

Arbeitsblätter für Schulen  
zur Ausstellung

# **STEINE DER ERDE**

MIT

## **RIESENKRISTALLE - DER SCHATZ VOM PLANGGENSTOCK**



## Inhaltsverzeichnis

Hinweise für Lehrkräfte	3
<b>zur Ausstellung <i>Riesenkristalle - Der Schatz vom Planggenstock</i></b>	
Planggenstock: Fragen über Fragen	4
Frage der Definition	6
Quarz	7
Schatzplan	8
3D - Bergkristall	10
Fragen zu den Filmen	11
Kristallzentrale	13
Biogene Kristalle	15
Kristallklares Schauen und Denken	17
Kreatives Kristallkritzeln	19
Eisige Kristallkunst	20
Essbare Kristalle	21
<b>zur Ausstellung <i>Steine der Erde</i></b>	
Ausserirdische Zuwanderer	23
Diamanten	26
Gold	28
Kreislauf der Gesteine	30
Kohlenstoffkreislauf	32
Oberflächengestalt der Erde	35
Aufbau der Erde	38
Kruste entsteht und vergeht	40
Zeitlinie - Entstehung des Lebens	44
Geologisches Relief des Jungfraugebiets	46



## HINWEISE FÜR LEHRKRÄFTE

Die erdwissenschaftliche Ausstellung bietet eine Fülle an Lern- und Erlebnismöglichkeiten zur fantastischen Welt der Mineralien, zu Meteoriten sowie zur Geologie.

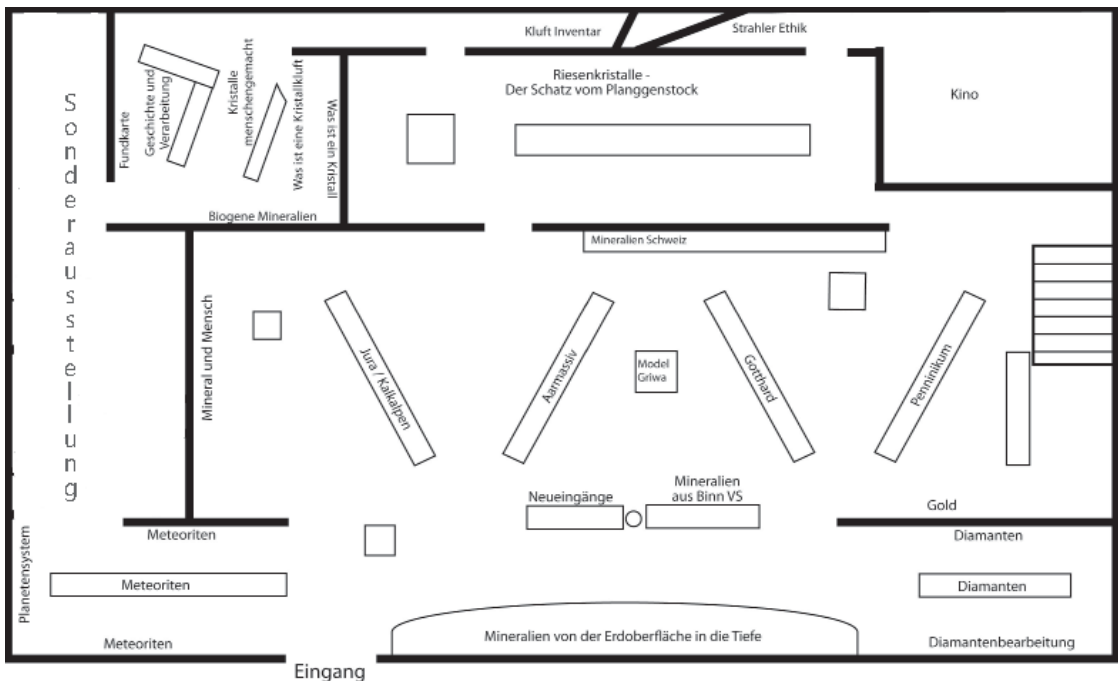
Die folgenden Arbeitsvorschläge sind zur Bearbeitung in den Ausstellungen selber vorgesehen, zum Teil ab Mittelstufe, grösstenteils aber ab Oberstufe. Zu den einzelnen Themen werden jeweils zahlreiche Fragestellungen angeboten, von denen für ein konkret verwendbares Arbeitsblatt eine den Lernenden angepasste Auswahl getroffen werden muss, was in der digitalen Fassung ohne Mühe möglich sein sollte.

Das Naturhistorische Museum bietet Ihnen zahlreiche weitere praktische, pfannenfertige Aufträge zum Thema Mineralogie und Geologie im **Geolabor** im 2. Stock:

- Mineralien bestimmen
- Dichte bestimmen
- Strichfarben bestimmen
- Härte bestimmen
- Spaltbarkeit
- Kristallsysteme
- Wärmeeigenschaften von Gesteinen und Mineralien
- Kalzit nachweisen
- Fluoreszenz von Mineralien
- Radioaktivität von Gesteinen messen
- magnetische Mineralien
- Erscheinungsformen von Quarz und Kalzit
- Kalk brennen
- Mineralien verändern das Grundwasser
- Erzminerale
- Ton und Wasser
- Gesteine bestimmen
- natürliche und künstliche Gesteine
- Metamorphe Gesteine
- Vulkanische Gesteine
- Plutonische Gesteine
- Gefüge von Gestein
- Trümmersedimente
- organisch-chemische Sedimente
- riechende und schmeckende Steine
- Bergformen verraten die Gesteins Härte
- Korngrössen durch Hören bestimmen
- Gesteins-Memory
- Steinbuchstaben
- Feuer schlagen
- Formen erspüren
- Fossilien bestimmen
- Verformung von Muscheln

Kostenlose Reservation des Geolabors bei der Bildung und Vermittlung [pica@nmbe.ch](mailto:pica@nmbe.ch)

Es stehen Ihnen zudem verschiedene ausleihbare Gesteinskoffer mit ausgewählten Handstücken kostenlos zur Verfügung. Reservation: [gino.bernasconi@nmbe.ch](mailto:gino.bernasconi@nmbe.ch)



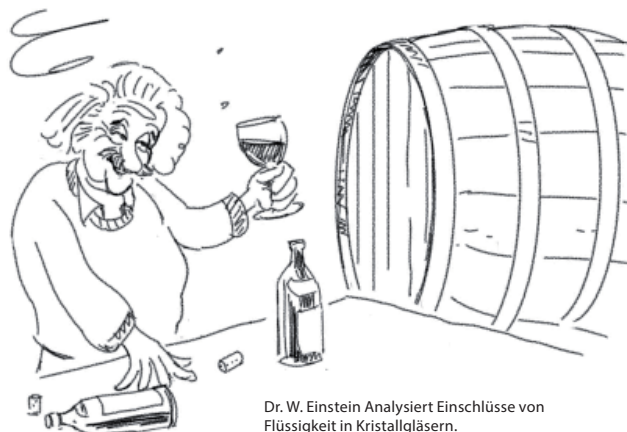
## PLANGGENSTOCK: FRAGEN ÜBER FRAGEN

1. Wie schwer ist die grösste Stufe der Planggenstockkristalle und wie lang ist der grösste Einzelkristall?
2. a) Wie alt sind die Kristalle etwa?  
b) Wie tief lag die Kluft bei der Entstehung der Kristalle?
3. Wann begannen sich die Alpen zu bilden?
4. Wann wären die Kristalle aus 30 m Tiefe auch ohne menschliches Eingreifen ans Tageslicht gekommen, wenn wir annehmen, dass die Hebung und Erosion gleichmässig und mit gleich bleibender Geschwindigkeit verlaufen ist wie im Durchschnitt der vergangenen Jahrmillionen? Nimm an, dass sich die Kluft vor ca. 15 Millionen Jahre in 15 km Tiefe befunden hat.
5. Was geschieht über lange Zeit mit Kristallhöhlen, die nicht von Menschen ausgeräumt werden?
6. Welche Faktoren begrenzen die Grösse von Kristallen?
7. Wann wurde die Kluft entdeckt, wann wurde der Fund der Riesenkristalle gemacht?
8. Welche Metalle finden sich in den Mineralien der Planggenstockkluft?
9. Welches ist nach dem Quarz das zweithäufigste Mineral, das den Strahlern andernorts auch Hinweise auf eine Kluft geben kann?
10. Aus welchen Mineralien besteht Granit?
11. Wie unterscheidet man bei Kunst- und Gebrauchsgegenständen Quarz von Glas?



## PLANGGENSTOCK: FRAGEN ÜBER FRAGEN

1. Gewicht: ca. 300 kg, Länge: 107 cm  
2008 haben Franz von Arx und Elio Müller am Planggenstock einen Bergkristall geborgen, der 121 Zentimeter misst.
2. a) Beginn der Kristallisation vor ca. 15 Mio. Jahren.  
b) in 15 km Tiefe.
3. vor 50 Millionenen Jahre
4. Geschwindigkeit pro Jahr:  $15 \text{ km} / 15 \text{ Millionen Jahre} = 1000 \text{ m pro } 1 \text{ Mio Jahre} = 1 \text{ mm pro Jahr}$ .  $30 \text{ m Tiefe} / 1 \text{ mm/a} = 30'000 \text{ Jahre}$  (Vor 30'000 Jahren, mitten in der letzten Eiszeit, kam in den Höhlen von Südfrankreich und den Pyrenäen die Höhlenmalerei in Schwung.)
5. Sie kommen durch Erosion mit der Zeit an die Oberfläche, wo die Kristalle der Verwitterung ausgesetzt sind und ihr mit der Zeit zum Opfer fallen.
6. - Gehalt an gelösten Mineralien in der hydrothermalen Lösung  
- eingeschränkter Raum durch Nachbarkristalle und Kluftwände  
- Zeit des Kristallwachstums
7. 1994 wurde die Kluft entdeckt, 2005 erster Fund der Riesenkristalle
8. Galenit (PbS) ist das wichtigste Bleierz, Wulfenit mit Blei und Molybdän, Uran, Vanadium
9. Chlorit
10. Feldspat, Quarz und Glimmer
11. Nur der Quarz hat normalerweise Einschlüsse von Gasen und Flüssigkeit.



## FRAGE DER DEFINITION

### Begriffe und Definitionen

Ein **Kristall** ist ein Körper, dessen Atome oder Moleküle regelmässig, gitterartig angeordnet sind.

Ein **Mineral** ist ein natürlicher Kristall einer einheitlichen, charakteristischen chemischen Zusammensetzung. Es sind die chemisch-physikalisch homogenen *Bausteine* der Gesteine und damit der Erdkruste.

Man kennt gut 4000 Mineralarten. Davon sind 50 Mineralien verbreitet. 95% der Gesteine bestehen aus nur 12 Mineralien! Die Ausstellung Steine der Erde zeigt über 2000 Mineralproben und Gesteine aus einer Sammlung von über 40000 Objekten dieser Art.

**Mineralogie** ist die Wissenschaft der Mineralien und untersucht ihre Eigenschaften, Entstehung und Verwendung. Die **Geologie** untersucht dagegen die physikalischen Eigenschaften, den Aufbau, die Entwicklungsprozesse und -geschichte der *Erde*.

**Gesteine** bestehen aus einem oder mehreren Mineralien.

Kristallisiert glutflüssige Gesteinsschmelze (Magma) durch Abkühlung, entstehen **Magmatische Gesteine**. Ist sie langsam, in grosser Tiefe erstarrt, nennt man die Gesteine **Plutonite** (z.B. Granit). Ist sie als Lava an der Erdoberfläche schnell erstarrt, heissen sie Steine **Vulkanite** (z.B. Basalt).

Eine **Kluft** ist eine Spalte oder auch nur eine Trennfläche im Gestein.

**Zerrklüfte** sind Risse, die durch tektonische Kräften entstehen.

**Kluftmineralien** bilden sich, wenn eine hydrothermale Lösung (ca. 300 ° C heisses Wasser mit gelösten Mineralien) in eine Kluft eindringt und dort beim Abkühlen teilweise auskristallisiert.

**Stufe** nennt man zusammengewachsene, freistehende Kristalle.

**Plangge** (in Planggenstock): eine steilabfallende Grashalde, oft zwischen Felsbändern oder im Wald.

Ein **Strahler** ist ein Kristall- und Mineraliensucher. Strahl bezeichnete vor allem früher einen (gefundenen) Kristall.

### Kontrollfragen

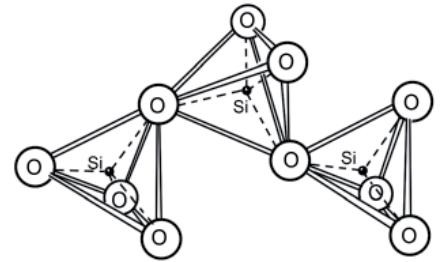
Formuliere die Antwort mit eigenen Worten.

1. Definiere den Begriff Kristall?
2. Woher kommt der Name Kristall (s. Ausstellungstexte)?
3. Was ist ein Mineral?
4. Wie unterscheidet sich ein Gestein von einem Mineral?
5. Was bezeichnet man als Kluft?
6. Erkläre den Namen Planggenstock.



## QUARZ

Quarz ist ein Mineral aus Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), bei dem die Silizium-Atome tetraedrisch von 4 Sauerstoff-Atomen umgeben sind. Die Tetraeder sind über die Ecken wendeltreppenartig verbunden und bilden eine Kristallstruktur des trigonalen Kristallsystem. Trigonal heisst, es gibt eine Drehachse, um die sich der Kristall um  $120^\circ$  so drehen lässt, dass er wieder aussieht wie zuvor (Symmetrieeoperation).



Quarz ist nach dem Feldspat (51 %) das zweithäufigste Mineral der kontinentalen Erdkruste (22 %). Er ist sehr hart (Härte 7), lässt sich nicht spalten und ist chemisch aussergewöhnlich widerstandsfähig. Deshalb bleiben von magmatischen Gesteinen nach einem längerem Erosionsprozess, wie etwa beim Transport in Flüssen, häufig nur noch Quarzsandkörner übrig.

### Farbvarietäten von Quarz

Quarz ist in Farbe und Form sehr variabel:

**Amethyst:** Quarz mit violetter Färbung durch eingelagerte Eisenionen und Kristallgitterveränderungen infolge Gammabestrahlung

**Bergkristall** nennt man gut ausgebildete Kristalle von farblosem, transparentem Quarz.

**Citrin:** gelb bis orangebraun gefärbter Quarz

**Eisenkiesel:** durch Hämatiteinschlüsse rotbrauner erscheinender Quarz

**Milchquarz:** durch Flüssigkeitseinschlüsse milchigtrüber Quarz. Erscheint häufig grau, z.B. im Granit.

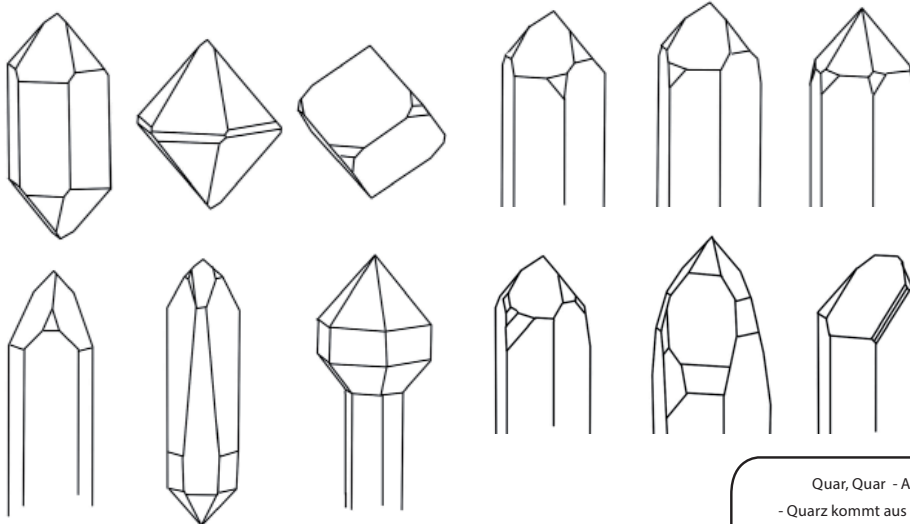
**Rosenquarz:** trüber, durch Einschlüsse des Minerals Dumortierit rosa gefärbter Quarz

**Feinkörnige Quarzvarietäten** mit massigem Gefüge aus mikrokristallinem Quarz, bei dem die Kristallgrössen im Mikrometerbereich<sup>1</sup> liegen:

**Silex** (Hornstein, Flint, Feuerstein), **Achat**, **Onyx**, **Jaspis**, **Karneol**, **Aventurin-Quarz**, **Falkenauge**, **Tigerauge**, **Chalcedon**

**Quarzit** ist ein feinkörniges, metamorphes aus Quarz bestehendes Gestein.

### Formvarietäten von Quarzkristallen<sup>2</sup>



1) Ein Mikrometer ist ein Tausendstel Millimeter

2) Zeichnungen nach **Offermann Erich** (2004): Kristalle und ihre Formen, Bd. 2, Achberg

Quar, Quar - Apropos:

- Quarz kommt aus dem Slavischen für Hart
- Quasar nennt man den Kern einer Galaxie, der enorme Strahlungsenergie freisetzt.
- Quarks sind subatomare Bausteine, die Protonen und Neutronen aufbauen und
- Quarz ist ein Frischkäse.



## SCHATZPLAN

Zeichne den Standort der Kluft vom Planggenstock mit den Koordinaten 679 750 / 164 960 in den Kartenausschnitt 1 ein. Zeichne diesen Kartenausschnitt in der Karte 2 und diesen Ausschnitt in der Karte 3 ein.



165

680

1



2



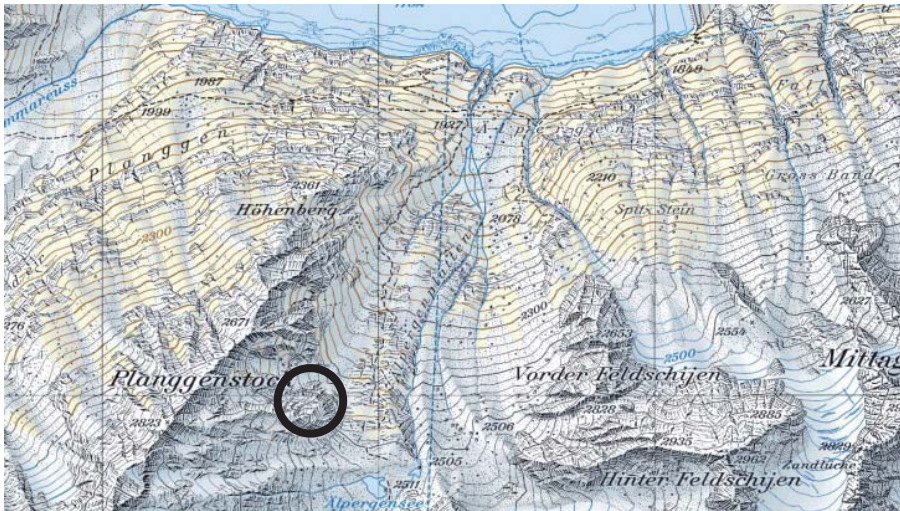
3





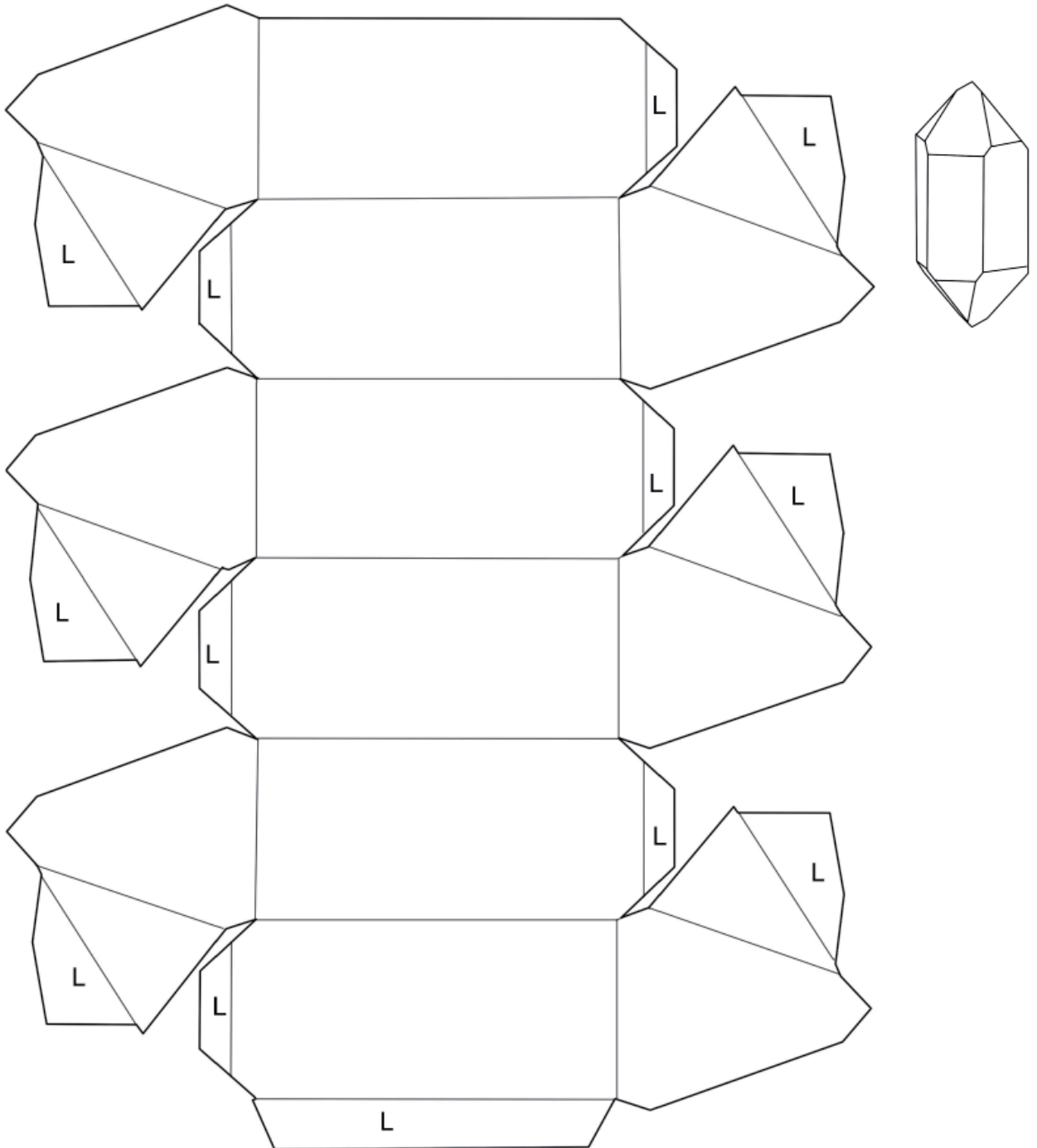
# Lösungen

## SCHATZPLAN



### 3D - BERGKRISTALL

Kopiere den Bastelbogen auf festes weisses Papier (mindestens 120 g/m<sup>2</sup>) oder auf eine stabile Klarsichtfolie. Schneide die Vorlage entlang der Umrisslinien aus. Ritze die feinen Linien mit Hilfe eines Lineals und eines Messers oder einer Scherenspitze leicht (!) und falze die Flächen jeweils nach hinten. Bestreiche die mit L bezeichneten Flächen mit Leim und klebe den Kristall nach dem Vorlagenbild zusammen. Vor dem Falten kannst du bei der Papierversion, den Kristallflächen mit etwas grauen, hellblauem oder andersfarbigen Farbstiftstraffuren einen realistischeren Ton geben.



nach **Offermann Erich** (2004):  
Kristalle und ihre Formen , Bd. 2,  
KristalloGrafik Verlag Achberg

## FRAGEN ZU DEN FILMEN

### Film zu den Zerrkluftmineralien

1. Wann begannen sich die Alpen aufzufalten?
2. Wie heiss war die ursprüngliche Minerallösung in der Kluft?
3. Wie schnell erfolgte die Abkühlung mit dem Aufsteigen der Gesteinsmassen?
4. Wann begann die Kristallisation der Mineralien in der Kluft und wie lange dauerte sie?
5. Wie lange braucht ein Quarz um eine Länge von 50 cm zu erreichen?
6. Was begrenzte das Wachstum der Kristalle?

### Film zur Atomstruktur

1. Wie unterscheidet sich die Struktur von Glas oder Harz von derjenigen von Kristallen?
2. Wie unterscheiden sich Festkörper von Flüssigkeiten in ihrer Struktur?

### Film zu den Objekten aus Bergkristall

1. Welches sind die ältesten der gezeigten Kunstobjekte aus Bergkristall?
2. Zu welchen Gegenständen liess die Kirche im Mittelalter Bergkristall verarbeiten?
3. Wo war in der Renaissance das Zentrum der Verarbeitung von Bergkristall?
4. a) Wie teuer war im 17. Jh. ein Kilogramm Bergkristall?  
Vergleiche: Heute kosten Bergkristalle aus Brasilien pro 1 kg etwa Fr. 130.- und ein Handwerker verdient in der Schweiz etwa Fr. 5300.- pro Monat.  
b) Für die 50 ausgestellten Kristalle des Planggenstocks mit insgesamt 2 Tonnen Gewicht, hat die Burgergemeinde Bern 4,5 Millionen Franken bezahlt. Wie viel für ein Kilogramm?  
Erkläre den Preisunterschied.
5. Welches waren nach der Renaissance die geschätztesten Luxusgüter aus Bergkristall?
6. Mit welchen Materialien hat man früher Bergkristall geschliffen?
7. Aus welchem Material besteht die moderne Schleifscheibe für den Quarz?

### Film Hüter der Erde

1. Wie transportieren die beiden Strahler den Abraum und die Kristalle aus der Höhle und ins Tal?
2. Wer hat wann die zukünftige Rekordkluft entdeckt? Welches waren die ersten Hinweise?
3. Mit welchen Werkzeugen arbeiten sich die Strahler in den Berg?
4. Wann haben *von Arx* und *von Känel* mit den Arbeiten an der Planggenstockkluft begonnen? Wann wurde die grossen Kristallfunde gemacht?
5. Wie tief ist das Bergwerk inzwischen geworden?

# Lösungen

## FRAGEN ZU DEN FILMEN

### Film zu den Zerrkluftmineralien

1. vor 50 Mio Jahren
2. 300 °C
3. 30 °C pro 1 Million Jahre
4. Kristallisation ab 15 Mio Jahre bis vor 5 Mio Jahre
5. 5 Millionen Jahre für 50 cm
6. Begrenzung durch Mineralgehalt der wässrigen Lösung (daneben begrenzen der zur Verfügung stehende Raum in der Kluft und Nachbar-kristalle das Wachstum)

### Film zur Atomstruktur

1. In Glas und Harz liegen die Teilchen ungeordnet (amorph) vor, Kristalle haben eine geordnete regelmässige Gitterstruktur der Teilchen.
2. Bei Festkörpern ist die Form (vergleichsweise) fest, die Teilchen haben einen bestimmten Platz. Bei Flüssigkeiten ist das Volumen mehr oder weniger konstant, die Form dagegen nicht. Sie passt sich dem Raum an, d.h. die Teilchen können sich gegeneinander verschieben.

### Film zu den Objekten aus Bergkristall

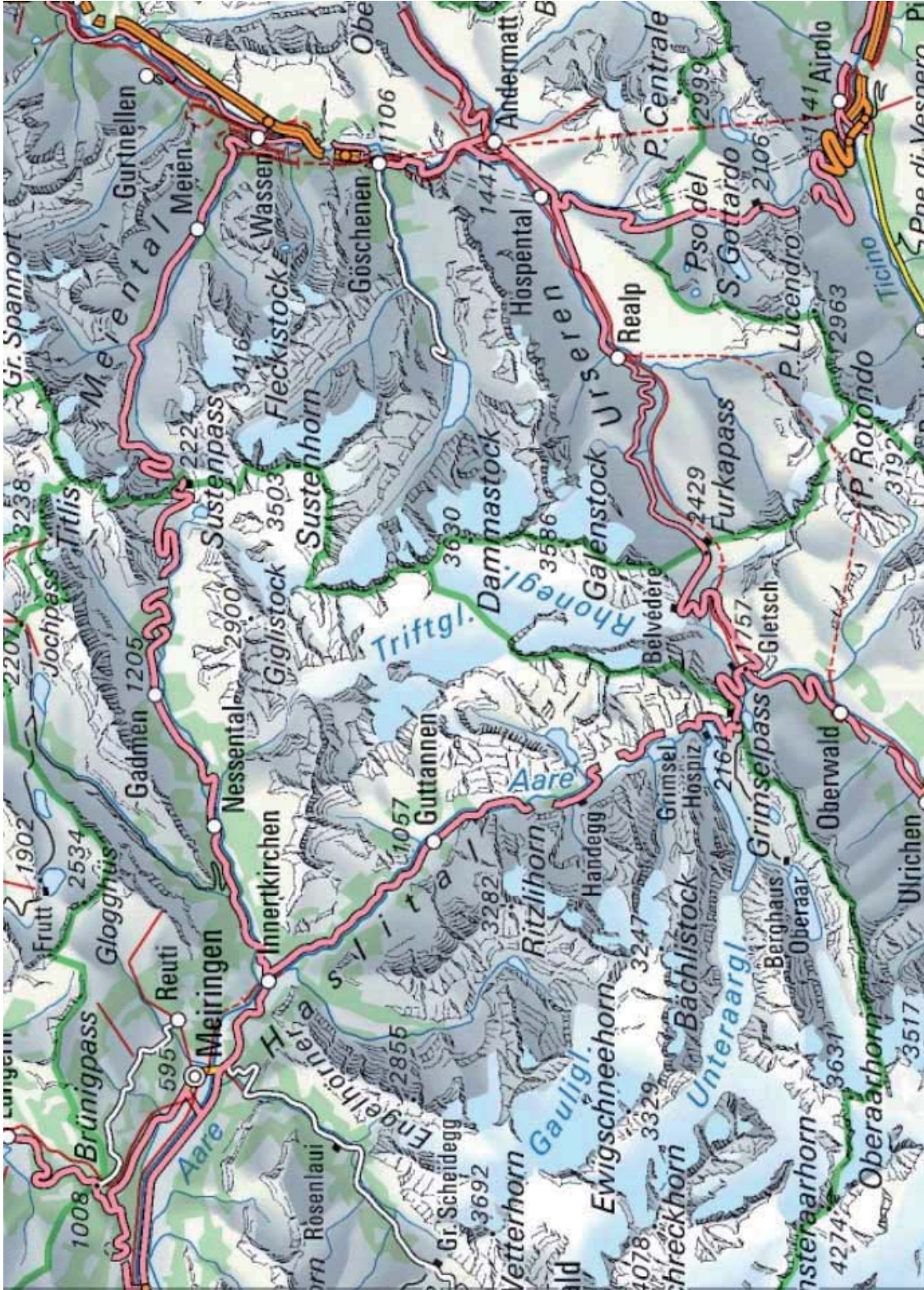
1. Fingerring mit Menschenkopf, Fisch als Amulett, römisch
2. Reliquienbehälter, Kreuz, Schutz von Miniaturen,
3. Cristalleri in Mailand
4. a) 1 kg Bergkristall 4 Gulden (= Monatseinkommen Handwerker). Heute gibt es für ein Monatseinkommen  $5300 : 130 = 40,7$  kg.  
b)  $45000000 : 2000 = \text{Fr. } 2250.-$  pro Kilo. Der wesentlich höhere Preis erklärt sich durch die Einmaligkeit des Fundes bezüglich Grösse der Kristalle und Qualität in Reinheit und Form.
5. Kristalleuchter
6. mit Korund oder Sandstein
7. Schleifen mit Karborund (Siliziumkarbid). (Gesägt wird Quarz übrigens mit Diamant-pulverbeschichteten Trennscheiben)

### Film Hüter der Erde

1. Mit Schlitten (Kisten) und Wagen auf Schiene, Helikopter
2. Paul von Känel, Hinweise gaben Fluoritkristalle
3. Hammer, Meissel, Bohrer, hydraulischer Spreizer (Spaltgerät)
4. Beginn: 1995, grosse Funde ab 2005,
5. 50 m tief

## KRISTALLZENTRALE

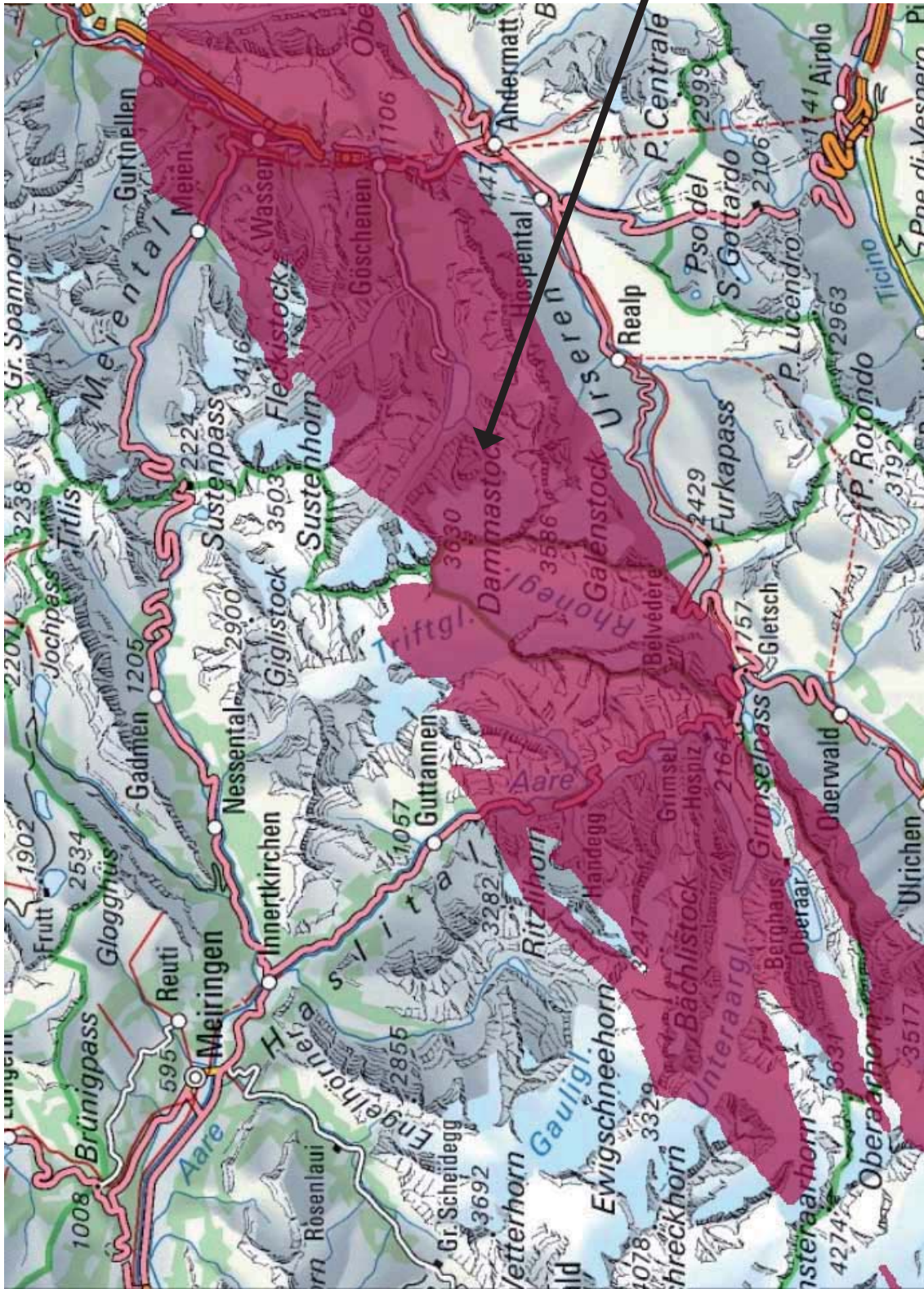
Zeichne auf der Karte das Gebiet des Zentralen Aaregranits ein, dort wo die besten Kristallhöhlen zu erwarten sind. Markiere ebenfalls die Fundstelle am Planggenstock.



# Lösungen

## KRISTALLZENTRALE

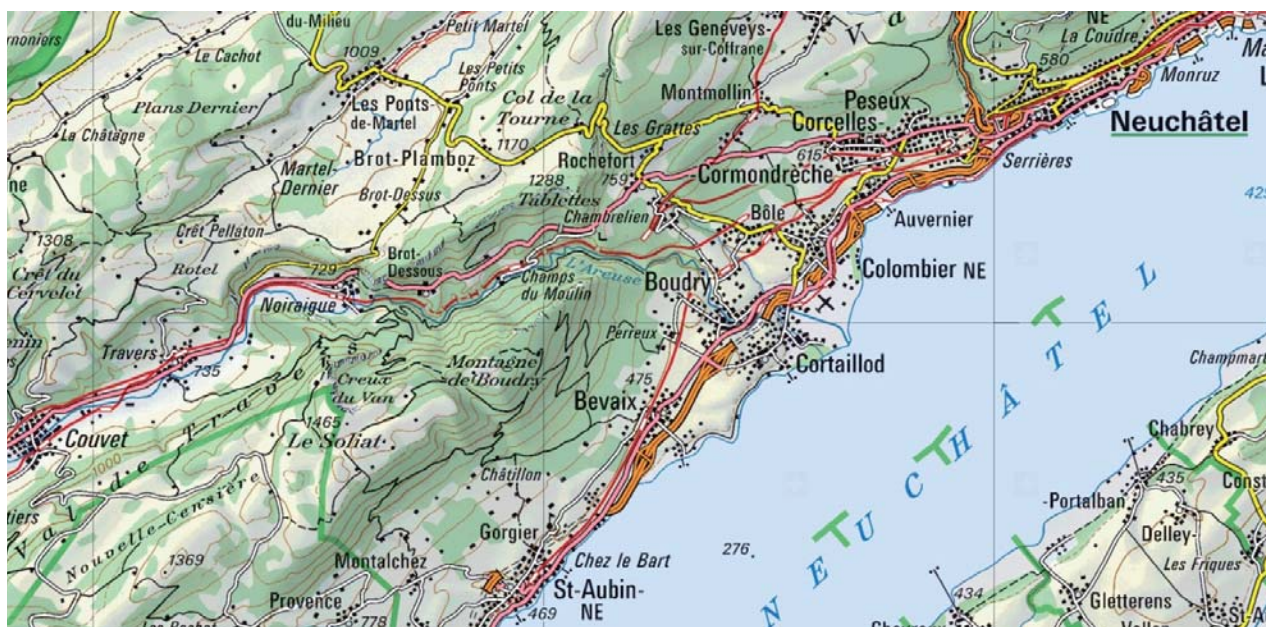
Fundstelle Planggenstock



## BIOGENE KRISTALLE

1. Zähle 5 Mineralien auf, die in Lebewesen entstehen.
2. Welche Kristalle werden von Lebewesen *mengenmässig* am meisten gebildet?
3. Nenne Lebewesen, die im Meer bedeutende Mengen an Kalk produzieren.
4. Wo liegt der *Creux du Van*? Zeichne ihn in der Karte ein.
5. Nierensteine entstehen vor allem dann, wenn der Urin starke Konzentrationen von Oxalaten aufweist, die auskristallisieren. Oxalat kommt gehäuft in Spinat, Spargeln, Erdbeeren oder Eistee vor. Was lässt sich als Vorbeugung gegen Nierensteine tun?
6. Apatit ist eines der härtesten Mineralien, die Lebewesen hervorbringen. Leider nicht widerstandsfähig genug für die moderne Zivilisation, wie die häufige Karies zeigt. Bakterien (vor allem *Streptococcus mutans*) bauen Zucker zu Milchsäure ab. Diese löst aus dem Zahnschmelz Mineralien heraus, was den Zahn nach und nach zerstört.

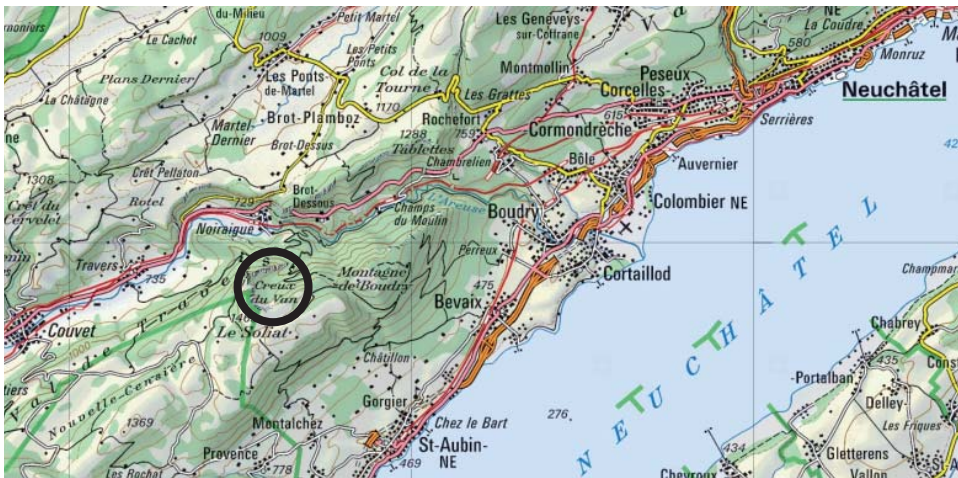
Wieso hat wohl trotz höherem Zuckerkonsum die Karieshäufigkeit in den letzten Jahren eher abgenommen?



## Lösungen

### BIOGENE KRISTALLE

1. Kalzit, Aragonit, Apatit, Calcium-Oxalat (häufigster Nierenstein)  
übrigens: Zucker, und Stärke sind keinen Mineralien, da sie in Lebewesen nur in löslicher Form vorliegen.
2. Kalzitkristalle
3. Stachelhäuter (Seesterne, Seeigel), Korallen, Muscheln, Kalkalgen, Radiolarien, Knochenfische
- 4.

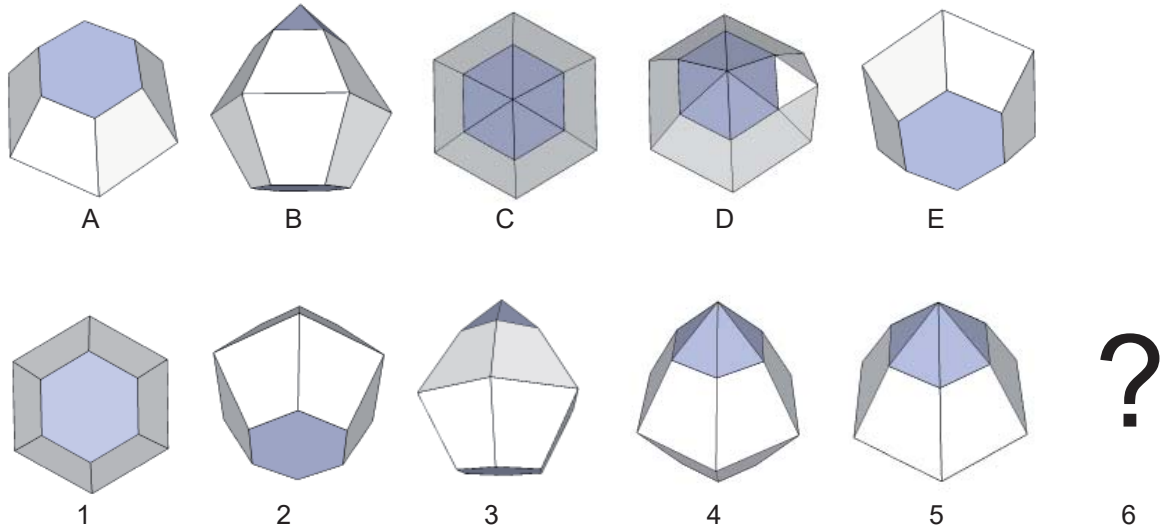


5. Verzicht auf Nahrung mit erhöhtem Oxalatgehalt. Erhöhte Flüssigkeitszufuhr um die Konzentration von Oxalaten im Urin zu vermindern.
6. Bessere Zahnhigiene sowie fluorhaltige Zahnpasten und Fluorzusatz zu Speisesalz. Fluor kann helfen entkalkte Zähne zu remineralisieren. Genauer: Zahnschmelz besteht aus Hydroxylapatit, der bei Fluorzufuhr in stabileren Fluorapatit übergeführt wird.

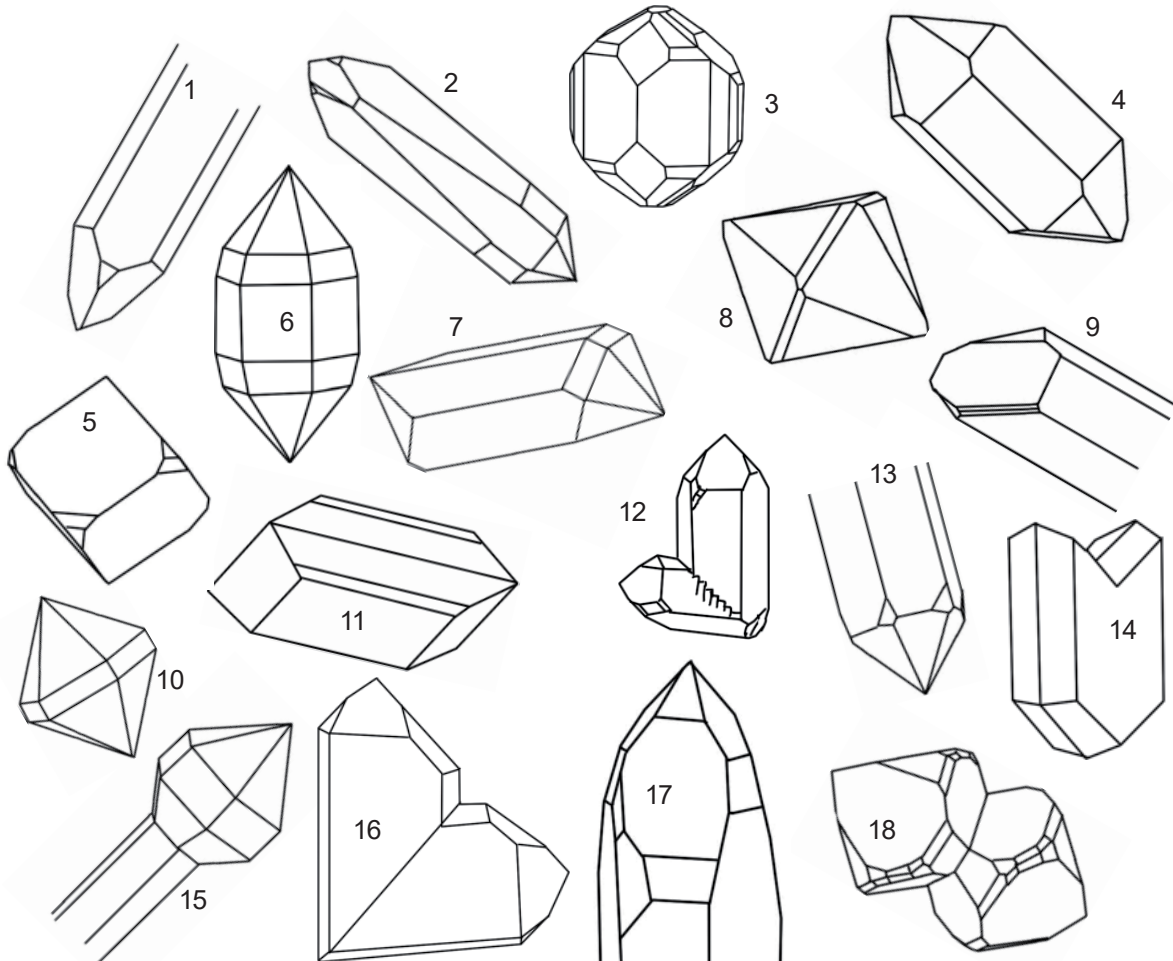


## KRISTALLKLARES SCHAUEN UND DENKEN

1. Welches der Kristallbilder von A bis E ergänzt die Folge 1 bis 5 am wahrscheinlichsten?



2. Welche 3 Kristalle sind keine Quarze? Vergleiche auch S. 5



# Lösungen

## KRISTALLKLARES SCHAUEN UND DENKEN

1. C (Der Körper dreht sich von A bis E um eine horizontale Achse gegen vorn)
2. Nr. 3 (Topas), Nr. 14 (Gips), Nr. 11 (Olivin)

## KREATIVES KRISTALLKRITZELN

### Farben aus Kristallen <sup>1</sup>

Male mit farbigen Erden und Mineralbruchstücken eine kleine Berglandschaft.

Um aus farbigen oft aber harten Mineralien Malfarben zu erhalten, reiben wir sie auf geeignetem feinem Schleifpapier zu Farbpulver. Diese Pigmente, vermischt mit einem Bindemittel, ergibt malfertige, lichte Farben, ähnlich wie sie früher alle Maler stets selbst herstellen mussten. Als Bindemittel, das die Pigmentpartikel aufs Papier klebt, eignen sich:

- Zuckerwasser (z.B. Cola)
- Kirschbaumharz (lässt sich in Wasser auflösen, früher für Aquarellfarben verwendet)
- Ei (sowohl Eigelb und Eiklar. Starkes, nach dem Trocknen wasserfestes Bindemittel. Muss mit etwas Nelkenöl gegen Fäulnis geschützt werden.)
- Kasein (sehr starkes, wasserfestes Bindemittel.) Kasein erhält man, indem man Magerquark mit etwas Borax mischt.

### Wie Albrecht Dürrer: Feinstes Zeichnen mit dem Silberstift

Auch mit Metallen lässt sich bestens zeichnen. Bevor für den sogenannten *Bleistift* ab ca. 1600 Graphit (Kohlenstoff) verwendet wurde, diente das weiche aber giftige Blei schon bei den Ägyptern vor 5000 Jahren als Schreibgerät.

Ebenfalls seit der Antike, mit einem Höhepunkt in der Renaissance, wurden Silberstifte von Künstlern für kleinformatige, detaillierte Zeichnungen sehr geschätzt. Der zarte, an hartes Bleistift erinnernde Strich, lässt sich kaum radieren und ändert mit der Zeit seine Farbe von hellgrau zu bräunlich (durch Verbindung des Silbers mit Schwefel zu Silbersulfid).

Am einfachsten besorgst du dir beim Juwelier ein kleines Stück reinen Silberdraht (1 cm genügt), das du in einen Fixpencil klemmst. Zu ersten Versuchen reichen auch ein Ring oder Löffel aus Silber (oder Gold). Das Papier benötigt eine **Grundierung**: Am einfachsten geschieht dies durch Überstreichen mit einem weissen Farbstift, kunstgerechter mit Lithopone.

Zeichne mit Silber deinen Kameraden oder deine Kameradin.



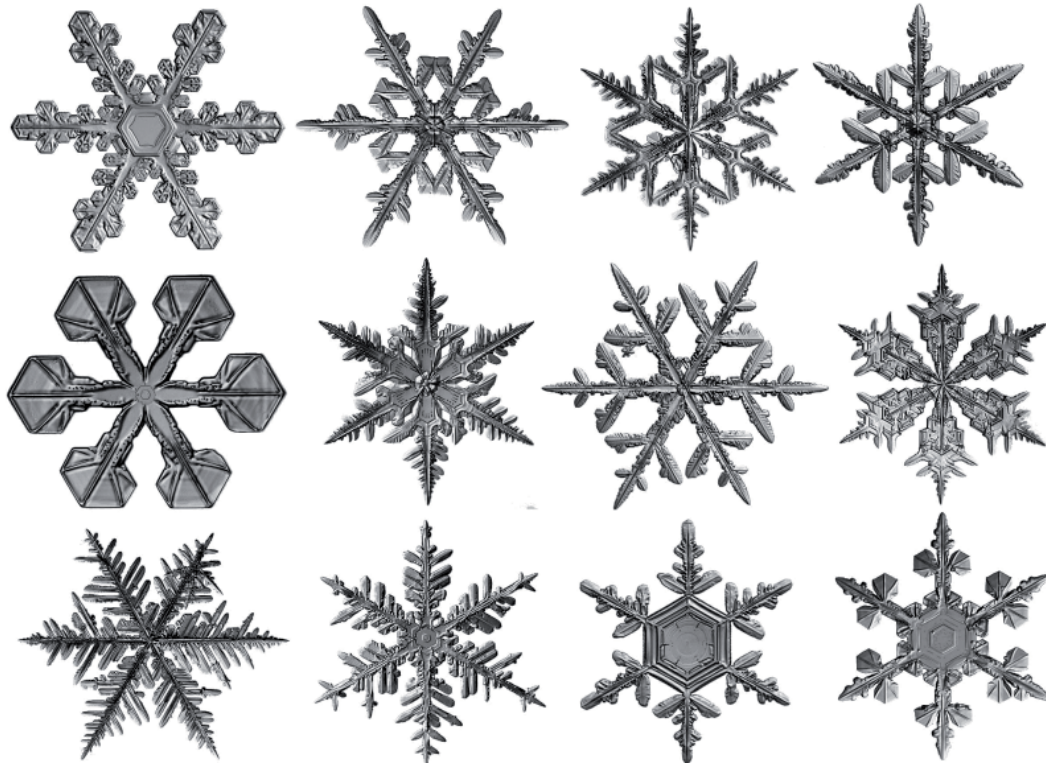
### Einen Bergkristall zeichnen

Zeichne einen der Planggenstockkristalle.

Versuche dabei möglichst viel von seiner Transparenz und seinem Glanz zeichnerisch wiederzugeben. Dafür eignet sich am besten die Verwendung von dunkelgrauem oder schwarzem Papier. Als Zeichenmittel empfehlen sich Farbstifte aber auch Bleistift mit dünn bis stark aufgetragenem Deckweiss.

<sup>1)</sup> Geeignetes Schleifpapier, Mineralien und Bindemittel sind bei der Museumspädagogik gegen einen Unkostenbeitrag erhältlich.

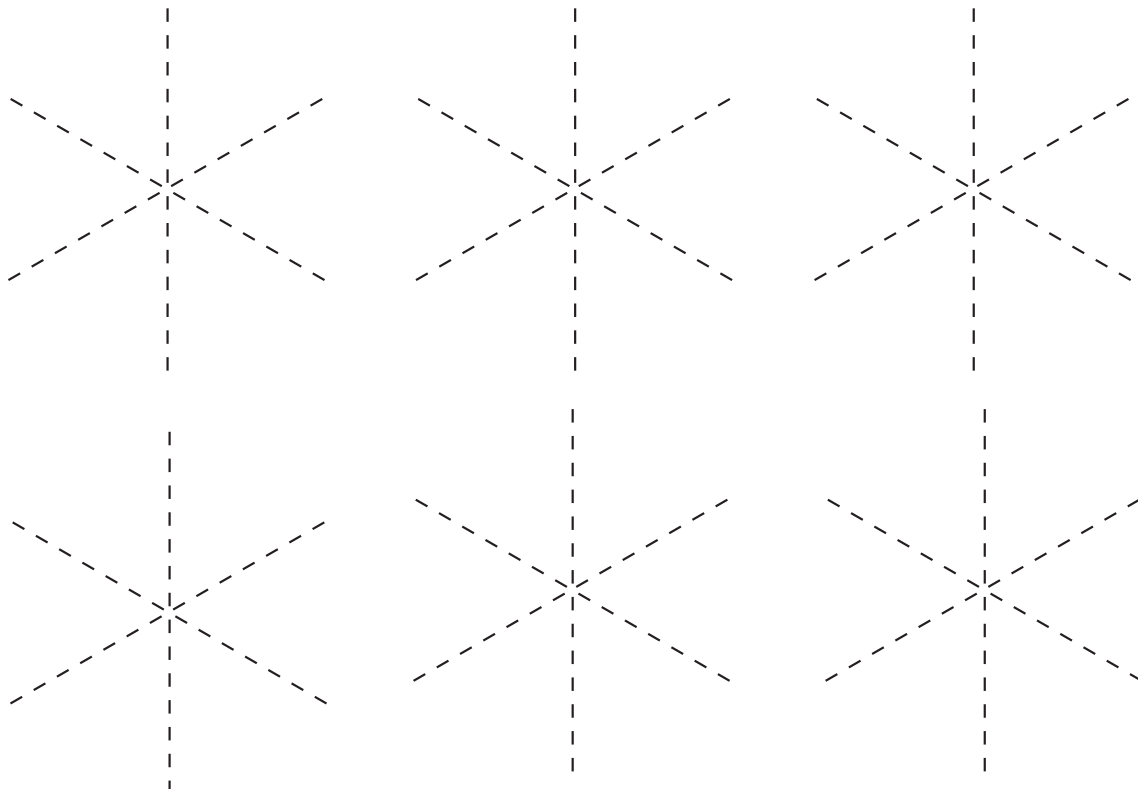
## EISIGE KRISTALLKUNST



natürliche Schneekristalle

### Eiskristalle

Entwirf auf den sechsstrahligen Gerüsten eigene Schneekristalle.



## ESSBARE KRISTALLE

1. a) Nenne 5 essbare Kristalle.  
b) Welche davon gehören nicht zu den Mineralien?
2. **Schokomoon**  
a) Der durchschnittliche Schokoladenverzehr eines Schweizers beträgt gut 11 kg. Wie lange ernährt er sich damit allein von Schokoladeenergie? Der tägliche Kalorienbedarf beträgt 2000 kcal (8374 kJ), 100 g Schokolade enthalten 563 kcal (2357kJ).  
b) Übrigens in welchem Temperaturbereich liegt der Schmelzpunkt von Schokolade?
3. **Kristalle machen dick**  
a) Wie gross ist der jährliche Zuckerkonsum eines durchschnittlichen Schweizers (s. Ausstellungstext)?  
b) Wie viele Tagesportionen an Energie beziehen wir monatlich allein aus Zucker? Zucker stellt dem Körper pro 100 g eine Energiemenge von 410 kcal (1715 kJ) zur Verfügung. Benötigt werden in 24 Stunden ca. 2000 kcal (8374 kJ).
4. Kleopatra habe Perlen in Essig aufgelöst und getrunken. Weshalb? Denke dir verschiedene Möglichkeiten aus (Die Antwort darf auch humorvoll sein).

# Lösungen

## ESSBARE KRISTALLE

1. a) Salz, Zucker (Sacharose, Lactose, Fructose, Glucose, Maltose etc.), Sacharin, Eis, Zitronensäure, Natron,
1. b) da Mineralien nur natürliche Kristalle bezeichnen, gehören Zucker und Sacharin, ja sogar Eis und Salz (sofern durch menschliche Verfahren kristallisiert) nicht dazu
  
2.
  - a)  $11 \times 10 \times 563 : 2000 = 30,9$  d.h. Die Schokolade übernimmt die Kalorienzufuhr eines ganzen Monats.
  - b) Im Temperaturbereich der Mundhöhle d.h. um  $37^\circ \text{C}$ .
  
3.  $40 \times 10 \times 410 : 2000 = 82$  Tage : 12 = 6,8 Tage /Monat oder 1 Woche pro Monat leben wir praktisch vom Zucker.
  
4. Perlen bestehen aus Aragonit, der in Säure löslich ist.
  - Demonstration ihres Reichtums
  - Demonstration der Geringschätzung von Schätzen,
  - Provokation und Demonstration ihrer Souveränität,
  - zum Erreichen perlweisser Zähne und Haut,
  - mineralreiche Erfrischung (Essig wird vielerorts als Durstlöcher geschätzt)

## AUSSERIRDISCHE ZUWANDERER

### Begriffe

Ein **Meteoroid** ist ein kleines festes Objekt im Sonnensystem, das um die Sonne kreist. Seine Grösse reicht von Millimeterbruchteilen bis einige Meter. Kleinere Teile nennt man *Interplanetaren Staub*, grössere werden als *Asteroiden* bezeichnet.

Ein **Meteorit** ist ein Meteoroid, der mit der Erde kollidiert und in der Atmosphäre nicht vollständig verglüht und somit die Erdoberfläche erreicht.

und was haben die griechischen Klöster Auf den Felsen Damit zu tun?

**Meteor** nennt man die Leuchterscheinung in der Atmosphäre, die ein Meteoroid durch die Ionisierung der Luftmoleküle und deren anschliessende Rekombination erzeugt.



Die Eintrittsgeschwindigkeit eines Meteoroids in die Erdatmosphäre beträgt etwa 11 bis 74 km/s oder ca. 40'000 bis 260'000 km/h. (Zum Vergleich: eine Gewehrkuugel erreicht beim Verlassen des Gewehrlaufs eine Geschwindigkeit von nur 700 bis 1000 m/s oder 2500 bis 3600 km/h.) Die allermeisten dieser Körper verdampfen in einer Höhe um 80 Kilometer durch die Luftreibung. Jährlich erreichen 40'000 Tonnen ausserirdisches Material die Erdatmosphäre. Pro Jahr fallen durchschnittlich 10 Meteoriten über 100 g auf 1 Million km<sup>2</sup>.

### Aufgaben und Fragen

1. Suche den Meteorit aus den Kieseln heraus.
2. Welche Bedingungen müssen gegeben sein, damit Material vom Mond, vom Mars oder von Asteroiden als Meteoriten auf die Erde gelangen?
3. Berechne die Trefferwahrscheinlichkeiten für einen Meteoritenfall eines mindestens 100 g schweren Brockens pro Jahr und a) auf 1 km<sup>2</sup>, b) auf ein Haus (Grundfläche 100 m<sup>2</sup>) und c) für einen Menschen (Grundfläche 0.25 m<sup>2</sup>).  
d) Wie gross wäre die Meteoritendichte pro km<sup>2</sup> nach 100'000 Jahren für Meteoriten über 100 g, wenn sie alle erhalten blieben?

Hoffentlich ist dir bewusst, dass du liegend Meteoriten eine 10mal grössere Trefferwahrscheinlichkeit bietest als stehend.



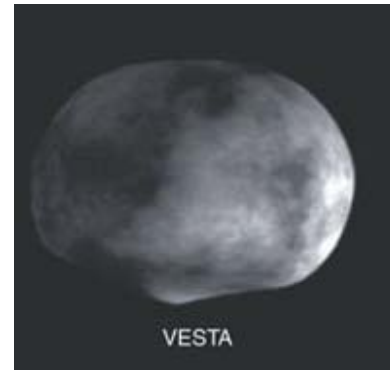
## AUSSERIRDISCHE ZUWANDERER II

4. Wie hoch könntest du auf dem Asteroiden Vesta mit einem Durchmesser von ca. 520 km springen, wenn du die gleiche Absprunggeschwindigkeit hast, wie auf der Erde für eine Sprunghöhe von 1 m?

Sprunghöhe  $h = v_0^2 / 2g$  ( $v_0$  = Absprunggeschwindigkeit,  $g$  = Fallbeschleunigung)

Fallbeschleunigung auf der Erde:  $g_E = 9.81 \text{ m/s}^2$ ,

Fallbeschleunigung auf Vesta:  $g_V = 0.3 \text{ m/s}^2$ .



5. Wieso haben kleinere Asteroiden eine unregelmässige Form, grössere Himmelskörper dagegen eine kugelförmige Gestalt?

6. Wie würdest du / wie würden die Leute wohl reagieren, wenn man wüsste, dass ein sehr grosser Meteorit im Anflug auf die Erde ist, der (fast) alles Leben in 6 Monaten / in 2 Jahren vernichten würde?

Frühlingsputz und Steuererklärung werde ich jedenfalls erst am 16. Mai machen





# Lösungen

## AUSSERIRDISCHE ZUWANDERER

1. Der Meteorit hat die Nummer xyz.
2. 1. Ein grösserer Meteorit muss mit dem Mond (bzw. Mars, Asteroid) kollidieren und Mondmaterial so stark beschleunigen, dass es das Gravitationsfeld des Mondes verlassen kann (Fluchtgeschwindigkeit auf dem Mond: 8280 km/h, auf dem Mars: 18000 km/h).  
2. Das Mondmaterial muss in den Anziehungsbereich der Erde gelangen und auf die Erde fallen, ohne komplett in der Atmosphäre zu verglühen
3. Trefferwahrscheinlichkeit a) pro 1 km<sup>2</sup>:  $10 : 1000000 = 0,00001 = 10^{-5}$  das heisst pro m<sup>2</sup>:  $10^{-11}$ , b) für ein Haus (Grundfläche 100 m<sup>2</sup>):  $10^{-9}$   
c) für einen Menschen (Grundfläche 0.25 m<sup>2</sup>)  $2.5 \cdot 10^{-12}$   
Da massigere Meteoriten beim Eintritt in die Atmosphäre normalerweise zerbrechen und wie Schrotkugeln auf ein grösseres Gebiet niedergehen, ist die Wahrscheinlichkeit um einen Faktor 10 grösser als hier berechnet.  
d) Anzahl Meteoriten pro km<sup>2</sup> nach 100'000 Jahren:  $100'000 \times 0.00001 = 1$
4. Die Sprunghöhe ist umgekehrt proportional zur Fallbeschleunigung g.  
 $g_E : g_V = 9.81 : 0.3 = 32,7$  Die Sprunghöhe ist also 32,7 mal höher d.h. **32,7m**
5. Erst ab ca. 100 km Durchmesser ist die Masse gross genug, dass die Gravitation die Brocken, die sich zu einem grösseren Himmelskörper zusammenlagern, zunehmend zu einer Kugelgestalt formen kann.

## DIAMANTEN

1. Weshalb sind Diamanten so hart?
2. Mit was werden Diamanten geschliffen, wenn es nichts Härteres gibt?
3. Welche besonderen physikalischen Eigenschaften haben Diamanten ausser ihrer Härte?
4. Was haben Graphit und Diamant im Aufbau gemeinsam, was unterscheidet sie?
5. Wie kann man auf die Schnelle einen Splitter Diamant, Glas, Quarz und Kunststoff unterscheiden?
6. Unter welchen Bedingungen können Diamanten entstehen?
7. Welches Alter weisen Diamanten auf?
8. Wozu werden Diamanten ausser für Schmuck verwendet?
9. Nach welchen 4 Kriterien bewertet man Diamanten?
10. Erkläre die Masseinheit Karat.
11. 2010 kostete ein Karat Diamant je nach Qualität und Herkunft zwischen 67 und 342 US\$.  
Der *Blaue Wittelsbacher* Diamant, der auch einmal in der Bayrischen Staatskrone eingesetzt war und ein Gewicht von 35,56 Karat aufwies, wurde 2008 für 18,75 Millionen € verkauft (und neu geschliffen). Wieviel wurde demnach für ein Karat bezahlt. Erkläre den Unterschied. 1 € = ca. 1.5 \$
12. Seit einigen Jahren bieten Firmen an, aus der Asche kremierter Verstorbener Diamanten als Andenken zu pressen. Für einen 1 g schweren Diamanten müssen dafür bis 10'000 Fr. bezahlt werden.  
  
Wie viele Karat eines Diamanten lassen sich aus der Asche eines 80 kg schweren Leichnams pressen? Ein lebender Mensch besteht zu 18% aus Kohlenstoff.  
Zusammensetzung von 1 kg Asche eines Kremierten:  
Sauerstoff 400 g, Phosphor 155 g, Kalzium 253 g, Schwefel 37 g, Kalium 37 g, Natrium 10 g, Chlor 10 g, Silizium 4 g, Aluminium 4 g, Magnesium 4 g, Eisen 1 g, andere 86 g  
  
Vergleiche auch Vitrine C/10/6 im Erdgeschoss der Ausstellung *c`est la vie*.  
(1. Eingang rechts zu *Kein Leben ohne Tod*)
13. Beste Freundinnen von Diamanten?

# Lösungen

## DIAMANTEN

1. Beim Diamant ist jedes Kohlenstoffatom (ausser am Rand) tetraedrisch mit 4 anderen symmetrisch verbunden.
2. Diamanten werden mit Diamantpulver geschliffen. Die Härte ist nicht in allen Richtungen gleich hoch, so dass beim Pulver immer auch Diamantkörner mit der grössten Härte angreifen können.
3. höchste Atomdichte, sehr hohe Lichtbrechung, höchste Wärmeleitfähigkeit, höchste Härte, hohe Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Laugen, extrem guter elektrischer Isolator, höchste Schallgeschwindigkeit
4. Beide sind nur aus Kohlenstoffatomen aufgebaut. Grafit hat aber nur die geringe Härte 1-2, da sein Kristallgitter wenig stark verbundenen Schichten hat.
5. Diamant ritzt Glas oder eine Taschenmesser Klinge mit Leichtigkeit, Quarz ritzt Glas nur mit Mühe. Glas kann nur Kunststoff zerkratzen.
6. Entstehung natürlicherweise in 160 – 300 km Tiefe bei einem Druck von 55000 Bar = 55 t / cm<sup>2</sup> und Temperaturen um 1400°C
7. 1-3 Milliarden Jahre
8. - Verwendung zum Schleifen, Sägen, Schneiden, Bohren;  
- in der Infrarotspektroskopie,  
- als Halbleiter,  
- bei der Abwasserreinigung (Diamantelektroden zur Oxidation und Desinfektion)  
- als Kapitalanlage und Zahlungsmittel im Waffenhandel (Blutdiamanten)
9. Clarity, Colour, Cut, Carat (Reinheit, Farbe, Schliff und Gewicht)
10. 1 Karat = 0,2 g nach den Samen des Johannisbrotbaums (oder vom Korallenbaum), die gleichmässig schwer sind.
11.  $18750000 \text{ €} : 35,56 \text{ Karat} = 527278 \text{ € pro Karat} = 351519 \text{ \$ /Karat}$   
 $351519 : 342 = 1027 \text{ d.h. über 1000 mal teurer als die teuersten Diamanten auf dem normalen Markt. Begründung: Je grösser desto seltener und desto teurer pro Karat. Historischer Wert, Berühmtheit.}$
12. Sind dir kritische Fragen oder Widersprüche beim Vergleichen und Überlegen begegnet? Gut so! Bei der Kremation verbrennt der Kohlenstoff nämlich restlos, deshalb kommt er in der Bestandesliste der Asche nicht vor. Somit lässt sich aus der Asche kein Diamant herstellen. Das Angebot ist eine betrügerische Geldmacherei mit den Hinterbliebenen.
13. „Girls“ („Diamonds are a girls best friends“, Berühmtes Lied gesungen von Marilyn Monroe 1953 im Film *Gentlemen Prefer Blondes* (*Blondinen bevorzugt*)).

Nachweislich helfen gegen Sorgen von jung und alt, ausreichend Goldkristalle als Börseninhalt.



## GOLD

1. Wozu wird Gold ausser für Schmuck verwendet?
2. a) In der Schweiz wurden bisher insgesamt etwa 250 kg Gold gewonnen.  
b) Die jährliche weltweite Förderung beträgt heute etwa 2500 t Gold.  
c) Menschen über ihre gesamte Geschichte bis heute ca. 155 000 t Gold geschürft.

Wie gross wären Würfel aus Gold mit diesen Gewichten?

Dichte von Gold:  $19,32 \text{ g/cm}^3 = 19.32 \text{ kg/dm}^3 = 19,32 \text{ t/m}^3$  Dichte = Masse / Volumen

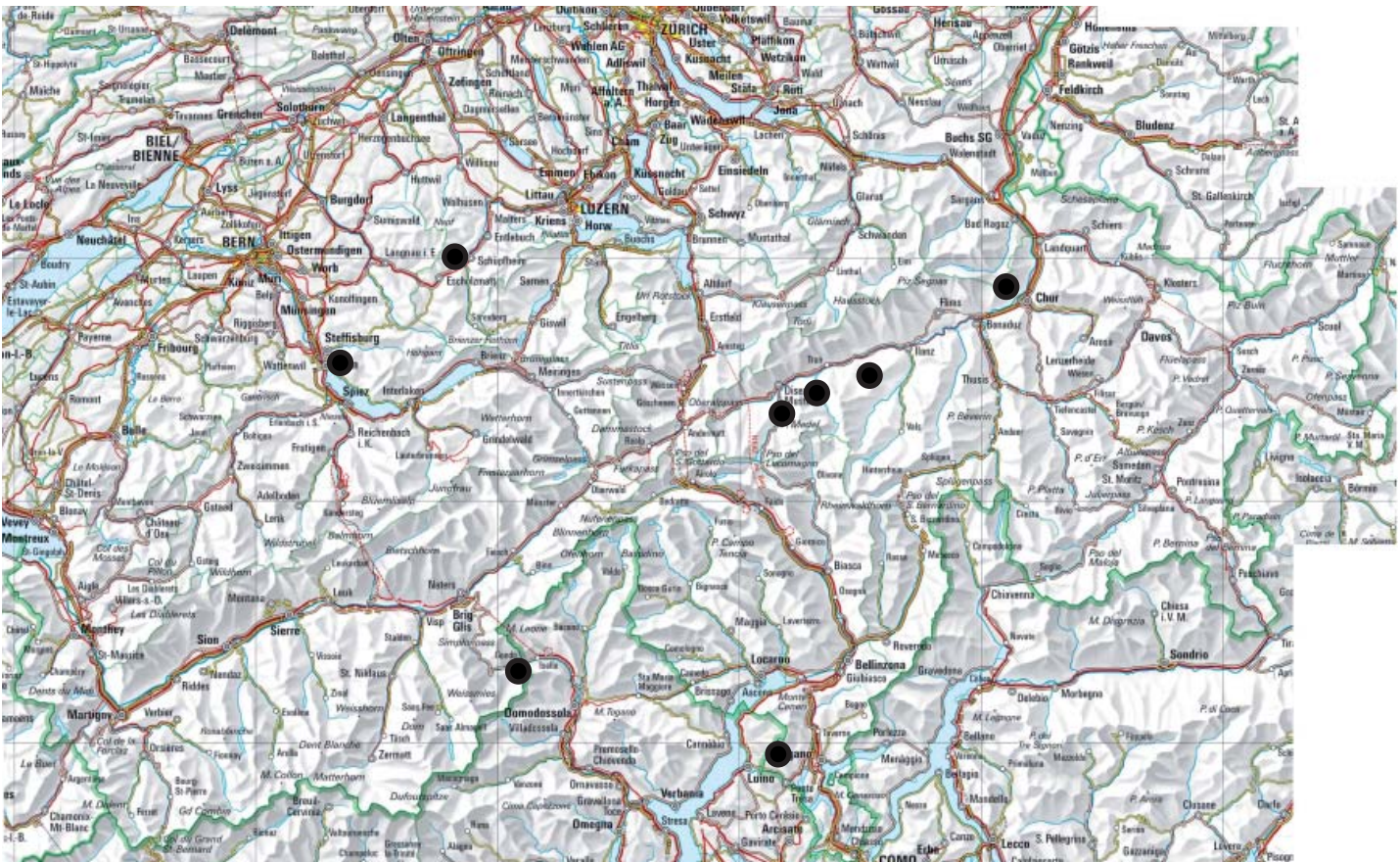
3. a) Welche physikalische Eigenschaft von Gold nutzt man beim Waschen von Gold aus Sand und Kies (Seifenlagerstätten)?  
b) Welche Eigenschaften von Gold nutzt man bei der Gewinnung von Berggold?
4. a) Wo in der Schweiz wurde mit Abstand am meisten Gold gewonnen?  
b) Trage die wichtigsten Fundorte für Gold in der Schweiz ein:  
Rotache (bei Steffisburg), Grosse Fontanne (Napfgebiet), Val Somvix (= Val Sumvitg GR), Lukmanierschlucht (GR), Obersaxen (GR), Felsberger Calanda (GR), Gondo (VS), Astano (Malcantone TI)



# Lösungen

## GOLD

1. Verwendung als Währungsreserve und materielle Sicherheit, Zahnmedizin (Zahnersatz), Dekoration (Blattgold), Elektronik (Steckerverbindungen, Leiterplatten, Verbindungen von Chips)
2. Volumen = Masse [kg] / Dichte [kg/m<sup>3</sup>]  
Kantenlänge des Würfels = Kubikwurzel aus dem Volumen
  - a) 250 kg Volumen = 250 / 19.32 = 12,94 dm<sup>3</sup>  
Kubikwurzel aus 12,94 dm<sup>3</sup> = 2,35 dm = 23,5 cm Kantenlänge
  - b) 2500 t = 2500000 kg Volumen = 2500000/19.32 = 129399,6 dm<sup>3</sup>  
Kubikwurzel aus 129399,6 dm<sup>3</sup> = 50,6 dm = ca. 5 m Kantenlänge
  - c) 155 000 000/19.32 = 8022774 dm<sup>3</sup> Kubikwurzel aus 8022774 dm<sup>3</sup> = 200,18 dm  
d.h. die Kantenlänge beträgt ca. 20 m
3. a) Hohe Dichte. Die Trennung vom leichteren Sand erfolgt durch schnelleres Absinken des spezifisch schwereren Goldes.  
b) Die «Löslichkeit» in Cyanid (früher Quecksilber).
4. a) in Gondo (100 kg von insgesamt 250 kg Schweizergold)  
b)



Hallo Sisyphos, schon was vom natürlichen Kreislauf der Steine gehört?



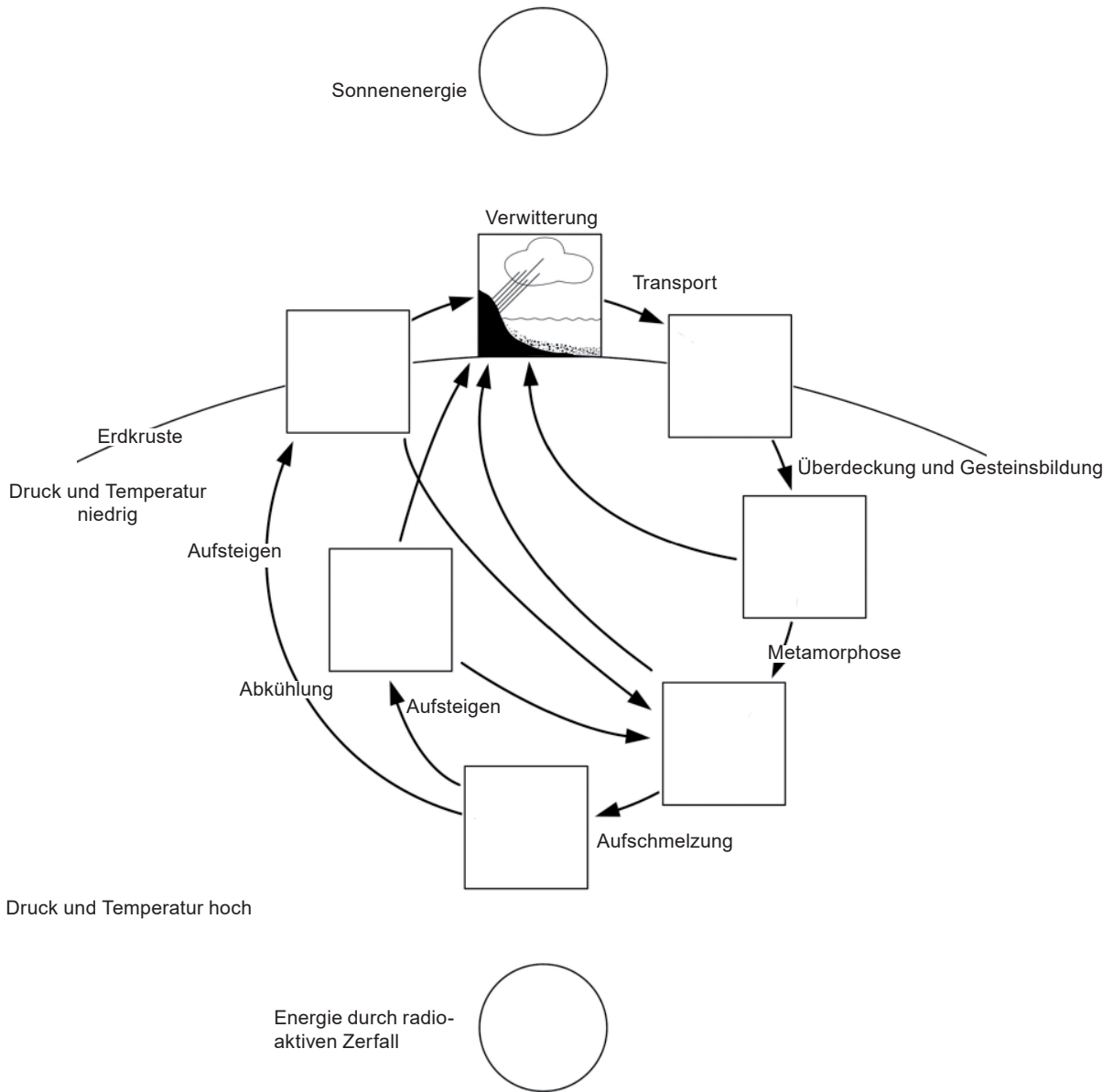
# KREISLAUF DER GESTEINE

Alle folgenden Aufgaben betreffen einen nicht mehr vorhandenen Ausstellungsteil! Die Unterlagen sind aber allenfalls noch für den Unterricht in der Klasse informativ.

1. Bezeichne die Kästchen im Schema mit den entsprechenden Gesteinstypen gemäss dem Diagramm in der Ausstellung *Steine der Erde*.

2. a) Welchen Einfluss hat die Sonne auf den Kreislauf der Gesteine?
- b) Welchen Einfluss hat die Erdwärme auf den Kreislauf der Gesteine?

Ein vollständiger Kreislauf der Gesteine dauert übrigens etwa 200 Millionen Jahre.



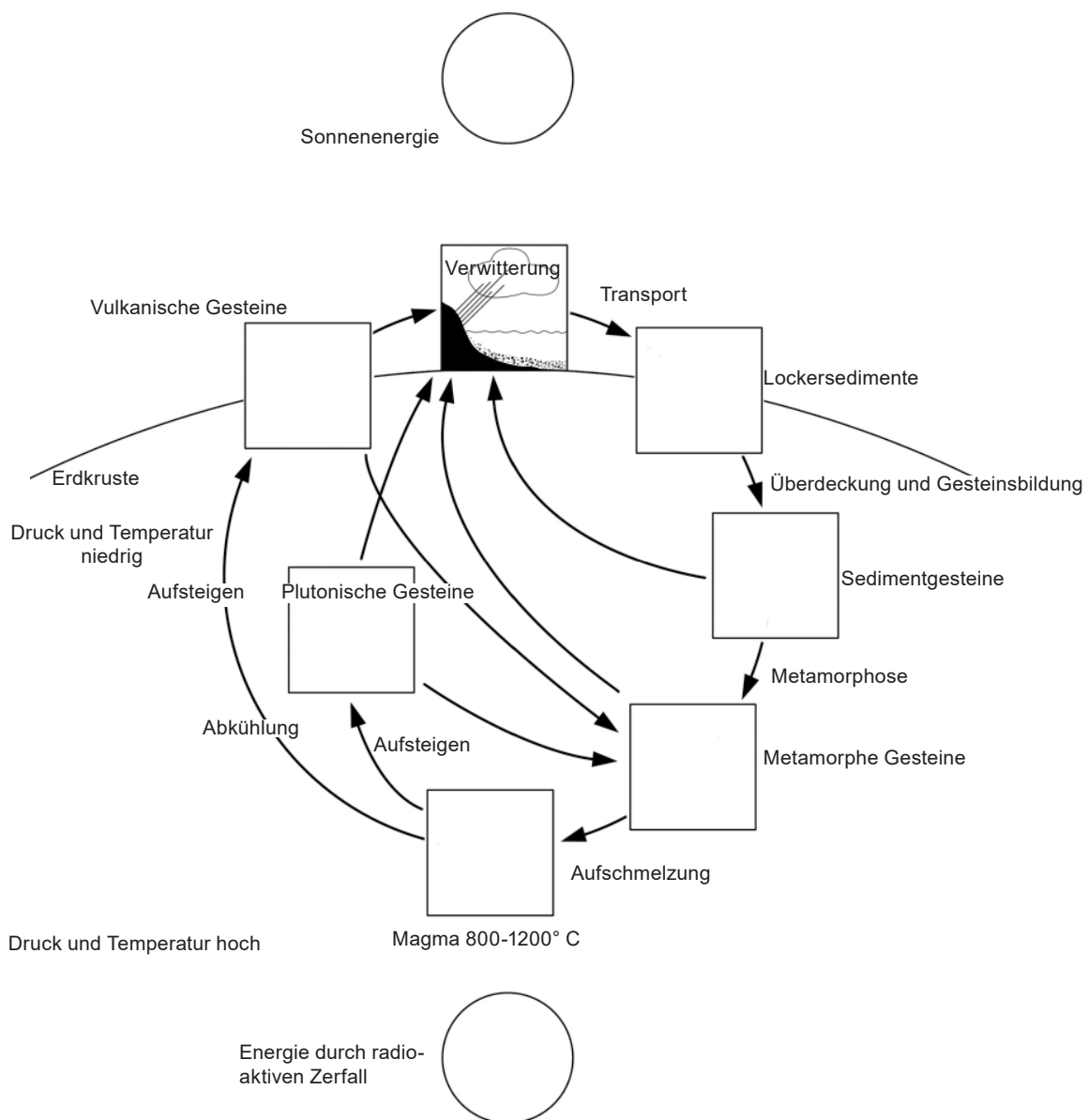
# Lösungen

## KREISLAUF DER GESTEINE

1. s. unten

2. a) Die Sonnenstrahlung liefert die Energie für das Wetter und den Wasserkreislauf, die für Verwitterung und den Oberflächentransport der Gesteine verantwortlich sind.

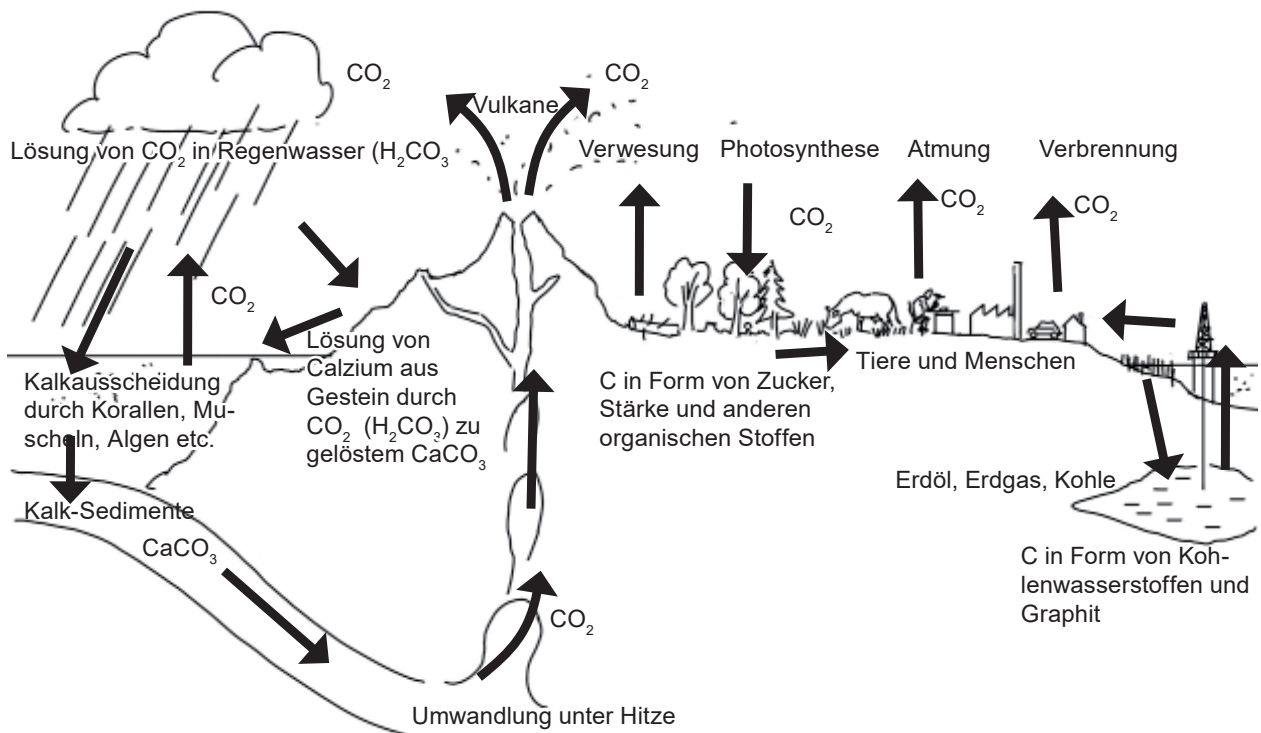
2. b) Die durch Radioaktivität erzeugte Erdwärme kann Gesteine ganz oder teilweise aufschmelzen. Sie ist auch der Motor der Konvektionsströmungen, die den Erdmantel bewegen.



## KOHLNSTOFFKREISLAUF

### Kohlenstoffkreisläufe

1. Beschreibe nach der Grafik verschiedene Kreisläufe des Kohlenstoffs.
2. Woher stammt das  $\text{CO}_2$  der Atmosphäre ursprünglich?
3. a) Woher beziehen Pflanzen ihren Kohlenstoff?  
b) Wie decken Tiere ihre Kohlenstoffbedarf?

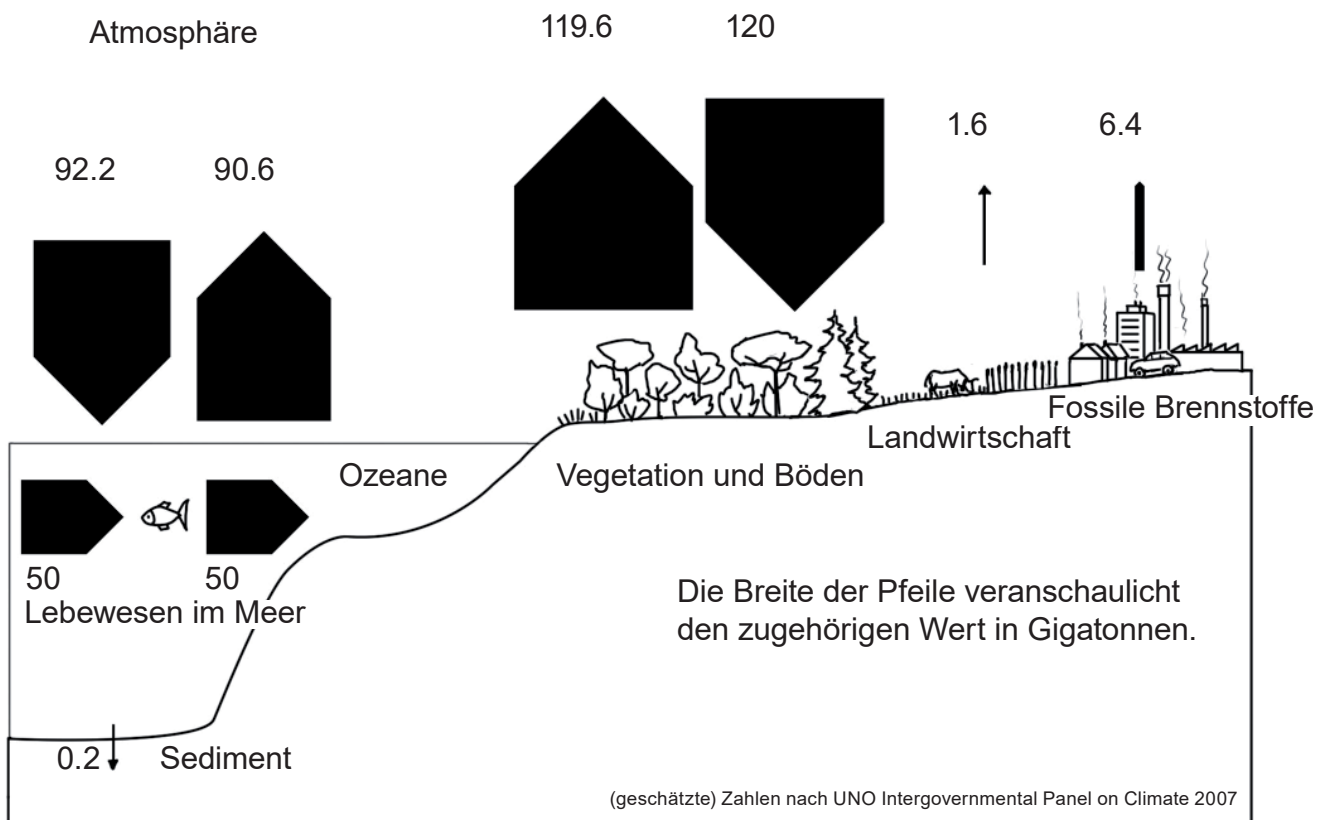




## KOHLENSTOFFKREISLAUF II

4. Wie gross ist der Überschuss an  $\text{CO}_2$ , der zur Zeit in die Atmosphäre entweicht?
5. Wie verändern sich bei einer Erwärmung der Atmosphäre vermutlich die einzelnen Grössen des Kohlenstoffaustausches?

### Jährlicher Kohlenstoffaustausch in Milliarden Tonnen (Gt)



# Lösungen

## KOHLENSTOFFKREISLAUF

### 1. Kohlenstoffkreisläufe:

C gasförmig als  $\text{CO}_2$  in Atmosphäre -  $\text{CO}_2$  löst sich im Regentropfen - gelöstes  $\text{CO}_2$  gelangt ins Meerwasser - Einbau von C in Kalkschalen von Meerestieren - Kalksediment - unter Hitze verwandelt sich das Karbonat wieder in  $\text{CO}_2$  (im Magma) - durch Vulkanausbrüche gelangt das  $\text{CO}_2$  wieder in die Atmosphäre

Pflanzen assimilieren  $\text{CO}_2$  zu Zucker und anderen organischen Stoffen. Tiere nehmen die pflanzlichen Stoffe auf und bauen sie bei sich e. Beim Veratmen der Zucker gelangt das  $\text{CO}_2$  wieder in die Atmosphäre. Auch beim Absterben von Tieren und Pflanzen werden die Verbindungen von Bakterien und Pilzen wieder in die Grundbausteine zerlegt.

2. Das  $\text{CO}_2$  stammt ursprünglich aus dem Erdinnern (Vulkaneruptionen).

3. a) Pflanzen nehmen den Kohlenstoff aus der Luft ( $\text{CO}_2$ )

3. b) Tiere beziehen den Kohlenstoff von anderen Tieren und von Pflanzen.

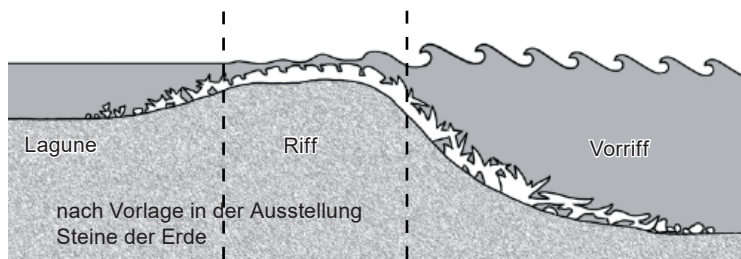
4.  $119.6+90.6+1.6+6.4-120-92.2 = 6 \text{ Gt CO}_2$

5. Bei höheren Temperaturen nimmt die Bioaktivität im Allgemeinen zu und damit auch die Umsatzmengen an  $\text{CO}_2$ . Da sich insbesondere auch das Korallenwachstum steigert, wird der Atmosphäre vermehrt C entzogen und in Sedimenten eingelagert.

## OBERFLÄCHENGESTALT DER ERDE

Beantworte nach den Texten und Bildern in der Ausstellung

1. Was ist ein Schelf?
2. Weshalb sind Schelfbereiche die ökologisch interessantesten Meeresgebiete?
3. Was sind Ooid-Kalksande?
4. Welche Sedimente sind in der Tiefsee zu erwarten?
5. Weshalb gibt es unterhalb von 4000 bis 5000 m keine Kalkgehäuse von Meerestieren zu finden?
6. Interpretiere im folgenden Schema die ökologischen Bedingungen. Studiere dazu auch die entsprechende Darstellung in der Ausstellung Steine der Erde.



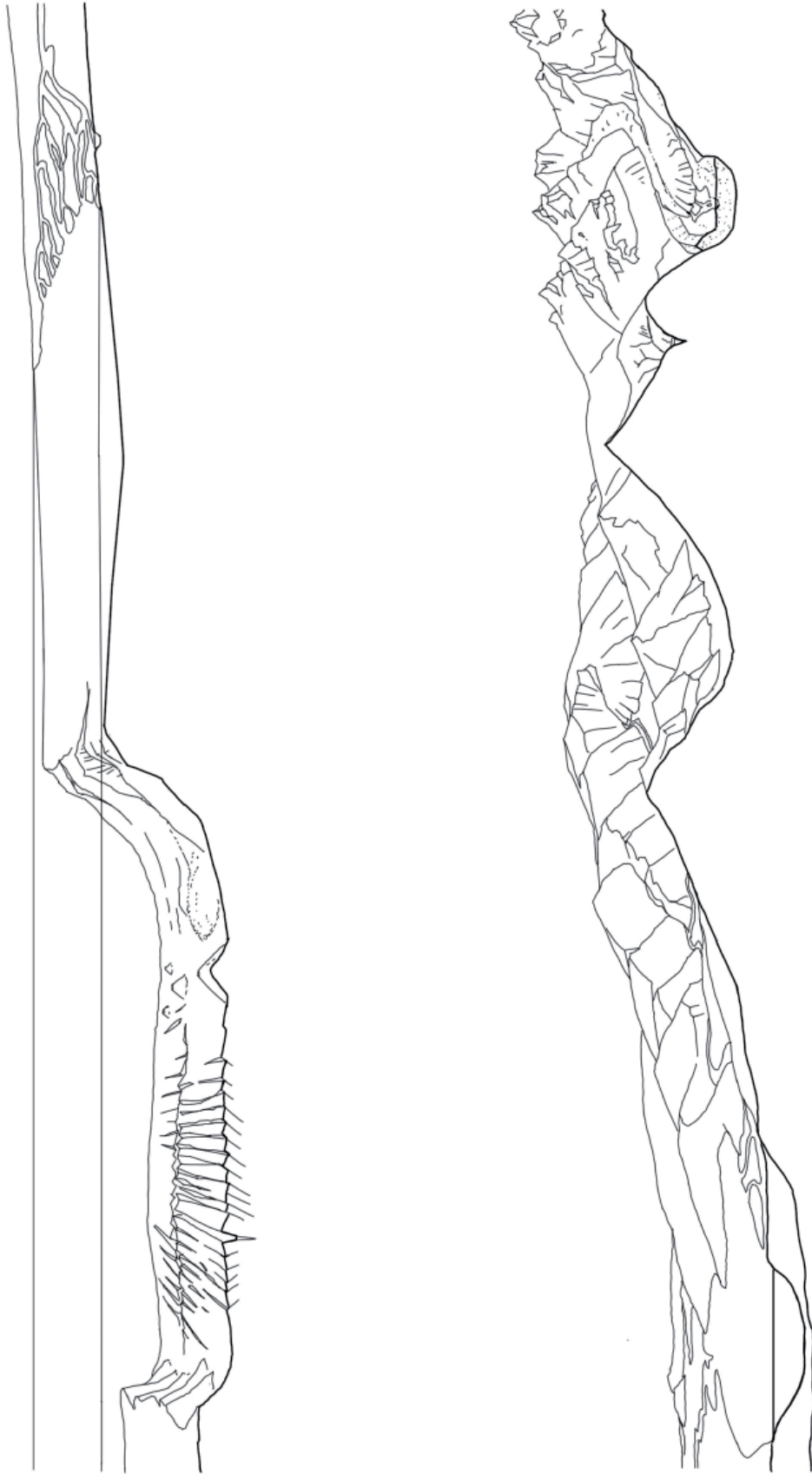
7. Welche Erosionsspuren hinterlässt ein Gletscher?
8. Was ist ein *Gleithang* und was ist der *Prallhang bei einer Flussbiegung*?
9. Wie unterscheiden sich Steine, die vom Fluss transportiert worden sind von solchen, die allein der Gletscher mittrug?
10. Koloriere die Strichzeichnung der Oberflächenformen und trage die geomorphologischen Begriffe nach der entsprechenden Darstellung in der Ausstellung ein:

Ozeanische Tafel  
Rifting  
Transform Störung  
Tiefsee  
Ozeanischer Rücken  
Verwerfung  
Erloschener Vulkan  
Tiefsee-Ebene  
Submariner Schuttkegel  
(Turbidit)  
Cañon  
Kontinentalhang  
Schelfrand  
Flachmeer, Schelf  
Watt  
Flussmündung  
Tiefland

Mäandrierender Fluss  
Unterland  
See  
Deltaschrägschüttung  
Delta  
Prallhang  
Gleithang  
Quellregion  
Alpenvorland  
V-Tal  
Erosionstrichter  
Schuttkegel  
U-Tal  
Schneegrenze  
Schmelzwasserrinnen  
Seitenmoräne  
Sander

Gletscherstirne  
Gletschertor  
Hochalpen  
Gletscherbach  
Kar  
Nährgebiet  
Zehrgebiet  
Mittelmoräne

## OBERFLÄCHENGESTALT DER ERDE

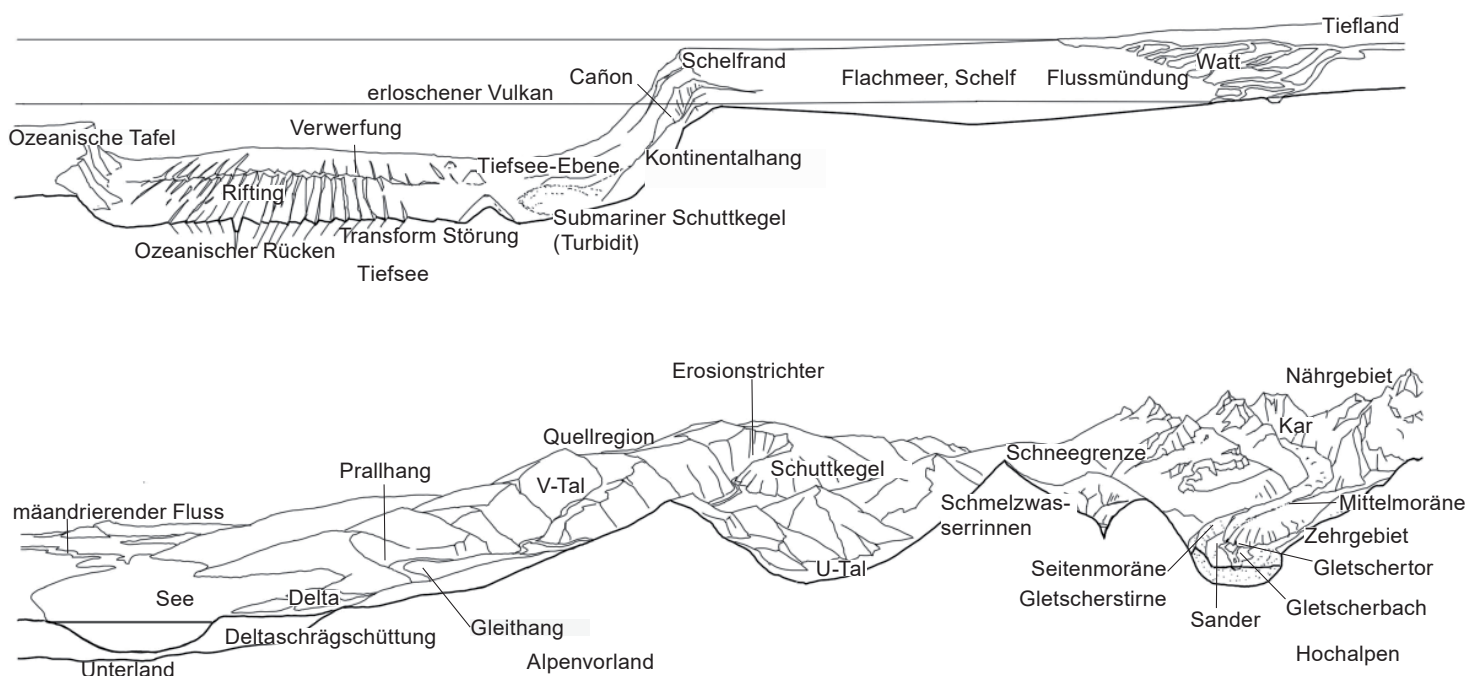


nach farbiger Vorlage in der Ausstellung Steine der Erde

# Lösungen

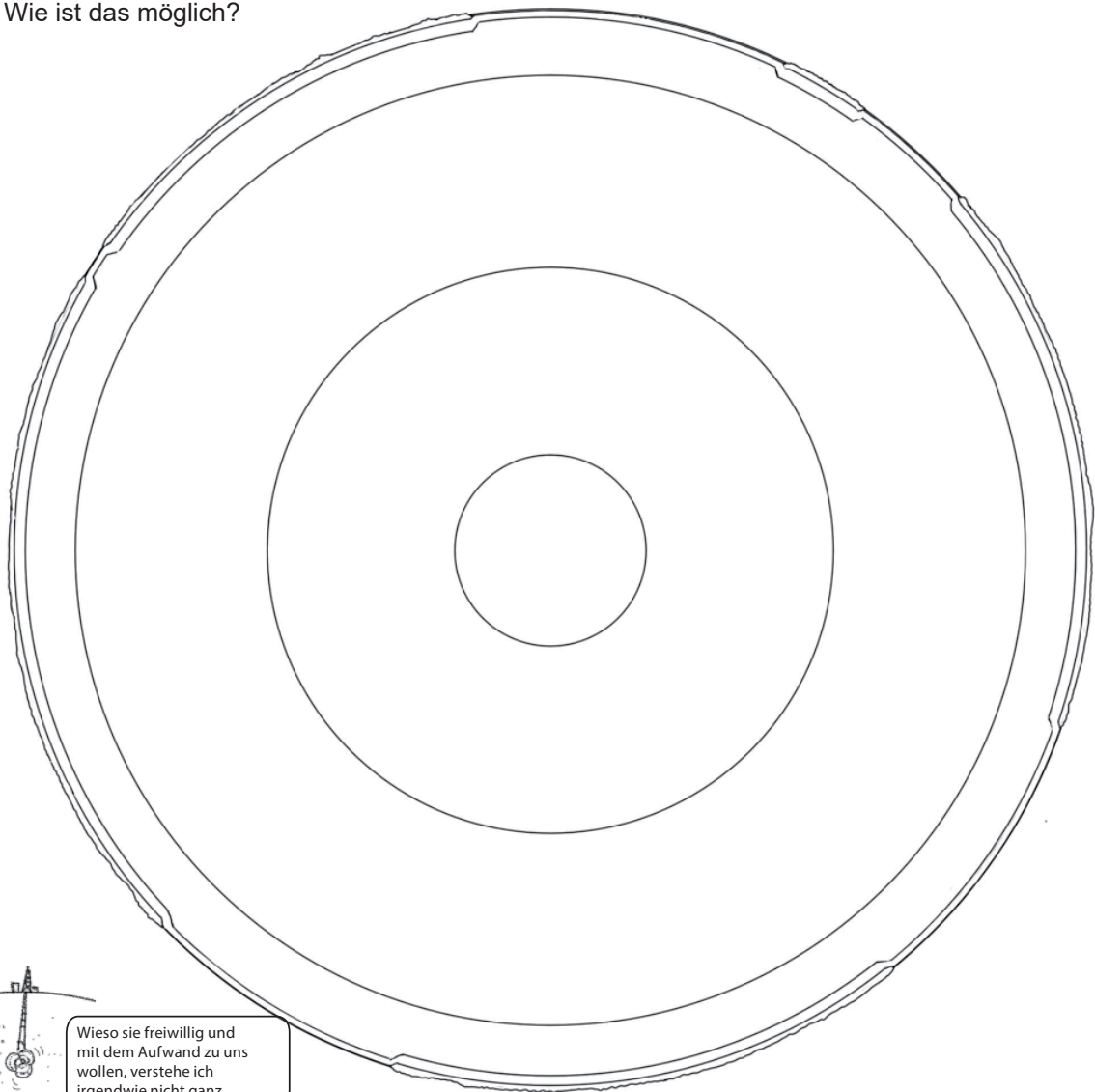
## OBERFLÄCHENGESTALT DER ERDE

1. Schelf: der Küste vorgelagerter flacher Meeresbereich (bis 200 m Tiefe) mit kontinentaler Kruste. 70 -1700 km breit, durchschnittlich 200 km.
2. Dank grossem Angebot an Nährstoffen, Unterschlupf (in Korallenriffen), wesentlich artenreicher als Bereiche mit tieferem Meeresboden.
3. Ooid-Kalksande bestehen aus Kalkkugeln, die in übersättigtem Meerwasser einer Lagune aus Kalk um einen Kondensationskern gewachsen sind.
4. Tiefseetone (keine Kalkschalen unter 5000 m), küstenfern nur feinste Schwebeteilchen
5. Kalkschalen werden bei höherem Wasserdruck unterhalb 4000 - 5000 m aufgelöst.
6. **Lagune:** vor Brandung, hohem Wellengang und Strömung geschützt. Wenn durch Riff vom offenen Meer ganz abgetrennt starke Schwankungen von Salzgehalt und Temperatur, was nur wenigen Arten Leben ermöglicht. Feinstkörnige schlammige Ablagerungen. Bei Verbindung zum offenen Meer Kalksandablagerungen, die durch Strömung immer wieder verschoben werden (Unterwasserdünen).  
**Riff:** artenreichste Meereslandschaft überhaupt, reich an Licht, Nahrung, Verstecken. Weite Gebiete von Jura und Dolomiten bestehen aus ehemaligen Korallenriffen.  
**Vorriff:** Schutt von Korallenstöcken, Lebensraum vieler Fische und andere Meereslebewesen, je tiefer, desto artenärmer
7. Gletscherschliff, übertiefte Becken, ausgehobelte Täler
8. Gleithang: flache Innenseite eines Flussbogens. Hier wird die Fliessgeschwindigkeit soweit abgebremst, dass es zur Ablagerung von Sand und Kies kommt.  
 Prallhang: steile Aussenseite des Flussbogens mit verstärkter Erosion.
9. Flusstransportierte Gerölle werden innert kurzer Distanz rund geschliffen, während Steine die der Gletscher verfrachtet, eckig bleiben. Ablagerungen von Flüssen sind nach Korngrößen sortiert, bei Gletschern werden grosse und kleine Steine durcheinander angehäuft.



## AUFBAU DER ERDE

1. Beschrifte die Schalen des Erdaufbaus im schematischen Schnitt unten nach dem Modell in der Ausstellung *Steine der Erde*. Notiere dazu die wichtigsten Stichworte zu jeder Schicht.
2. a) Welches ist das häufigste Gestein der Erde und wo kommt es vor allem vor?  
b) Welches ist das häufigste Mineral der Erde und wo kommt es vor allem vor?
3. Die tiefste bisher abgeteufte Bohrung erreichte 12.262 km. Wie lang wäre sie im gleichen Massstab des Schalenmodells unten einzuzeichnen? Durchmesser der Erde: 12'730 km
4. Wie würde sich eine Steinkugel verhalten, die in ein senkrechtes Rohr fällt, das quer durch den Erdmittelpunkt zum gegenüberliegenden Punkt auf der Erdoberfläche führen würde. (Überlege dir die Situation mit und ohne Luft.)
5. Übrigens: Wusstest du, dass sich die Schweiz und China territorial berühren? Wie ist das möglich?



Wieso sie freiwillig und mit dem Aufwand zu uns wollen, verstehe ich irgendwie nicht ganz.

# Lösungen

## AUFBAU DER ERDE

1.

Kruste

unter Kontinenten 40 - 60 km, unter Ozeanen nur 6 - 10 km dick.

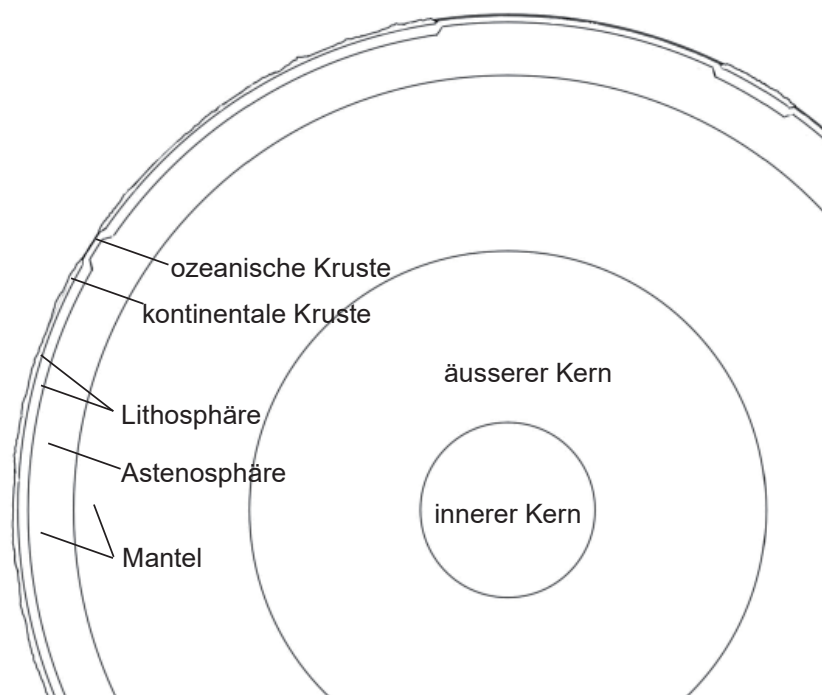
Kontinentale Kruste hauptsächlich aus Granit  $2,64 \text{ g/cm}^3$ , ozeanische Kruste vorwiegend Basalt  $2,99 \text{ g/cm}^3$ .

Mantel

2900 km dick, 83% des Erdvolumens. Oberste 100 km starr, Peridotit,  $3,27 \text{ g/cm}^3$ , bildet mit aufliegender Kruste die Lithosphäre. Darunter plastische Astenosphäre

Kern

Radius 3500 km, aussen flüssig, innen fest, Nickeisen



2. a) Häufigstes Gestein ist der Peridotit im Erdmantel

b) Häufigstes Mineral ist der Magnesium-Perovskit  $\text{MgSiO}_3$ , das Hauptmineral des Erdmantels unterhalb von ca. 600 km.

3.  $12,26 \text{ km} : 12739 \text{ km} = 0,00096$  Erddurchmesser auf dem Papier: 148 mm  
 $148 \times 0,00096 = \mathbf{0,14 \text{ mm}}$

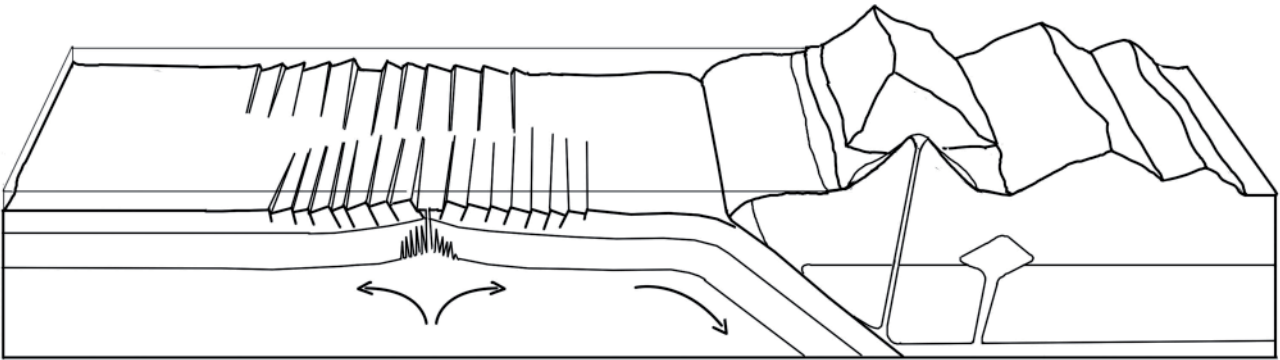
4. **Ohne** Luftwiderstand würde die Kugel bis zum Erdmittelpunkt mit abnehmender Intensität beschleunigt. Nach dem Passieren des Mittelpunktes würde sie durch die entgegengesetzte Gravitationskraft abgebremst bis sie an der Oberfläche wieder die Geschwindigkeit Null hat, um danach wieder zum Erdmittelpunkt zu fallen etc.

**Mit** Luftwiderstand würde sie die Erdoberfläche auf der andern Seite nicht mehr erreichen. Die Pendelausschläge würden immer geringer, bis sie im Erdmittelpunkt schweben bliebe.

5. Das Hoheitsgebiet der Staaten reicht nach Auffassung von Rechtsinterpretationen bis zum Erdmittelpunkt, so dass sich demnach alle Staaten dort berühren.

## KRUSTE ENTSTEHT UND VERGEHT

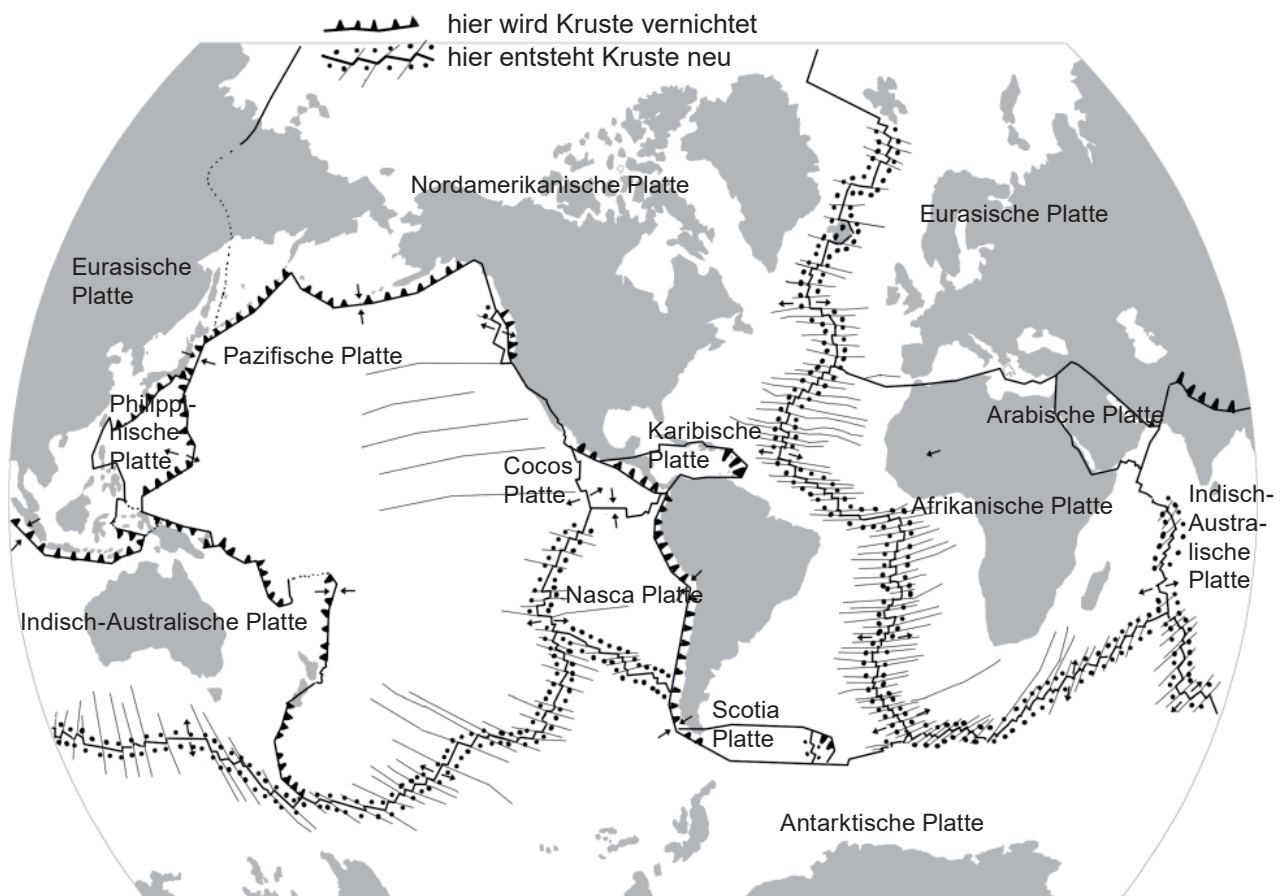
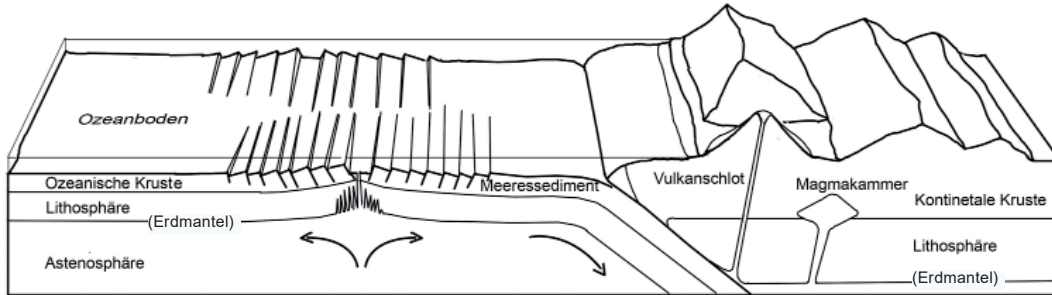
1. Bezeichne die Grafik unten mit den folgenden Begriffen:  
Ozeanische Kruste, Kontinentale Kruste, Erdmantel, Vulkanschlot, Magmakammer  
(vergleiche dazu die Grafik in der Ausstellung)
2. Benenne nach den Darstellungen in der Ausstellung die Namen der einzelnen Kontinentalplatten auf der Karte unten.
3. Markiere auf der Grafik und auf der Karte die Gebiete grün, wo neue Erdkruste entsteht.  
Kennzeichne Linien mit Rot, wo Erdkruste vernichtet d.h. aufgeschmolzen wird.





# Lösungen

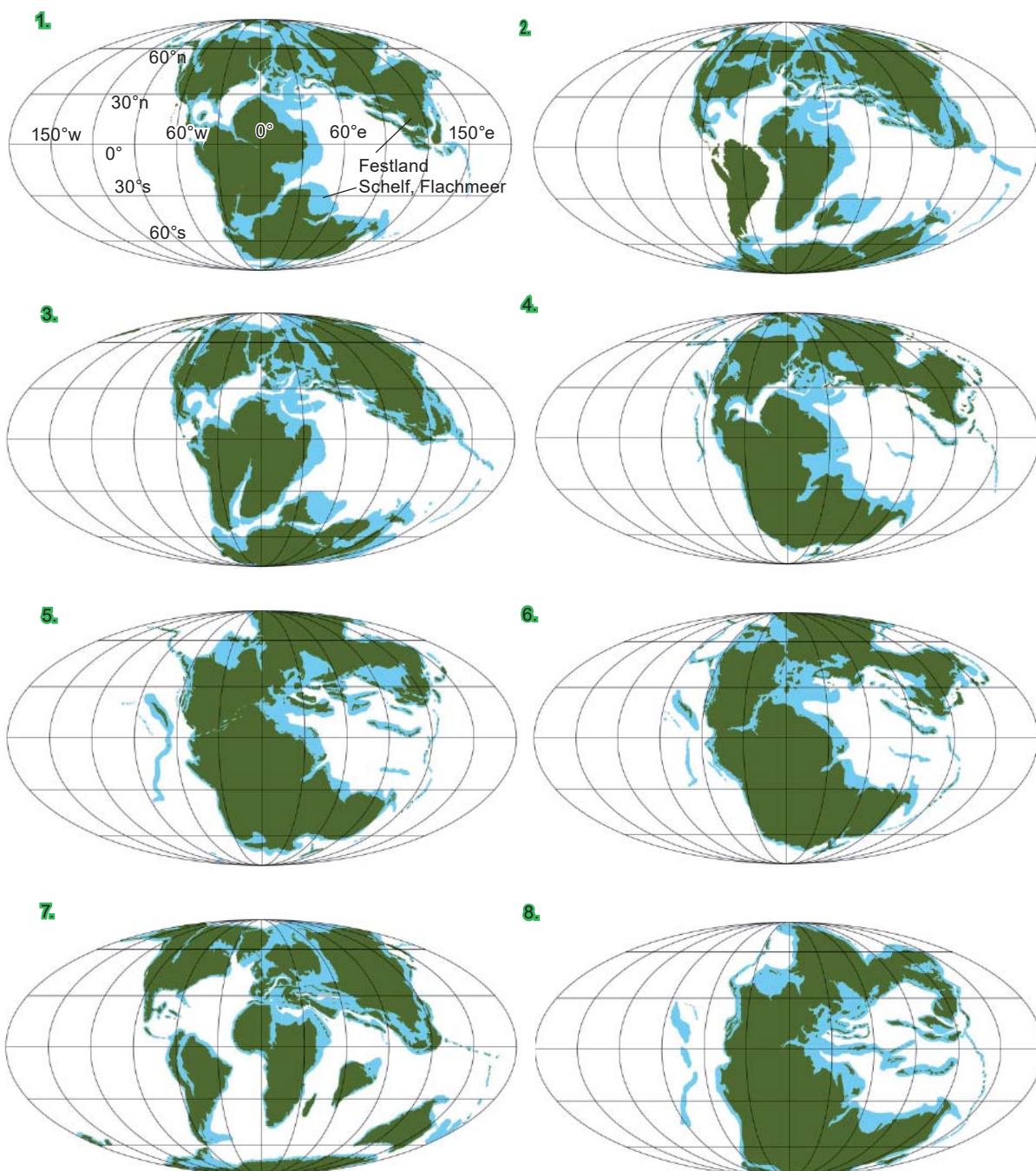
## KRUSTE ENTSTEHT UND VERGEHT



## AUFBAU DER ERDE - KONTINENTE AUF WANDERSCHAFT

Kontinente sind im Schnitt 35 km dicke, einzelne Gesteinsplatten, die auf dem plastischen Erdmantel schwimmen und mit Geschwindigkeiten um 1 cm pro Jahr bewegt werden, sich trennen und wieder vereinigen. Von 300 bis 150 Millionen Jahren vor heute hingen die Kontinente mehr oder weniger zusammen und bildeten den Superkontinent Pangäa.

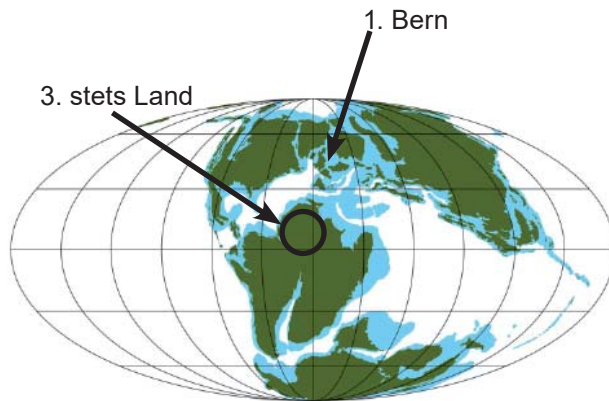
1. Zeichne jeweils mit einem roten Punkt die Position von Bern ein ( $7.5^{\circ}\text{e}$ ,  $47^{\circ}\text{n}$ ).
2. Ordne die Weltkarten in der richtigen Reihenfolge und füge die entsprechenden Zeitangaben dazu: 240, 220, 200, 170, 150, 120, 105, 65 Millionen Jahre vor heute.
3. Markiere die Position (Koordinaten) auf der Erde, die in der abgebildeten Zeitspanne am längsten an Land gelegen ist.



# Lösungen

## AUFBAU DER ERDE - KONTINENTE AUF WANDERSCHAFT

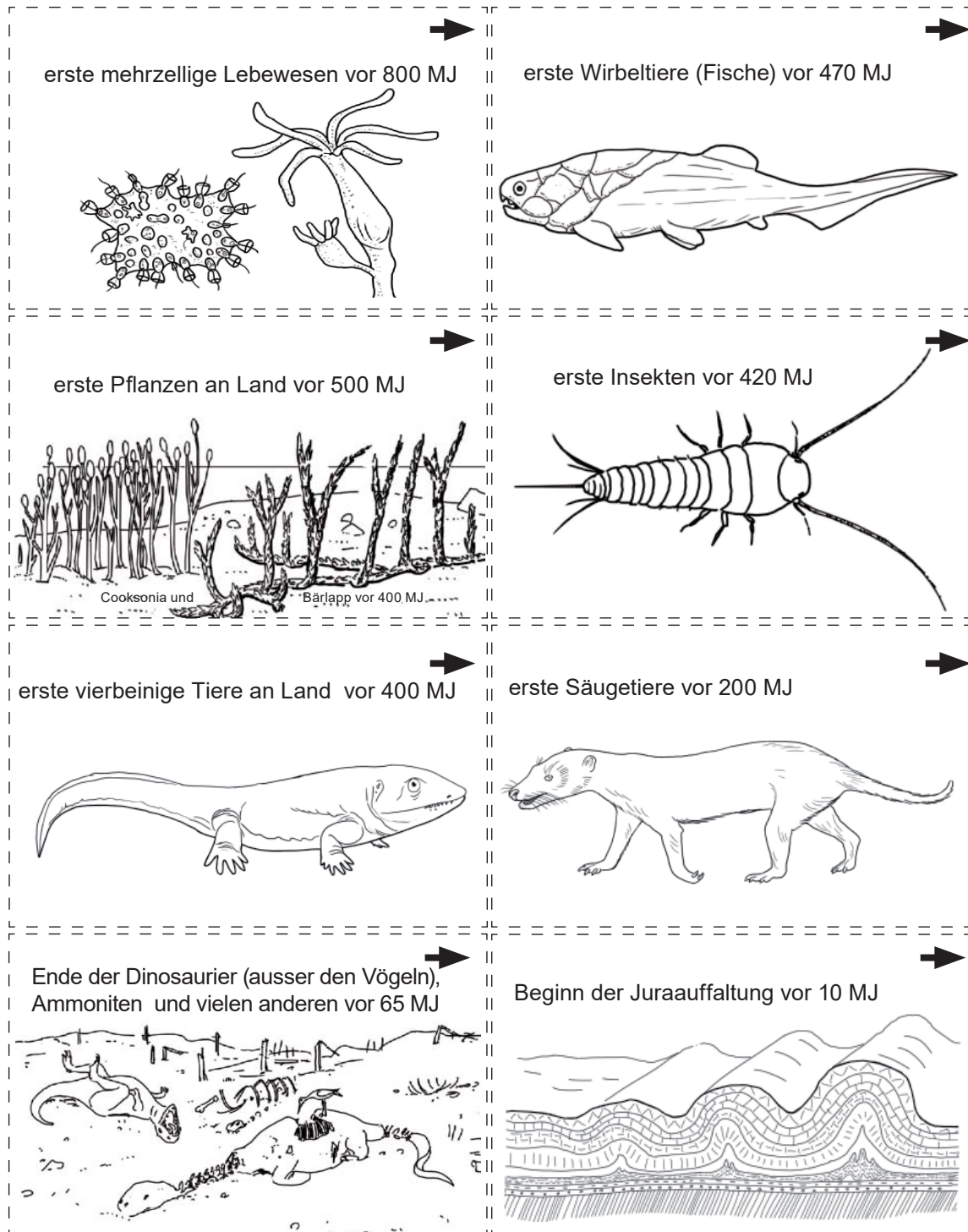
2.) Zeitliche Reihenfolge der Weltkarten: Nr. 8, 5, 6, 4, 1, 3, 2, 7



## ZEITLINIE - ENSTEHUNG DES LEBENS I (Vitrine Nr. 13)

Links neben der Vitrine siehst du eine einfache Zeitachse, von der Entstehung der Erde bis zur Gegenwart. Ergänze sie mit einigen weiteren markanten Punkten der biologischen und geologischen Geschichte: Schneide die Kärtchen aus, klebe sie auf Post-it-Zettelchen und befestige sie an der richtigen Position<sup>1</sup>.

MJ = vor Millionen Jahren



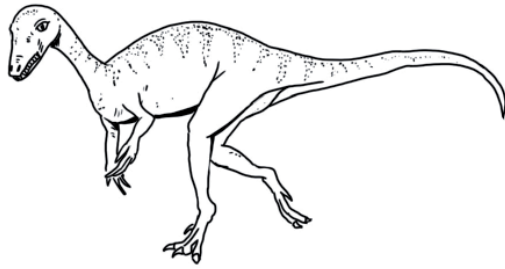
1) Material ist bei der Museumspädagogik (Tel. 270) zu beziehen.

**a**ufgabenblatt

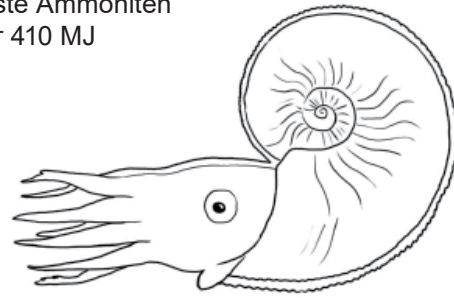
**ZEITLINIE - ENTSTEHUNG DES LEBENS II**

(Vitrine Nr. 13)

erste Dinosaurier vor 235 MJ



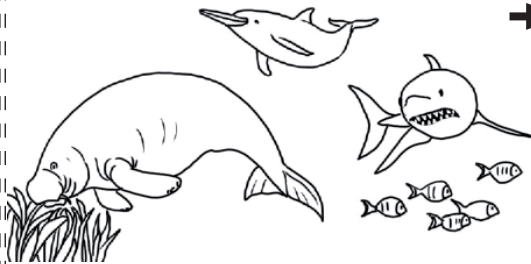
Erste Ammoniten vor 410 MJ



erste Reptilien vor 315 MJ



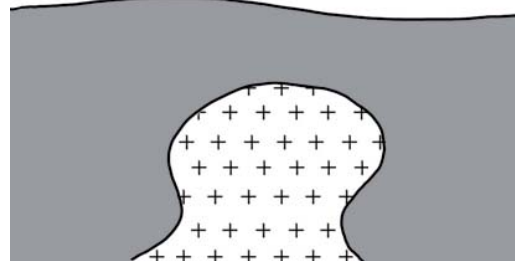
bisher letztes Mal Meer über Bern vor 16 MJ  
(Ende der Oberen Meeresmolasse)



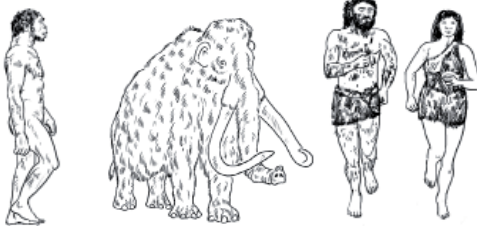
erste Vögel vor 150 MJ



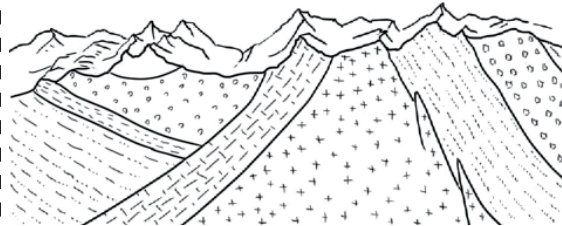
Entstehung des Granits von Aare- und Gott-  
hardtmassiv vor 300 MJ



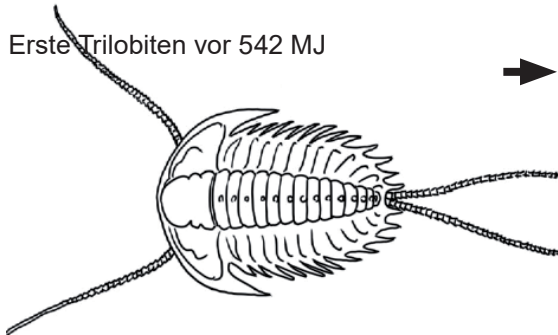
Beginn der Eiszeiten vor 2.7 MJ  
bis heute



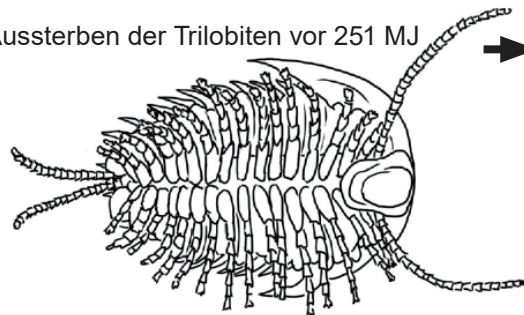
Beginn der Gebirgsbildung der Alpen  
vor 90 MJ



Erste Trilobiten vor 542 MJ



Aussterben der Trilobiten vor 251 MJ

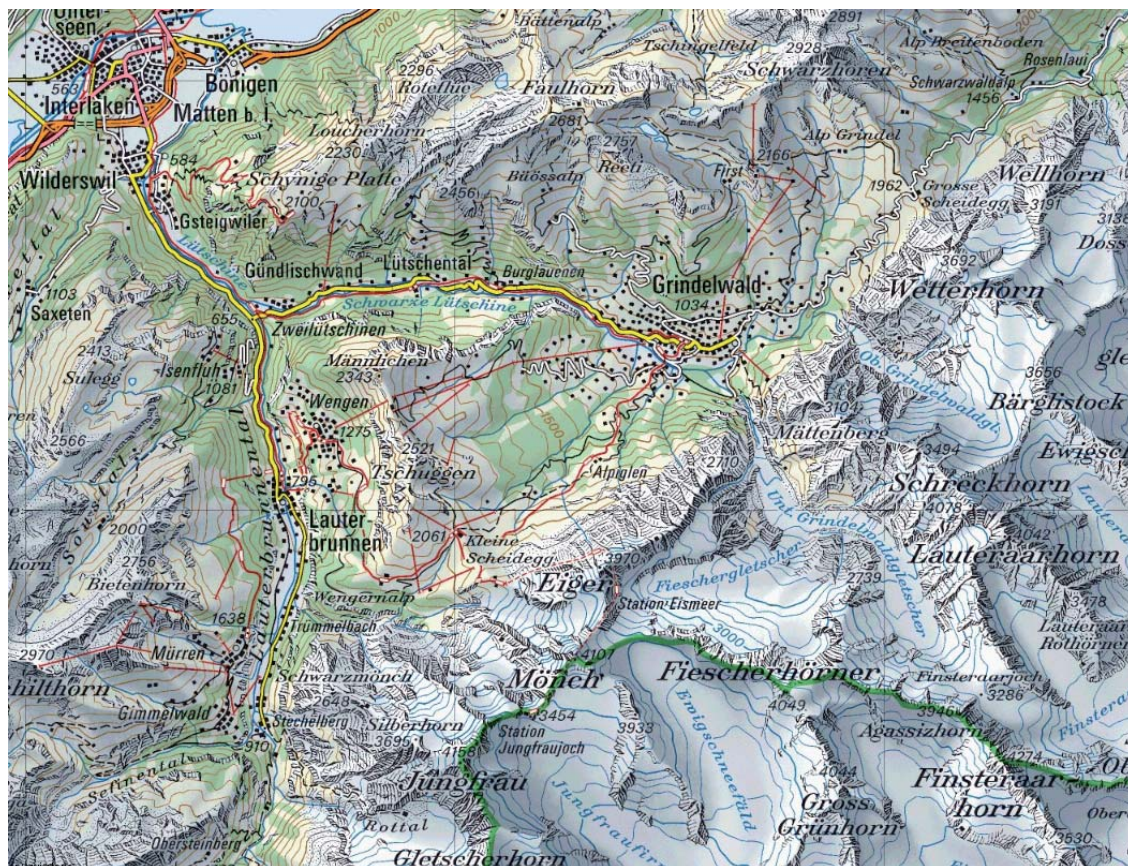


## GEOLOGISCHES RELIEF DES JUNGFRAUGEBIETS

1. Welche Schichten und Zeiten durchklettert ein Eigernordwandbesteiger wenn er von der Kleinen Scheidegg startet?
2. Wo ist die Grenze zwischen den Mesozoischen Sedimenten und dem Kristallin des Aaremassivs am einfachsten zugänglich?
3. Aus welchem Gestein bestehen die Gipfel von Finsteraarhorn, Eiger, Mönch und Jungfrau?
4. Welches ist das älteste Gestein, das im Ausschnitt des Reliefs vorkommt und wo kommt es an die Oberfläche?



Kartenausschnitt zum geologischen Relief



# Lösungen

## GEOLOGISCHES RELIEF DES JUNGFRAUGEBIETS

1. Dogger, Flysch, untere Kreide, oberer Malm
2. im Lauterbrunnental bei Stechelberg
3. Finsteraarhorn: Amphibolit, Eiger: Malmkalk,  
Mönch: Gneis, Jungfrau: Lauterbrunner Kristallin
4. Granite des Karbon  
südöstlich des Schreckhorns, südöstlich des Finsteraarhorns, am Wetterhorn, Mätenberg, Jungfrau, im hinteren Teil des Lauterbrunnentals

## LIMULUS - LEBENDES FOSSIL

Der *Limulus polyphemus* oder Pfeilschwanzkrebs hat sich seit 440 Millionen Jahre zumindest äusserlich kaum verändert und wird deshalb als lebendes Fossil bezeichnet.

Weitere lebende Fossilien sind etwa der Quastenflosser (Modell in der Ausstellung Flossen-Füsse-Flügel), das Schnabeltier (im Glasraum), Neunaugen (in der Ausstellung Flossen-Füsse-Flügel), Armfüsser, der Nautilus, Brückenechsen, der Ginkobaum, Baumfarne oder der Mammutbaum.

Der Limulus lebt auf sandigem Meeresboden an der Küste vor Mexiko und Nordamerika in 10 bis 40 m Tiefe tropischer Meere und ernährt sich von Muscheln, Schnecken und Ringelwürmer.

Die Tiere sind erst mit 10 Jahren geschlechtsreif und können ein Alter von 20 Jahren erreichen.

### Fragen

1. Welche Voraussetzungen braucht es damit ein Lebewesen zu einem lebenden Fossil wird?
2. Nehmen wir an, ein Limulusweibchen legt während 10 Jahren jährlich 300 Eier (andere Arten der Schwertschwänze produzieren bis 10'000 Eier). Wieviele davon entwickeln sich im Durchschnitt zu erwachsenen fortpflanzungsfähigen Tieren, wenn die Gesamtpopulation über die Jahre gleich gross bleibt?
3. Pfeilschwanzkrebse haben 9 Augen. Versuche sie beim lebenden Tier zu lokalisieren und in der Zeichnung unten einzutragen.