

In der online-Version dieses Arbeitsblattes gibt es u.U. noch Bonusaufgaben. Immer auch Nummerierung und genaue Aufgabenstellung prüfen. Manchmal gibt es kleine Abweichungen zwischen der im Unterricht ausgeteilten Version und dem Dokument im Internet!

1. Ist mit der Ausfällung eines Niederschlags zu rechnen, wenn zu 500 mL einer  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -Lösung,  $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,005 \text{ mol/L}$ , 250 mL einer  $\text{CaCl}_2$ -Lsg mit  $c(\text{CaCl}_2) = 0,001 \text{ mol/L}$  gegeben werden?  $K_L(\text{CaSO}_4) = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ ?

2. Zu 100 mL einer 0,1-molaren Calciumchloridlösung wird....

- a) ....1 g Silberchlorid....      b) ....0,5 g Silberchlorid... und      c) ....0,1 g Silberchlorid.....

gegeben. Wie hoch ist jeweils die Silberkonzentration  $c(\text{Ag}^+)$ , in der gesättigten Lösung?

3. 10 mL einer gesättigten  $\text{PbCl}_2$ -Lösung werden mit 10 mL einer Kaliumiodidlösung mit  $c = 2 \text{ mol/L}$  versetzt. Hinweis:  $K_L(\text{PbCl}_2) = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^3/\text{L}^3$ ,  $K_L(\text{PbI}_2) = 8,5 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^3/\text{L}^3$

- a) Zeigen Sie rechnerisch, dass es sofort zur Ausfällung von  $\text{PbI}_2$  kommen muss.  
 b) Wie viel  $\text{Pb}^{2+}$  verbleibt in der Lösung, wenn man annimmt, dass die Iodidkonzentration konstant  $c = 1 \text{ mol/L}$  beträgt? Warum ist diese Annahme gerechtfertigt?

4. a) In welchem Volumen gesättigter Calciumhydroxid-Lösung, finden sich ungefähr 100 mg gelöstes Calciumhydroxid? Hinweis:  $\text{p}K_L(\text{Calciumhydroxid}) = 4,155$

b) Mit welchem Volumen Wasser müssen 100 mL der gesättigten Lösung aus a) verdünnt werden, damit der pH-Wert  $\text{pH} = 8,5$  beträgt?

5. Ein Bleisulfat-Niederschlag wird einmal mit 100 mL Wasser gewaschen und einmal mit 100 mL 0,1-molarer Schwefelsäure. Hinweis:  $K_L(\text{PbSO}_4) = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

- a) Welche Masse an Bleisulfat geht in beiden Fällen jeweils verloren? Hinweis: Die  $\text{SO}_4^{2-}$ -Konz. kann als konstant angenommen werden. Weitere Annahme: Die Waschflüssigkeit wird erst nach GG-Einstellung entfernt.  
 b) Wie kann man die Ergebnisse mit dem Prinzip des kleinsten Zwangs deuten?

6. Eine Manganchlorid-Lösung besitzt  $c(\text{MnCl}_2) = 0,005 \text{ mol/L}$ . Ab welchem pH-Wert kommt es in einer solchen Lösung pH-Wert zur Bildung eines Niederschlages?

7. a) Fassen Sie mithilfe der Löslichkeitsprodukt-Tabelle und des PSEs tendenziell zusammen, welche Metallhydroxide wasserlöslich und welche Metallhydroxide wasserunlöslich sind.

b) In welchen Lösungsmitteln lassen sich schwerlösliche Metallhydroxide lösen? Begründen Sie mithilfe von Reaktionsgleichungen anhand von Beispielen Ihrer Wahl.

8. Welches Volumen an Wasser darf maximal benutzt werden, damit von einem Calciumsulfat-Nd. maximal 150 mg in Lösung gehen.  $K_L(\text{CaSO}_4) = 6,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ ?

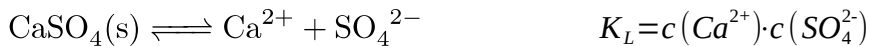
9. Die maximale Löslichkeit von  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$  beträgt nach einem Tabellenbuch  $6,12 \cdot 10^{-4} \text{ mol/kg}$  [sic] Lösung. Berechnen Sie die Löslichkeit der kristallwasserhaltigen Verbindung in g/100 g  $\text{H}_2\text{O}$  und das ungefähre Löslichkeitsprodukt von  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ . Vergleichen Sie mit Einträgen in Ihrem Tabellenbuch.

10. Was ist mit einer „übersättigten Lösung“ gemeint. Nennen Sie 2 Möglichkeiten die Kristallisation in einer solchen Lösung zu initiieren. (in Anlehnung an Prüfungsfrage aus der Abschlussprüfung Teil 1, Jahr 2011).

## Lösungen – ohne Gewähr

- \* Die Antworten auf die Fragen gehen aus didaktischen Gründen häufig über die verlangte Antwort etwas hinaus. Manche sind dagegen auch nur stichwortartig beantwortet.
- \* Machen Sie mich bitte formlos per E-Mail auf Fehler aufmerksam.
- \* Die Nummerierung und die Aufgabentexte mit dem im Unterricht ausgeteilten Arbeitsblättern abgleichen: Manchmal gibt es Abweichungen! Häufig gibt es auch Bonusaufgaben am Ende des Dokuments! Evtl. kommen Abweichungen auch aufgrund unterschiedlicher Tabellenwerte zustande.

Nr. 1



Zu einer Ausfällung kommt es, wenn das Ionenprodukt  $c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})$  größer ist als der angegebene  $K_L$ -Wert.

Wegen der Volumenzunahme gelten nach dem Mischen folgende Konzentrationen und folgendes Ionenprodukt:

$$c(\text{SO}_4^{2-}) = 3,333 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} \text{ und } c(\text{Ca}^{2+}) = 3,333 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L. } \bullet c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-}) = 1,111 \cdot 10^{-6} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

Das Ionenprodukt ist also kleiner als der tabellierte  $K_L$ -Wert, d.h. es fällt kein  $\text{CaSO}_4$  aus, .

Nr. 2

Es ist völlig unerheblich, ob man 1 g, 0,5g, 0,1 g, 1 Löffel oder nur eine Spatelspitze  $\text{AgCl}$  zur Lösung gibt. In jedem Fall geht nur eine extrem geringe Stoffmenge in Lösung, der Rest fällt einfach als Bodensatz auf den Gefäßboden. In allen diesen Lösungen ist die Chloridkonzentration praktisch konstant  $c(\text{Cl}^-) = 0,2 \text{ mol/L}$ . Also gilt für alle diese Lösungen:

$$K_L = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{L}} = c(\text{Ag}^+) \cdot 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow c(\text{Ag}^+) = 9 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Nr. 3

$$K_L(\text{PbCl}_2) = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$



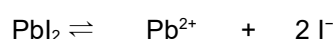
$$\text{im GG [mol/L]:} \quad \quad \quad x \quad \quad 2x$$

$$K_L = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c^2(\text{Cl}^-) = x \cdot (2x)^2 = 2x^3 = 2,12 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \Rightarrow x \approx 0,022 \text{ mol/L} = c(\text{Pb}^{2+}) \text{ im GG}$$

Nach Verdoppelung des Volumens vorliegende Konzentrationen:  $c(\text{Pb}^{2+}) \approx 0,011 \text{ mol/L}$ ,  $c(\text{I}^-) = 1 \text{ mol/L}$

$c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c^2(\text{I}^-) = 0,011 \text{ mol/L} \cdot (1 \text{ mol/L})^2 \approx 0,011 \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$ . Der errechnete Wert ist größer als das tabellierte Löslichkeitsprodukt  $K_L(\text{PbI}_2)$  ( $= 8,7 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$ ). Es fällt so lange  $\text{PbI}_2$  aus, bis der tabellierte Wert gerade erreicht ist.

b) Die Annahme ist legitim, da ein großer Überschuss an  $\text{I}^-$  vorliegt. Bei der Fällung von  $\text{PbI}_2$  ist die prozentuale Änderung der Iodidkonzentration viel geringer als die Änderung der Bleikonzentration.



$$\text{im GG [mol/L]} \quad \quad \quad 0,011 - x \quad \quad 1$$

$$8,7 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3} = (0,011 - x) \cdot 1 \text{ (mol/L)}^2 \Rightarrow x = 0,010999991 \text{ mol/L}$$

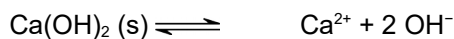
Die  $\text{Pb}^{2+}$ -Konzentration nimmt fast auf Null ab, die Iodidkonzentration bleibt näherungsweise konstant.

$c(\text{Pb}^{2+})$  nach  $\text{PbI}_2$ -Fällung:  $c(\text{Pb}^{2+}) = 0,011 - x = 8,7 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$

Nr. 4

a)

$$K_L = 10^{-pK_L} = 10^{-4,155} \approx 6,998 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}^3}{\text{L}^3}$$



im GG [mol/L]

x      2x

Kommentar: Wenn sich x mol/L  $\text{Ca}^{2+}$  in der Lösung befinden, dann ist wegen des Koeffizientenverhältnisses die doppelte Konzentration, also 2x  $\text{OH}^-$  in der Lsg.

Löslichkeitsprodukt:  $K_L = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-) \Rightarrow 6,998 \cdot 10^{-5} (\text{mol/L})^3 = x \cdot (2x)^2 = 2x^3 \Rightarrow x = 0,0327 \text{ mol/L}$

In der gesättigten Lösung befinden sich  $x = c(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{Ca(OH)}_2) = 0,0327 \text{ mol/L}$

$\beta(\text{Ca}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot M(\text{Ca}^{2+}) = 0,0327 \text{ mol/L} \cdot 40,08 \text{ g/mol} \approx 1,3109 \text{ g/L}$

Wenn pro Liter ca. 1,31 g  $\text{Ca}^{2+}$  gelöst sind, dann sind 0,1 Gramm  $\text{Ca}^{2+}$  in ca. 76 mL der Lösung enthalten.

b) Die Konzentration an Hydroxidionen ist doppelt so hoch, wie die der  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen (wegen Koeffizientenverhältnis):

$$c(\text{OH}^-) = 2 \cdot 0,0327 \text{ mol/L} = 0,0654 \text{ mol/L.}$$

Die Lösung soll nun so verdünnt werden, dass der pH = 8,5, d.h. pOH = 5,5 bzw. ....

$$c(\text{OH}^-) = 10^{-\text{pOH}} = 3,1623 \cdot 10^{-6} \text{ mol/ beträgt.}$$

Es handelt sich also um eine Verdünnungsaufgabe. Man wird wohl ziemlich viel Wasser dazugeben müssen, weil die Konzentration nach dem Verdünnen sehr viel kleiner ist!

Man kann das Volumen mit der Verdünnungsformel (Mischungsgleichung für das Verdünnen mit Wasser) lösen. siehe Unterlagen des 1. Lehrjahres und/oder Formelblatt aus dem 1. Lehrjahr.

Antwort: Man muss rechnerisch mit ca. 2068 Liter Wasser verdünnen, also mit ca. 2,07 m<sup>3</sup>.

Nr. 5

### Wasser als Waschflüssigkeit

**Leitfrage:** Wie hoch ist die  $\text{PbSO}_4$ -Konz. und die  $\text{PbSO}_4$ -Masse in 100 mL gesättigter Bleisulfatlösung.



im GG [mol/L]:                      x      x

$$K_L = 1,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2} = x \cdot x \Rightarrow x = 1,2247 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$x = c(\text{Pb}^{2+}) = c(\text{SO}_4^{2-})$   $c(\text{PbSO}_4) = 1,2247 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$

In 100 mL:  $n(\text{PbSO}_4) = 1,2247 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \Rightarrow m(\text{PbSO}_4) = n(\text{PbSO}_4) \cdot 303,3 \text{ g/mol} \approx 0,00371 \text{ g} \approx 3,71 \text{ mg}$

### Lösungsmöglichkeit 1: $\text{H}_2\text{SO}_4$ als Waschflüssigkeit

**Leitfrage:** Wie viel  $\text{Pb}^{2+}$  fällt aus, wenn man die Sulfatkonzentration auf 0,1 mol/L erhöht?



in Wasser [mol/L]	$1,2247 \cdot 10^{-4}$	$1,2247 \cdot 10^{-4}$
nach $\text{SO}_4$ -Zugabe (im GG)	$1,2247 \cdot 10^{-4} - x$	0,1

$$K_L = 1,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2} = (1,2247 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} - x) \cdot 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow x = 1,2232 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$c(\text{Pb}^{2+}) = c(\text{PbSO}_4)$  nach  $\text{SO}_4^{2-}$ -Zugabe:  $1,2247 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} - 1,2232 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} \approx 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$

In 100 mL:  $n(\text{PbSO}_4) = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \Rightarrow m(\text{PbSO}_4) = n(\text{PbSO}_4) \cdot 303,3 \text{ g/mol} \approx 4,55 \cdot 10^{-6} \text{ g} \approx 4,55 \text{ } \mu\text{g}$

### Lösungsmöglichkeit 2

**Leitfrage:** Wie hoch ist die  $\text{PbSO}_4$ -Konz. und die  $\text{PbSO}_4$ -Masse in 100 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mit  $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0,1 \text{ mol/L}$



im GG [mol/L]:                      x      0,1

$$K_L = 1,5 \cdot 10^{-8} \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2} = x \cdot 0,1 \Rightarrow x = 1,5 \cdot 10^{-7} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

In 100 mL:  $n(\text{PbSO}_4) = 1,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \Rightarrow m(\text{PbSO}_4) = n(\text{PbSO}_4) \cdot 303,3 \text{ g/mol} \approx 4,55 \cdot 10^{-6} \text{ g} \approx 4,55 \text{ } \mu\text{g}$



Erhöht man die Sulfatkonzentration in der Lösung, so fällt weiteres  $\text{PbSO}_4$  aus (Prinzip des kleinsten Zwangs)

Nr. 6

Die Frage ist, wie hoch  $c(\text{OH}^-)$  gerade ist, damit der  $K_L$ -Wert gerade erreicht ist.



im GG [mol/l]:                      0,005    x

**Kommentar:** Die Hydroxidkonzentration ist nicht bekannt und wird mit x angenommen. Es macht keinen Sinn, für diese unbekannt Konzentration „2x“ zu formulieren. Eine solche Formulierung macht nur Sinn, wenn man reines  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  in Wasser gelöst hätte, und deshalb annehmen könnte, dass die Hydroxidkonzentration **doppelt** so groß wie die  $\text{Mn}^{2+}$ -Konzentration ist. also:  $c(\text{Mn}^{2+}) = x$  und deshalb  $c(\text{OH}^-) = 2x$ . Das ist aber bei dieser Aufgabe nicht der Fall! Es wurde nicht  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  in Wasser gelöst. Statt dessen wurde eine  $\text{MnCl}_2$ -Lösung hergestellt. Nun gibt man so lange  $\text{OH}^-$  hinzu, bis die Lösung gerade gesättigt ist. Wie groß die  $\text{OH}^-$ -Konzentration ist, ist noch nicht bekannt. Wir simulieren sie mit x.

$$K_L = c(\text{Mn}^{2+}) \cdot x^2 \Rightarrow$$

$$K_L = 4 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^3 \text{L}^{-3} = 0,005 \text{ mol/L} \cdot x^2 \Rightarrow x \approx 2,828 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L} = c(\text{OH}^-)$$

$$\Rightarrow \text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-) \approx 5,55 \Rightarrow \text{pH} \approx 8,45$$

**Kommentar:** Sie können erkennen, dass die Hydroxidkonzentration mit  $c(\text{OH}^-) = 2,828 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$  **NICHT** doppelt so groß wie ist, wie die Mangankonzentration mit  $c(\text{Mn}^{2+}) = 0,005 \text{ mol/L}$  ist. [siehe auch Kommentar oben]. Hätte man reines  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  in Wasser gelöst, wäre  $c(\text{OH}^-)$  doppelt so groß wie  $c(\text{Mn}^{2+})$ .

Nr. 7

a) **Prägen Sie sich als angehende(r) Chemielaborant(in) ein, denn andere verlassen sich darauf, das gerade Sie sich in der Stoffchemie gut auskennen: Nur Alkalimetallhydroxide sind leicht löslich, z.B. NaOH, KOH**

