ETH Institut für Verhaltenswissenschaft

Gruppenunterricht

zum Thema

Gesteinsbildende Minerale

Fach	Geographie
Schultyp	Gymnasium
Schulstufe	12. Schuljahr
Vorkenntnisse	Methodik des Mineralbestimmens Handhabung von Mineralbestimmungs-tabellen
Bearbeitungsdauer	12-15 Lektionen
Autoren	Monika Weiss Jörg Hermann Othmar Müntener
Betreuer	Dr. Hans Philipp Jäger
Fassung vom	1. Oktober 1993
Schulerprobung	noch nicht erprobt

Einführung

In den letzten Lektionen lernten Sie die Methodik des Mineralbestimmens kennen. Sie testeten selbst die vier wichtigsten Kriterien zum Mineralbestimmen: Form, Härte, Spaltbarkeit und Farbe. Sie übten den Umgang mit einer Mineralbestimmungstabelle.

In den nächsten 4 Lektionen lernen Sie die wichtigsten gesteinsbildenden Minerale sowie ihre Bedeutung kennen. Es geht vor allem darum, die Kriterien des Mineralbestimmens an einzelnen Mineralen sowie an Mineralen im Gestein anzuwenden. Sie werden mehr über die vielfältigen Bildungsbedingungen von Mineralen und Gesteinen erfahren. Und Sie werden erkennen, dass die Schweiz Anschauungsmaterial zuhauf liefert.

Sie werden in **einem Thema** zum **"Experten"** ausgebildet. Sie diskutieren in den jeweiligen Gruppen in Lektion 5 und 6 den gelernten Stoff. In den Lektionen sieben bis zwölf sind Sie gefordert. Sie unterrichten in einer neuer Gruppenzusammensetzung den Stoff Ihren KlassenkameradInnen.

Das Puzzle ist in drei Gruppen aufgeteilt, die eine Einheit bilden. Die vierte Gruppe stellt ein **Puzzle-plus** dar und ist nicht obligatorisch. Das Thema ist aber eine ideale Ergänzung zu den anderen drei Gruppen und kann je nach Schülerinteresse und Umfang der Klasse besetzt werden.

Und so sehen die "Expertengruppen" aus:

Gruppe 1 **Magmatische Minerale**
Dieser Teil geht auf Minerale der Tiefengesteine ein. Zusätzlich werden Sie verstehen, wie sich Minerale und Gesteine tief im Erdinnern bilden.

Gruppe 2 **Metamorphe Minerale**
Sie lernen, dass sich Minerale und Gesteine im Erdinnern stets an die Umgebungsbedingungen anpassen. Sie werden einiges über gebirgsbildende Prozesse erfahren.

Gruppe 3 **Sedimentäre Minerale**
Dieser Teil behandelt die Minerale und Gesteine, die durch Ablagerung entstehen. Ihre Bildung ist von vergangenen Klimata abhängig. Sie werden Klimageschichte machen.

Gruppe 4 **Klassifikation der Minerale**
Sie lernen, dass es in der Welt der Minerale eine Systematik gibt. Sie werden im

Bilde sein, welchen Einfluss die Zusammensetzung der Erdkruste auf die gesteinsbildenden Minerale hat.

Vorwort der Autoren zur Handhabung des vorgelegten Puzzles

Geologie wird in den verschiedene Gymnasiumstypen ganz unterschiedlich ausführlich behandelt. Damit das vorgelegte Puzzle trotzdem möglichst an allen Schulen angewendet werden kann, haben wir ein **Puzzle plus** gestaltet.
Ein Puzzle plus ist blockartig aufgebaut. Man muss nicht den ganzen Stoff behandeln, sondern kann auch einzelne Partien alleine behandeln. Trotzdem beleuchtet das Puzzle plus nicht nur Teilaspekte, sondern bildet in der vollen Ausführung eine Einheit.
Hier die wichtigsten Eigenschaften des Puzzle plus:

1) Die ersten drei Gruppen bilden den Kern des Puzzles. Die **vierte Gruppe ist fakultativ**. Sie kann besetzt werden, wenn sich SchülerInnen besonders dafür interessieren, wenn das Thema zum Stoffplan gehört oder wenn es eine grosse Klasse ist.
2) Nicht alle SchülerInnen arbeiten gleich schnell. Darum haben wir in allen Gruppenarbeiten einen **Abschnitt 'für schnelle ExpertInnen'** gemacht.
3) Bevorzugt man eine kürzere Puzzlefassung, so kann man auch **nur die Mineral-bestimmung** der Gruppen 1 - 3 behandeln.
4) Die einzelnen Texte sind nicht alle voneinander abhängig. Man kann also auch ein kleineres Puzzle machen, indem man **nur einzelne Texte** auswählt.
5) Der Phantasie zur Kombination des vorliegenden Materials sind (fast) keine Grenzen gesetzt.

Für das Gelingen der Mineralbestimmung ist es wichtig, dass Sie versuchen, von den einzelnen Mineralen mehr als nur ein Stück pro Person zu haben. Sonst lernen die Schüler nach unserer Erfahrung atypische Eigenschaften eines Stücks auswendig ("Der mit den drei Spitzen ist der Quarz").
Die Lehrer-Lernkontrolle entspricht einer Prüfung von mindestens 2 Stunden Dauer. Haben Sie weniger Zeit, streichen Sie einzelne Fragen. Die Länge der Prüfung ist auch abhängig davon, wieviel Zeit Sie in der Unterrichtsrunde zur Verfügung gestellt haben und welchen Stoff Sie behandelt haben.

Inhaltsverzeichnis

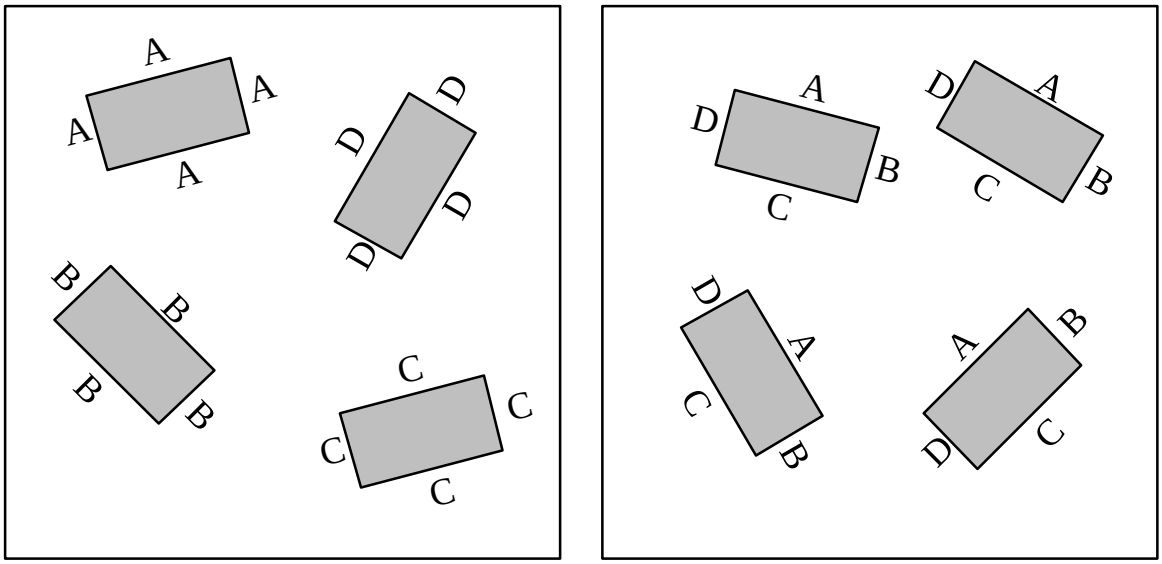
Titelseite 1
Einführung 3
Vorwort 4
Inhaltsverzeichnis 5
Wie funktioniert Unterricht nach der Puzzle-Methode? 5
Arbeitsanleitung und Zeitplan 6

Anleitungen für die Gruppen (mit Schüler-Lernkontrolle)
1 Magmatische Minerale 7
2 Metamorphe Minerale 13
3 Sedimentäre Minerale 17
4 Klassifikation der Minerale 21

Anhang 1 Testfragen (Lehrer-Lernkontrolle) 25
Anhang 2 Unterlagen für die Gruppen 35
Anhang 3 Zusatzmaterialien 76
Anhang 4 Von den Autoren verwendete Quellen 95

Wie funktioniert Unterricht nach der Puzzle-Methode?

Die Puzzle-Methode ist eine Form von Gruppenunterricht. Hier kurz der Ablauf: Sie erarbeiten einen Teil des Stoffes "Gesteinsbildende Minerale" in kleinen Gruppen selbst. Dazu stehen für jede Gruppe Unterlagen zur Verfügung. Sie werden **Experte über einen Teil des Stoffes**. Auf der nächsten Seite sehen Sie ein Beispiel mit vier Expertengruppen. Danach unterrichten Sie die MitschülerInnen in neu zu bildenden Gruppen. Wichtig ist, dass jede neue Gruppe mindestens einen Experten enthält.



Wie funktionieren die neuen Gruppen? Jeder Experte unterrichtet die anderen TeilnehmerInnen. So haben sie am Schluss der Puzzlerunde über den gesamten Stoff etwas gelernt. Und nicht nur das. Sie sammeln Erfahrungen im Unterrichten. Das detaillierte Vorgehen und der Zeitplan sind im nächsten Abschnitt beschrieben.

Arbeitsanleitung und Zeitplan

Die drei vorgestellten Themen sowie allenfalls das vierte Thema werden von je einer Schülergruppe erarbeitet. Die hier von uns angewendete "Puzzle-Methode" sieht für jede Gruppe drei Stufen vor:

1. Wissenserwerb: Sie studieren die für Ihre Gruppe bereitgestellten Unterlagen und lösen die Aufgaben gemäss Anleitung. (Zeitbedarf: 3h)
   Dann absolvieren Sie einen Test und stopfen allfällige Lücken (Zeitbedarf: 1h)
   Falls Sie früher fertig sind, wenden Sie sich der Aufgabe für die schnellen Experten zu.
2. Expertenrunde Sie besprechen in Ihrer Gruppe das Gelernte und die Fragen, damit alle den gleichen Wissensstand haben. Anschliessend erarbeiten Sie in der Gruppe Ihre Lektion. So ist garantiert, dass der gleiche Stoff an die MitschülerInnen weitergegeben wird. Sie bereiten das Arbeitsmaterial vor (Minerale, Bestimmungskriterien, etc.). (Zeitbedarf: 2-3h)

3. Unterrichtsrunde In neuer Gruppenzusammensetzung geben Sie Ihr Thema als Experte an Ihre MitschülerInnen weiter. (Zeitbedarf: 1-2h pro Thema)

Anleitung für die Gruppe 1

MAGMATISCHE MINERALE

Ziele für die ganze Klasse:

Die Schüler erkennen die Minerale, die in Tiefengesteinen vorkommen. Sie können die hellen wie auch die dunklen Minerale voneinander unterscheiden. Sie wissen, wie Tiefengesteine entstehen. Zusätzlich können Sie auch den Entstehungsprozess von Tiefengesteinen einem Laien verständlich erklären.

Vorgehen

Studieren Sie die für Gruppe 1 bereitgestellten Unterlagen.

Im Anhang 3A (Seite 77) finden Sie eine Anleitung, wie Sie das effizient anpacken könnten. Falls Sie sich aber schon eigene wirksame Methoden angeeignet haben, benutzen Sie jene! Ich empfehle Ihnen die 5-Schritte-Methode.

Wissenserwerb

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 4 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Sie bestimmen mit Hilfe der Mineraltabellen die aufliegenden sieben magmatischen Minerale. Benutzen Sie dazu "die Hilfsmittel zum Mineralbestimmen". Ein praktisches Kochbuchrezept zum Mineralbestimmen finden Sie im Anhang 3B (Seite 78).

- Erarbeiten Sie mit Hilfe der Mineralbestimmungstabellen eine Liste, wie sich die Musterminerallien voneinander unterscheiden. Nicht die Tabellen sind wichtig, sondern die Unterscheidungskriterien! Lösen Sie dazu die Aufgaben 1 und 2 auf dem Arbeitsblatt 1, Seite 37-39.

- Sie kennen die sieben wichtigen magmatischen Minerale. Jetzt studieren Sie den Prozess, aus dem magmatische Minerale hervorgehen. Er heisst *magmatische*

  Differentiation. Lesen Sie dazu den Text 1 "magmatische Differentiation" auf Seite 40. Anschliessend lösen Sie die Aufgabe 3, Seite 41.

- Lösen Sie nun die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt 2, Seite 42. Dazu brauchen Sie die Schachtel mit den fünf Gesteinen und die Hilfsmittel zum Mineralbestimmen.

- Beantworten Sie die Aufgaben der "Schüler-Lernkontrolle" (Seite 10).

- Falls Sie alles erfolgreich bearbeitet und Sie noch überflüssige Zeit haben, wenden Sie sich dem Kapitel für die schnellen Experten zu. Studieren Sie die dazugehörigen Unterlagen (Seite 45).

Expertenrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 2 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Besprechen Sie in Ihrer Gruppe die gelösten Aufgaben und Arbeitsblätter. Schauen Sie, dass alle den gleichen Wissensstand haben.

- In Ihrer Expertenrunde besprechen Sie miteinander, welche Fakten Sie weitervermitteln wollen.

- Sie bereiten sich für die Unterrichtsrunde vor. Falls nötig, zeichnen Sie Skizzen und schreiben Tabellen. Ausserdem studieren Sie die "Minididaktik" im Anhang 3C (Seite 81). Sie liefert Ihnen einige Tips zum erfolgreichen Unterrichten.

Unterrichtsrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 45 Minuten zur Verfügung.

- Sie sind nun LehrerIn. Vermitteln Sie den Stoff nach den Anregungen aus Anhang 3C. Viel Spass!

Material

- Musterexemplare der sieben magmatischen Minerale: Olivin, Pyroxen, Amphibol, Biotit, Plagioklas, Alkalifeldspat, Quarz
- Fünf Tiefengesteine (Plutonite) mit den entsprechenden magmatischen Mineralen: Peridotit, Gabbro, Diorit, Granodiorit, Granit
- Schächtelchen mit Glimmer zum Spalten
- Hilfsmittel zum Mineralbestimmen: * Sackmesser
  * Glasplatte
  * Mineralbestimmungstabellen
  * Lupe
- Text 1: "Magmatische Differentiation" (Seite 40)
- Text 2: "Zerrklüfte" (Seite 45)
- Arbeitsblatt 1: Unterscheidungskriterien von magmatischen Mineralen (Seite 37)
- Arbeitsblatt 2: Bowen-Ausscheidungsfolge von Tiefengesteinen (Seite 42)
- Abbildung 4: Mineralogische Zusammensetzung der Tiefengesteine (Seite 43)
- Abbildung 4: Verteilung magmatischer Gesteine in der Schweiz (Seite 47)
- Zusatzaufgabe für die schnellen Experten (Seite 45)

Lernkontrolle für Schüler

Hilfsmittel: Mineraltabellen, Hilfsmittel zum Mineralbestimmen, Zusammensetzungstabelle der Tiefengesteine

Lösen Sie die untenstehenden Fragen alleine auf ein Blatt Papier. Wenn Sie fertig sind, können Sie die Lösungen beim Lehrer beziehen und die Antworten vergleichen. Wenn Sie nur eine Kleinigkeit vergessen haben, schlagen Sie die betreffende Stelle im Text nach. Falls Sie noch grössere Wissenslücken haben, studieren Sie die jeweiligen Texte nochmals genau. Das wichtige an der Lernkontrolle ist, dass Sie feststellen, was Sie begriffen haben und wo Sie noch unsicher sind. Sie sind der Experte. Sie wollen sicher in der nächsten Runde mitreden! Dazu muss aber Ihr Fachwissen sitzen.

1) Bestimmen Sie mit Hilfe Ihres Unterscheidungsschemas und den Mineralbestimmungstabellen die aufliegenden vier Minerale und die zwei Gesteine. Beginnen Sie mit den Musterminералien. Das ist einfacher.

2.) Sie lesen in der Tageszeitung einen Bericht über einen Vulkanausbruch. Ständig taucht das Wort "Magma" auf.
   - Erklären Sie in zwei Sätzen Ihren Eltern, was ein Magma ist.
   - Wie kommt das Magma an die Erdoberfläche? Hier antworten Sie mit nur einem kurzen Satz. In der Antwort muss die Begründung beinhaltet sein.

3.) Skizzieren Sie die Mineralausscheidungsreihe von Bowen. Zeichnen Sie nur den Ast der dunklen Minerale. Begründen Sie nun Ihre Skizze. Stichworten genügen. Erklären Sie im Speziellen die Mineralabfolge. Ich erwarte von Ihnen eine anschauliche, leicht verständliche Antwort.

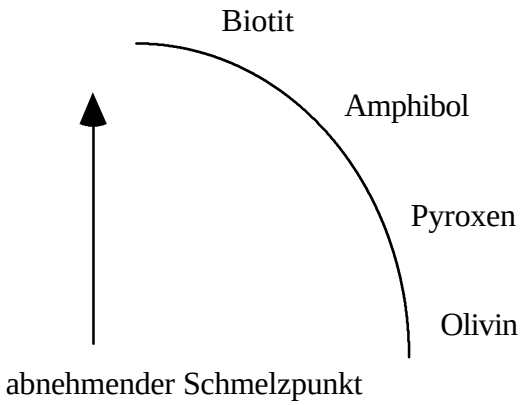
4.) Sie haben einen Gabbro und einen Diorit bestimmt. Beide sind Tiefengesteine. Beide sind durch Minerale wie zum Beispiel Pyroxen und Plagioklas aufgebaut. Was ist überhaupt der Unterschied?
   a) Mineralogisch? Falls es mineralogische Unterschiede hat, nennen Sie diese! Erklären Sie stichwortartig den Grund, wieso diese Unterschiede zustande kommen.
   b) Welches der beiden Gesteine entsteht zuerst? Hier haben Sie eine Treffsicherheit von 50%. Nutzen Sie diese!
   c) Begründen Sie Ihre Antwort von b) in zwei bis drei Sätzen.

Lösungen zur Lernkontrolle für Schüler

1.) Die Antwort zu dieser Frage muss vom Lehrer kontrolliert werden.

2.) **Magma** heisst Gesteinsschmelze. Diese Schmelze entsteht im Mantelgestein bei Temperaturen von 1250-1500°C.
Durch die geringere Dichte im Vergleich zum Umgebungsgestein steigt das Magma auf.

3.)



Zuerst fällt der Olivin aus der Schmelze aus. Er besitzt den höchsten Schmelzpunkt. Der Olivinkristall sinkt auf den Boden der Magmakammer ab. Dort bleibt er liegen. Das Magma ist jetzt relativ an Olivin abgereichert. Der Magmakörper kühlt sich langsam ab. Das nächste Mineral, das ausfällt, ist der Pyroxen. Er lagert sich über dem Olivin ab. Sobald der Schmelzpunkt des Amphibols erreicht ist, fällt dieses aus der Schmelze aus. Die Schmelze ist nun an Olivin, Pyroxen und Amphibol verarmt. Zuletzt kristallisiert auch noch der Biotit aus dem Magma aus. Von den dunklen Gemengteilen besitzt er den tiefsten Schmelzpunkt.

Oder vielleicht haben Sie die Aufgabe bildlich gelöst. Auf dem Tisch steht eine Früchteschale. In ihr liegen Aprikosen, Birnen, Zitronen und Orangen. Am liebsten mag ich Aprikosen. Diese esse ich zuerst. Die Früchteschale ist an Aprikosen verarmt. Relativ zu der Früchtestückzahl am Anfang sind jetzt mehr Birnen, Orangen und Zitronen vorhanden. Zum Glück liebe ich Früchte. Jetzt esse ich die nächste Sorte weg, es sind das die Birnen. Die Schale verarmt an Aprikosen und Birnen. Und so geht es weiter. Am Schluss ist die Schale leer. In meinem Magen liegen die Aprikosen zuunterst. Sie werden von den Birnen bedeckt. Und so geht es weiter. Darüber lagern sich stufenweise die anderen Früchte ab.

4.) Unterschied zwischen einem Gabbro und einem Diorit

a) Mineralogisch: Aus der Abbildung 2 ist leicht ersichtlich, dass Unterschiede vorhanden sind.

Gabbro	Diorit
Kein Quarz	Quarz
Kein Alkalifeldspat	Wenig Alkalifeldspat
Kein Biotit	Biotit
Kaum Amphibol	Amphibol
Viel Plagioklas	Plagioklas
Viel Pyroxen	Pyroxen

Grund:

Bowen-Ausscheidungsreihenfolge der Minerale!

Minerale mit einem hohen Schmelzpunkt --> fallen zuerst aus --> sinken zuerst auf den Boden der Magmakammer ab.

Gabbro besteht zur Hauptsache aus den dunklen Bestandteilen Olivin und Pyroxen sowie aus dem hellen Mineral Plagioklas. Alle drei Minerale fallen bei der Ausscheidungs-folge früh aus.

Gesteine, die wie der Diorit Quarz, Biotit und Alkalifeldspat enthalten, können in einer Magmakammer erst später entstehen. Und zwar erstmals beim ersten Auftreten von Quarz, Biotit und Alkalifeldspat. --> Die Magmakammer hat sich so weit abgekühlt, dass die Schmelzpunkte jener Minerale erreicht wurden.

b) Gabbro

c) Grund: Minerale mit hohem Schmelzpunkt fallen zuerst aus der Schmelze aus. Sie lagern sich am Boden der Magmakammer ab. Somit entstehen zuerst Gesteine wie Peridotite und Gabbros, gefolgt von Dioriten, Granodioriten und Graniten.

Anleitung für die Gruppe 2

METAMORPHE MINERALE

Ziele für die ganze Klasse:

Die Schüler können sieben wichtige metamorphe Minerale selbständig bestimmen. Sie wissen, wie metamorphe Gesteine entstehen. Sie können einfache Aussagen über die alpine Gebirgsbildung machen.

Vorgehen

Studieren Sie die für Gruppe 2 bereitgestellten Unterlagen.

Im Anhang 3A (Seite 77) finden Sie eine Anleitung, wie Sie das effizient anpacken könnten. Falls Sie sich aber schon eigene wirksame Methoden angeeignet haben, benutzen Sie jene! Ich empfehle Ihnen die 5-Schritte-Methode.

Wissenserwerb

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 4 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Sie bestimmen mit Hilfe der Mineraltabelle (Anhang 3D, Seite 83) die vorgelegten Minerale. Sie erarbeiten sich ein Schema, um die metamorphen Minerale zu unterscheiden.
  Lesen Sie dazu die Aufgabe 1 in den Unterlagen durch (Seite 51).

- Lesen sie den Text 1 "Wie entstehen metamorphe Gesteine?" sowie den Text 2 "Die zwei Arten der Metamorphose" durch (Seite 51). Lösen Sie anschliessend die Aufgabe 2 (Seite 55).

- Informieren Sie sich über die Verbreitung der Metamorphose in der Schweiz (Text 3, Seite 54). Lösen Sie die Aufgabe 3.

- Lösen Sie die Aufgaben der "Schüler-Lernkontrolle" (Seite 15).

- Falls Sie alles erfolgreich bearbeitet und Sie noch überflüssige Zeit haben, wenden Sie sich dem Kapitel für die schnellen Experten zu. Studieren Sie die dazugehörigen Unterlagen (Text 4) und lösen Sie die Aufgabe 4 (Seite 56).

Expertenrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 2 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Besprechen Sie in Ihrer Gruppe die gelösten Aufgaben. Schauen Sie, dass alle den gleichen Wissensstand haben.

- In Ihrer Expertenrunde besprechen Sie miteinander, welche Fakten Sie weitervermitteln wollen.

- Sie bereiten sich für die Unterrichtsrunde vor. Falls nötig, zeichnen Sie Skizzen und schreiben Tabellen. Ausserdem studieren Sie die "Minididaktik" im Anhang C. Sie liefert Ihnen einige Tips zum erfolgreichen Unterrichten.

Unterrichtsrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 1-2 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Sie sind nun Lehrerin. Vermitteln Sie den Stoff nach den didaktischen Kriterien aus Anhang C. Viel Spass!

Material

- Musterexemplare der sieben metamorphen Minerale: Disthen, Staurolith, Granat, Hellglimmer, Serpentin, Hornblende, Glaukophan
- Metamorphe Gesteine, die die oben genannten Minerale enthalten
-
- Hilfsmittel zum Mineralbestimmen:
  * Sackmesser
  * Glasplatte
  * Mineralbestimmungstabellen
  * Lupe

- Zusatzinformation: Text 1, 2 und 3: Aufgaben 1, 2 und 3
- Zusatzaufgabe für die schnellen Experten mit Text 4 und Aufgabe 4

Lernkontrolle für Schüler

Hilfsmittel: Eigenes Unterscheidungsschema, Lupe, Messer, Härteskala, Glasplatte
Lösen Sie die untenstehenden Fragen alleine auf ein Blatt Papier. Wenn Sie fertig sind, können Sie die Lösungen beim Lehrer beziehen und die Antworten vergleichen. Wenn Sie nur Kleinigkeiten vergessen haben, schlagen Sie die betreffende Stelle im Text nach. Falls Sie noch grössere Wissenslücken haben, studieren Sie die jeweiligen Texte nochmals genau.
Das Wichtige an der Lernkontrolle ist, dass Sie feststellen, was sie begriffen haben und wo sie noch unsicher sind. Sie wollen sicher in der Expertenrunde mitreden! Dazu muss aber Ihr Fachwissen sitzen.

1) Bestimmen Sie mit Hilfe Ihres Unterscheidungsschemas die aufliegenden Minerale und Gesteine.

2) Erklären Sie, wie metamorphe Gesteine entstehen. Geben Sie zuerst die Faktoren an, die zur Bildung der metamorphen Gesteine notwendig sind. Nennen Sie nachher Gründe, warum metamorphe Gesteine überhaupt noch erhalten sind. Beschreiben Sie die Vorgänge in je 4 bis 6 Sätzen.

3) Sie wandern von Luzern nach Bellinzona. Warum treffen Sie zunehmende Metamorphose an? Benützen Sie zur Antwort das Konzept der metamorphen Zonen. Begründen Sie Ihre Antwort in 3 bis 5 Sätzen.

4) Jemand stellt die Behauptung auf, dass es in der Schweiz Hinweise auf nur eine Metamorphose gibt. Widerlegen Sie diese Behauptung unter Berücksichtigung wichtiger metamorpher Minerale und Ihrer regionalgeologischen Kenntnisse.

Lösungen zur Lernkontrolle für Schüler

1) Diese Antwort zu dieser Frage muss vom Lehrer kontrolliert werden.

2) Gesteine werden metamorph, wenn sie unter Drücke und Temperaturen geraten, die von Ihrer Bildung verschieden sind. Chemische Reaktionen und Umkristallisation verändern den ursprünglichen Mineralbestand. Ist die Umwandlung stark genug, ist das Ausgangsgestein kaum mehr erkennbar.
   Gesteine können bei zunehmender Metamorphose leicht Wasser abgeben. Während der Hebung wird jedoch kaum Wasser eingebaut. Der in der Tiefe erworbene Zustand bleibt erhalten. Zudem ist die Geschwindigkeit der Umwandlung der Minerale von der Temperatur abhängig. Umwandlungen in der Tiefe sind viel schneller als in Oberflächennähe.

3) Die Gesteine zeigen von Norden nach Süden zunehmend stärkere Metamorphose. Das bedeutet, dass die Gesteine in immer grösserer Tiefe entstanden sein müssen. Im nördlichen Teil entstanden Sie in wenigen Kilometern Tiefe, in der Gegend von Bellinzona in gut 20 Kilometern Tiefe. Heute liegen sie an der Erdoberfläche. Das heisst, dass der Hebungsbetrag im Norden weit geringer ist als im Süden.

4) Gesteine mit Glaukophan weisen vor allem auf eine druckbetonte Metamorphose hin.
   Gesteine mit Disthen und Staurolith sind unter höheren Drucken *und* Temperaturen gestanden. Der Verlauf der Metamorphose ist also deutlich verschieden.
   Rund um das Bergell hat eine Kontaktmetamorphose stattgefunden. Sie überprägt die Regionalmetamorphose.

Anleitung für die Gruppe 3

SEDIMENTÄRE MINERALE

Ziele für die ganze Klasse:

Die Schüler erkennen die Minerale, die in sedimentären Gesteinen auftreten. Sie wissen, wie Sedimente entstehen. Sie können die heutigen Entstehungsbedingungen für diese Gesteine für die Rekonstruktion früherer Klimatas verwenden.

Vorgehen

Studieren Sie die für Gruppe 3 bereitgestellten Unterlagen.

Im Anhang 3A (Seite 77) finden Sie eine Anleitung, wie Sie das effizient anpacken könnten. Falls Sie sich aber schon eigene wirksame Methoden angeeignet haben, benutzen Sie jene! Ich empfehle Ihnen die 5-Schritte-Methode.

Wissenserwerb

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 4 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Sie bestimmen mit Hilfe der Mineraltabelle (Anhang 3D) die aufliegenden Minerale. Sie entwickeln ein Schema zur Unterscheidung von sedimentären Mineralen.
  Lesen Sie dafür die Aufgabe 1 in den Unterlagen durch.

- Lesen sie den Text 1 "Wie entstehen sedimentäre Minerale?" durch (Seite 60).

- Bestimmen Sie nun mit ihrem Unterscheidungsschema die aufliegenden sedimentären Gesteine.

- Informieren Sie sich darüber, inwiefern sich sedimentäre Minerale als Klimaanzeiger eignen (Text 2). Lösen Sie die Aufgabe 2 (Seite 62-63).

- Lösen Sie die Aufgaben der Lernkontrolle für Schüler (Seite 19).

- Falls Sie alles erfolgreich bearbeitet und Sie noch überflüssige Zeit haben, wenden Sie sich dem Kapitel für die schnellen Experten zu. Studieren Sie die dazugehörigen Unterlagen (Text 3) und lösen Sie die Aufgabe 3.

Expertenrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 2 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Besprechen Sie in Ihrer Gruppe die gelösten Aufgaben. Schauen Sie, dass alle den gleichen Wissensstand haben.

- In Ihrer Expertenrunde besprechen Sie miteinander, welche Fakten Sie weitervermitteln wollen.

- Sie bereiten sich für die Unterrichtsrunde vor. Falls nötig, zeichnen Sie Skizzen und schreiben Tabellen. Ausserdem studieren Sie die "Minididaktik" im Anhang 3C (Seite 81). Sie liefert Ihnen einige Tips zum erfolgreichen Unterrichten.

Unterrichtsrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 45 Minuten zur Verfügung.

- Sie sind nun LehrerIn. Vermitteln Sie den Stoff nach den Anregungen aus Anhang 3C. Viel Spass!

Material

- Musterexemplare der vier sedimentären Minerale: Calcit, Dolomit, Salz, Gips
- Sedimentäre Gesteine, die aus oben genannten Mineralen bestehen
- Hilfsmittel zum Mineralbestimmen:
  * Sackmesser
  * Glasplatte
  * Mineralbestimmungstabellen
  * Lupe
  * Salzsäure

- Zusatzinformation: Text 1 und 2, Aufgabe 1 und 2
- Zusatzaufgabe für die schnellen Experten mit Text 3 und Aufgabe 3 (Seite 64)

Lernkontrolle für Schüler

Hilfsmittel: Mineraltabellen, Hilfsmittel zum Mineralbestimmen
Lösen Sie die untenstehenden Fragen alleine auf ein Blatt Papier. Wenn Sie fertig sind, können Sie die Lösungen beim Lehrer beziehen und die Antworten vergleichen. Wenn Sie nur eine Kleinigkeit vergessen haben, schlagen Sie die betreffende Stelle im Text nach. Falls Sie noch grössere Wissenslücken haben, studieren Sie die jeweiligen Texte nochmals genau.
Das wichtige an der Lernkontrolle ist, dass Sie feststellen, was Sie begriffen haben und wo Sie noch unsicher sind. Sie wollen sicher in der Expertenrunde mitreden! Dazu muss aber Ihr Fachwissen sitzen.

1) Bestimmen Sie mit Hilfe Ihres Unterscheidungsschemas die aufliegenden Minerale und Gesteine.

2) Erklären Sie, wie biogene und wie chemische Sedimente entstehen. Beschreiben Sie die Vorgänge in je vier bis sieben Sätzen. Gehen Sie dabei auf die Ausscheidungsreihenfolge der chemischen Sedimente ein.

3) Welche klimatischen Bedingungen führen zu Evaporiten?
   Geben Sie zuerst an, welche Faktoren die Bildung von Evaporiten begünstigen. Schreiben Sie nachher noch auf, in welchen Breiten solche Bedingungen herrschen. Geben Sie zwei Beispiele, wo heute Evaporite entstehen.

4) Sie werden als WissenschaftlerIn in eine Gemeinde nach Südfrankreich beordert und müssen dort eine Anlage zur Salzgewinnung aus Meerwasser konstruieren.
   Wie gewinnt man reines Salz aus Meerwasser?
   Gehen Sie nicht auf Details ein. Sie müssen Ihre Idee dem Gemeindepräsidenten (der kein Wissenschaftler ist) unterbreiten.

Lösungen zur Lernkontrolle für Schüler

1) Die Antwort zu dieser Frage muss vom Lehrer kontrolliert werden.

2) **Biogene Sedimente** entstehen aus Schalen von Lebewesen. Sterben die Lebewesen ab, so sinken die Schalen auf den Meeresboden. Da diese Schalen vorwiegend aus Kalk bestehen, bildet sich auf dem Meeresboden ein kalkiges Sediment. Durch die Überlast von später abgelagerten Sedimenten wird das Sediment verfestigt.
   Chemische Sedimente entstehen durch Ausfällung der gelösten Stoffe aus dem Meerwasser. Damit diese Stoffe ausgeschieden werden können, muss das Meerwasser in einem abgeschlossenen System (z.B. eine Lagune) verdunsten. Dabei werden die gelösten Stoffe immer stärker angereichert. Je schlechter ein Mineral löslich ist, desto früher wird es bei der Eindampfung ausgeschieden. Dieser Prozess führt zu der sogenannten Evaporitabfolge. Der Reihe nach werden ausgeschieden: Dolomit, Calcit, Gips, Salz, Bittersalze.

3) Zwei Hauptfaktoren: Wärme und Trockenheit
   Solche Bedingungen treten zwischen rund 20-35° auf (in ariden Gebieten). Weiter polwärts wird es kalt und feucht, weiter Richtung Äquator wird es viel zu feucht.
   Einige Beispiele, wo heute Evaporite gebildet werden: Totes Meer, Persischer Golf, Kaspisches Meer, Death Valley, Tunesische Salzseen in der Sahara usw.

4) Eine Möglichkeit geht folgendermassen:
   Man lässt das Wasser verdunsten bis das Salz ausgeschieden ist. Bevor die Bittersalze sich ausscheiden, lässt man das Wasser ablaufen. Diese Sole kann zur Gewinnung von Bittersalzen in ein anderes Verdunstungsbecken geleitet werden. Im Becken sind dann also Salz, Gips, Kalk und Dolomit abgelagert. Nun lässt man Frischwasser ins Becken laufen. Und zwar nur soviel, dass sich das Salz auflösen kann. Diese Sole leitet man in ein anderes Verdunstungsbecken und lässt das ganze Wasser verdunsten. Ist das Salz nicht rein genug, kann man den Prozess mehrfach wiederholen.

Anleitung für die Gruppe 4

KLASSIFIKATION DER MINERALE

Ziele für die ganze Klasse:

Die Schüler haben einen Überblick über die systematische Einteilung der Minerale. Sie kennen die Zusammenhänge zwischen der Zusammensetzung der Erdkruste und den gesteinsbildenden Minerale. Sie wissen, wie sich die Ordnung in Kristallen auf die Mineraleigenschaften und auf die Form von Mineralen auswirkt.

Vorgehen

Studieren Sie die für Gruppe 4 bereitgestellten Unterlagen.

Im Anhang 3A (Seite 77) finden Sie eine Anleitung, wie Sie das effizient anpacken könnten. Falls Sie sich aber schon eigene wirksame Methoden angeeignet haben, benutzen Sie jene! Ich empfehle Ihnen die 5-Schritte-Methode.

Wissenserwerb

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 4 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Im ersten Lernschritt erfahren Sie etwas über die systematische Einteilung der Minerale. Lesen Sie dazu Text 1 (Seite 67) und Text 2. Lösen Sie nachher die Aufgabe 1. Alle Beilagen befinden sich in diesem Heft.

- Im zweiten Lernschritt wird der Zusammenhang zwischen der Chemie der gesteinsbildenden Minerale und der Zusammensetzung der Erdkruste dargelegt. Alle nötigen Informationen finden Sie im Text 3. Lösen Sie die Aufgabe 2.

- Um den kristallinen Aufbau der Materie zu ergründen, beginnen Sie mit einem Experiment. Die Beschreibung finden Sie in Aufgabe 3. Erläuterungen zu diesem Thema finden Sie im Text 4.

- Bestimmen sie anhand der Form die aufliegenden Minerale Quarz, Calcit, Granat und Glimmer.

- Der kristalline Aufbau der Minerale hat Einfluss auf ihre Eigenschaften. Lesen Sie dazu den Text 5 durch. Führen Sie selber Versuche zu diesem Thema durch! Alle Angaben stehen in der Aufgabe 4.
- Lösen Sie die Aufgaben der "Schüler-Lernkontrolle" (Seite 23).

- Falls Sie alles erfolgreich bearbeitet und Sie noch überflüssige Zeit haben, wenden Sie sich dem Kapitel für die schnellen Experten zu. Studieren Sie die dazugehörigen Unterlagen (Text 3) und lösen Sie die Aufgabe 3.

Expertenrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 2 Unterrichtslektionen zur Verfügung.

- Besprechen Sie in Ihrer Gruppe die gelösten Aufgaben. Schauen Sie, dass alle den gleichen Wissensstand haben.

- In Ihrer Expertenrunde besprechen Sie miteinander, welche Fakten Sie weitervermitteln wollen.

- Sie bereiten sich für die Unterrichtsrunde vor. Falls nötig, zeichnen Sie Skizzen und schreiben Tabellen. Ausserdem studieren Sie die "Minididaktik" im Anhang C. Sie liefert Ihnen einige Tips zum erfolgreichen Unterrichten.

Unterrichtsrunde

Zur Bewältigung dieses Programmteils haben Sie 45 Minuten zur Verfügung.

- Sie sind nun LehrerIn. Vermitteln Sie den Stoff nach den Anregungen aus Anhang 3C. Viel Spass!

Material

- Mineralbestimmungstabellen
- Musterexemplare der Minerale: Calcit, Quarz, Granat, Glimmer Disthen
- Calcite und Hammer für Spaltexperimente, Disthene und Messer für Ritzexperimente, klare Calcite für Doppelbrechung.
- Zusatzinformation: Texte 1 - 5, Aufgaben 1 - 4
- Zusatzaufgabe für die schnellen Experten mit Text 6 (Seite 74)

Lernkontrolle für Schüler

Hilfsmittel: Mineraltabellen

Lösen Sie die untenstehenden Fragen alleine auf ein Blatt Papier. Wenn Sie fertig sind, können Sie die Lösungen beim Lehrer beziehen und die Antworten vergleichen. Wenn Sie nur eine Kleinigkeit vergessen haben, schlagen Sie die betreffende Stelle im Text nach. Falls Sie noch grössere Wissenslücken haben, studieren Sie die jeweiligen Texte nochmals genau.
Das wichtige an der Lernkontrolle ist, dass Sie feststellen, was Sie begriffen haben und wo Sie noch unsicher sind. Sie wollen sicher in der Expertenrunde mitreden! Dazu muss aber Ihr Fachwissen sitzen.

1) Um Ordnung in die über 3000 Minerale zu bringen, wurden sie nach der chemischen Zusammensetzung eingeteilt. Nach welchem chemischen Gesichtspunkt sind die Klassen eingeteilt?
   Beantworten Sie die Frage ohne auf Details einzugehen mit 3-4 Sätzen. Sie brauchen keine Beispiele zu nennen.

2) Ordnen Sie die nachfolgenden Minerale den verschiedenen Klassen zu: Diamant, Gips, Pyroxen, Salz, Amphibol, Quarz, Dolomit, Plagioklas.

3) Warum sind die Silikate und Oxide die mit Abstand wichtigsten Klassen für die gesteinsbildenden Minerale? Beantworten Sie die Frage in 6-8 Sätzen, indem Sie je ein typisches Mineral behandeln.

4) In einem Lehrbuch finden Sie folgenden Satz:
   "Der Pyrit zeigt oft Fünfecke als Flächenformen. Daraus kann man schliessen, dass die Elementarzelle von Pyrit ein fünfseitiges Prisma ist."
   Kommentieren Sie diesen Satz !
   Erklären Sie zuerst den Begriff 'Elementarzelle' in 2-3 Sätzen. Gehen Sie nachher auf die Beziehung von der Elementarzelle zur Form von Kristallen über.

5) "Edelsteinschleifer sind sehr geschickte Leute. Aus einem einzigen Rohstück können Sie zwei Edelsteine schleifen, die ganz verschieden aussehen. Der eine hat eine intensive Farbe und ein schwaches Feuer. Beim anderen ist die Farbe blass. Dafür hat er ein starkes Feuer."
   Kommt dieser Bericht aus einem Märchen aus 1001 Nacht? Wie könnten Sie die oben genannten Phänomene erklären?

Lösungen zu den Lernkontrolle für Schüler

1) Die Minerale werden in Elemente, organische Substanzen und in anorganische Verbindungen unterteilt. Die anorganischen Verbindungen sind in sieben Gruppen unterteilt. Die werden nach der Art des Anions unterschieden. Das gibt insgesamt neun chemische Mineralklassen.

2) Diamant (Element), Gips (Sulfate), Pyroxen (Silikate), Salz (Halogenide), Amphibol (Silikate), Quarz (Oxide), Dolomit (Karbonate), Plagioklas (Silikate).

3) Dies ist bedingt durch die Zusammensetzung der Erdkruste. Die wichtigsten Elemente sind Sauerstoff und Silizium. Dies sind aber auch die Hauptbestandteile der Silikate und Oxide. So ist z.B Quarz als Oxid eine Verbindung von Silizium und Sauerstoff. Beim Kalifeldspat (Silikat) bildet die $Si_3O_8^{4-}$ -Gruppe das Anion, K^+ und Al^{3+} kompensieren als Kationen die Ladung. Das Kationenangebot ist bei gesteinsbildenden Mineralen beschränkt, da nur wenige Metalle häufig in der Erdkruste auftreten.

4) Die Elementarzelle ist die kleinste Einheit, die noch alle Eigenschaften des Minerals aufweist. Die Kantenlängen dieser Elementarzelle ist sehr klein (~1 nm). Die Form des Minerals entsteht durch die Stapelung von sehr vielen Elementarzellen. Da sich aber fünfseitige Prismen nicht stapeln lassen, kann es sich dabei nicht um eine Elementarzelle handeln! Pyrit kristallisiert auch als Würfel und Oktaeder aus. Die Elementarzelle ist also ein Würfel.

5) Dies ist sehr gut möglich. Die Ordnung in kristallinen Substanzen wie Mineralen führt dazu, dass man in verschiedenen Richtungen unterschiedliche Eigenschaften hat. Farbe und Dispersion des Lichtes (Feuer des Edelsteines) sind solche Eigenschaften. Das Li-Pyroxen Spodumen ist ein Edelstein, bei dem dies der Fall ist.

ANHANG 1

Testfragen (Lehrer-Lernkontrolle)

Seite

Fragen Serie A **26-27**

Antworten Serie A **28-30**

Fragen Serie B **31-32**

Antworten Serie B **33-34**

Testfragen (Lehrer-Lernkontrolle) Serie A

Lehrertest Puzzle-Teil 1: Serie A

1.) Bei der Entstehung von Sedimentgesteinen lagern sich Partikelchen auf dem Boden ab. Diese werden verfestigt durch die Ûberlast der daraufliegenden Partikel. Etwas ähnliches geschieht auch bei den magmatischen Gesteinen. Beschreiben Sie in sechs bis acht Sätzen, wie Tiefengesteine entstehen. Verwenden Sie in Ihrer Antwort die folgenden Begriffe: Magma, Magmakammer, Bowen-Ausscheidungsreihenfolge und Schmelzpunkt. Schreiben Sie kurze, verständliche Sätze.
(K4) 4 Punkte

2.) Unterscheiden Sie einen Pyroxen von einem Amphibol. Wie machen Sie das? Erläutern Sie zuerst die Unterscheidungskriterien an Einzelkristallen, die ideal auskristallisiert sind. Anschliessend unterscheiden Sie die beiden Minerale im Gestein.
Machen Sie unbedingt Skizzen. Ich erwarte von Ihnen mindestens zwei Unterscheidungskriterien. Falls Sie mehrere kennen, schreiben Sie auch jene auf. Sie kriegen dann zusätzlich einen Bonuspunkt.
(K3) 3 Punkte
und 1
Bonuspunkt

Lehrertest Puzzle-Teil 2: Serie A

3.) An der heutigen Erdoberfläche gibt es metamorphe Minerale und Gesteine. Erklären Sie diese Tatsache in sechs bis acht Sätzen, indem sie auf die Entstehung und Erhaltung metamorpher Minerale eingehen.
(K3) 4 Punkte

4.) Wo findet man in der Schweiz Schiefer und Gneise?
Welche wichtigen metamorphen Minerale enthalten sie?
Welche Eigenschaften haben diese Minerale?
Warum sind Schiefer und Gneise wirtschaftlich wichtig?
Beantworten Sie jede Frage mit wenigen Stichworten.
(K1) 4 Punkte

Lehrertest Puzzle-Teil 3: Serie A

5.) Bei den Sedimenten kann man mit dem gleichen Schema Minerale und Gesteine bestimmen. Bei den magmatischen und metamorphen Gesteinen geht das nicht. Erklären Sie diese Tatsache in sechs bis sieben Sätzen, indem Sie auf die Entstehung von sedimentären Gesteinen eingehen.
(K3) 4 Punkte

6.) Wo findet man in der Schweiz Evaporite ?
(K2) 1 Punkt
Wie können Sie das Klima zur Zeit der Ablagerung charakterisieren ?
(K1) 1 Punkt
Warum sind Evaporite wirtschaftlich wichtig ?
(K2) 1 Punkt
Beantworten Sie jede Frage mit wenigen Stichworten.

Lehrertest Puzzle-Teil 4: Serie A

7.) Die Minerale werden nach chemischen Kriterien in verschiedene Klassen unterteilt. Welche zwei Klasssen sind am wichtigsten ? Begründen Sie ihre Antwort mit 3-4 Sätzen.
(K2) 1 Punkt
Nennen Sie noch zwei weitere Klassen, bei denen gesteinsbildende Minerale auftreten. Schreiben Sie die Klasse und das jeweilige Mineral auf.
(K1) 1 Punkt

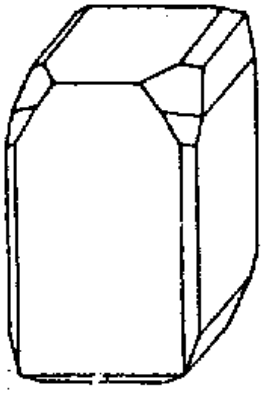
8.) Das Mineral Fluorit kristallisiert sowohl als Würfel, als auch als Oktaeder aus. Wie sieht die Elementarzelle von Fluorit aus ?
(K1) 2 Punkte
Beschreiben Sie zuerst kurz, was eine Elementarzelle ist. Gehen Sie nachher auf die Beziehung von der Elementarzelle zur Form des Kristalls ein.
(K4) 2 Punkte

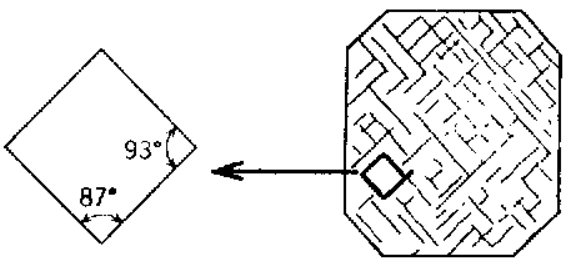
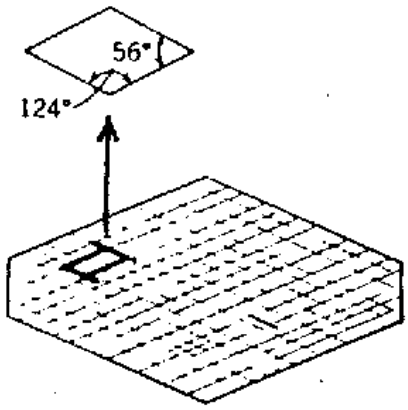
Testantworten (Lehrer-Lernkontrolle) Serie A

Lehrertest Puzzle-Teil 1: Serie A

Antwort 1)
Im Erdmantel wird bei Temperaturen von ungefähr 1500°C Mantelgestein aufgeschmolzen. Wegen der geringeren Dichte der Schmelze steigt diese auf. Sie sammelt sich in einer Kammer, der **Magmakammer** an. Während des Aufstiegs kühlt sich das **Magma** ab. Sobald der erste (höchste) **Schmelzpunkt** erreicht ist, fällt das erste Mineral, der Olivin, aus dem Magma aus. Die Ausscheidungsreihenfolge der Minerale hat ein Herr Bowen experimentell bestimmt. Nun fallen nach dieser Bowen-Abfolge die dunklen und die hellen Minerale aus. Die erstausgeschiedenen liegen in der Magmakammer zu unterst, die letztauskristallisierten zu oberst.

Antwort 2)

Pyroxen	**Amphibol**
Farbe: keine grossen Unterschiede	—
Spezielle Eigenschaften: keine	—
Form, Habitus: 	
Härte:kein Unterschied	—

Spaltbarkeit:  	
90° Winkel	120° Winkel
Glanz: kein Unterschied	
Chemie: kein Wasser eingebaut	Wasser in Form von OH-Gruppen eingebaut

Lehrertest Puzzle-Teil 2: Serie A

Antwort 3)

Metamorphe Minerale entstehen, wenn ein Gestein unter Druck und Temperaturen gerät, die von seiner Entstehung verschieden sind. Druck und Temperatur nehmen im Erdinnern zu. Das begünstigt chemische Reaktionen und Umkristallisation. Alte Minerale werden aufgelöst, neue bilden sich.

An die Erdoberfläche gelangen metamorphe Minerale durch Hebung. Auf ihrem Weg nach oben wandeln sie sich nicht mehr um, weil kein Wasser mehr aufgenommen werden kann. Und die Geschwindigkeit der Umwandlung ist so langsam, dass die Information aus der Tiefe erhalten bleibt.

Antwort 4)

Vor allem in den Alpen, im Gebiet schwacher bis starker Metamorphose

Vor allem Hellglimmer und Amphibole

Amphibol ist stengelig, Hellglimmer blättrig

Amphibole und Hellglimmer regeln sich oft parallel ein. -> Gesteine, die diese Minerale enthalten, sind meist gut spaltbar. Sie werden als Dachsteineoder Randsteine verwendet.

Lehrertest Puzzle-Teil 3: Serie A

Antwort 5)

Sedimentäre Gesteine bestehen sehr oft nur aus einem Mineral. Darum kann man mit dem gleichen Schema Minerale und Gesteine bestimmen. Das hängt ab von der Entstehung der sedimentären Gesteine.

Bei der biogenen Entstehung werden die Kalkschalen von Lebewesen nach deren Absterben auf dem Meeresboden sedimentiert. => reiner Kalkstein.

Bei der chemischen Entstehung scheiden sich die Minerale bei der Eindampfung einer Meereslagune aus. Je schlechter ein Mineral löslich ist, desto früher wird es ausgeschieden. Das führt zu relativ reinen Dolomit-, Calcit-, Gips- und Salzgesteinen.

Antwort 6)

Vor allem im Jura, aber auch in Bex (VD). Allgemein: Dort, wo die Mitteltrias aufgeschlossen ist.

Klima war warm und trocken

Salz -> Lebensmittelindustrie, Gips -> Bauindustrie

Lehrertest Puzzle-Teil 4: Serie A

Antwort 7)

Die wichtigsten Klassen sind die Silikate und Oxide. Dies ist bedingt durch die Zusammensetzung der Erdkruste. Die wichtigsten Elemente sind Sauerstoff und Silizium. Dies sind aber auch die Hauptbestandteile der Silikate und Oxide.

Weitere Klassen: Halogenide (Salz), Karbonate (Calcit und Dolomit), Sulfate (Gips).

Antwort 8)

Die Elementarzelle ist die kleinste Einheit, die noch alle Eigenschaften des Minerals aufweist. Die Kantenlängen dieser Elementarzelle ist sehr klein. Die Form des Minerals entsteht durch die Stapelung von sehr vielen Elementarzellen. Die ausgebildeten Flächen entsprechen denjenigen der Einheitszelle, oder es sind Diagonalflächen. Aus diesem Grund hat der Fluorit ein Würfel als Einheitszelle.

Testfragen (Lehrer-Lernkontrolle) Serie B

Lehrertest Puzzle-Teil 1: Serie B

1.) Erklären Sie in sechs bis acht Sätzen, wieso ein Granit Quarz enthält und ein Gabbro keinen Quarz besitzt. Benutzen Sie als Grundlage für Ihre Antwort das Bowen-Mineral-ausscheidungsschema.
(K3-4) 4 Punkte

2.) Sie sind auf dem Pausenplatz. In der nächsten Stunde haben Sie eine Klausur in Geologie. Das Thema sind magmatische Minerale. Zur Repetition zählen Sie einem Freund die wichtigsten sieben magmatischen Minerale auf.
(K1) 1 Punkt
Aus den sieben wählen Sie sich drei aus, die Sie genauer beschreiben. Es muss mindestens ein Mineral hell und eines dunkel sein. Bei der Beschreibung lasse ich Ihnen freie Hand. Ich empfehle Zeichnungen und Tabellen zu machen. Alles in allem benötigen Sie nicht mehr als eine A4-Seite.
(K2) 3 Punkte

Lehrertest Puzzle-Teil 2: Serie B

3.) Glaukophan entsteht unter anderen Bedingungen als Disthen und Staurolith. Alle drei Minerale sind heute an der Erdoberfläche und stehen unter atmosphärischen Bedingungen. Erklären Sie diese Tatsache in sechs bis acht Sätzen, indem Sie auf die Faktoren eingehen, die im Erdinnern von Bedeutung sind.
(K3) 4 Punkte

4.) Wie kann Kontaktmetamorphose entstehen?
Warum ist Kontaktmetamorphose lokal?
Wo findet man kontaktmetamorphe Gesteine in der Schweiz?
Beantworten Sie jede Frage mit wenigen Stichworten.
(K2) 3 Punkte

Lehrertest Puzzle-Teil 3: Serie B

5.) Calcit kann biogen oder chemisch entstehen. Erklären Sie den Unterschied von biogener und chemischer Entstehung.
(K1) 2 Punkte
Gibt es Möglichkeiten, die Unterscheidung schon im Handstück zu machen ?
(K3) 1 Punkt

6.) Warum kann man die Evaporite als Klimaanzeiger gebrauchen ?
Wie sieht eine Evaporitabfolge aus ?
Wie weit muss man reisen, um eine solche Gesteinsabfolge studieren zu können ?
Beantworten Sie jede Frage mit wenigen Stichworten.
(K2) 4 Punkte

Lehrertest Puzzle-Teil 4: Serie B

7.) Von über 3000 Minerale treten nur 40 - 50 gesteinsbildend auf. Warum sind so wenige Minerale gesteinsbildend ?
Beantworten Sie die Frage in kurzen Sätzen. Nennen Sie drei Beispiele von gesteinsbildenden Mineralen. Erwähnen Sie jeweils, aus welcher chemischen Klasse das Beispiel stammt.
(K3) 3 Punkte

8.) In einer Forschungszeitung lesen Sie einen Bericht über ein Glas, das in zwei verschiedenen Richtungen verschiedene Lichtbrechung hat.
Was halten Sie davon ?
Beantworten Sie die Frage in 4-5 Sätzen.
(K6) 3 Punkte

Testantworten (Lehrer-Lernkontrolle) Serie B

Lehrertest Puzzle-Teil 1: Serie B

Antwort 1)

Die Bowen-Mineralausscheidungsreihenfolge beruht auf Experimenten aus dem Labor. Das Resultat: Bei der dunklen Mineralabfolge fallen zuerst Olivin, Pyroxen, Amphibol und zuletzt Biotit aus, während in der hellen Reihe Plagioklas zuerst, Alkalifeldspat und Quarz zuletzt auskristallisieren. Somit entstehen in einer Magmakammer am Boden Gesteine wie Peridotite und Gabbros. Sie bestehen hauptsächlich aus Olivin, Pyroxen und Plagioklas. Diese Gesteine werden von Dioriten überlagert. Erst in diesem Augenblick beginnen langsam die ersten Quarze auszufallen. In einem Graniten haben wir 30% Quarz. Granit entsteht zuletzt in der Bowenserie, da Quarz einen sehr kleinen Schmelzpunkt besitzt. Man spricht von Frühausscheidungen beim Gabbro und Spätausscheidungen beim Granit.

Antwort 2)

Olivin, Pyroxen, Amphibol, Biotit, Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas
Für die Lösung der restlichen Aufgabe verweise ich auf die Mineraltabellen.

Lehrertest Puzzle-Teil 2: Serie B

Antwort 3)

Glaukophan entsteht unter druckbetonter Metamorphose bei relativ tiefen Temperaturen (tiefer geothermischer Gradient von ~10°C/km). Die Entstehung von Disthen und Staurolith ist an relativ hohe Drucke *und* Temperaturen gebunden (durchschnittlicher geothermischer Gradient von ~25°C/km).
An die Erdoberfläche gelangen metamorphe Minerale durch Hebung. Auf ihrem Weg nach oben wandeln sie sich nicht mehr um, weil kein Wasser mehr aufgenommen wird. Und die Geschwindigkeit der Umwandlung ist so langsam, dass die Information aus der Tiefe erhalten bleibt.

Antwort 4)

Durch Eindringen von heissem Gestein in eine relativ kühle Umgebung.
Das Volumen von heissem Gestein ist oft klein im Vergleich zur Umgebung -> das heisse Gestein kühlt schnell ab. Darum wird nur das Gestein in unmittelbarer Umgebung umgewandelt.

Lehrertest Puzzle-Teil 3: Serie B

Antwort 5)

Biogene Sedimente entstehen aus Schalen von Lebewesen. Sterben die Lebewesen ab, so sinken die Schalen auf den Meeresboden. Da diese Schalen aus Kalk bestehen, bildet sich auf dem Meeresboden ein kalkiges Sediment. Da Lebewesen an diesem Prozess beteiligt sind, nennt man diese Art der Entstehung biogen.

Chemische Sedimente entstehen durch Ausfällung der gelösten Stoffe des Meerwassers beim Eindapfen einer Lagune. Hier spielen nur chemische Prozesse eine Rolle.

Findet man in einem Gestein Versteinerungen von Lebewesen, so ist das Sediment biogen entstanden.

Antwort 6)

Evaporite entstehen in trockenen, warmen Gebieten. Temperatur und Feuchtigkeit sind sehr gute Klimaanzeiger.

Dolomit, Calcit, Salz, Gips, Bittersalze

Bis in den Jura!

Lehrertest Puzzle-Teil 4: Serie B

Antwort 7)

Die Zusammensetzung der Erde bestimmt, welche Minerale in grösseren Mengen (d.h.gesteinsbildend) auftreten können. Da nur wenige Elemente häufig sind, gibt es auch nur ungefähr 50 wichtige Verbindungen. Sauerstoff und Silizium sind die wichtigsten Elemente. Aus diesem Grund sind Silikate (z.B. Feldspäte) und Oxide (Quarz) sehr häufig. Aber auch Karbonate (Calcit und Dolomit) treten vor allem in den Sedimentgesteinen oft auf.

Antwort 8)

Ein Glas ist immer isotrop. Es hat in alle Richtungen gleiche Eigenschaften. Die beschriebene Substanz kann also kein Glas sein! Sehr wahrscheinlich handelt es sich um eine kristalline Substanz. Kristalline Materialien haben in verschiedenen Richtungen verschiedene Eigenschaften.

ANHANG 2

Unterlagen für die Gruppen

Seite

Gruppe 1: Magmatische Minerale

Arbeitsblatt 1: Unterscheidungskriterien magmatischer Minerale	37-39
Text 1 und Aufgabe 1: Magmatische Differentiation	40-41
Arbeitsblatt 2: Bowen-Ausscheidungsreihenfolge von Tiefengesteinen	42-44
Text 2: Für die schnellen Experten: Zerrklüfte	45-48
Antworten zu den Arbeitsblättern 1 und 2 sowie zu Aufgabe 1	49-50

Gruppe 2: Metamorphe Minerale

Aufgabe 1: Minerale bestimmen	51
Text 1: Wie entstehen die metamorphe Minerale?	51-54
Text 2 und Aufgabe 2: Die Arten der Metamorphose	54
Text 3 und Aufgabe 3: Die Verbreitung der Metamorphose in der Schweiz	55
Text 4 und Aufgabe 4: Für die schnellen Experten: Wie tief waren die Gesteine der Zentralalpen?	56-57
Antworten zu den Aufgaben 1-4	58-59

Gruppe 3: Sedimentäre Minerale

Aufgabe 1: Minerale bestimmen	60
Text 1: Wie entstehen die sedimentären Minerale?	60-62
Text 2 und Aufgabe 2: Evaporite als Klimaanzeiger	62-63
Text 3 und Aufgabe 3: Für die schnellen Experten: Die Austrocknung des Mittelmeers	63-65
Antworten zu den Aufgaben 1-3	66

Gruppe 4: Klassifikation der Minerale

Text 1: Minerale: Der stoffliche Aufbau	67
Text 2: Die chemische Klassifikation der Minerale: Erläuterungen zu Text 1	68
Aufgabe 1, Text 3 und Aufgabe 2: Die Zusammensetzung der Erdkruste	69
Aufgabe 3 und Text 4: Formen von Mineralen	70-71
Text 5 und Aufgabe 4: Eigenschaften von Kristallen	72-73
Text 6: Für die schnellen Experten: Kristallsysteme	74
Antworten zu den Aufgaben 1-4	75

Gruppe 1: MAGMATISCHE MINERALE

Arbeitsblatt 1

Unterscheidungskriterien magmatischer Minerale

Mit diesem Arbeitsblatt erarbeiten Sie sich ein Werkzeug, um effizient Minerale zu bestimmen. Eine grobe **Unterteilung über die Farbe** liefert Ihnen zwei Klassen: **dunkle und helle Minerale**.

Sie wissen jetzt, dass in der Gruppe der hellen Minerale kein Biotit vorkommen kann, da dieser ja schwarz und somit dunkel ist. Somit schränken Sie Ihre Möglichkeiten beim Mineralbestimmen auf einfache Art und Weise ein.

1.) Unterteilen Sie die sieben magmatischen Minerale in *helle* und *dunkle*. Das ist ganz einfach. Schauen Sie nur die Farbe der Minerale an. Damit ist der erste Schritt schon erledigt.

Helle Minerale	Dunkle Minerale

Jedes Mineral hat typische Kennzeichen. Nutzen Sie diese aus. Mit diesen spezifischen Eigenschaften können Sie Minerale leichter erkennen oder zumindest sicher voneinander unterscheiden. Falls Sie mehr als zwei Unterschiede feststellen, schreiben Sie auch diese auf.

2.) Jetzt haben Sie die hellen und die dunklen Minerale voneinander unterschieden.
Zuerst vergleichen Sie nun die hellen Minerale miteinander. Notieren Sie sich auf diesem Arbeitsblatt mindestens zwei gute Unterscheidungskriterien pro Vergleich. Nehmen Sie als Grundlage die Tabellen zum Mineralbestimmen und die entsprechenden Muster-beispiele zur Hand.

1.) Vergleich: Quarz <--> Alkalifeldspat

-
-
-
-

2.) Vergleich: Quarz <--> Plagioklas

-
-
-
-

3.) Vergleich: Alkalifeldspat <--> Plagioklas

-
-
-
-

Und jetzt machen Sie dasselbe mit den dunklen Mineralen. Nun wird es etwas schwieriger. Aber nur Mut, mit etwas Geduld schaffen Sie diese Hürde.

4.) Vergleich: Amphibol <--> Pyroxen

-
-
-
-

5.) Vergleich: Amphibol <--> Biotit

-
-
-
-

6.) Vergleich: Amphibol <--> Olvin

-
-
-
-

Selbstverständlich können Sie jedes Mineral von jedem unterscheiden. Mit den obigen Beispielen haben Sie sich genügend Beobachtungsgabe und Erfahrung angeeignet, um unbekannte Minerale voneinander unterscheiden zu können.

Text 1: Magmatische Differentiation

Innerhalb des Erdmantels beginnt überall, wo die Temperatur grösser als 1250-1500°C ist, ein teilweises **Aufschmelzen** des Mantelgesteins. Die dabei gebildeteten Schmelzen sind **leichter** als das Umgebungsgestein. Sie steigen wegen **ihrer geringeren Dichte** auf. Beim Aufsteigen der Schmelze sammeln sich die verschiedenen Schmelztröpfchen zu einem Schmelzkörper zusammen. Diesen Körper nennt man **Magmakammer**.
Während des Aufstiegs kühlt die Gesteinsschmelze, genannt **Magma,** langsam ab. Je näher der Magmakörper der Erdoberfläche kommt, desto kälter wird er.
Sobald der Schmelzpunkt eines Minerals unterschritten wird, kann dieses Mineral aus der Schmelze ausfällen.
Ein Herr Bowen hat diese Ausfällungsreihenfolge von magmatischen Mineralen in Experimenten im Labor beobachtet. Zuerst ist der Olivin aus der Schmelze herausgewachsen. Der Schmelzpunkt von Olivin liegt bei 1890°C. Da der **Olivin-Kristall schwerer als die Schmelze** ist, **sinkt er in der Magmaflüssigkeit ab**. Er lagert sich am Boden des Magmakörpers ab.

Was geschieht im Magmakörper?

Wir vergleichen die Magmakammer mit einer Früchteschale. Die Schale enthält viele unterschiedliche Früchte. Nun nehme ich einige Bananen weg. Der Früchtekorb wird ärmer an Bananen sein. Relativ gesehen liegen jetzt aber mehr Äpfel und Birnen im Korb. Dann entziehe ich dem Korb die Äpfel. Im Korb fehlen nun die Bananen und die Äpfel. Dafür dominieren die Birnen. Der Früchtekorb ist relativ an Birnen angereichert. Die Bananen sind also im Korb abgereichert.
Genau dasselbe geschieht in einer **Magmakammer.** Ich entziehe dem Magma alle **Olivinkristalle**. Das Magma wird Olivin-ärmer.
Das nächste Mineral ist der **Pyroxen**, der bei einem Schmelzpunkt von 1390°C aus dem Magma auskristallisiert. Das Magma ist nun ärmer an Olivin und Pyroxen, dafür aber reicher an allen noch nicht ausgefällten Mineralen.
Und so läuft dieser Prozess immer weiter ab. **Die schweren Minerale fallen zuerst aus dem Magma aus, die leichten Minerale am Ende der Ausscheidungsreihenfolge.**

In der Graphik auf der nächsten Seite (Abbildung 1) können Sie die **Ausscheidungsreihenfolge von Bowen** einfach dargestellt sehen. Wir unterscheiden **zwei verschiedene Abfolgen**. Die erste gilt für die dunklen Minerale. Schauen Sie auf Ihrem Arbeitsblatt 1 nach, was dunkle Minerale sind. Die zweite Ausscheidungsreihe ist für die hellen Minerale gemacht.

Kombinieren wir die zwei Ausscheidungsabfolgen miteinander, können wir auf eine ganz einfache Weise sehen, was für Gesteine zuerst entstehen. Dies müssen Gesteine sein, die hauptsächlich aus Olivin und Pyroxen bestehen. Olivine und Pyroxene kristallisieren zuerst aus dem Magma aus. Diese Gesteine heissen Peridotite.
Die darauffolgenden Gesteine enthalten noch wenig Olivin, dafür viel Pyroxen und Plagioklas. Sie heissen Gabbros. Als nächstes Gestein entsteht der Diorit. Er besteht hauptsächlich aus den Mineralen Pyroxen, Amphibol, Plagioklas und wenig Quarz. Und so geht diese Abfolge weiter.

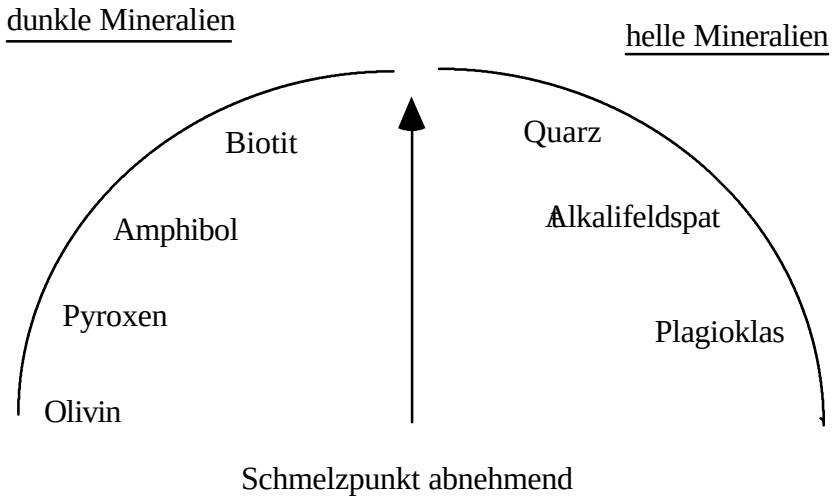


Abb. 1: Bowen Mineral-Ausscheidungsreihenfolge

Aufgabe 3

Schauen Sie sich die Ausscheidungsreihenfolge von Bowen an. Vergleichen Sie diese mit der Abbildung 2 (Arbeitsblatt 2, Seite 43). Dort sind auf der x-Achse die Namen der wichtigen Tiefengesteine aufgeführt. Die y-Achse zeigt die Anteile der sieben magmatischen Minerale in Prozenten.
Haben Abbildung 1 und Abbildung 2 einen Zusammenhang? Falls ja, beschreiben Sie in zwei bis drei Sätzen, wie die beiden Abbildungen zusammenhängen.

Arbeitsblatt 2

Bowen Ausscheidungsreihenfolge von Tiefengesteinen

Nehmen Sie die Schachtel mit den fünf Tiefengesteinen zu sich. Bestimmen sie die Minerale. Alle sind Ihnen als Musterexemplare bekannt.

Fragen

- Schätzen Sie die prozentualen Anteile der verschiedenen Minerale in den fünf Gesteinen ab.
- Geben Sie den Gesteinen einen Namen. Mit Hilfe der Abbildung 2 auf Seite 42 können Sie die Gesteine ohne Probleme benennen.
  Falls Sie beim Diagrammlesen Mühe haben, schauen Sie zuerst das Beispiel auf einer der nächsten Seiten an.
- Welches Gestein entsteht bei der magmatischen Differentiation zuerst? Welches ist das nächste? Stellen Sie eine Reihenfolge auf.

Antworten

	Gestein 1	Gestein 2	Gestein 3	Gestein 4	Gestein 5
% Olivin					
% Amphibol					
% Pyroxen					
% Biotit					
% Quarz					
% Plagioklas					
% Alkalifeldspat					
Gesteinsname					
Abfolge: Nummer 1 entsteht zuerst, Nummer 5 zuletzt					

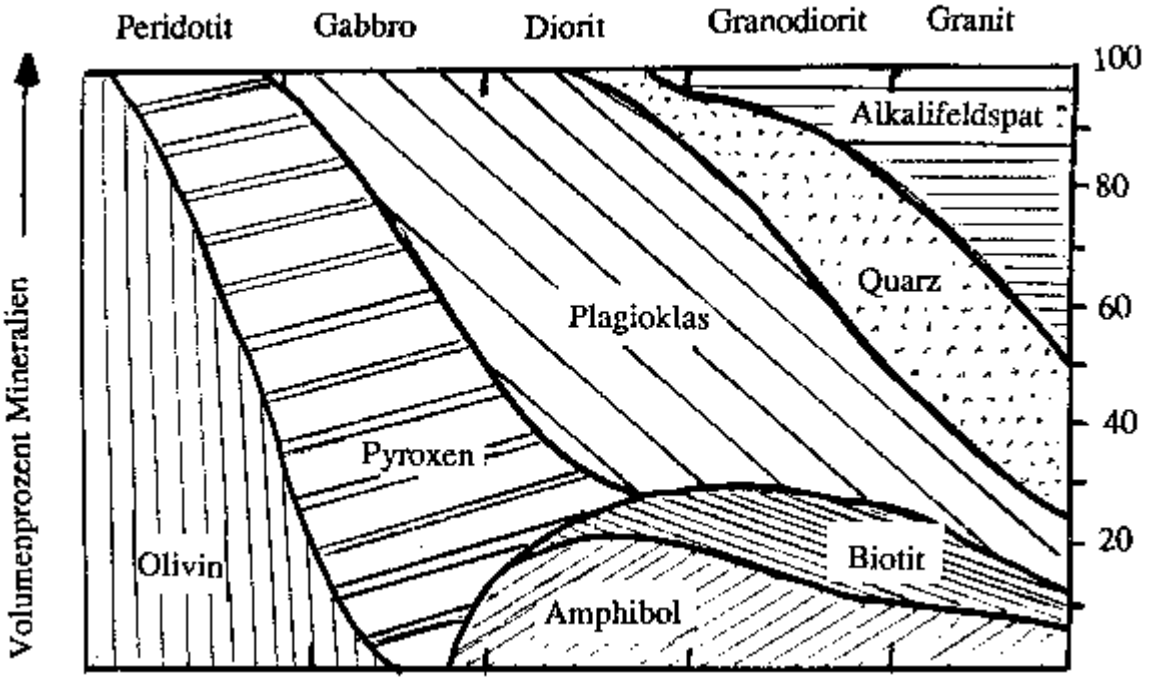


Abb. 2: Zusammensetzungstabelle der Tiefengesteine (von Trommsdorff & Dietrich, 1987, modifiziert nach Weiss, Hermann & Müntener, 1993). Auf der x-Achse sind die Gesteinsnamen aufgeführt, die y-Achse repräsentiert die Mineralprozente der Gesteinszusammensetzung.

Beispiel: Wie lese ich ein Zusammensetzungsdiagramm?

Sie haben die prozentualen Anteile der vorher bestimmten Minerale im Gestein geschätzt. Zum Beispiel so:

Minerale	Prozente
Amphibol	10%
Biotit	15%
Quarz	25%
Alkalifeldspat	20%
Plagioklas	30%

Logischerweise muss das Total der Minerale 100% ergeben. Das ganze Gestein besteht nur aus Mineralen. Nun müssen Sie in Abbildung 2 die Zusammensetzungslinie suchen, auf der

die Prozentangaben der Minerale liegen. Konkret heisst das, Sie müssen die Schnittlinie suchen, auf der das Verhältnis Plagioklas zu Alkalifeldspat zu Quarz zu Biotit zu Amphibol 30 zu 20 zu 25 zu 15 zu 10 ist.
Diese Schnittlinie repräsentiert die geschätzte Mineralzusammensetzung.Jetzt müssen Sie nur noch auf der x-Achse den Gesteinsnamen ablesen. Das gesuchte Gestein heisst Granodiorit. Und schon sind Sie fertig! Ganz einfach, ohne Nomenklatur zu büffeln!

Für die schnellen Experten

Diese Information ist nur zu Ihrer persönlicher Horizonterweiterung gedacht. Als Experte der Gruppe 1 müssen Sie dieses Wissen *nicht* in der Unterrichtsrunde weitervermitteln.
Studieren Sie diese Blätter aber trotzdem genau. Sie zeigen Ihnen nämlich ein kleines Anwendungsgebiet in der Mineralogie. Sie können hier die vorher gelernten Theorien in die Praxis umsetzen. Damit es nicht nur trockener Stoff ist, haben wir für Sie dieses Kapitel farbig bebildert.

Text 2: Zerrklüfte

In gewissen Regionen der Alpen findet man Minerale als schöne, wohlgeformte Kristalle in spaltenartigen **Hohlräumen** (Kristallhöhlen). Diese Öffnungen heissen **Klüfte** und sind bei der alpinen Gebirgsbildung durch **zerrende Kräfte** entstanden. Daher kommt auch der Name **Zerrklüfte** für solche Öffnungen. Den Inhalt einer Zerrkluft bilden die **Zerrkluftmineralien.** Das häufigste und bekannteste dieser Zerrkluftmineralien ist der Quarz. Er kommt als glasklarer Bergkristall oder brauner Rauchquarz in bis zu meterlangen Exemplaren vor. Für viele ist er der Inbegriff des Kristalls. Daneben kennt man aber gegen hundert andere Minerale aus Zerrklüften.

Die Entstehung von Zerrklüften

In den Graniten und Gneisen der Zentralmassive (vgl mit Karte auf Seite 47) kam es bei der alpinen Gebirgsbildung durch einengende Kräfte zu einer zonenweisen Verschieferung der Gesteine.
Später rissen in den härteren Umgebungsgesteinen durch Dehnungskräfte Klüfte auf. Dieses Aufreissen von Spalten geschah nicht an der Erdoberfläche, sondern in **einer Tiefe von rund zehn Kilometern bei Temperaturen von 400 bis 550°C**. Das entspricht einer Bedingung der Metamorphose in Grünschieferfazies (dieser Begriff wird Ihnen von den Experten der Gruppe 2 erklärt werden).
In den neu aufgerissenen Hohlräumen zirkulierten sofort **heisse Wässer.** Diese führten Mineralstoffe in Lösung mit, welche aus den Umgebungsgesteinen stammten. Bei der späteren **langsamen Abkühlung durch die Hebung des Gebirges** kühlten die heissen Wässer ab. So kristallisierten die gelösten Kristalle aus, indem sie von der Kluftwand frei in die lösungsgefüllte Kluft hinein wuchsen. Durch die Hebung und Abtragung des Gebirges gelangten diese Klüfte an die heutige Erdoberfläche.

Strahlen - uralter Broterwerb und modernes Hobby

Funde von Bergkristallen in Pfahlbauten zeigen, dass diese schönen Minerale den Menschen seit jeher fasziniert haben. Im Mittelalter wird der Bergkristall als "himmlisches Wasser, das sehr wenig Erdiges in sich hat und durch die Hartnäckigkeit eines längeren Frostes zu Stein geworden ist" (aus Weibel, 1990, 26) gedeutet.

Suche und Verkauf von Kluftmineralien, immer in erster Linie der Quarze, war und ist ein volkswirtschaftlich bedeutender Erwerbszweig in den Bergtälern.

Heute steht dem alpinen Berufskristallsucher (Strahler) eine Menge wenig fachkundiger Amateurstrahler gegenüber. Dies hat vielerorts zu einschränkenden Bestimmungen durch die Behörden geführt, vom obligatorischen Erwerb eines Strahlerpatents hin bis zum totalen Suchverbot.

Verteilung der alpinen Zerrklüfte

Die geologische Karte (Abbildung 3, Seite 47) zeigt die Verteilung der magmatischen Gesteine in der Schweiz. Magmatische Gesteine treten konzentriert in den Zentralalpen auf. Dort bauen sie grosse Gesteinskörper auf, die *sogenannten* Massive.

Gleichzeitig sind auf dieser Karte die Gebiete alpiner Zerrklüfte eingezeichnet.

Was fällt Ihnen auf?

Überraschenderweise **decken sich diese zwei Zonen** vollständig. Zerrklüfte kommen zum grössten Teil in den magmatischen Gesteinen der Zentralalpen vor. Diese Massive bestehen vor allem Gesteinen wie Granite und Granodiorite. Beide sind quarzreich.

Es ist also gewährleistet, dass genügend Quarz in Lösung gehen kann, um später in einer Kluft als Quarzkristall auszukristallisieren.

Die Quarze aus den Zerrklüften

Quarze besitzen nicht nur ***eine*** **Form (Habitus) und** ***eine*** **Farbe**. Vor allem die Kluftquarze sind bekannt für ihre vielseitige Ausbildung in Form und Farbe. Sammler zahlen teures Geld, um möglichst eine komplette Sammlung von Kluftquarzen zu erlangen.

Als kleine Illustration zeigen wir Ihnen anhand Photos (*) eine Auswahl verschiedener Formen und Farben bei Quarzen (Abb. 4). Die Bildchen sind jeweils angeschrieben.

Geniessen Sie die wunderschönen Kunstwerke der Natur in Ruhe.

(*) Falls in der Schulsammlung genügend Material vorhanden ist, können selbstverständlich echte Minerale gezeigt werden.

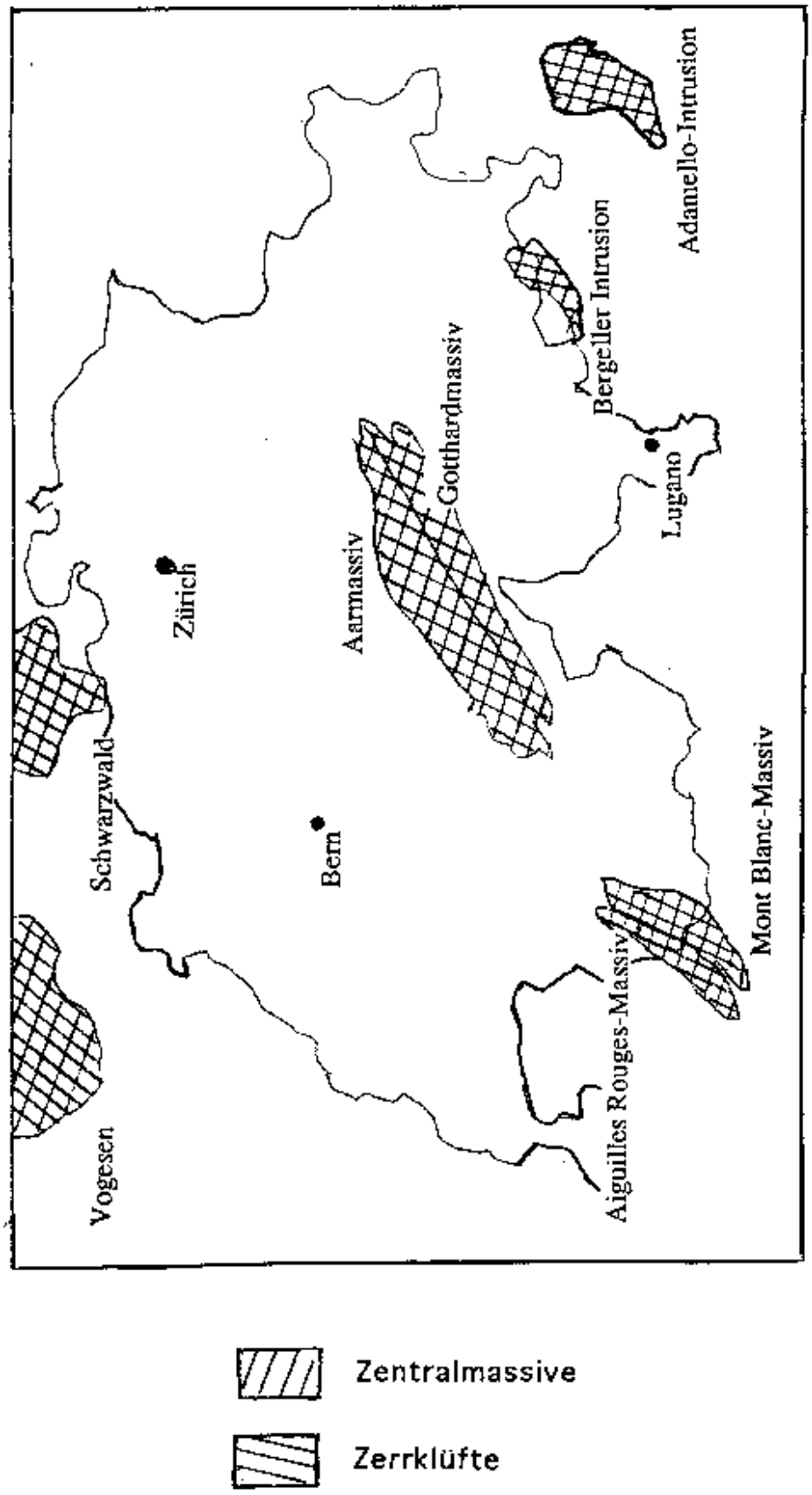


Abb. 3: Verteilung der magmatischen Gesteine in der Schweiz und im näheren Ausland. Mit einer eigenen Signatur (vgl. Legende) ist die Mineralkluftverteilung eingezeichnet.

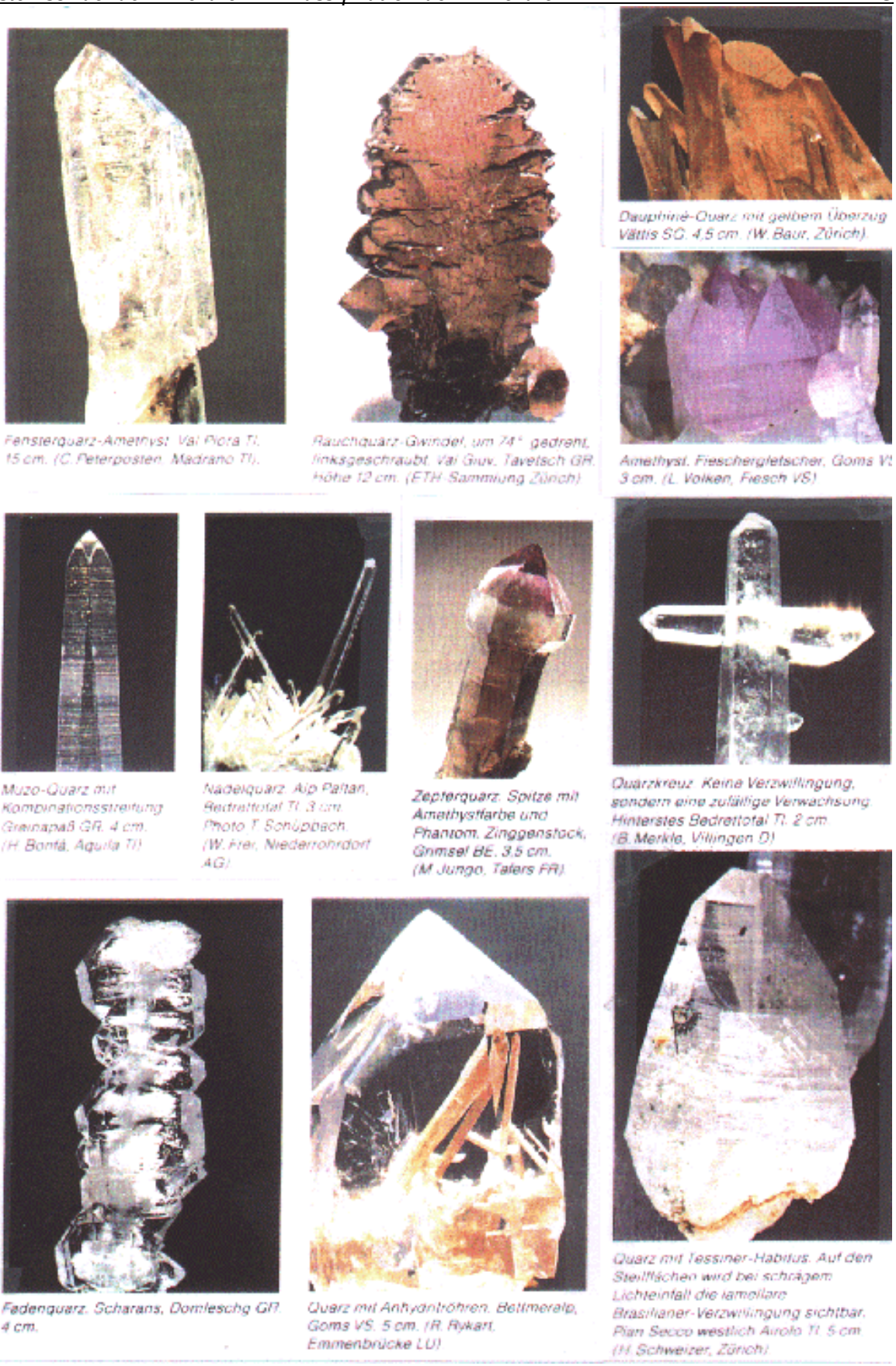


Abb. 4: Verschiedene Farben und Formen von Quarz (Weibel 1990, 54-62).

Antworten zu Arbeitsblatt 1, Seite 37-39

Helle Minerale	Dunkle Minerale
Quarz	Biotit
Alkalifeldspat	Amphibol
Plagioklas	Pyroxen
	Olivin

1.) Vergleich: Quarz <--> Alkalifeldspat

- Quarz: muscheliger Bruch, keine Spaltbarkeit.
- Quarz ist gräulich, Alkalifeldspat eher weisslich bis rötlich.
- Quarz ritzt Glasplatte, Alkalifeldspat nicht.

2.) Vergleich: Quarz <--> Plagioklas

- Quarz: muscheliger Bruch, keine Spaltbarkeit.
- Quarz ritzt Glasplatte, Plagioklas nicht.
- Quarz im Gestein ist formlos, Plagioklas eher rechteckig.
- Quarz ist gräulich, Plagioklas eher weisslich bis grünlich.

3.) Vergleich: Alkalifeldspat <--> Plagioklas

- Alkalifeldspat ist weisslich bis rötlich, Plagioklas weisslich bis grünlich.
- Alkalifeldspat besitzt Zwillinge, wobei die eine Fläche stärker im Licht glänzt.
- Im Gestein ist der Plagioklas oft trüb, der Alkalifeldspat glänzt porzellanartig.
- Falls ein Feldspat rötlich ist, dann ist es Alkalifeldspat.

4.) Vergleich: Amphibol <--> Pyroxen

- Amphibol ist langstengelig, Pyroxen kurzstengelig.
- Der Spaltwinkel des Amphibols ist 120°, beim Pyroxen 90°.
- Im Gestein sind die Schnittflächen der Amphibole Rhomben, bei den Pyroxenen Quader.

5.) Vergleich: Amphibol <--> Biotit

- Biotite haben oft sechseckige Querschnitte, Amphibole rhomboedrische.
- Biotite erscheinen im Gestein als Punkte, Amphibole als lange dünne Rhomben.
- Biotite sind mit dem Fingernagel kratzbar, Amphibole nicht.
- Biotite spalten in Plättchen, Amphibole in Rhomben.

6.) Vergleich: Amphibol <--> Olvin

- Olivin hat einen muscheligen Bruch, Amphibol eine Spaltbarkeit.
- Olivine sind flaschengrün, Amphibole schwarz.
- Olivine sind isometrisch, Amphibole stengelig.
- Olivine kratzen die Glasplatte, Amphibole nicht.

Antwort zu Frage 1, Seite 41

1.) Beide Abbildungen zeigen eine Ausscheidungsreihenfolge von Tiefengesteinen. An beiden Orten werden die Diagramme durch die Ausscheidungsabfolge der Minerale definiert. Bei einer bestimmten Mineralzusammensetzung kann der Gesteinsname in beiden Diagrammen direkt abgelesen werden.

Antworten zu Arbeitsblatt 2, Seite 42

	Gestein 1	Gestein 2	Gestein 3	Gestein 4	Gestein 5
% Olivin	80-100	wenig-kein	-	-	-
% Amphibol	-	kein-wenig	20	10	< 10
% Pyroxen	0-20	50-60	0-10	-	-
% Biotit	-	kein-wenig	10	10-20	< 10
% Quarz	-	-	0-10	10-30	20-40
% Plagioklas	-	40-50	50-60	30-50	10-20
% Alkalifeldspat	-	-	kein-wenig	10-20	30-60
Gesteinsname	Peridotit	Gabbro	Diorit	Granodiorit	Granit
Abfolge: Nummer 1 entsteht zuerst, Nummer 5 zuletzt	1	2	3	4	5

Gruppe 2: METAMORPHE MINERALE

Aufgabe 1

Bestimmen Sie die aufliegenden Minerale. Benützen Sie die Hilfsmittel, die Ihnen zu Verfügung stehen: Mineralbstimmungstabelle, Lupe, Messer, Mohs'sche Härteskala, Glasplatte, usw.
Bei allfälligen Schwierigkeiten mit der Mineralbestimmung schauen Sie im Anhang C 1 'Kochbuchrezept zum Mineralbestimmen' nach.
Jedes Mineral hat seine persönlichen Eigenschaften. Stellen Sie ein Schema zur Unterscheidung der metamorphen Minerale auf. In der Expertenrunde können Sie untereinander Ihre Lösungen vergleichen und diskutieren.

Text 1: Wie entstehen metamorphe Minerale ?

Das Wort '**metamorph**' stammt aus dem Griechischen und bedeutet '**umgewandelt**'. Zum Beispiel wandelt sich ein Mantelgestein in einen Serpentinit um. Das ist ein Gestein, das nur aus Serpentin besteht. Oder ein Kalkstein in einen Marmor. Die Umwandlung von Gesteinen ist ein Prozess, bei dem **vorhandene Minerale verschwinden** und **neue entstehen**. Das geschieht durch chemische Reaktionen und Umkristallisation. Ein metamorphes Gestein besteht fast immer aus mehreren metamorphen Mineralen. Die Umwandlung vollzieht sich, wenn ein Gestein unter hohe Drücke und Temperaturen gerät, die von denen ihrer Bildung verschieden sind. Damit lernen wir zwei Grössen kennen, die bei der Metamorphose der Gesteine eine zentrale Rolle spielen:

Der **Druck**
Die **Temperatur**

Druck

Je weiter wir ins Erdinnere vordringen, desto grösser ist die Überlast der Gesteine. Versenken wir also ein Gestein, so ändert sich der Druck. **Druck nimmt** mit **zunehmender Erdtiefe zu**. Üblicherweise gibt man ihn in Kilobar (kbar) an, das entspricht etwa 1000 mal dem Druck, der durch die Atmosphäre erzeugt wird. Die Zunahme des Druckes ist sehr gleichmässig, und zwar mit ungefähr 1kbar pro 3.5 km.

Temperatur

Die **Temperatur** nimmt mit **zunehmender Tiefe** ebenfalls **zu**. Sie variiert jedoch viel stärker. Es gibt zwei Arten, wie wir ein Gestein aufheizen können: Gleich wie beim Druck

durch Versenken oder durch starkes Aufheizen. Letzteres geschieht, wenn heisses Gestein neben kaltes gelangt. Die Zunahme wird in Grad Celsius pro Kilometer angegeben. Wir sprechen auch vom '**geothermischen Gradienten**'.
Üblicherweise wird die Zunahme von Druck und Temperatur im Erdinnern in einem Diagramm aufgetragen. Daraus wird ersichtlich, dass in der Erde beide Grössen sehr unterschiedlich stark zunehmen können.

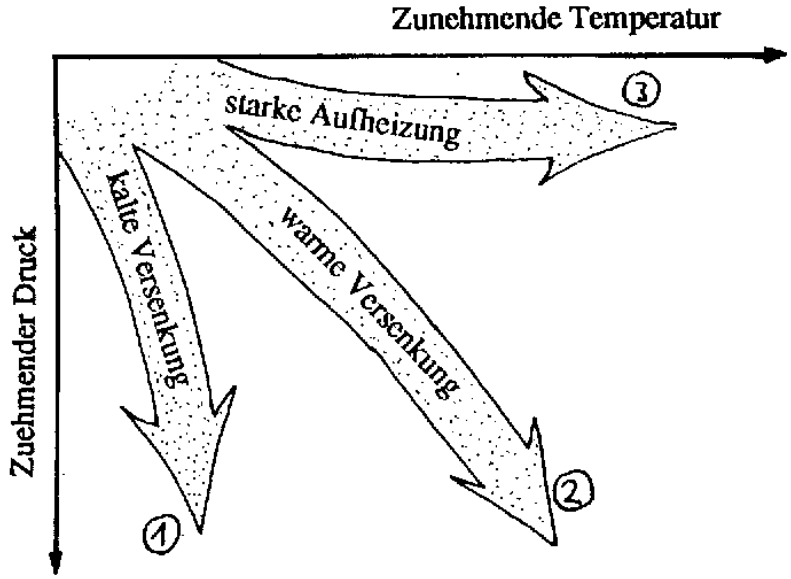


Abb 1: Druck und Temperaturzunahme in der Erde.

Wie interpretiert der Geologe Gesteine, die Minerale enthalten, die Sie bereits kennen?
Findet er Glaukophan in einem Gestein, so deutet das auf **kalte Versenkung** des Gesteins hin. In Fig. 1 zeigt der steilste Pfeil (**1**) an, dass vor allem der Druck zunimmt. Das geschieht dort, wo relativ kalte Gesteine schnell in grössere Tiefen (bis ca. 100km) versenkt werden. Die Temperaturzunahme pro Kilometer ist sehr gering (8-10°/km). Es werden neue Minerale gebildet, die unter hohen Drücken und niedrigen Temperaturen stabil sind. Einen solchen Prozess nennen wir Subduktion.
Findet er Disthen, Staurolith, Granat oder Hornblende in Gesteinen, spricht er von **warmer Versenkung**. Der Pfeil (**2**) zeigt eine durchschnittliche Zunahme von Druck und Temperatur, wie sie bei vielen Gebirgsbildungen vorkommt (20-40°/km). Von den Mineralen, die Sie kennen, tritt zuerst Hellglimmer auf. Deshalb sind die metamorphen Minerale, die unter diesen Bedingungen entstehen, sehr häufig.
Der flache Pfeil (3) deutet an, dass die Gesteine fast **nicht versenkt** werden. Der Druck nimmt nur schwach zu, aber die Gesteine werden durch Wärmezufuhr stark aufgeheizt. Das geschieht im Umfeld von heissen Gesteinsmassen. Der geothermische Gradient ist oft viel höher als 50°/km.

Ein Gestein hat also viele Möglichkeiten, wie es umgewandelt werden kann. Dabei passt sich der Mineralbestand den neuen Bedingungen laufend an. Die **Umwandlung** kann so stark sein, dass von **Ursprungsgestein nichts mehr erkennbar** ist. Je stärker die Gesteine metamorph sind, desto tiefer waren sie versenkt und desto stärker muss die anschliessende Hebung sein. Das **Gestein bewahrt** bei der Hebung den einmal **erreichten Zustand**. Weshalb? Hier lernen wir zwei weitere wichtige Faktoren kennen, die für die Bildung metamorpher Gesteine wichtig sind: **Wasserverlust** und **Geschwindigkeit der Umwandlung.**

Wasserverlust

Wenn Gesteine zunehmend metamorph werden, verlieren sie kleine Mengen an Wasser. Der Prozess ist ähnlich wie beim Töpfern. Beim Formen der Vasen oder Gefässe ist der Ton gut knetbar und feucht. Er verhält sich plastisch. Lassen wir das Gefäss zwei Tage stehen, ist es schon hart. Brennen wir das Gefäss im Ofen, ist es hart wie Stein. Nomen est omen. Aus knetbarem Ton ist ein Stein geworden! Beim Übergang vom Ton zum Geschirr findet ein Wasserverlust statt. Den einmal gebrannten Ton können wir bedenkenlos unter den Wasserhahn halten. Er nimmt kein Wasser mehr auf. Die Umwandlung zurück zum Ton ist nicht möglich. Alle früheren Eigenschaften sind verlorengegangen. Gesteine, die aufgeheizt und anschliessend abgekühlt werden, verhalten sich genauso. Sie nehmen kaum mehr Wasser auf und behalten ihre Information aus der Tiefe! Sie zeigen sehr oft die Bedingungen der höchsten Metamorphose.

Geschwindigkeit der Umwandlung

Die Umwandlung von einem Mineral zu einem anderen ist temperaturabhängig. Je wärmer, desto einfacher und vollständiger ist die Umwandlung. Kehrt das Gestein durch Hebung an die Erdoberfläche zurück, nehmen der Druck und die Temperatur ab. Die Umwandlung ist aber so langsam, dass man den meisten Mineralen nichts ansieht. Dazu ein Beispiel: Diamanten sind an der Erdoberfläche zu finden. Sie entstehen aber in Tiefen über 100 Kilometer. Sie sind nur deshalb noch nicht in Graphit (Material der Bleistifte, ist chemisch dasselbe wie Diamant!) umgewandelt worden, weil die Umwandlung sehr, sehr langsam ist.

Jetzt kennen wir also vier Faktoren, die für die Metamorphose von Mineralen wichtig sind: **Druck, Temperatur, Wasserverlust und Geschwindigkeit der Umwandlung**. Die Kombination dieser Faktoren ist verantwortlich, dass es metamorphe Gesteine gibt. Durch Hebung und Abtragung von überliegendem Gestein gelangen sie an die Erdoberfläche.
Aber was ist **Hebung**?

Die Hebung ist als **Ausgleichsbewegung** zu betrachten. "Wurden die leichten Krustengesteine bei der Gebirgsbildung in die schwereren des Erdmantels hineingedrückt, erfahren sie jetzt bei der Entlastung durch die Abtragung einen Auftrieb - ähnlich wie ein Lastkahn beim Entladen" (Labhart 1985, 122). So wird ständig ein Gleichgewicht hergestellt. Das erklärt, weshalb wir heute an der Erdoberfläche überhaupt metamorphe Gesteine erkennen können!

Text 2: Die zwei Arten der Metamorphose

Wir können die Entwicklungsgeschichte des Tons zum Gestein auch in Figur 1 eintragen. Alle Schritte vom Kneten des Tons bis zum Brennen laufen an der Erdoberfläche ab. Die Temperatur nimmt stark zu. Gesteine, die eine solche Entwicklung durchmachen, heissen **kontaktmetamorphe** Gesteine. Sie entstehen, wenn eine Masse heissen Gesteins neben kaltes gelangt. Das Volumen des heissen Gesteins ist jedoch klein im Vergleich zum umgebenden Gestein. Die Wärmeabgabe des heissen Körpers erhitzt das Gestein nur in unmittelbarer Kontaktnähe. Die Kontaktmetamorphose ist daher auf wenige Zentimeter bis einige Kilemeter beschränkt, je nach Grösse der Wärmequelle.
Viel häufiger und verbreiteter sind Gesteine, die während einer Gebirgsbildung entstanden sind. Dieser grossräumige Prozess wird als **Regionalmetamorphose** bezeichnet. Eine Regionalmetamorphose entsteht, wenn Erdkruste unter einen Kontinent gedrückt wird oder wenn zwei Kontinente zusammenprallen. Die dabei wirkenden Kräfte falten und verformen die Gesteine. Deshalb sind die metamorphen Minerale oft in einer Ebene angeordnet. Vor allem blättrige und stengelige Minerale (Glimmer, Amphibole) sind parallel angeordnet. Das führt dazu, dass sich solche Gesteine leicht spalten lassen. Man spricht dann von Schiefern oder Gneisen. Daran erkennen wir sehr gut, dass Gesteine metamorph sind!
Gneise und Schiefer bilden den Gesteinsuntergrund in den Alpen. Diese Gesteine sind wichtig als Bausteine. Vor allem in den Bergregionen der Schweiz haben noch viele Häuser ein Dach aus Schiefer oder Gneisplatten. In den Städten werden Gneise als Randsteine für Strassen verwendet.

Aufgabe 2

• Welche Faktoren beeinflussen das Auftreten metamorpher Gesteine?
• Warum findet man metamorphe Gesteine an der Erdoberfläche?
• Was für Typen von Metamorphose unterscheidet man?

Text 3: Die Verbreitung der Metamorphose in der Schweiz

Damit metamorphe Minerale überhaupt an der Erdoberfläche sichtbar sind, muss Versenkung von Erdkruste und anschliessende Hebung stattfinden. Metamorphe Minerale sind in Kernen von vielen Faltengebirgen auf der Erde erhalten, zum Beispiel im Himalaya, den Kordillieren oder den Alpen. Finden wir metamorphe Minerale in einem Gebirge, können wir annehmen, dass das Gestein einmal tief in der Erde war. Auf der untenstehenden Karte ist die Verbreitung der Regionalmetamorphose in der Schweiz eingetragen. Im Gebiet des Bergells ist diese Regionalmetamorphose von einer Kontaktmetamorphose überprägt worden. Ebenfalls angegeben sind einige der Minerale, die Sie bereits kennengelernt haben.

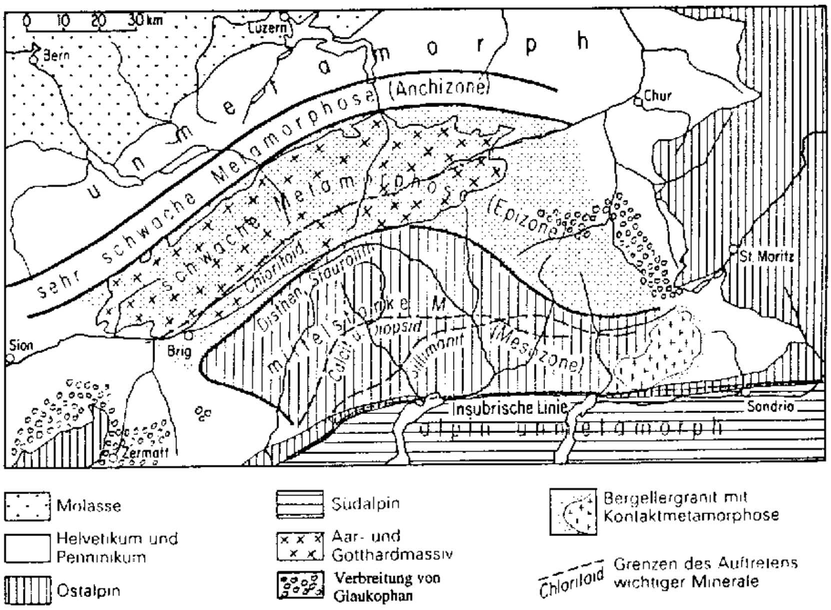


Abb. 2 Übersichtskarte über Stärke und Verbreitung der alpinen Metamorphose und wichtiger metamopher Minerale (verändert nach Labhart 1985, 105).

Aufgabe 3

- Welche Arten von Metamorphose gibt es in der Schweiz? Beachten Sie vor allem die regionale Verteilung.
- Warum treten Staurolith und Disthen nur im Gebiet 'stark metamorph' auf? Überlegen Sie sich, was das für die Gesteine des nördlichen Tessins bedeutet! Denken Sie an den Inhalt des Textes 'Wie entstehen metamorphe Gesteine'.
- Glaukophan tritt bei niedrigeren Temperaturen und höheren Drucken auf als Disthen und Staurolith. Was bedeutet das Auftreten von Glaukophan in der stark metamorphen Zone? Versuchen Sie die Fragen zu beantworten. In der Expertengruppe können Sie Lösungs-vorschläge diskutieren.

Text 4: Für die schnellen Experten

Wie tief waren die Gesteine der Zentralalpen in der Erde?

Die Abbildung 3 auf der nächsten Seite zeigt ein vereinfachtes Profil von Norden nach Süden duch den Kanton Tessin.

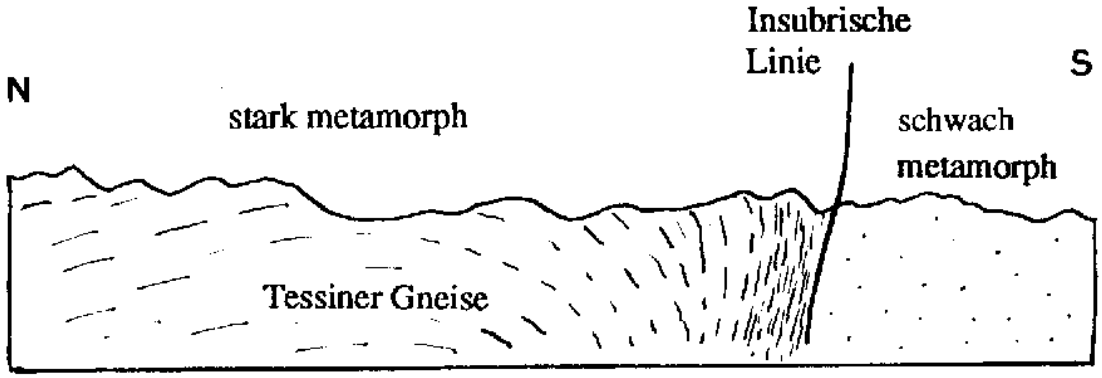


Abb 3. Vereinfachtes geologisches Nord-Süd Profil durch den Kanton Tessin

Eine grosse Linie trennt hochmetamorphe von schwach metamorphen Gesteinen. Eine solche Linie wird als **Bruch** bezeichnet. Brüche sind auf der Erde weit verbreitet. Der bekannteste unter ihnen ist der St. Andreas Bruch in Kalifornien. Entlang solcher Brüche können grosse Bewegungen stattfinden.
An der Verbreitung von Mineralen nördlich dieses Bruches (Insubrische Linie) sind die Gesteine auf ungefähr 600°C aufgeheizt worden. Der Druck betrug ungefähr 6kbar. Geologen haben das Alter dieser Drücke und Temperaturen auf ~25 Millionen Jahre bestimmt.
Südlich des Bruches haben die Gesteine höchstens 150°C und 1.5kbar erlebt. Das heisst, dass die Gesteine des nördlichen Tessins ursprünglich viel tiefer lagen, als diejenigen des südlichen Tessins.

Aufgabe 4

Berechnen Sie den Hebungsbetrag der Gesteine nördlich der Insubrischen Linie. Wie gross ist der Unterschied zum südlichen Gebiet? Wieviele Millimeter pro Jahr wurden die Gesteine nördlich der Insubrischen Linie gehoben?

Versuchen Sie, mit den nachfolgenden Angaben diesen Hebungbetrag zu berechnen.

1) Zur Berechnung benötigen wir den geothermischen Gradienten. Er beträgt 30°C/km.

2) Ein Kilobar (kbar) entspricht ungefähr 3.5km Tiefe. Daraus können Sie nun den Höhenunterschied an der Insubrischen Linie berechnen.

3) Mit Hilfe der Tiefe und der Altersangabe können sie die Hebung pro Jahr berechnen.

Antworten zu den Aufgaben 1-4

Aufgabe 1:

Disthen:**blau**, langstengelig, zwei verschiedenene Ritzhärte, sehr gute Spaltbarkeit, im Gestein oft mit Staurolith und Granat

Staurolith: tafelig/rhombisch oder stengelig, braunrot bis schwarz, ritzt Glasplatte, im Gestein oft mit Disthen verwachsen, im Gestein oft **gut ausgebildete eigene Form**, oft **Durchkreuzungszwillinge**

Granat: **kugelige Form**, vielfarbig (braunrot, schwarz, hellrosa), häufig schöne Kristallformen

Hellglimmer: **blättrig**, **weiss bis farblos,** oft sechseckähnliche Form, von Hand zerlegbar,

Serpentin: dunkelgrün bis schwarz, **mit Messer gut ritzbar**, kein Einzelkristall erkennbar, baut oft ein ganzes Gestein (Serpentinit) auf.

Schwarzes Amphibol (Hornblende): langstengelig, dunkelbraun bis **schwarz**, gute Spaltbarkeit (im Idealfall 120° Winkel)

Blaues Amphibol (Glaukophan): langstengelig, **blauviolett** bis dunkelblau, gute Spaltbarkeit, selten als Einzelkristall

Aufgabe 2:

Vor allem **Druck** und **Temperatur**. Beide nehmen mit zunehmender Tiefe zu.

Hebung bringt metamorphe Gesteine an die Oberfläche. Während der Hebung wandeln sich die Gesteine nicht mehr um. Mit abnehmender Temperatur nimmt die Geschwindigkeit der Umwandlung ab. Es wird kein Wasser mehr aufgenommen.

Regionalmetamorphose: Grossräumige Umwandlung der Gesteine unter Zunahme von Druck *und* Temperatur.

Kontaktmetamorphose: Kleinräumige Umwandlung der Gesteine am Kontakt von heissen Körpern. Die Temperatur nimmt sehr stark zu.

Aufgabe 3:

Grossräumig eine Regionalmetamorphose, von unmetamorph zu stark metamorph. In der Nähe des Bergells eine kleinräumige Kontaktmetamorphose.

Disthen und Staurolith bilden sich bei warmer Versenkung. Druck *und* Temperatur müssen genügend hoch sein. Die Gesteine des nördlichen Tessins müssen also einmal mindestens 10 km tiefer in der Erdkruste gwesen sein als heute.

Glaukophan ist ein Relikt einer druckbetonten Metamorphose, also ein Hinweis auf eine alte Subduktion. Unter der Schweiz ist ehemalige ozeanische Kruste verschluckt worden.

Aufgabe 4

Der Unterschied an der Insubrischen Linie beträgt rund 16 Kilometer.

Die Hebung beträgt 0.84mm pro Jahr.

Gruppe 3: SEDIMENTÄRE MINERALIEN

Aufgabe 1

Bestimmen Sie die aufliegenden Minerale Calcit, Dolomit, Salz und Gips. Quarz ist auch ein sedimentäres Mineral. Da er jedoch bei den magmatischen Mineralen besprochen wird, gehen wir hier nicht auf ihn ein. Benützen Sie zur Bestimmung der oben genannten Minerale alle Ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel wie Mineraltabelle (Anhang 3D, Seite 83), Lupe, Messer, Glasplatte, Salzsäure usw.

Falls Ihnen die Mineralbestimmung nicht mehr geläufig ist, lesen Sie das 'Kochbuchrezept zum Mineralbestimmen' im Anhang 3B (Seite 78).

Stellen Sie ein Schema zur Unterscheidung der sedimentären Minerale auf. Dieses Schema können Sie in der Expertenrunde gegenseitig vergleichen.

Text 1: Wie entstehen die sedimentären Minerale ?

Es gibt zwei wichtige Entstehungsarten für die hier behandelten Minerale:

- Biogenen Entstehung

- Chemische Entstehung

Biogene Entstehung

Viele **Lebewesen** im Meer bauen sich eine **Schale aus Kalk** auf. Nach dem Absterben dieser Organismen sinken die Schalen auf den Meeresboden. Sie bilden ein Sediment, das aus Kalk besteht. Die Calcitkristalle dort sind extrem klein und nur mit dem Elektronenmikroskop sichtbar. Die Grösse der Kristalle ist oft kleiner als ein tausendstel Milllimeter (siehe Abbildung 1).

REM-Aufnahme von Coccolithen eines pelagischen Kalkschlamms, Shatsky Rise, NW-Pazifik. Ebenfalls vorhanden ist eine größere, diskusförmige Art einer nanno-planktonischen Alge. Mit freundl. Genehmigung von A. MATTER und Deep Sea Drilling Project, Scripps I.O., Kalifornien

Abb. 1: Elektronenmikroskopische Aufnahme von Kalkschlamm (Tucker 1983, 117).

Werden diese Gesteine von anderen überlagert, so kann sich das Gestein umkristallisieren. Dabei entstehen grössere Einzelminerale. Wird ein solches Gestein in eine Gebirgsbildung einbezogen, so wird es deformiert, und es entstehen grosse Klüfte. In diesen Klüften kann dann der Kalk in Form von grossen Calciten auskristallisieren. Im Gonzen oberhalb von Sargans hat man in solchen Klüften Calcite mit bis zu 60 cm Kantenlänge gefunden.

Chemische Entstehung

Was passiert, wenn man ein Becken mit Meerwasser eintrocknen lässt ?

Das **Wasser verdunstet** kontinuierlich. Die im Wasser gelösten Stoffe reichern sich dadurch immer stärker an, bis sie **ausgefällt** werden. Somit bestimmt die chemische Zusammensetzung des Meerwassers, welche Minerale ausgefällt werden können. Auf der Tabelle 1 ist die Zusammensetzung vom Meerwasser angegeben (Umrechnung: 1000 ppm entsprechen 1 gr Ionen auf einen Liter Wasser).

Chemische Zusammensetzung des Meerwassers in ppm sowie %-Anteil an der gesamten gelösten Substanz. Zum Vergleich ist die mittlere Zusammensetzung von Flusswasser aufgeführt mit einer Salinität von ca. 120 ppm. Daten aus *Krauskopf* (1979)

Gelöster Bestandteil	Meerwasser		Flusswasser
	Ppm	%	
Cl^-	18000	55.05	7.8
Na^+	10770	30.61	6.3
SO_3^{2-}	2715	7.68	11.2
Mg^{2+}	1290	3.69	4.1
Ca^{2+}	412	1.16	15.0
K^+	380	1.10	2.3
HCO_3^-	140	0.41	58.4
Br^-	67	0.19	0.02
H_3BO_3	26	0.07	0.1
Sr^{2+}	8	0.03	0.09
F^-	1,3	0.005	0.09
H_4SiO_4	1	0.004	13.1

Tab. 1: (Tucker 1982, 168)

Nur wenige Stoffe sind im Meerwasser von Bedeutung. Somit gibt es auch nur wenige Minerale, die bei der Verdunstung ausgefällt werden. Es ist leicht ersichtlich, dass zwei Minerale bei der Ausfällung sehr wichtig sind: Salz (NaCl) und Gips ($CaS0_4 *2H_20$).

Wenn wir nun wissen wollen, in welcher Reihenfolge die Minerale ausgeschieden werden, müssen wir die Löslichkeit der Minerale kennen. **Je schlechter ein Mineral löslich ist, desto früher wird es bei der Eindampfung ausgeschieden**. Versuche haben ergeben, dass die

Löslichkeit von Dolomit ($MgCa(CO_3)_2$) über Calcit ($CaCO_3$), Gips ($CaS0_4$ *$2H_20$) bis zu Salz (NaCl) zunimmt. Das heisst, bei der Eindampfung werden diese Minerale in der Reihenfolge Dolomit, Calcit, Gips, Salz ausgefällt. Nach dem normalen Salz werden bei vollständiger Eindampfung des Meeres noch die Bittersalze ($MgCl_2$, KCl) ausgeschieden.

Die so entstandenen chemischen Sedimente werden **Evaporite** genannt. Die Evaporite haben eine grosse **wirtschaftliche Bedeutung**. Salz ist wichtig für die Lebensmittelindustrie und als Streusalz auf Strassen. Gips kommt in der Bauindustrie zu vielseitigen Anwendungen.

In Dolomitgesteinen findet man oft Reste von Algenmatten. Daraus wird geschlossen, dass biogen abgelagerte Sedimente unter geeigneten Bedingungen dolomitisiert werden können. Für die Dolomite wird somit eine Kombination von biogener und chemischer Entstehung vorgeschlagen.

Das wichtigste bei der Entstehung der sedimentären Mineralen ist folgendes:
Alle Prozesse führen zu Gesteinen, die nur aus einem Mineral bestehen! Sie sind also homogen. Das ist ein grosser Unterschied zu den magmatischen und metamorphen Gesteinen, welche oft aus vielen Mineralen bestehen. Aus diesem Grund kann man das Unterscheidungsschema für die sedimentären Minerale zugleich auch für die Gesteinsbestimmung gebrauchen.

Text 2: Evaporite als Klimaanzeiger

Damit Evaporite entstehen können, muss es **warm und trocken** sein. Nur so kann genügend Wasser verdampfen, um Evaporite zu bilden. Die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft sind wichtige Grössen zur Beschreibung des Klimas. Die Evaporite sind somit gute Klimaanzeiger. Heute entstehen Evaporite im Toten Meer, im nördlichen Teil des Kaspischen Meeres und im persischen Golf. Finden wir in der geologischen Vergangenheit in einer Gesteinsabfolge Evaporite, so können wir annehmen, dass zu der Zeit der Ablagerung an diesem Ort ein Klima geherrscht hat, wie heute am Persischen Golf. Wir können mit Evaporiten **Klimageschichte** betreiben.

Aufgabe 2

Auf der untenstehenden Tabelle 2 ist die Schichtabfolge im Schweizer Jura angegeben.

Tertiär	**Miozän und Oligozän**	In der südlichen Fortsetzung des Rheintalgrabens (Kantone BE und JU) Sandsteine und Konglomerat durch Schüttungen von Norden (Vogesen) oder von Süden (Alpen) und Süßwasserkalke («Delsberger Kalk»)	
	Eozän	Verwitterungsrückstände wie Terra Rossa, Bohnerz und Quarzsand in Karsttaschen von Kreide (W) bzw. Malm (E)	
Kreide	**obere Kreide + Aptien/ Albien**	Kalksteine, Mergel, Sandsteine Grünsande mit Glaukonit	auch im Westen nur reliktisch und in Erosionstaschen erhalten
	Barremien	gelbe und beige Kalksteine	nur westlich von Biel erhalten
	Hauterivien	*gelbe Mergel* u. Kalksteine, z. T. spätig («Pierre jaune de Neuchâtel»)	
	Valanginien	Roter, spätiger Kalk («calcaire roux»)	
	Berriasien	Gelbe Kalke («marbre bâtard») Bunte Kalke und Mergel («Purbeckien»)	
Malm	**Portlandien**	Dünnbankige Kalksteine und Dolomite	
	Kimmeridgien	**Hellgraue, kompakte, grobbankige Kalksteine**	
	Oxfordien	O: «Sequanien»: Kalksteine, z. T. oolithisch M: SE: «Argovien»: Mergel («Effinger Schichten») / Kalke («Birmensdorfer Schichten») M: NW: «Rauracien»: fossilreiche Kalke u. Korallenriffe U: «Oxfordien»: *Tone* (vor allem Kantone BE und JU)	
Dogger	**Callovien**	Fossilreicher, geringmächtiger Eisenoolith W: Spatkalke («Dalle nacrée») E: Mergel	
	Bathonien	**W: helle, oolithische Kalke («Hauptrogenstein»)** E: Mergel («Parkinsonia-Schichten»)	
	Bajocien	Eisenoolith, Sandkalk	
	Aalenien	*Ton («Opalinuston»)*	
	Lias	Ton und Mergel («Posidonienschiefer», «Insektenmergel»)	
Trias	**Keuper**	*Mergel m. Gips und Salz*, Sandstein, Dolomit	
	Muschelkalk	O: Dolomit, Kalkstein («Trochitenkalk») *M: Anhydrit, Steinsalz («Anhydritgruppe»)* U: Kalkstein, Dolomit	
	Buntsandstein	Rote Sandsteine, Konglomerate und Tonschiefer	
	Kristallines Grundgebirge: Gneis und Granit (im Schwarzwald und bei Laufenburg)		

Tab. 2: Gesteinsafolge im Schweizer Jura (Labhart 1985, 45)

Zu welcher Zeit gab es Evaporite? Stimmt die Evaporitreihenfoge einigermassen? Was für ein Klima herrschte zu dieser Zeit? Gibt es noch weitere Klimaanzeiger, die Ihre Vermutung erhärten?

Wo wird in der Schweiz Salz und Gips abgebaut?

Versuchen Sie die Fragen zu lösen. In der Expertenrunde können die Lösungsvorschläge diskutiert werden.

Text 3: Für die schnellen Experten

Die Austrocknung des Mittelmeeres

Es gibt zwei wichtige Arten, wie Evaporite entstehen können. Die untenstehende Abbildung 2 zeigt dies schematisch:

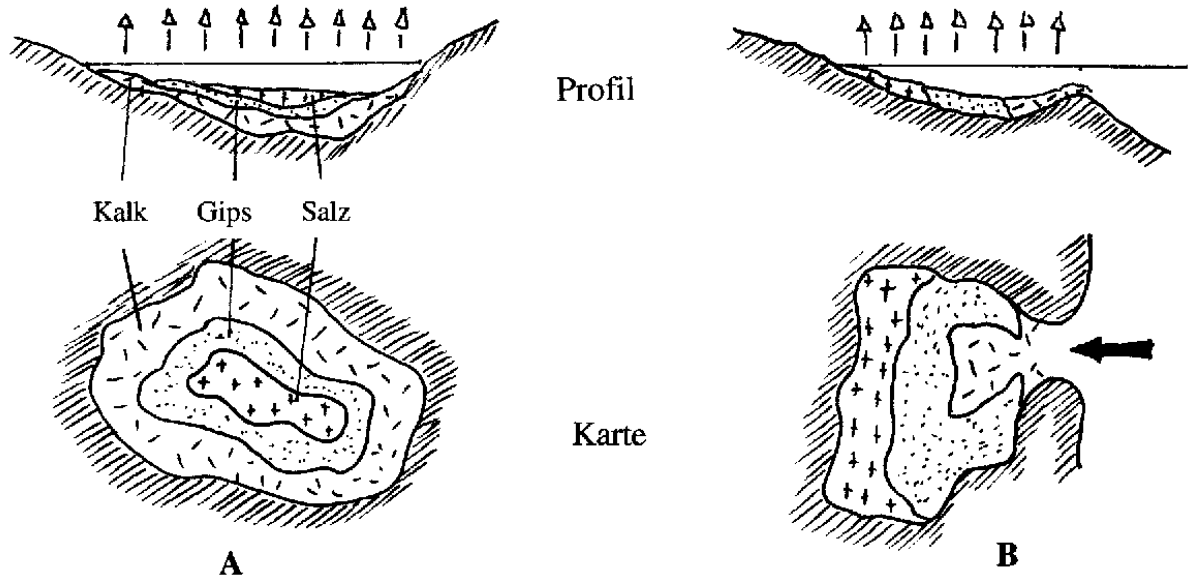


Abb. 2: Modelle zur Bildung von Evaporiten (verändert nach Hsü 1972, 388).

Figur A stellt ein **vollständig abgeschlossenes Meeresbecken** dar. Calcit, Gips und Salz werden schön konzentrisch abgelagert. Da das Wasser vollständig verdampft, werden auch die Bittersalze abgelagert. In einem geologischen Profil erhält man die **typische Evaporitabfolge.**

Figur B zeigt eine Lagune, die immer noch **mit dem Meer durch einen Arm verbunden** ist. Von dort fliesst ständig Meerwasser nach. Je weiter man von der Öffnung entfernt ist, desto stärker ist das Wasser an Salzen angereichert. Somit wird Salz in der grössten Entfernung zur Öffnung abgelagert. Die abgelagerten Gesteine liegen nicht mehr konzentrisch. Die Lagune trocknet nie vollständig aus. Darum werden keine Bittersalze abgelagert. In einem geologischen Profil erhält man **selten die typische Evaporitabfolge**.

Die Evaporite im **Schweizer Jura gehören zum Typ B**. Die Evaporitminerale treten selten in der richtigen Ausscheidungsreihe auf. Oft wechselt Salz und Gips mehrmals ab. Dies zeigt einen wechselhaften Meerwasserzufluss an. Kommt viel neues Meerwasser, so wird Gips abgelagert. Kommt wenig, so wird Salz abgelagert.

Das beste Beispiel für den **Typ A ist das Mittelmeer**. Bohrungen haben in den Sedimenten des Mittelmeers fünf Millionen Jahre alte Evaporite erfasst (Abbildung 3). Diese Evaporite

liegen konzentrisch. Das heisst, dass **das Mittelmeer vor fünf Millionen Jahren ausgetrocknet war**!

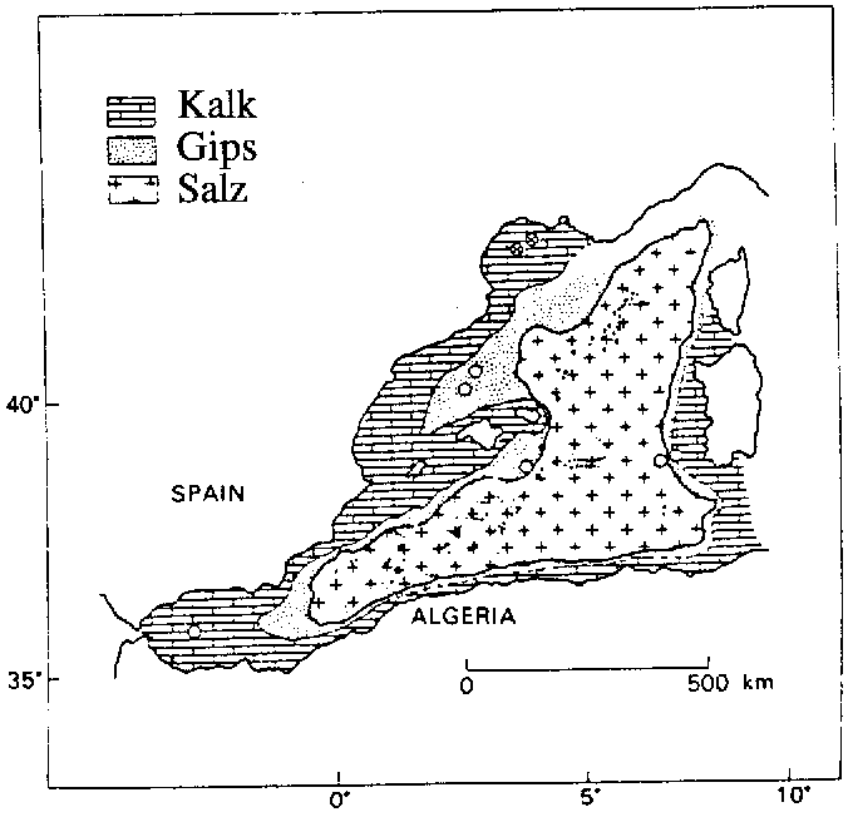


Abb. 3: Die vor 5 Mio. Jahren abgelagerten Evaporite im westlichen Mittelmeer (Hsü 1972, 390).

Aufgabe 3

Wie lange dauert es, bis das Mittelmeer austrocknet, wenn die Verbindung zum Atlantik unterbrochen ist? Wieviele Meter Evaporite werden dabei abgelagert?
Versuchen Sie mit den untenstehenden Daten diese Fragen zu lösen. Die Ergebnisse können in der Expertenrunde verglichen und diskutiert werden.

1) Mächtigkeit der Salze bei Eindampfung von 1000 m Meerwasser:
   12.9 m Salz 0.7 m Gips
2) Nähern wir das Mittelmeer als Bassin mit konstanter Tiefe an:
   Oberfläche: $2 * 10^{12}$ m^2 Tiefe: 1850 m
3) Pro Sekunde werden dem Mittelmeer durch Flüsse und Regenfälle $4.6 * 10^4$ m^3 Wasser zugeführt.
4) Pro Sekunde verdampft über dem Mittelmeer $11.6. * 10^4$ m^3 Wasser.

Antworten zu den Aufgaben 1-3

Aufgabe 1:

Calcit: braust mit Salzsäure

Salz: hat typischen Geschmack

Gips: braust nicht mit Salzsäure, hat keinen Geschmack, mit Fingernagel ritzbar

Dolomit: braust nicht mit Salzsäure, hat keinen Geschmack, mit Fingernagel nicht ritzbar

Aufgabe 2:

Evaporite in der Trias: Muschelkalk und Keuper. ~240 - 210 Mio. Jahre.

Evaporitreihenfolge stimmt nicht perfekt. Immerhin sind alle Glieder der Evaporitreihe vorhanden. Mindestens zwei Evaporitabfolgen.

Weitere Klimaanzeiger sind gegeben durch Versteinerungen. Vor allem Riffe deuten auf ein warmes Klima hin.

In der Schweiz wird Salz und Gips dort abgebaut, wo die Gesteine der Trias gut aufgeschlossen sind. Die wichtigsten Abbauorte sind die Region Basel (Rheinsalinen) und Bex im Kanton Waadt.

Aufgabe 3:

Pro Jahr sinkt der Meeresspiegel um 1.1 m. => es braucht nur 1682 Jahre bis das Mittelmeer ausgetrocknet ist.

Dabei entstehen rund 24 m Salz und rund 1.3 m Gips.

Gruppe 4: KLASSIFIKATION DER MINERALIEN

Text 1: Die chemische Klassifikation der Minerale

(Bauer und Tvrz 1972, 10-11)

Der stoffliche Aufbau der Minerale

Wir haben bereits festgestellt, dass sich die Erdrinde aus verschiedenen Gesteinen zusammensetzt, deren Grundbestandteile wiederum die Minerale sind. Die meisten Minerale sind bestimmte Verbindungen von chemischen Grundstoffen, den Elementen, und einige bestehen aus nur einem chemischen Element, wie z. B. Kupfer, Gold, Schwefel oder Kohlenstoff; Letzteren kennen wir als Diamant oder als Graphit. Der Grundstoff des verbreitetsten Minerals, des Quarzes, ist Siliciumdioxid (SiO_2), eine Verbindung von Silicium und Sauerstoff. In zahlreichen anderen Mineralen dagegen schliesst sich eine grössere Anzahl von Elementen zu sehr komplizierten Verbindungen zusammen, Die meisten Minerale sind anorganische Gebilde. Nur in Ausnahmefällen haben wir es mit Verbindungen organischer Herkunft zu tun, wie z. B. beim Bernstein (ein fossiles Harz) oder beim Whewellit (ein Calciumoxalat).
In der Natur kommen etwa 3000 verschiedene Minerale vor. Sie sind aus den 92 chemischen Elementen (Wasserstoff' bis Uran) gebildet. Von dieser grossen Anzahl der bekannten Mineralarten ist aber nur ein sehr kleiner Teil, etwa 40 bis 50, allgemein verbreitet, z. B. Quarz, Feldspäte, Glimmer, Pyroxene, Amphibole, Olivin. Diese Minerale bilden die Hauptgemengeteile verschiedener Gesteine. Sie heissen *deshalb gesteinsbildende Minerale.*

Das Klassifikationssystem der Minerale

Wie in jedem naturwissenschaftlichen Fachgebiet hat es sich auch in der Mineralogie als notwendig und zweckmässig erwiesen, die einzelnen Arten der Minerale in ein übersichtliches System zu bringen. Zwar sind 3000 bekannte Minerale im Vergleich zu den Zehntausenden von Gattungen in der Biologie keine überwältigende Menge. Aber dennoch ist es vorteilhaft, die Minerale nach ihrer chemischen Zusammensetzung und nach ihrem inneren Gitterbau, ihrer Feinstruktur, zu ordnen. Dieses sehr übersichtliche Ordnungsprinzip finden wir in fast allen Mineraliensammlungen. Man beginnt mit den chemisch einfachsten, d. h. den Elementen, die bereits an sich ein Mineral sind, und ordnet dahinter die komplizierteren Verbindungen ein, wobei auch die chemischen Verwandtschaftsbeziehungen der Minerale berücksichtigt werden. Auch für kleinere, private Sammlungen ist diese Ordnung zu empfehlen.
Ebenso bewährt wie weitverbreitet ist die Einreihung der Minerale nach kristallchemischen Gesichtspunkten, entsprechend den Mineralogischen Tabellen von H. Strunz, in neun natürliche Klassen:

l. Elemente
2. Sulfide (Selenide, Teiluride, Arsenide, Antimonide, Bismutide)
3. Halogenide
4. Oxide, Hydroxide
5. Nitrate, Carbonate, Borate
6. Sulfate (Chromate, Molybdate, Wolframate)
7. Phosphate, Arsenate, Vanadate
8. Silikate
9. Organische Substanzen

Nach diesem Klassifikationssystem sind auch im vorliegenden Kosmos-Mineralienführer die Minerale des Tafelteils gegliedert.

Text 2

Die chemische Klassifikation der Minerale: Erläuterungen zum Text 1

1. Elemente

Nur aus einem Element bestehend. Bsp.: Gold (Au), Diamant (C)

Die Klassen 2-8 werden durch die **Art der Anionen** bestimmt.

2. Sulfide

Anion ist Schwefel (S^{2-} ; S^{1-}). Bsp.: Pyrit (FeS_2), Zinkblende (ZnS)

3. Halogenide

Anion ist Chlor (Cl^-) oder Fluor (F^-). Bsp.: Salz (NaCl), Fluorit (CaF_2)

4. Oxide, Hydroxide

Anion ist Sauerstoff (O^{2-})oder eine OH^- Gruppe. Bsp.: Hämatit (Fe_2O_3), Rubin ($Al_2O_{3)}$, Quarz (SiO_2), Goethit (FeOOH)

5. Karbonate

Anion ist die CO_3^{2-} Gruppe. Bsp.: Calcit ($CaCO_3$), Dolomit ($CaMg(CO_3)_2$)

6. Sulfate

Anion ist die SO_4^{2-} Gruppe. Bsp: Gips ($CaSO_4 * 2H_2O$)

7. Phosphate

Anion ist die PO_4^{3-} Gruppe. Bsp: Apatit ($Ca_5(F(PO_4)_3)$)

8. Silikate

Silikate sind Minerale, in denen Silizium, Sauerstoff und andere Elemente miteinander verbunden sind. Die Anionengruppen sind Kombinationen von Silizium und Sauerstoff. Zum Beispiel SiO_4^{4-} oder $Si_3O_8^{4-}$ usw.

Bsp.: Olivin (Mg_2SiO_4), Kalifeldspat ($KAlSi_3O_8$)

9. Organische Substanzen

Bestehen aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und anderen Elementen.

Bsp.: Bernstein (fossiles Harz)

Aufgabe 1

Die Anionen bestimmen, in welche Klasse die Minerale gehören. Teilen Sie mit Hilfe der Bestimmungstabelle (Anhang 3D, Seite 81) die Minerale den verschiedenen Klassen zu. Was fällt Ihnen auf?

Hat diese Klassifizierung eine geologische Bedeutung?

In der Expertenrunde können die Lösungsvorschläge diskutiert werden.

Text 3: Die Zusammensetzung der Erdkruste

Die Erdkruste besteht hauptsächlich aus folgenden Elementen (Angabe in Gewichts-%):

Sauerstoff 46%
Silizium 28%
Aluminium 8%
Eisen 6%
Magnesium 4%
Calzium 2.4 %
Kalium 2.3%
Natrium 2.1%

Alle restlichen Elemente sind mit weniger als 1% in der Erdkruste vorhanden !

Die gesteinsbildenden Minerale sind die Hauptgemengteile der Gesteine, welche die Erdkruste aufbauen. Die Zusammensetzung der Minerale müssen demzufolge die Zusammensetzung der Erdkruste wiederspiegeln.

Betrachtet man die Zusammensetzung der Erdkruste, wird sofort klar, dass die Silikate (Verbindungen von Silizium und Sauerstoff) und die Oxide die wichtigsten gesteinsbildenden Minerale sind! Gerade in den magmatischen und metamorphen Gesteinen sind die Silikate und Oxide (vor allem Quarz) sehr häufig. Diese Gesteine bilden den grössten Teil der Erdkruste.

Die Silizium-Sauerstoff-Verbindungen bauen im Mineral die Anionengruppen auf. Als Kationen treten hauptsächlich die oben aufgeführten Metalle auf.

Aufgabe 2

Sie haben die Gesteinsbildenden Minerale in verschiedene Klassen eingeteilt. Betrachten Sie jetzt die chemischen Formeln der Silikate etwas genauer. Welche Kationen treten hauptsächlich auf ?

Zum Beispiel beim Kalifeldspat: Die $Si_3O_8^{4-}$ -Gruppe bildet das Anion, K^+ und Al^{3+} bilden die Kationen.

In der Expertenrunde können die Lösungsvorschläge diskutiert werden.

Aufgabe 3

Nehmen Sie ein Stück Calcit und einen Hammer zur Hand. Schlagen Sie auf das Calcitstück und beschreiben Sie die Spaltstücke (wenn nötig mit der Lupe). Wiederholen Sie den Vorgang drei bis vier Mal. Was stellen Sie fest ?

Der kristalline Aufbau von Mineralen

Text 4

A) Formen von Mineralen

Eine grosse Faszination geht von den **regelmässigen Kristallen** der Minerale aus. Was bestimmt die Form eines Minerals ?

Beim Spalten von Calcit sieht man, dass jedes Spaltstück die gleiche Form hat wie das ursprüngliche Stück. Setzen wir diesen Prozess in Gedanken fort, bis wir zu der kleinsten spaltbaren Einheit kommen. Diese Einheit hat immer noch die typische Calcitform. Sie wird als **Einheitszelle oder Elementarzelle** bezeichnet (siehe Abbildung 1). **Die Elementarzelle ist also die kleinste Einheit, die noch alle Eigenschaften des Minerals aufweist.** Die Kantenlängen der Enheitszelle sind ungefähr 1 nm klein! Die Form der Einheitszelle wird durch die chemische Zusammensetzung des Minerals bestimmt. Im Falle von Calcit ist dies Ca^{2+} als Kation und CO_3^{2-} als Anion.

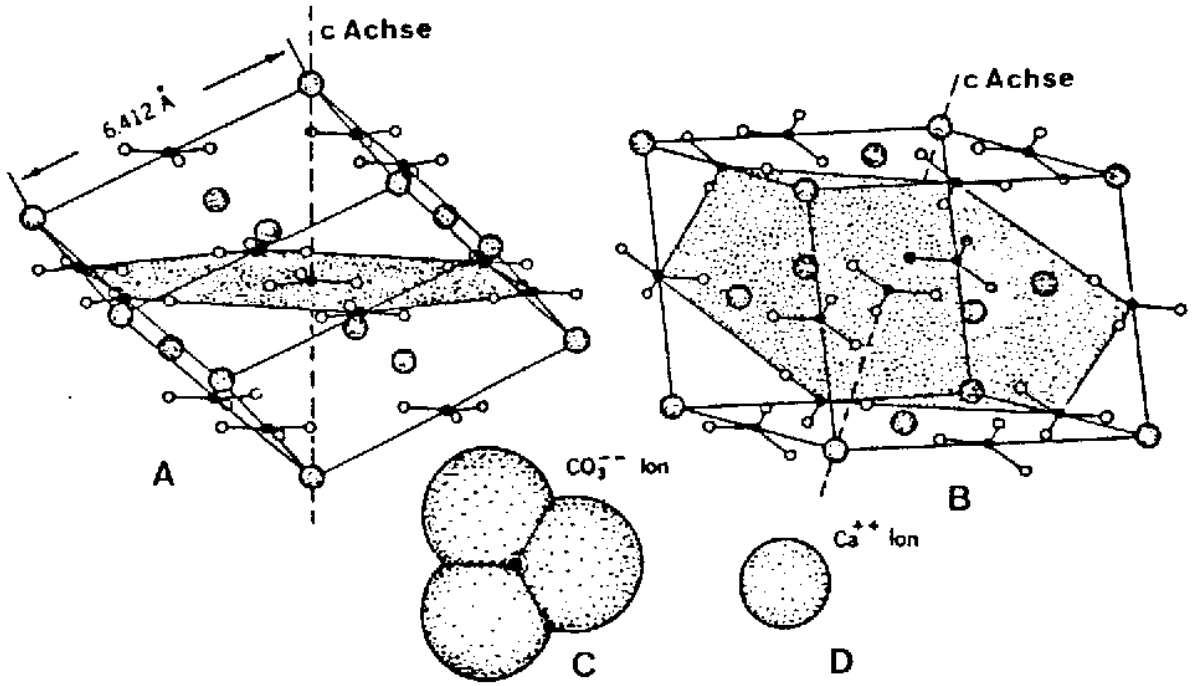


Abb. 1: Die Calcitstruktur. Die Form der Elementarzelle ist gleich wie die Form der Spaltstücke (Trommsdorff und Dietrich 1987, 3)

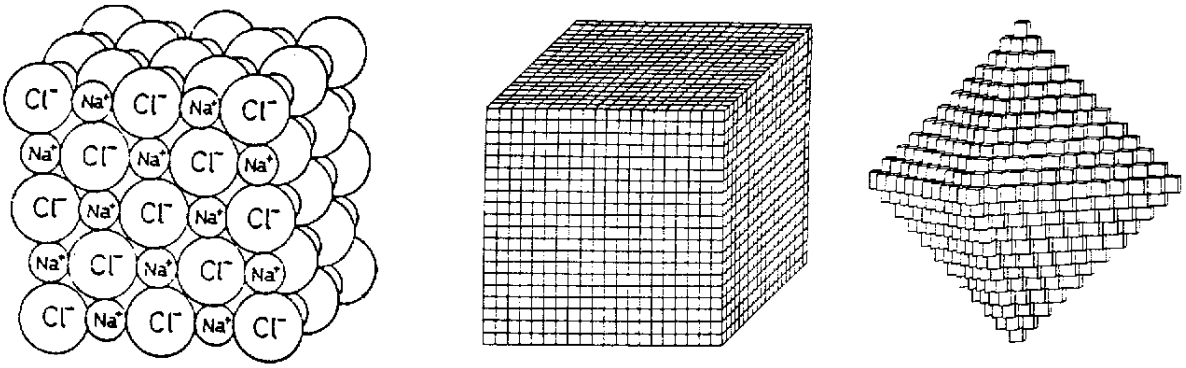
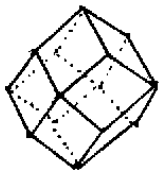
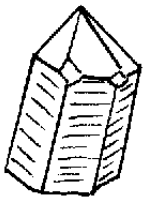


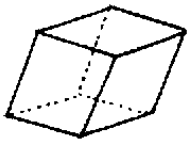
Abb. 2: Die Kristallstruktur von Steinsalz (links; Trommsdorff und Dietrich 1987, 21) und die Beziehung zwischen Elementarzelle und Kristallform (rechts; Ernst 1977, 32).

Das Mineral ist also nichts anderes als die Stapelung von sehr vielen dieser Einheitszellen (Abbildung 2). Das Mineral hat somit eine **periodische Anordnung** von Bausteinen. Diese Ordnung wird als Kristallinität bezeichnet. Fast alle Festkörper haben einen **kristallinen Aufbau**. In Flüssigkeiten oder Gasen hingegen sind die einzelnen Teile (z.B. Moleküle) richtungslos angeordnet. Dies wird als **amorph** bezeichnet. Es ist nicht immer direkt sichtbar, ob ein Material kristallin oder amorph ist. Ein Bruchstück eines Bergkristalles und ein Glasbruchstück sehen sich sehr ähnlich. Der Bergkristall ist kristallin, das Glas aber amorph.

Ein wichtiges Unterscheidungskriterium sind Kristallflächen. Solche treten nur bei kristallinen Substanzen auf. Die ausgebildeten Flächen entsprechen sehr oft den Flächen der Elementarzelle. Häufig werden auch noch einfache Diagonalflächen der Elementarzelle ausgebildet.
Betrachten wir zum Beispiel den Quarz: Das sechsseitige Prisma entspricht den Flächen der Elementarzelle. Die Spitze wird gebildet durch Flächen die parallel zu Diagonalflächen der Elementarzelle liegen.
Wir sehen also: **Schöne Formen entstehen nur bei kristallinem Material. Die Geometrie der Elementarzelle bestimmt die möglichen Formen des Minerals.**
Bei einigen Mineralen ist die Form sehr typisch und kann als Bestimmungsmerkmal herangezogen werden:

Granat: Rhombendodekaeder 

Quarz: Sechsseitiges Prisma mit Spitze 

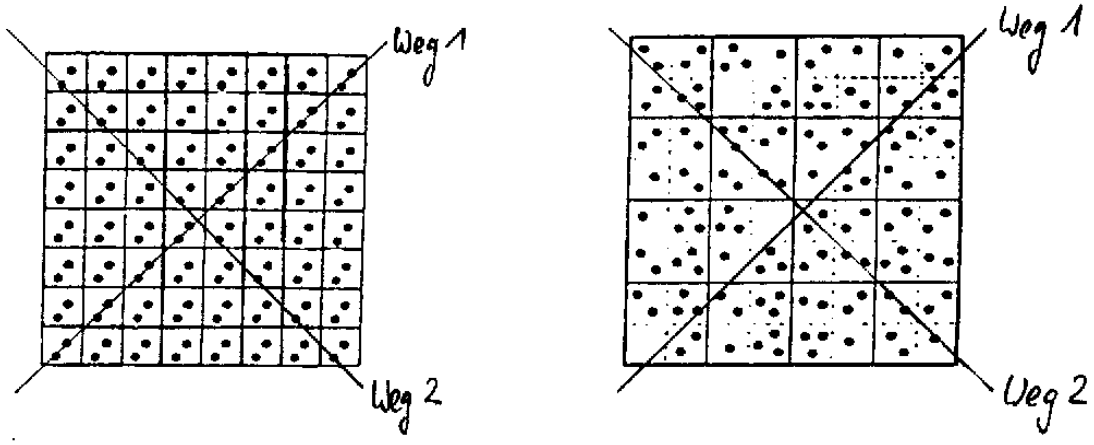
Calcit, Dolomit: Schiefer Quader 

Glimmer: Sechsseitiges plattes Prisma

Text 5:

B) Eigenschaften von Kristallen

Auf der untenstehenden Abbildung ist ein kristalliner und ein amorpher Körper schematisch dargestellt. Der kristalline Körper (A) hat eine periodische Anordnung der Elementarzelle. Beim amorphen Körper (B) ist keine Ordnung ersichtlich. Haben diese Körper die gleichen Eigenschaften?



Betrachtet man zum Beispiel die Ritzhärte. Sie wird unter anderem durch die Atomdichte entlang des Ritzweges bestimmt. In der Abbildung (A) sieht man, dass der Weg 1 eine doppelt so hohe Atomdichte hat wie Weg 2. Im Körper (B) sind die Atome statistisch verteilt. Das heisst, dass die Atomdichte entlang jedem Weg (z.B. Weg 1 und Weg 2) gleich gross ist. Somit hat der Körper (A) in verschiedenen Richtungen verschiedene Ritzhärten, während Körper (B) in allen Richtungen die gleiche Ritzhärte besitzt.
Diese Überlegungen kann man verallgemeinern.
Amorphe Körper haben in **alle Richtungen gleiche Eigenschaften**. Solche Körper werden als **isotrop** bezeichnet. Kristalline Körper sind **anisotrop**. Sie haben in **verschiedenen Richtungen unterschiedliche Eigenschaften**.

Achtung: Es gibt auch Ausnahmen! Hochsymmetrische Kristalle wie der Granat sind auch isotrop.

Aufgabe 4

Versuche mit kristallinen und amorphen Substanzen

Experimentieren Sie mit dem aufliegenden Material selber !

1) Ritzhärte:
Nehmen Sie den Disthen zur Hand und ritzen sie ihn sowohl in Längs- wie auch in Querrichtung mit dem Messer. Was stellen Sie fest ? Ritzen Sie mit dem Bergkristall die Glasplatte in verschiedenen Richtungen. Beschreiben Sie die Unterschiede.

2) Spaltbarkeit:
Schlagen Sie mit dem Hammer auf ein Glasplättchen und auf einen Calcitkristall. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen amorphen bzw. kristallinen Substanzen und der Spaltbarkeit ? Sie können auch die Mineralientabelle zur Hand nehmen.

3) Doppelbrechung:
Zeichnen Sie zwei sich schneidende Linien auf ein Blatt. Legen Sie einen Calcitkristall auf den Schnittpunkt und drehen Sie den Kristall. Machen Sie dasselbe mit der Glasplatte. Interpretieren Sie ihre Beobachtungen.

Diskutieren Sie die Lösungen in der Expertenrunde.

Text 6: Für die schnellen ExpertInnen

Kristallsysteme

Im Text 3 wurde gezeigt, dass jedes Mineral aus gestapelten Elementarzellen besteht. Somit ist die Geometrie des Minerals bestimmt durch die Geometrie der Elementarzelle. Um die Geometrie der Elementarzelle zu beschreiben brauchen wir sechs Grössen (siehe Tabelle): Dies sind die **drei Kantenlängen** der Zelle und die **Zwischenwinkel der Kanten**. Aus diesen Grössen lassen sich sieben grundsätzlich verschiedene Elementerzellen konstruieren. Dies entspricht den **sieben Kristallsystemen**. Zwei dieser Systeme basieren auf einer sechseckigen Grundfläche der Elementarzelle: Das triagonale und das hexagonale Kristallsystem. Die Namen der Kristallsysteme und die geometrischen Bedingungen sind auf der Tabelle zusammengestellt.

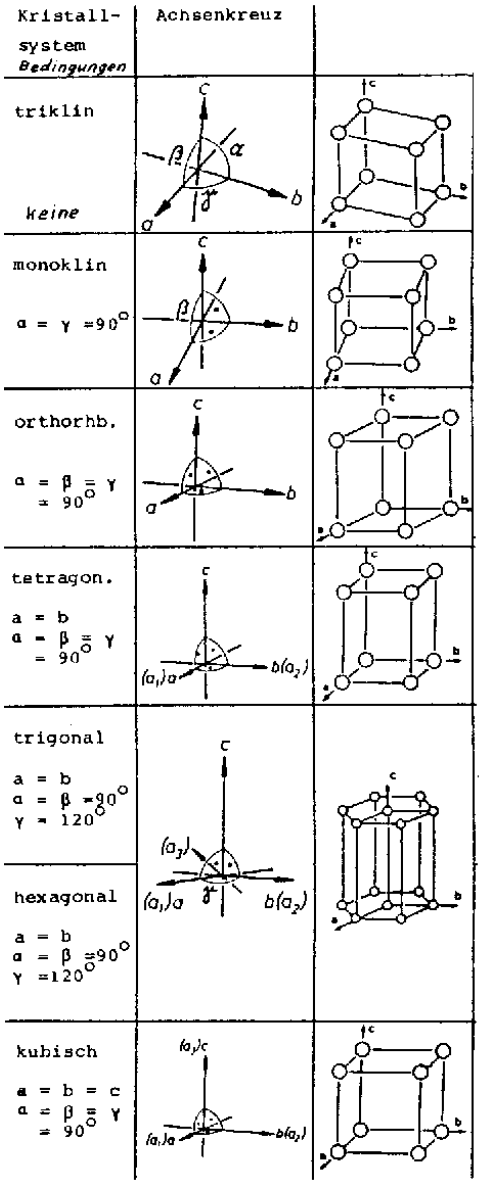
Wie können wir aber die Geometrie einer Elementarzelle mit der Geometrie des Kristalls vergleichen? Können wir direkt die Winkel und die Kantenlänge am Mineral sehen?

Die beste Methode die Geometrie zu vergleichen, ist mit Hilfe von **Symmetrien**. Hat die Elementarzelle drei Spiegelebenen, so hat auch das Mineral drei Spiegelebenen. Symmetrie ist eine Eigenschaft, die unabhängig ist von der Grösse!

Probleme bei der Bestimmung von Kristallsystemen:

1) Die meisten Minerale, die in Gesteinen auftreten, haben keine schön ausgebildeten Formen. Man kann gar keine Symmetrien sehen.
2) Die Kristallflächen von gut auskristallisierten Mineralen sind oft verzogen. Dadurch wird die Symmetrie des Kristalls verkleinert. Nur bei ideal ausgebildeten Kristallen stimmt die Symmetrie der Elementarzelle mit derjenigen des Kristalls überein.

Aus diesen Gründen ist eine **Einteilung der gesteinsbildenden Minerale nach Kristallsystemen nicht sinnvoll**.



(Trommsdorff und Dietrich 1987, 6)

Antworten zu den Aufgaben 1-4

Aufgabe 1:

Silikate sind mit Abstand am wichtigsten. Weitere Erläuterungen Sie im Text 3 und in den Antworten zu den Schüler Lernkontrollen.

Die Klassifizierung hat keine grosse, geologische Bedeutung. Sie hilft nur, Ordnung in die Vielzahl von Mineralen zu bringen. In einem metamorphen Gestein können gut Minerale aus 4 verschiedenen Klassen auftreten. Aus diesem Grund sind in dieser Gruppenarbeit die Minerale nach Entstehungsart (magmatische, metamorphe und sedimentäre Minerale) sortiert. Man weiss sofort, welche Minerale sonst noch im Gestein auftreten könnten.

Aufgabe 2:

In den gesteinsbildenden Mineralen treten hauptsächlich die wichtigsten Elemente der Erdkruste auf. Man sieht sehr schön, wie die Zusammensetzung der Erde die Chemie der gesteinsbildenden Minerale bestimmt. Ein gutes Beispiel stellt die Hornblende dar. Dort treten alle wichtigen Elemente der Erdkruste in einem Mineral auf !

Aufgabe 3:

Die Spaltstücke haben immer die gleiche Form wie das Ausgangsstück.

Aufgabe 4:

1) Die Ritzhärte ist im Disthen (anisotropes Material) in der Querrichtung grösser als in der Längsrichtung. Beim Glas (isotropes Material) ist die Ritzhärte in alle Richtungen gleich.

2) Calcit (anisotropes Material) hat eine gute Spaltbarkeit. Glas hat keine Spaltbarkeit.

Tritt eine Spaltbarkeit auf, so handelt es sich immer um eine kristalline Substanz. Gibt es keine Spaltbarkeit, so kann man keine Aussagen machen. Sowohl Glas als auch Bergkristall hat keine Spaltbarkeit.

3) Calcit hat eine ausgeprägte Doppelbrechung. Dies ist eines der besten Beispiele zur Veranschaulichung der Anisotropie in Mineralen. Die Glasplatte (isotropes Material) zeigt dieses Phänomen nicht.

ANHANG 3

Zusatzmaterialien

		Seite
Anhang 3A:	**5-Schritte Methode** **Wie lese ich einen Text?**	**77**
Anhang 3B:	**Kochbuchrezept zum Mineralbestimmen** **Wie bestimme ich Minerale?**	**78-80**
Anhang 3C:	**Minididaktik in 5 Schritten** **Wie unterrichte ich neues Wissen?**	**81-82**
Anhang 3D:	**Vollständige Mineraltabellen** **Wo suche ich die Mineraleigenschaften?**	**83-93**
Anhang 3E:	**Weitere Materialien für die ExpertInnengruppen** **Was brauche ich alles für Materialien in der ExpertInnengruppe?**	**94**

ANHANG 3A

5-Schritte-Methode

Es ist nicht einfach, umfangreiches Material zu studieren und die wichtigen Punkte herauszufiltern. Mit der 5-Schritte-Methode werden Sie automatisch gezwungen, sich auf das Wichtigste zu beschränken.

1. Schritt: Überblick gewinnen

Zuerst verschaffen Sie sich einen Überblick. Überfliegen Sie dazu den Text. Orientieren Sie sich an Titeln, Fettgedrucktem und Darstellungen. So kriegen Sie in nützlicher Frist einen Eindruck von der Thematik.

2. Schritt: Fragen zum Text stellen

Hier beginnt die Knochenarbeit! Aufgrund des bei Schritt 1 gewonnenen Überblicks stellen Sie sich konkrete Fragen zum Text. Die Fragen formulieren Sie am besten schriftlich. Fragen stellen ist mühsam. Es ist bewiesen, dass Fragen stellen auch wirksam ist.

3. Schritt: Lesen

Jetzt lesen Sie den Text gründlich durch. Lassen Sie sich Zeit dazu. Überfliegen des Textes bringt Ihnen überhaupt nichts! Vergleichen Sie die bei Schritt 2 gestellten Fragen mit dem Text. Falls nötig, verändern oder ergänzen Sie die Fragen entsprechend. Alle Schwerpunkte des Textes sollten mit Fragen abgedeckt sein.

4. Schritt: Fragen beantworten

Nun schliessen Sie Ihre Unterlagen. Fassen Sie jetzt den gelesenen Text schriftlich zusammen. Anschliessend versuchen Sie, die bei Schritt 2 gestellten Fragen schriftlich zu beantworten.

5. Schritt: Rückblick

Zum Schluss geht es darum zu kontrollieren, ob alle Fragen richtig beantwortet sind. Ausserdem müssen Sie die Vollständigkeit des Fragekatalogs testen. Sind alle wichtigen Fragen gestellt und beantwortet?

Nach dem Studium des Textes mit der 5-Schritte-Methode garantiere ich Ihnen, dass Sie den Text im Griff haben. Sie beherrschen nun das Fachwissen und haben somit die erste Hürde in Ihrer ExpertInnenkarriere genommen!

ANHANG 3B

Kochbuchrezept zum Mineralbestimmen

Makroskopisches Mineralbestimmen ist nicht einfach. Aber ein paar kleine Tricks erleichtern Ihnen das Erkennen bestimmter Minerale enorm.
Vor allem müssen Sie alle Hilfsmittel, die zur Verfügung stehen, auch wirklich benützen. Die Lupe (oder ein Binokular) vereinfacht das Erkennen von Details. Sackmesser und Salzsäure gehören auf jeden Fall in Ihre Hosentasche. Zudem helfen Ihnen Mineralbestimmungstabellen sicherlich auch weiter.
Wie bestimmen Routiniers Minerale? Das Kochbuchrezept zum Mineralbestimmen gibt Ihnen eine mögliche Antwort!

Zwei Fälle sind zu unterscheiden:

FALL A	**FALL B**
Ich habe **eine Ahnung**, was es sein könnte.	Ich habe **keine Ahnung**, was es sein könnte.
Ich nehme die **Mineralbestimmungs-tabellen** zur Hand. Ich kontrolliere die Eigenschaften des vermuteten Minerals mit der Tabelle. Falls sich die beiden Aussagen decken, ist das Mineral eindeutig identifiziert.	Ich nehme das **Kochbuchrezept** zum Mineralbestimmen in die Hände. Jetzt gehe ich **Schritt für Schritt** vor. Jede Eigenschaft wird bestimmt. Nun suche ich in den Tabellen das Mineral, das am besten zu den bestimmten Eigenschaften passt.

Kochbuchrezept

a) Farbe

Jetzt denken Sie sicher, die Farbe ist das allerbeste Bestimmungsmerkmal von Mineralen. Weit gefehlt, die Farbe eines Minerals kann durch äussere Einflüsse wie z.B. radioaktive Strahlung oder kleine Änderungen in der Mineralchemie leicht verändert werden. Ein Quarz kann durchscheinend, braun oder rötlich sein (vgl. Farbphotos Seite 48).
Also, lassen Sie sich von der Farbe nicht täuschen! Die Farbe *kann* eine Bestimmungshilfe sein, muss aber nicht unbedingt.

b) Spezielle Eigenschaften

Bestimmte Minerale haben typische Eigenschaften. Diese sind meistens einfach zum Testen. Einige Beispiele werden hier genannt:

- Calcit: reagiert mit der Salzsäure, er schäumt.
- Steinsalz: Beim Ablecken mit der Zunge schmeckt es salzig.
- Magnetit: Mit einem Magneten können alle Minerale getestet werden. Nur der Magnetit bleibt am Magneten kleben.

c) Härte

Sie haben in den vergangenen Stunden die Härte eines Minerals kennengelernt. Unterschiedliche Minerale besitzen verschiedene Härten. Ein Herr Mohs hat dazu eine ganze Mineralhärtereihe (Tab.1) entwickelt. Das zugrunde liegende Schema ist banal. Die Skala umfasst 10 Minerale, wobei das weichste die Härte 1 und das härteste die Härte 10 besitzt. Das Mineral B mit Härte 2 kann das Mineral A mit Härte 1 ritzen. Und so weiter.

Härte	*Mineralname*	*Faustregel*
1	Talk	Mit Fingernagel ritzbar
2	**Steinsalz**	
3	**Calcit**	Mit Sackmesser ritzbar
4	Fluorit	
5	Apatit	
6	**Alkalifeldspat**	Glasplatte wird geritzt
7	**Quarz**	
8	Topas	
9	Korund	
10	Diamant	

Tab. 1: Die Mohs´sche Härteskala, fettgedruckte Minerale werden Sie in dieser Puzzle-Runde kennenlernen.

Damit Sie auch im Freien auf einer Wanderung Mineralhärten bestimmen können, geben wir Ihnen einige Faustregeln zur Härtebestimmung von Mineralen an:

1.) Weiche Minerale können Sie mit Ihren Fingernägeln ritzen. Ihr Mineral hat somit die Härte 1-2.

2.) Der Stahl einer Sackmesserklinge hat die Härte 5-6. Wenn ein Mineral den Stahl zerkratzen kann, muss das Mineral eine Härte grösser 5-6 besitzen.
Allgemein gilt: Harte Körper können weichere zerkratzen.

3.) Die vor Ihnen liegende Glasplatte ist von der Härte 6-7. Sie ist härter als Stahl. Minerale, die keinen Kratzer im Glas hinterlassen, den Stahl der Sackmesserklinge aber ritzen, haben eine Härte zwischen 5-6 und 6-7.

d) Form, Habitus

In den Bestimmungstabellen finden Sie Skizzen von den jeweiligen Mineralen. Sie geben einen Idealfall an. Ideal heisst, dass die Minerale während des Wachstums genug Zeit und Platz hatten, um ihre eigene Form auszubilden. Schauen Sie sich die Musterexemplare an. Dies sind alles solche Idealfälle! Leider haben die Minerale in der Natur weder genügend Platz noch genügend Zeit, um diesen Fall zu erreichen. Ihre Form ist dann nicht vollkommen ausgebildet. Die Minerale sind schwieriger zu bestimmen. Vergleichen Sie doch die Musterexemplare mit den Mineralen in einem Gestein. Es ist offensichtlich, was gemeint ist, oder?

e) Spaltbarkeit

Die Spaltbarkeit drückt aus, wo, in welcher Ebene, sich ein Mineral bevorzugt teilt. Am besten machen Sie hier ein kleines Experiment. Nehmen Sie einen Glimmer (= dünnes glänzendes Blättchen, welches in einem angeschriebenen Schächtelchen liegt). Versuchen Sie, dieses Mineral mit dem Fingernagel zu spalten. Sie werden feststellen, dass der Glimmer sich in einzelne Blättchen spaltet. Die Spaltbarkeit ist in dieser Richtung vollkommen.
In den Tabellen finden Sie Begriffe wie schlecht spaltbar, mässig spaltbar und gut spaltbar. Sie stufen die Fähigkeit eines Minerals, sich zu spalten, ein.
Leider ist nicht jedes Mineral spaltbar. Trotzdem kann man sie zerbrechen. Diese Bruchfläche heisst dann Bruch. Die Art der ausbildung wird zusätzlich beschrieben. Beim Quarz zum Beispiel besitzt einen muscheligen Bruch. Die Bruchfläche hat die Form einer Muschel.

f) Glanz

Halten Sie eines der Minerale ins Licht. Was geschieht? Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen. Im Licht beginnt das Mineral zu glänzen. Manchmal schillert es, oder es glänzt wie der Perl-mutt einer Muschel. Dann wiederum kann ein Mineral im Licht einfach trüb erscheinen. Diese Eigenschaft, das Licht zu reflektieren, heisst Glanz. Zur Beschreibung des Glanzes gibt es keine absolute Nomenklatur. Also, ihre Phantasie ist gefragt. Verknüpfen Sie Ihre Beobachtungen mit einem passenden Wort. Begriffe wie Glasglanz, Perlmuttglanz, Fettglanz und Seidenglanz sind dann die Folge.
Ein Mineral ist transparent, wenn Sie das Gefühl haben, durch dieses Mineral hindurchsehen zu können.

ANHANG 3C

Minididaktik in 5 Schritten

Wissensvermittlung muss gelernt sein. Eine chaotische, unstrukturierte Stoffvermittlung benötigt zuviel Zeit. Sie erschwert den Unterricht. Zusätzlich werden die Schüler verwirrt.
Als Vorschlag für ein mögliches, gut durchdachtes Vorgehen schlage ich Ihnen die folgende Minididaktik in fünf Schritten vor.
Falls Sie aber das Gefühl haben, Sie hätten eine ebenso gute Methode oder sogar eine bessere Idee, wenden Sie diese nur an!

Übersicht

Zuerst geben Sie eine kurze Übersicht über das Stoffgebiet. Das sind höchstens 3 bis 4 Sätze. Ihre Zuhörer sollen wissen, um was es in der kommenden Stunde geht. Lesen Sie aber nicht einfach den Titel ihres Kapitels vor. Ihre Schüler müssen sich etwas Konkretes unter Ihrer Einführung vorstellen können.
Vermeiden Sie beim Erklären Fach- und Fremdwörter. Sprechen Sie umgangssprachlich, klar und deutlich!

Ziele

Geben Sie Ihre Unterrichtsziele bekannt. Was müssen die Schüler am Ende dieser Stunde alles wissen und können. Orientieren Sie sich an den vorgegebenen Lernzielen. Nennen sie nur die allerwichtigsten Ziele. Mehr als zwei bis drei Lernziele kann sich ein Schüler nicht im Kopf behalten.

Unterricht

Als Einstieg können Sie die wichtigsten Punkte anhand einer Graphik, einer Skizze oder eines Musterbeispiels zeigen. Dies erleichert den Einstieg.
Jetzt starten Sie mit dem Unterricht. Sie dürfen nun in die Details gehen. Erklären Sie Ihren Schülern die nötigen Einzelheiten. Illustrieren Sie Ihre Erklärungen ebenfalls mit Skizzen. Ihre Zuhörer lernen einfacher, wenn Sie den neuen Stoff vor Augen *und* in den Ohren haben.
Teilen Sie Ihren Stoff in kleine Portionen ein. Vermitteln Sie diese Stück um Stück. Das gibt Ihren Schülern die Möglichkeit, zwischendurch Fragen zu stellen.
Auf jeden Fall sollen sich die Lernenden Notizen während Ihren Ausführungen machen.

Rückmeldungen

Hier ergibt sich für die Schüler die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Erklären Sie Unklarheiten nochmals. Benützten Sie dazu möglichst eine neue Wortwahl. Wählen Sie Ihre Tonlage so,

dass keiner der Fragenden sich als "blöd" vorkommen muss, weil er etwas beim ersten Mal nicht mitgekriegt hat. Geben Sie Ihren Schülern auch die Möglichkeit, einige Minuten nachdenken zu können, ob überhaupt Unklarheiten vorhanden sind.

Zusammenfassung

Mit einer Zusammenfassung schliessen Sie diesen Unterrichtsteil ab. Verwenden Sie auch hier nur bekannte Wörter, vermeiden Sie komplizierte Sätze. Zeigen Sie Ihre Skizzen und Musterbeispiele nochmals. Das ist besonders empfehlenswert! Eine Zusammenfassung soll kurz und prägnant sein!

ANHANG 3D

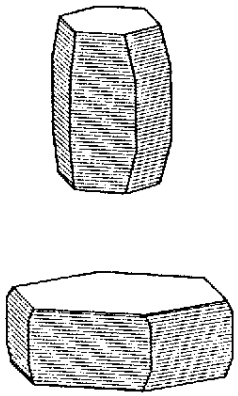
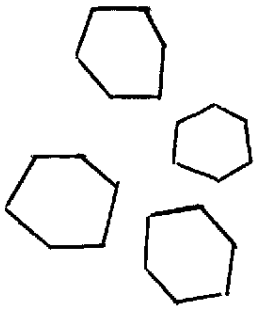
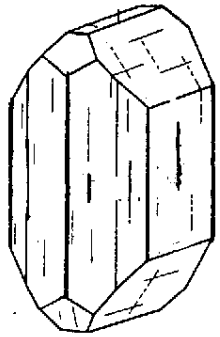
Mineralbestimmungstabellen

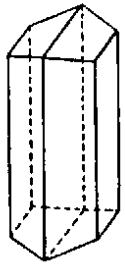
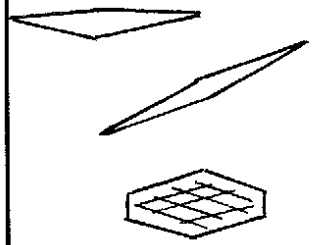
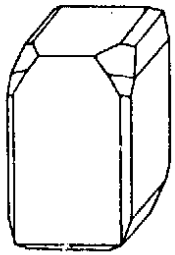
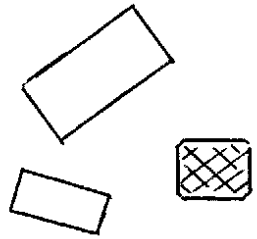
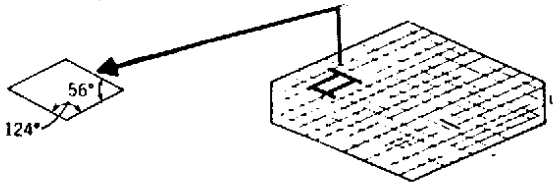
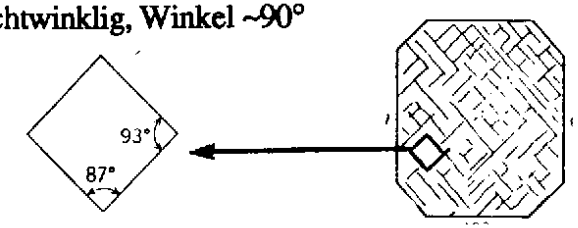
Die Tabellen sind jeweils im Header entsprechend angeschrieben.

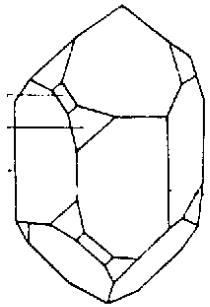
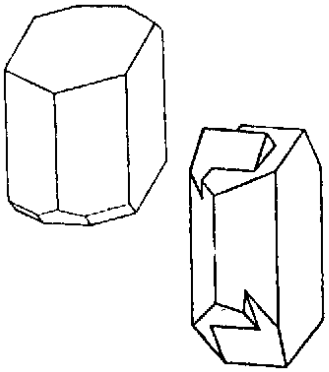
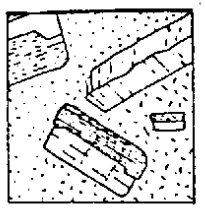
Magmatische Minerale

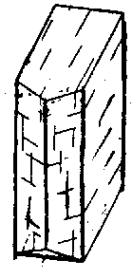
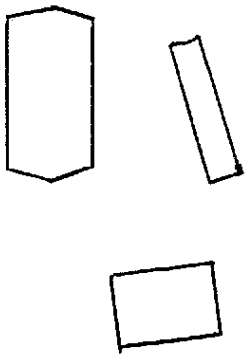
Metamorphe Minerale

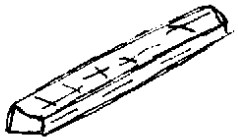
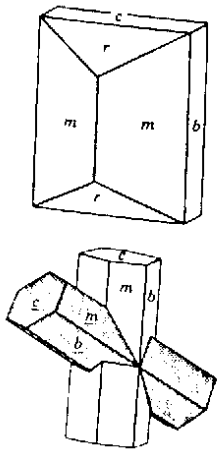
Sedimentäre Minerale

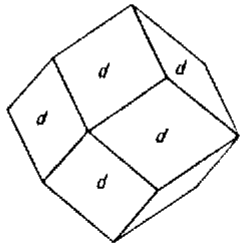
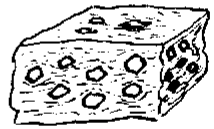
EIGENSCHAFTEN	BIOTIT		OLIVIN	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen				
Härte	1-2^1/2	mit Fingernagel abkratzbar	6^1/2-7	härter als die Glasplatte
Habitus, Form	blätterig, tafelig, sechseckig	ein schwarzes, punktförmiges Plättchen	prismatisch	keine Form ausgebildet, zuckerkörnig
Spaltbarkeit	ausgezeichnet	gut	---	---
Farbe	dunkelbraun bis schwarz	dunkelbraun bis schwarz	flaschengrün	gelblich, grünlich
Glanz	Perlmuttglanz	Perlmuttglanz	Glasglanz	Fettglanz
Chemie	$K(Mg,Fe)_3(Al,Fe)Si_3O_{10}(OH)_2$		$(Mg,Fe)_2SiO_4$	
spezielle Bemerkungen	Der Glanz des Biotits ist auffällig. Er glänzt von den dunklen Mineralen am stärksten.		Olivin sieht dem Quarz sehr ähnlich. Mit der Farbe lässt er sich gut vom Quarz unterscheiden. Obwohl der Olivin flaschengrün ist, wird er zur Gruppe der dunklen Minerale gezählt.	

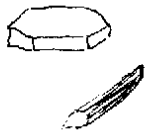
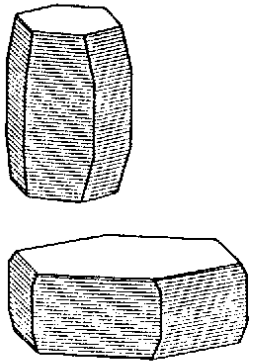
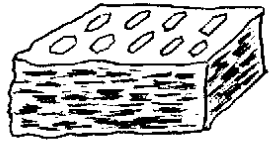
EIGENSCHAFTEN	AMPHIBOL (HORNBLENDE)		PYROXEN	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen				
Härte	5-6	ritzt weder Stahl noch Glas	5-6	ritzt weder Stahl noch Glas
Habitus, Form	langstengelig, langprismatisch	schmale, langgezogene Rhomben	kurzstengelig, kurzprismatisch	rechteckig
Spaltbarkeit	rhomboedrisch, Winkel ~120° 		rechtwinklig, Winkel ~90° 	
Farbe	flaschengrün bis schwarz	dunkelgrün bis schwarz	dunkelgrün bis schwarz	schwarz
Glanz	Glasglanz	Glasglanz	Glasglanz	Glasglanz
Chemie	$(Ca, Na, K)_2(Mg, Fe, Al, Ti)_5(Si_8O_{22})(OH, F)_2$		$(Ca, Mg, Fe)_2Si_2O_6$ oder $(Mg, Fe)SiO_3$	
spezielle Bemerkungen	Diese Amphibole werden als Hornblenden bezeichnet. Die Zusammensetzung von Amphibolen ist sehr komplex.		Es gibt zwei Arten Pyroxene: Klinopyroxene und Orthopyroxene. Wir unterscheiden die Pyroxene nicht.	

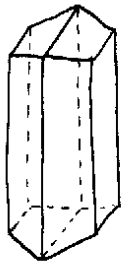
EIGENSCHAFTEN	QUARZ		ALKALIFELDSPAT	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen				
Härte	7	ritzt Glasplatte	6	ritzt Glasplatte gerade nicht mehr
Habitus, Form	stengelig	keine Form ausgebildet	kurzstengelig	rechteckige Querschnitte
Spaltbarkeit	---	---	sehr gut	gut
Farbe	farblos, durchscheinend	mausgrau	weisslich, rötlich, gräulich	weisslich, rötlich, gräulich
Glanz	Glasglanz	Fettglanz	Glasglanz, porzellanartig	Glasglanz, porzellanartig
Chemie	SiO_2		$(K, Na)AlSi_3O_8$	
spezielle Bemerkungen	Anstelle der Spaltbarkeit weist Quarz einen muscheligen Bruch auf. Die Spaltfläche ist uneben. Ein muscheliger Bruch sieht aus wie die Bruchstelle einer Glasscherbe.		Falls Sie einen rötlichen Feldspat im Gestein haben, dann ist es immer ein Alkalifeldspat! Alkalifeldspäte zeigen oft Zwillinge (vgl. mit Bildchen) . Eine Zwillingsfläche glänzt stark.	

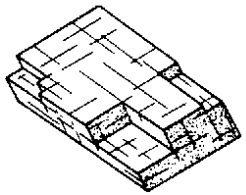
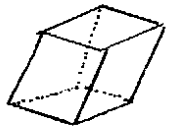
EIGENSCHAFTEN	PLAGIOKLAS (FELDSPAT)	
	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen		
Härte	6-6 1/2	kratzt das Glas gerade noch nicht
Habitus, Form	tafelig, prismatisch	rechteckige Querschnitte
Spaltbarkeit	gut	gut
Farbe	weisslich, grünlich, gräulich	weisslich, grünlich, gräulich
Glanz	Glasglanz	oft trüb, sonst auch Glasglanz
Chemie	(Na, Ca)Al(Si, Al)Si_2O_8	
spezielle Bemerkungen	Plagioklas und Alkalifeldspat sind schwierig voneinander zu unterscheiden! Wenn ein Feldspat rötlich ist, dann ist er ein *Alkalifeldspat*.	

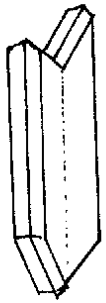
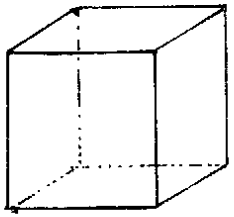
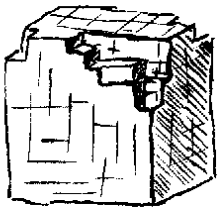
EIGENSCHAFTEN	DISTHEN		STAUROLITH	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen				
Härte	4.5 - 6.5	4.5 - 6.5	7	ritzt Glasplatte
Habitus, Form	stengelig		prismatisch, tafelig	prismatisch, tafelig
Spaltbarkeit	sehr gut	gut	gut	gut
Farbe	hellblau bis blau	hellblau bis blau	rotbraun bis braunschwarz	braunschwarz
Glanz	Glasglanz	Glasglanz	Glasglanz	Glasglanz
Chemie	Al_2SiO_5		$(Mg,Fe)_2(AlFe^{3+})_9(SiO_4)_4(OH)_2$	
spezielle Bemerkungen	Disthen ist mit Messer ritzbar in der Längsrichtung (Härte 4.5), jedoch nicht ritzbar quer dazu (Härte 6.5) Verwachsungen mit Staurolith		Staurolith zeigt oft Durchkreuzungszwillinge (siehe Bildchen) Oft mit Disthen verwachsen	

EIGENSCHAFTEN	GRANAT	
	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen		
Härte	6.5-7.5	ritzt Glasplatte
Habitus, Form	kugelig	kugelig
Spaltbarkeit	-	-
Farbe	hellrot, rotbraun, schwarz	hellrot, rotbraun, schwarz
Glanz	Glasglanz, Fettglanz	Glasglanz, Fettglanz
Chemie	$(Ca,Mg,Fe,Mn)_3(Al,Fe,Cr,Ti)_2Si_3O_{12}$	
spezielle Bemerkungen	Granat zeigt auch im Gestein schöne Kristallformen. Farbe sehr variabel	

EIGENSCHAFTEN	SERPENTIN		HELLGLIMMER	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen				
Härte	3-4	mit Messer sehr gur ritzbar	2-2.5	mit Fingernagel abkratzbar
Habitus, Form	-	-	blättrig, tafelig	silberglänzende Blättchen
Spaltbarkeit	gut	gut	ausgezeichnet	sehr gut
Farbe	meist dunkelgrün bis schwarz		farblos, weiss	farblos, weiss
Glanz	matt		Perlmuttglanz	Perlmuttglanz
Chemie	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$		$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$	
spezielle Bemerkungen	Mineral baut häufig das gesamte Gestein auf. Kristalle sehr klein und selten		Hellglimmer ist im Gestein als silberglänzende Plättchen gut erkennbar. Kann mit Fingernagel in einzelne Plättchen zerlegt werden	

EIGENSCHAFTEN	AMPHIBOL (schwarz)		AMPHIBOL (blau)	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen				
Härte	5-6	ritzt weder Stahl noch Glas	6	mit Messer nicht ritzbar
Habitus, Form	langstengelig, langprismatisch	langstengelig, langprismatisch	langstengelig, langprismatisch	langstengelig, langprismatisch
Spaltbarkeit	rhomboedrisch, Winkel ~120°		rhomboedrisch, Winkel ~120°	
Farbe	schwarz	braunschwarz,schwarz	blau, blauschwarz	blau, blauschwarz
Glanz	Glasglanz	Glasglanz	Glasglanz	Glasglanz
Chemie	$Ca_2(Mg,Fe)_3(Al,Fe)_2Al_2Si_6O_{22}(OH)_2$		$Na_2(Mg,Fe)_3(Al,Fe)_4Si_8O_{22}(OH)_2$	
spezielle Bemerkungen	Schwarze Amphibole werden als Hornblende bezeichnet. Die Zusammensetzung von Amphibol ist sehr komplex.		Blaue Amphibole werden als Glaukophan bezeichnet.	

EIGENSCHAFTEN	Calcit		Dolomit	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen				
Härte	3	selten mit Fingernagel ritzbar	3.5 - 4	
Habitus, Form	schiefer Quader	t.w.körnig, häufig dicht	schiefer Quader	t.w.körnig, häufig dicht
Spaltbarkeit	ausgezeichnet	selten Spaltflächen sichtbar	gut	selten Spaltflächen sichtbar
Farbe	weiss, gelblich, grau	weiss, gelblich, grau mit Graphit: schwarz!	weiss, gelblich, bräunlich	weiss, gelblich, bräunlich, grau
Glanz	glasglanz, matt		glasglanz, matt	
Chemie	$CaCO_3$		$CaMg(CO_3)_2$	
spezielle Bemerkungen	Calcit **braust** mit 10% Salzsäure ! Kommt auch in metamorphen Gesteinen vor (Marmore)		Dolomit **braust nicht** mit 10% Salzsäure ! Kommt auch in metamorphen Gesteinen vor (Marmore)	

EIGENSCHAFTEN	Gips		Salz	
	Einzelkristall	im Gestein	Einzelkristall	im Gestein
Bildchen		(Alabaster)		
Härte	1.5 - 2	Mit Fingernagel ritzbar	2	Mit Fingernagel ritzbar
Habitus, Form	tafelig, faserig	feinkörnig, dicht	würfelig	körnig
Spaltbarkeit	gut	selten Spaltflächen sichtbar	ausgezeichnet	oft Spaltflächen sichtbar
Farbe	farblos, weiss	farblos, weiss, rötlich, gräulich	farblos, weiss, selten blau oder rosa	farblos, weiss
Glanz	perlmuttglanz, seidenglanz	matt	Glasglanz	Glasglanz
Chemie	$CaSO_4*2H_2O$		NaCl	
spezielle Bemerkungen	Wichtigste Eigenschaft ist die geringe Härte. Das macht Gips zu einem beliebten Werkstoff, da man Alabaster einfach sägen und schleifen kann.		Wichtigstes Erkennungsmerkmal ist der typische **Salzgeschmack**! Tritt oft mit Gips zusammen auf.	

ANHANG 3E

Weitere Materialien für die ExpertInnengruppe

Neben den Mäppchen mit den Unterlagen für die vier Gruppen ist durch die Lehrkraft folgendes Zusatzmaterial bereitzustellen:

Gruppe 1:

* Musterbeispiele der sieben magmatischen Minerale: Olivin, Pyroxen, Amphibol, Biotit, Plagioklas, Alkalifeldspat, Quarz
* Fünf Tiefengesteine (Plutonite) mit den entsprechenden magmatischen Mineralen: Peridotit, Gabbro, Diorit, Granodiorit, Granit
* Schächtelchen mit Glimmer zum Spalten
* Werkzeug zumMineralbestimmen

Gruppe 2:

* Musterbeispiele der sieben metamorphen Minerale: Disthen, Staurolith, Granat, Hellglimmer, Serpentin, Hornblende, Glaukophan
* Metamorphe Gesteine, welche diese Minerale enthalten
* Werkzeug zum Mineralbestimmen

Gruppe 3:

* Musterbeispiele der vier sedimentären Minerale: Calcit, Dolomit, Salz, Gips
* Sedimentäre Gesteine, welche die oben genannten Minerale enthalten
* Werkzeug zum Mineralbestimmen

Gruppe 4:

* Musterbeispiele der Minerale: Calcit, Quarz, Disthen, Granat, Glimmer
* Calcite und Hammer für Spaltexperimente
* Disthene und Messer für Ritzexperimente
* Klarer Calcit für Doppelbrechung

ANHANG 4

Von den Autoren verwendete Quellen

Hier finden Sie die von den Autoren verwendeten Quellen. Gleichzeitig ist auch eine Literaturliste mit geeigneter Lektüre für Sie, die Schüler, abgedruckt. Falls Sie Interesse haben, werfen Sie doch einen Blick in die Geographiebibliothek Ihrer Schule!

für Schüler

BAUER J. und TVRZ F.: Der Kosmos Mineralienführer, Prag 1972, 4. Aufl. (Artia).

OBERHOLZER W.V., DIETRICH V.: Tabellen zum Mineral- und Gesteinsbestimmen. Zürich 1989 (vdf).

STRECKEISEN A.: Mineralien und Gesteine. Bern und Stuttgart 1987, 12. Aufl. (Hallwag).

für Lehrer

AMBACHER A.: Strahler, Klüfte und Kristalle. Amsteg 1986, 1. Aufl. (Geo Uri).

BOWEN N.L.: Igneous Rocks. New York 1956, 1. Aufl. (Dover Publications, Inc.).

ERNST G.U.: Bausteine der Erde. Stuttgart 1977, 1.Aufl. (Enke).

HSÜ K.J., BRIEGEL U.: Geologie der Schweiz; Ein Lehrbuch für den Einstieg, und eine Auseinandersetzung mit den Experten. Basel, Boston, Berlin 1991, 1. Aufl. (Birkhäuser).

HSÜ K.J.: Origin of Saline Giants: A Critical Review after the Discovery of the Mediterranean Evaporites. Earth Science Review 8, 1972, 371-396.

LABHART T.: Geologie der Schweiz. Thun 1992, 1. Aufl. (Ott).

LABHART T.: Geologie der Schweiz. Bern 1985, 3. Aufl. (Hallwag).

LABHART T.: Geologie. Bern und Stuttgart 1986, 5. Aufl. (Hallwag).

MOTTANA A., CRESPI R., LIBORIO G.: Der grosse BLV-Mineralienführer. München 1982, 2. Aufl. (BLV-Verlagsgesellschaft).

PRESS F. und SIEVER R.: Earth. New York 1986, 4. Aufl. (Freeman & Company).

RITTMANN A.: Vulkane und ihre Tätigkeit. Stuttgart 1981, 3. Aufl. (Enke).

TROMMSDORFF V., DIETRICH V.: Grundzüge der geologischen Wissenschaften. Kristallographie, Mineralogie, Petrographie. Zürich 1987, 2. Auflage (vdf).

Grundzüge-Uebungen in Mineralogie und Petrographie. Institut für Mineralogie und Petrographie, ETH-Zürich 1992.

TUCKER M.E.: Einführung in die Sedimentpetrologie. Stuttgart 1985, 1. Aufl. (Enke).

WEIBEL M.: Die Mineralien der Schweiz. Basel, Boston, Berlin 1990, 5.Aufl. (Birkhäuser).