



Vorlesung zum Lehramtsgrundpraktikum

Dr. Magdalena Rusan

Kapitel 3

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt

27.10.2023

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt

Löslichkeit

Lösungsvorgang: Ionen A^+ und X^- treten aus dem Kristall in die Lösung und werden hydratisiert. Da Kristall AX und die Lösung neutral sein müssen, geht die gleiche Anzahl an A^+ und X^- in Lösung.

Im Gleichgewichtszustand gilt: pro Zeiteinheit werden ebenso viel Ionenpaare A^+ und X^- aus der Lösung im Kristallgitter AX eingebaut wie aus dem Gitter in die Lösung gehen.

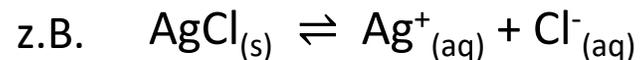
- Viele Substanzen sind zumindest geringfügig in H_2O löslich
 → man bringt schwerlösliche Verbindungen in H_2O
 → Gleichgewicht stellt sich ein



Geschwindigkeit der Auflösung = Geschwindigkeit der Abscheidung



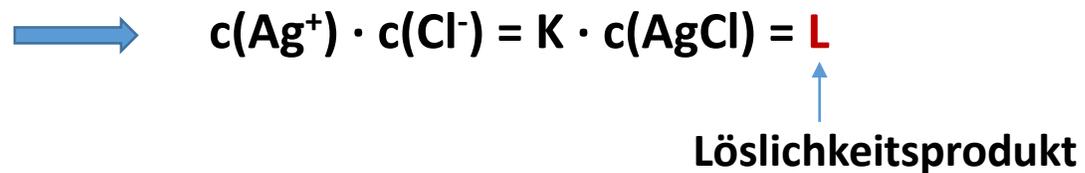
das bedeutet: Lösung ist gesättigt!



in MWG einsetzen: $K = \frac{c(Ag^+)c(Cl^-)}{c(AgCl)}$

da Konzentration in reinen Feststoffen konstant ist → $c(AgCl)$ in Gleichgewichtskonstante einbeziehen

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt



$c(\text{Ag}^+)$, $c(\text{Cl}^-)$: Konzentrationen sind Ionenkonzentrationen in der gesättigten Lösung bei gegebener Temperatur

→ Löslichkeit hängt meistens von der Temperatur ab

→ aus Werten von L kann die Löslichkeit berechnet werden



https://www.seilnacht.com/Chemie/ch_agno3.htm



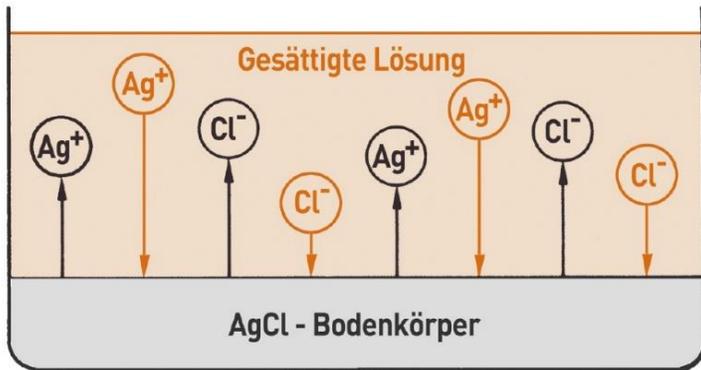
Menge an Bodensatz hat keinen Einfluss auf die Lage des Gleichgewichts

https://www.persen.de/media/ntx/persen/sample/3287DA3_Musterseite.pdf

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt



Allgemein:



© 2007 Waller de Gruyter, Riedel/Janiak: Anorganische Chemie.

Löslichkeitsprodukt L



$$L = c^a(A^{x+}) \cdot c^x(X^{a-})$$

- Lösungen, bei denen ein Feststoff gelöst ist, sind gesättigt, wenn ein fester Bodenkörper des löslichen Stoffes mit der Lösung im Gleichgewicht ist
- L ist temperaturabhängig
- Im Gleichgewichtszustand ist bei gegebener Temperatur das Produkt der Ionenkonzentrationen konstant

Der Zahlenwert des Löslichkeitsprodukts L ist eine quantitative Aussage über die Löslichkeit einer Verbindung.

Ionenprodukt ist kleiner als L: Lösung ist nicht gesättigt → Substanz kann weiter gelöst werden bis der Wert von L erreicht ist

Ionenprodukt ist gleich L: Lösung ist gesättigt und steht mit ungelöster Substanz im Gleichgewicht

Ionenprodukt ist größer als L: Löslichkeitsprodukt ist überschritten, die Lösung ist übersättigt, es herrscht kein Gleichgewicht mehr, es kommt zur Fällung bis der Wert von L erreicht ist.

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt



Beispiele:



$$L = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-)$$

Schreiben Sie die Gleichung und Löslichkeitsprodukt für:



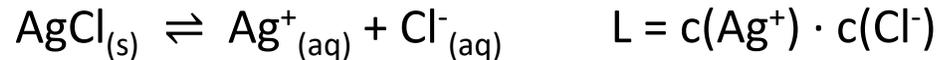
$$L = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)$$

SrCl_2 , NaHSO_4 , $\text{CaCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$, AlCl_3 , Al_2O_3 ,
 H_2 , PbS , K_3PO_4



$$L = c^2(\text{Bi}^{3+}) \cdot c^3(\text{S}^{2-})$$

Beispielaufgabe 1: 0,00188 g AgCl lösen sich in 1 L H_2O bei 25 °C. Wie groß ist das Löslichkeitsprodukt?



Konzentration c berechnen: Formel: $c = n/V$ wobei n = Stoffmenge (mol), V = Volumen

Formel: $n = m/M$ wobei m = Masse, M = molare Masse

$n(\text{AgCl}) = m(\text{AgCl})/M(\text{AgCl}) = 0,00188 \text{ g}/143 \text{ g mol}^{-1} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ einsetzen in erste obere Gleichung:

$c = n/V = n/1 \text{ L} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ mol}/1 \text{ L} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ 1 mol AgCl bedeutet: Auflösung von 1 mol Ag^+ - und 1 mol Cl^- -Ionen

$$\rightarrow c(\text{Ag}^+) = c(\text{Cl}^-) = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

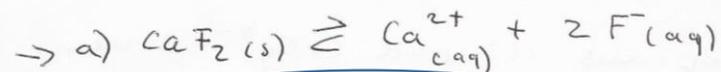
$$\rightarrow L = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \cdot 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt



Beispielaufgabe 2: Gegeben ist das Löslichkeitsprodukt von CaF_2 bei $25\text{ }^\circ\text{C}$ mit $L = 3,9 \cdot 10^{-11} \text{ mol}^3/\text{L}^3$

- Wie groß ist die Konzentration der Ca^{2+} - und F^- -Ionen in der gesättigten Lösung?
- Wieviel Gramm CaF_2 lösen sich in 100 ml H_2O bei $25\text{ }^\circ\text{C}$?



$$c(\text{F}^-) = 2 c(\text{Ca}^{2+})$$

$$L = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{F}^-) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot (2c)^2 = 4 \cdot c^3(\text{Ca}^{2+})$$

$$3,9 \cdot 10^{-11} \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3} = 4 \cdot c^3(\text{Ca}^{2+}) \quad | :4 \quad \text{dann } \sqrt[3]{\quad} \text{ziehen}$$

$$\Rightarrow c(\text{Ca}^{2+}) = 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(\text{F}^-) = 4,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\Rightarrow c(\text{CaF}_2) = 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \rightarrow \text{es gehen } 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ CaF}_2 \text{ in Lösung}$$

$$\text{b) } c = \frac{m}{V}$$

$$n(\text{CaF}_2) = c(\text{CaF}_2) \cdot V = 2,1 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,1 \text{ L} = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

$$m(\text{CaF}_2) = n(\text{CaF}_2) \cdot M(\text{CaF}_2) = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}} =$$

$$= 0,001638 \text{ g} =$$

$$= 1,638 \text{ mg} \approx$$

$$= 1,6 \text{ mg}$$

CaF₂: zweimal so viel Fluorid wie Calciumkationen vorhanden

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt



Löslichkeit kann beeinflusst werden durch:

A) Folgereaktion

Manche Salze haben eine größere Löslichkeit in H₂O als nach dem Löslichkeitsprodukt zu erwarten wäre. Zum Beispiel: BaCO₃



→ Gleichgewicht wird dadurch „nach rechts verschoben“, d.h. CO₃²⁻ wird durch die Folgereaktion „verbraucht“



→ dadurch geht mehr BaCO₃ in Lösung bzw. BaCO₃ zeigt bessere Löslichkeit

Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt

B) Salzeffekt

Zusatz eines Elektrolyten kann Löslichkeit eines Salzes erhöhen

z.B.:

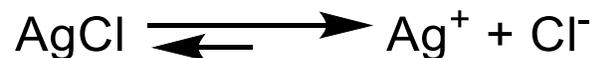
AgCl ist ca. 20 % in H₂O besser löslich, wenn 0,02 mol/L KNO₃ anwesend ist:

Grund: K⁺ - und NO₃⁻ - Ionen umgeben Ag⁺ - und Cl⁻ - Ionen in der Lösung, d.h. sie schirmen sie ab

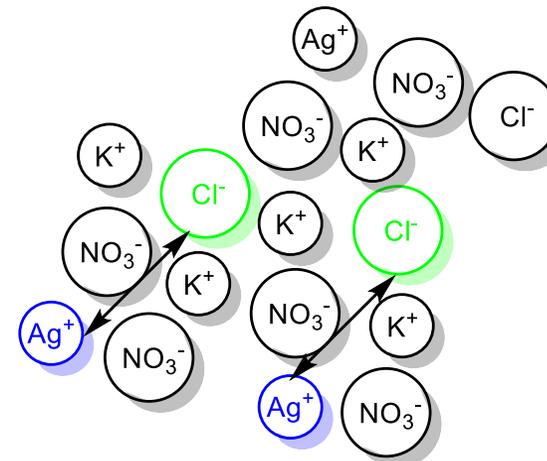
→ Ag⁺ und Cl⁻ können sich schlechter zu AgCl vereinen

→ damit können mehr Ag⁺ und Cl⁻ in Lösung bleiben als es nach dem Gleichgewicht für die Fällungsreaktion möglich wäre

→ dieses Gleichgewicht wird also „nach rechts verschoben“



→ Hier zeigt sich, dass die Aktivität von Bedeutung ist statt der Konzentration der Ionen



Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt

C) Fällungsreaktionen

Gleichionische Zusätze beeinflussen die Gleichgewichte:



→ dann wird Na_2SO_4 zur BaSO_4 -Lösung gegeben

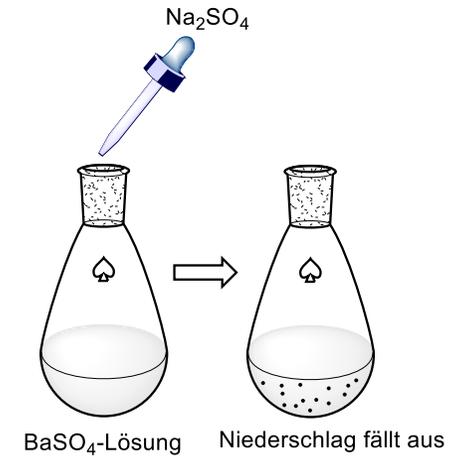
→ Gleichgewicht wird nach links verschoben, BaSO_4 ausfällt

Möchte man die Fällung verhindern, muss man dafür sorgen, dass das Ionenprodukt unter dem Wert von K_L bleibt

→ Konzentration einer der beteiligten Ionenarten muss klein gehalten werden

z.B. $\text{Mg}(\text{OH})_2$: will man die Fällung von $\text{Mg}(\text{OH})_2$ aus einer Mg^{2+} -Lösung, die zusätzlich NH_3 enthält, verhindern, so muss man dafür sorgen, dass die OH^- -Konzentration begrenzt wird

→ durch Zusatz von Ionen, die OH^- -Ionen „abfangen“: z.B. NH_4^+ -Ionen





Löslichkeitsprodukt: Beispielaufgaben

Anwendungsbeispiel:

Können bei einer Reaktion mehrere schwerlösliche Verbindungen entstehen, so fällt diejenige zuerst aus, bei der das Löslichkeitsprodukt zuerst überschritten wird.

Beispiel:

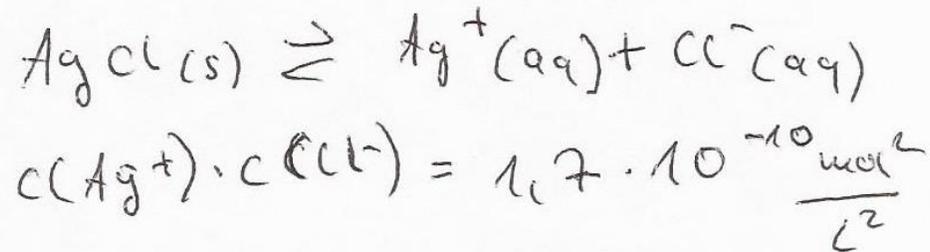
Zu einer Lösung, die Cl^- -Ionen und CrO_4^{2-} -Ionen enthält, wird eine Ag^+ -haltige Lösung gegeben. Dabei bilden sich die Salze AgCl und Ag_2CrO_4 . AgCl und Ag_2CrO_4 sind beide schwerlöslich; AgCl hat das kleinere Löslichkeitsprodukt, fällt somit zuerst aus, da für seine Fällung eine kleinere Ag^+ -Konzentration ausreicht.

Beispielaufgabe:

Eine Lösung enthält 0,1 mol/L Cl^- -Ionen und 0,1 mol/L CrO_4^{2-} -Ionen. Bei Zugabe von Ag^+ (als AgNO_3) fällt zuerst AgCl oder Ag_2CrO_4 aus? Gegeben: $L(\text{AgCl}) = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$; $L(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,9 \cdot 10^{-12} \text{ mol}^3/\text{L}^3$

Löslichkeitsprodukt: Beispielaufgaben

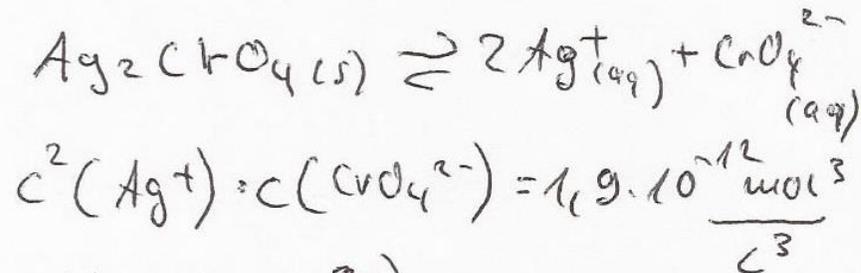
→ Fällung setzt ein, wenn das jeweilige Ionenprodukt gerade das Löslichkeitsprodukt überschreitet



$$\text{mit } c(\text{Cl}^-) = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\rightarrow c(\text{Ag}^+) = \frac{1,7 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}$$

$$\rightarrow c(\text{Ag}^+) = 1,7 \cdot 10^{-9} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$



$$\text{mit } c(\text{CrO}_4^{2-}) = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\rightarrow c^2(\text{Ag}^+) = \frac{1,9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3}}{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}$$

$$\rightarrow c(\text{Ag}^+) = 4,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Löslichkeitsprodukt: Beispielaufgaben



→ AgCl fällt zuerst aus, da für dessen Fällung die kleinere Ag^+ -Konzentration ausreicht

Wie groß ist nun $c(\text{Cl}^-)$, wenn Ag_2CrO_4 auszufallen beginnt?

→ Ag_2CrO_4 -Fällung beginnt dann, wenn

$$c(\text{Ag}^+) = 4,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\Rightarrow c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) = 4,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot c(\text{Cl}^-) = 1,7 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$$

$$\Rightarrow c(\text{Cl}^-) = \frac{1,7 \cdot 10^{-10}}{4,4 \cdot 10^{-6}} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 3,9 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

⇒ die Fällung von Ag_2CrO_4 beginnt erst wenn $c(\text{Cl}^-)$ auf $3,9 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ gesunken ist.