

Dynamische Erde I Übungsfragen

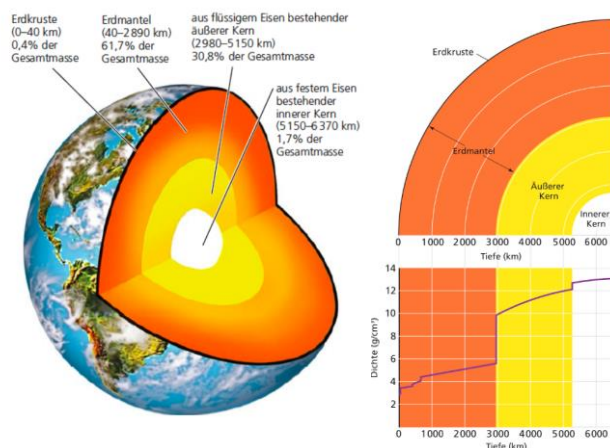
Kristalle und Mineralien

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

Grad der Vernetzung der SiO_4^{4-} -Tetraeder: Eckenverknüpfungen von SiO_4^{4-} -Tetraeder über gemeinsame Sauerstoffe (sogenannte Brückensauerstoffe)

Silikat-Typ	Anzahl Verknüpfungen	Formel Grundeinheit	Beispielmineral
Inselsilikate	0	$[\text{SiO}_4]^{4-}$	Olivin
Gruppensilikate	1	$[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$	Epidot
Ringsilikate	2	$[\text{Si}_n\text{O}_{3n}]^{2n-}$ n...3, 4, 6	Beryll, Turmalin
Ketten- und Bändersilikate: Einfachketten	2	$[\text{Si}_n\text{O}_{3n}]^{2n-}$	Pyroxene
Ketten- und Bändersilikate: Doppelketten	2 - 3	$[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$	Amphibole
Schichtsilikate	3	$[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-} / [\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$	Glimmer, Tonminerale
Gerüstsilikate	4	$[\text{Si}_n\text{O}_{2n}]^0$	Quarz Feldspat

- Zeichnen Sie einen Querschnitt durch die Erde mit ungefähren Tiefenangaben, aus welchen Materialien sind die einzelnen Einheiten im Wesentlichen zusammengesetzt? Welche Mineraleigenschaft ist für den Schalenbau der Erde hauptsächlich verantwortlich?



*In der Kruste und im Mantel: Silikate (im Mantel Peridotit)
Im Kern: Fe-Ni Legierung (im äusseren flüssig, im inneren fest)*

Dichte

- Welche Mineralien bilden den Hauptanteil der kontinentalen Kruste und warum ist die kontinentale Kruste stabil an der Oberfläche der Erde?

Silikate, und zwar besonders Feldspäte

Nochmals Dichte; die kontinentale Kruste ist weniger dicht als der darunterliegende Mantel

- Was für eine Art von Silikat ist Olivin, wo kommt es vor, und was ist seine Bedeutung in der Erde? Was passiert mit Olivin in grösserer Tiefe?

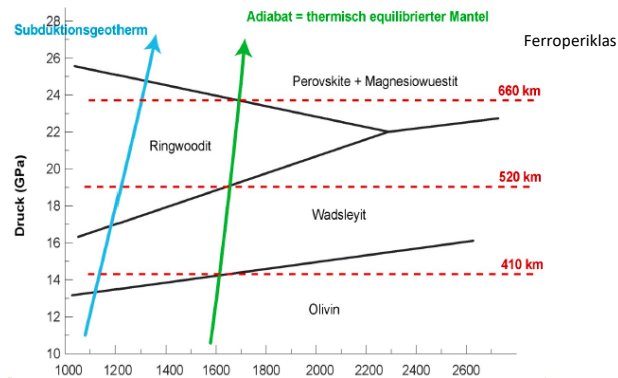
Olivin ist ein Inselsilikat, Hauptgemengteile des oberen Mantels (Peridotit)

Verwandelt sich mit zunehmendem Druck in andere isochemische Mineralien (Polymorphe):

Ab 410 km: Umwandlung in Wadsleyit

Ab 520 km: Umwandlung in Ringwoodit

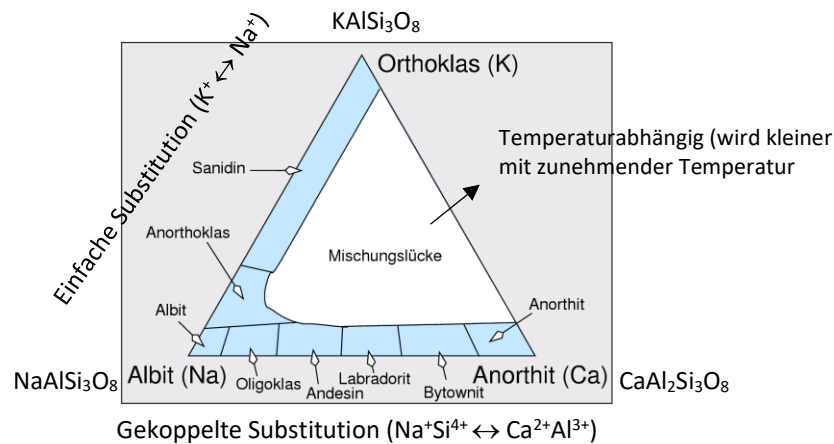
Ab 660 km (Grenze zu unterem Mantel): Zersetzung in Bridgmanit MgSiO_3 und Ferroperiklas (Mg,Fe)O



- Was sind Mischkristalle, welche Arten von Substitutionen gibt es? Was ist dabei zu beachten, dass eine Substitution möglich ist? Zeichnen Sie das Feldspat Diagramm und beschreiben Sie die Substitutionen.

Mischkristalle: Kristallzusammensetzung mit variabler Chemie zwischen Endglieder mit chemisch fester Zusammensetzung. Gewisse Ionen können für andere austauschen.

Es gibt einfache (wo jeweils ein Ion direkt für ein anderes mit gleicher Ladung substituiert, z.B. $\text{Mg}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$) oder gekoppelte Substitution (wo Ionen gekoppelt für einander austauschen, um Ladungsausgleich zu erzielen, z.B. $\text{Na}^+\text{Si}^{4+} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+}\text{Al}^{3+}$). Ladungsausgleich muss bewährt werden, Ionenradius muss ähnlich sein, chemischer Charakter (Bindungsart, geochemisches Verhalten etc.) auch.



Magmatismus

- Wie entsteht Basalt? Nennen Sie Mechanismen zur Schmelzbildung. Wie unterscheiden sich Basalte an den verschiedenen geotektonischen Settings?

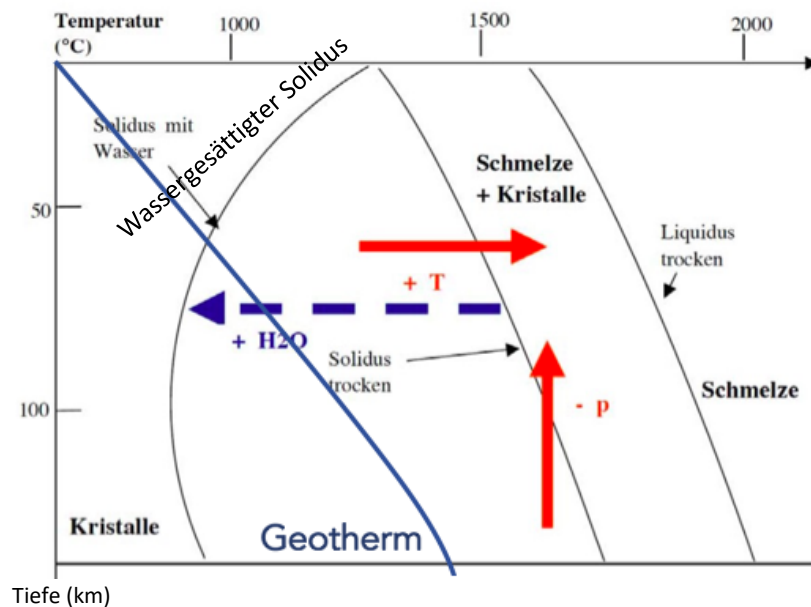
Partielles Schmelzen des oberen Mantels (Peridotit), d.h. Geotherm muss den Solidus überschreiten (der Mantel wird nicht bei normalem Geotherm schmelzen)

Möglichkeiten, den Solidus zu überschreiten oder zu senken:

- Erniedrigung des Druckes (-P): adiabatischer Aufstieg (kein Wärmeverlust an umgebendes Material, den kälteren Mantel – Silikate sind sehr gute Wärmeisolatoren). Je tiefer die

adiabatische Druckentlastung beginnt, desto heisser werden die aufdringenden Mantelgesteine in flachere Mantelniveau gelangen – höherer Schmelzgrad kann erreicht werden (Geotherm verändert sich).

- Erhöhung der Temperatur (+T): konvektive Zufuhr von Wärme aus tieferen Mantelbereichen (von geringer Bedeutung – nur bei Hot Spots, wobei auch Druckentlastung eine grosse Rolle spielt)
- Zufuhr von Wasser (+H₂O): Wasser wirkt als Flussmittel („Verunreinigung“ des Systems) und stabilisiert und vergrössert das Schmelzfeld (Senkung des Solidus, Geotherm bleibt gleich)



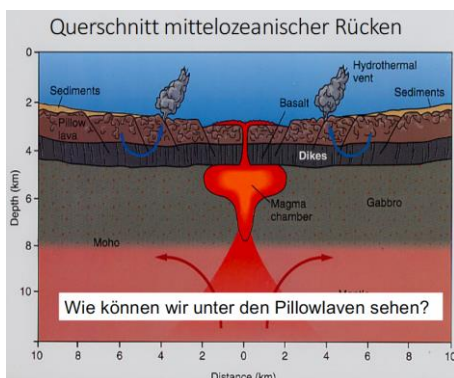
Mittelozeanischer Rücken-Basalte (tholeiitisch): Schmelzen in geringer Tiefe des chemisch verarmten Mantels (d.h. schon aufgeschmolzen, Elemente entzogen)

Trocken und enthält weniger inkompatible Elemente im Vergleich zu Ozean Insel-Basalte

Subduktionszonen-Basalte (eher alkalisch, kalkalkalisch): durch wasserbedingtes Schmelzen wasserhaltig

(Nicht an Plattengrenzen gebunden) Ozean Insel-Basalte (Hot Spots): höherer Schmelzgrad eines weniger verarmten bis angereicherten Mantels wird erreicht, da Druckentlastung in grösserer Tiefe beginnt → enthält mehr inkompatible Elemente (eher alkalisch), trocken

- Was sind Ophiolithe und wie sind sie typischerweise aufgebaut?

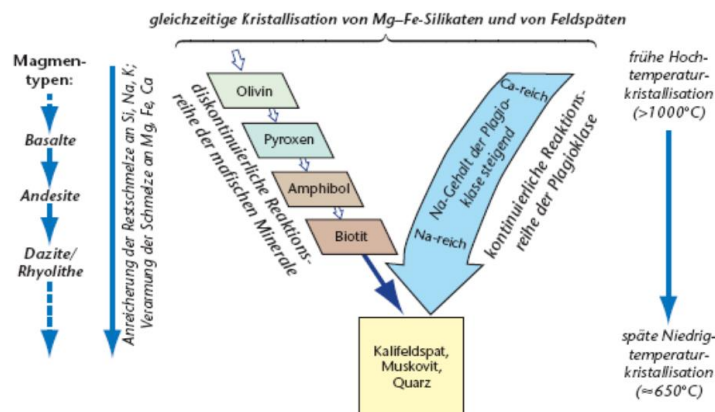


Ehemalige ozeanische Lithosphäre, welche nun auf Kontinenten aufgeschlossen ist (wurde auf Land „geschoben“ oder bei Gebirgsbildungsprozesse eingefaltet)

Typische Sequenz, nicht eine einzelne Lithologie: Von oben nach unten: Pelagische Sediment(gestein)e*, mafische Vulkanite (Pillowbasalte und Basaltgänge), mafische Plutonite (Gabbro), ultramafische Gestein des Erdmantels (Peridotit, Serpentin durch Hydratisierung)

*Sowohl kalkig als auch kieselig (Am MOR selber oft oberhalb der CCD)

- Welche Prozesse sind für die Vielfalt der magmatischen Gesteine verantwortlich? Wie funktionieren diese Prozesse?



Differentiation, Veränderung der Schmelzzusammensetzung durch fraktionierte Kristallisation („Destillation“) während der Abkühlung (eine physikalische Trennung der Phasen z.B. durch Dichteunterschied von Schmelze und Kristalle, Schmelze hat mehr Auftrieb – offenes System – bedeutet, dass die Schmelze sich unabhängig von den schon gebildeten Mineralphasen weiterentwickeln kann. Im Verlauf der Abkühlung werden Elemente der Schmelze entzogen, indem sie als Mineralien ausfallen. Je nach „Startbasalt“ (alkalisch, kalkalkalisch, tholeiitisch) unterschiedliche Differentiationsserien – grosser Reichtum an möglichen Zusammensetzungen. Zudem auch Krustenassimilation, Anatexis/Krustenaufschmelzung

Metamorphose

- Wie werden die Grenzen der Metamorphose definiert? Sind alle Metamorphose Pfade ,nach oben begrenzt‘?

Untere Grenze: Diagenese (100-200°C)

Obere Grenze: Anatexis/partielle Aufschmelzung (ab 650-1000°C je nach Art des Protoliths)

Stark Druck betonte Pfade sind nicht nach oben begrenzt (mit zunehmendem Druck steigen Solidus und Liquidus zu höheren Temperaturen), es kommt nicht zu Aufschmelzung

- Welche Faktoren schreiten Metamorphose voran? Warum finden wir überhaupt Gesteine, die bei nicht-ambienten Bedingungen stabil sind, an der Oberfläche? (ambient = Oberflächenbedingungen)

Veränderungen in Temperatur und Druck, und gegebenenfalls auch Stress, wobei stets mit zunehmendem Metamorphosegrad entwässert wird (Dehydrationsreaktionen)

Metamorphosierte Gesteine bleiben erhalten, da

- Wasser nicht hinreichend zugeführt wird, um Dehydrationsreaktionen rückgängig zu machen
- Schnelle Exhumation, nicht genügend Zeit
- Einschlüsse in „Mineralpanzern“ mit geringer Ausdehnung

- Was für Metamorphose Arten gibt es und wo auf der Erde findet/erwartet man sie? Durch welche Pfade werden sie gekennzeichnet und welche metamorphe Fazies erwartet man dabei?

Regionale Metamorphose: Durch Druck- und/oder Temperaturänderungen hervorgerufen, die durch vertikaler Bewegung verursacht werden (nicht isobar). Grosse laterale Ausdehnung

- **Orogenese**/Gebirgsbildung (an konvergenten Plattengrenzen): mittlere bis niedrige P/T Gradienten
- **Subduktion** (an konvergenten Plattengrenzen): hohe P/T Gradienten
- **Hydrothermal** (Meeresboden) – eher Metasomatose. Austausch zwischen Basalt/Gabbro, darunter liegendem Peridotit und heissem Meerwasser (Extensionszonen – an divergenten Plattengrenzen)

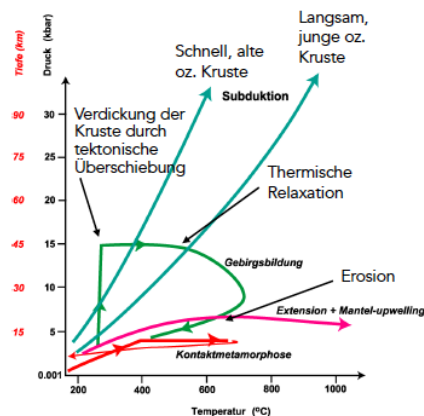
Kontaktmetamorphose: Wärme wird durch Intrusion von Schmelzen in ein Umgebungsgestein transportiert. Bildet eine Kontaktaureole. Das metamorph umgewandelte Gestein bleibt mehr oder weniger statisch (isobarer Prozess). Lokale Ausdehnung

Niedrige P/T Gradienten – nur Veränderung in T

(An konvergenten Plattengrenzen – Subduktionszonenmagmatismus; bei Hot Spots)

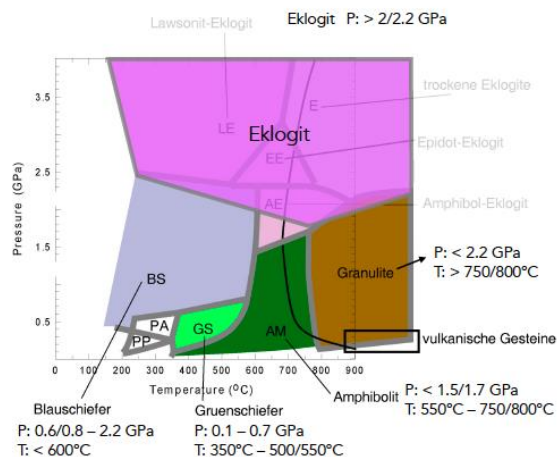
Bruchzonenmetamorphose: Eher Metasomatose; Brüche bilden ideale Leiter für Fluide. Hohe Deformation

Schock- oder Impaktmetamorphose: Meteoriteneinschlag; extrem schneller Prozess. Ruft sehr grosse Drücke und Temperaturen hervor



Subduktion: (Grünschiefer-)Blauschiefer-Eklogitfazies
Orogenese: Grünschiefer-Amphibolit-Granulitfazies

- Wie werden die metamorphen Fazies definiert? Welches Konzept ist dabei unterliegend? Können Sie ein Fazies Diagramm zeichnen mit ungefähren Bedingungs-Angaben an den Achsen?



Definition anhand der Metabasika

Wichtiges Konzept: Indexminerale (von Gesteinschemismus und Druck- und Temperaturbedingungen abhängig)

- Wie unterscheiden sich Verwitterung und Erosion? Nennen und beschreiben Sie je drei Arten.

Verwitterung: Zersetzung an Ort und Stelle, in situ. Physikalisch (rein mechanisch) und chemisch, z.B.

- *Frostverwitterung durch zyklisches Gefrieren und Auftauen von Wasser (Frost-Tau Wechsel) in Klüften und Poren → Ausdehnung des Wassers bis zu 9% übt Druck auf das Gestein aus; wichtig in kalten Regionen (Berge, Arktisches und gemäßigtes Klima) – Gleiches Prinzip Salzwachstum (s. u.) in trockenem Klima*
- *Unloading/Entlastung geschieht durch eine Druckabnahme in tieferliegenden Gesteinsschichten durch Gewichtsverlust aufgrund Hebung/Erosion der oberen Schichten*
- *Oxidation: Reaktion mit Sauerstoff. Bekannteste Reaktion: Rosten von Eisen*

Erosion: Abtragung von Material weg von der ursprünglichen Position; Verkleinerung/Zersetzung des Materials während des Transports, z.B.

- *Erosion durch fließendem Wasser (V-Tal)*
- *Glaziale Erosion (U-Tal): Transportfracht innerhalb und an der Basis eines Gletschers*
- *Winderosion: besonders stark in Gebiete, wo Vegetation fehlt*

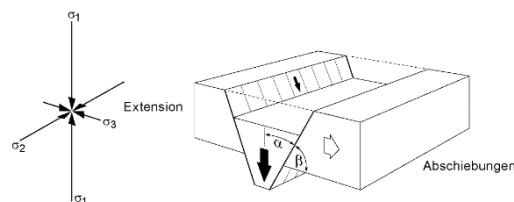
- Was geschieht an den verschiedenen Plattengrenzen? Wo findet man Abschiebungen, Aufschiebungen und Blattverschiebungen? Können Sie einfache Schemen der Verwerfungsarten zeichnen und die maximale und minimale Hauptspannungen indizieren?

Divergente Plattengrenzen: mittelozeanische Rücken mit ausgeprägter topographischer Erhöhung. Durch Dekompressionsschmelzen entsteht neue (ozeanische) Lithosphäre → konstruktiv

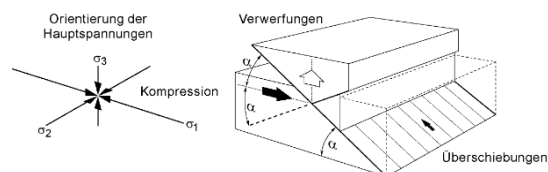
Konvergente Plattengrenzen: Subduktionszonen, ozeanische Lithosphäre taucht in den Mantel hinein; kontinentale Lithosphäre subduziert nicht (zu leicht). Je nach Interaktion, Subduktion Gebirgsbildung (ozeanisch auf kontinentale Lithosphäre; kontinentale auf kontinentale Lithosphäre → Verschweissung von Platten, Wachsen von Kontinenten) oder ohne (ozeanisch auf ozeanische Lithosphäre, doch mit vulkanischem Inselbogen) mit → destruktiv

Konservative Plattengrenzen: Platten gleiten seitlich gegeneinander

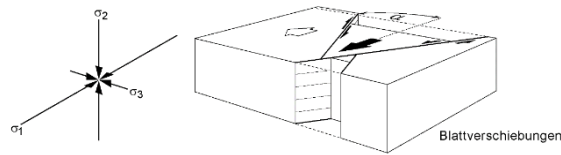
Abschiebungen an divergenten Plattengrenzen (Extension, Platz wird geschaffen)



Aufschiebungen an konvergenten Plattengrenzen (Kompression)



Blattverschiebungen an konservativen und divergenten Plattengrenzen

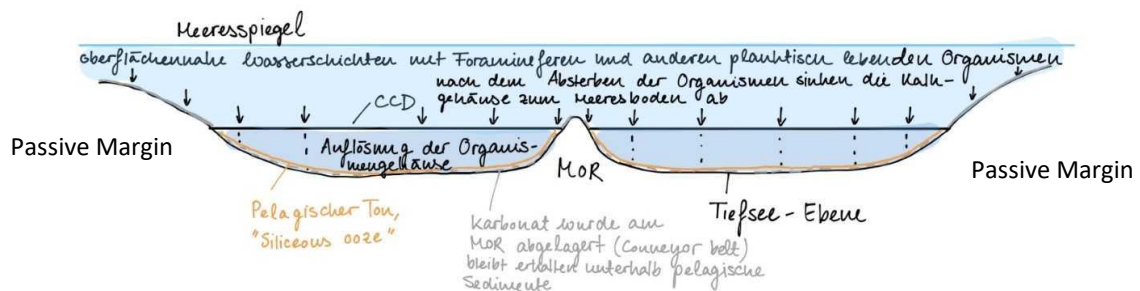
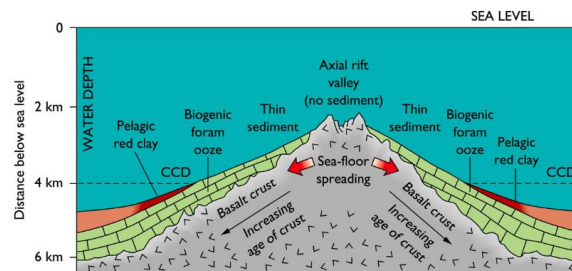


- Was sind Dropstones und was können Sie uns sagen?

Dropstones sind isolierte grosse Gesteinsbruchstücke, die innerhalb feinen Sedimentlagen abgelagert worden sind. Dies kommt durch einen vertikalen Fall durch einen Wasserkörper zustande. Deuten auf grosse Vereisungen über die Kontinente hinaus bis an den Küsten. Die Dropstones stellen vom Gletscher mittransportierte Fracht dar und werden beim Rückzug losgelöst/abgelagert, häufig beim Kalbern als Eisberge sich lösen.

- Was ist die Karbonat-Kompensationstiefe. Zeichnen Sie einen Querschnitt durch den Atlantik und indizieren Sie (grob) was für Sedimentablagerungen wo gefunden werden können.

Die Karbonat-Kompensationstiefe (CCD) ist eine Grenzfläche in der Tiefsee, unterhalb der keine Karbonatschlämme abgelagert werden können (Kalk wird aufgelöst). An der CCD gleichen sich Karbonatlösung und Karbonateintrag aus ($\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$).



- Nennen Sie die drei Milankovitch Zyklen, beschreiben Sie sie kurz und erläutern Sie ihre (groben) Auswirkungen auf das Klima.

Milankovitch-Zyklen:

- Zyklische Änderungen des Inputs an Sonneneinstrahlung auf die Erde
- Exzentrizität: 100 ka, Abweichung der elliptischen Kreisbahn, global
- Obliquität: 41 ka, Neigung der Erdachse, vor allem Einfluss auf die höheren Breiten
- Präzession: 23ka, Veränderung der jahreszeitlichen Verteilung der einfallenden Sonnenstrahlung
- Taktgeber der Glazial-Interglazial-Schwankungen; lösen verschiedene Rückkopplungseffekte aus, sind aber nicht alleinverantwortlich für Klimaschwankungen
- von 2.7 Ma bis vor 800 ka dominierte der 41 ka Zyklus (Obliquität), danach bis jetzt der 100 ka Zyklus (Exzentrizität).

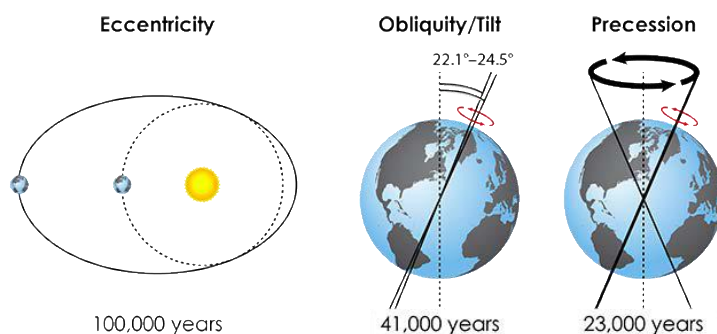
Präzessionszyklus

Dieser Zyklus hat eine Hauptperiode von 23'000 Jahre und wird durch die Wanderung der Erdrotationsachsenneigung (engl. Wobble) entlang der Ekliptik hervorgerufen. Diese Bewegung wird durch die Kräfte der Sonne und des Mondes auf den Äquatorwulst, d. h. der Erdradius am Äquator ist größer als an den Polen, des rotierenden Erdellipsoids ausgelöst. Der Effekt ist eine Veränderung der jahreszeitlichen Verteilung der einfallenden Sonnenstrahlung, da die Distanz zwischen der Erde und der Sonne für bestimmte Jahreszeiten geändert wird.

Obliquitätszyklus

Dieser Zyklus hat eine Periodizität von 41'000 Jahre und wird durch die Veränderung in der Neigung der Erdachse ($21.5^\circ \Leftrightarrow 24.5^\circ$) hervorgerufen. Die Konsequenz ist eine Veränderung der Summe der jährlich einfallenden Sonnenstrahlung auf jeweiligen Breitenkreisen. Bei grösserer Neigung sind die Winter kälter und die Sommer wärmer als bei geringerer Neigung. Bei geringerer Achsenneigung können Gletscher (Eisschilde) in den wärmeren Winter grössere Schneemassen akkumulieren, da die Verdunstung über dem Meer höher ist und damit verbreitet mehr Schnee fällt, solange die Temperaturen weiterhin unter dem Gefrierpunkt liegen. In den Sommern ist dagegen die Ablation durch die geringere Sonneneinstrahlung und Temperatur verringert, sodass die Bedingungen für die Bildung von Eisschilden insgesamt deutlich verbessert sind.

Exzentrizität der Ekliptik: Veränderung der Ellipsenform der Erdumlaufbahn, 100'000 Jahre Zyklus. Grosse Abweichung vom Kreis führt in der Tendenz zur Abkühlung der Erde → grosse Distanz → weniger Energie der Sonne erreicht die Erde. Ausserdem wird die Erde beschleunigt, wenn sie der Sonne am nächsten ist.



Andreas Fichtner

- Was sind die Kräfte, welche die Plattentektonik antreiben? Nennen und beschreiben Sie vier.

Slab pull: dichte und herabsinkende Slabs ziehen den Rest der Platte hinter sich her (positive Kraft)

Ridge push: Material türmt sich an mittelozeanischen Rücken auf und die Gravitation übt dann eine seitlich abwärts führende Kraft aus, welche auf die ganze Platte wirkt (positive Kraft)

Mantle drag: Reibung zwischen den festen lithosphären Platten und der darunterliegenden Asthenosphäre (negative Kraft)

Collision resistance: Reibung zwischen zwei Platten an Subduktionszonen (negative Kraft)

- Erläutern Sie die Begriffe spröde und duktil. Wo finden die meisten Erdbeben statt und warum?

Oberhalb der Fließspannung eines Materials kommt es zum Versagen.

Spröd beschreibt Bruchbildung, dies geschieht bei tieferen Temperaturen und produziert Erdbeben in der Erde

Duktill beschreibt permanenten Materialfluss, dies geschieht bei höheren Temperaturen und produziert keine Erdbeben in der Erde

Die meisten Erdbeben geschehen oberhalb dem spröd-duktilen Übergang (nur in Subduktionszonen gibt es Erdbeben ,unterhalb' des Überganges in Bezug auf bestehende Lithosphäre, jedoch innerhalb der subduzierenden Platte immer noch oberhalb)

- Was für seismische Wellenarten gibt es und wie unterscheiden sie sich (Partikelbewegung/Deformation des Ausbreitungsmediums, Grenzen der Ausbreitung)?

P-Welle (auch Kompressions-Welle, Druck-Welle): Raumwelle, mit Partikelbewegung entlang der Ausbreitungsrichtung

S-Welle (auch Scherwelle, Longitudinal-Welle): Raumwelle, mit Partikelbewegung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung

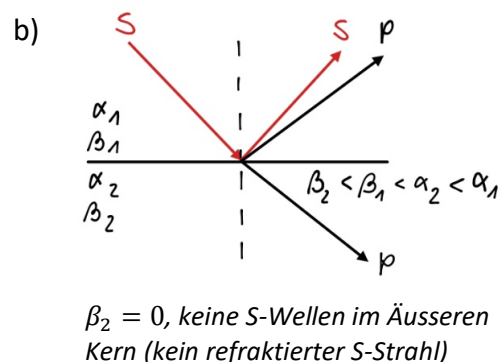
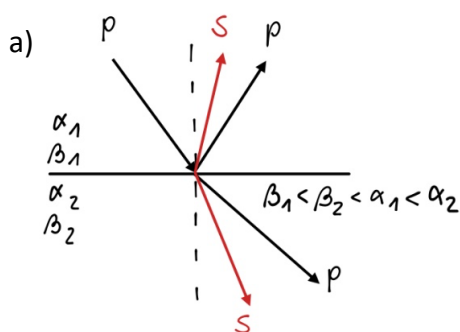
Rayleigh-Welle: Oberflächenwelle, mit Partikelbewegung retrograd elliptisch entlang der Ausbreitungsrichtung und in die Vertikale

Love-Welle: Oberflächenwelle, mit Partikelbewegung transversal zur Ausbreitungsrichtung. Love-Wellen brauchen eine Niedrig-Geschwindigkeitsschicht in der Nähe der Oberfläche, welche einer schnelleren überliegt (geschichtetes Medium)

- Was geschieht, wenn eine Welle auf eine seismische Grenze auftrifft? Erläutern Sie den Fall a) einer P-Welle, die auf die Mohorovicic Grenze trifft, b) einer S-welle, welche auf die Kern-Mantel Grenze trifft, mithilfe des Snellius'schen Brechungsgesetzes (keine Rechnung nötig):

$$\frac{\sin(\text{Winkel der einfallenden Welle})}{\sin(\text{Winkel der "ausfallenden" Welle})} = \frac{v(\text{einfallende Welle})}{v(\text{"ausfallende" Welle})}$$

An jeder Grenze kommt es zu Reflexion und Refraktion von seismischen Welle, wobei Raumwellen von einer Art in die andere sich transferieren können (P in S, S in P). Dabei ändert sich der Winkel der ,ausfallenden' Wellen (wenn von langsameren Schicht in schnellere Schicht, wird Winkel vom Lot gebrochen)



- Beschreiben Sie die Form der Erde im Vergleich zu einer perfekten Kugel. Was sind Äquipotentialflächen? Nennen und beschreiben Sie die verschiedenen Schwere Korrekturen.

Die Form der Erde kann als an den Polen abgeflachtes Ellipsoid approximiert werden. Es gibt aber etliche Schwere Anomalien, welche die wahre Verteilung an Masse innerhalb der Erde reflektieren (Geoid), und als Differenz zwischen gemessener Schwere und Referenz Schwere des Ellipsoids berechnet werden.

Äquipotentialflächen sind Flächen, für die $\Delta E_{\text{potential}} = 0$. g steht senkrecht auf Äquipotentialflächen.

Terrain Korrektur: korrigiert für Unterschiede in Terrain/Topographie (gleicht Topographie aus)

Bouguer Korrektur: korrigiert für Gesteinsmassen zwischen dem Messpunkt und dem Referenzellipsoid

Freiluft Korrektur: korrigiert für die Höhe des Messpunktes oberhalb des Referenzellipsoids.

Die verbleibende Schwere Anomalie nennt man eine Bouguer Anomalie