

## Fällung von Sulfiden

1) Nennen Sie die Definitionen von Löslichkeits- und Ionenprodukt.

2) Die folgenden Metallsalze wurden mit der Konzentration  $10^{-3} \text{ mol/L}$  angesetzt:

Bismutchlorid, Eisenchlorid, Zinnchlorid, Zinkchlorid. Anschließend wurde jede Lösung mittels Ammoniaklösung und Salzsäure jeweils auf pH=0 und pH=9 eingestellt und die gleiche Menge  $\text{H}_2\text{S}$ -Lösung hinzugegeben.

Die allgemeinen Reaktionsgleichungen lauten:

- für zweiwertige Metallkationen:  $\text{M}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{S}^{2-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{MS}_{(\text{s})}$
- für dreiwertige Metallkationen:  $2 \text{M}^{3+}_{(\text{aq})} + 3 \text{S}^{2-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{M}_2\text{S}_3_{(\text{s})}$

Berechnen Sie die Löslichkeitsprodukte für Salze mit zwei- und dreiwertigen Metallkationen.

Gegeben ist:

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 10^{-21} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

In einer gesättigten  $\text{H}_2\text{S}$ -Lösung kann die Konzentration konstant als etwa  $10^{-1} \text{ mol/L}$  angenommen werden. Der pH-Wert der Hydronium-Ionen kann anhand des pH-Wertes berechnet werden.

3) Begründen Sie anhand ihrer berechneten Werte und der gegebenen Löslichkeitsprodukte, ob es bei Zugabe des  $\text{H}_2\text{S}$ -Wassers zu den Metallsalzlösungen zur Fällungsreaktion kommt. Ergänzen Sie dazu die Tabelle.

Metallkation	Ausfall		Löslichkeitsprodukt	berechnetes Ionenprodukt	
	bei pH=0	bei pH=9		für pH=0	für pH=9
$\text{Fe}^{3+}$			$4 \cdot 10^{-19} \text{ mol}^5/\text{L}^5$		
$\text{Bi}^{3+}$			$1,6 \cdot 10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5$		
$\text{Zn}^{2+}$			$2,5 \cdot 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2$		
$\text{Sn}^{2+}$			$10 \cdot 10^{-26} \text{ mol}^2/\text{L}^2$		

---

# 1 Didaktischer Kommentar zum Schülerarbeitsblatt

Dieses Arbeitsblatt dient der Auswertung des vierten Versuchs „Fällung von Sulfiden“. Es ist konzipiert, um ohne Durchführung des Versuchs verwendet zu werden. Mit einer Abänderung von Aufgabe 2), in welcher der Versuch kurz dargestellt wird, kann es aber auch nach Durchführung des Experiments an die SuS ausgeteilt werden

## 1.1 Erwartungshorizont (Kerncurriculum)

Aufgabe 1 zählt zum Anforderungsbereich I „wiedergeben und beschreiben“ und fördert fachwissenschaftliche Kompetenzen. Die SuS sollen ihr Fachwissen aufrufen und die Definitionen der Begriffe Ionen- und Löslichkeitsprodukt reproduzieren.

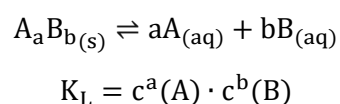
Für die Bearbeitung von Aufgabe 2 müssen die SuS ihr fachspezifisches Wissen, zum Beispiel bezüglich des Zusammenhangs des pH-Wertes und der Hydroniumionenkonzentration in wässrigen Lösungen (Fachwissen im Bereich des **Basiskonzepts Donator-Akzeptor**) anwenden und verschiedene Konzentrationen und schließlich das Ionenprodukt berechnen. **Dafür müssen die SuS chemische Sachverhalte in geeigneter Formelschreibweise darstellen können sollen (Verhältnisformeln, Summenformeln, Strukturformeln)(Basiskonzept Stoffteilchen).** Diese Aufgabe zählt daher in den Anforderungsbereich II „anwenden und strukturieren“.

In Aufgabe 3) muss das fachspezifische Wissen der SuS bezüglich Ionen- und Löslichkeitsprodukt miteinander verknüpft werden, indem die SuS beide Produkte vergleichen und dies als Basis für die Bewertung nutzen, ob in den verschiedenen Metallsalzlösungen ein Niederschlag zu erwarten ist, wenn sie Sulfidionen hinzufügen. Außerdem müssen sie die gegebenen Löslichkeitsprodukte der Tabelle entnehmen und sinnvoll verwenden. Die Aufgabe zählt in den Anforderungsbereich III: transferieren und verknüpfen“

## 1.2 Erwartungshorizont (Inhaltlich)

1) Nennen Sie die Definitionen von Löslichkeits- und Ionenprodukt.

Das Ionenprodukt ist das Produkt der Stoffmengenkonzentrationen aller in einem Medium gelöster Ionen. Das Löslichkeitsprodukt  $K_L$  gibt an, ab welchem Produkt der Konzentrationen der Ionen in Lösung – dem Ionenprodukt - eine Verbindung ausfällt und kann aus dem Massenwirkungsgesetz hergeleitet werden:



2) Die folgenden Metallsalze wurden mit der Konzentration  $10^{-3} \text{ mol/L}$  angesetzt:

Bismutchlorid, Eisenchlorid, Zinnchlorid, Zinkchlorid. Anschließend wurde jede Lösung mittels Ammoniaklösung und Salzsäure auf  $\text{pH}=0$  und  $\text{pH}=9$  eingestellt und die gleiche Menge  $\text{H}_2\text{S}$ -Lösung hinzugegeben.

Die allgemeinen Reaktionsgleichungen lauten:

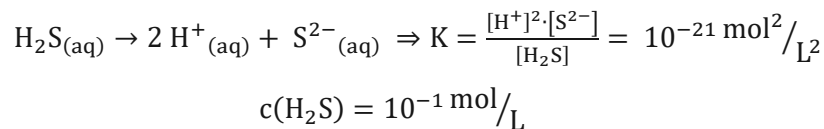
- für zweiwertige Metallkationen:  $\text{M}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{S}^{2-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{MS}_{(\text{s})}$
- für dreiwertige Metallkationen:  $2 \text{M}^{3+}_{(\text{aq})} + 3 \text{S}^{2-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{M}_2\text{S}_3_{(\text{s})}$

Berechnen Sie die Löslichkeitsprodukte für Salze mit zwei- und dreiwertigen Metallkationen.

Gegeben ist:

$$K = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 10^{-21} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

In einer gesättigten  $\text{H}_2\text{S}$ -Lösung kann die Konzentration konstant als etwa  $10^{-1} \text{ mol/L}$  angenommen werden. Der  $\text{pH}$ -Wert der Hydronium-Ionen kann anhand des  $\text{pH}$ -wertes berechnet werden.



Daraus folgt:

$$K \cdot [\text{H}_2\text{S}] = 10^{-21} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L} = 10^{-22} \text{ mol}^3/\text{L}^3$$

$$\Rightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{K \cdot [\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} \Rightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{10^{-22} \text{ mol}^3/\text{L}^3}{[\text{H}^+]^2}$$

$$\text{pH} = 0 \rightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{10^{-22} \text{ mol}^3/\text{L}^3}{[10^0 \text{ mol/L}]^2} = 10^{-22} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = 9 \rightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{10^{-22} \text{ mol}^3/\text{L}^3}{[10^{-9} \text{ mol/L}]^2} = 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Das Ionenprodukt berechnet sich nun über die Konzentration der Schwefel-Anionen und der Metall-kationen-Konzentration.

Für zweiwertige Metallkationen:

$$\text{pH} = 0 \rightarrow [\text{M}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot 10^{-22} \text{ mol/L} = 10^{-25} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$\text{pH} = 9 \rightarrow [\text{M}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 10^{-3} \text{ mol/L} \cdot 10^{-4} \text{ mol/L} = 10^{-7} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

Für dreiwertige Metallkationen:

$$\text{pH} = 0 \rightarrow [\text{M}^{3+}]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]^3 = (10^{-3} \text{ mol/L})^2 \cdot (10^{-22} \text{ mol/L})^3$$
$$= 10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5$$

$$\text{pH} = 9 \rightarrow [\text{M}^{3+}]^2 \cdot [\text{S}^{2-}]^3 = (10^{-3} \text{ mol/L})^2 \cdot (10^{-4} \text{ mol/L})^3$$

$$= 10^{-18} \text{ mol}^5/\text{L}^5$$

3) Begründen Sie anhand ihrer berechneten Werte und der gegebenen Löslichkeitsprodukte, ob es bei Zugabe des H<sub>2</sub>S-Wassers zu den Metallsalzlösungen zur Fällungsreaktion kommt. Ergänzen Sie dazu die Tabelle.

Metallkation	Ausfall	Ausfall	Löslichkeitsprodukt	berechnetes Ionenprodukt	
	bei pH=0	bei pH=9		für pH=0	für pH=9
Fe <sup>3+</sup>	-	+	$4 \cdot 10^{-19} \text{ mol}^5/\text{L}^5$	$10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5$	$10^{-18} \text{ mol}^5/\text{L}^5$
Bi <sup>3+</sup>	+	+	$1,6 \cdot 10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5$	$10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5$	$10^{-18} \text{ mol}^5/\text{L}^5$
Zn <sup>2+</sup>	-	+	$2,5 \cdot 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2$	$10^{-25} \text{ mol}^2/\text{L}^2$	$10^{-7} \text{ mol}^2/\text{L}^2$
Sn <sup>2+</sup>	+	+	$10 \cdot 10^{-26} \text{ mol}^2/\text{L}^2$	$10^{-25} \text{ mol}^2/\text{L}^2$	$10^{-7} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

Ist das Ionenprodukt größer, als das Löslichkeitsprodukt kommt es zur Fällung

Für pH=9 gilt daher:  $\text{Fe}^{3+}: 4 \cdot 10^{-19} \text{ mol}^5/\text{L}^5 > 10^{-18} \text{ mol}^5/\text{L}^5$

$$\text{Bi}^{3+}: 1,6 \cdot 10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5 > 10^{-18} \text{ mol}^5/\text{L}^5$$

$$\text{Zn}^{2+}: 2,5 \cdot 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2 > 10^{-7} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$\text{Sn}^{2+}: 2,5 \cdot 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2 > 10^{-7} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

Für pH=0 gilt daher:  $\text{Fe}^{3+}: 4 \cdot 10^{-19} \text{ mol}^5/\text{L}^5 < 10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5$

$$\text{Bi}^{3+}: 1,6 \cdot 10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5 \geq 10^{-72} \text{ mol}^5/\text{L}^5$$

$$\text{Zn}^{2+}: 2,5 \cdot 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2 < 10^{-25} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$\text{Sn}^{2+}: 2,5 \cdot 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2 > 10^{-25} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$