

II.G.3

Komplexchemie

Komplexometrische Bestimmungen von Magnesiumionen in Bittersalzlösungen

Ein Beitrag von Hubert Giar



© Stefan Makrecki/Photodisc

Magnesiumsulfat ist das gängige Beispiel für ein in Wasser leicht lösliches Sulfat eines Erdalkalimetalls und daher im Chemieunterricht nahezu aller Jahrgangsstufen präsent. Mit der Bindung von Kristallwasser wird aus Magnesiumsulfat das Bittersalz Epsomit. Magnesiumsulfat hat als Düngemittel, Nahrungsergänzungsmittel und pharmazeutischer Wirkstoff einen breiten Anwendungsbereich. Die Neigung der Magnesiumionen zur Bildung von Ionenaggregaten zeigt sich schon mit der Ausbildung der Hydrathüllen. Sie ist die Grundlage für die Bildung stabiler Chelatkomplexe und einer komplexometrischen Bestimmung.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 11–13

Dauer: 7 Unterrichtsstunden (Doppelstunden)

Kompetenzen: 1. Gesetzmäßigkeiten und Theorien fachspezifisch beschreiben, anwenden und überprüfen. 2. Experimente nach Anleitungen durchführen, beschreiben und auswerten, Gefährdungspotenziale einschätzen. 3. Einsatz und Wirkung von Stoffen in der alltäglichen Anwendung reflektieren und beurteilen.

Thematische Bereiche: Salze, Löslichkeit, Teilchenaggregate, koordinative Bindung, Lösungsenthalpie, Prinzip vom kleinsten Zwang, pH-Wert, Puffer, komplexometrische Titration

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Sv = Schülerversuch

Vorbemerkung

Die GBU zu den verschiedenen Versuchen finden Sie im **Online-Archiv**.

1./2. Stunde

Thema: Teilchenaggregate

M 1 (Sv) Magnesiumsulfat-Hydrat – kristallin und unlöslich

Dauer: **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 40 min

Chemikalien:

- Lösung A (100 ml mit 30 g Magnesiumsulfat und Wasser)
- Lösung B (100 ml mit 30 g Magnesiumchlorid und Wasser)
- Lösung C (100 ml mit 30 g Natriumchlorid und Wasser)

Geräte:

- 3 Messkolben (50 ml)
- Waage
- 3 Messzylinder (100 ml, flache Form)
- Magnesium (Bleistiftspitzer, doppelt aus Magnesium ohne Klingen)
- Federwaage (10 g)

M 2 (Ab) Liganden – einfach oder mehrwertig

3./4. Stunde

Thema: Komplexometrische Bestimmungen

M 3 (Sv) Komplexometrie – leicht durchführbar und genau

Dauer: **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 30 min

Chemikalien:

- Bittersalz-Lösung A (100 ml Lösung mit 2 g Bittersalz und Wasser)
- Na₂H₂EDTA-Lösung (0,1 mol/l)
- ErioT (Lösung aus 0,5 g ErioT und 10 ml Ethanol) 
- Ammoniumpuffer (100 ml Lösung aus 5,35 g NH₄Cl, 35 ml 25%ige Ammoniak-Lösung und Wasser) 

Geräte:

- Bürette (25 ml) mit Stativ
- Erlenmeyerkolben (250 ml)
- Pipette (5 ml, 10 ml) mit Ansaughilfen
- Messzylinder (100 ml)

M 4 (Sv) Wasserlöslichkeit – gravimetrisch und komplexometrisch 

Dauer: **Vorbereitung:** 40 min, **Durchführung:** 40 min

Chemikalien:

- Bittersalz
- Na₂H₂EDTA-Lösung (0,1 mol/l)
- EriOT (Lösung aus 0,5 g EriOT und 10 ml Ethanol)  
- Ammoniumpuffer (100 ml Lösung aus 5,35 g NH₄Cl, 35 ml 25%ige Ammoniaklösung und Wasser) 

Geräte:

- 4 Erlenmeyerkolben mit Stopfen (100 ml)
- Pipette (5 ml, 10 ml, 25 ml) mit Ansaughilfen
- Waage
- 2 Petrischalen
- 2 Messkolben (250 ml)
- Messzylinder (100 ml)
- 2 Erlenmeyerkolben (250 ml)
- Bürette (25 ml) mit Stativ

5./6. Stunde

Thema: **Hydratisierung**

M 5 (Sv) Lösungsenthalpie – kalorimetrisch und thermodynamisch 

Dauer: **Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 40 min

Chemikalien:

- Magnesiumsulfat-Heptahydrat (Bittersalz)
- Magnesiumsulfat (wasserfrei)

Geräte:

- Kalorimeter (100 ml) mit bekanntem Wasserwert
- Waage
- Messzylinder (100 ml)
- Magnetrührer mit Rührmagneten
- Thermometer (elektronisch, digital)
- Schutzgas (50 ml)

M 6 (Sv) Hydratationsenergie – hilfreich und schädlich 

Dauer: **Vorbereitung:** 20 min, **Durchführung:** 30 min

Chemikalien:

- Magnesiumsulfat (wasserfrei)
- Scheiben (etwa 5 g, Ø etwa 5 cm) aus Apfel, Kartoffel oder weiterem Obst und Gemüse

Geräte:

- 2 transparente Kunststoffbecher mit Deckel (Ø etwa 10 cm, flach)
- 4 Stecknadeln mit großem Kopf
- Waage

7. Stunde**Thema:****weitere Anwendungen zur Komplexometrie****M 7 (Sv)**

Zink- und calciumhaltige Nahrungsergänzungsmittel

Dauer:**Vorbereitung:** 30 min, **Durchführung:** 60 min**Chemikalien:**

- Tropfen mit Zinksulfat  
- Kaugummis mit Zinkacetat (CB 12 boots)
- Tablette mit Calciumcarbonat
- Na₂H₂EDTA-Lösungen (0,1 mol/l, 0,01 mol/l)
- ErioT-Lösung (Lösung aus 0,5 g ErioT und 10 ml Ethanol) 
- Ammoniumpuffer (100 ml Lösung aus 1,35 g NH₄Cl, 35 ml 25%ige Ammoniaklösung und Wasser) 
- Salzsäure (1 mol/l) 
- Natronlauge (1 mol/l) 
- Mg-EDTA-Lösung (0,25 g Magnesiumsulfat-Heptahydrat in 10 ml Na₂H₂EDTA-Lösung (0,2 mol/l))
- Methylorange-Lösung (0,1 %ig in Ethanol)  

Geräte:

- Messkolben (100 ml)
- Bürette (10 ml) mit Stativ
- Vollpipetten (1 ml, 2 ml, 5 ml, 10 ml) mit Ansaughilfen
- Erlenmeyerkolben (4 x 100 ml, 2 x 250 ml)
- Messzylinder
- Waage
- Trichter mit Filterpapier



Magnesiumsulfat-Hydrat – kristallin und gelöst

M 1

Magnesiumsulfat ist ein weißer kristalliner Stoff mit bitterem Geschmack und sehr guter Löslichkeit in Wasser.

Magnesiumsulfat kommt in der Erdkruste insbesondere in Kalilagerstätten vor. Zusammen mit weiteren wasserlöslichen Salzen ist es in den Salzstöcken überwiegend als Monohydrat ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) enthalten. In den deutschen Salzlagerstätten in Hessen, Thüringen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt sind die Magnesiumsulfatanteile in den Kalisalzen sehr groß.

Gelöst liegt Magnesiumsulfat im Meerwasser vor. Ein Kilogramm Meerwasser enthält dabei 1,2 g Magnesiumionen (Mg^{2+}) und 2,7 g Sulfationen (SO_4^{2-}). Magnesium liegt damit an zweiter Stelle hinter Natrium (Na^+) mit 10,7 g und vor Calcium (Ca^{2+}) mit 0,44 g und Kalium (K^+) mit 0,4 g. Bei den Anionen hat nur Chlorid (Cl^-) mit 19,3 g einen größeren Anteil.

Der größte Teil des aus den Lagerstätten gewonnenen Magnesiumsulfats dient zur Produktion mineralischer Düngemittel. Auch pharmazeutische Produkte wie Nahrungsergänzungsmittel, Mineralstoffpräparate, Badezusätze, Abführmittel und Lösungen zur Behandlung akuter Asthmaanfälle enthalten Magnesiumsulfat. Durch die sehr gute Löslichkeit und ausgeprägte Hydratation der Magnesiumionen bildet Magnesiumsulfat mit Wasser stark konzentrierte Lösungen mit vergleichsweise großen Dichten. Diese finden Verwendung in Schwebebädern.

Schülerversuch: Dichtebestimmung wässriger Lösungen

Vorbereitung: 30 min, **Durchführung:** 40 min



Chemikalien

- Lösung A (100 ml mit 30 g Magnesiumsulfat und Wasser)
- Lösung B (100 ml mit 30 g Magnesiumchlorid und Wasser)
- Lösung C (100 ml mit 30 g Natriumchlorid und Wasser)

Geräte

- 3 Messkolben
- Waage
- 3 Messzylinder (100 ml, flache Form)
- Magnesiumbleistiftspitzer, doppelt aus Magnesium ohne Klingen
- Federwaage (10 g)

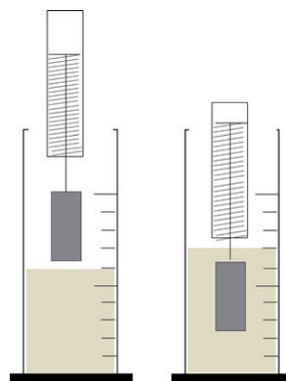
Entsorgung: Neutrale Lösungen in den Abfluss.

Versuchsdurchführung

Schutzbrille tragen!

Versuch 1: Die leeren Messkolben werden mit den Buchstaben A, B und C beschriftet und gewogen. Anschließend werden sie bis zur Markierung mit den Salzlösungen A, B bzw. C befüllt und erneut gewogen. Die Werte werden protokolliert. Die Lösungen können weiterverwendet werden.

Versuch 2: Die Messzylinder werden mit A, B und C beschriftet und mit jeweils 50 ml einer der Salzlösungen befüllt. Das Magnesium wird zur Bestimmung der Masse mit einem Faden an die Federwaage angehängt und anschließend nacheinander in jede der drei Salzlösungen eingetaucht. Die vier an der Federwaage angezeigten Werte werden protokolliert, ebenso die Volumenänderungen in den Messzylindern.



Grafik: Hubert Giar
Skizze zum Versuch 2

Aufgaben

1. Geben Sie die chemischen Namen der folgenden Salze an, die im Kalisalz enthalten sind.

Name des Minerals	Steinsalz	Sylvin	Carnallit	Kieserit
chemischer Name				

2. Viele der Salzlagerstätten sind aus Meerwasser entstanden. In heißen und trockeneren Erdgeschichtlichen Epochen blieben die Salze in abgetrennten Meeresbecken nach Verdunstung des Wassers zurück. Aufgrund seiner relativ kleinen Löslichkeit scheidet sich bei diesem Prozess zuerst das Calciumsulfat-Dihydrat ab. Dann folgt i. d. R. Natriumchlorid, auch wegen seiner großen Konzentration im Meerwasser. Zuletzt setzen sich die Calcium- und Magnesiumsalze ab und bilden damit die oberste Schicht in einem Salzstock.

- a) **Berechnen** Sie, welche Masse an Calciumsulfat-Dihydrat aus einem Kilogramm Meerwasser mit der oben genannten Zusammensetzung nach dem Verdampfen des Wassers gebildet werden kann.
- b) **Berechnen** Sie, welche Masse an Magnesiumsulfat-Monohydrat aus einem Kilogramm Meerwasser nach dem Verdampfen des Wassers noch gebildet werden kann.

- 3.

- a) **Geben** Sie zu Versuch 1 die Wiegeergebnisse (m_1 und m_2) und die Volumina der Lösungen (V) an. **Berechnen** Sie die Massendifferenzen ($Dm = m_2 - m_1$) und die Dichten (ρ) der drei Lösungen. **Ergänzen** Sie die Werte in der Tabelle.

Hinweis: Die Dichte ist der Quotient aus Masse und Volumen der gleichen Stoffportion.

Messkolben	A	B	C
m_1 (leer)			
m_2			
Dm			
V			
ρ			

- b) **Geben** Sie zu Versuch 2 die Ergebnisse an. **Ergänzen** Sie dazu die an der Federwaage angezeigten Massen (m_f) in der Tabelle. Zunächst den Wert für das Magnesium, freihängend in der Luft und dann die Werte nach Eintauchen in die Lösungen A, B, C.

Die Masse der verdrängten Flüssigkeit (m_x) entspricht der Differenz aus der Masse des Magnesiums und dem angezeigten Wert an der Federwaage beim Eintauchen des Magnesiums in die Lösung. Das Volumen der verdrängten Flüssigkeit (V) ist gleich dem Volumen des Magnesiums und entspricht der Volumenzunahme im Messzylinder. Es kann auch aus der Masse des Magnesiums und dessen Dichte ($\rho = 1,74 \text{ g/ml}$) berechnet werden: $V = m_f(\text{Mg}_{\text{Luft}}) / (\rho(\text{Mg}))$.

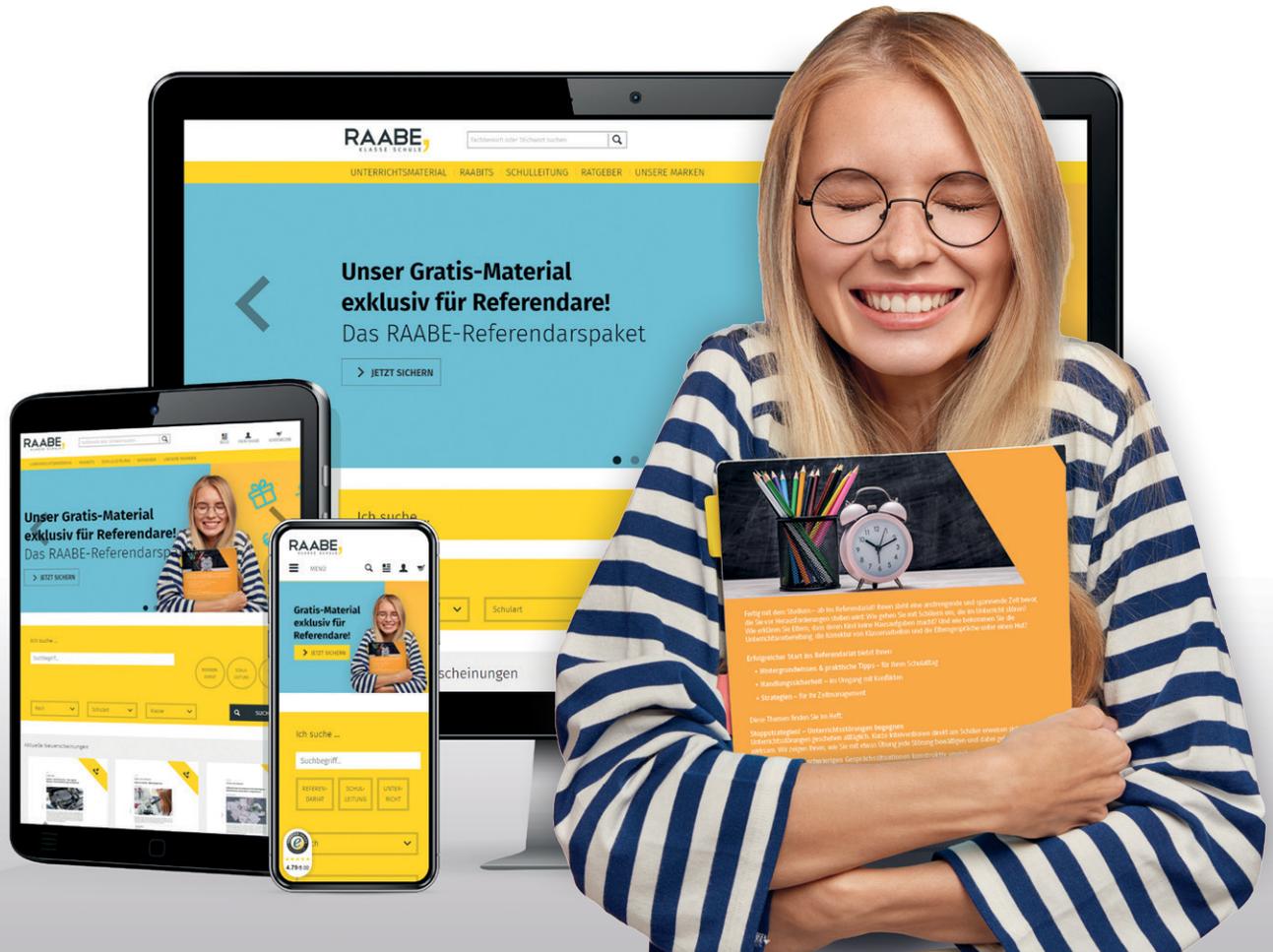
Ergänzen Sie die Werte in der Tabelle. **Berechnen** Sie die Dichten der Lösungen A, B und C.

Luft/ Lösung	Luft	A	B	C
m_f				
m_x	xxx			
V	xxx			
ρ	1,74 g/ml			

- c) **Vergleichen** Sie die Ergebnisse aus beiden Versuchsreihen und **bewerten** Sie diese.

Sie wollen mehr für Ihr Fach?

Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



Über 5.000 Unterrichtseinheiten
sofort zum Download verfügbar



Webinare und Videos
für Ihre fachliche und
persönliche Weiterbildung



Attraktive Vergünstigungen
für Referendar:innen
mit bis zu 15% Rabatt



Käuferschutz
mit Trusted Shops



Jetzt entdecken:
www.raabe.de