



Feuer



Wasser

NATURKATASTROPHEN



Erde



Luft

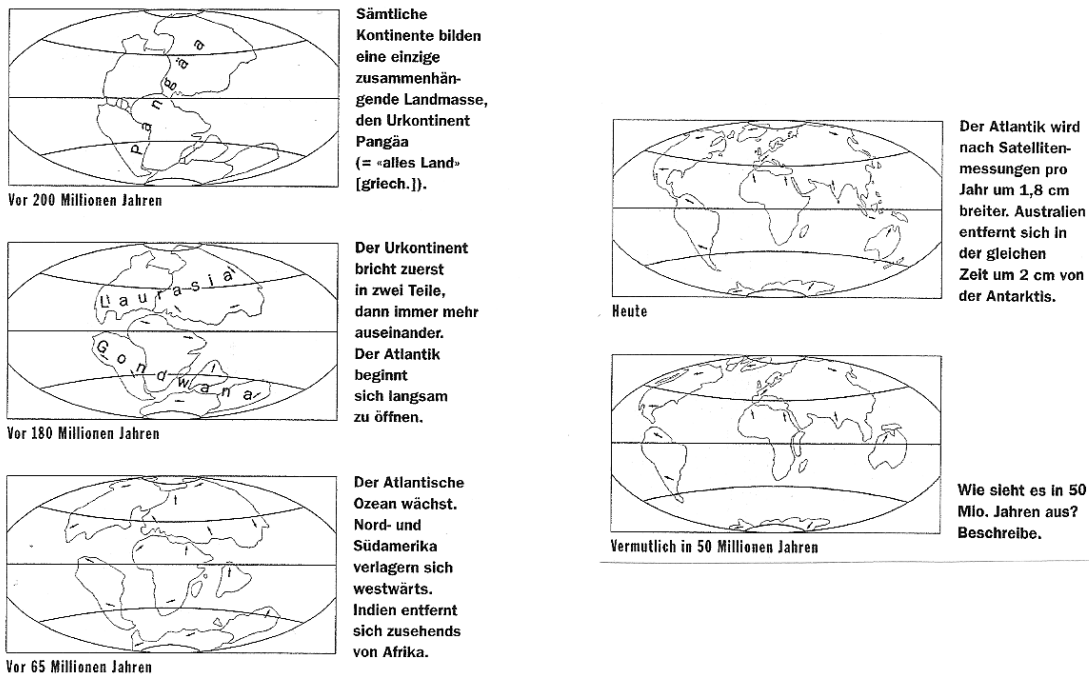
a) Die Erde – ein dynamischer Planet

1. Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung

Lies die Seite 110 im Geobuch 1 und schreibe eine kurze, prägnante Zusammenfassung.

Alfred Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung sagt aus, dass...

die heutigen Kontinente nicht schon immer ihre aktuelle Position eingenommen haben, sondern vielmehr wie Eisschollen auf dem Wasser auf einem zähflüssigen Erdinnern „schwimmen“. So konnten sich z.B. die ehemals miteinander verbundenen heutigen Kontinente Afrika und Südamerika im Laufe der Zeit weit voneinander entfernen.



Folgende Forschungsergebnisse über Afrika und Südamerika unterstützen Wegeners Theorie:

- (1) die Küstenlinien und die Ränder des Absturzes in die Tiefsee passen zusammen
- (2) grosse Ähnlichkeit der Pflanzenwelt beider Kontinente (früher)
- (3) Fossilien weisen nach, dass gleiche Reptilien auf beiden Kontinenten lebten
- (4) Gebirge gleichen Alters befinden sich an zueinander passenden Küstenstreifen
- (5) man hat in zueinander passenden Teilen beider Kontinente sehr alte Gesteine gefunden

2. Schalenbau der Erde – Ursache für die Bewegung der Kontinente

Lies die Seite 111 im Geobuch 1 und bearbeite anschliessend die folgenden beiden Aufgaben.

Ordne den Zahlen 1 – 13 die entsprechenden Begriffen zu.

01. aufeinander driftende Platten

02. Tiefseeegraben

03. Vulkane, Gebirge (Anden)

04. kontinentale Kruste

05. Mittelatlantischer Rücken

06. Ozeanische Kruste (Atlantik)

07. auseinander driftende Platten

08. oberster fester Teil des Erdmantels

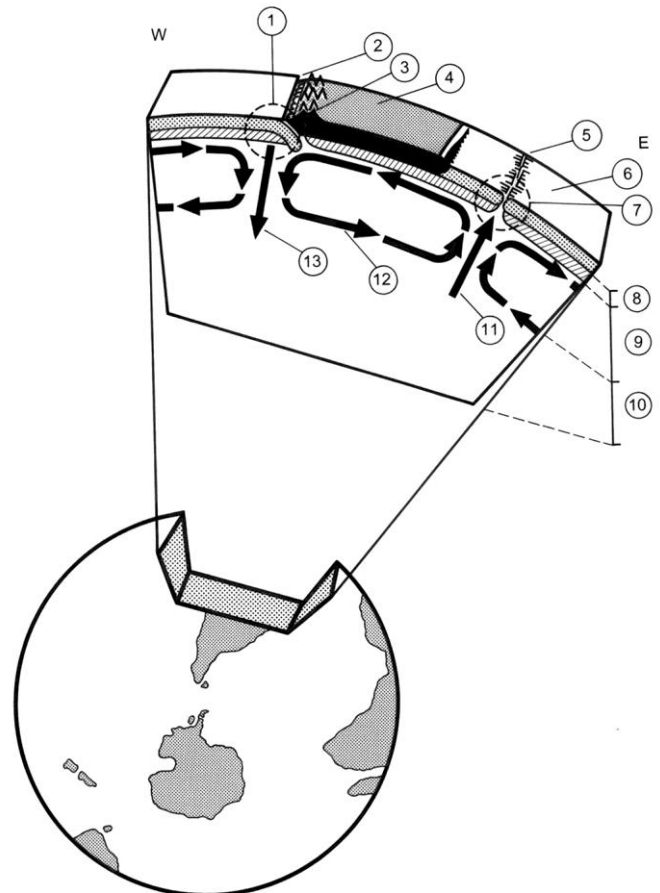
09. oberer flüssiger Teil des Erdmantels

10. unterer flüssiger Teil des Erdmantels

11. auftauchendes Magma

12. Konvektionsströme

13. abtauchendes Magma



© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 1994

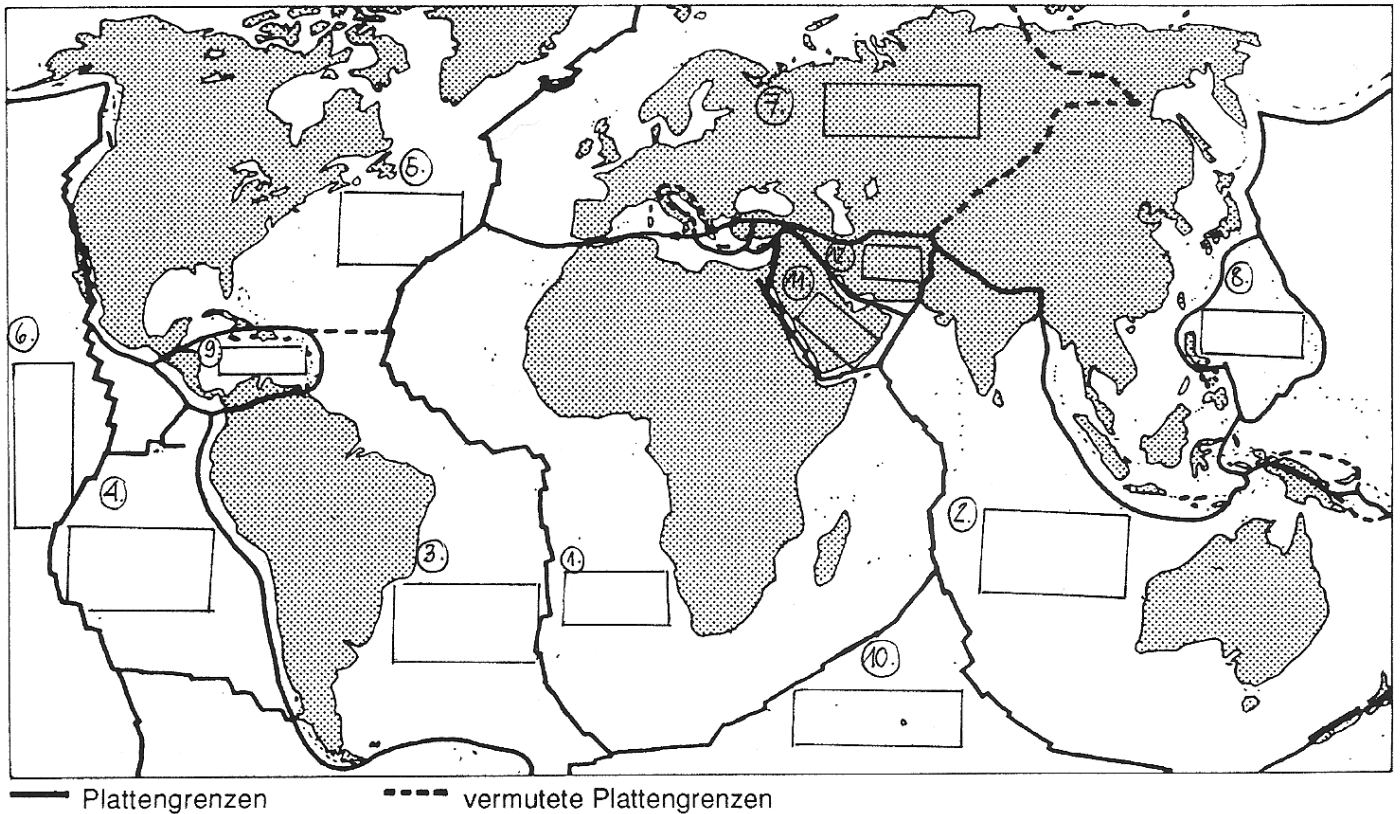
Beschreibe, wie man sich die Bewegung der Platten vorstellen muss und woher die dafür verantwortlichen Antriebskräfte stammen.

Die Plattenbewegung erfolgt durch die waagrechte Strömung des Magmas unmittelbar unter der Erdkruste. Während die Südamerikanische Platte und damit auch die eine Hälfte des Atlantiks nach Westen driftet und mit der Ozeanischen (Nasca-) Platte kollidiert, bewegt sich der östliche Teil des Atlantiks nach Osten. Die Antriebskräfte stammen aus dem Erdkern. Die dort produzierte Wärme führt zu Konvektionsströmen.

3. Die zwölf Lithosphärenplatten

Es gibt insgesamt zwölf Lithosphärenplatten. Die Platten haben sehr unterschiedliche Flächen: Einige sind riesenhaft, andere ziemlich klein. Die Platten verschieben sich auf Grund von Bewegungen im Erdinneren, genannt Konvektion. Sie beruht auf einem ganz einfachen Prinzip: Kalte Materie (die schwerer als heisse ist) neigt dazu, herabzusinken, während heisse (weniger schwere) Materie eher aufsteigt.

Versuche mit Hilfe des Atlas die zwölf Lithosphärenplatten zu benennen.



1. Afrikanische Platte

2. Indisch-australische Platte

3. Südamerikanische Platte

4. Nazca-Platte

5. Nordamerikanische Platte

6. Pazifische Platte

7. Eurasische Platte

8. Philippinen Platte

9. Cocos-Platte (Karibische Platte)

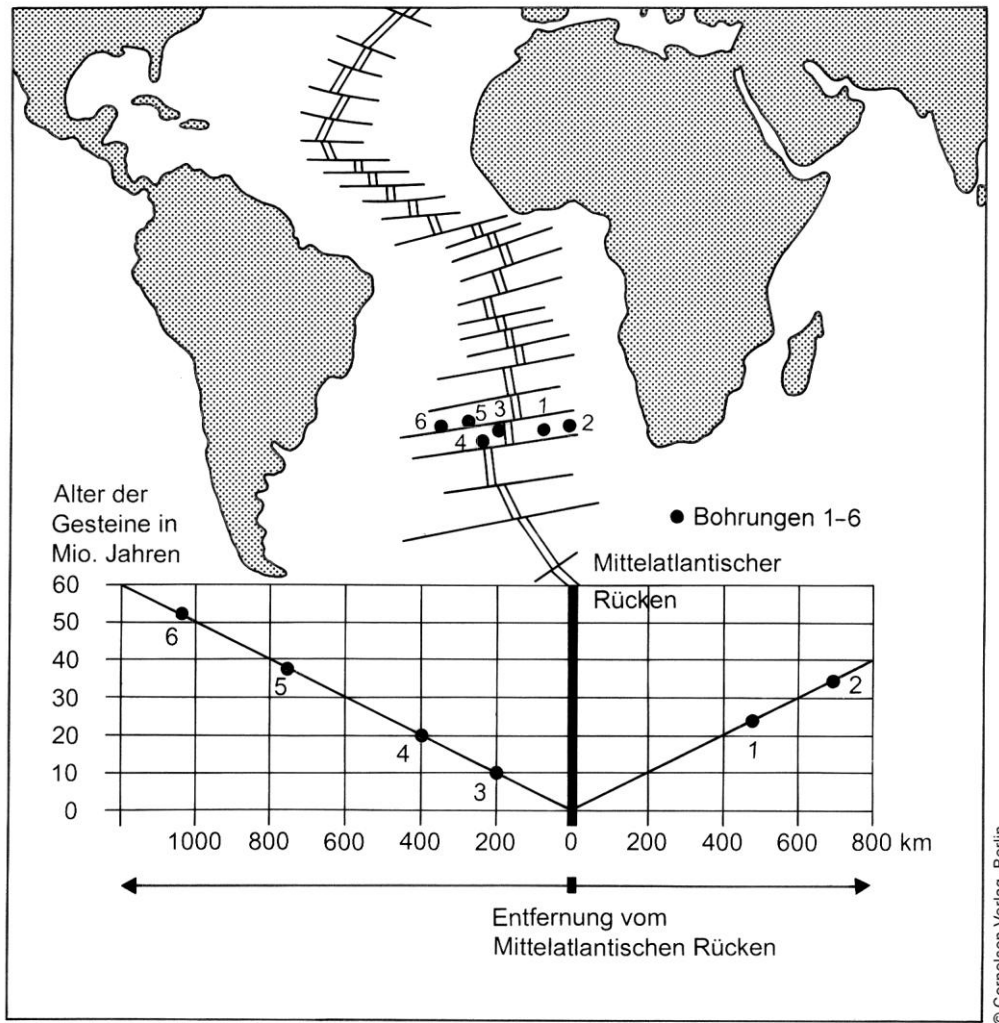
10. Antarktische Platte

11. Arabische Platte

12. Iranische Platte

4. Beweis für die Bewegung der Platten

Das in den Sechzigerjahren in Dienst genommene Schiff «Glomar Challenger» machte es möglich, Bohrungen in Wassertiefen bis zu 6000 m durchzuführen. Besondere Hilfsmittel waren nötig, um das Schiff in ruhiger Position zu halten, während das Bohrgestänge über 1000 m tiefe Löcher in den Meeresboden bohrte. So konnten erstmals Sediment- und Gesteinsproben von den Tiefseeböden gewonnen werden. Innerhalb von 13 Jahren förderte das Schiff an mehr als 500 Orten in allen Teilen der Welt Bohrkerne von insgesamt fast 80 km Länge zutage. Sie lieferten die endgültigen Beweise für die Theorie der Plattentektonik.



Bohrungen der «Glomar Challenger» im Atlantischen Ozean

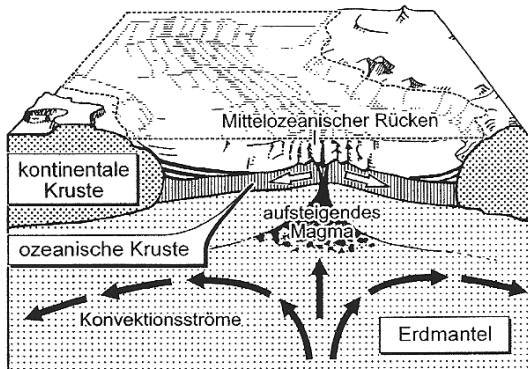
Erkläre anhand der Abbildung, wieso mit den Gesteinsproben die Theorie der Plattentektonik bewiesen werden konnte.

Je weiter die Bohrung vom Mittelatlantischen Rücken entfernt sind, desto älter ist das entsprechende Gestein. Mit Annäherung an die Kontinente Afrika und Südamerika wird das Alter des Meeresbodens immer höher. Damit ist bewiesen, dass die Entstehung eines Ozeans am Mittelatlantischen Rücken beginnt

5. Drei unterschiedliche Plattengrenzen

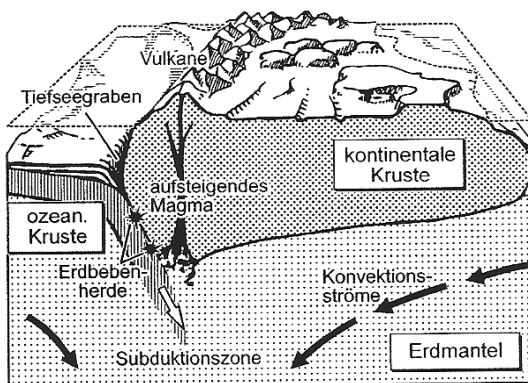
Beschreibe anhand der Seite 111 im Geobuch 1 die drei unterschiedlichen Plattengrenzen.

a) Auseinander driftende Platten → **divergierende Platten**



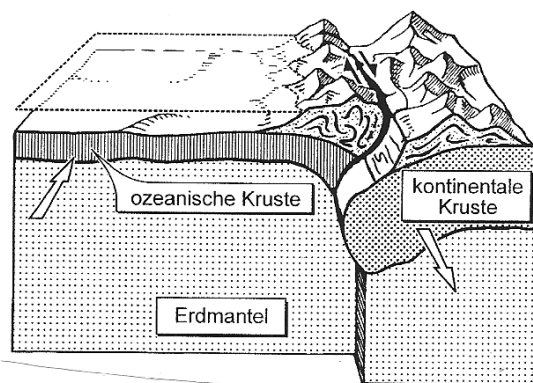
An einem Mittelatlantischen Rücken bewegen sich zwei Erdplatten durch den Druck aufsteigenden Magmas auseinander. Aus diesem entsteht dabei am Meeresboden ständig neue ozeanische Kruste.

b) Aufeinander driftende Platten → **konvergierende Platten**

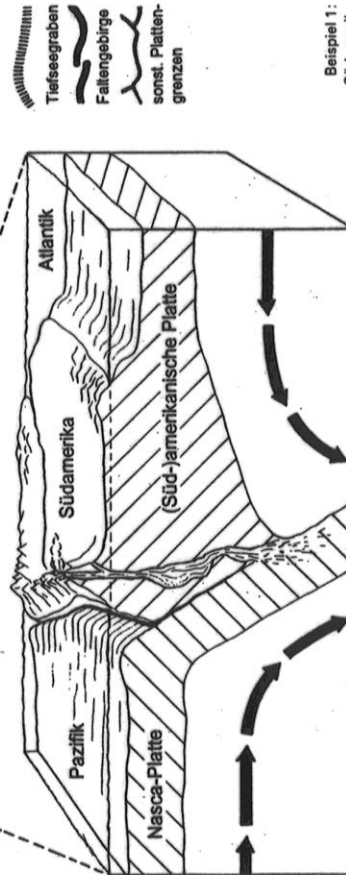
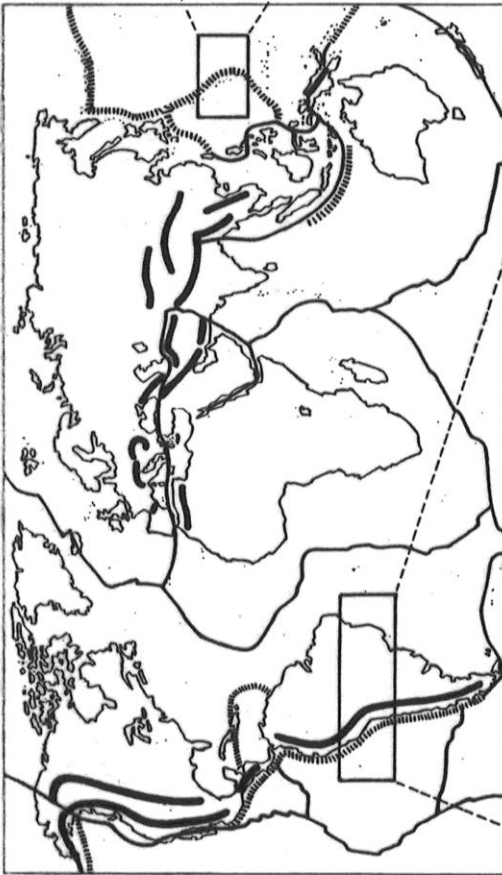


Hier stoßen zwei Erdplatten aufeinander. Dabei taucht die ozeanische Kruste der einen Platte unter die kontinentale Kruste der anderen Platte ab. So entsteht ein Tiefseegraben im Meer, während das aufsteigende Magma die Bildung von Vulkanen auf dem Kontinent verursacht.

c) Aneinander vorbeidriftende Platten → **konservative Plattenränder**



An solchen Plattengrenzen gleiten zwei Erdplatten aneinander entlang. Dabei verhaken sie sich und bauen so enorme Spannungen auf. Diese entladen sich irgendwann ruckartig in Form sehr starker Erdbeben.



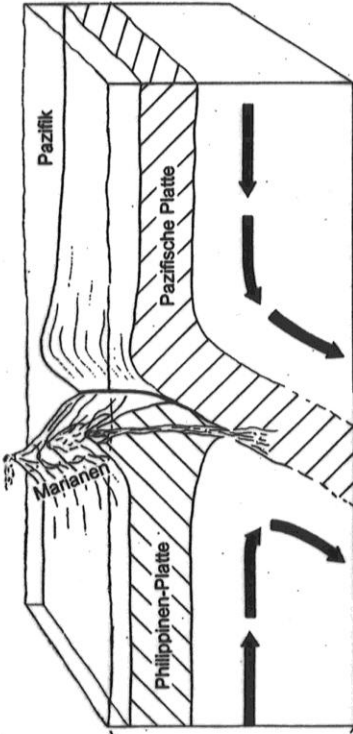
Beispiel 1: Südamerika

Von Beulen, die sich die Erde holt

oder:
Wenn Platten zusammenstoßen

- 1 Kreuzte alle richtigen Antworten an!
- a) Welche Vorstellungen von der Erdoberfläche sind richtig?
- Die Erdkruste ist sehr dick und fest.
 - Die feste Erdkruste ist im Vergleich zum Durchmesser der Erde äußerst dünn.
 - Die Erdkruste besteht wie ein riesiges Puzzle aus einzelnen Platten.
 - Die Lage der Kontinente ist unveränderlich.
 - Die Kontinente verändern (wenn auch sehr langsam) ihre Lage.
- b) Verursacht werden die Verschiebungen der Kontinente:
- durch sogenannte Konvektionsströmungen im Oberen Erdmantel.
 - wie Ebbe und Flut vom Mond

- c) durch die starke Anziehungskraft der Sonne
- durch starke Meeresströmungen.
- c) Vergleicht man die beiden Beispiele auf diesen Seiten, so stellt man fest:
- Die Konvektionsströme sind gegeneinander gerichtet.
 - Die Strömungen sind einander gerichtet.
 - Die Richtungen, in denen sich die Wärmeströmungen zueinander bewegen, sind unterschiedlich.
- d) Für die beteiligten Platten heißt dies wiederum:
- sie entfernen sich voneinander
 - sie bewegen sich aufeinander zu
 - die Bewegungen zueinander sind unterschiedlich.



Beispiel 2: Marianengraben im Pazifik

e) Schauen wir uns das Beispiel Südamerika genauer an. Welche Formen der Erdoberfläche sind als Folge des Zusammenstoßes festzustellen?

- ein Hochgebirge
- ein Tiefland
- ein Meeresbecken
- ein Tiefseegraben.

f) Die Platte mit der schwereren ozeanischen Kruste taucht unter die andere Platte ab und

- wird aufgeschmolzen
- sie dringt bis zum Erdkern vor
- sie taucht später wieder auf.

2 Wie heißt das Hochgebirge, das als Folge des Zusammenstoßes der beiden Platten entstand?

Anden

3 Seine höchste Erhebung ist der Aconcagua. Wie hoch ist er? (Atlas)

6 959 m

4 Wie heißt der Tiefseegraben vor der Küste Südamerikas? Und wie tief ist er?

Atacamagraben, 8 066 m

5 Nenne drei weitere Hochgebirge aus anderen Kontinenten, die als Folge des Zusammenstoßes zweier Platten aufgefaltet wurden:

z. B. Himalaya, Kaukasus, Alpen, Atlas,

Rocky Mountains

6 Vergleichen wir das zweite Beispiel mit dem ersten! Welche Gemeinsamkeiten beobachtest du?

Beide Platten stoßen zusammen. Es entsteht ebenfalls ein Tiefseegraben.

7 Nenne aber auch zwei wichtige Unterschiede: Die beiden Platten hagen Ozeanboden.

Statt des Hochgebirges entsteht eine Inselkette.

8 Im Marianengraben liegt die tiefste Meeresstelle der Erde. Suche im Atlas ihren Namen und ihre Tiefe heraus!

Mitjaniefe, 11 022 m

9 Den Pazifischen Ozean umgeben grünländernartig 20 Tiefseegräben. Nenne fünf Beispiele:

Alacama-, Peru-, Mittelamerikanischer Graben,

Älender-, Karilen-Kamtschatka-, Japan-,

Marianen-, Philippinen- oder Janga-Graben

10 Fassen wir zusammen: Welche Formen der Erdoberfläche sind auf den Zusammenstoß von Platten zurückzuführen?

Hoch-(Falten-)gebirge,

Inselketten und Tiefseegräben

Und wie muß man sich die Entstehung der Hochgebirge vorstellen?

Hochgebirge entstehen durch die Kollision

zweier Platten, ähnlich Beulen bei einem

Aufwurfball.

b) Erdbeben

1. Die Erde bebt und reisst

Lies die Seiten 116 und 117 im Geobuch 1 und erkläre mit eigenen Worten wie Erdbeben entstehen.

Plattenteile bewegen sich gegeneinander und verkeilen sich. Wenn die aufgebauten Spannungen zu gross werden, lösen sie sich ruckartig.

Die Pazifische Platte bewegt sich mit 6 cm/Jahr in Richtung NW, die Nordamerikanische Platte mit 7 cm/Jahr in Richtung SE.

Bei einem Erdbeben unterscheidet man drei verschiedene Arten von Erdbebenwellen:

Die vom Hypozentrum ausstrahlenden Energien wirken als seismische Wellen.

P-Wellen (Primärwellen):

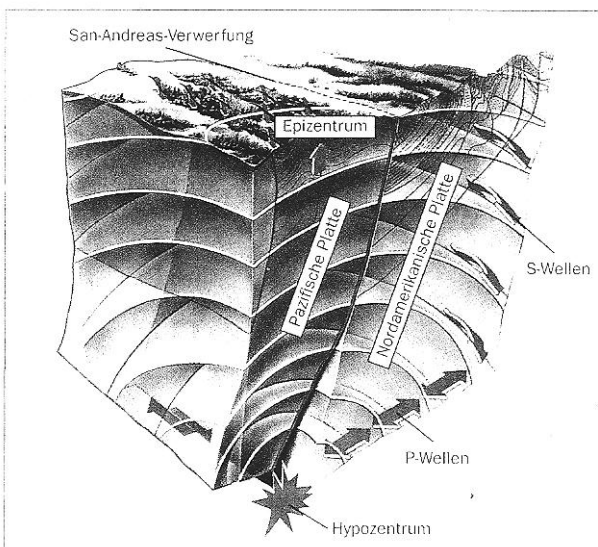
- Ausbreitung mit 6 – 8 km/sek
- Durchdringen alles Material und stauchen und dehnen es abwechslungsweise

S-Wellen (Sekundärwellen):

- Etwas halb so schnell wie die P-Wellen
- Gehen wie Schüttelbewegungen durch die Erde – allerdings nicht durch Flüssigkeiten –, indem sie das Material auf- und abwärts sowie seitwärts schwingen

Oberflächenwellen:

- Wenn die P- und S-Wellen auf die Oberfläche treffen, werden sie z.T. in Oberflächenwellen verwandelt
- Niedrigere Frequenz als die P- und S-Wellen und sind langsamer
- Aufgrund ihrer grossen Schwingungsbreite rufen sie meist die eigentlichen Schäden hervor



3 Der Ursprung eines Erdbebens liegt im Erdbebenherd, dem Hypozentrum. Von dort gehen Wellen aus, die das Material durchdringen und unterschiedlich in Schwingung versetzen. Die Wellen an der Oberfläche rufen Schäden hervor, vor allem unmittelbar über dem Erdbebenherd, dem Epizentrum.

2. Auch in der Schweiz kann die Erde beben

Das Erdbeben von Basel (18. Oktober 1356)

Im 14. Jahrhundert wurde die Bevölkerung Mitteleuropas von verschiedenen schlimmen Ereignissen heimgesucht: Die Pest, Hungersnöte, Kriege und Seuchen rafften viele Menschen dahin. In Basel kamen in den Jahren 1346 und 1356 zwei Erdbeben dazu, wobei vor allem das zweite Ereignis katastrophale Auswirkungen hatte. Das Epizentrum lag bei Aesch (BL). Die Intensität betrug nach der Mercalli-Skala etwa IX. Es handelt sich um das bisher verheerendste Erdbeben im Oberrheingraben, das die Stadt Basel in Schutt und Asche legte:

«... Am Nachmittag des Lukastags um die Vesperzeit, ungefähr um vier Uhr, erschütterte ein erster Stoss die Stadt. Viele Häuser und der Chor des Münsters stürzten ein. Von Panik ergriffen, flüchteten die Basler aus der Stadt auf das offene Feld. Abends zehn Uhr bis Mitternacht folgten weitere Stösse. Jetzt sahen die Geflüchteten die Stadt brennen. Von der St.-Alban-Vorstadt breitete sich das Feuer rasch über die ganze Stadt innerhalb der Mauern aus. Was das Beben nicht in Trümmer gelegt hatte, wurde ein Raub der Flammen. Krachend stürzte das Dach des Münsters ins Schiff und zerstörte die Altäre, die Orgel und die Bilder. In den Ställen – es gab noch viele in der Stadt – starb das Vieh, in den Lagerhäusern verbrannten die Waren des Kaufmanns und in den staatlichen und privaten Archiven die Schuldbriefe. Acht Tage lang soll das Feuer gewütet haben, bis es, nicht gelöscht von den Menschen, keine Nahrung mehr fand ...»

Fast alle Kirchen Basels waren mehr oder weniger stark beschädigt worden. Keine hundert Häuser hatten die Katastrophe überstanden. Ähnlich ging es auch den Adelssitzen im weiten Umkreis: Über vierzig Burgen waren durch das Ereignis unbewohnbar geworden. Rasche Hilfeleistung erhielt die Stadt von den Nachbarn Strassburg, Freiburg, Colmar, Mülhausen und Rheinfelden, sodass sie in bemerkenswert kurzer Zeit wieder aufgebaut wurde und sich auch finanziell in wenigen Jahren erholte.

(Nach: Teuteberg, René (1986): Basler Geschichte.
Basel: Christoph Merian Verlag)

Wie erdbebensicher ist Basel heute?

Nach wie vor ist jederzeit ein Erdbeben in Basel möglich. Seit dem grossen Beben anno 1356 hat sich die Erde in dieser Region immer wieder mehr oder weniger stark bewegt. Eine der letzten spürbaren Erschütterungen datiert vom Dezember 1998. Heute ist man sich klar darüber, dass nicht allein die Bauweise, sondern ebenso die geologische Beschaffenheit des Untergrundes ausschlaggebend für das unterschiedliche Schadenausmass in verschiedenen Stadtquartieren ist. Deshalb werden sehr detaillierte Karten erstellt, aus denen die räumliche Verteilung der zu erwartenden Erschütterungen hervorgeht.

Neue Zürcher Zeitung, Februar 1998

Lies zusätzlich die Seite 118 im Geobuch 1 und beantworte anschliessend die folgenden Fragen.

1. Wie lässt sich das Erdbeben von Basel plattentektonisch erklären?

Wenn sich ein Graben absenkt, entstehen Zerrspalten. Dort können Erdbeben und Vulkanismus auftreten.

2. Wie kann man die Tatsache begründen, dass in Basel auch heute noch eine Erdbebengefahr besteht?

Teile des Oberrheingrabens sinken immer noch ab. Auch die horizontale Bewegung des Grabens ist nach wie vor in Gang.

3. Was bedeuten die Begriffe «Epizentrum» und «Intensität nach der Mercalli-Skala»?

Epizentrum: Stelle an der Oberfläche unmittelbar über dem Erdbebenherd (= Hypozentrum), wo die stärksten Erschütterungen auftreten.

Intensität nach Mercalli-Skala: Verfahren zur Bestimmung von Erdbebenstärken ohne Messgerät.

4. Wie stark ist ein Erdbeben der Intensität von IX ungefähr?

Sehr starkes Erdbeben, das in der Schweiz nur einmal in hundert Jahren auftritt.

5. Was ist zu tun bei einem Erdbeben?

Vorbereitung auf ein Erdbeben	Vorgehen während eines Erbebens	Massnahmen nach einem Erdbeben
Lebensmittel- und Trinkwasser-Vorräte anlegen Arzneimittel bereitstellen	Keine panischen Fluchtaktionen unternehmen	In Notsituationen andere auf sich aufmerksam machen Verletzungen versorgen
Möbel vor Umstürzen und Umher-rutschen sichern	Zügig sicheren Aufenthaltsort suchen	Helfen, wo es möglich ist Feuer sofort löschen Radio anschalten
Feuerlöscher und Radio bereitstellen	Feuergefährdete Orte schnell verlassen	Alle verfügbaren Behälter mit Wasser füllen

3. Mercalli und Richter: Die Stärke von Erdbeben

Der italienische Seismologe **Giuseppe Mercalli** entwickelte im Jahre 1902 ein System, mit dem sich Erdbeben in ihrer Stärke vergleichen lassen: die nach ihm benannte **Mercalli-Skala**. Dort werden (übrigens nach einem ähnlichen Prinzip wie bei der Windstärke) die Erdbeben nach der Schwere ihrer Auswirkungen in 12 Stufen eingeteilt.

Obwohl diese Skala zwischenzeitlich mehrfach angepasst wurde, kann sie die Erdbebenstärke aber nicht völlig objektiv wiedergeben: Zu sehr sind die zur Einordnung benutzten Schäden von der Entfernung zum Entstehungsort des Bebens, der Struktur des Untergrundes oder vom Zustand der Bausubstanz abhängig.



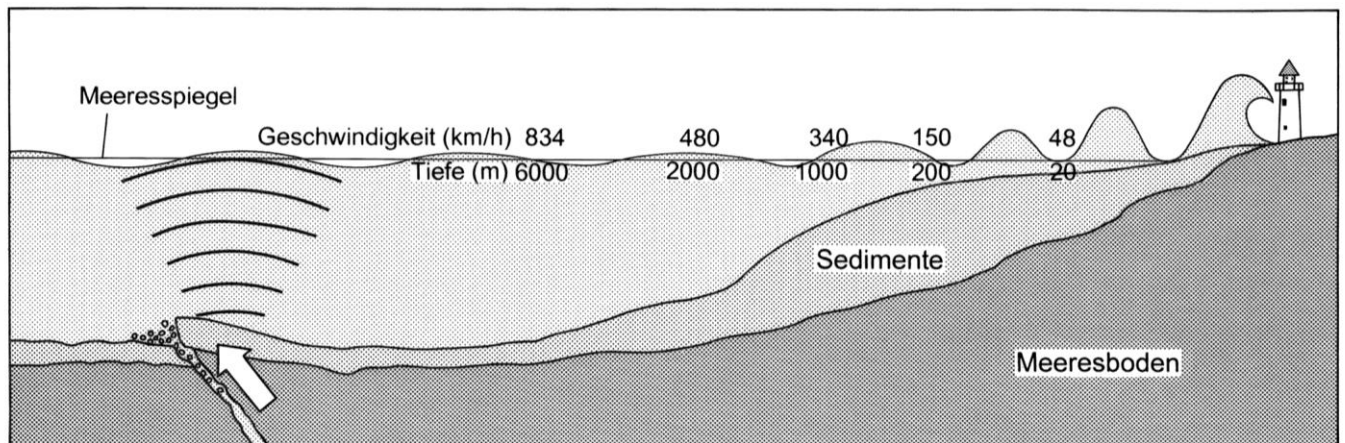
Aus diesem Grund machte sich der amerikanische Seismologe **Charles F. Richter** ab 1927 an die Entwicklung einer wissenschaftlich fundierten Skala, die eine allgemeine Vergleichbarkeit von Beben erlauben sollte. Er bediente sich dazu der so genannten Seismogramme (das sind die aufgezeichneten Kurven der Erdstöße). Ihm fiel an diesen nämlich auf, dass die Ausschläge der Kurven von der Stärke des jeweiligen Bebens abhingen.

Doch es gab ein Problem für eine übersichtliche Darstellung der Werte – die Nadeln schlugen bei einem starken Beben zehnmillionenmal stärker aus als bei einem schwachen. Richter löste es wie folgt: Er definierte in seiner 1935 eingeführten Skala, dass sich die Erdbebenstärke zwischen zwei Stufen seiner Einteilung um den Faktor 100 steigert. Ein Beben der Stärke 6,0 auf der **Richter-Skala** ist also hundertmal heftiger als eines der Stärke 5,0 – ein Erdstoß mit dem Wert 7,0 dementsprechend zehntausendmal (100×100) stärker als das Beben mit 5,0.

c) Tsunami - «Grosse Welle im Hafen»

1. Was ist ein Tsunami?

Diese Übersetzung des japanischen Wortes «Tsunami» (sprich: soo-NAH-mee) bezieht sich mehr auf die Wirkung als auf die Ursache des Problems. Denn der Ursprung eines Tsunami liegt draussen im Meer: Untermeerische Erdbeben oder Beben an der Küste, untermeerische Sedimentlawinen oder Vulkanausbrüche wirken wie der Schlag eines Riesenpaddels auf das Wasser. Die enorme Energie, die dabei frei wird, kann vom Wasser über Tausende von Kilometern weitergeleitet werden. Draussen auf dem Meer sind die Wellenkämme eines Tsunami noch sehr weit voneinander entfernt und vielleicht nur einen Meter hoch – Seeleute nehmen sie ohne Argwohn zur Kenntnis. Mit der Annäherung an die Küste vermag die geringere Wassertiefe den unteren Teil der Wassersäule und damit die Geschwindigkeit des Tsunami zu bremsen. Dafür wird der Wellenkamm immer steiler, bis er sich mit zerstörerischer Kraft an der Küste bricht. Die verheerenden Wellen erreichen Höhen von 10 bis 30, selten 40 Metern und können kilometerweit ins Landesinnere vordringen.



1 Entstehung eines Tsunami

1. Wieso kam man in Japan auf die Idee, Erdbeben-Flutwellen als «Grosse Wellen im Hafen» zu bezeichnen?

„Grosse Welle im Hafen“ beschreibt, was die Menschen beobachten.

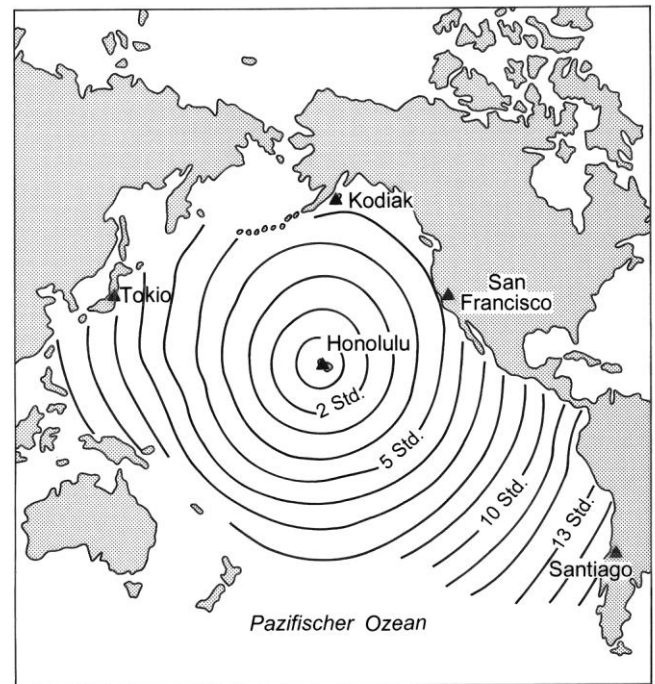
2. Erkläre anhand des Textes und der angegebenen Zahlen in Abbildung 1, wie es zu Tsunamis kommt.

Ein Seebeben setzt Energie frei – bei einer vertikalen Verschiebung entstehen Wellen, die in der Tiefsee eine sehr hohe Geschwindigkeit, aber geringe Höhe besitzen. Mit Annäherung an das Festland wird die Geschwindigkeit gebremst, der Wellenkamm steigt aber immer höher an.

1946 löste ein Erdbeben der Stärke 7,2 in Alaska einen Tsunami aus, der so hoch war, dass er nicht nur den 10 m über dem Meeresspiegel stehenden Leuchtturm wegfegte, sondern auch die in 30 m Höhe stehende Funkantenne. Dann lief die Welle 3700 km weit bis zu den Hawaii-Inseln, wo sie 159 Menschen mitriss und Sachschaden in Millionenhöhe anrichtete.

Deshalb hat man begonnen, in den von Tsunamis gefährdeten Gebieten ein ausgeklügeltes Warnsystem aufzubauen: Seismografen, die im Meer ausgelegt sind, können Seebeben registrieren und dies an die Stationen auf dem Festland weiterleiten. Dort wird berechnet, wann der Tsunami eintreffen müsste, und Schutzvorkehrungen können getroffen werden.

Abb. 2 zeigt eine nach Computerberechnungen angefertigte Tsunami-Warnkarte. Anhand der Linien kann man ablesen, wie viele Stunden die Wellen von verschiedenen Ausgangspunkten brauchen.



2 Tsunami-Warnkarte

3. An der Küste von Santiago (Chile) bebte die Erde. Wie lange dauert es, bis man in Hawaii mit einem Tsunami rechnen muss, wie lange in Alaska?

Hawaii (Honolulu): 15 Stunden / Alaska (Kodiak): über 20 Stunden

Im Internet findest du unter www.g-o.de/kap3/3ah.htm zusätzliche Hinweise, mit denen du die zwei folgenden Aufgaben lösen kannst:

4. Welches Gebiet ist weltweit am stärksten von Tsunamis betroffen?

Der Pazifik; die Plattenränder in der zirkumpazifischen Zone (sog. Feuerring) verursacht häufig Seebeben.

5. Im 18. Jahrhundert kam es in Europa zur bisher grössten Tsunami-Katastrophe der Geschichte. Wann genau war das Ereignis und welche Länder waren davon betroffen?

November 1755; Westküste von Portugal, Spanien und Marokko. In Lissabon gab es 60'000 Tote, bedingt durch Tsunamis, einstürzende Häuser und Feuer.

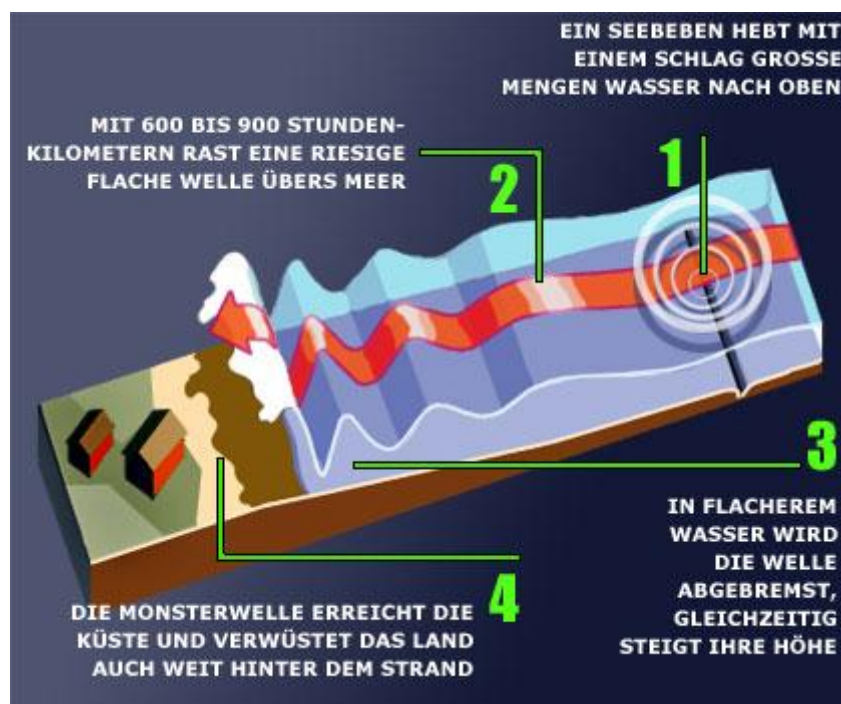
2. Wie die Monsterwelle vor Sumatra entstand

Im Meer vor Sumatra drückt die indisch-australische Platte auf die eurasische. Am Sonntagmorgen kam es zum Big Bang: Auf mehreren Hundert Kilometern zerbrach der Meeresboden. Riesige Flächen wurden in Sekundenbruchteilen um 10 Meter nach oben gedrückt, kaum vorstellbare Energiemengen freigesetzt.

Was am Sonntagmorgen in Südostasien geschah, war für Geophysiker das Ergebnis einer ruckartigen Verschiebung von riesigen Gesteinsmassen. Im Meer südlich von Sumatra und dem übrigen Indonesien treffen zwei Kontinentalplatten aufeinander: Die indisch-australische Platte schiebt sich mit großem Druck unter die eurasische. Dies geschieht nicht kontinuierlich, sondern ruckartig. Jeden Ruck registrieren Seismographen als Erdbeben, mal kaum merklich, mal mit katastrophalen Auswirkungen.

Am Sonntag war es nicht nur ein kleiner Ruck, der die Zeiger der Messgeräte erschütterte: Auf einen Schlag kam es zu einem Plattenbruch auf 500 Kilometer Länge, schätzt Birger Lühr, Erdbebenexperte am Geoforschungszentrum Potsdam. Nur so könne das gewaltige Seebeben der Stärke 8,9 erklärt werden. Durch Nachbeben habe der Bruch insgesamt eine Länge von 1000 Kilometern erreicht, meint der Geophysiker.

Dabei wird schlagartig eine kaum vorstellbare Energiemenge freigesetzt. Am Sonntag entsprach sie, so Klaus-Peter Hinzen von der Erdbebenwarte der Universität Köln, dem gesamte Energieverbrauch der USA in einem Jahr. Der Potsdamer Forscher Lühr schätzt, dass der Meeresboden schlagartig um etwa zehn Meter nach oben geschossen ist. Was dann passierte, erklärt Lühr mit einem kleinen Experiment in der Badewanne: "Wenn man ein Brett im Wasser schnell nach oben bewegt, steigt der Wasserspiegel darüber kurz an und eine Welle entsteht."



Ein Erdbeben-Bruch sei keine Punktquelle, wie bei einer Atombombenexplosion. "Wir haben immer eine Fläche", erklärt Lühr im Gespräch.

Wie schnell sich die dadurch erzeugte Welle bewegt, hängt von der Wassertiefe ab. Vor Sumatra erreichte die Welle rund 700 Stundenkilometer, beinahe so schnell wie ein Verkehrsflugzeug. Wissenschaftler haben auch schon 900 km/h schnelle Tsunamis beobachtet.

Auf hoher See bleibt die Wellenenergie meist unbemerkt, ihre Höhe beträgt oft wenige Dezimeter. Erst wenn die Dünung in flachem Gewässer abgebremst wird, bäumt sie sich zu einer zerstörerischen Wand aus Wasser auf. Übersetzt heißt die japanische Wortkombination "Tsu-nami" deshalb "Hafen-Welle".

Genau genommen fließt dabei kein Wasser wie in einem Fluss; lediglich die Energie wird weitergeleitet, indem ein Wassermolekül an das nächste stößt. Rund 80 Prozent aller Monsterwellen suchen den Pazifischen Ozean heim.

Die meisten Tsunamis entstehen durch Unterwasserbeben, aber auch Vulkanausbrüche oder Meteoriteneinschläge können Monsterwellen hervorrufen. Nicht nur Südostasien und die Pazifikregion, auch Europa ist von Tsunamis bedroht, wenn auch weniger stark. 1755 starben 60.000 Bewohner Lissabons, als sie nach einem Erdbeben an das Tejoufer flüchteten und dort von einer riesigen Welle überrascht wurden.



Südindische Stadt Madras: Tsunami 700 km/h schnell

3. Tsunamis im Vierwaldstättersee

Spuren von historischen Erdbeben und Rutschungen.

Am 18. September 1601 ist die Schweiz von einem der bis anhin schwersten Erdbeben Zentraleuropas erschüttert worden. Renward Cysat, der 1614 verstorbene Stadtschreiber von Luzern, berichtete, dass das Wasser der Reuss zurück in den Vierwaldstättersee geflossen sei und «. . . *das man schier trochens fuosses von dem büchsenhuss zuo den mülinen herüber hette gan mögen, wie es dann ettliche junge lütt zur gedächtnuss söllent gethan haben*». Bald darauf strömte das Wasser mit grosser Heftigkeit wieder in den Flusslauf zurück. Als Cysat später die Uferregionen des Sees inspizierte, sah er Schiffe, die ans Land gespült worden waren und bis vier Meter über dem eigentlichen Seespiegel lagen. Da ein Erdbeben allein keine derartigen Wasserbewegungen verursachen kann, wurde schon früh über Unterwasserrutschungen als mögliche Ursache spekuliert.

Eine Forschergruppe von Michael Schnellmann vom Geologischen Institut der ETH Zürich hat nun auf Grund detaillierter Untersuchungen diese Hypothese bestätigt. Mittels eines Netzes von seismischen Profilen, das hoch aufgelöste Daten der Sedimente liefert, konnten sie für die Zeit des Erdbebens von 1601 im Seebecken, das von Luzern, Weggis, Vitznau, dem Bürgenstock und Stansstad umrahmt wird, dreizehn Rutschungen orten. In älteren, darunter liegenden Sedimenten fanden die Forscher zudem vier weitere rutschungsreiche Zonen von Seesedimenten. Mit Hilfe von Sedimentproben konnten sie deren Alter bestimmen und so bisher unbekannte Paläoerdbeben in der Zeit vor 14 560 bis 2420 Jahren nachweisen.

Die Computersimulation eines dieser Erdbeben brachte weitere wichtige Erkenntnisse. Derartige Rutschungen, so zeigte sich, können Flutwellen mit mehr als drei Metern Wellenhöhe, so genannte Tsunamis, verursachen. Bisher kannte man Tsunamis vornehmlich aus dem Pazifik, wo sie durch untermeerische Erdbeben verursacht werden. Die Wellen bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1000 Kilometern pro Stunde und erreichen Höhen von bis zu vierzig Metern. In den Küstenregionen des Pazifiks führen sie immer wieder zu verheerenden Verwüstungen. Die letzte durch einen Tsunami verursachte Katastrophe ereignete sich am 17. Juli 1998 vor der Westküste Papua-Neuguineas, wo drei Flutwellen den Inselstaat Sepik verwüsteten. 1200 Menschen starben dabei, und 6000 werden noch immer vermisst.

In Süsswasserseen können Flutwellen von Bergstürzen verursacht werden. Dass aber Erdbeben Rutschungen unterhalb des Seewasserspiegels auslösen und dadurch die Bildung von Tsunamis ermöglichen, ist neu. Die Tsunamis des Vierwaldstättersees lassen sich sicherlich nicht mit jenen des Pazifikraums vergleichen, die Ergebnisse von Schnellmann und seinem Team könnten aber dazu führen, dass in der Schweiz erdbebengefährdete Regionen neu eingestuft werden müssen.

d) Vulkanismus

1. Feuer speiende Berge

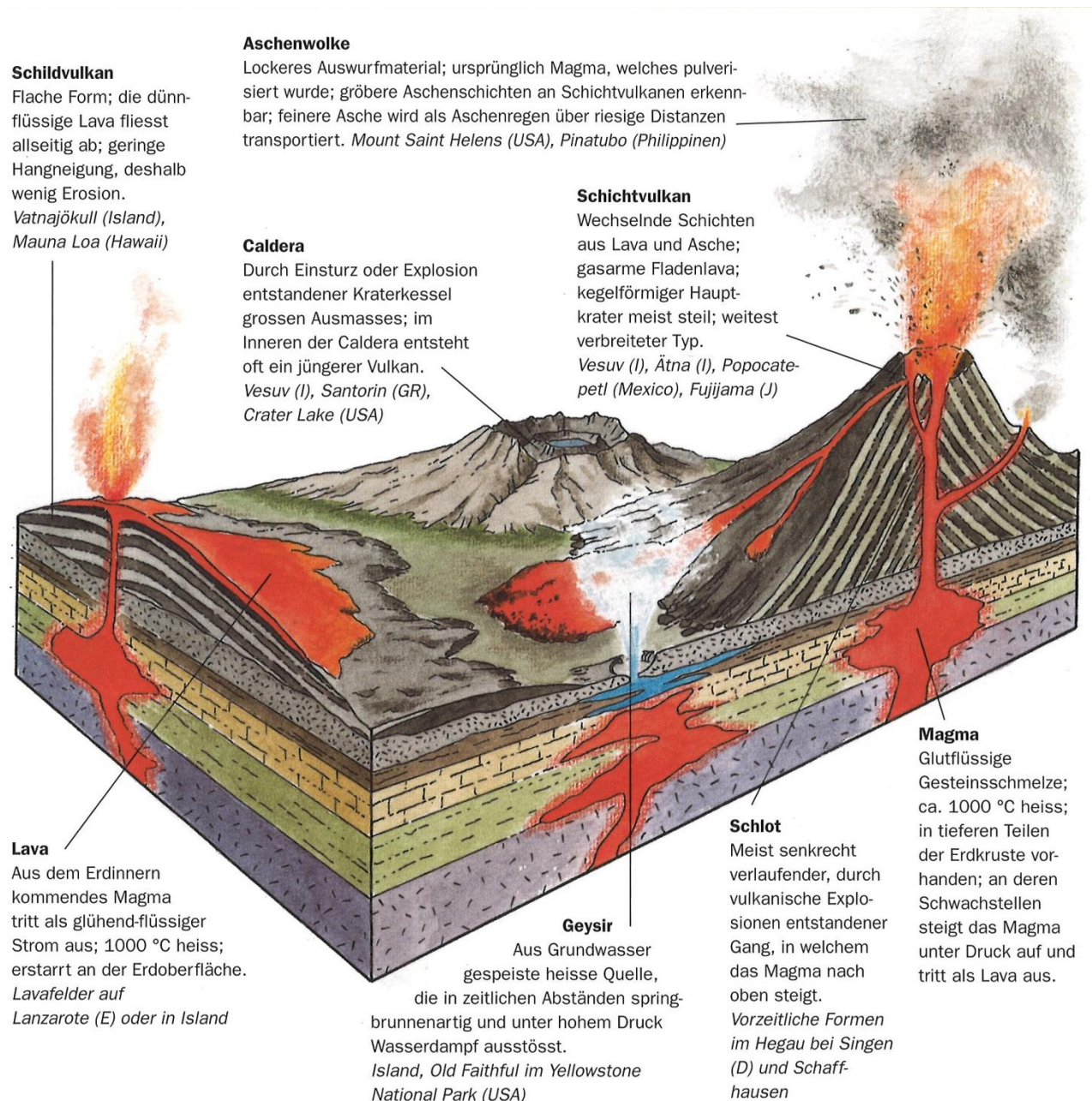
Lies die Seite 120 im Geobuch 1 und versuche deinem Banknachbar die Entstehung von Vulkanen mit Hilfe der Plattentektonik zu erklären. Falls du Hilfe brauchst, wende dich an die Lehrperson.

Zähle positive Folgen eines Vulkanausbruchs auf.

Vulkanische Ascheböden sind sehr fruchtbar (reich an Mineralien)

➔ Anspruchsvolle Sonderkulturen (Reben, Kaffee, ...)

Ergänze die folgende Skizze stichwortartig mit Hilfe der Seite 121 im Geobuch 1.



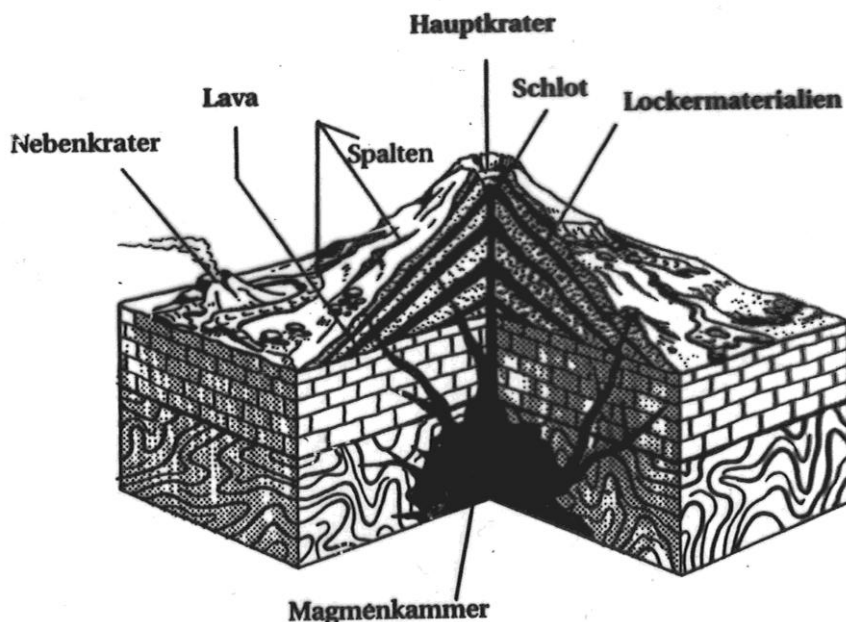
2. Der Schichtvulkan

Der Fudschijama, der Vesuv und der Kilimandscharo sind bekannte Beispiele für den Typ der Schichtvulkane, die wissenschaftlich auch als Stratovulkane bezeichnet werden. Sie sind in fast allen Vulkangebieten der Erde zu finden und haben ihren Namen deshalb bekommen, weil sie aus abwechselnden Schichten von Lava und vulkanischen Lockerprodukten aufgebaut sind.

Typisch für Stratovulkane ist dabei eine kegelförmige Gestalt. Sie entsteht dadurch, dass bei den einzelnen Ausbrüchen jeweils unterschiedliche Materialien ausgeworfen werden. Doch wie kommt es dazu? Hier spielt die Beschaffenheit des Magmas als Ausgangsstoff der Förderprodukte eine große Rolle: Manchmal hat dieses Magma einen relativ geringen Kieselsäure- und Gasanteil. Dann zeigen die Schichtvulkane eine effusive („ausfließende“) Tätigkeit. Das heißt, es kommt zu einem mehr oder weniger geordneten Austritt von Lava. Da diese Lava aber mit etwa 800 °C verhältnismäßig kalt und zähflüssig ist, fließen ihre Ströme nur langsam und über kurze Strecken, bevor sie erkalten und erstarren. So werden die Flanken des Vulkans relativ steil. Allerdings ist bei den Stratovulkanen das aus dem Erdinneren aufsteigende Magma andererseits häufig auch sehr sauer und gasreich. Je höher dabei der Kieselsäureanteil ist – er kann bis zu 80 % betragen – desto explosiver wird die Tätigkeit des Vulkans. In solchen Fällen zer-

spritzt die Lava dann beim Ausbruch des Vulkans in Aschen und andere vulkanische **Lockermaterialien**. Während sich dabei die größeren Förderprodukte in Kraternähe ablagern, werden die feineren weiter ausgeschleudert. Sie bilden dann die tieferen, mit 30°–35° Neigung nicht mehr ganz so steilen Hänge des Vulkans. Insgesamt gesehen sind Schichtvulkane also gemischt effusiv-explosiv tätig, wobei die Art ihres Aufbaus durch die sich abwechselnde Form der Ausbrüche zustande kommt.

Die Stratovulkane besitzen dabei als so genannte Zentralvulkane einen röhrenförmigen zentralen **Schlot**, an dessen oberem Ende sich der **Hauptkrater** befindet. Letzterer ist in der Regel steil und trichterförmig ausgebildet. Überschreitet der Vulkankegel allerdings eine gewisse Höhe, kann das aus einer tiefer liegenden **Magmenkammer** aufsteigende Material den Schlot nicht mehr bis zum Hauptkrater hochsteigen. In solchen Fällen sucht sich das Magma dann seitlich einen anderen Weg, und es entstehen an den Flanken des Vulkans kleinere Nebenkrater und Spalten. Die **Nebenkrater** können aber auch durch von der **Magmenkammer** direkt abgehende eigene Schlote gespeist werden, wobei eine vom Hauptkrater unabhängige Tätigkeit möglich ist. Dieser wiederum zeigt dann meist nur noch Gasaustritte, die aber explosiv werden können, wenn Verstopfungen des Schlotes auftreten.



3. Der Schildvulkan

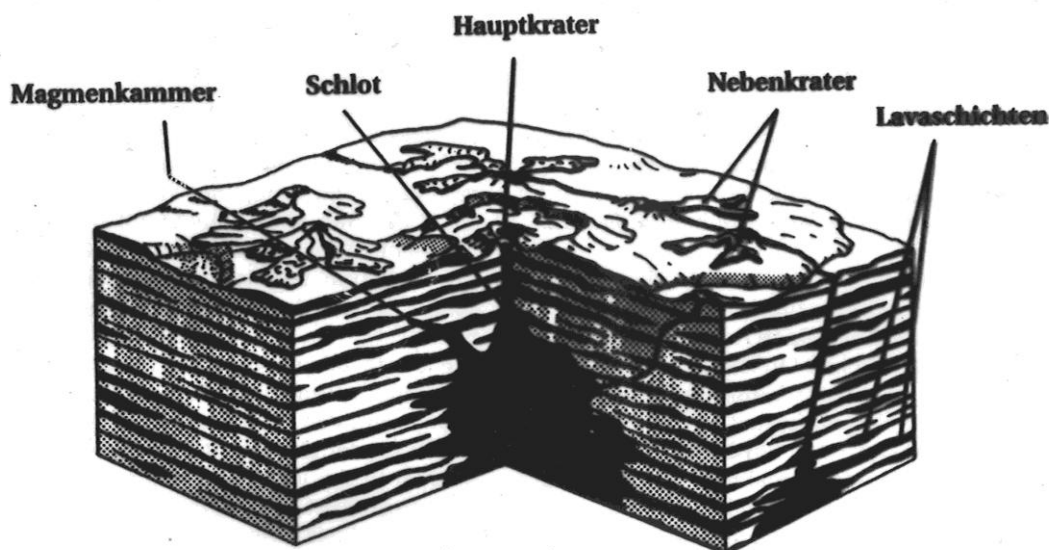
Schildvulkane bilden sich meist vom Tiefseeboden aus heran. Deshalb kommen sie auch vorwiegend in ozeanischen Gebieten vor. Nur wenige von ihnen wachsen – zum Beispiel in Island – über das Meeresspiegelniveau hinaus. Dann zählen sie allerdings wie der Mauna Loa auf Hawaii mit einer Gesamthöhe von über 9 000 m (davon 4 169 m an der Oberfläche) zu den höchsten Bergen der Erde.

Der Name „Schildvulkan“ leitet sich dabei aus dem äußeren Erscheinungsbild ab: Schildvulkane sind (anders als es unserer üblichen Vorstellung von Vulkanen entspricht) nicht steil, sondern nur flach gewölbt. Ihre Flanken sind dabei ca. 3°–6° geneigt, während es in der Nähe des Hauptkraters 7°–8° sind. Allerdings kann man sich dann leicht vorstellen, dass Schildvulkane riesige Flächen einnehmen müssen, denn sie sind bei geringer Steigung ja doch sehr hoch. Und so ist es auch: Der Durchmesser von Schildvulkanen beträgt an ihrer Basis häufig das Zwanzigfache ihrer Höhe. Du kannst ja mal ausrechnen, was das für den Mauna Loa bedeutet ...

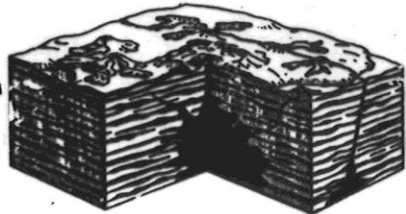
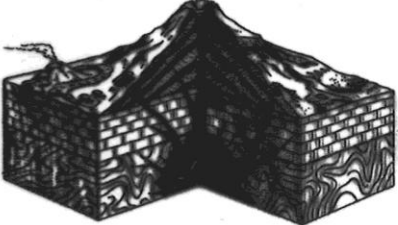
Das Aussehen der Schildvulkane kommt durch das Zusammenspiel mehrerer Faktoren zustande. Zum einen handelt es sich hier um Zentralvulkane. Dieser Typ zeichnet sich dadurch aus, dass er einen zentralen **Schlot** besitzt, der als Röhre eine tiefer gelegene **Magmenkammer** mit dem Krater an der Oberfläche verbindet. Damit unterscheiden sich Schildvulkane von den so

genannten **Linearvulkanen**, bei denen Lava durch lang gezogene Spalten austritt. Der **Hauptkrater** besitzt einen Durchmesser von 100–2 000 m und ist bei Schildvulkanen in der Regel als flacher Kessel mit steilen Wänden ausgebildet. In ihm befindet sich oft ein kochender Lavasee. Diese Lava weist dabei einige besondere Kennzeichen auf: Sie ist einerseits mit ca. 1150 °C sehr heiß und zusätzlich relativ gasarm; andererseits besitzt sie einen mit 40–52 % vergleichsweise geringen Kieselsäureanteil. Dadurch ist sie basisch – also nicht so sauer wie andere Laven – und außerdem sehr dünnflüssig.

Dies alles führt dazu, dass es bei Schildvulkanen zu keinen explosiven Ausbrüchen kommt, sondern die Lava als Fördermaterial ausschließlich effusiv („ausfließend“) austritt. Sie kann sich dann aufgrund ihrer oben beschriebenen Eigenschaften mit Geschwindigkeiten von bis zu 50 km/h recht zügig vom zentralen Förderkanal entfernen. Dadurch legt sie bis zum Abkühlen relativ große Entfernungen zurück – der Vulkan wächst also stark in die Breite. Mit jedem neuen Ausbruch lagern sich dann immer mehr **Lavaschichten** von unterschiedlicher Mächtigkeit und Flächenausdehnung übereinander. Bei sehr großen Vulkanen können dazu auch **Nebenkrater** beitragen, die unter Umständen sogar unabhängig vom Hauptkrater aktiv werden. Im Laufe der Zeit bildet sich so Stück für Stück ein Schildvulkan heran.



4. Eigenschaften von Schild- und Schichtvulkan (Übersicht)

	Schildvulkane	Schichtvulkane
		
Beispiele	⇒ Mauna Loa, Kilauea	⇒ Fudschijama, Vesuv, Kilimandscharo
Vorkommen	⇒ vorwiegend in ozeanischen Gebieten (Island, Hawaii, unter dem Meeresspiegel)	⇒ in fast allen Vulkangebieten der Erde
Aussehen	⇒ flach gewölbt (3°–8° Hangneigung)	⇒ kegelförmig, steil (über 30° Hangneigung)
Kraterform	⇒ flach, kesselförmig, mit steilen Wänden, 100–2000 m Durchmesser; oft mit Lavasee	⇒ steil, trichterförmig
Aufbau	⇒ übereinander gelagerte Lavaschichten	⇒ wechselnde Folge von Schichten aus vulkanischen Lockermaterialien (z. B. Aschen) und Lava
Ausdehnung	⇒ sehr groß (bis zum Zwanzigfachen der Höhe)	⇒ ca. das Zwei- bis Dreifache ihrer Höhe
Ausbruchverhalten	⇒ effusiv („ausfließend“)	⇒ gemischt effusiv-explosiv (in abwechselnder Folge)
Förderprodukte	⇒ sehr heiße (1150 °C), gasarme, zügig fließende (bis 50 km/h), basische Lava mit einem Kieselsäureanteil von 40–52 %	⇒ relativ kalte (800 °C), gasreiche, langsam fließende, saure Lava mit einem Kieselsäureanteil von bis zu 80 %; Aschen und andere vulkanische Lockermaterialien

5. Vulkanparty

Löse dieses Kreuzworträtsel mit Hilfe deines Atlas.

1 F

2 R U A P E H U

3 T A A L T A

4 K R A K A N A

5 C O T O P A X I

6 S

7 E

8 T

9 M

10 M E R A P I

11 C O T O P A X I

12 A E T N A

13 A S O

14 S A J A M A L T

15 R U A P E H U

16 S O U F R I E R E

17 K I L I M A N D S C H A R O

18 K A M E R U N B E R G

19 H

20 I

21 L

22 I

23 P

24 P

25 I

26 N

27 E

28 N

D E R

P I N A T U B Ö

A U F D E N

P H I L I P P I N E N

