

**Fachdidaktik zum Lehramtsstudium "Biologie und Umweltkunde" (LA-BU)
814 026, 814 200 Experimente in LA-BU Mineralogie und Rohstoffkunde
M. A. Götzinger, E. Libowitzky**

- 1) Kristallzüchtung aus dem Gasstrom, aus wäßriger Lösung und aus der Schmelze
Löslichkeit von Gips in NaCl-Lösung
- 2) Lagerstättenbildung und Mineralanreicherung:
Black Smoker im Becherglas; Mineralausfällung an Reaktionsgrenzen;
Schwereretrennung, Mineralseparation: "Goldwaschen", Dichtebestimmung
- 3) Symmetrie an Gegenständen des täglichen Lebens, Symmetrie mit Personen,
Kristallmodelle-Ausschneidebögen, Escherbilder, periodische Motive
- 4) Kristallstrukturen basteln, Dichtestpackungen, 2-dim. Kugelpackung
Pyroxen-Amphibol-Baueinheiten (Papiertrapeze), "Geomag"
Optik: Polarisationsfolien, Doppelspat, Konoskopie an Glimmer und
Quarzkugel, Spannungsdoppelbrechung
- 5) Experimente zur angewandten Mineralogie und Rohstoffkunde:
Feldspatverwitterung, Tonminerale (Thixotropie, Vermiculit, Ziegel brennen)
Gips "kochen" und wieder abbinden lassen; mineralische Füllstoffe
- 6) Experimente zur Geologie:
Konvektion, Separation Kern-Mantel-Kruste, Deformation;
Impakte (im Sandbad)
- 7) Exp. zur Petrologie: Sandstein und Konglomerat herstellen, Vulkanversuche;
Exp. zur Paläontologie: Fossilien gießen, Zeitstreifen (Auftreten der Lebewesen)

Weitere Experimente ("auf Bestellung"):

Kupferabscheidung auf Eisennagel (bzw. Eisenspänen): Spannungsreihe
Zeolith-Versuche: Entwässern, füllen, Kationentausch
Unterscheidung von Karbonaten: Calcit und Dolomit in 1n HCl zersetzen,
Magnesit und Siderit in konz. HCl zersetzen
Flammenfärbungen (Alkali- und Erdalkali-Ionen)
Rösten von Pyrit und Reduktion zum Fe (Hochofenprozeß)
Eisen: Stahl und Gußeisen (Zähigkeit und Härte)
Kalk brennen – löschen – aushärten

Wichtig: selbst probieren - und vorführen !

M.A.G., E.L. (Okt. 2000, erg. März 04)

Versuche zur Kristallisation von Substanzen

1) Kristallisation aus dem Gasstrom (Schwefel)

Schwefel wird in einem (feuerfesten) Reagenzglas erhitzt, bis über der Schmelze ein gelbes Gas entsteht. Dann wird dieses auf einen kalten Objektträger geleert. Es entstehen aus dem Schwefelgas direkt kristalline Schmelztröpfchen durch Sublimation.

Vorsicht: Untergrund kühl und möglichst inert (Steinplatte, Kachel, etc.)

2) Kristallisation aus wäßriger Lösung; Mikroskop-Beobachtung

Mehrere verdünnte wäßrige Lösungen aus NaCl, K-Al-Alaun, Cu-Sulfat, Zitronensäure werden hergestellt. Davon wird je 1 Tropfen auf einen Objektträger getropft und gewartet. Über der warmen Lampe verdunstet das Wasser und die Substanzen kristallisieren durch Übersättigung der Lösung aus. Der Vorgang wird unter dem Mikroskop beobachtet.

3) Kristallisation aus wäßriger Lösung unter Verwendung von Keimkristallen

K-Al-Alaun (Kalinit) $K Al (SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$, kub., ist bei Zimmertemperatur gut in Wasser löslich (11,4 g in 100 ml); die Löslichkeit steigt mit steigender Temperatur deutlich an. Aus einer warmen, konzentrierten Lösung kristallisiert Alaun in farblosen Oktaedern (teilw. mit Würfelflächen). Diese Kristalle werden als Keimkristalle entnommen, mit einem dünnen Draht umwickelt und in die erkaltende Lösung hineingehängt. Es ist günstig gleich zu beobachten, ob der Keim stabil bleibt bzw. größer wird, oder sich in der noch nicht übersättigten Lösung wieder auflöst. Kleine Kristalle sind schon nach einer halben Stunden zu beobachten, besonders wenn man das gefüllte Becherglas in kaltes Wasser stellt. Langsames Kristallwachstum fördert die Ausbildung großer, einzelner Kristalle, rascher Temperaturabfall bedingt rasches Wachstum mit meist vielen kleinen Kristallen, die einander oft durchwachsen.

Löslichkeiten von Salzen (in g) in 100 ml Wasser bei Raumtemperatur:

NaCl (Steinsalz/Halit)	35,7	$Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ (Glaubersalz/Mirabilit)	11
KCl (Sylvin)	34,7	K_2SO_4 (Arcanit)	12
		$CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ (Kupfervitriol/Chalkanthit)	31,6

4) Herstellung "süßer Tropfsteine"

Eine wäßrige Lösung aus Kristallzucker wird durch Erwärmen der Lösung hergestellt und in zwei kleine Bechergläser (etwa 100 ml) gefüllt. Diese beiden Bechergläser werden mit einer Schnur (auch Wolle, etc. möglich) so verbunden, daß das "Seil" zwischen den Bechergläsern leicht durchhängt und die Schnur-Enden tief in die Lösung eintauchen (Beschwerung durch Büroklammern oder Drahtaken).

Die (wenig konzentrierte) Zuckerlösung kriecht in der Schnur hoch und das Wasser verdunstet langsam. Dabei kristallisiert der Zucker an der Schnurmitte und bildet dort kleine Tropfsteine bzw. Kristalle (Petrischale unterstellen). Dieser Versuch benötigt

mehrere Stunden, bis der süße Erfolg sichtbar ist (Lösung nicht zu konzentriert machen, weil sie dann nicht „kriecht“).

5) Kristallisation aus der Schmelze

Schwefel ist bei Zimmertemperatur rhombisch und bildet in der Natur schöne, flächenreiche Kristalle, die überwiegend von rhombischen Dipyramiden begrenzt werden. Dieser Schwefel wandelt sich reversibel bei 96°C in die monokline Phase um. Bei 119°C schmilzt der monokline Schwefel. Läßt man die Schmelze abkühlen, kristallisiert daher monokliner Schwefel in spießigen Kristallen aus und wandelt sich bei 96°C (unter Trübung) wieder in rhombischen Schwefel um (vgl. Abb. 1).

Das Kristallwachstum von Schwefel aus der Schmelze ist zwischen 2 Diagläsern (5x5 cm) einfach demonstrierbar: Man streut eine geringe Schwefelpulvermenge in die Mitte eines Glases und legt das zweite darauf. Durch vorsichtiges, gleichmäßiges Erhitzen beginnt der Schwefel bei 119°C zu schmelzen. Ohne daß die Schmelze über den Glasrand hinausfließt, steckt man das Doppelglas mit der Schmelze in einen (alten) Diaprojektor und im projizierten Bild kann man die bald einsetzende Kristallisation gemeinsam beobachten. Die Schmelze kristallisiert meist vom Rand her relativ schnell aus, die Kristalle sind deutlich sichtbar. Mit Polarisationsfolien kann man zusätzlich auch die Doppelbrechung zeigen.

Geräte und Chemikalien: mehrere Diagläser (5x5 cm), feines Schwefelpulver, Wärmeplatte mit Alufolie (abdecken, vorher testen) oder Bunsenbrenner (Vorsicht, bei zu starker Erhitzung kann das Glas springen), alter Diaprojektor und Projektionsfläche

6) Die Auflösung von Gips in Wasser (unter dem Einfluß von Lösungsgenossen)

Gips, $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, monoklin, ist in Wasser relativ schlecht löslich; in 1 Liter (dest.) Wasser lösen sich bei Zimmertemperatur 2,41 Gramm Gips. Bei steigender Temperatur nimmt die Löslichkeit in geringem Ausmaß sogar noch weiter ab.

Bei der natürlichen Verdunstung von Meerwasser scheidet sich Gips (nach Calcit und Dolomit) jedoch in erheblicher Menge ab. Dies deutet auf eine höhere Löslichkeit in Abhängigkeit von der Konzentration anderer Ionen (z.B. Na^{1+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}).

Die Lösung von Gips in Wasser und Salzwasser (unter Einfluß von Lösungsgenossen) ist der Natur nachempfunden: In zwei Bechergläser werden je 1,0 l Wasser gefüllt. Dazu kommen je 6,5 g sehr feiner Gips (gefällt, z.B. ein p.A.-Präparat; kein Baugips !). Durch Umrühren wird eine Suspension erzeugt, die trüb weiß ist. In eines der Gläser werden daraufhin 180 g NaCl-Pulver (Halit, Steinsalz) gefüllt und umgerührt. Nach ca. 10 min. tritt in diesem Gefäß eine Aufklärung ein, der Gips ist gelöst.

Für Kleingruppen reichen auch 500 ml Wasser mit 3,2g Gips und 90g NaCl.

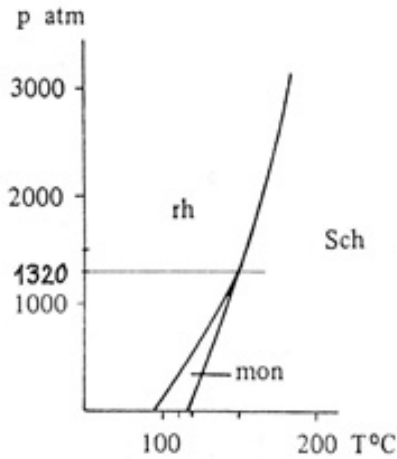
Geräte und Chemikalien: 2 Stk. 1,5 l Bechergläser (oder entsprechend kleiner), 2 mal 6,5 g sehr feiner Gips (gefällt), 2 Glasstäbe, 180 g NaCl-Pulver (für Kleinversuche können die Mengen aliquot verkleinert werden)

M.A. Götzing (Nov. 2001, erg. Okt. 04)

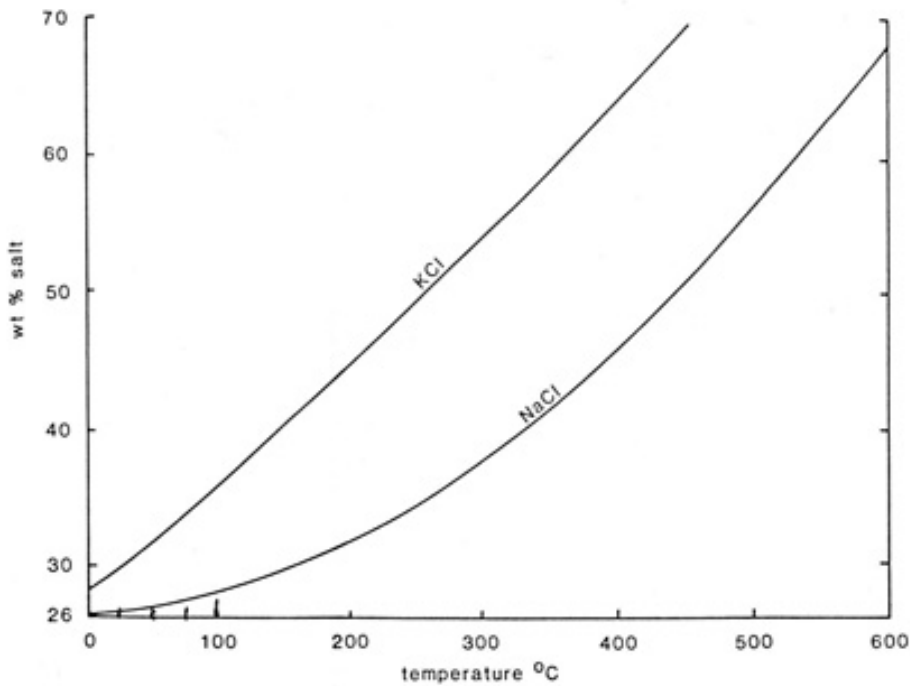
Schwefel

Physikalisch-chemische Eigenschaften

Neben zahlreichen stabilen kristallinen Phasen gibt es eine instabile amorphe Modifikation. In der Natur fast ausschließlich der rhombische α -Schwefel. Zwei monoklin-prismatische Modifikationen (β - und γ -Schwefel, Kristallklasse $C_{2h} - 2/m$, jedoch mit unterschiedlichen Raumgruppen, vgl. 1.2.3.2) sind seltene Bildungen vulkanischer Fumarolentätigkeit.



Das Einstoffsystem des Schwefels, rhombischer S. = rh, monokliner S. = mon., Schmelze = Sch.



Solubility curves for NaCl and KCl in aqueous solutions. To obtain the wt% of these salts in fluid inclusions the measured dissolution temperatures (T_S NaCl, T_S KCl) should be plotted along the temperature axis.

Versuche zur Lagerstättenbildung und Mineralanreicherung

1) Lagerstättenbildung durch "black smoker" - im Becherglas

"Black smoker" - "schwarzer Raucher" werden jene rezenten Hydrothermalfelder genannt, die an Spreizungsrücken und divergierenden Plattenrändern in den Ozeanen auftreten. Heiße metallhaltige Lösungen dringen (in schlotartigen Gebilden) aus dem Ozeanboden und reagieren mit dem kalten Meerwasser. Durch Erzausfällungen entstehen rezente Massivsulfidminerale sehr komplexer Zusammensetzung auf dem Ozeanboden (Abb. 1). Die meist feinkörnigen Erzmassen enthalten eine Reihe von Sulfiden, Sulfosalzen und Sulfaten (z.B. Galenit/Bleiglanz, PbS ; Sphalerit/Zinkblende, ZnS ; Pyrit, FeS_2 ; Chalkopyrit/Kupferkies, CuFeS_2). Diese warmen Bereiche der schwarzen Raucher bieten auch für ganz spezielle Tiere einen (dunklen) Lebensraum (z.B. Krabben, Schnecken, Seeanemonen, ...; vgl. W. Tufar, 1990, 1992).

Mit einer einfachen Versuchsanordnung läßt sich die Fällung von Metallsulfiden demonstrieren. Ein hohes Becherglas (etwa 1,5 l) wird mit einer schwachen Lösung von Alkalisulfid ($\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) gefüllt. In eine Spritzflasche (250 ml) mit umgebogenem Spritzrohr, dessen (inneres) Ende im Flaschenhalsbereich liegt, wird eine schwache Eisensulfatlösung ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) eingefüllt und die Flasche mit dem Spritzrohr-Schraubaufsatz gut verschraubt. Die Flasche wird dann um 180° gedreht und die nun von selbst herausrinnende Lösung abgefangen. Erst dann wird das Spritzrohr mit der nach oben zeigenden Öffnung in die Alkalisulfidlösung eingetaucht und unter sachtem Druck die Eisensulfatlösung in die Alkalisulfidlösung gespritzt. Knapp oberhalb der Spritzöffnung reagieren die Fe^{2+} -Ionen mit den S^{2-} -Ionen zu schwarzem Eisensulfid. Dieses bildet zuerst rauchartige, schwarze Schwaden, sinkt dann langsam ab und verteilt sich auf dem Boden des Becherglases. Eine Versuchswiederholung in einem zweiten bereitgestellten Becherglas ist wegen der bald auftretenden Sichtbehinderung im ersten Glas angebracht.

Geräte und Chemikalien: 2 hohe Bechergläser (1,5 l), Spritzflasche (0,25 l),
Natriumsulfidlösung (ca. 1 - 1,5 l), Eisensulfatlösung (ca. 0,5 l)

2) Mineralausfällung an Reaktionsgrenzen

Wenn wäßrige Lösungen mit unterschiedlichen Ionen aufeinandertreffen, können an der Reaktionsgrenze entsprechende schwerlösliche Verbindungen ausfallen.

Dieser Versuch spiegelt die unzähligen Fälle in der Natur wider, wo aufsteigende hydrothermale Wässer (Lösungen) sich mit kühlen Oberflächenwässern mischen. Je nach mittransportierten Inhaltsstoffen können entsprechende Minerale in Kluftsystemen auskristallisieren.

Ein ähnlicher Fall in der Natur tritt ein, wenn schwach metallhaltige Lösungen in Bereiche mit erhöhten H_2S -Gehalten gelangen (Faulschlambildungen/Sapropel). Es bilden sich dort sulfidführende Schwarzschiefer (black shales).

Geräte und Chemikalien: eine große flache Glasschale (Petrischale, ca. 20cm Durchmesser), festes Bleinitrat (giftig) oder ein anderes wasserlösliches Schwermetallsalz: Eisensulfat oder -chlorid, Cu-Sulfat; festes $\text{Na}_2\text{S}_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$

Versuchsdurchführung: Eine große Petrischale (ca. 20 cm Durchmesser) wird auf den Overhead-Projektor gelegt. An einen Rand wird Bleinitrat (oder ein anderes wasserlösliches Schwermetallsalz) gegeben (etwa $0,5 \text{ cm}^3$). Genau gegenüber wird ein Na-Sulfid-Kristall gelegt. Abschließend in der Mitte kaltes Wasser langsam einfließen lassen bis das Gefäß etwa 0,5 bis 1 cm hoch gefüllt ist. Beide Salze gehen langsam in Lösung und an der Reaktionsgrenze bildet sich schwarzes Bleisulfid (PbS, Galenit, Bleiglanz) oder ein Eisensulfid/Kupfersulfid. Diese „Mineralbildung“ an der Reaktionsgrenze ist durch die Projektion gut sichtbar.

Diese Versuchsanordnung eignet sich auch für alle anderen anorganischen Fällungsreaktionen (im Fach Chemie).

3) Schweretrennung im Standzylinder

Minerale weisen erhebliche Dichteunterschiede auf, die in der Art der Elemente (Ordnungszahl) und in der Packungsdichte der Kristallstruktur begründet sind. Die Spanne reicht von etwa $1,45 \text{ g/cm}^3$ (z.B. Sassolin - Borsäure, H_3BO_3 ; Soda, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$) bis etwa 19 (Gold) und darüber: 21,4 (Platin). Minerale mit einer Dichte über $3,0 \text{ g/cm}^3$ werden als Schwerminerale bezeichnet. Eine Übersicht gibt die Tabelle 1.

Um eine Schweretrennung in einem flüssigen Medium (als Demonstrationsversuch) durchführen zu können, sollte sowohl der Farb- als auch der Dichteunterschied deutlich sein (z.B.: Bleiglanz, dunkelgrau, $7,4 \text{ g/cm}^3$ - Dolomit, hellbraun, 2,9 bzw. Kalk, weiß, 2,7; Pyrit, goldgelb, $5,1 \text{ g/cm}^3$ - Quarz, weiß, 2,65). Mitentscheidend bei Sink-Schwimmversuchen ist auch die Kornform (kugelförmige Partikel sinken schneller ab als plättchenförmige bei gleicher Dichte).

Durchführung: Für diesen Versuch benötigt man einen Glas-Standzylinder (Durchmesser etwa 10 cm) mit einem zylindrischen Siebeinsatz (siehe Abb. 2). Der Standzylinder wird etwa zu $3/4$ mit Wasser gefüllt. Das zu trennende Gut (Korngröße etwa 10-15 mm) wird als Mischung in den Siebeinsatz (Lochdurchmesser etwa 4-6 mm) gefüllt. Dieser wird in dem wassergefüllten Standzylinder versenkt. Danach erfolgt die Mineraltrennung durch mäßig schnellen Kolbenhub: Die leichteren Minerale werden bei der Abwärtsbewegung vom Wasserstrom stärker nach oben gewirbelt als die schwereren.

4) Primäre und sekundäre Lagerstättenbildung durch Mineraltrennung

Eine Mineraltrennung aufgrund unterschiedlicher Korngröße und Kornform ist durch ein einfaches Schlammverfahren möglich. Was die Natur durch den Mineraltransport von Fließgewässern (Bäche, Flüsse, Meeresströmungen an Küsten) in großem Maßstab zuwege bringt, kann mit kleinen Mengen sowohl im Freiland, als auch im Labor durchgeführt werden.

An vielen Stellen der Erde wird der Verwitterungsschutt von Kristallingebieten von Gewässern abgetragen. Der Quarz bleibt als Quarzsand (eventuell mit Feldspatresten verunreinigt) bald wieder liegen (Anreicherung in Flußdeltas), der aus dem Kalifeldspat bei der Verwitterung entstandene Kaolin(it) wird hingegen aufgrund der leichten Plättchen weiter transportiert. So kann es zur Bildung wertvoller (allochthoner) Kaolinlagerstätten kommen.

Durchführung: Prinzipiell ist nahezu jedes Sediment für eine derartige Auftrennung geeignet. Als gute Beispiele können genannt werden: Rohkaolin, sandige Ackererde, Bachsediment.

Etwa 20-30 Gramm zerstoßene Probe werden in einen 0,5 l Weithalskolben oder in ein 500 ml Becherglas gefüllt und mit Wasser übergossen, sodaß das Gefäß zu 3/4 gefüllt ist. Durch Umrühren (Holzstab) und Schwenken führt man die Mineraltrennung herbei. Durch das Schwenken werden die leichteren (plättchenförmigen) Mineralteilchen aufgewirbelt und teilweise in Schwebelage gehalten. Nach dem Abstellen des Gefäßes sinken die schwereren (isometrischen) Teilchen bald zu Boden. Die trübe Suspension kann in eine flache (Sedimentier)Schale abgegossen (dekantiert) werden. Durch mehrmaliges Wiederholen dieses Vorganges können zwei oder mehrere Mineralfraktionen hergestellt werden, die im Binokular bezüglich Aussehen (Korngröße, Kornform, Farbe, ...) untersucht werden können.

Vorversuche für die Auswahl geeigneten Sediment-Materials sind bei diesem Experiment unerlässlich.

Geräte: 0,5 l Weithalskolben oder 500 ml Becherglas, flache Schalen (große Petrischalen), Holzstab ca. 25 cm lang, geeignete Sedimente, Binokular

5) Schwermineraltrennung mit (Gold)Waschschüsseln

Aus den Sandablagerungen von Bächen und Flüssen können mit einer (Gold)Waschschüssel (Durchmesser 30-40 cm) Schwerminerale ausgewaschen werden. Ähnlich wie beim Versuch 3 nutzt man die schnellere Absinkgeschwindigkeit der Körner mit der höheren Dichte. Die Schwerminerale (das Gold) sammeln sich während des Waschvorganges am Boden der Waschschüssel.

Es gibt unterschiedliche Arten von Waschschüsseln: schwarze und grüne aus Kunststoff und solche aus Stahl-/Eisenblech (Rostgefahr !). Die handelsüblichen besitzen einen flachen Boden und Rillen an den Seitenwänden; es gibt jedoch auch flach kegelförmige, bei denen sich die Schwerminerale in der Kegelspitze sammeln.

Durchführung ("Goldwaschen"): Mit einer Aluminium- oder Kunststoff-Schaufel werden an geeigneten Stellen (siehe Abb. 3) aus dem Fluß Sedimentproben genommen. Diese werden durch ein (Kunststoff)Sieb mit einer Maschenweite zwischen 1 und 2 mm gewaschen, wobei der Feinanteil in die darunter gestellte Waschschüssel gelangt, der Grobanteil wird visuell auf interessante Minerale geprüft. Im anschließenden eigentlichen Waschvorgang wird durch Umrühren und anschließendem Schwenken eine Suspension erzeugt. Dabei kommt es zur Mineraltrennung: Es werden die leichteren Minerale durch Schwenkbewegungen vorsichtig hinausgespült, die schweren bleiben innerhalb der Vertiefungen der Schüssel bzw. auf dem Boden liegen. Man wäscht nun so lange, bis das Schwermineralkonzentrat visuell einen Großteil der verbleibenden Mineralkörner ausmacht ("black sand"). Eine Vorprüfung der Mineralkörner mit einer Lupe (8 fach) bei gutem Licht ist angebracht. Einzelkörner (z.B. Goldfitter) werden vorsichtig mit einer Pipette abgesaugt und in einer eigenen (Film)Dose aufbewahrt. Die Schwerminerale werden aus der Schüssel in ein Gefäß gespült und können unter dem Binokular aussortiert und bestimmt werden.

Welche Gewässer eignen sich für das Schwermineral-Waschen ?

Wenig Aussicht auf Erfolg hat man in Bächen der Kalkalpen, da hier praktisch nur geringe Mengen von Hämatit ausgewaschen werden können. Bäche in oder aus Kristallingebieten bzw. kristallinen Schiefen führen eine Reihe von Schwermineralen: Magnetit, Hämatit, Ilmenit, Rutil; Scheelit (im Bereich des Tauernfensters); Zirkon (selten), Olivin (und Pyrop, in Serpentinegebieten), Granate (weit verbreitet), Epidot (in Grünschiefer-Bereichen), Diopsid, Amphibole, ... Mineralkennzeichen: vgl. Tabelle 2
Sulfide finden sich nur lokal in Bächen angereichert, da ihre Stabilität in Wasser gering ist. Beryll ist mit einer Dichte von 2,7 kein Schwermineral !

Geräte: 2 Waschschüsseln, Siebe, Behälter für Waschgut, kl. Schaufel, Pipette, Lupe;
für Laborversuche sollte geeignetes Waschgut (z.B.: Granatsand von Droß bei Langenlois, N.Ö.; verwitterter Amphibolit, Waldviertel) vorbereitet werden.

6) Dichtebestimmung von Mineralstücken

Größere (2 - 4 cm), einphasig-homogene Mineralstücke (Spaltstücke) werden mit Hilfe der hydrostatischen Waage (Balkenwaage) auf ihre Dichte untersucht. Auf einer beigegebenen Tabelle werden die gemessenen Werte mit den Sollwerten bestimmter Minerale verglichen; eine Mineraleingrenzung bzw. Zuordnung ist in den meisten Fällen möglich (vgl. Tab. 1).

Durchführung: Es sind zwei Wägungen des Mineralstückes notwendig: zuerst eine in Luft und die zweite in Wasser (Bestimmung des Auftriebes). Für die zweite Wägung wird das Mineral mit einem dünnen Faden oder Draht an der Unterseite der Waagschale befestigt und in das wassergefüllte Becherglas gehängt; das Mineral muß im Wasser ganz untertauchen. Beide Werte werden notiert und die Dichte nach untenstehender Formel berechnet.

$$D [\text{g/cm}^3] = \text{Gew. (in Luft)} / [\text{Gew. (in Luft)} - \text{Gew. (in Wasser)}]$$

Geräte: 1 Balkenwaage, Gewichtssatz, 1 l Becherglas (Kunststoff),
Minerale und Dichtetabelle, Bindfaden oder dünner Draht, ev. Rechner

Tabelle 2: Kennzeichen häufiger Schwerminerale (Kurzform)

Magnetit: schwarze, opake, isometrische Körner, magnetisch

Hämatit: schwarze, in dünnen Splittern rötliche Plättchen, Tafeln

Ilmenit: dunkelbraune, opake Körner (nicht magnetisch)

Rutil: rötlichschwarze bis braune Körner, säulig, glänzend

Scheelit: farblose bis hellbraune, -orange Körner, Splitter, im UV leuchtend

Zirkon: rote bis braune Körner, gedrunge-säulig, spitzpyramidal

Olivin: flaschengrüne Körner, Splitter, oft trüb (Serpentinisierung)

Granat: hellrosa bis tiefrote Körner, oft Kristalle, isometrisch

Titanit: braune, selten grüne flache Tafeln, Körner, Spaltstücke

Epidot: hellgrünliche (pistaziengrüne) Körner und Stengel

Diopsid: hellgrün bis grüne Köner, Stengel, Splitter, Spaltrisse senkrecht zueinander

Amphibole: grüne bis dunkelgrüne, längliche Körner, Splitter, Spaltrisse unter etwa 120°

Biotit (Fe-reich): (gold)braune, selten grüne Plättchen, weich, biegsam

M.A.G. 11/2001

3 Abb.

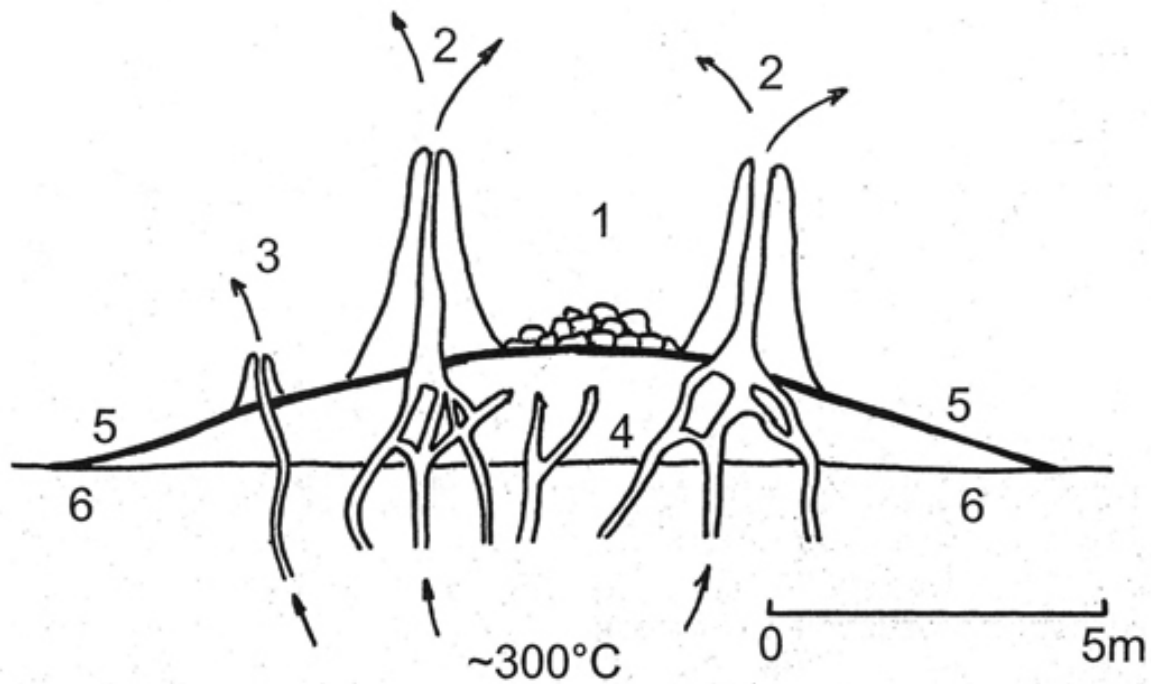


Abb. 1: Skizze eines Hydrothermalfeldes schwarzer und weißer Raucher; aus Evans (1993) umgezeichnet. 1 = kollabierter Schornstein; 2 = aktive black smokers bestehend aus Sulfiden; 3 = Nebenkrater, vorwiegend aus Anhydrit bestehend (white smoker); 4 = massige Sulfide mit Zufuhrkanälen; 5 = impermeable Schicht; 6 = Ozeanboden mit Zufuhrkanälen.

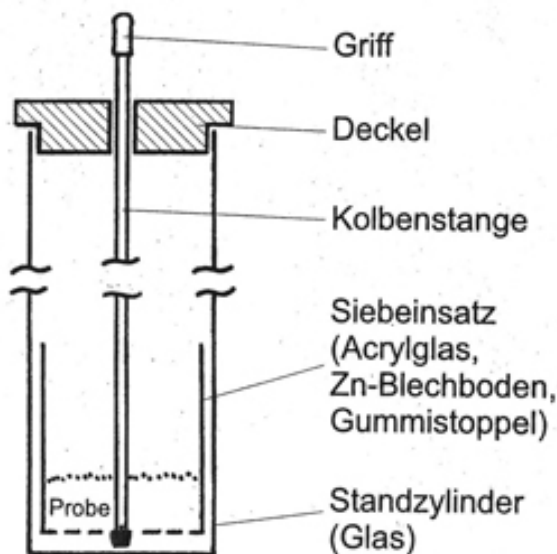


Abb. 2: Aufbau einer Schwereretrennung von Mineralen im Standzylinder

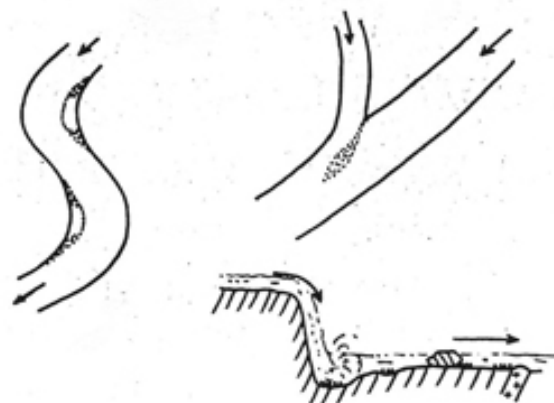


Abb. 3: Schwermineralanreicherungen in fließenden Gewässern (Fluß-Seifen); nach Pohl (1992) umgezeichnet.

Tabelle 1: Dichtebestimmung mit der Hydrostatischen Waage
Beispiele häufiger Minerale (Dichte in g/cm³)

Elemente, Sulfide, Oxide:

Schwefel	1,98	Opal	2,2
Graphit	2,2	Quarz	2,65
		Korund	4,0
		Rutil	4,2
Zinkblende dunkel	3,9	Goethit	4,3
Zinkblende hell	4,1	Chromit	4,6-4,8
Kupferkies	4,2	Magnetit	5,2
Pyrit	5,1	Hämatit	5,3
Bleiglanz	7,4	Zinnstein	7,0

Salzartige Verbindungen (Halogenide, Sulfate):

Kryolith	2,95	Gips	2,3
Fluorit	3,1	Anhydrit	2,9
		Cölestin	3,9
		Baryt	4,48

Karbonate:

Calcit	2,72	Rhodochrosit	3,4
Dolomit	2,9	Siderit	3,9
Aragonit	2,95	Malachit	4,0
Magnesit	3,0	Smithonit	4,4
		Cerussit	6,5

Phosphate, Molybdate, Wolframate:

Türkis	2,7	Scheelit	6,0
Lazulith	3,1	Wulfenit	6,8
Apatit	3,2	Wolframit	7,2-7,5

Silikate:

Zeolithe	2,1-2,3	Olivin (mittl. Wert)	3,4
Sodalith	2,3	Epidot	3,4
Kalifeldspat	2,55	Augit/Pyroxen	3,4
Beryll	2,7	Topas	3,5
Talk	2,7	Titanit, Sphen	3,5
Tremolit	3,0	Disthen, Kyanit	3,6
Turmalin	3,1	Granat/Almandin	4,2
Andalusit	3,2		
Hornblende	3,2-3,3		
Diopsid	3,3		
Staurolith	3,35		

Tabelle 2: Kennzeichen häufiger Schwerminerale (ausführliche Liste)

1) Opake/schwarze bzw. sehr dunkle Schwerminerale:

Magnetit: schwarze, opake, isometrische Körner, magnetisch
Spinelle: dunkelbraune, leicht durchscheinende Körner/Oktaeder, nicht magnetisch
Hämatit: schwarze, in dünnen Splintern rötliche Plättchen, Tafeln
Ilmenit: dunkelbraune, opake Körner (nicht magnetisch)
Rutil: rötlichschwarze bis braune Körner, säulig, glänzend
Zinnstein/Kassiterit: mittel- bis dunkelbraune Körner mit hoher Dichte
Wolframit: (braun)schwarze, tafelige Kristalle, glänzend, hohe Dichte
Turmalin: dunkelbraune bis schwarze Körner (selten färbig bis farblos!)
Augit: dunkelbraune bis schwarze Körner mit Spaltflächen (90°-Winkel)
Basaltische Hornblende: dunkelbraune bis schwarze Körner/Stängel mit Spaltflächen (120°)

2) Färbige Schwerminerale:

Gold: goldfarbige Körner und Plättchen, Flitter, hohe Dichte
Pyrit: messinggelbe Körner, oft braun oxidiert, muscheliger Bruch
Goethit/Limonit: braune bis dunkelbraune Körner (auch Fossilien)
Scheelit: farblose bis hellbraune, -orange Körner, Splitter, im UV leuchtend
Xenotim und Monazit: (rötlich)braune, glänzende Körner
Zirkon: rote bis braune Körner, gedrungen-säulig, spitzpyramidal
Olivin: flaschengrüne Körner, Splitter, oft trüb (Serpentinisierung)
Granat: rosa bis tiefrote Körner, auch rotbraun, oft Kristalle, isometrisch
Andalusit: graue bis rötlichbraune Körner, Stängel
Staurolith: rotbraune, längliche Körner, Stängel
Titanit: braune, selten grüne flache Tafeln, Körner, Spaltstücke
Klinozoisit-Epidot: hellgrünliche (pistaziengrüne) Körner und Stengel
Diopsid: hellgrün bis grüne Körner, Stengel, Splitter, Spaltrisse senkrecht zueinander
Amphibole: grüne bis dunkelgrüne, längliche Körner, Splitter, Spaltrisse unter etwa 120° zueinander
Biotit (Fe-reich): (gold)braune, selten grüne Plättchen, weich, biegsam
Chlorit (Fe-reich): grüne bis dunkelgrüne Körner, Plättchen, weich, plastisch

3) Farblose bis schwach gefärbte Schwerminerale:

Baryt: farblos bis weiß, tafelig (gute Spaltbarkeit, daher kein weiter Transport)
Scheelit: farblose bis hellbraune, -orange Körner, Splitter, im UV leuchtend
Granat: hellrosa (bis tiefrote) Körner, oft Kristalle, isometrisch
Disthen/Kyanit: hellblaue bis farblose Leisten, Stängel
Topas: farblose Körner mit guter Spaltbarkeit (selten)
Zoisit: hellgraue bis hellbraune Stängel
Spodumen: hellgraue bis hellgrüne Körner und Stängel, Spaltflächen (90°-Winkel)

" SYMMETRIE "

Fachdidaktik Experimente (3)
für Mineralogie und Rohstoffkunde

Einleitung:

Symmetrie ist zur Beschreibung von Kristallen, d.h. von 3-dimensional periodischen Strukturen, unbedingt notwendig. Trotzdem soll Schülern das Thema anhand ihrer Erfahrungen im täglichen Leben nähergebracht werden. Symmetrie ermöglicht durch Wiederholung nach bestimmten wiederkehrenden Vorschriften aus einfachen Bausteinen komplexe Gesamtheiten aufzubauen.

"Symmetrie existiert" - Auftreten und Bedeutung von Symmetrie in vielen Bereichen:

Symmetrie in der Kristallographie: Erinnerung an vergangene Semester -> Symmetrie an Kristallmodellen; Kristall-Ausschneidebögen: www.univie.ac.at/Mineralogie/dies_das/Ausschneidebogen.pdf

Symmetrie in der Biologie: Spiegelsymmetrie zur gerichteten Fortbewegung; Rotationssymmetrie bei Seeigeln (5-zählig), Blüten; seltene asymmetrische Formen (Plattfische, Winkerkrabbe,...); Homöometrie bei Schneckengehäusen

Symmetrie bei Alltagsgegenständen: Beziehung zur Funktion bei Werkzeug (schlagende-gerichtete / drehende Bewegungen); vereinfachte Herstellung durch wenige Teile (z.B. Zange, Möbel)

Symmetrie in der Kunst und Sport: Ästhetik; Spannung auch durch Bruch der Symmetrie

Schritte:

Didaktisch sinnvoll erscheint eine schrittweise Erarbeitung der Symmetrie von 2 nach 3 Dimensionen, vorerst ohne und dann mit Translation, sowie von gewohnten Raumkoordinaten zu beliebigen Parametern (im täglichen Leben z.B. häufig Translation entlang der Zeitachse)

Nach Einführung/Wiederholung der grundlegenden Symmetrieelemente/-operationen (Spiegelung, Drehung, Translation, Gleitspiegelung) werden folgende Übungen in Gruppen durchgeführt, wobei nicht die Perfektion sondern der Spaß und das Spielerische im Vordergrund stehen:

Übungen:

- (1) 2-dimensionale Punktgruppen werden gesucht an: (a) Verkehrszeichen, (b) Autologos, (c) geometrischen Figuren, (d) Flaggen, religiösen und politischen Symbolen, (e) Buchstaben und Zahlen. Beobachtung: reine Drehsymmetrie (z.B. 3) ist selten; meist mit m kombiniert (z.B. $3m$).
- (2) Untersuchung der Symmetrie von Ebenengruppen/Mustern (2-dim. mit 2-dim. Translation):
 - (a) Einzeichnen der Symmetrie am Fliesenboden (Achtung: auch Gleitspiegelebene finden!)
 - (b) Symmetrie an Bildern von M.C. Escher (lokale Symmetrie; \pm Farbe; Symmetriebruch)
- (3) Mischung von 2-dim. Symmetrie mit 1-dim. Translation: häufige Streifengruppen
 - (a) Erweiterung der Koordinaten: Physik, Elektronik, Musik, Beispiel: Schlagzeugrhythmus
 - (b) Erweiterung der identischen Wiederholung auf ähnliche Wiederholung: Homöometrie
- (4) 3-dim. Punktgruppen: (a) Untersuchung der Symmetrie an Dingen des täglichen Lebens: die Gruppe $mm2$ wird häufig gefunden (z.B. Schachtel, Tisch,...)
 - (b) 3-dim. Punktgruppen mit dem eigenen Körper gemeinsam darstellen (alle Kristallklassen außer kubische möglich; polare Gruppen sind besonders einfach im Stehen zu bilden)

Ausklang:

Die Passacaglia in c-moll von J.S. Bach ist ein schönes Beispiel einer 20-fachen Translation eines 8-Takte-Themas in der klassischen Musik.

Einleitung:

Während in der Grundvorlesung die Konzepte von einfachen und häufigen anorganischen Kristallstrukturen erklärt wurden, sollen hier die Strukturen und einfache Baueinheiten mit unterschiedlichen Materialien selber gebastelt und so die Konzepte "begreifbar" gemacht werden.

Dichtestpackungen (DP):

Nicht nur reine Metalle kristallisieren häufig in Dichtestpackungen (z.B. Cu, Ag, Au - kub. DP; Mg, Zn, Os - hex. DP), das Konzept kann auch mit Kugeln einer Sorte in 2 und 3 Dimensionen gezeigt werden, wobei die gegenseitige "Anziehung/Metallbindung" durch die Schwerkraft oder Klebstoff simuliert wird.

In 2 Dimensionen: Kugeln einer Sorte werden auf einen Teller (ein Uhrglas ist besser für Overhead) geleert, so dass sie eine Lage bilden: spontan oder nach leichtem Rütteln entsteht eine regelmäßige 2-dim. Dichtestpackung, wobei immer eine Kugel von 6 anderen umgeben ist. Diese Anordnung ist extrem stabil und kann auch mit nicht perfekten Kugeln (Rum-Kokos, Maltesers) erzeugt werden.

In 3 Dimensionen: Ein Set aus 4 Teilen (je 2 Teile á 4x1 und 3x2 Kugeln: 0000 888 888 0000) soll in einem Geduldspiel so angeordnet werden, dass eine Pyramide bzw. ein Tetraeder entsteht. Die resultierende Anordnung ist eine kubische DP. Die benötigten Teile werden selbst mit Plastikugeln und Heißklebepistole hergestellt. Alternativ können vier 2-dim. dichtest gepackte Lagen (s. oben) hergestellt werden, womit man die kub. DP (ABCA...) und hex. DP (ABAB...) darstellen kann. Auch die verbleibenden Lücken ($n \times [6]$, $2n \times [4]$, siehe ionare Strukturen) sind sichtbar.

Versuch zur Struktur der Pyroxene: Eine große Anzahl von Papier-Trapezen, die dem Querschnitt der Pyroxen-Silikatketten (Si_2O_6) entsprechen, soll periodisch und möglichst dicht (lückenlos) und symmetrisch angeordnet werden. Es entsteht immer das "I-beam" Bauprinzip der Pyroxene.

Einfache Ionenkristalle und Koordinationsstrukturen:

Zur 1. Pauling'schen Regel, d.h. der Radienquotient r_K/r_A bestimmt die Koordinationszahl: Auf den Overheadprojektor werden statt der Atome z.B. Beilagscheiben oder Münzen gelegt (je ein K in unterschiedlichen Größen, mehrere A einer Größe). Beobachtung: Um ein kleines Zentralatom (K) passen nur wenige Liganden (A), um ein größeres K passen mehr A (höhere Koordinationszahl).

Die folgenden Versuche können mit diesen Materialien gemacht werden: (a) GEOMAG-Set (Stahlkugeln und Stabmagnete), (b) Plastilin/Tonkugeln und Zahnstocher, (c) Chemiebaukasten (vorgebohrte Kugeln und Plastikstäbchen), (d) Plastiktetraeder und Schlauchstücke.

Um ein zentrales Kation werden Anionen in Form eines Koordinationspolyeders angeordnet. Häufig ist [3] Dreieck oder 3-seitige Pyramide, [4] Tetraeder, [6] Oktaeder, [8] Würfel, [12] Kuboktaeder (siehe kub. DP). Beobachtung und Benennung der Polyeder.

Eine einfache Struktur wird nach Vorlage aufgebaut, z.B. NaCl. Wir untersuchen daran die Anzahl der Kationen (K), Anionen (A), Koordinationszahlen und -polyeder, die ersten drei Pauling'schen Regeln. Auch DP sind oft für eine Atomsorte erkennbar, die andere Atomsorte ist in deren Lücken.

Pauling'sche Regeln: 1. $r_K + r_A$ bestimmt den Abstand, r_K/r_A bestimmt die Koordinationszahl
2. Ladungen zwischen K und A in nächster Umgebung ausgeglichen
3. Gemeinsame Flächen/Kanten zwischen zwei Polyedern instabil ($K_1 \leftrightarrow K_2$)

Experimente zur angewandten Mineralogie und Rohstoffkunde

1) Feldspatverwitterung:

Feldspäte (besonders die gesteinsbildenden Alkalifeldspäte) z.B. Sanidin (aus Vulkaniten), Orthoklas (aus Graniten) und Mikroklin (aus Pegmatiten) werden durch die Verwitterung (u.a. Frostsprengung) gespalten und das umgebende Gestein zerfällt ebenso: Dann liegen diese Spaltstücke auf den Feldern umher (Name !). Solche Spaltstücke werden aufgesammelt (z.B. aus dem Waldviertel), zerbrochen und fein gemahlen (Mörser, Porzellanschale, Achatschale).

Experiment: Etwa 15 ml destilliertes Wasser wird in ein kleines Becherglas gegossen und auf seinen pH-Wert geprüft (sollte 6,5 bis 7 ergeben). Dann wird das frische, fein gepulverte Feldspatmehl dazugegeben, umgerührt und nach einiger Zeit der pH-Wert wieder geprüft. Durch frei werdende K-Ionen und Basenbildung ist ein Ansteigen des pH-Wertes auf etwa 7,5 bis 8 festzustellen.

Verwendung: Gemahlener K-Feldspat ("Granitmehl") ist daher ein Langzeitdünger für Kalium.

2) Thixotropie der Tonminerale:

Viele Minerale verwittern zu Tonmineralen (z.B. der Alkalifeldspat zu Kaolinit). Tonminerale sind feinste Mineralplättchen, die sich in einer Suspension mit Wasser aufschütteln lassen und beim Absetzen regellos zueinander ein- bzw. "unordnen": Die Suspension wird fest. Bei Schütteln und damit verbundener Einregelung zerfließt die Suspension wieder durch frei werdendes Wasser. Dieser Versuch kann mit zwei unterschiedlichen Tonmineral-Suspensionen in Reagenzgläsern gezeigt werden: Kaolinit (ein nicht quellbares Tonmineral), Montmorillonit (ein quellbares Tonmineral).

Anwendung: Diese Eigenschaft der Thixotropie wird in Lackanstrichen genutzt: Die aufgetragene Farbe rinnt nicht (so leicht) ab.

3) Tonmineral Vermiculit - und wie er zu seinem Namen kam:

Vermiculit ist ein glimmerähnliches Tonmineral, welches einerseits in Reaktionssäumen von Pegmatiten zu Serpentiniten (z.B. in der Böhmisches Masse, Waldviertel) vorkommt, und andererseits in Karbonatiten als Phlogopit gebildet wird und sich dann (hydrothermal ?) zu Vermiculit umsetzt (z.B. Palabora, Südafrika).

Vermiculit besitzt zwischen den Silikatschichten hydratisierte Mg-Schichten. Dieses Zwischenschichtwasser kann bei raschem Erhitzen (auf etwa 800°C - Bunsenbrenner; Feuerzeug für Kleinversuch) ausgetrieben werden, der Vermiculit expandiert/bläht sich auf und bildet mineralische Würmchen (Name: vermiculum !).

Experiment: Kleine Vermiculitplättchen werden in einer "Magnesiarinne" (ist eigentlich eine Cordieritkeramik) über der offenen Flamme erhitzt und dabei beobachtet. Das expandierte Material kann unter dem Binokular beobachtet werden (ziehharmonikaartiges Aufblähen).

Verwendung: Vermiculit wird zur Herstellung von feuerfesten Dämmplatten verwendet (Isolator gegen Kälte/Wärme, Schall, elektr. Strom), z.B. in Hochhäusern, Fernsehtürmen, Schiffen; expandiertes Schüttgut zur Bodenverbesserung, Substrat für Pflanzenkeimlinge.

4) Tonminerale als Baustoffe - die Herstellung von Ziegeln:

Gekaufter oder selbst gefundener Ton (z.B. S Hennersdorf/Wienerberger Baustoffindustrie AG) wird mit Quarzsand gemagert (etwa 1/4 dazugemischt, geknetet). Diese Magerung ist bei "fetten" (reinen) Tonen notwendig. Mit einem Messer werden kleine Ziegel geschnitten (etwa 3 x 1,5 x 0,75 cm - entspricht dem alten Ziegelmaß von ca. 30 x 15 x 7 cm), langsam getrocknet und gebrannt: nicht in der Flamme (Gefahr der Überbrennung, Verglasung), sondern durch sehr heiße Luft (Gitter über offener Flamme, Bunsenbrenner). Die Ziegel sollten nicht zu dick sein, weil sie sonst springen. Beim langsamen Brennvorgang ist eine Masseschrumpfung und eine Dunkelfärbung (durch Aufoxidierung des Eisens) feststellbar. **Verwendung/Anwendung:** Die Kunst der Ziegelherstellung ist sicher 9000 Jahre alt und stammt sehr wahrscheinlich aus dem Raum Babylon; die ersten Keilschrift-Täfelchen sind Tontafeln mit eingedrückten Zeichen. Der Schritt vom Vollziegel zum Hohlziegel (zwecks Wärmeisolation) erfolgte kurz nach 1900.

Test: Gut gebrannte, schlecht gebrannte und ungebrannte Stücke in Wasser einlegen.

5) Gips kochen/dehydratisieren - und wieder abbinden lassen:

Gips (derb, Kristalle, Kristallrosetten etc.) wird gepulvert und in einer Porzellanschale über dem Bunsenbrenner erhitzt (schwenken, umrühren; aber nicht zu heiß werden lassen). Durch das Entweichen von Kristallwasser "schwimmt" der Gips über dem heißen Boden ("kochen"; es entweichen 15,7 Gew.% Wasser). Man kann auch einzelne Gipskristalle in die Flamme halten und beobachten, wie der Kristall bei der teilweisen Dehydratisierung trüb wird: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O} + 1,5 \text{H}_2\text{O}$

Dieser Gips wird nach Abkühlen in ein bereitstehendes Becherglas (oder in eine Kristallisationsschale) mit wenig Wasser (bodendeckend) gefüllt. Durch die Wasseraufnahme erfolgt die Rekristallisierung ("Abbinden") und es wird Wärme frei (exothermer Prozeß). Der Gips wird nach kurzer Zeit hart. Manche Gipssorten enthalten Abbinderegler (-verlangsamer: Tonminerale, CMC carboxi-methyl-cellulose: Tapetenkleister, z.B. Methylan), um länger verarbeitbar/spachtelbar zu sein.

Als Parallelversuch kann auch käuflicher Baugips oder Alabastergips verwendet werden (z.B. zum Nachgießen/Ausgießen von Hohlformen - z.B. Fossilabdrücken).

Verwendung: Bauindustrie, Medizin (Gipsbinden), Zahntechnik (Abgüsse)

6) Mineralische Füllstoffe:

In verschiedenen Kunststoffen und Papiersorten werden unterschiedliche mineralische Füllstoffe verwendet (Festigkeit, Dichte, Glattheit, Abriebverhalten, ...).

Ein einfacher Versuch zeigt die unterschiedliche Quantität von Füllstoffen in verschiedenen Papiersorten (Seidenpapier, Schreibpapier, Kunstdruckpapier): Von drei Papiersorten werden Papierkugeln hergestellt (ca. 6 cm Durchmesser) und in einer Porzellanschale angezündet (VORSICHT: nicht unter dem Rauchmelder !!). Je nach Papiersorte bleibt eine unterschiedliche Masse unverbrannter Füllstoffe übrig.

Experimente zur Petrologie, Geologie und Paläontologie

1) Herstellung von Sandstein und Konglomerat

Sandsteine, Breccien und Konglomerate sind klastische Sedimente, die durch verschiedene Bindemittel verfestigte Gesteine geworden sind (Diagenese). Sande bzw. Sandsteine besitzen Korngrößen zwischen 0,063 und 2 mm (DIN 4022). Breccien sind verfestigte, eckige (nicht gerundete) Klastika unterschiedlicher Korngrößen (Schutt). Konglomerate werden durch gerundete Komponenten unterschiedlicher Korngröße aufgebaut (z.B. ehemalige Rundschotter, Kies) und weisen dadurch auf einen Transport hin. Grauwacken sind sehr heterogen zusammengesetzte klastische Sedimentgesteine.

Häufig sind karbonatische oder silikatische Bindemittel (Karbonatisierung, Silifizierung). Da ein solcher Vorgang für ein Experiment zu lange dauert, verwenden wir zur „Gesteinsherstellung“ gelöste Salze (z.B. Mg-Sulfat/Epsomit, K-Al-Alaun) oder kolloidale Lösungen von Na-/Ka-Wasserglas. Nach Aushärten bzw. Kristallisation der Mischung (Sand + Bindemittel) in einem Papierbecher entsteht ein festes „Gestein“, welches dem natürlichen sehr ähnlich sieht.

Von wirtschaftlichem Interesse sind Schwermineralanreicherungen in diesen Gesteinen (Seifenlagerstätten: Gold, Rutil, Zirkon, ...).

2) Versuche zur Gesteinsdeformation

Gesteine reagieren auf gerichteten Druck sehr unterschiedlich. Starre und spröde Gesteinspakete (z.B. Karbonate, Gneise, Amphibolite) brechen und es reißen Kluftsysteme auf, die durch Lösungen, Suspensionen oder duktile Gesteine gefüllt werden können. Duktile Gesteine hingegen reagieren mit Verfaltung und mechanischer Anpassung an die neue Situation (z.B. Tone, Tonschiefer, Glimmerschiefer). Manche Gesteine steigen sogar auf, wenn ihre Dichte gegenüber der Umgebung geringer ist und sie eine Plastizität aufweisen (z.B. Evaporite; es kommt zum Diapirismus: Salzdiapire, Gipsdiapire).

Diese Situation ist leicht mit (verschiedenfarbigen) Tonschichten oder Plastilin nachzuvollziehen: Aufeinander gelegte Schichten werden durch seitlichen Druck gepreßt, bis sie sich zusammenstauchen, aufsteigen, verfallen etc.

3) Versuche zur Konvektion

Schmelzen oder (wäßrige) Flüssigkeiten/Lösungen mit geringer Dichte steigen in ihrem umgebenden Medium (mit höherer Dichte) auf, es bildet sich eine Konvektionsströmung (Erdmantel, Ozeane). Dieses Verhalten ist in einem einfachen Versuch nachzubauen:

1. Versuch: In ein mit kaltem Wasser gefülltes Aquarium wird ein mit gefärbtem, heißem Wasser gefülltes Fläschchen gestellt. Diese (gefärbte) Lösung mit der geringeren Dichte steigt auf und verteilt sich an der Flüssigkeitsoberfläche und kann dann an der kühlen Außenwand wieder absinken.

2. Versuch: Wasser in einem großen, breiten Metallgefäß (etwa 30x30x10 cm) wird mittig punktuell erhitzt. Aus Papier oder Pappe werden die Umrisse von Südamerika und Afrika ausgeschnitten und nebeneinander auf die Wasseroberfläche gelegt: Sie driften auseinander.

4) Fossilien gießen

„Fossilabdrücke“ können mit geeignetem Material (rezente oder fossile Muscheln und/oder Schnecken) auf folgendem Weg hergestellt werden: Man bereitet ein etwa 2 bis 3cm dickes Stück Plastilin oder Ton vor und drückt in dieses vorsichtig ein vorher angefeuchtetes oder mit Öl (Fett, Vaseline, Handcreme) oberflächlich präpariertes Muschel- oder Schneckengehäuse hinein. Dann löst man vorsichtig dieses wieder heraus, prüft den Abdruck und kann diese Hohlform mit (angefärbtem) Gips ausgießen. Den Gips läßt man abbinden und leicht antrocknen und kann dann sein selbst hergestelltes „Fossil“ aus der Form lösen. Je nach Dicke des Abgusses und Umgebungswärme trocknet der Gips in wenigen Stunden durch. Nachträgliches Einfärben (mit Wasserfarben) ergibt dann ganz „individuelle“ Stücke.

Für dekorative Abgüsse in Metall benötigt man eine komplett durchgetrocknete Form aus Ton, in die man etwa eine Zinn- oder Zinkschmelze (m.p. 232°C bzw. 419,6°C) gießt (Graphit- oder Porzellanschale zum Schmelzen verwenden). Vor dem Erstarren kann noch eine Metallschraube (mit dem Kopf voran) mit einer Zange in die Schmelze getaucht werden. Damit ist das „Prunkstück“ nachher auch montierbar. Dieser Versuch ist mit nötiger Vorsicht und nur unter verlässlicher Aufsicht durchführbar.

5) Zeitstreifen

Nachdem man sich überlegt hat, wie viel Platz für die Darstellung des Zeitablaufes der Erdgeschichte zur Verfügung steht, kann man entscheiden, ab wann der Zeitstreifen sinnvoll anzulegen ist.

Aus praktischen Gründen wird man von der Grenze Proterozoikum/Phanerozoikum (Präkambrium/Paläozoikum) mit etwa 570/545 Mio. Jahren ausgehen und einen Papierstreifen bis zur Jetztzeit auflegen: Man benötigt dafür etwa 5,7 bzw. 5,5 m Länge (WC-Papier, Endlos-Papier, Küchenrollen). Dann bezeichnet man mit einem Stift die Grenzen Paläozoikum/Mesozoikum (Perm/Trias, 250 bzw. 230 Mio. J.) und Mesozoikum/Känozoikum (Kreide/Tertiär, 65 Mio. J.). Die weiteren Untergliederungen sind von verschiedenen SchülerInnen-Gruppen einzuzichnen (für jedes Erdzeitalter eine unterschiedliche Farbe verwenden).

Da sich die Grenzen mit dem Wissensstand ändern, bitte die aktuellen Werte etwa aus dem Internet abrufen (siehe Beilagen).

M. Götzinger, E. Libowitzky (15. Nov. 2002; erg. 4/04)

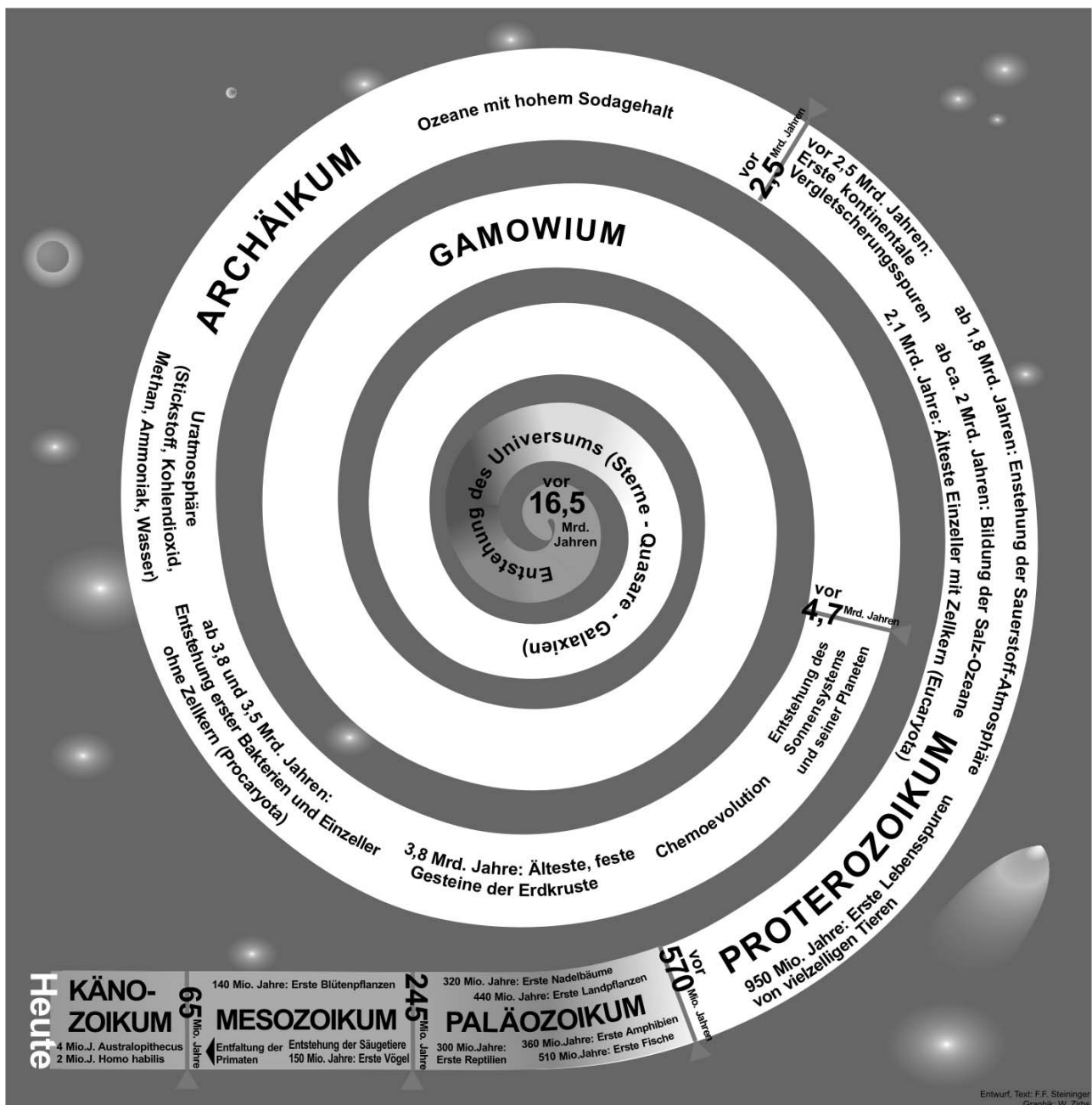
Internet-Seiten Erdzeitalter (Auswahl):

<http://www.alces-alces.com/entwicklung/erdzeitalter/erdzeitalter.htm>

http://www.faunistik.net/BSWT/_GEOLOGY/erdzeitalter.html

<http://www.sauti.de/lebensweg.html> („Zeitspirale“)

<http://www.tiere-online.de/Erdzeitalter.htm>



6) Experimente zum Thema Vulkanismus

Vulkanismus tritt an aktiven Schwächezonen der Erdkruste auf, vor allem an Plattengrenzen (Mittelozeanischer Rücken), Inselbögen und Kontinentalrändern. Es gibt aber auch einen Intraplattenvulkanismus. Vulkanismus hängt damit direkt mit dem Aufbau der Erde zusammen. Die Temperatur der austretenden Laven beträgt etwa 1000°C. Minerallagerstätten gibt es nur in eingeschränktem Ausmaß (z.B. Schwefel), im Bereich subvulkanischer Aktivitäten sind jedoch z.B. polymetallische Lagerstätten bekannt (z.B. in Südamerika).

Erdzeitalter

Zeitalter		Beginn vor X Mill. J.		Tiere	Pflanzen
Ära	Periode	Epoche			
Käno- zoikum	Neogen	Holozän		Homo sapiens	Die Bedecktsamer werden zur dominierenden Pflanzengruppe auf dem Land
		Pleistozän	1,8	Gattung Homo	
		Pliozän		Australopithecen	
		Miozän	23	Menschenaffen	
Paleogen	Paleozän	Eozän		erste Primaten	
			65,5	Radiation der Säugetiere	
65,5 M. J.					
Meso- zoikum	Kreide	Oberkreide	100	Aussterben der Dinosaurier	Blütenpflanzen, Gräser
		Unterkreide	145	Vögel	Bedecktsamer
	Jura	O-J. Malm	161	Archaeopteryx	Mammutbäume
		Dogger		größte Entfaltung der Dinosaurier	
Trias	U-J. Lias		200	primitive Säuger	
Paläo- zoikum	Perm	Rhät		Flugsaurier	Araucarien
		Nor			
	O-Tr. Karn	228	säugerähnliche Reptilien		
	M-Tr. Anis	245	Dinosaurier		
Karbon	U-Karbon	U-Tr. Skyth	251		
Devon	Oberdevon			Reptilien	Nadelbäume, Ginko
				Haie	Nacktsamer
Silur	Mitteldevon			Amphibien, fliegende Insekten	Steinkohlewälder
					Farne, Bärlappe, Schachtelhalme
Ordovicium	Unterdevon			Ichthyostega	Farne,
				Spinnen, Insekten	Schachtelhalme,
Kambrium	Obersilur			Quastenflosser	Bärlappe
Präkambrium (Erdurzeit)	Untersilur			Tausendfüßer, Skorpione	erste Landpflanzen
Proterozoikum	O-Ordovic.			Wirbeltiere (Panzerfische)	Sporenpflanzen
Archaikum	M-Ordovic.			Kopffüßer, Korallen	Algen
Präkambrium (Erdurzeit)	U-Ordovic.				
Proterozoikum	O-Kambrium			komplexere Vielzeller, z. B. Trilobiten	Algen
Archaikum	M-Kambrium				
Präkambrium (Erdurzeit)	U-Kambrium				
542 M. J.					
Proterozoikum	kein Sauerstoff in der Atmosphäre			Aerobier	Cyanobakterien
					Photosynthese
Archaikum			2500	erste Organismen, Bakterien,	
			3600	Einzeller ohne Zellkern (Procaryota)	

Zu diesem Themenkreis eventuell folgende homepages u.a. der Univ. Münster kontaktieren:

<http://www.uni-muenster.de/MineralogieMuseum/vulkane/Vulkan-3.htm>

<http://www.thr-lued.de/vulkanismus.de>

<http://www.vulkanismus.de>

Experimente:

Drei Experimente unterschiedlicher Heftigkeit werden hier vorgestellt. Es ist allerdings realitätsnahe, einen "Vulkan" als Tonform (Durchmesser etwa 30cm, Höhe etwa 10cm) vorzubereiten, wobei die Höhe und Öffnung von folgenden Voraussetzungen abhängen sollte:

Der Backpulver-Säure-Vulkan wird folgendermaßen zum Ausbruch gebracht: In ein Glasfläschchen (8 bis 10cm hoch) wird handelsübliches Backpulver (NaHCO_3) oder Waschsoda etwa bis zur Hälfte eingefüllt, dazu rote Lebensmittelfarbe gegeben. Dann stülpt man den vorgeformten Vulkan aus Ton darüber, sodass die Fläschchenöffnung knapp unter dem Vulkanrand zu liegen kommt und abschließt. Dann füllt man verdünnte Salzsäure oder Essig ein, rührt kurz um und der Vulkan bricht mit „flüssiger Lava“ als roter Schaum aus. Die „Lava“ ergießt sich die Flanke hinunter (und hinterläßt auf der Unterlage rote Flecken). Ein ähnliches Ergebnis erhält man mit Brausepulver und Sodawasser/Mineralwasser.

Der druckbetonte Vulkan (nur im Abzug und ev. mit Splitterschutz vorführen)

In einen Erlenmeyerkolben wird etwa 1cm hoch Wasser eingefüllt. Die Öffnung wird mit einem Kork- oder Gummistoppel verschlossen, in dem ein kleiner (Kunststoff-)Trichter steckt. Die Trichteröffnung wird entweder mit einem kleinen Stoppel oder mit Wachs leicht verschlossen und in den Trichterkegel werden Leca-Kugeln eingefüllt. Dann wird der Kolben mit dem Wasser (auf einer Heizplatte) erwärmt und es baut sich Wasserdampfdruck auf. Durch Druck und Wärme schmilzt das Wachs und mit einem Knall werden die Leca-Kugeln herausgeschleudert. Etwas brisanter ist der Versuch mit dem kleinen Stoppel im Trichter: Er wird durch den Druck mit Knall herausgeschleudert – oder aber der ganze Trichter, wenn der große Stoppel früher nachgibt.

Der „echte“ Vulkan wird im Freien mit einem handelsüblichen Feuerwerkskörper (unter den Vulkan aus Ton gestellt) simuliert (Vorsicht: Brandgefahr!). Bitte eine unbrennbare Unterlage verwenden und keine brennbaren Materialien in der Umgebung von 2m lagern!

M.A. Götzinger, E. Libowitzky (Nov. 2004)