

Dynamfragen

Fragen Schönbachler:

- Wie ist unser Mond entstanden?

Unsere Erde ist vor etwa 4,5 Mia Jahren mit einem marsgrossen Körper kollidiert. Dieser Körper hatte dieselbe Umlaufbahn wie die Erde und hiess Theia. Durch die Kollision ist der Kern beider Körper verschmolzen und ein Grossteil des Mantels wurde in das Weltall geschleudert. Durch die Gravitation viel ein grosser Teil zurück auf die Erde. Der kleinere Teil klumpte zu einem Mond zusammen.

- Nennen Sie 3 Beweise für die aktuelle Mondentstehungstheorie

Die Erde hat ein eher grosser Kern. Der Mond besteht nahezu nur aus Mantelmaterial (genauer Anorthosit) und einem kleinen Kern. Das weiss man durch die Dichte des Mondes. Ein weiterer Grund ist das leichte Defizit an flüchtigen Stoffen auf dem Mond. Die Erdachse ist heute um etwa 23° gekippt. Man glaubt, dass diese Neigung bei der Kollision, die den Mond gebildet hat, entstanden ist.

- beschreiben Sie die thermische Geschichte des Mondes

Da der Mond nur einen kleinen Kern hat, ist er sehr rasch abgekühlt. Nach der Entstehung des Mondes war es ein Lavaball. Dabei sanken Olivine und Pyroxene infolge deren Dichte auf den Grund. Feldspäte schwammen oben auf. Der Mond hat eine Eisenarmut, deshalb nur ein kleiner Eisenkern. Der Mond hat sehr wenige Elemente, welche von innen her heizen können. Dazu kommt seine kleine Grösse. Dadurch ist er sehr schnell abgekühlt. Als der Mond noch wärmer war, konnte deshalb Lava aus dem Innern an die Oberfläche gelangen und Krater füllen. So entstanden die dunklen Mare-Gebiete des Mondes.

- Krater:

Es gab viele Krater kurz nach der Entstehung. Dies erfolgt, denn Bruchstücke die als Akkretion um die Erde schweben auf den Mond und die Erde zurückfallen. Die Mondoberfläche hat in etwa die gleiche Struktur an Kratern wie vor 3 Mia. Jahren. Da der Mond rasch die ähnliche Drehachsegeschwindigkeit hatte wie die Erde, sieht man den Mond immer von derselben Seite. Dies führt dazu, dass der Mond auf der Rückseite sehr viele Einschlagskrater hat. Die Erdzugewandte Seite ist durch die Erde 'geschützt'. Es gibt Mare und Krater auf dem Mond. Die Mare bestehen aus dunklerem Mondbasalt und die Krater sind heller. Dadurch gibt es auf dem Mond die bekannten Strukturen. Der Mond besteht grundsätzlich aus Anorthosit und ist deshalb sehr hell. Dagegen gibt es einen Kontrast zu den Mondbasalten, welche wesentlich dunkler sind.

- Beschreiben und vergleichen Sie die Dichte von Einschlagskratern und deren Verteilung auf Merkur, Venus, Erde, Mond und Mars. Was kann man von diesen Verteilungen lernen?

Merkur: viele Krater, da sehr alte Oberfläche

Venus: weniger Krater, keine kleine Krater da diese Projektile gar nicht durch die dichte Atmosphäre kommen

Erde: sehr wenige Krater: junge Oberfläche durch Erosion und Plattentektonik geprägt

Mars: viele Krater auf der Südhemisphäre (alte Oberfläche: Hochländer) und wenige auf der Nordhemisphäre (junge Oberfläche aus vulkanischen Gebieten und Ebenen)

Mond: s. oben

-Beschreiben Sie typische morphologische Merkmale von Einschlagskratern auf dem Mond und Mars. Warum zeigen diese Unterschiede?

Mond: s. oben

Mars: man sieht, dass es früher Wasser auf dem Mars hatte, da man an den Kratern Spuren von Schlammauswürfen sehen kann. In den Kratern kann man Horizontalschichtungen sehen, das sind wahrscheinlich alte Seesedimente.

-Venus und Erde haben beide ein "Defizit" an kleinen Impaktkratern (<10-30 km), wie die entsprechenden Figuren im Skript zeigen. Nennen Sie die Gründe dieses Defizits für die zwei Planeten.

Beide Planeten haben eine vergleichsweise junge Oberfläche. Die Erde hat sowohl Plattentektonik, als auch Erosion durch sauren Regen und Verwitterung. Venus hat auch eine Art Plattentektonik. Allerdings ist es bei der Venus primär durch die Vulkane angetrieben. Dazu kommt bei der Venus die extrem saure Atmosphäre. Dadurch wird die Oberfläche auch schneller erodiert. Zudem kommen kleine Projektile gar nicht durch die dichte Atmosphäre von Venus, da sie darin verglühen.

-Was sagt die Dichte und Verteilung der Krater auf Venus über das Alter der Venusoberfläche aus?

Sie sagen aus, dass Venus auch eine verändernde Oberfläche aufweist. Sie hat zwar nicht die Plattentektonik, wie die Erde, doch hat sie ebenfalls Vulkanismus und saurer Regen. Dadurch verändert sich auch auf der Venusoberfläche die Landschaft.

Zwei Theorien der Oberflächenerneuerung der Venus:

"Wir haben früher die zwei Hypothesen diskutiert, mit denen die praktisch gleichmässige Kraterverteilung auf der gesamten Venus erklärt wird: i) eine globale Oberflächenerneuerung vor etwa 200-700 Ma innerhalb von vielleicht 100 Ma mit heute stark reduzierter vulkanischer Aktivität und ii) eine permanente punktuelle Erneuerung der Oberflächen, mit zeitlich mehr oder weniger gleichbleibender vulkanischer Aktivität." -Skript S. 29

Vulkanismus:

-Beschreiben Sie einige wichtige Typen von Vulkanen

Pfannkuchenvulkane: Hochviskose Magmaausflüsse (auf Venus) (Lavadome)

Coronae: heisses Material stieg auf, Oberfläche nach oben gedrückt, beim Abkühlen senkt sich die Oberfläche wieder und es entstehen radiale Gräben oder Risse

Stratovulkane: viskose Magma (sauer), explosiv, auf der Erde an Subduktionszonen

Schildvulkane: basaltisches Magma, dünnflüssige Lavagüsse, an Hot Spots auf der Erde

- Aus welchen beobachtbaren Eigenschaften/ Grössen kann man den Aufbau der Planeten/ Mond herleiten

Auf der Erde, Mars und dem Mond haben wir durch seismische Aktivität herausgefunden, wie die Planeten aufgebaut sind. Bei anderen Planeten können wir durch deren Gewicht, die Rotation, das Magnetfeld und die Wärme etwas über die Beschaffenheit der Planeten aussagen.

Dichte (Masse durch gravitative Wirkung auf andere Planeten / Monde / etc. bestimmen)

Trägheitsmoment: man kann abschätzen, ob ein Körper eher die Masse im Zentrum konzentriert hat (-> grosser Kern) oder ob es sich um eine fast homogene Kugel handelt (-> kleiner Kern)

- Entstehung des Sonnensystems mit allen Parametern

Das Sonnensystem entstand vor ca. 4.58 Mia. Jahren. Damals gab es eine Staubwolke einer Supernova oder ähnlichem. Langsam verklumpte sich das Gas. Durch die Gravitation, welche schon kleine Körper haben, wurde immer mehr angezogen. Dadurch entstand ein Zentrum, welches sich zu drehen begann. Langsam wurde ein Protostern geboren. Nach etwa 30 Mio. Jahre kam die T-

Tauriphase. Da wurde der Protostern so dicht, dass er zu glühen begann. Gleichzeitig bildeten sich aus den Planetesimalen die Protoplaneten. Auch diese haben sich immer mehr verklumpt, bis es richtige Planeten waren. Am Ende dieser T-Tauriphase warf die Sonne eine Hülle ab, welche das Sonnensystem vom Reststaub und Restgas säuberte. Unser Sonnensystem war geboren.

“Eine interstellare "Molekül-Wolke" zerfällt in viele Fragmente unter dem Einfluss ihrer eigenen Schwerkraft. Die Fragmente kollabieren und bilden Sterne. Rotierende Wolkenfragmente bilden sogenannte Akkretionsscheiben, aus denen sich neben dem Zentralgestirn in einem hierarchischen Prozess immer grössere "Planetesimale" und schliesslich die Planeten bilden. Unser Planetensystem entstand vor etwa 4.56 Milliarden Jahren innerhalb von einigen 10 Millionen Jahren.” - Skript S. 15/16

- Beschreiben sie die Atmosphäre der erdähnlichen Planeten.

Merkur: hat nur eine sehr dünne Atmosphäre, da er zu nahe an der Sonne ist und die volatilen Elemente weggeblasen werden

Venus: dichte Atmosphäre aus v.A. CO₂, enthält Schwefelsäuretröpfchen, hat viele Wolken, sodass man die Oberfläche der Venus kaum sieht, das viele CO₂ verursacht einen grossen Treibhauseffekt und extrem hohe Temperaturen auf Venus

Mars: dünne Atmosphäre vor allem aus CO₂, hatte vermutlich früher eine dickere Atmosphäre und ein wärmeres Klima (durch Treibhauseffekt)

- Geben Sie das Alter der Erde an. Wie wurde es bestimmt?

Das Alter der Erde ist in etwa 4,58 Mia Jahre. Es wurde durch die Isotope in den Zirkongesteinen gemessen.

-Meteor, Meteorit, Meteoroid, Asteroid, Komet – was ist der Unterschied?

Ein Komet ist ein Eis-Staubklumpen, welcher an der Erde vorbeizieht und einen Schweif aus Wasser und Staub hinterlässt. Ein Asteroid ist ein Gesteinsbrocken, welcher an der Erde vorbeifliegt. Ein Meteoroid ist ein kleiner Asteroid, welcher an der Erde vorbeizieht. Verglüht er komplett in der Atmosphäre so ist es ein Meteor. Landet er auf dem Boden so wird er Meteorit genannt.

-Unterschied von Sonne, Mond, Sterne, Planeten, Zwergplanet

Sonne und Sterne sind dasselbe, wobei wir unseren Stern einfach als Sonne bezeichnen. Um die Sonne ziehen die Planeten, mit ihren Monden. Die Monde sind entweder eingefangene Planeten oder sie entstehen miteinander oder durch Kollisionen. Zwergplaneten sind Planeten, welche nicht dem minimalen Mass an Durchmesser erreichen. In unserem Sonnensystem haben wir ein paar Zwergplaneten. Zum Beispiel Pluto. Dieser ist zu weit draussen und hat eine spezielle Neigung gegenüber dem Rest der Planeten, welche sich in einer Ebene befinden.

- Unterschied: Planet und Planetoid

Ein Planetoid ist ein Körper, welcher genug gross ist und eine genügend hohe Gravitation ausgebildet hat, dass er annähernd rund ist. Darüber hinaus muss er in einer Umlaufbahn zur Sonne sein und dennoch zu klein für einen Planeten. Zum Beispiel der Trabant von Pluto ist ein Planetoid, während Pluto selber ein Zwergplanet ist.

- Definiere folgende Begriffe:

Präsolare Körner

Präsolare Körner sind Überbleibsel aus einer Zeit vor unserem Sonnensystem. Damals gab es eine andere Sonne mit Planeten auf ihrer Umlaufbahn. Als diese explodierte, gab es vielleicht eine Supernova und ganz viel Staub und Fragmente. Als dann unser Sonnensystem entstand, gab es einige Fragmente, die neu eingebaut wurden. Diese sind die Präsolaren Körner. Sie sind älter als unser Sonnensystem.

Tesserae

Tesserae sind Hochebenen auf anderen Planeten oder Monden.

Chondrit

Chondrite können als undifferenziertes Sedimentgestein des Kosmos zusammengefasst werden. Sie bestehen aus dem gleichen Material, wie die Photosphäre der Sonne. Dabei fehlen die flüchtigen, leichten Gase. Chondrite heissen sie, weil sie kleine Silikatkügelchen in einer Matrix eingebaut haben.

Mare

Man findet zum Beispiel auf dem Mond grosse Mare. Diese wurden so bezeichnet, weil es aussah wie Meere auf dem Mond. Denn es sind die dunkleren Stellen auf dessen Oberfläche. Diese entstanden durch grosse Lavaseen, welche abkühlten und dunkle Gesteine hinterliessen.

Grosses Bombardement

Am Anfang des Sonnensystems gab es noch viele Gesteinsbrocken, welche auf denselben Umlaufbahnen kreisten, wie die nahezu fertigen Planeten. Dadurch fielen zu jener Zeit unglaublich viele Meteorite auf die Planeten. Das war das grosse Bombardement. Auf der Erde sind die Spuren durch die Plattentektonik bereits beseitigt, auf den anderen Planeten sind sie zum Teil noch sichtbar. Am besten sehen wir es auf dem Mond. Interessanterweise haben die meisten Krater ein Alter von ca. 3.95 Mia Jahre. Also war es sehr einheitlich.

Corona

Ist ein Virus :P, aber darum geht es hier nicht. Hierbei geht es entweder um die Krater auf der Venus, oder um die Sonnencorona. Bei beiden geht es darum, dass es einen kreisförmigen unebenen Rand hat. Wenn es eine Sonnenfinsternis gibt, sieht man noch die Corona um die Sonne herum. Es ist eigentlich die Atmosphäre der Sonne. Auf Venus ist es die Art von Vulkankrater. Da gibt es auch einen unsauberen Rand.

Planet

Ein Planet ist ein Himmelskörper, welcher um einen oder mehrere Muttersterne rotiert. Es gibt terrestrische Planeten und Gasplaneten. Die terrestrischen sind vorwiegend klein und aus Gesteinen aufgebaut, während die Gasriesen vorwiegend aus Gas bestehen und um einiges grösser sind. Ausserdem haben Gasriesen einen vergleichsweise kleinen Kern während die terrestrischen einen grossen Kern im Vergleich zu ihrer Grösse haben.

Galileische Monde

Die galileischen Monde sind die grössten vier Monde von Jupiter. Dazu gehören Ganymed, Callisto, Europa und Io. Galileo hatte diese Monde mit seinem Teleskop entdeckt und beschrieben.

Ganymed ist der grösste Mond von Jupiter und auch vom ganzen Sonnensystem. Er ist etwas grösser als Merkur. Ganymed hat einen Eisenkern und ist ein Eismond. Er besitzt zusätzlich eine dünne Atmosphäre. Er wies eine Plattentektonik in Form von Eisschildern auf. Diese scheint allerdings zum Erliegen gekommen zu sein.

Callisto ist der zweitgrösste Mond von Jupiter. Er ist übersät von Kratern und hat im Allgemeinen eine dunkle Oberfläche. Seine Oberfläche ist sehr alt, was darauf hinweist, dass er seit frühester Zeit nicht mehr geologisch aktiv war. Er scheint ein Ozean unter dem Eis zu haben darunter hat er eine feste Oberfläche.

Europa ist der interessanteste Mond in unserem Sonnensystem. Sie hat einen grossen Ozean unter deren Eiskruste. Da es eher wenige Krater und nur solche mit eher jungem Alter hat, geht man davon aus, dass sich die Oberfläche regelmässig erneuert. Die Eiskruste weist auch Furchen und Wölbungen auf. Man geht von einer Art Eis-Plattentektonik aus. Dazu kommt noch, dass man ein geringfügiges Magnetfeld messen kann.

Io ist der farbigste Mond. Dies kommt von dem aktiven Vulkanismus auf dem Mond. Es ist der aktivste im Sonnensystem. Viel Schwefelverbindungen kommen vor, was den Mond gelb-braun färbt. Durch das Ausspucken der Vulkane entsteht auch eine Schwefeldioxidatmosphäre. Wasser fehlt vorwiegend, weil es bei der Entstehung viel zu heiss war. Die Oberfläche ist sehr jung, da es so aktiven Vulkanismus hat. Zudem glaubt man auch an die Plattentektonik.

Oortsche Wolke

Die Oortsche Wolke befindet sich rund um unser Sonnensystem herum. Es ist eine Ansammlung von Objekten, welche von Zeit zu Zeit auch als Kometen oder Asteroiden durch unser Sonnensystem fliegen. Es ist eine hypothetische Region weit ausserhalb des Kuiper Gürtels.

Kuiper Gürtel

Der Kuipergürtel ist ein Bereich ausserhalb von der Umlaufbahn von Neptun. Von daher kommen die allermeisten Kometen und Asteroiden. Es ist eine Ansammlung von Objekten welche ähnlich dem Asteroidengürtel sind.

Planetessimale

Planetessimale sind die Bausteine der Protoplaneten. Nach dem die Scheibe um die Sonne entstanden ist, bildeten sich aus dem Rest des Materials die Planeten. Dabei klumpten immer grössere Fragmente zusammen, was dann zur Planetenbildung führt.

Akkretionsscheibe

Die Akkretionsscheibe ist die Scheibe, welche um einen Stern entsteht. Nach einer Supernova bleibt eine Gas-Staubwolke übrig. Diese fängt durch die Gravitation an zu klumpen. Dadurch dass immer mehr Partikel und Fragmente in das Zentrum fallen, fängt es sich an zu drehen. Dabei flacht die Gas-Staubwolke ab und es entsteht eine Scheibe. In dieser Scheibe akkretiert immer mehr Material zu Planeten und Monde. Diese Scheibe wird Akkretionsscheibe genannt.

Solarer Nebel

Ein solarer Nebel ist die Bezeichnung für die Gas-Staubwolke die nach einer Supernova übrig bleibt. Daraus entstehen später die Sterne und Planeten.

Differenzierte Asteroide

Differenzierte Asteroide sind Himmelskörper, welche sich so stark erhitzt haben, dass sie einen Kern und einen Mantel haben. Sie sind erstarrt, aber haben einen differenzierten Aufbau.

Präzession

Präzession beschreibt die Richtungsänderung der Planetenachse. Auf der Erde gibt es eine Präzession, welche eine circa 24'000 Jahre andauernde Periode aufweist. Diese Präzession ist ein Teil der Milankovic-Zyklen. Diese Zyklen haben in der Vergangenheit zu den Eiszeiten beigetragen.

Magnetfeld

Das Magnetfeld schützt die Erde von den Sonnenwinden. Es bildet sich im Erdkern. Da bewirkt der äussere flüssige Kern gegenüber dem festen inneren Kern, eine Dynamowirkung. Dadurch entstehen Magnetfelder rund um unseren Planeten. Dieses Magnetfeld absorbiert die tödliche Strahlung, welche von der Sonne ausgestrahlt wird. Dadurch gibt es auch die Polarlichter. Dabei werden die hochenergetischen Teilchen zu den Polen konzentriert und sie reagieren mit der Ionosphäre.

Sonnenwind

Sonnenwinde werden von der Sonne ausgestrahlt. Dabei gibt es riesige Sonneneruptionen. Diese tödliche Strahlung macht sich auf den Weg zu der Erde. Diese Strahlung kollidiert mit dem Magnetfeld und beugt dieses. Auf der sonnenzugewandten Seite wird es komprimiert und auf der abgewandten Seite entspannt. Die Strahlung wird dann zu den Polen hin gekrümmt.

Kratone

Kratone bezeichnen die ältesten Regionen auf der Erde. So gibt es in Nordamerika und in Russland die ältesten Gesteine. Diese wurden noch vor dem Kambrium (vor mehr als 541 Mio Jahren) gebildet. Durch die Plattentektonik entsteht immer neue Krusten, welche ein wesentlich jüngeres Alter aufweisen.

Regolith

Regolith ist ein Lockergestein, welches im Wesentlichen aus silikatischem Material besteht. Auf der Erde geschieht dies durch Verwitterung der bestehenden Gebirgen, doch auf den Planeten geschieht dies vorwiegend infolge von Einschlägen der Meteoriten.

Kryovulkanismus

Kryovulkanismus findet man vorallem auf den Monden der Gasriesen. Dabei handelt es sich um Geysire, welche auf Eismonden entstehen können. Bekannt dafür ist Enceladus.

Thermische Gezeitenwinde

Tagseszeitabhängige Winde wegen Sonneneinstrahlung?

Gezeitenreibung

Die Gezeitenreibung entsteht zwischen den Planeten und ihren Trabanten. Am besten sieht man es am Jupitermond Io. Dieser wird sehr stark abgeplattet, während er um Jupiter kreist. Dabei entsteht eine signifikant messbare Temperaturerhöhung in den Objekten. Ist ein Objekt zu klein, so zerbricht es. Nur wenn die Eigengravitation hoch genug ist bleibt es bestehen. Dies zeigt auch, wie stark die freigesetzte Energie ist.

AE

Die Astronomische Einheit, kurz AE, entspricht der Distanz Erde Sonne. Das ist in etwa 150Mio Kilometer. Viele nähere Objekte werden in AE beschrieben, während entferntere Objekte in Lichtjahre gemessen werden.

entspannte Dichte

Die entspannte Dichte ist ein Modell, indem die Himmelskörper nicht auf die Gravitation reagieren. Sprich, wie weit würden sich die Planeten ausdehnen, wenn die Gravitation sie nicht gegen das Zentrum hin noch mehr zusammendrücken würde.

Hauptreihenstern

Die meisten beobachtbaren Sterne lassen sich im Hertzsprung-Russel-Diagramm abbilden. Ein Stern verbleibt während der längsten Zeit seiner Entwicklung auf der Hauptreihe. Zu Beginn des Wasserstoffbrennens befindet sich der Stern auf der Nullalter-Hauptreihe und wandert im Laufe des Wasserstoffbrennens zur Endalter-Hauptreihe, die er bei Erschöpfung des Wasserstoffvorrates im Kern mit zunehmender Entwicklungsgeschwindigkeit verlässt. Die Hauptreihe bildet den Bezug für die Einteilung der Sterne in Leuchtkraftklassen.

Protostern

Ein Protostern ist die Bezeichnung für ein Objekt, welches noch nicht selber glüht, aber nahe dabei ist. Jeder Stern entsteht durch die Verdichtung der Gase, welche sich in dem präsolaren Nebel befindet. Durch das Verdichten des Materials werden die Moleküle immer näher aneinandergedrückt, bis sie mit der Kernfusion beginnen. Dabei gibt es en Aufglühen und herauschleudern der restliche ungebrauchte Staub und Gaspartikel. Dies ist die T-Tauri-Phase eines Sterns. Danach brennt der Stern einige Milliarden Jahre.

Schneefallgrenze

Hierbei handelt es sich um die Grenze in unserem Sonnensystem, wo sich nicht mehr Gasriesen bildeten, sondern Schneeriesen. Jupiter und Saturn sind Gasriesen und Uranus und Neptun sind Schneeriesen.

Fragen Olivier Bachmann:

- Welche physikalische und mineralogische Auswirkung hat die Koordinationszahl? (an Paulingregeln denken!)

Die Koordinationszahl ist die Anzahl der Nachbarn eines Zentralatoms in einem Molekül. Dabei ergeben sich Kugelpackungen. Je dichter sie gepackt ist, desto mehr Nachbarn hat ein Zentralatom. Pauling stellte die Grundlagen zur Kristallchemie auf.

1. Regel

Die Radiusverhältnisregel.

2. Regel

Die elektrostatische Valenzregel.

3. Regel

Teilen von Ecken/Kanten/Flächen. Wird nur ein Ecken geteilt, so ist es sehr stabil, wird eine Kante geteilt ist es weniger stabil und bei einer ganzen Fläche ist es sehr instabil.

4. Regel

Kristalle mit verschiedenen Kationen.

Hat ein Kristall eine hohe Valenzelektronenzahl und eine kleine Koordinationszahl, so werden sie sich nur wenig verbinden. Deshalb sind Feldspäte nur über Ecken und sehr selten über Kanten verbunden.

5. Regel

Die Sparsamkeitsregel.

Die Kristalle weisen eine möglichst geringe Anzahl an Bauelementen auf.

- Welche Faktoren limitieren den Ionenradius?

Die Grösse des Atomkerns und die Ladung des Ions.

- Was ist grösser – was kleiner? Fe^{2+} oder Fe^{3+}

Fe^{2+} ist grösser als Fe^{3+} , weil es weniger Elektronen hat werden auch die übrigen stärker angezogen.

- Was ist grösser – was ist kleiner? Na oder Cs?

Natrium ist kleiner als Cäsium. Natrium hat sowohl ein kleinerer Kern wie auch weniger Elektronen.

- Nennen Sie 2 häufige Bindungsarten

Kovalente Bindung wie bei CH_4 oder Ionenbindung, wie bei NaCl

- Nennen Sie 2 seltene Bindungsarten

Dipol-Dipol-Bindung und Van-der-Waalskräfte

- Nennen Sie 5 unterschiedliche Protolithen von metamorphen Gesteinen

Ton, Mergel, Granit, Dolomit, Gabbro

- Das Ausgangsgestein ist ein Pelit: Welches Mineral bildet sich bei starker und welches Mineral bei schwacher metamorphoser Überprägung (Schottland / Anden) (Je ein typisches Mineral)

schwache Überprägung: (Grünschiefer-Fazies) Biotit, Muskovit

starker Überprägung: (Amphibolit-Fazies) Staurolit, Disthen

- erklären Sie prograde Metamorphose und retrograde metamorphose

Die prograde Metamorphose ist der Weg zu dem Druckmaximum. Dabei werden die Gesteinspakete von der Oberfläche hinunterbewegt. Nach dem maximalen Druck geht es noch etwas in Richtung Temperatur. Danach kommt es wieder retour, dabei entsteht die retrograde Metamorphose.

- Warum haben Kristalle Anisotropie und Gläser nicht?

Weil bei Kristallen die Abkühlzeit langsam ist und sie sich anordnen können. Dadurch kann eine Richtungsabhängigkeit auftreten. Dann ist es anisotrop. Gläser haben die Zeit nicht. Sie werden schnell abgekühlt. So erstarrt es in dem homogenen Magma/Lavaphase.

- Wie ist eine Kristallfläche definiert? Warum ist Symmetrie wichtig?

Symmetrien sind wichtig für die Benennung der Kristalle.

Kristallflächen sind Winkeltreue bei Mineralien, dadurch kann man sie bestimmen. Mit der Symmetrie kann man auf das Kristallsystem schliessen.

- Welche Symmetrieelemente kennen Sie?

Spiegelebene, Drehachse (3-,4-,6-zählig), Inversionszentren, Transaltion, Drehinversion

-Nach welchen Kriterien wird eine Elementarzelle definiert? warum ist diese so elementar?

Eine Elementarzelle ist der kleinste Teil eines Kristalls, welcher noch alle Atome enthält und welcher auf jede Seite um ein Vielfaches verschoben werden kann, bis sich der Kristall bildet. Sie ist elementar, weil wir durch die Elementarzellen herausfinden können, wo sich die Atome befinden und wo es dementsprechend die Mutationen geben kann.

- Was bedeutet "Habitus" - was "Tracht"

Tracht bedeutet optisch gleich aber anders aufgebaut und Habitus heisst gleich aufgebaut aber optisch unterschiedlich.

- Was für eine Art Silikat ist Olivin? Wo kommt Olivin vor?, Was ist die Bedeutung von Olivin für die Erde?

Olivin ist ein Inselsilikat. Olivin ist ein typisches Mantelgestein. Es kommt nicht an der Erdoberfläche vor. Einzig, wenn ganze Mantelteile an die Oberfläche kommen, sieht man den Olivin. Beispiel bei Basalten oder bei Peridotiten. Olivin ist das häufigste Gesteinsbildende Mineral auf der Erde. Der Grossteil des Mantels besteht aus Olivinen.

- Was passiert mit Olivin in grosser Tiefe?

In grosser Tiefe wird Olivin in Spinell umgewandelt. Dies geschieht infolge des Drucks und der Temperatur.

-Welche 2 wichtigen Gruppen von Kettensilikaten gibt es? Wie bestimmt man Sie?

Es gibt sowohl Bändersilikate als auch Kettensilikate. Der Unterschied liegt in der Wiederholung. Pyroxene und Amphibole sind typische Kettensilikate. Die Kettensilikate sind die Pyroxene und die Bändersilikate sind die Amphibole. So werden sie mittels des Winkels unterschieden. Der Spaltwinkel von Amphibolen liegt bei 120° und der von Pyroxenen bei 90°

- Welche Schichtsilikate / Schichtsilikatgruppen kennen Sie?

Glimmer und Tonmineralie

- Aus welchen Bauelementen sind die Schichtsilikate zusammengesetzt - Was für eine Systematik gibt es da?

Silikat Tetraeder und Silikat Oktaeder, Kation

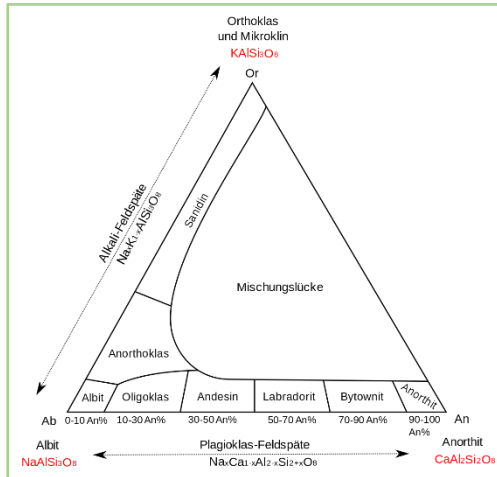
- Was ist eine Mischreihe? Wissen Sie ein Beispiel mit einer homovalenten und eines mit einer heterovalenten Substitution?

Eine Mischreihe ist eine Linie, wo sich zwei Mineralien mischen. Hat man zum Beispiel das System Plagioklas-Kalifeldspat so gibt es eine Mischreihe, welche alle Komponenten dazwischen enthält.

- Welche Feldspäte kennen Sie?

Plagioklas, Alkalifeldspat, Orthoklas, Albit, Anorthit: Feldspat-Dreieck:

<https://www.wikiwand.com/de/Feldspat>



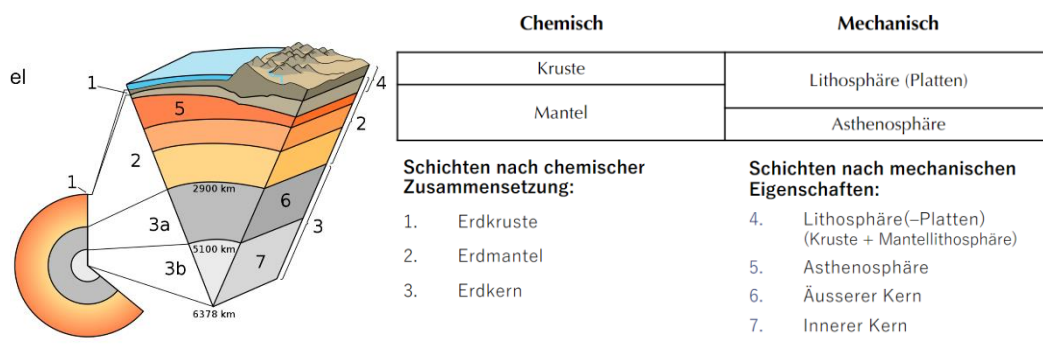
-Welche Mineralien bilden den Hauptbestandteil der kontinentalen Kruste und warum ist die kontinentale Kruste an der Erdoberfläche stabil?

Feldspäte. Sie sind bei der Bowenreihe weiter unten, deshalb sind sie an der Erdoberfläche stabiler, als andere Minerale.

- Was ist eine Mischungslücke - wie funktioniert das? Was kann man aus Mineralien aus einer Mischungslücke ableiten?

Eine Mischlücke ist ein Bereich in einem Dreieck, wo gewisse Mischungen nicht möglich sind. Zum Beispiel im Feldspatdreieck gibt es eine grosse Mischungslücke. Diese Lücke ändert sich mit Druck und Temperatur. Grundsätzlich sind Minerale aus der Mischungslücke nicht stabil. Wenn man nun solche findet, kann man etwas über die Druckverhältnisse und die Temperatur aussagen.

- Zeichnen Sie einen Querschnitt durch die Erde mit ungefähren Tiefenangaben.



-Aus welchen Materialien sind die einzelnen Einheiten im Wesentlichen zusammengesetzt?

Erdkruste: Silikate (Feldspäte)

Mantel: Peridotit (Olivin und Pyroxen)

Kern: Eisen und Nickel (äusserer Kern flüssig, innerer fest)

- Welche Bindungsarten gibt es in der Natur, und welche sind in welchen Mineralien dominant?

Es gibt kovalente, ionische und metallische Bindungen. Daneben gibt es noch Dipol-Dipol, Wasserstoffbrücken und Van-der-Waals Kräfte, die auch als Bindungen fungieren. Allerdings zwischen Molekülen. In den Mineralien kommen vor allem kovalente und ionische Bindungen vor. So gilt bei den Salzen die ionische Bindung und bei den meisten anderen die kovalente Bindung.

- Nach welchen Makroskopischen Kriterien bestimmt man Mineralien (+ Beispiel)?

Nach Härte (Talk = sehr weich), Geruch (Schwefel riecht typisch), Geschmack (Halit = Salzig), Strichfarbe (Hämatit = Blutrote Strichfarbe), Magnetismus (Magnetit ist magnetisch), Reaktion mit HCl (Karbonate sprudeln), Glanz (Bleiglanz glänzt), Farbe (Labradorit schillert Blau-Grün), Durchsichtigkeit (Quarz ist manchmal klar, manchmal nicht, dann weiss man welches der Gangquarz und welches der schön ausgebildete Quarz ist), Symmetrieelemente (Karlsbaderzwillinge bei Orthoklas) und Form (Granat ist typisch geformt).

- Welche physikalische Mineraleigenschaft ist für den Schalenbau der Erde mitverantwortlich?

Zum einen die Dichte zum anderen die Differentiation. Das heisst dichte Elemente gehen Richtung Kern und die weniger dichten Elemente schwimmen oben auf. Dazu kommt noch, dass es gewisse inkompatible Elemente gibt. Dies spiegelt sich in den Mineralien wider und so entsteht auch der der Schalenbau der Erde.

-Zahlenwerte des Planeten:

Aufbau der Erde				
Kruste		fest	600°C	40 km
Mante	oberer	dickflüssig	1500°C	900 km
	unterer	dickflüssig	2000°C	2900 km
Kern	äusserer	flüssig	4000°C	5100 km
	innerer	fest	5000°C	6371 km

Ozean : $3,3 \text{ g/cm}^3$
Kontinent : $2,8 \text{ g/cm}^3$

$\sim 5 \text{ g/cm}^3$

$\sim 10 \text{ g/cm}^3$

$\sim 13 \text{ g/cm}^3$

- Wie ist ein Mineral definiert?

Ein Mineral ist ein natürlich entstandener Festkörper mit klar definierter kristalliner Struktur und mit homogen anorganischer Zusammensetzung.

-Was ist der strukturelle Unterschied und die Gemeinsamkeit eines Silikatminerals und einer Silikatschmelze? Warum haben Kristalle Anisotropie und Gläser nicht?

Eine Silikatschmelze ist homogen und nicht ausgerichtet. Ein Mineral ist langsam gewachsen und hat deshalb eine klar definierte Struktur. Kristalle sind langsam abgekühlt, dadurch werden die Atome langsam abgelagert. Ein Glas wurde abgeschreckt. Das hatte keine Zeit, um sich anzuordnen. Das wird einfach im Grundzustand «eingefrohren».

- Welche Kristallsysteme kennen Sie und wie sind diese definiert?

Es gibt sieben grobe Unterteilungen mit nochmals einigen Unterteilungen. Die sieben wichtigsten sind:

Triklin, Monoklin, Kubisch, Tetragonal, Orthorhombisch, Hexagonal, Rhomboedrisch(Trigonal).

Triklin: $a \neq b \neq c$ / $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ / Disthen; Wollastonit; Plagioklas

Monoklin: $a \neq b \neq c$ / $\alpha \neq \gamma \neq 90^\circ$; $\beta = 90^\circ$ / Azurit; Malachit; Gips

Kubisch: $a = b = c$ / $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ / Gold; Pyrit; Halit

Tetragonal: $a = b \neq c$ / $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ / Rutil; Zirkon; Leucit

Orthorhombisch: $a \neq b \neq c$ / $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ / Schwefel; Aragonit; Orthopyroxen

Hexagonal: $a = b \neq c$ / $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$ / Graphit; Apatit; Beryll

Rhomboedrisch/Trigonal: $a = b = c$ / $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ / Quarz; Calcit; Turmalin

- Was sind die Goldschmidts und Paulings Regeln, und warum sind sie wichtig?

Beide Regeln sind die Grundsätze der Kristallographie. Die Paulingregeln sind grundlegend, für welche Atome vorkommen und wo haben sie ihren Platz. Die Goldschmidtregel sagen aus, welche Elemente des PSE haben überhaupt die Möglichkeit sich einzubauen. Respektive welche sind inkompatibel mit anderen Elementen und welche nicht.

- Wie teilt man Mineralien ein? Können Sie diese wesentlichen Gruppen nennen?

Die Minerale werden in Gruppen oder Klassen eingeteilt. So gibt es neun wesentliche Mineralklassen:

Elemente; Sulfide; Halogenide; Oxide/Hydroxide; Karbonate; Sulfate; Phosphate; Silikate und organische Substanzen.

Elemente:	Graphit; Kupfer; Schwefel
Sulfide:	Pyrit; Bleiglanz; Kupferkies
Halogenide:	Halit; Fluorit
Oxide/Hydroxide:	Korund; Magnetit; Hämatit
Karbonate:	Calcit; Dolomit; Magnesit
Sulfate:	Gips; Anhydrit
Phosphate:	Apatit
Silikate:	Olivin; Pyroxen; Amphibole; Glimmer
Organische Substanze:	Salze von organischer Säuren.

- Wie teilt man die Silikate ein? Was charakterisieren die Gruppen? Können Sie für jede Gruppe ein Beispiel geben?

Inselsilikate; Gruppensilikate; Bänder/Kettensilikate; Ringsilikate; Schichtsilikate; Gerüstsilikate

Inselsilikate:	Olivin; Granat; Zirkon
Gruppensilikate:	Epidot; Vesuvian
Bänder/Kettensilikate:	Pyroxene; Tremolit; Glaukophan
Ringsilikate:	Beryll; Cordierit; Turmalin
Schichtsilikate:	Talk; Serpentin; Glimmer
Gerüstsilikate:	Albit; Plagioklas; Leucit

- Welche industriellen Nutzenanwendungen von Mineralien kennen Sie?

Es gibt verschiedene Minerale mit verschiedener Nutzungsanwendung. So werden Halitvorkommen in der Nahrungs- und Strassenindustrie verwendet. Erzlagertätte werden für elektronische Geräte

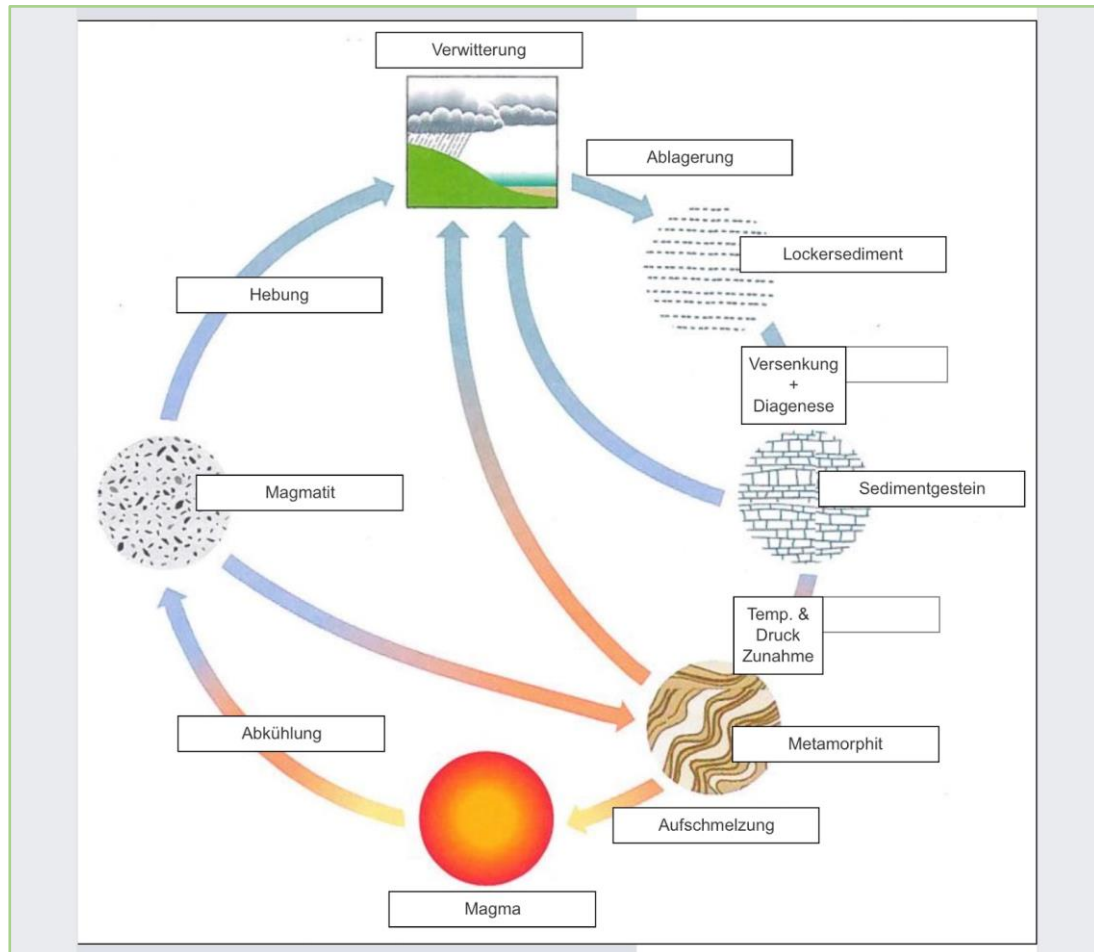
verwendet und Edelsteinlagerstätte für die Schmuckindustrie. Kohle und Erdölvorkommen werden bei Transportmittel verwendet.

- Was sind die Hauptschichten der Erde?

chemische Unterteilung: Kern, Mantel, Kruste

mechanische Unterteilung: innerer Kern, äusserer Kern, Asthenosphäre, Lithosphäre

-Beschreiben sie den Gestein Kreislauf



- Was ist die Definition eines Magmas?

Magma ist der Begriff für Lava unter der Erde. Es kommt im oberen Erdmantel und in der tiefen Kruste vor. Kommt es durch Vulkane an die Oberfläche so wird es Lava genannt. Erstarrt es im Erdmantel entstehen grosse Bereiche aus Plutoniten. Diese können durch die Gebirgsbildung exhumiert werden. So in etwa entstand auch das Aarmassiv.

- Was ist die Bowen Reaktionsreihe, und warum ist es wichtig für die Differentiation der Erde?

Die Bowenreihe ist die Kristallisationsabfolge, welche aus einem Magma folgt. Es beginnt mit Olivin, geht zu Pyroxen, dann Amphibol, zu Biotit und dann zu Quarz, Kalifeldspat und Muskovit. Dies ist die mafische Reihe. Auf der felsischen Seite geht es vom kalziumreichen zum natriumreichen Plagioklas. Dies ist die Erklärung, warum die Kruste Silikatisch ist. Weil im Rückschluss ist auch die Verwitterungsreihe einfach das umgekehrte. Olivin ist nicht wirklich stabil an der Oberfläche, dafür Quarz und Feldspäte.

-Was ist primäres Magma?

Das primäre Magma hat eine basaltische Zusammensetzung. Es ist am wenigsten differenziert und sehr heiss.

- Was ist ein Manteladiabat und was sind die 2 Hauptmechanismus, um der Erdmantel zu schmelzen??

Ein Manteladiabat oder Mantelplume ist ein Magma, welches sich vom Mantel her einen Weg durch die Erdkruste bahnt. Oft bleibt es stecken und erstarrt. Es gibt verschiedene Arten, ein Manteladiabat zu bilden. Entweder man bekommt volatile Elemente in den Erdmantel. Dies geschieht zum Beispiel bei Subduktionszonen. Eine andere Möglichkeit ist die Druckentlastung. So kann zum Beispiel bei einer Riftingzone der Druck auf den Erdmantel verringert werden, dadurch kann der Mantel ebenfalls aufschmelzen. Die dritte Möglichkeit ist die Temperaturzufuhr. Dies ist allerdings schwieriger zu erklären. Es kann durch die Konvektion vom heißen Erdkern geschehen.

- Wie sind die Hauptarten der Basalte, und wie sind sie mit Geotektonischen Settings verbunden?

Die Basalte entstehen durch das Aufschmelzen des Erdmantels. Sie sind wenig differenziert und sehr heiss. Die Basalte bilden einen Grossteil der Ozeanischen Platten. Sie sind ein Teil der Ophiolite. Dadurch sind sie sehr zentral für den Aufbau unserer Erdkruste.

- Beschreiben sie eine Ophiolit.

Ein Ophiolith ist eine konkrete Gesteinsabfolge mit einer speziellen Herkunft. Wir finden in den Alpen solche Abfolgen. Sie entstehen, wenn eine Ozeanplatte mit einer kontinentalen Platte kollidiert und überschoben wird. Dann entsteht die typische Abfolge von Peridotit-Gabbro-Basalt. Dabei handelt es sich um die typische ozeanische Platte.

- Geben Sie 2 Möglichkeiten, um felsische Material – Magma herzustellen.

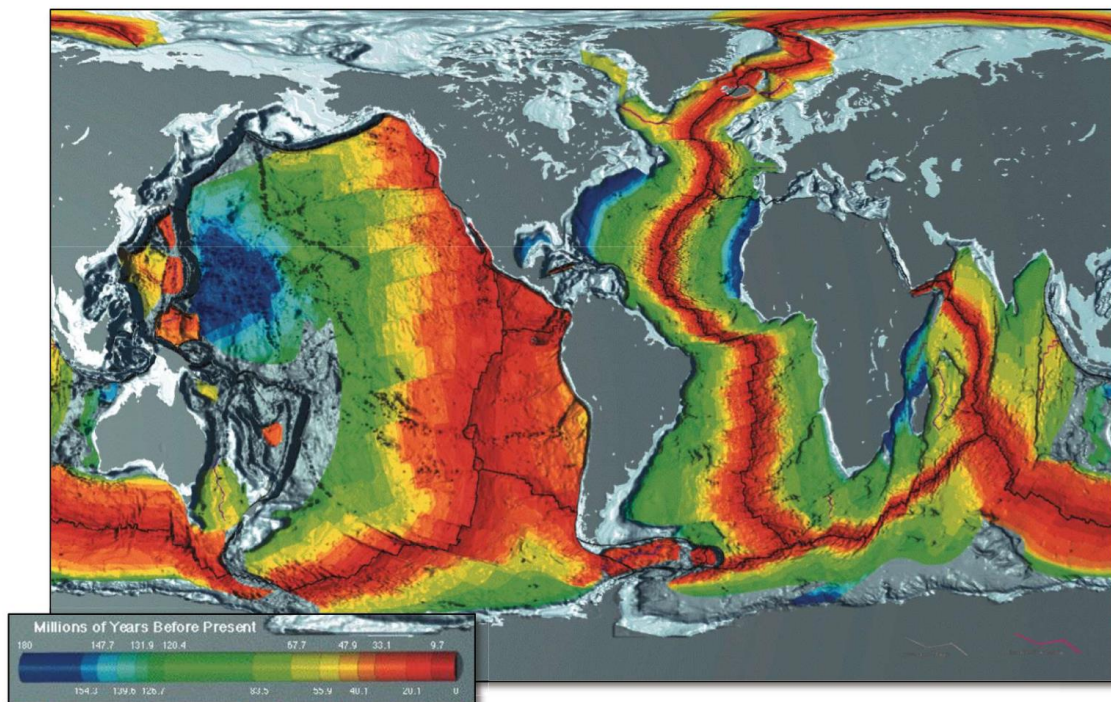
Aus einem primären Magma müssen mafische Mineralien zuerst auskristallisieren. Wenn wir in der Bowen-Reihe also etwa bei Kalifeldspat sind, haben wir noch felsisches Magma und die mafischen Komponenten sind bereits auskristallisiert.

- Was ist ein Eutektikum?

Das Eutektikum ist der Punkt, wo von zwei Mineralien die letzte Schmelze in ein Gestein übergeht.

- Wie schnell ist Krustenwachstum heutzutage?

Age of oceanic lithosphere



- Was sind die wichtigste Protolitharten für Metarmorphgesteine, und die wichtigsten Faktoren der Metamorphose?

Granite/Granodiorite; Peridotite; Mergel/;Kalk/Dolomit; Sandstein/Tonstein/Silt

- Wie kann man Foliation und Lineation erklären?

Foliation und Lineation

- Was sind Metamorphosegrad und Isograd?

Der Metamorphosegrad beschreibt, wie stark ein Gestein metamorph überprägt wurde. Je höher die Temperatur und der Druck, desto höher der Metamorphosegrad. Bei hohem Metamorphosegrad ist weniger Wasser im Gestein vorhanden.

Isograden verbinden auf einer Karte Gesteine mit einem gleich hohen Metamorphosegrad. Dadurch kann man sehen, wie stark die Gesteine in einer bestimmten Region metamorph geprägt wurden.

- Was sind die Hauptarten der Metamorphose? Geben Sie Beispiele für alle.

Regionalmetamorphose: zB bei Orogenese

Kontaktmetamorphose: bei Intrusionen von heissen magmatischen Schmelzen

Bruchzonenmetamorphose: am MOR durch Zirkulation von Fluiden

Schock- oder Impaktmetamorphose: bei einem Meteoriteinschlag

- Multiple Choice: nur eine Antwort aus 4-6 möglichen ankreuzen, hier nur die Richtige gegeben:

Häufigstes Mineral der Kruste: Das häufigste Mineral in der Erdkruste ist Quarz, dicht gefolgt von den Feldspäten.

Chemische Formel von Dolomit: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Dichtevergleich Forsterit/ Fayalit: Fayalit ist nahezu $1\text{g}/\text{cm}^3$ dichter.

Silikatgehalt von (a.) Basalt und (b.) Granit: a) 50% und b) Hauptsächlich Quarz und Feldspäte

Faziesbegriffe (Eklogit, Amphibolit, Hornfels, Granulit) gegebenen Temperatur-/Druckverhältnissen zuordnen.

Erdradius (Multiple Choice): 6370km

Al-haltige Mineralien als Metamorphosezeiger Die Aluminosilikate

Laven die durch Druckentlastung entstehen: MOR → Die Thoeitische Reihe

Mineral der Bowen'schen Reaktionsserie: (Olivin-Pyroxen-Amphibol-Biotit/ Ca-Na-Reicher Plagio)-Quarz, Muskovit/Kalifeldspat

Was ist Kimberlit: Kimberlit ist ein diamantführendes Gestein. Es hat einen magmatischen Ursprung und ist Olivin und Phlogopithaltig. Dieses Gestein kommt aus dem oberen Erdmantel.

Aluminosilikat

o Welches Hochtemperatur: Silimanit ist die Hochtemperaturvariante, Disten die Hochdruck und Andalusit hat wenig Druck dafür von tief bis Hochtemperatur vorhanden.

o Geringste Dichte

Element in Mantel aber nicht in Kern

Magnesium und Silizium kommen nur im Mantel und der Kruste vor.

Kruste: O, Si, Al, Fe

Mantel: O, Si, Mg, Fe

ä.Kern: Fe, Ni, S, O

i. Kern: Fe, Ni

Schmelztemperatur (mit und ohne H_2O) von Basalt und Granit

Basalt : 900°C - 1200°C (H_2O /ohne)

Granit : 650°C - 950°C (H_2O /ohne)

Lithosphäre dichte, was ist darunter: Lithosphäre hat eine Dichte von ca. $3.22\text{t}/\text{m}^3$. Darunter ist die Asthenosphäre mit $3.3\text{t}/\text{m}^3$.

Ultramafisches Gestein a) nur aus Olivin b) Olivin und Klinopyroxen c) Olivin mit Orthopyroxen

A: Dunit

B: Wehrlit

C: Harzburgit

Chemische Formel Graphit & Diamant & Unterschied: Formel ist immer C der unterschied ist die Anordnung im Kristallgitter. Graphit ist geschichtet und wird mit Van-der-Waalskräften zusammengehalten, während Diamant eine kovalente Bindung macht und Kubisch angeordnet ist.

Was ist die metamorphe Variante von Kalk, Granit und Schiefer-ton ?

Kalk → Marmor; Granit → Orhtogneiss; Schiefer-ton → Schiefer/Paragneis

Willett-Fragen: (Sedimente)

- Erklären Sie den Sedimentären Zyklus: „source to sink“

Von den Bergen wird durch die chemische und physikalische Verwitterung Gesteine verkleinert und via Gewässer transportiert. Dabei lösen sich immer mehr Materiale und werden vom Wasser weitertransportiert. Durch Seen und Flüsse gelangen die Fragmente in das Meer. Da werden die leichten Tonsedimente in den Ozean geschwemmt, während die schwereren sandigen Sedimente an der Küste abgelagert werden. Somit wurden die Sedimente von ihrem Ursprung bis in ihr Depot gebracht.

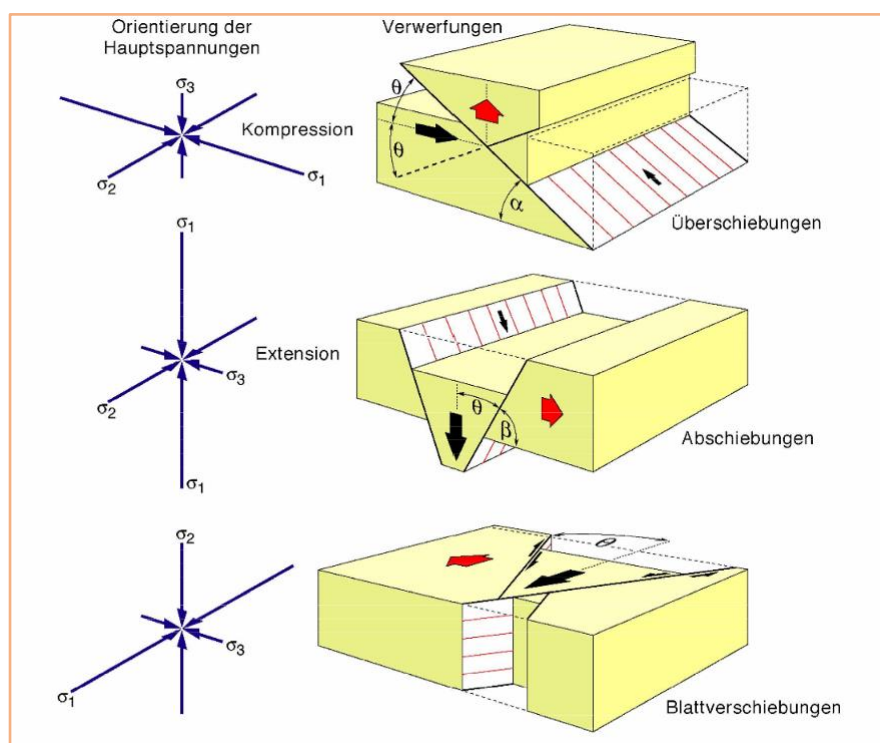
- 3 klastische Sedimentgesteine auflisten. Erkennungsmerkmal, Ablagerungsort benennen.

Konglomerat, Brekzie, Sand

Alles entsteht in den Bergen. Brekzien sind eckig und sie entstehen direkt in den Bergen. Sie haben einen kurzen Transport hinter sich. Konglomerate sind abgerundete Brekzien, welche man oft in Flüssen findet. Sand wird am weitesten transportiert. Man findet ihn in den Meeren und auf dem ganzen Weg zwischen Entstehungsort und Ablagerungsort.

Strukturgeologie:

- Aufschiebung, Abschiebung und Blattverschiebung als Blockdiagramm zeichnen. Wirkende Kräfte einzeichnen. Erklären wie man das im Gelände erkennt.



- Aktiver Plattenrand mit vorgelagertem Inselbogen zeichnen und wichtigste geologische Strukturen beschriften.

- a) Unterschied Kruste und Lithosphäre erklären. b) was ist eine Platte c)

Die Kruste ist ein Teil der Lithosphäre. Die Kruste ist der Feste Teil. Dieser geht bis in eine Tiefe von 30km auf den Kontinenten und bis zu 10km im Ozean. Darunter ist der zähflüssige Teil der Lithosphäre. Eine Platte ist ein Krustenteil. Dieser Teil geht von Entstehungsorten wie dem MOR zu Subduktionsorten, wie Japan. Dabei wird unsere Erde in viele Platten unterteilt. Alle Kontinente liegen auf Platten, daneben gibt es auch noch weitere kleinere Platten, wie die Nasca Platte. Bei einer Platte kann es eine Konstruktions- Destruktions- Transversalrand haben. Bei der Konstruktionsränder entstehen Platten (MOR) bei Destruktionsrändern werden sie vernichtete (unter Japan) und bei Transversalen gleiten sie nicht ganz reibungslos aneinander vorbei (San Andreas).

- Nach welchen Hauptkriterien lassen sich Sedimente klassifizieren?

Biogen/chemische und klastisch/dentritisch. Biogen heisst, es ist durch ein Lebewesen entstanden, wie zum Beispiel Kalzit oder Radiolarit. Chemisch bedeutet, es ist durch Evaporation entstanden. So etwa die Salzabfolge. Klastisch bedeutet, es ist durch die Erosion der Gebirge entstanden. Dentritisch bedeutet es wurde in Klüften oder Höhlen abgelagert.

- Wie kann man klastisch/dentritische Sedimenten von chemisch/biogenen Sedimenten unterscheiden?

Klastische/ Dentritische Sedimente sind mechanisch gereifte Sedimente. Das heisst, sie wurden beispielsweise in den Bergen Erodieren und sind über lange Transporte als Sedimente abgelagert worden. Bei den chemischen/biogenen Sedimenten ist es anders. Sie werden direkt im Meer/ Wasser gebildet. Die biogenen Sedimente entstehen durch tote Kleinstlebewesen. Deren Schalen bilden dann Karbonatgesteine. Die chemischen Sedimente entstehen durch Evaporation der Gewässer.

- Beschreiben Sie die für die folgenden Sedimentgesteine typischen Merkmale und Ablagerungsräume:

Konglomerat

Konglomerate haben typischerweise eine abgerundete Oberfläche. Sie haben schon einen gewissen Weg hinter sich. Sie werden durch Flüsse transportiert, dadurch werden sie abgeschliffen. Typischerweise findet man sie in alten Flussläufen oder an Seeufern.

Tonmergel

Tonmergel besteht aus 75% Ton und 25% Kalk. Er ist ein Sediment und wird in Seen oder im Meer abgelagert.

Dolomit

Dolomit entsteht auf die ähnliche Art, wie Kalk. Er hat die Formel $(\text{Mg}/\text{Ca})(\text{CO}_3)_2$. Er sprudelt weniger als der Kalk. Es gibt ein Dolomitproblem. Eigentlich dürfte es Dolomit gar nicht geben, weil Kalk die viel stabilere Formel besitzt. Dies ist ein ungelöstes Problem, bis heute. Man hat erst gewisse Theorien.

Oolit

Oolithe entstehen an Stränden mit mittlerer Energie. So werden kleine Fragmente von Muscheln oder Sandkörner mit Ablagerungen ummantelt. Da sich das Wasser immer bewegt, werden sie als runde Kügelchen abgelagert. Dadurch haben sie danach eine Art Zwiebelstruktur.

Hornstein

Hornstein ist ein Sediment. Es ist sehr feinkörnig und es enthält als Verunreinigung oft Tonminerale. Es ist sonst identisch zu dem Feuerstein. Es wird im Wasser abgelagert.

Grauwacke

Eine Grauwacke ist ein Gestein in dem Sandsteindreieck, wo es allerdings noch Matrix hat. Sie ist somit chemisch unreif. Es wird zum Beispiel in einem Flussdelta oder an Stränden abgelagert.

Arkose

Arkose ist ein sauberer Sandstein. Dieser wird an Stränden abgelagert. Es hat bereits einen langen Transportweg hinter sich. So werden alle anderen Mineralien umgewandelt und aufgelöst. So entsteht ein sauberer Sandstein aus Quarz. Schwemmfächer.

- Wie bildet sich Gips? Können Sie die chemische Reaktion dafür formulieren? Um was für eine Reaktion handelt es sich dabei?

Gips wird fast ausschliesslich in Salzpflanzen abgelagert. Weil zum Beispiel die Zuflüsse versiegen und es keinen Abfluss gibt, werden verschiedene Minerale in bekannter Abfolge ausgefällt. So fängt es mit Kalzit und Dolomit an, danach kommt Gips und Anhydrit und zum Schluss noch Halit und Bittersalze.

Gips ist wie die anderen fünf eine Fällungsreaktion.



-Welche anderen Minerale bilden sich im gleichen Ablagerungsraum wie der Gips? Gibt es da eine Entstehungsabfolge?

Neben Gips wird noch Anhydrit, Kalzit, Dolomit, Kochsalz und Bittersalze abgelagert. Dies geschieht durch das Verdampfen von Salzwasser. Dabei gibt es folgende Reihe: Zuerst werden Kalzit, dann Dolomit, dann Gips, dann Anhydrit, dann Halit und zum Schluss noch Bittersalze abgelagert. Dazu merkt man sich die Eselsbrücke -> Ich gehe eine CD und ein GA an den HB kaufen. Dabei sind immer die ersten Buchstaben die Abfolge der Ablagerung.

- der chemischen und physikalischen Verwitterung beschreiben und Unterschied nennen.

Die chemische Verwitterung passiert auf Mineralebene. Dabei werden Minerale aus dem Gestein herausgelöst. Bei der physikalischen Verwitterung passiert das grobskaliger. Dabei wird zum Beispiel durch die Frostsprengung die Felsen gesprengt. Gibt es mehr Risse im Gestein, so kann sowohl die chemische als auch die physikalische Verwitterung einsetzen. Dabei verstärken sie sich gegenseitig.

-warum studieren wir Sedimente? Welche Informationen könne wir aus ihnen gewinnen? Welche nicht?

Sedimente können uns viel über die Vergangenheit sagen. Sie sagen etwas über das Klima und über die damaligen Lebensformen aus. Zudem sind viele Sedimente auch in der Architektur oder der Nahrungsindustrie wichtig. Die Zeitabfolgen sind nicht immer ganz klar angezeigt, da durch Verwitterung gewisse Schichten fehlen können. Das heisst es gibt durchaus Lücken in der Geschichte.

- Welche Faktoren beeinflussen die Verwitterungsgeschwindigkeit

Zentrale Faktoren sind die Temperatur und die Feuchtigkeit. Also eigentlich das Klima. Ist es feuchter und wärmer, so kann der Ozean weniger CO₂ binden und es ist mehr in der Atmosphäre. So entsteht saurer Regen und dies begünstigt die Verwitterung der Gesteine.

-Was ist der Unterschied zwischen Erosion und Verwitterung?

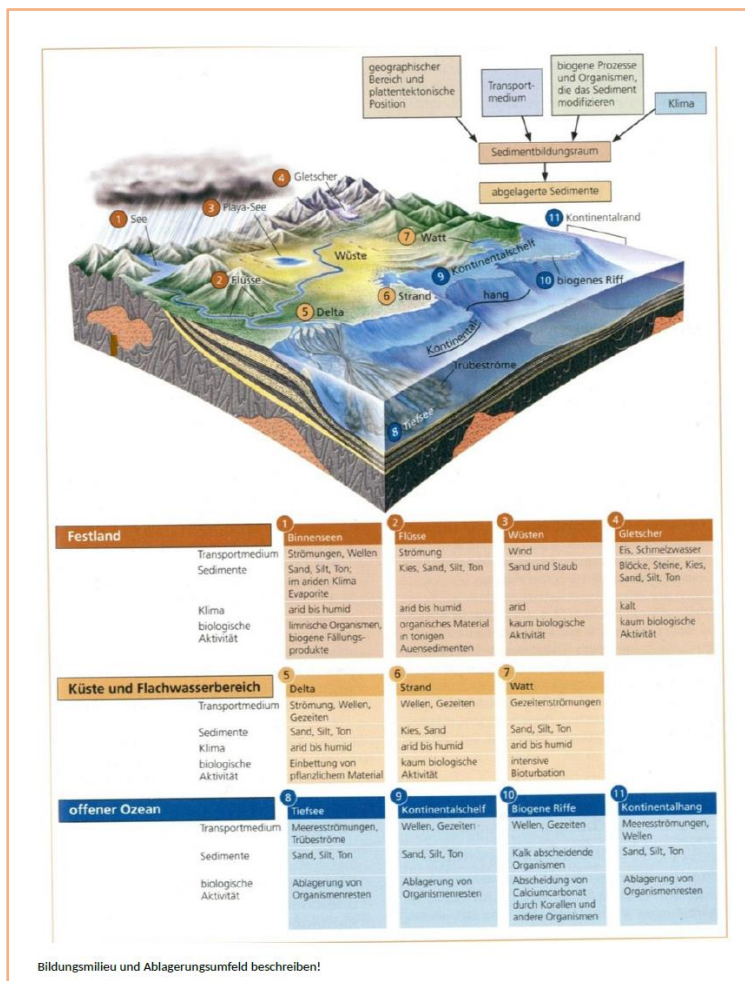
Erosion ist ein mechanischer Prozess. Das heisst, das Gestein wird mechanisch zerkleinert und durch Gewässer/Wind oder Gletscher transportiert. Verwitterung ist ein chemischer Prozess. Dabei werden Minerale auf chemischer Ebene aufgelöst und werden durch Wasser als Lösung transportiert.

-Welche Erosionsarten gibt es?

Bergsturz, Rutschungen, Murgang, Soilfluktion.

Alles ist mechanisch und wird durch die chemische Verwitterung begünstigt.

-Wie lassen sich Sedimentgesteine kategorisieren? (Ablagerungsmilieu, Ursprung)



-In welche Grössen lassen sich klastische Sedimente einteilen?

Tonstein/Schlammstein: Korndurchmesser < 2 Mikrometer
 Siltstein: Korndurchmesser 2 Mikrometer - 63 Mikrometer
 Sandstein: Korndurchmesser 63 Mikrometer - 2 Millimeter
 Konglomerate: Korndurchmesser > 2 Millimeter

-Wie lässt sich ein klastisches Sediment beschreiben?

Klastische Sedimente bestehen aus Partikeln, welche einen längeren Transportweg hinter sich haben. Dadurch wurden sie mechanisch sehr reif. Es besteht vorwiegend aus Erosionsmaterial des Gebirges. Es ist weder durch Ausfällung, noch durch Kleinstlebewesen gebildet.

-In welche Klassen lassen sich chemisch-biogene Sedimente einteilen?

nach Dunham 1962 (modifiziert, aus Bosellini 1996)

Ablagerungsgefüge sichtbar					nicht sichtb.
Zusammengeschwemmte biotritische Komponenten Weniger als 10% der Körner mit Korngrößen > 2 mm				Autochtoner Bi- detritus durch Kalk verkittet (z.B. Korallen, Schwämme, etc.)	
Kalkmatrix (Korndurchmesser < 0,03 mm)		keine Matrix			
Matrixgestützt		Korngestützt			
< 10% Körner	> 10% Körner				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Rekristallisierter Karbonat

-In welche Klassen lassen sich chemische Sedimente einteilen?

Chemische Sedimente entsprechen einer Evaporitabfolge. Es können durch Erosion auch Bereiche Fehlen, aber im grossen und ganzen bestehen sie immer aus derselben Abfolge von Mineralien, welche durch eine Übersättigung im Wasser ausgefällt werden.

-Wie entsteht und zersetzt sich Kalk? (Diese Formel müssen wir im Schlaf können!)

Die Kalkverwitterung geht wie folgt:



-Wie entsteht eine Karbonatplattform?

Eine Karbonatplattform entsteht, wenn ein Gebiet über der CCD liegt. Dazu sollte es immer ähnlich hoch bleiben, damit viel Karbonat abgelagert werden kann. So ist es zum Beispiel, wenn es eine Subsidenz gibt oder wenn der Meeresspiegel steigt. Bei beiden Formen muss die Ablagerung den Anstieg des Meeresspiegels kompensieren. So kann eine Karbonatplattform gebildet werden.

- Warum korrelieren CO₂ und Temperatur?

CO₂ ist im kälteren Medium besser löslich. Ist es wärmer, so wird mehr Verwittert und Abgelagert.

- Welche geologische Evidenz gibt es für die Eiszeiten?

Es gibt U-Täler in den Bergen und Endmoränen im Mittelland. So ist zum Beispiel ein Teil von Zürich auf einer Endmoräne gebaut. Daneben findet man noch Drumlins, Rundhöcker, Hängetäler. Dies alles sind Evidenzen für die Eiszeiten. Die einen sind Labortechnisch nachzuweisen, die anderen kann man in der Natur auch makroskopisch sehen.

- Welche geologische Evidenz gibt es für eine komplette Vereisung der Erde vor langer langer Zeit?

In den biogenen Sedimenten kann man die $\delta O^{18}/\delta O^{16}$ Verhältnisse messen. Da es bei einer Vereisung des Planeten einen signifikant höheren Anteil an δO^{18} im Wasser hat, haben auch die Kleinstlebewesen diesen Sauerstoff eingebaut. Dadurch kann er in den Sedimentschichten gemessen werden.

- Was ist Löss?

Löss ist ein Windsediment. Es bedeckt grosse Teile unserer Erde. Es besteht aus feinen Körnern, welche durch den Wind gerundet und transportiert wurden.

- Was sind Sedimentgesteine und wie werden sie untergliedert?

Sedimentgesteine sind Ablagerungen in Gewässern. Es geht von den grössten Sedimenten, den Konglomeraten bis zu den feinsten Sedimenten, den Tonsteinen. Daneben gibt es noch Evaporite und biogene Sedimente. Alle werden waagrecht sedimentiert. Die klastischen Sedimente kommen von den Gebirgen im Land. Es sind die Erosionsprodukte. Die Evaporite kommen von Verwitterungen und Windeintrag. Dabei wird das Wasser verdunstet und dass was übrig bleibt fällt aus. Die biogenen Sedimente entstehen in einer Wechselwirkung mit dem Kohlendioxid in der Atmosphäre und dem Verwitterungseintrag in die Gewässer. Dadurch werden die Kalkschalen der Kleinstlebewesen aufgebaut. Wenn diese sterben, werden sie auch Sedimentiert, sofern der Ablagerungsort über der CCD liegt.

-Wie bezeichnet man den Prozess der Gesteinsentstehung?

Diagenese. Wird ein Sandstein durch den Druck des Wassers und der Last weiterer Sedimente zusammengedrückt, so wird der Zwischenraum verdichtet. Dabei kommt es zu einer Kompaktion und es können sekundäre Minerale ausfallen. Dadurch entsteht ein Gestein.

-Beschreiben Sie eine Grauwacke! Wie entsteht sie?

Grauwacken sind marine, klastische Sedimente, die bevorzugt in Sedimentbecken abgelagert werden. Sie entstehen durch Trübestrome, wobei es sich um einen Teil des Trübestromes handelt. Grauwacken werden zunächst am Kontinentalrand abgelagert und rutschen danach durch einen Trübestrom in die Tiefe. Dabei wird das Material sortiert und es kann mehrere Kilometer verteilt werden.

Grob-linear gradiert-gewellt-laminiert-pelitisches Schicht.

-Wie, wo und woraus entstehen Kohle, Turbidit und Arkose?

Kohle entsteht aus abgelagerten kohlestoffhaltigen Molekülen. Oft werden Moore oder Sümpfe durch den Druck zu Kohleflözen zusammengepresst. Es kann allerdings auch in anoxischen Bereichen der Meere oder der Seen geschehen.

Turbidite entstehen an steilen Kontinentalrändern. Dabei werden Ablagerungen aufgewühlt und fließen den Abhang herunter. Dabei wird das Material nach Grösse und Gewicht sortiert. Zuerst wird das grobkörnige Material abgelagert, dann das feinere. So gibt es eine Gradierung und dadurch kann man bei solchen Strukturen danach feststellen, was oben und unten war. Arkose ist ein Sandstein gemischt mit Feldspat. Es ist mechanisch reifer und chemisch noch unreifer Sand. Oft findet man Arkosen am Flussdelta.

· Welche Sedimentstrukturen gibt es in klastischen Sedimentgesteinen?

Man kann Rippel und Kreuzschichtungen beobachten. Die Rippel entstehen durch den Wellengang am Strand. Die Kreuzschichtungen entstehen, wenn das Wasser nicht immer in dieselbe Richtung fließt, so floss zum Beispiel ein amerikanischer Fluss, nach einem Erdbeben, in die andere Richtung.

· Nennen Sie schlecht sortierte klastische Sedimentgesteine, die im terrestrischen, wie im marinen Milieu gebildet werden. Beschreiben Sie den Transport- und Ablagerungsprozess dieser Sedimente.

Schlecht sortierte Sedimentgesteine sind zum Beispiel die Konglomerate. Sie entstehen in den Flüssen und Seen und haben ein eher kurzen Transportweg. Sie sind chemisch sehr unreif und mechanisch mittelreif.

· Welche Minerale bauen chemische Sedimente auf? Reihen Sie diese nach ihrer Löslichkeit von schwer bis leichtlöslich ein!

Dabei handelt es sich um die Evaporite. Hier gibt es eine klare Abfolge der Sedimente. So wird zuerst das leicht ausfallende Mineral Kalzit abgelagert, darauf folgt Dolomit, Gips und Anhydrit, welche bereits schwerer ausfallen. Zum Schluss kommen das schwerer ausfallende Halit und das schwerstlösliche Bittersalz. Dabei steigt die jeweilige Konzentration so lange an, bis es ausgefällt werden muss.

· Wie unterscheiden Sie Kalzit und Dolomit

Kalzit hat die Formel CaCO_3 und Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Durch diesen Unterschied ist auch die Reaktion mit HCl unterschiedlich. So reagiert Dolomit wesentlich schwächer als Kalzit.

- Definiere elastische und viskose Deformation. Nenne Beispiele in der Erde. Zusammenhang zwischen Plattentektonik und diesen Deformationsarten.

Wird elastisch Deformiert, so kann das Gestein nach der Druckentlastung wieder in seine ursprüngliche Form übergehen. Dabei kann es zu Scherkräften kommen. Bei der viskosen Deformation gibt es keine Scherkräfte.

Fichtner-Fragen:

- Intensität, Magnitude erklären

Die Intensität ist die Spürbarkeit der Erdbeben. Sie wird in der Mercalliskala gemessen. Da geht es von I-XII wobei man I nicht spürt und XII die schlimmste Katastrophe ist. Magnitude ist der Wert der Richterskala. Dabei wird die Energie gemessen. Diese Skala geht von 1-10. Wobei 10 zum Glück noch nie erreicht wurde. In der Schweiz haben wir schon Erdbeben in der Stärke von 6-7 erlebt. Das entspricht einer VIII-IX auf der Intensitätskala.

- warum kann es bei kleiner Magnitude trotzdem eine hohe Intensität geben?

Weil die Intensität von verschiedenen Faktoren abhängt, während die Magnitude einen absoluten Wert hat. Die Intensität hängt von der Bauweise, dem Untergrund und der Baudichte ab. Ein Erdbeben in Japan mit der gleichen Magnitude kann eine kleinere Intensität haben als ein Erdbeben gleicher Magnitude in einem Slum in Haiti.

- erklären wie ein Erdbeben entsteht (Stichwort: elastic rebound)

Zuerst verkeilen sich zwei Platten. Dabei wird die Kraft/Spannung immer grösser. An einem Zeitpunkt x überschreitet die Kraft die Festigkeit des Gesteins und es bricht. Dadurch wird die ganze Energie auf einmal frei. Dabei werden zuerst die weniger schlimmen P-Wellen freigesetzt. Danach kommen die Oberflächenwellen, welche weitaus höhere Schäden anrichten.

- erklären wie man das Epizentrum ermittelt

Für das Epizentrum (welches sich auf der Oberfläche direkt über dem Hypozentrum befindet) braucht es mindestens drei Messorte. Dann kann man mittels Triangulation das Epizentrum bestimmen.

Dadurch dass die P- und S-Wellen nicht gleich schnell sind, kann man mittels dieser Geschwindigkeitsdiskrepanz ein Radius ermitteln, wo das Beben gewesen sein könnte. Hat man drei Kreise/Kugeln, so kann man deren Schnittpunkt ermitteln. Dort befindet sich das Epizentrum. Hat man mindestens vier Messpunkte, so kann sogar das Hypozentrum bestimmt werden.

- 2 Oberflächen-Wellen erklären, beschreiben

Es gibt die Reyleight-Welle und die Love-Welle. Die Reyleight-Welle bewegt sich im Uhrzeigersinn entlang der x-y-Achse. Es gibt keine grosse z-Verschiebung. Bei der Love-Welle gibt es primär eine z-Verschiebung und nur geringe x-y-Verschiebung. Bei beiden Wellen gibt es eine Energieabnahme in die Tiefe. Das heisst, im Gegensatz zu den p-s-Wellen die sich vom Hypozentrum kugelförmig ausbreiten, sind die Reyleight-Love-Wellen Oberflächenwellen. Allerdings sind dies auch die Wellen, welche den grösseren Schaden anrichten.

- Kräfte von Plattenantrieb

Es gibt verschiedene Parameter, welche zu dem Plattenantrieb führen. Ein grosser Teil ist natürlich die Konvektion des Mantels. Durch das heisse Aufsteigen von Magma, entsteht eine Konvektion. So steigt heisses Material auf und das 'kältere' sinkt ab. Ist ein MOR entstanden, so führt der Druck von der Höhe des MOR dazu, dass es gegen unten möchte. So wird das neugebildete Material von dem Entstehungsort wegtransportiert. Ein weiterer Punkt liegt darin, dass es bei einer Subduktion zu einem Zug kommt. Hat es einmal begonnen, so zieht die Subduktionszone quasi an der Platte und schiebt damit auch die nicht subduzierte Platte weg. So entsteht der ridge pull.

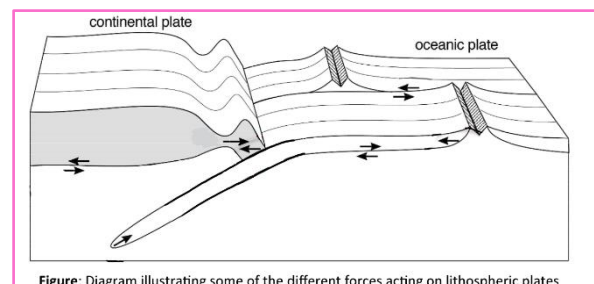


Figure: Diagram illustrating some of the different forces acting on lithospheric plates

- erklären wie Platten sich bewegen

Die Platten bewegen sich auf der dichteren Asthenosphäre. So schwimmen sie oben auf, wie der Rahm auf der Milch. Durch den Auftrieb des heisseren Mantelmagmas entsteht eine Konvektion. So werden die Platten auseinandergeschoben. Durch den entstandenen Druckabfall kann mehr Magma nachfließen und es entsteht ein MOR.

- wahre Polwanderung erklären

Durch einen inhomogenen Kern gibt es Differenzen in der Orientierung des Pols. Dies zeigt sich im geringfügigen Taumeln des Planeten.

- Erklären was eine Schwereanomalie ist. Erklären wie man die Schwereanomalie berechnet.

Die Anomalie kommt von den Gesteinspaketen mit unterschiedlicher Dichte und von der relativen Entfernung zum Erdmittelpunkt. Desweiteren kommt es auf die geographische Breite und auf die vorherrschende Topographie an.

Für die Berechnung nimmt man einen gemittelten Standardwert. Dieser Wert vergleicht man mit den Messungen und findet so die Anomalie. Die meistgebrauchten Standardwerte sind die Freiluftschwere und die Bouguerschwere.

Davon rechnet man die Breitenkorrektur, die Freiluftkorrektur, die Bouguerkorrektur und die Terrainkorrektur.

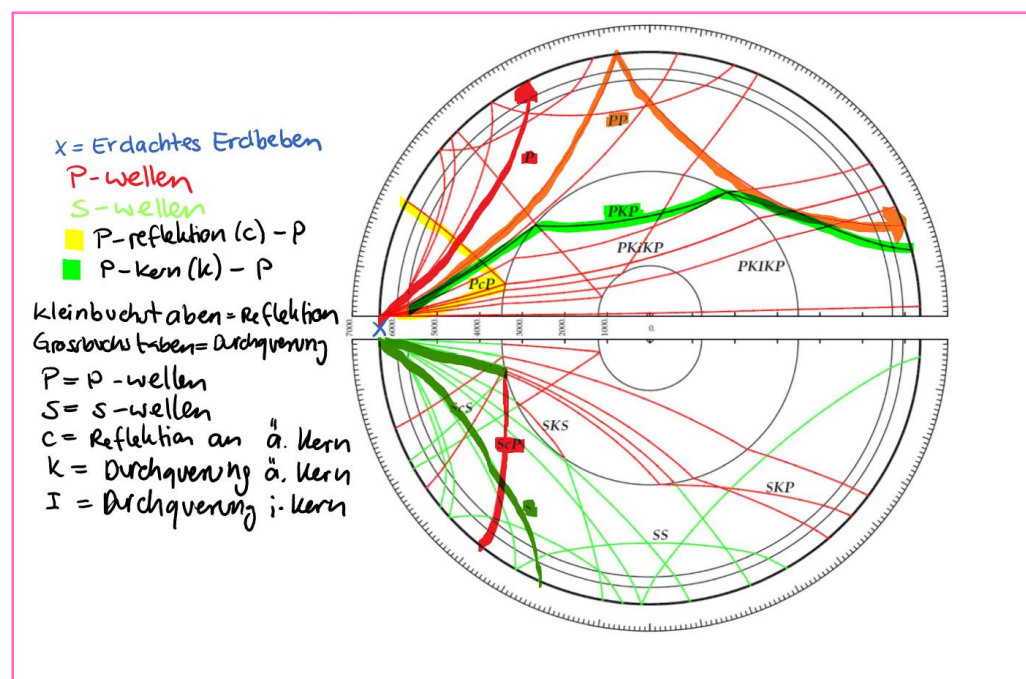
- was ein Äquipotential ist

Mit Äquipotential sind alle Punkte auf der Erde gemeint, welche dieselbe potenzielle Energie haben. Dadurch entsteht eine perfekte Kugel rund um die Erde. Von diesen Punkten aus kann man nun die potenzielle Energie eines Messpunktes errechnen. So hat alles über dem Äquipotential eine positive potenzielle Energie und alles darunter eine Negative. Dies erklärt Bergstürze und Hebungen.

- Erklären was ein Geoid ist...

Ein Geoid ist eine Äquipotentialfläche des Erdschwerefeldes. Man kann sich die Meeresoberfläche vorstellen und wie diese unter den Kontinenten weitergeht. Es weicht im Bezug auf das Rotationsellipsoid im Bereich von $\pm 100\text{m}$ ab.

- Zeichnen Sie auf einem Querschnitt der Erde den Verlauf folgender seismischer Strahlen PPP PcP PKIKP auf. *



- Was ist Paläomagnetismus?

Der Paläomagnetismus ist der Magnetismus der vergangenen Zeit. Denn das Erdmagnetfeld hat sich immer wieder umgepolst. Dies wird auch Streifenmuster im Ozeanboden genannt. Zu sehen ist er in der ozeanischen Kruste. Das heisst, er ist messbar in den Mineralien. Typischerweise misst man den Magnetit. Dieser ist auch in den Sedimenten sichtbar. Zum Teil gab es ganz feine Magnetitkörner, welche sich nach dem damaligen Erdmagnetfeld ausgerichtet haben. Heute kann man dies messen und bekommt dadurch eine gute Vorstellung über die Nord-Südpolverteilung der vergangenen Zeit.

- Was ist die scheinbare Polwanderungskurve

Wenn man davon ausgeht, dass die Kontinente seit jeher starr bleiben und sich nicht bewegen, dann wandert der Pol vom Äquator nach Norden. Dies ist aber nur scheinbar, weil in Wirklichkeit die Platten sich bewegt haben und nicht der Pol. Klar ist der Pol nicht vollkommen starr, doch ist er nicht so dynamisch, wie er anfangs schien. Heute verwenden wir die scheinbare Polwanderung zur Beschreibung der Kontinentalplatten in der Vergangenheit. So fand man auch heraus, dass es wohl einen Superkontinent namens Pangäa gegeben haben müsste.

- Definieren Sie Wärmefluss*

Wärmefluss ist diejenige Wärmemenge, die pro Zeiteinheit durch eine Fläche übertragen wird. Die Einheit ist W/m^2

Die Wärmeleitung kann durch Konduktion, Konvektion und Advektion geschehen.

Die Konduktion ist sehr langsam. Die Wärme wird durch mechanische Schwingungen der Atome im Kristallgitter weiter transferiert. Bei der Konvektion geschieht die Wärmeleitung durch das Gestein selbst und bei der Advektion geschieht der Wärmetransport durch Fluide.

- Beschreiben Sie wie die Änderung des ozeanischen Wärmeflusses mit Abstand vom MOR im Rahmen der Plattentektonik interpretiert wird*

Am MOR ist der Wärmefluss besonders hoch weil dort die ca. $1250^{\circ}C$ heisse zähflüssige Asthenosphäre nur durch eine 5-8 km mächtige Lithosphäre und dem Ozean überdeckt wird und weil beim Gefrieren der Basaltschmelzen zu ozeanischer Kruste sehr viel Energie frei wird. Da es im Erdinnern sehr viel heisser ist, kann die Energie nur gegen oben durch die Erdoberfläche abgegeben werden.

Mantellithosphäre entsteht durch Gefrieren (bei $1250-1300^{\circ}C$) von Asthenosphäre zuerst unter der ozeanischen Kruste und anschliessend seitlich vom MOR jeweils an der Unterseite der Lithosphäre. Mit zunehmender Distanz vom MOR respektive zunehmendem Alter und zunehmender Mächtigkeit der Lithosphäre nimmt die Mächtigkeitszunahme pro Zeiteinheit rasch ab. Es gefriert immer weniger Asthenosphäre an bis überhaupt nichts mehr anfriert, weil die Lithosphäre eine Mächtigkeit –und damit eine Isolationswirkung- erreicht hat bei welcher nur gerade soviel Wärme mittels Wärmeleitung durchfliessen kann, wie auch aus dem Mantel unten an die Lithosphäre herangeführt wird. Ab diesem Zeitpunkt kann keine beim Gefrieren freiwerdende Energie mehr abgeführt werden und die Mächtigkeit der Lithosphäre bleibt stabil. Gleichung 3c gilt also nur bis etwa Alter 100 Mio. Jahre.

Die Prozesse der ozeanischen Krustenbildung sowie das Anfrieren von Asthenosphärenmaterial zur Mächtigkeitszunahme der ozeanischen Lithosphäre am und in der Umgebung des MOR sind nur möglich, weil die Platten am MOR auseinanderdriften

- Was ist die Hauptquelle des kontinentalen bzw. ozeanischen Wärmeflusses*

Die Wärme allgemein kommt von zwei Prozessen. Erstens ist es die Restwärme aus einer Zeit, wo die Erde viel heisser war. Zum anderen kommt die Wärme von Radioaktiven Zerfällen.

- Diskutieren Sie die thermischen Prozesse, die im Erdinnern und in der Kruste ablaufen. Welcher Prozess ist jeweils am wichtigsten im jeweiligen Tiefenbereich?

Im Kern ist der wichtigste Prozess die Gravitation. So wird es im Kern extrem verdichtet, dadurch entsteht Hitze.

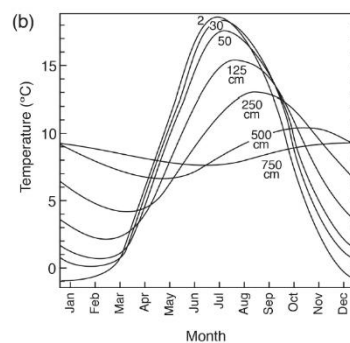
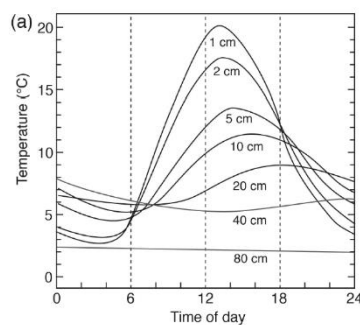
Im Mantel wird die Hitze durch die Konvektion angetrieben. So wird Wärme frei, durch das Absinken des Magmas. Dies ist durch die höhere potenzielle Energie zu erklären.

In der Kruste ist der radioaktive Zerfall ein Thema. Daneben natürlich kommt die Wärme von unten.

-Eindringungstiefe der Sonnenenergie erklären. Wie wird sei bei Wärmeflussmessungen berücksichtigt?

Penetration of external heat into the Earth

- The surface of the Earth heats during the day and cools at night.
- The heat conduction equation allows us to calculate the depths to which this is relevant.
- Representative values for crustal rocks: density, $\rho = 2650 \text{ kg m}^{-3}$; thermal conductivity, $k = 2.5 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; and specific heat $c_p = 700 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.



Daily and yearly temperature variations at different depths. The temperature variations at the surface are assumed to have a peak of 20°C.

- On a **daily time scale**, penetration depth is around **20 cm**; on a **yearly time scale** around **5 m**.

34

-Normalschwerefeld aufschreiben und Parameter erklären. Wozu wird die Formel benutzt?*

$$g_N = g_E (1 + \beta_1 \sin^2 \lambda + \beta_2 \sin^2 2\lambda)$$

g_N = Schwere an der Breite λ g_E = Schwere am Äquator = $9.780\,318 \text{ m/s}^2$
 $\beta_1 = 0.005\,302\,4 = 5.3 \cdot 10^{-3}$ $\beta_2 = -0.000\,005\,8 = -5.8 \cdot 10^{-6}$

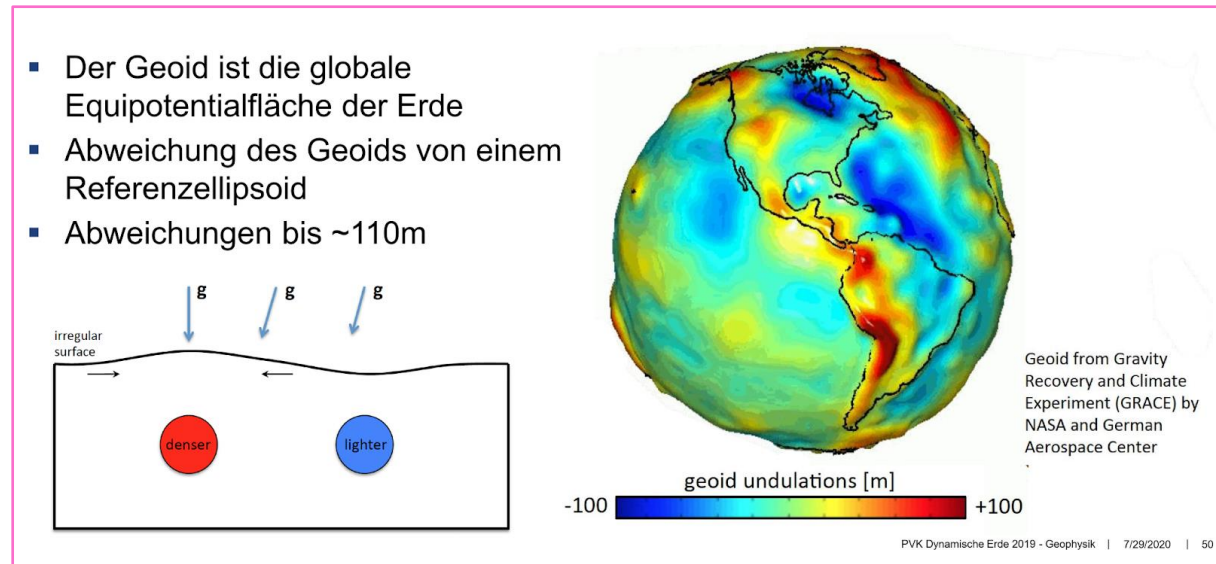
Die Formel wird benutzt, um die Schwere auf dem Referenzellipsoid zu berechnen.

Erkläre und beschreibe die topographische Korrektur

Die topographische Korrektur muss angefertigt werden, wenn man die Bouguer-Schwere darstellt. So ist ein Tal eine negative Anomalie und ein Berg eine positive Anomalie.

- Was versteht man unter dem Begriff "Geoundulation"

Die Abweichung des Geoids von dem Referenzellipsoid



- Wie funktioniert ein Seismometer?

Ein Seismometer besteht aus einem schweren möglichst trägen Körper, welcher einen Stab mit einer Nadel befestigt hat. Diese Nadel hat eine Farbe und wird auf ein rollendes Papier gelegt. Sie berührt das Papier nur ganz sanft. Dadurch dass der Körper träge ist, wird er sich nur langsam bewegen, während die Nadel sich mit dem Boden bewegt. Gibt es nun ein Erdbeben, so bewegt sich die Nadel auf dem rollenden Papier und hinterlässt eine Spur. Diese Spur zeigt an, wie stark sich die Nadel im Vergleich zu dem Körper bewegt hat. Dadurch werden Erdbeben aufgezeichnet. Heute geht dies natürlich Digital...

- Wo gibt es am MOR und im Besonderen an einer "Transform Fault" Erdbeben?

Das MOR besteht aus einem brüchigen Gebirge am Meeresboden. Dies zieht sich vom Süden nach Norden. Doch es ist nicht ein durchgängiges Gebirge, sondern es ist zum Teil rechts oder links zueinander verschoben. Dies geschieht, weil sich die Platten zu ihrem Rotationszentrum gleichmäßig bewegen. Dadurch brechen die Gebirge entlang der longitudinalen auf. Dazwischen gibt es Transformstörungen. Interessanterweise bewegen sich diese Platten dennoch in die gleiche Richtung. Doch zwischen den Gipfeln verhakt sich das Gestein und es entstehen Erdbeben.

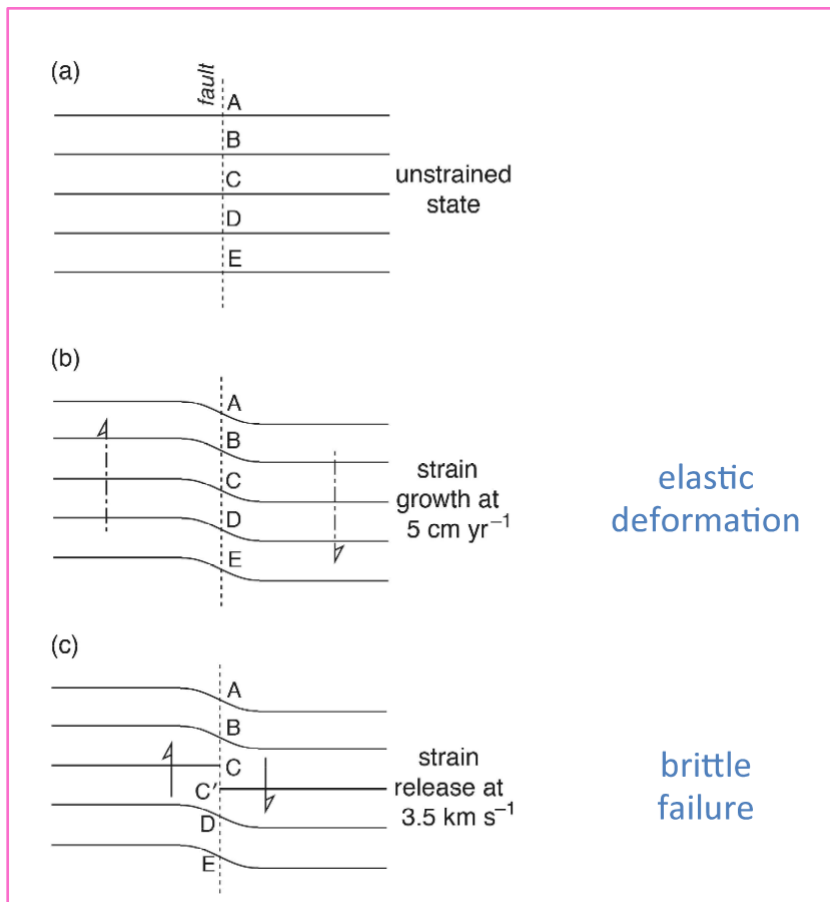
- Wie entsteht das Erdmagnetfeld?

Der innere Erdkern enthält einen grossenteil festes Eisen. Der äussere Kern besteht vorwiegend aus flüssigem Eisen. Dadurch dass der flüssige Teil um den festen Teil zirkuliert, entsteht eine Dynamowirkung.

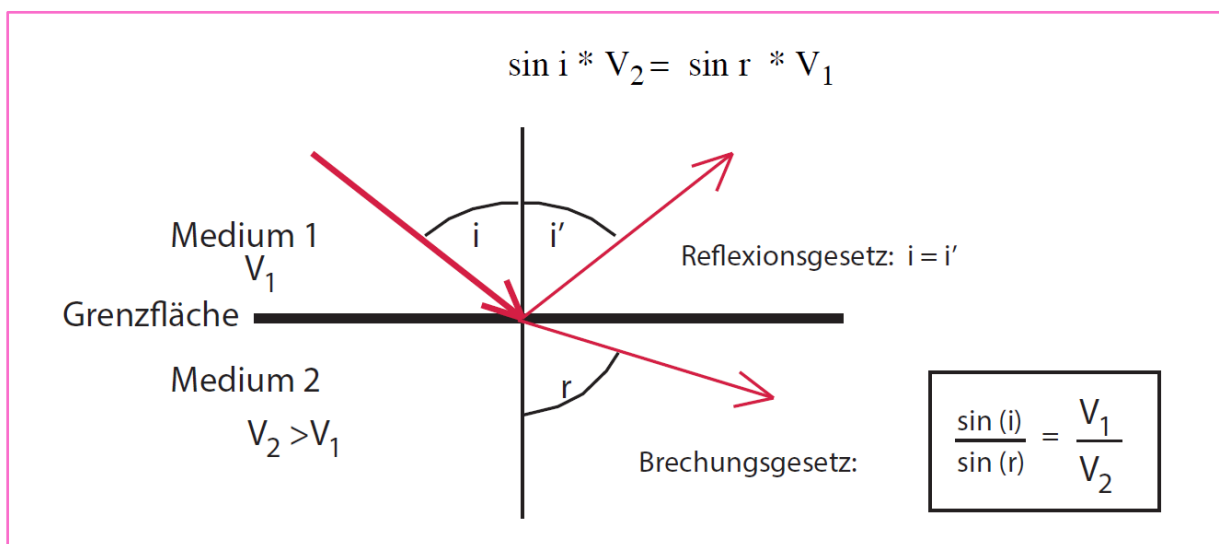
- Wie verändert sich die Inklination vom Äquator zum Pol? Warum?

Die Inklination ist die Abweichung des Magnetfeldes der Erdoberfläche gegenüber dem Horizontalen. Die Inklination nimmt zu den Polen hin zu, weil sich das Erdmagnetfeld wie ein Stabmagnet verhält. Dadurch werden die Feldlinien der Erde zu den Polen hin immer steiler.

- Erklären Sie anhand einer Skizze die Modellvorstellung der Entstehung eines Erdbebens (elastic-rebound-Modell)



- Beschreiben Sie wie seismische Wellen an der Grenzfläche zwischen zwei Medien mit unterschiedlichen seismischen Geschwindigkeiten gebrochen bzw. reflektiert werden.



- Was ist die Mohorovicic-Diskontinuität? Was ist die seismische Evidenz dafür?

Die Moho befindet sich in der Lithosphäre und zeigt in etwa die Krusten-Mantelgrenze an. Die Evidenz dafür finden wir in den seismischen Wellen. Denn die Krusten-Mantelgrenze ist eine physikalische Grenze, denn dabei ändert sich die Dichte abrupt. Dies kommt von der Mineralzusammensetzung. So ist die Kruste vor allem aus Gabbro und Basalten, während der Rest der Lithosphäre aus Peridotit besteht.

-Wie ändert sich die Schwere vom Äquator zum Pol hin? geben Sie zwei Gründe für diese Änderung an.

Die Schwere ist am Nordpol grösser als am Äquator. Zum Einen weil am Nordpol keine Fliehkraft ist und zum anderen weil die Erde die Form eines Ellipsoid hat. Somit ist der Radius am Nordpol geringer als am Äquator.

- Beschreiben Sie die Korrekturen zu Schweremessungen, die für die Berechnung der Bouguer-Schwere-anomalie gemacht werden müssen.

Im Buch 'Erdwissenschaften' auf Seite 53 sind alle detailliert erklärt.

Breitenkorrektur: Sie berücksichtigt den Effekt der Eigenrotation und ist von der geographischen Breite abhängig.

Freiluftkorrektur: Sie berücksichtigt, dass die Schwerkraft mit der Höhe über Meer des Messpunktes variiert.

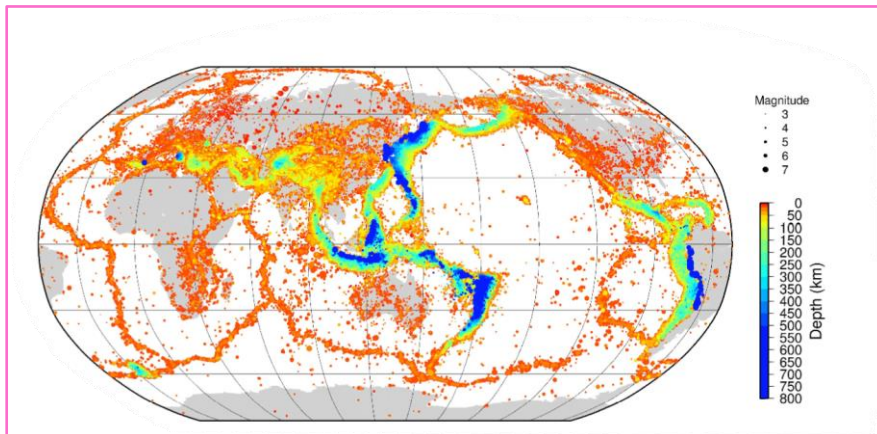
Bouguerkorrektur: Sie berücksichtigt den Effekt von bekannten Dichteunterschieden im Untergrund. Im Normalfall ist diese Negativ.

Terrainkorrektur: Für einen Messpunkt auf einer Bergflanke bewirkt der Berg neben dem Messpunkt eine Minderung der Erdbeschleunigung. Der Berg 'zieht' nach oben. Täler verursachen eine Schweredefizit. Die Korrektur ist immer Positiv!

- Warum sieht man von der Erde aus immer die gleiche Seite des Mondes?

Dies ist, weil sich der Mond in der exakt gleichen Geschwindigkeit um die Erde rotiert, wie er sich um die eigene Achse rotiert. So sieht man immer nur die selbe Seite des Mondes.

- Beschreiben Sie anhand von geeigneten Skizzen die Verteilung von Erdbeben an einem ozeanischen Rückensystem.



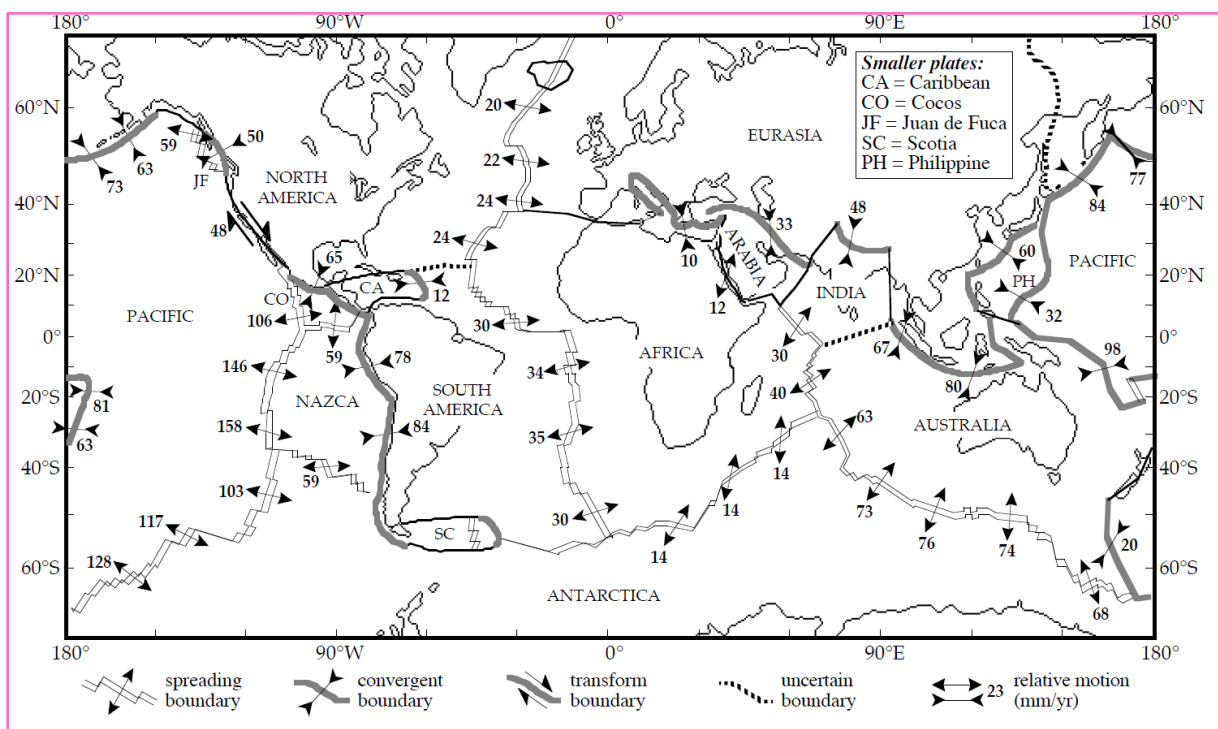
- Warum kann man aus Wärmeflussmessungen am Ozeanboden das Alter der Kruste, die Lithosphärenmächtigkeit und die Ozeantiefe ableiten?

Das Alter der Platten hängt direkt mit der Wärme ebendieser ab. So ist eine ältere Platte kühler als eine junge. Dies ist zum einen, weil sie abgekühlt wurde zum anderen jedoch, weil die radioaktiven Prozesse bereits fortgeschritten sind. So gibt es Prozesse, welche sich über einen (geologisch) kürzeren Zeitabschnitt geschehen, diese sind dann weitgehend abgeschlossen. Das führt dazu dass die Anzahl zerfallenen Atome sehr stark abnimmt.

- Warum breiten sich S-Wellen nicht in flüssigen Medien aus?

S-Wellen bewegen sich via die Scherrichtung aus. Die P-Wellen via Kompression. Die Flüssigkeit lässt sich zwar komprimieren, aber nicht scheren. Deshalb breiten sich die Scherwellen nicht im äusseren Erdkern aus, dafür die P-Wellen.

- Wie sind die Grenzen der Platte, auf der wir leben geographisch definiert, Spezifiziere die Bewegungsraten entlang der Grenzen



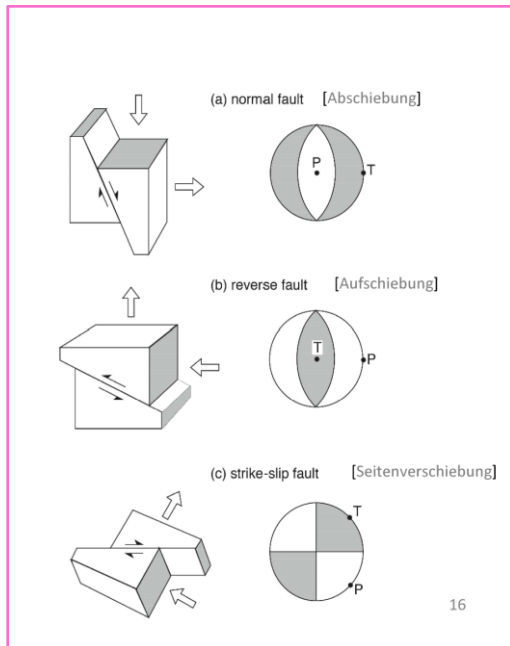
-Erklären Sie, weshalb der Nordpol des Erdmagnetfeldes nicht symmetrisch gegenüber dem Südpol liegt.

Weil die Magnetfelder nicht in der Erdachse sind. Sie weisen eine Kippung gegenüber der Erdachse auf, oder eher sind sie ein Standardwert und die Erdachse ist gekippt.

- Was ist eine seismische Kopfwelle? Was ist die Überholentfernung?

Eine seismische Kopfwelle ist eine Welle, welche sich genau an einer Schichtgrenze bewegt. Davon aus gehen immer wieder neue Wellen und es entstehen ganze Wellenscharen. Da sie sich an einer Schichtgrenze schneller bewegt, überholt sie die eigentliche Welle und kommt zeitlich früher an. Dies hofft man zu messen bei Erdbebenfrühwarnsystemen.

- Skizzieren Sie je ein Blockdiagramm des Bruchs und die dazugehörige Herdlösung und benennen Sie die Art der Bewegung für die drei häufigsten Typen von Erdbeben.

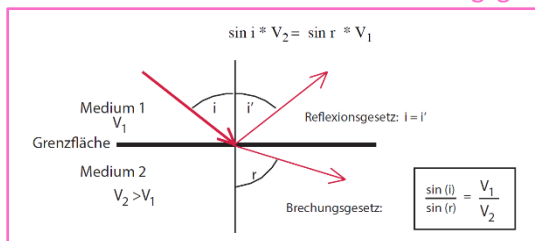


Die drei häufigsten Erdbebenarten sind die Erdbeben an den drei verschiedenen Plattengrenzen. Daneben kann es zu Erdbeben infolge von Meteorit Einschlägen, Bergstürzen oder Atombombentests kommen.

- Benennen Sie das Gesetz von Snellius und erklären Sie anhand einer Skizze folgende Begriffe: Kopfwelle, Überholentfernung, kritische Distanz, kritischer Einfallswinkel.

Der reflektierte Strahl bildet mit der Normalenrichtung zur Grenzfläche den gleichen Winkel wie der einfallende Strahl ($i' = i$).

Der refraktierte Strahl wird an der Grenzfläche so gebrochen, dass -bezogen auf die Normalenrichtung zur Grenzfläche- der einfallende Strahl den Winkel i und der gebrochene Strahl den Winkel r bilden. Diese beiden Winkel werden mit den seismischen Geschwindigkeiten V_1 bzw. V_2 der zwei Medien durch das Brechungsgesetz von Snellius verbunden:



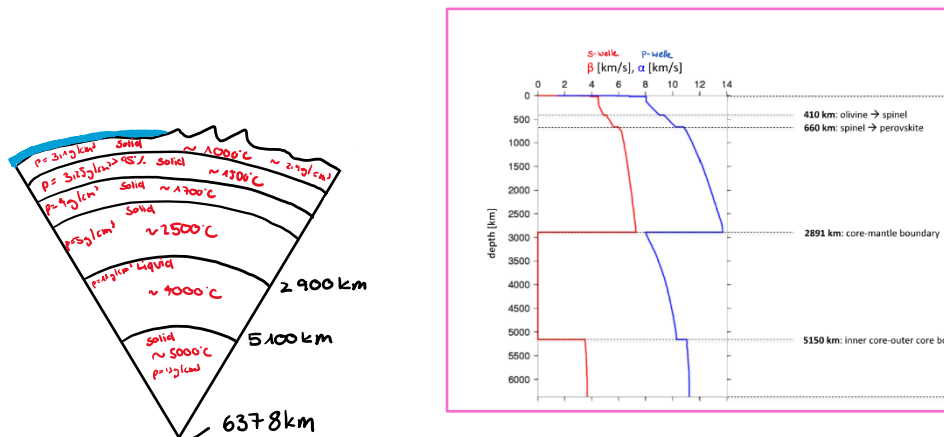
Kritische Refraktion:

Beim sogenannten kritischen Winkel (i_k) des einfallenden Strahls (wobei $\sin i_k = V_1/V_2$) beträgt der Refraktionswinkel 90° . Der unter dem kritischen Winkel refraktierte Strahl läuft im unteren Medium parallel zur Grenzfläche (Abb. 4) und wird als Kopfwelle (oder Mintrop-Welle) bezeichnet. Ab der kritischen Entfernung (x_k) wird Energie von der Kopfwelle kontinuierlich zur Oberfläche zurück gestrahlt. Der zweimal gebrochene Strahl breitet sich auf der Strecke CD mit der höheren Geschwindigkeit V_2 der unteren Schicht aus; ab der Überholentfernung (x_u) wird der direkte Strahl (AB) vom zweimal gebrochenen Strahl (ACDB) überholt.

- Beschreiben Sie den Unterschied zwischen Primär- und Sekundäreffekten eines Erdbebens und nennen Sie Beispiele.

Ein Primäreffekt wäre zum Beispiel das Einstürzen eines Hauses oder das Bersten einer Wasserleitung. Sekundäreffekte wären zum Beispiel ein Brand, wegen einer defekten Gasleitung oder auch ein Tsunami. Primär heisst einfach, es geschieht direkt durch das Erdbeben, während Sekundär heisst, es geschieht infolge des Erdbebens.

- Zeichnen Sie einen Querschnitt durch die Erde und geben Sie folgende Informationen an: Aggregatzustand, Temperatur, Tiefe, Dichte, seismische Geschwindigkeiten.



- Wie ändert sich die Schwere vom Äquator zum Pol? Geben Sie zwei Gründe für diese Änderung an.

Da wir uns auf einem rotierenden Erdellipsoid befinden gibt es eine Zentrifugalbeschleunigung. Diese bewirkt, dass am Äquator eine geringere Schwere zu messen ist. Denn die Zentrifugalkraft wirkt entgegen der Erdanziehungskraft. Daneben ist natürlich der Radius am Äquator signifikant grösser als an den Polen, was wiederum zu einer geringeren Anziehung führt.

- schreiben Sie wie eine Bouguer-Schwereanomalie definiert ist.

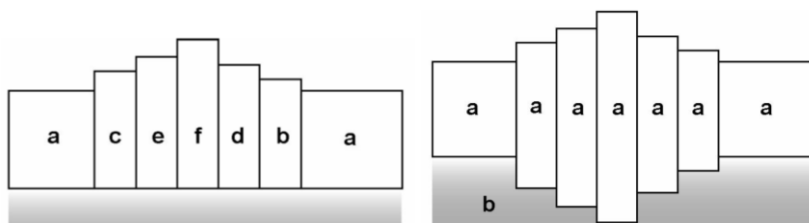
$$dg_B = g_m + (dg_T - dg_P + dg_F) - g_N$$

Dabei werden alle Korrekturen in eine Formel gepackt.

- dg_B Die Bouguer-Schwereanomalie
- g_m Gravitation des Körpers
- dg_T Topographische Korrektur
- dg_P Bouguer-Platten-Korrektur
- dg_F Freiluft-Korrektur
- g_N Breitenkorrektur

- Erklären Sie das Prinzip von Airy und das Prinzip von Pratt.

Beide haben versucht zu erklären, wie es sich mit der Isostasie verhält. So hat Pratt (links) gesagt, es gibt einen Dichteunterschied in den tektonischen Bauelementen aber sie haben eine gemeinsame Untergrenze. Airy (rechts) hat gesagt, es haben alle dieselbe Dichte und wenn die Gebirge höher herausragen, so haben sie eine tiefere Wurzel.



- Was für eine Bouguer-Schwereanomalie erwarten Sie i) über den Alpen ii) über einem mittelozeanischen Rücken und warum?

Bei den Alpen wird die Bouguer-Schwereanomalie grösser sein als über dem MOR. Dies weil der ganze Term in der Klammer ist Positiv bei den Alpen und negativ bei dem Meer. Denn sowohl die Bouguer-Platten-Korrektur, als auch die Freiluftkorrektur wird abgezogen.

- Erklären Sie warum sich Skandinavien heute isostatisch hebt und weshalb die Alpen nicht kleiner werden.

In Skandinavien gab es vor gar nicht so langer Zeit noch Gletscher. Diese haben ein enormes Gewicht. Dadurch hat sich unter dem Kontinent eine Wurzel gebildet. Diese gab dem Kontinent einen Auftrieb auf dem Mantel. Dieser Gletscher ist nun weg und dadurch hat der Kontinent einen zu grossen Auftrieb. Deshalb hebt sich Skandinavien. Die Alpen werden nicht kleiner, weil sie Jährlich gleich viel gehoben werden, wie die Erosion abträgt. Das heisst es kommt gleich viel dazu wie weg geht, dies ist ein Gleichgewicht.

- Erklären Sie die Definition von und den Unterschied zwischen „Geoid“ und „Referenzellipsoid“ der Erde. Wie gross sind die Unterschiede?

Die theoretische Äquipotentialfläche der Schwere ist das Erdellipsoid. Dieser Körper ist aber nur eine mathematische Annäherung an die wirkliche Äquipotentialfläche der Schwere, welche man das Geoid nennt.

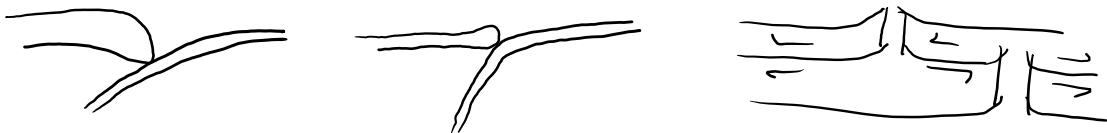
Das Referenzellipsoid ist das Ellipsoid mit der Normalschwere. Die Abweichung beider Werte nennt man Geoidulation.

- Wie kann man mit Hilfe des Streifenmusters die Geschwindigkeit der Auseinanderbewegung (sea floor spreading rate) der Platten berechnen?

- Erklären und spezifizieren Sie die verschiedenen Arten von Plattengrenzen.

Es gibt drei Arten von Plattengrenzen. Die Transformstörung, die divergente Plattengrenze und die konvergente Plattengrenze. Bei der Transformstörung gleiten zwei Platten aneinander vorbei. Dies führt zu Erdbeben. Genau so die konvergente Plattengrenze. Bei jener Grenze stossen zwei Platten zusammen und es entstehen Inselbögen, Vulkane oder mächtige Gebirgszüge. Bei der divergenten Plattengrenze entsteht neue Kruste. So etwa beim MOR.

- Fassen Sie die geologischen und geophysikalischen Eigenschaften von Subduktions-, Rift- und Horizontalverschiebungen in einer Skizze zusammen. Erklären Sie die Tiefenverteilung der Erdbebenherde und deren wesentliche Mechanismen (Herdlösungen).



Bei einer Subduktionzone gibt es zwei Arten die sich grundlegend unterscheiden. So werden bei Ozean-Ozean Subduktion die Erdbeben sehr tief sein und das Epizentrum sehr Zentral sein. Dies, weil sich die Platten recht steil in die Astenosphäre absenken. Bei einer Kontinental-Ozean Subduktion sind die Erdbeben weiter verteilt, da die Platte eher flach subduziert wird.

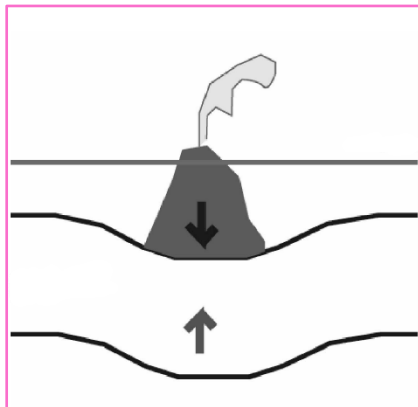
Bei einer Riftbildung gibt es quasi keine Erdbeben, da ja neues Material gebildet wird und die Platten so auseinanderdriften. Einzig durch den fehlenden Platz kann es zu kleinen Erdbeben kommen. Bei Horizontalverschiebung ist das Epizentrum quasi über dem Hypozentrum. Denn bei diesen Erdbeben streifen die Platten nicht ganz reibungslos aneinander vorbei.

- Welche Messmethoden gibt es um die Geschwindigkeit der Platten direkt zu bestimmen?

Man kann direkte Messungen mit den Radionukliden machen. So gibt es verschiedene Nuklide, welche unterschiedliche Halbwertszeiten aufweisen.

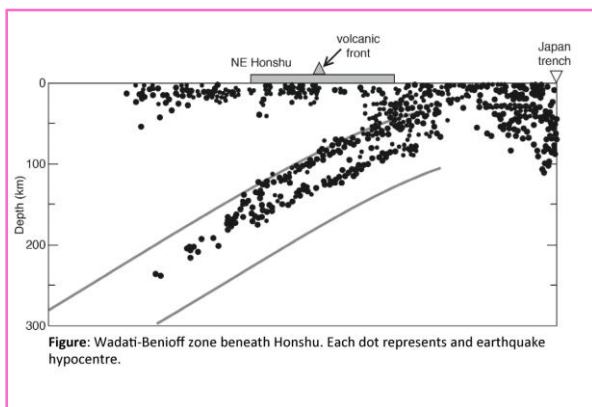
- Definieren Sie Isostasie. Erklären Sie das Modell von Airy, das Modell von Pratt und das von Veining-Meinesz. Wieso hebt sich ein Gebirge wenn es erodiert wird?

(Airy und Pratt, siehe Seite 33)



Das Modell von Meinesz besagt, dass eine Überlast dazu führt, dass die Platte sich biegt jedoch nicht bricht. Wird die Überlast kleiner, so entlastet dies die Platte und sie geht langsam wieder in ihre ursprüngliche Form zurück.

- Was/wo ist die „Benioff-Zone“? Bedeutung dieser für die Bevölkerung/ Gefährlichkeit der Erdbeben?



Die mitteltiefen und tiefen Erdbeben findet man nur an den Subduktionszonen, wo sie eine um etwa 45° geneigte und 20 km mächtige Benioff-Zone von seismischer Aktivität definieren. Benioff-Zonen sind in den Mittelmeer-transasiatischen und zirkum-pazifischen Zonen vorhanden. Sie reichen bis einige hundert Kilometer in die Tiefe. Die maximal bekannte Tiefe von 720 km wurde an der Tonga-Fiji-Subduktionszone festgestellt.

Das Problem liegt hier vorallem in der Tatsache, dass über jener Zone viele Menschen leben. Da es hier oft zu Erdbeben kommt, gibt es auch immer wieder grosse Schäden und viele Opfer.

- Motor Plattentektonik, Unterschied Lithosphäre (Kont & oz)

Über lange geologische Zeitintervalle ermöglicht das plastische Verhalten der Asthenosphäre die langsamen (bis 15cm/Jahr) Bewegungen der darüberliegenden Lithosphärenplatten. Diese Bewegungen und ihre tektonischen Folgen werden als Plattentektonik bezeichnet. Die Lithosphäre ist aus der Kruste und einer zweiten soliden Schicht aufgebaut. Die Lithosphäre schwimmt auf der Asthenosphäre.

-Berechnung aus Seismogramm

$$M_S = \log_{10}(A/T) + 1.66 \log_{10} \Delta + 3.3$$

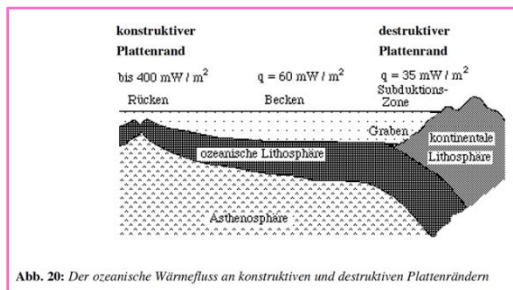
[A = Amplitude (Mikrometer); T = Periode (Sekunde); Δ = Epizentralentfernung (Winkelgrad)]

- Erklären sie (anhand von geeigneten Skizzen) wie die Mondgezeiten entstehen. Erklären Sie speziell wieso täglich 2 Hochs und Tiefs (Ebbe und Flut) entstehen.

Durch den Mond gibt es auf der mondzugewandten Seite eine Anziehung. Das führt dazu, dass die Weltmeere darauf reagieren und sich da hinbewegen. Dies passiert einmal alle 24h. Auf der gegenüberliegenden Seite gibt es einen Kräfteschatten. So wird das Gravitationszentrum Richtung Mond verschoben und so entspannt sich die andere Seite, was ebenfalls zu einem Meeresspiegelanstieg führt. Dies geschieht auch alle 24h aber alternierend.

- Geben Sie die Definition von Wärmefluss an. Zeichnen Sie ein Profil vom MOR bis zu einer Subduktionszone und tragen sie die Wärmeflusswerte ein. Geben Sie die Gründe für diese Verteilung an. Warum ist der ozeanische Wärmefluss höher als der kontinentale?

Definition: Der Wärmefluss $[q]$ ist die Wärmeenergie, welche pro Sekunde jede Flächeneinheit der (Erd-) oberfläche durchfließt, Formel: $q = k \frac{\partial T}{\partial z}; [W m^{-2}]$ mit k einer Proportionalitätskonstante/Wärmeleitfähigkeit (Materialeigenschaft) und dT/dz ist der Gradient in vertikaler Richtung der Temperatur. MOR: 400 mW m^{-2} , Becken 60 mW m^{-2} und Subduktionszone 35 mW m^{-2}



Am MOR ein sehr hoher Wärmefluss fest zu stellen (dünne, heisse und junge Platte). Wandert sie weiter, kühlt sie ab und wird mächtiger, wodurch sie eine bessere Isolation darstellt.