

Bunte Steine – Nachweisreaktionen an ausgewählten Mineralien

Qualitative und quantitative Analysen

Hubert Giar, Gießen

Niveau: Sek. II

Dauer: 6 Unterrichtsstunden (Doppelstunden)

Kompetenzen: Die Lernenden können ...

- Informationen aus Versuchen zu naturwissenschaftlichen Zusammenhängen erschließen und die Sachverhalte dokumentieren.
- fachlich kommunizieren und argumentieren und dabei Symbole, Zeichen und Fachbegriffe im richtigen Zusammenhang korrekt verwenden.
- fachbezogene Sachverhalte in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen sachgerecht beurteilen und bewerten, hier insbesondere in Hinblick auf die Zusammensetzung mineralischer Naturstoffe.
- ausgewählte mineralische Naturstoffe in wässrige Lösungen überführen und Nachweisreaktionen verschiedener Ionen in wässrigen Lösungen durchführen.
- komplexe Versuchsanleitungen in Handlungsweisen umsetzen, Versuche zur Analyse einfacher Stoffe selbstständig planen und einfache mineralische Naturstoffe identifizieren.

Der Beitrag enthält Materialien für:

- ✓ Projektunterricht
- ✓ Schülerversuche
- ✓ differenzierte Lernangebote
- ✓ Übungsaufgaben

Hintergrundinformationen

Nachweisreaktionen und Bestimmungen unterschiedlicher Stoffe sind feste Bestandteile in den Lehrplänen und Handreichungen zum Unterricht der gymnasialen Oberstufen. Sie werden oft in übergeordneten Kontexten thematisiert. So zum Beispiel bei der Strukturaufklärung in der Chemie der Kohlenstoffverbindungen mit der qualitativen und quantitativen Analyse von Kohlenstoffdioxid. Die Analysen von Naturstoffen wie Zucker und Eiweiße erfolgen meist mit farbigen komplexen Verbindungen von Kupfer-Ionen. Neutralisations-Titrations werden zur Bestimmung von Säurekonstanten eingesetzt oder auch bei den Ermittlungen von Gleichgewichtskonstanten und Kennzahlen von Fetten. Redox-Titrations auf der Basis der Iodometrie mit Thiosulfat-Lösungen finden Anwendung bei der quantitativen Analyse von C-C-Doppelbindungen (Iodzahl) oder bei der Sauerstoffbestimmung nach Winkler. Für die Lernenden ist es dabei oft eine große Herausforderung, die im Unterricht neu eingeführte Analysemethode parallel mit einer neu eingeführten Stoffgruppe oder einer parallel neu eingeführten Gesetzmäßigkeit zu erfassen. Das aber ist oft der übliche Weg, wie die Lehrpläne Chemie für die gymnasiale Oberstufe vieler Bundesländer zeigen. Es erscheint aber vielmehr geboten, zunächst Kompetenzen in den grundlegenden Prinzipien von Analysen zu entwickeln, hinsichtlich der theoretischen und der praktischen Anforderungen.

In diesem Beitrag werden diese grundlegenden Prinzipien an einfachen Beispielen hergeleitet. Das sind die Überführung in die entsprechenden Lösungen und Nachweise durch Fällungsreaktionen und Farbreaktionen. Im quantitativen Teil werden Methoden wie die Gravimetrie, die Säure-Base-Titration und die Redox-Titration angewendet. Dabei ist es von großem Vorteil, dass die zu analysierenden Stoffe immer einfache

I/D



die Lernenden, Analysen bei neuen komplexen Stoffgruppen und bei neuen Gesetzmäßigkeiten in jeder Hinsicht besser zu bewältigen, da die grundlegenden Kompetenzen dazu schon erlangt sind. Die Mineralien lassen sich als einfache, in der Regel den Lernenden bekannte Stoffe aus den Gruppen der Elemente, Oxide und Salze vermitteln. Diese werden in den Mineralklassen lediglich neu systematisiert. Auch die tägliche Präsenz in der unbelebten Natur und nicht zuletzt die Pracht von Formen und Farben gewähren einen einfachen Zugang der Lernenden zu den Mineralien.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Zunächst werden Stoffe und Stoffgruppen aus der anorganischen Chemie, wie Metalle, Metalloxide und Salze wiederholt, auch indem sie Mineralklassen zugeordnet werden (**M 1**). Von ausgewählten Mineralien werden dann zu deren Identifizierung einfache Eigenschaften wie Härte und Dichte bestimmt (**M 2**). In den weiteren Arbeitsblättern (**M 3, M 4, M 5**) folgen Nachweisreaktionen für Ionen in wässrigen Lösungen mit Farbreaktionen und Fällungsreaktionen. Dabei werden jeweils auch die Reaktionen bei den Lösungsvorgängen thematisiert. Die Versuche sind so gestaltet, dass die Nachweisreaktionen der Bestätigung bekannter Strukturen dienen. Schließlich folgt eine qualitative Analyse eines Minerals mit Bestimmungen von Carbonat-, Hydroxid- und Kupfer-Ionen (**M 6**). Mit der Aufgabe verbunden ist es, der Analysesubstanz Formel und Name zuzuordnen. Die in den Arbeitsblättern angesprochenen Mineralien sind auf einer Folie noch einmal farbig abgebildet (**M 7**).

Durchführung

Fast alle Versuche sind als Schülerversuche konzipiert. Für den quantitativen Teil werden in Aufgabenform auch Messergebnisse aufgeführt. Das ermöglicht eine Bearbeitung ohne eigene Messergebnisse. Die Auswertung wird mithilfe von Aufgaben strukturiert. Darüber hinaus enthalten die Aufgabenteile weiterführende Fragestellungen in unterschiedlichen Anspruchsniveaus zum Wiederholen, Üben und zum selbständigen Weiterarbeiten.

Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

Denkbar ist ein Projekt zum Thema Gesteine und Mineralien, welches fachübergreifend aus dem Chemieunterricht oder dem Erdkundeunterricht entwickelt werden kann.

Literatur

Schulze, Gerhard u.a.: Maßanalyse. Walter de Gruyter. Berlin 2003.

Das umfangreiche Werk beschreibt eine sehr große Anzahl klassischer Methoden der Maßanalyse. Es übersteigt zwar deutlich den Anforderungsbereich in den Schulen, ist aber auch dort als Nachschlagewerk sehr hilfreich.

Schumann, Walter: Mineralien & Gesteine: Merkmale, Vorkommen und Verwendung. BLV Buchverlag. München 2012.

Dieses Taschenbuch gilt als Standardwerk. Es enthält Abbildungen und Beschreibungen vieler Mineralien und wird auch als Bestimmungsbuch eingesetzt. Zum Einstieg in die Thematik ist es auch in der Schule gut geeignet.

Strähle, Joachim; Schweda, E.: Jander/Blasius: Lehrbuch der präparativen und anorganischen Chemie. S. Hirzel-Verlag. Stuttgart 2002.

Das Buch gilt als komplettes Werk bezüglich qualitativer Analysen. Lernende in der Schule müssen bei der Recherche geeigneter Nachweisreaktionen angeleitet werden.

Das Buch ist in der Originalversion hier in Universität und Industrie zu finden.

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt
 ⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

Die **Gefährdungsbeurteilungen** finden Sie auf  **CD 60**.

M 1	Ab	Mineralklassen	
M 2	Ab mit SV	Merkmale von Mineralien	
	⌚ V: 15 min	<input type="checkbox"/> Mineralien: Pyrit, Fluorit, Gips- spat, Calcit und Korund	<input type="checkbox"/> Porzellantafel
	⌚ D: 30 min		<input type="checkbox"/> Ritzbesteck oder Kupfermünze und Taschenmesser
			<input type="checkbox"/> Waage, Federwaage
			<input type="checkbox"/> Messzylinder
			<input type="checkbox"/> Schiebleere
M 3	Ab mit LV/ SV, GBU#	Nachweisreaktion von Kupfer	
	⌚ V: 30 min	<input type="checkbox"/> gediegenes Kupfer, ersatzweise Kupferspäne	<input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser
	⌚ D: 45 min	<input type="checkbox"/> Salpetersäure (halbkonz.)  	<input type="checkbox"/> Porzellanschale
		<input type="checkbox"/> Ammoniak-Lösung (halbkonz.)   	<input type="checkbox"/> Sandbad
M 4	Ab mit SV, GBU#	Nachweisreaktionen von Halit	
	⌚ V: 30 min	<input type="checkbox"/> Halit, ersatzweise Natriumchlorid	<input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser
	⌚ D: 45 min	<input type="checkbox"/> Salzsäure (halbkonz.)  	<input type="checkbox"/> Magnesiastäbchen
		<input type="checkbox"/> Salpetersäure (verd.)  	<input type="checkbox"/> Bunsenbrenner
		<input type="checkbox"/> Silbernitrat-Lösung (2%ig)   	
		<input type="checkbox"/> Ammoniak-Lösung (halbkonz.)   	

I/D

M 5 Ab mit SV, GBU# Nachweisreaktionen von Carbonaten

- ⌚ V: 30 min Calcit, ersatzweise Calciumcarbonat 6 Reagenzgläser
 ⌚ D: 60 min Siderit, ersatzweise Eisencarbonat Trichter mit Filterpapier
 Rhodochrosit, ersatzweise Mangancarbonat Porzellanschale
 Salpetersäure (verd.) Sandbad
 Bariumhydroxid-Lösung (gesättigt) Gärröhrchen
 Essigsäure (verd.) Magnesiumrinne
 Ammoniumoxalat-Lösung (2%ig)
 Kaliumhexacyanidoferrat(II)-Lösung (2%ig)
 Ammoniumperoxodisulfat
 Silbernitrat

M 6 Ab mit SV, GBU# Bestimmung basischer Kupfercarbonate

- ⌚ V: 30 min Materialprobe Azurit oder Malachit (fein zerkleinert) 3 Erlenmeyerkolben (100 ml)
 ⌚ D: 60 min Schwefelsäure (2 mol/l) Messzylinder (10 ml)
 Natronlauge (0,5 mol/l) Messkolben (100 ml)
 Kaliumiodid-Lösung (20%ig) Pipetten (10 ml, 25 ml)
 Natriumthiosulfat-Lösung (0,1 mol/l) Trichter mit Filterpapier
 Stärke-Lösung (2%ig) Bürette mit Stativ
 Lackmus-Lösung Waage

M 7 Fo Bunte Steine**Minimalplan**

Ihnen steht nur wenig Zeit zur Verfügung? Dann lässt sich die Unterrichtseinheit auf **zwei Doppelstunden** kürzen. Die Planung sieht dann wie folgt aus:

1./2. Stunde (M 1–M 4)	Tragen Sie die Inhalte der vier Arbeitsblätter vor. Führen Sie Versuche als Lehrerdemonstrationsexperimente durch. Bearbeiten Sie die Aufgabe 1 aus M 3 und die Aufgabe 1 aus M 4 im Unterricht. Geben Sie die Aufgaben aus M 1 als Hausaufgabe. Verzichten Sie auf die übrigen Aufgaben, ebenso vollständig auf M 5.
3./4. Stunde (M 6)	Lassen Sie den Versuch als Schülerversuch durchführen und die Aufgaben 1 und 2 in Gruppenarbeit mit anschließender Diskussion der Ergebnisse bearbeiten.

M 1 Mineralklassen

Die Erdkruste, die äußere feste Schicht der Erde, besteht im Wesentlichen aus einer Abfolge verschiedener Schichten unterschiedlicher Gesteine. Sie erreicht im Durchschnitt etwa 50 km an Tiefe.

Gesteine sind überwiegend aus Mineralien zusammengesetzt. Diese Mineralien sind definitionsgemäß homogene, natürliche Festkörper mit einer stofflich einheitlichen Zusammensetzung. Chemisch betrachtet sind Mineralien Reinstoffe, die durch gleiche Eigenschaften in allen Teilen gekennzeichnet sind. Das bedeutet, dass jedes noch so kleine Bruchstück einer mechanischen Zerlegung die gleichen Eigenschaften aufweist. Jedes Mineral kann somit auch mit einer chemischen Formel und mit einem chemischen Namen beschrieben werden.

Die Bezeichnungen der Mineralien erfolgt in der Praxis mit anderen Namen, die aus dem Fundort, dem Aussehen oder der Verwendung hergeleitet sein können. Die Mineralien können nach ihrer chemischen Zusammensetzung jeweils einer von **zehn Mineralklassen** zugeordnet werden.

Die **I. Mineralklasse** bildet die Gruppe der Elemente und trägt auch diese Bezeichnung. In der **II., III. und IV. Klasse** sind die Verbindungen mit Schwefel, Sauerstoff, Hydroxiden und Halogenen vertreten. Für die Bezeichnungen sind die jeweils beteiligten Nichtmetalle maßgebend. Bei den Verbindungen der **V. bis IX. Klasse** handelt es sich um Salze von teilweise hypothetischen Sauerstoffsäuren. Hier sind die entsprechenden Anionen die Namensgeber. Die **X. Klasse** umfasst Verbindungen organischen Ursprungs.



Beryll (Mineral) und
Granit (Gestein)

Beryll: Rob Lavinsky, iRocks.com/Wikimedia Commons - CC-BY-SA-3.0; Granit: Colourbox.com

I/D

Aufgaben

- Zu jeder Mineralklasse sind in der Tabelle auf der folgenden Seite ein oder mehrere Mineralien genannt.
 - Ergänzen** Sie in der 3. und 4. Spalte der Tabelle die fehlenden Formeln und die fehlenden chemischen Namen.
 - An den Namen der Mineralklassen II. bis IX. ist zu erkennen, welche Elemente jeweils beteiligt sind. **Geben** Sie in der 5. Spalte **an**, in welchen Gruppen (Ia–VIIIa und Ib–VIIIb) des Periodensystems diese namensgebenden Elemente zu finden sind. Zusätzlich sollen in der 6. Spalte auch die entsprechenden Gruppen nach der neuen IUPAC-Konvention (1–18) angegeben werden.
- Ordnen** Sie die angegebenen Mineralien der richtigen Mineralklasse zu. **Ergänzen** Sie dazu die folgende Tabelle.

Bild				
Name	Realgar	Coelestin	Gold	Amazonit
Formel	As_4S_4	SrSO_4	Au	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Mineral-				

gar, Coelestin, Amazonit: Rob Lavinsky, iRocks.com/Wikimedia Commons - CC-BY-SA-3.0; Gold-Nugget/Kalifornien/Wikimedia Commons

M 2 Merkmale von Mineralien

Für Mineraliensammler ist es eine besondere Herausforderung, schon im Gelände mit einfachen Hilfsmitteln ein gefundenes Mineral zu bestimmen, also dessen Namen und Formeln anzugeben oder es zumindest einer Mineralklasse zuzuordnen. Dabei kann auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden oder Vergleiche mit Abbildungen und Beschreibungen in Bestimmungsbüchern können vorgenommen werden. Die Beschreibungen erfolgen dabei mit einigen wenigen leicht zu überprüfenden Merkmalen wie Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit, Strichfarbe, Härte (Mohshärte) und Dichte.

Schülerversuch: Merkmale von Mineralien

Chemikalien / Gefahrenhinweise	Geräte
<input type="checkbox"/> Mineralien: Pyrit, Fluorit, Gipsapat, Calcit und Korund	<input type="checkbox"/> Porzellantafel
	<input type="checkbox"/> Ritzbesteck oder Kupfermünze und Taschenmesser
	<input type="checkbox"/> Waage, Federwaage
	<input type="checkbox"/> Messzylinder
	<input type="checkbox"/> Schiebleere

Strichfarbe: Die Mineralien werden auf einer Porzellantafel gerieben. Es wird überprüft, ob Striche (Abriebe) entstanden sind, und gegebenenfalls, welche Farbe diese Striche haben.

Härte: Mit Metallstiften, die den Härten 1 bis 10 entsprechen, wird beginnend mit der kleinsten Härte (Härte 1) versucht, die jeweiligen Mineralien zu ritzen. Ist das nicht möglich, wird der nächsthärtere Metallstift genommen, bis es klappt. Das Mineral hat die Härte des Metallstiftes, mit dem ein Ritzen gerade noch nicht erfolgreich ist.



Porzellantafeln mit Strichfarben der Mineralien Pyrit und Rhodochrosit

Re: ike/Wikimedia Commons - CC-BY-SA-3.0



drei Metallstifte aus einem Ritzbesteck

© Christian Weise Verlag GmbH – www.mineralien.de



Hinweis: Sofern kein Ritzbesteck zur Verfügung steht, kann die Reihenfolge der Härte der vorliegenden Mineralien auch durch gegenseitige Ritzversuche untersucht werden. Dabei ritzt das härteste alle anderen und das weichste Mineral wird von allen anderen geritzt. Auch mit einfachen Werkzeugen, wie Münzen oder Taschenmesser, kann durch Ritzversuche zumindest die Reihenfolge nach Härte bei den vorliegenden Mineralien festgestellt werden.