältnis 1:2 aufgebaut ist, gehen doppelt so viele Anionen wie Kationen in Lösung. Die Stoffkonzentration von Mg(OH)₂(aq) entspricht der Mg²⁺-Konzentration, da in 1 mol Mg(OH)₂ genau 1 mol Mg²⁺-Ionen vorhanden sind. Somit beträgt die Konzentration des gelösten Magnesiumhydroxids in einer gesättigten Lösung 1.14 · 10⁻⁴ mol/l.

(7) $\text{AgCl}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^{+}(\text{aq}) + \text{Cl}^{-}(\text{aq})$

$$K_L = 10^{-10} (\text{mol/l})^2 = c(\text{Ag}^{+}) \cdot c(\text{Cl}^{-})$$

$$c(\text{Ag}^{+}) = c(\text{Cl}^{-}) = (10^{-10})^{1/2} \text{ mol/l} = 10^{-5} \text{ mol/l}$$

In reinem Wasser kann man also 10⁻⁵ mol/l AgCl lösen.

Wenn man nun Silberchlorid (AgCl) in einer Natriumchloridlösung (NaCl) zu lösen versucht, wird die Löslichkeit sicher schlechter sein als in reinem Wasser, da bereits Chlorid-Ionen vorhanden sind. Analoge Aussage könnte man machen, wenn bereits Ag⁺-Ionen da wären, d. h., wenn man zum Beispiel versuchen würde, Silberchlorid in Silbernitrat zu lösen.

Unabhängig davon welche und wie viele Ionen in einer wässrigen Lösung schon da sind, das Löslichkeitsprodukt bleibt für eine bestimmte Temperatur immer gleich:

$$K_L = 10^{-10} (\text{mol/l})^2 = c(\text{Ag}^{+}) \cdot c(\text{Cl}^{-})$$

Da die NaCl-Lösung 0.1-molar ist, beträgt die Cl⁻-Konzentration in der NaCl-Lösung 0.1 mol/l.

$$K_L = 10^{-10} (\text{mol/l})^2 = x \cdot (x + 0.1)$$

$$x^2 + 0.1x - 10^{-10} = 0 \quad \Rightarrow \quad x = 10^{-9} \text{ mol/l} \quad (\text{Lösung der quadratischen Gleichung})$$

In einer 0.1-molaren NaCl-Lösung kann man also 10⁻⁹ mol/l Ag⁺ und somit 10⁻⁹ mol/l AgCl lösen.

Damit ist die Löslichkeit von AgCl in einer 0.1-molaren NaCl-Lösung 10 000-mal geringer (10⁻⁵ / 10⁻⁹ = 10⁴) als in reinem Wasser.

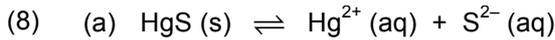
Alternative Berechnung:

Da K_L sehr klein ist, ist auch die Gleichgewichtskonzentration von Ag^+ sehr klein. Da die bereits vorhandene Cl^- -Konzentration jedoch relativ gross ist, wird x sehr klein werden. Man kann also bei der Chloridkonzentration in erster Näherung $x = 0$ setzen:

$$K_L = 10^{-10} (\text{mol/l})^2 = x \cdot 0.1$$

$$x = 10^{-10} / 10^{-1} = 10^{-9} \text{ mol/l} = c(\text{Ag}^+) \quad (\text{genäherte Lösung})$$

Die genäherte Lösung entspricht auf 9 Kommastellen der Lösung der quadratischen Gleichung.



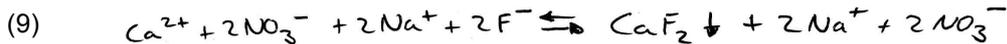
$$K_L = 1.6 \cdot 10^{-52} (\text{mol/l})^2 = c(\text{Hg}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})$$

$$c(\text{Hg}^{2+}) = (10^{-52})^{1/2} \text{ mol/l} = \underline{1.26 \cdot 10^{-26} \text{ mol/l}}$$

(b) Mit 1 mol Teilchen = $6.02 \cdot 10^{23}$ Teilchen folgt:

$$1.26 \cdot 10^{-26} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 0.008 \text{ Teilchen in 1 Liter Wasser}$$

$$1 / 0.008 = \underline{131.32 \text{ Liter}}$$



$$K_L = 4 \times 10^{-11} = \underbrace{[\text{Ca}^{2+}]_{\text{Glgw}}}_{|} \cdot \underbrace{[\text{F}^-]_{\text{Glgw}}^2}_{|}$$

↳ Wie gross sind die Konz. von Ca^{2+} und F^- im Glgw.?

$$K_L = 4 \times 10^{-11} = c \cdot (2c)^2 = 4c^3$$

$$\Rightarrow c = \sqrt[3]{\frac{4 \times 10^{-11}}{4}} = 2 \times 10^{-4} \text{ mol/l} = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{Glgw}}$$

$$2c = 4 \times 10^{-4} \text{ mol/l} = [\text{F}^-]_{\text{Glgw}}$$

↳ Wie hoch ist die Konz. von Ca^{2+} und F^- in den gegebenen Lösungen?

$$\text{Konz. von } \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = [\text{Ca}^{2+}]_{\text{Lös.}} = \frac{5 \times 10^{-4} \text{ mol/l}}{2} = 2.5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

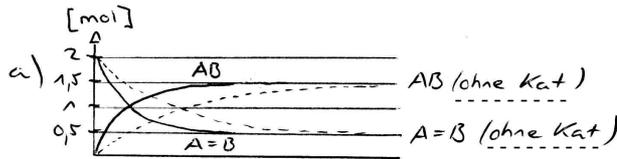
$$\text{Konz. von NaF} = [\text{F}^-]_{\text{Lös.}} = \frac{2 \times 10^{-4} \text{ mol/l}}{2} = 10^{-4} \text{ mol/l}$$

↳ Warum durch 2 teilen?

→ Das Volumen verdoppelt sich durch Zusammengießen der Lösungen $50 \text{ ml} + 50 \text{ ml} = 100 \text{ ml}$.
In der Folge halbieren sich die Konzentrationen.

Da $[\text{F}^-]_{\text{Lös.}} < [\text{F}^-]_{\text{Glgw}}$ kann es nicht zu einer Fällung kommen.

(10)



$$b) \quad K = \frac{[AB]}{[A] \cdot [B]} = \frac{1,5}{0,5 \cdot 0,5} = \underline{6} = K \quad [\text{mol}^{-1}]$$

c) Ohne Kat. ist die RG kleiner. Gf.w stellt sich nicht so rasch ein. Graphen vgl. (a).

d) • [A] oder [B] erhöhen

- Temperatur tief halten (möglich nur wenn Kat. gut)
- Druckerhöhung (da reine Gasreaktion)



Start: 2 mol 1 mol 0 mol

Gf.w.: 2-x 1-x x

$$K = \frac{x}{(2-x)(1-x)} = 6$$

$$\frac{x}{x^2 - 3x + 2} = 6$$

$$6x^2 - 18x + 12 = x \Rightarrow 6x^2 - 19x + 12 = 0 \quad (\text{Quadr. Gl.})$$

$$x_{1/2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \Rightarrow (x_1 = 2,3) \quad x_2 = \underline{0,871 \text{ mol} = x = [AB]}$$

$$\Rightarrow 2-x = \underline{[A] = 1,129 \text{ mol}} \quad \Rightarrow 1-x = \underline{[B] = 0,129 \text{ mol}}$$

Erklärung: 1 Molekül des Produkts AB entsteht genau aus 1 Molekül A und 1 Molekül B (vgl. Reaktionsgl.-Stöchiometrie). x Moleküle AB (Gf.w.-Konz) entstehen somit aus x Molekülen A und x Molekülen B.



- Stoffmengen von A und B erhöhen:
Durch die erhöhte Anzahl von Teilchen von A und B erhöht sich Wahrscheinlichkeit von Treffern zwischen den Teilchen von A und B, wodurch mehr Produkt AB entsteht.
- Druck erhöhen:
Wird der Druck erhöht, so versucht das Gleichgewichtssystem nach dem Le-Chatelier-Prinzip dieser Druckänderung entgegen zu wirken, indem jene Reaktion (Hin- oder Rückreaktion) verstärkt abläuft, welche die Teilchenanzahl und damit den Druck wieder reduziert. Die Teilchenanzahl und damit auch der Druck kann reduziert werden, indem die Bildung von AB verstärkt abläuft. Gemäss Reaktionsgleichung werden nämlich bei der Bildung eines AB-Moleküls 2 Moleküle, nämlich 1 A- und 1 B-Molekül, verbraucht. D. h., pro Formelumsatz entstehen aus 2 Teilchen nur 1 Teilchen, was den Druck – bei gleich bleibendem Volumen – sinken lässt.
- Temperatur senken:
Wird die Temperatur gesenkt, so versucht das Gleichgewichtssystem nach dem Le-Chatelier-Prinzip dieser Temperaturänderung entgegenzuwirken, indem die energiefreisetzende, also die exotherme Reaktion, also die Bildung von AB, bevorzugt abläuft, da diese der Temperatursenkung bzw. dem Wärmeentzug entgegenwirkt. Das Gleichgewicht verschiebt sich in der Folge in Richtung energieärmere Stoffe, also in Richtung AB.

- (11) $K < 1$ bedeutet, dass der Nenner grösser ist als der Zähler im Gleichgewichtsausdruck (Massenwirkungsgesetz). Im Nenner stehen die Edukte. Das Gleichgewicht liegt also bei 25 °C auf der Seite der Edukte, also links.

$$K_{25\text{ °C}} = 1/10^{30}$$

$$K_{1000\text{ °C}} = 1/1.67 \cdot 10^3$$

Bei Erhöhung der Temperatur auf 1000 °C ist das neue K immer noch kleiner 1. Es ist jedoch massiv grösser (rund 10^{27} -mal grösser) und liegt näher bei 1. Der Nenner wurde also kleiner. Im Nenner stehen die Edukte. Also wurde die Eduktkonzentration kleiner und damit die Produktkonzentration grösser. Das Gleichgewicht verschiebt sich also bei Erhöhung der Temperatur auf die Seite der Produkte, d. h. nach rechts. (Das Gleichgewicht liegt bei 1000 °C jedoch weiterhin links, wenn auch weniger stark als bei 25 °C).