

Eine Frage des Gleichgewichts: Löslichkeitsprodukt und Fällungstitration

Ein Beitrag von Simon Poremski und Dr. Ruggero Noto La Diega



© Thiago Santos/iStock/Getty Images Plus

Das Löslichkeitsprodukt eines Stoffes ist nur in einem bestimmten Lösungsmittel und bei einer bestimmten Temperatur ein konstanter Wert. Es gibt demnach verschiedene Möglichkeiten, um die Löslichkeit eines Salzes zu beeinflussen. Solche herbeigeführten Veränderungen der Löslichkeit ionischer Verbindungen kommen beispielsweise in der analogen Fotografie, bei Putzmitteln oder beim Fällen von Schwermetallen bei der Abwasserreinigung zur Anwendung. Erarbeiten Sie mit Ihrer Klasse diese Einflussfaktoren sowie die fraktionierte Fällung und die theoretischen Grundlagen von Fällungstitrationen. Im Fokus stehen hierbei die Grundlagen für die experimentellen Anwendungen und das Anwenden mathematischer Verfahren auf chemische Sachverhalte.

Eine Frage des Gleichgewichts: Löslichkeitsprodukt und Fällungstitration

Niveau: grundlegend, vertiefend

Klassenstufe: 11–13

Autoren: Dr. Ruggero Noto La Diega und Simon Poremski

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M1: Einflussfaktoren auf die Löslichkeit von Salzen	3
M2: Experimentelle Bestimmung des Löslichkeitsprodukts	9
M3: Experimentelle Bestimmung von Chloridkonzentrationen	11
Lösungen	14
Literatur	24

VORSCHAU

Kompetenzprofil:

Niveau	grundlegend; erhöht
Fachlicher Bezug	Löslichkeitsprodukt und Fällungstitation
Methode	Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit
Basiskonzepte	Konzept der chemischen Reaktion
Erkenntnismethoden	Aufstellen von Hypothesen, Versuchsdurchführung, Versuchsauswertung
Kommunikation	Auswählen relevanter Informationen und Daten zu chemischen Sachverhalten; Erschließung von Informationen aus Quellen mit verschiedenen Darstellungsformen
Bewertung/Reflexion	Bewerten eigenen Verhaltens unter Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekten
Inhalt in Stichworten	Löslichkeit, Salze, Löslichkeitsprodukt, chemisches Gleichgewicht, Prinzip von Le Chatelier, Umsatzung, Fällungsreaktionen, Fällungstitation

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

TX Text **SV** Schülerversuch

Thema	Material	Materialart
Einflussfaktoren auf die Löslichkeit von Salzen, fraktionierte Fällung und Fällungstitation	M1	TX
Experimentelle Bestimmung des Löslichkeitsprodukts von Calciumhydroxid	M2	SV
Bestimmung von Chloridkonzentrationen durch Fällungstitation	M3	TX

Einflussfaktoren auf die Löslichkeit von Salzen

M1

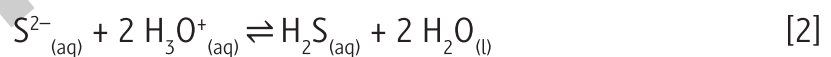
Das **Löslichkeitsprodukt** eines Stoffes ist nur in einem bestimmten **Lösungsmittel** und bei einer bestimmten **Temperatur** ein **konstanter** Wert. Es gibt demnach verschiedene Möglichkeiten, um die Löslichkeit eines Salzes zu beeinflussen. Solche herbeigeführten Veränderungen der Löslichkeit ionischer Verbindungen kommen beispielsweise in der analogen Fotografie, bei Putzmitteln oder beim Fällen von Schwermetallen bei der Abwasserreinigung zur Anwendung.

1. Löslichkeitserhöhung durch Säurezusatz

Enthält ein schwer lösliches Salz ein **basisches Anion**, bewirkt die **Zugabe** von **Säure** durch die **Störung** und anschließende **Neueinstellung** des **chemischen Gleichgewichts** eine **Erhöhung** der **Löslichkeit** des schwer löslichen Salzes. Schauen wir es uns an am Beispiel von Cadmiumsulfid, dessen Löslichkeit bei 18 °C $1,3 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$ beträgt und durch Zugabe von Salzsäure erhöht werden kann. Das **Löslichkeitsgleichgewicht** von Cadmiumsulfid lautet:



Die Sulfidionen sind die korrespondierende Base der schwachen Säure Schwefelwasserstoff ($\text{p}K_{\text{s}} = 6,92$) und somit eine starke Base ($\text{p}K_{\text{b}} = 1,00$). Die Zugabe von Salzsäure erhöht die Konzentration von Oxoniumionen, die mit den Sulfidionen in einer **Gleichgewichtsreaktion** reagieren:



Die Bildung von Schwefelwasserstoff bei [2] verringert die Konzentration der Sulfidionen, die nach dem Prinzip von **Le Chatelier** durch weiteres Lösen von Cadmiumsulfid in [1] neu eingestellt wird, wodurch die Löslichkeit von Cadmiumsulfid erhöht wird. Die **Verschiebung** des **Gleichgewichts** und damit ihre Wirkung auf die Löslichkeit von Cadmiumsulfid wird durch diese dritte Gleichgewichtsreaktion weiter verstärkt:



Durch den **Wechsel** des **Aggregatzustandes** wird Schwefelwasserstoff dem System fortlaufend entzogen, wodurch sowohl bei [2] als auch bei [1] das **chemische Gleichgewicht** sich auf die **Produktseite verlagert**: Immer mehr Cadmiumsulfid geht in Lösung.

Experimentelle Bestimmung des Löslichkeitsprodukts

M2

Folgender Versuch bietet eine Möglichkeit, das Löslichkeitsprodukt von Calciumhydroxid experimentell zu bestimmen und seine Abhängigkeit vom Lösungsmittel zu untersuchen.

Chemikalien

- Natronlauge ($c = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$)
- Salzsäure ($c = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$)
- Calciumhydroxid
- Universalindikator



kein GHS-Symbol

Geräte

- Bürette
- Stativ
- Stativklemme
- Messzylinder
- Erlenmeyerkolben
- Magnetrührer
- Magnetfisch
- Filterpapier
- Trichter
- Spatel

Entsorgung: Die Lösungen werden in Sammelbehälter für Salzlösungen gegeben.

Versuchsdurchführung

- Aus festem Calciumhydroxid und Natronlauge wird eine Lösung mit geringem Bodensatz hergestellt und anschließend filtriert. 30 ml des Filtrates werden zusammen mit einem Rührfisch in einen Erlenmeyerkolben gegeben und mit wenigen Tropfen Universalindikator versetzt.
- Der Erlenmeyerkolben wird auf den Magnetrührer gestellt. In die Bürette werden 40 ml Salzsäure gegeben. Es wird mit Salzsäure bis zum Äquivalenzpunkt titriert und das Volumen der bis dahin benötigten Salzsäure notiert.





Theoretischer Versuch

Chemikalien

- Silbernitratlösung ($c = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$)
- Kaliumdichromat-
oder Kaliumchromat-Lösung (5 %)
- stilles Mineralwasser
- Badesalz



kein GHS-Symbol

kein GHS-Symbol

Geräte

- Magnetrührer
- Magnetfisch
- Stativmaterial
- Pipette mit Peleusball
- Spatel
- Messzylinder
- Bürette
- Erlenmeyerkolben

Entsorgung: Die Lösungen werden in Sammelbehälter für Salzlösungen gegeben.



Kationen	[mg]	Anionen	[mg]
Natrium	13,3	Fluorid	0,16
Kalium	1,1	Chlorid	21
Magnesium	32,0	Nitrat	< 0,3
Calcium	70,9	Sulfat	28

Ionengehalt Mineralwasser

Bild: Simon Poremski und Dr. Ruggero Noto La Diega

Abbildung 1: Versuchsaufbau für chloridhaltige Proben, z. B. Mineralwasser