

Einführung in die Geophysik II

Allgemeine Infos

Geophysikalisches Institut, Fakultät für Physik



Zeitplan

	Vorlesung: Mi., 11:30-13:00, HS B		Übungsblatt online	Übung: Mo., 11:30-13:00, HS B Besprechung der Übungsblätter	
	19.04	keine Vorlesung		17.04	
VL1	26.04	Aufbau der Erde & Plattentektonik		24.04	
VL2	03.05	Radiometrische Altersbestimmung	Ü1	01.05	
VL3	10.05	Seismische Wellen und ihre Wechselwirkungen, elastische Eigenschaften von Gesteinen		08.05	Ü1: Radiometrische Altersbestimmung
VL4	17.05	Erdbeben: Bruchprozesse, Messung & Lokalisierung von Erdbeben	Ü2	15.05	
VL5	24.05	Ausbreitung von Erdbebenwellen, Strukturerkundung		22.05	Ü2: Seismische Wellen, elst. Eigen.
	31.05	keine Vorlesung, Pfingstwoche		29.05	
VL6	07.06	Eigenschwingungen	Ü3	05.06	
VL7	14.06	Seismizität, Gefährdung, Magnituden		12.06	
VL8	21.06	Schwere und Gravimetrie	Ü4	19.06	Ü3: Eigenschwingungen, Seismizität
VL9	28.06	Magnetismus	Ü5	26.06	Ü4: Schwere und Gravimetrie
VL10	05.07	Temperatur	Ü6	03.07	
VL11	12.07	Aufbau und Dynamik des Erdinneren: Mantel		10.07	Ü5: Magnetismus
VL12	19.07	Aufbau und Dynamik des Erdinneren: Erdkern		17.07	Ü6: Temperatur

ILIAS-Seite

	Vorlesung: Mi., 11:30-13:00, HS B		Übungsblatt online	Übung: Mo., 11:30-13:00, HS B Besprechung der Übungsblätter	
	19.04	keine Vorlesung		17.04	
VL1	26.04	Aufbau der Erde & Plattentektonik		24.04	
VL2	03.05	Radiometrische Altersbestimmung	Ü1	01.05	
VL3	10.05	Seismische Wellen und ihre Wechselwirkungen, elastische Eigenschaften von Gesteinen		08.05	Ü1: Radiometrische Altersbestimmung
VL4	17.05	Erdbeben: Bruchprozesse, Messung & Lokalisierung von Erdbeben	Ü2	15.05	
VL5	24.05	Ausbreitung von Erdbebenwellen, Strukturerkundung		22.05	Ü2: Seismische Wellen, elst. Eigen.
	31.05	keine Vorlesung, Pfingstwoche		29.05	
VL6	07.06	Eigenschwingungen	Ü3	05.06	
VL7	14.06	Seismizität, Gefährdung, Magnituden		12.06	
VL8	21.06	Schwere und Gravimetrie	Ü4	19.06	Ü3: Eigenschwingungen, Seismizität
VL9	28.06	Magnetismus	Ü5	26.06	Ü4: Schwere und Gravimetrie
VL10	05.07	Temperatur	Ü6	03.07	
VL11	12.07	Aufbau und Dynamik des Erdinneren: Mantel		10.07	Ü5: Magnetismus
VL12	19.07	Aufbau und Dynamik des Erdinneren: Erdkern		17.07	Ü6: Temperatur

Vorlesung: Die Vorlesung findet mittwochs um 11:30 - 13:00h im Hörsaal B (Geb. 30.22) statt und beginnt am 26.4.2023.

Übungen: Die Übungen finden nach obigen Zeitplan montags um 11:30 - 13:00h im Hörsaal B (Geb. 30.22) statt. Die Termine finden sich in der oben stehenden Tabelle. Übungsblätter werden nach den jeweiligen Vorlesungen online gestellt. Durch Vorrechnen von Übungsaufgaben können Punkte (max. 3) erworben werden, die auf die Klausur als Bonuspunkte* angerechnet werden. Die Punktzahl, die für das Vorrechnen der einzelnen Aufgaben vergeben wird, wird in der jeweiligen Übung bekannt gegeben.

*d.h. das Bestehen der Prüfung durch diese Punkte ist nicht möglich; bei bestandener Klausur lässt sich dadurch jedoch die Note verbessern.

Klausur: Erster Termin am 26.07.2022, 14:00 - 15:30h, zweiter Termin am 20.09.2022, 09:00 - 10:30h. Die der Ort der Klausuren ist der Otto-Lehmann-Hörsaal.

ILIAS-Seite

Termine: Die Vorlesung findet mittwochs von 11.30-13.00 Uhr im Hörsaal B, Gebäude 30.22, statt. Der Beginn der Vorlesung ist am 18. April 2018. Die Übung findet ca. vierzehntägig donnerstags von 08.00-09.30 Uhr im Hörsaal B, Gebäude 30.22, statt. Der Beginn der Übung ist am 3. Mai 2018. Die einzelnen Termine sowie die vorgesehenen Themen finden Sie im Ordner *Allgemeine Informationen* weiter unten.

Die erste Klausur zur Einführung in die Geophysik 2 findet am 18. Juli 2018 statt. Die zweite Klausur (Alternativtermin) findet am voraussichtlich Anfang Oktober 2018 statt.

INHALT

-  [Allgemeine Informationen](#) 
-  [Vorlesungsmaterial](#) 
Hier finden Sie Material zur Vorlesung
-  [Übungen](#) 
Hier finden Sie Material zur den Übungen

ILIAS-Seite: Kompetenzen

Einführung in die Geophysik II

Kompetenzen aus Vorlesung und Übung

E. Gottschämmer, M. Pontius

Aufbau der Erde

- Aufbau der Erde und Diskontinuitäten im 1D-Erdmodell kennen und erklären können: Verlauf der Werte von P- und S-Wellen-Geschwindigkeiten und Dichte, Temperatur- und Druckverhältnisse in der Erde
- Abweichungen vom 1D-Modell kennen und erklären können

Plattentektonik

- Prinzip der Plattentektonik erklären können
- Zusammenhang zwischen Plattengrenzen und Auftreten von Erdbeben erklären können
- Zusammenhang zwischen Theorie der Plattentektonik und magnetischen Streifenmustern entlang der ozeanischen Kruste erklären können
- Zusammenhang zwischen Plattentektonik und räumlicher Verteilung des globalen Wärmefflusses erklären können
- verschiedenen Typen von Plattenrändern kennen
- Größenordnung von Plattenbewegungen kennen und Konzept des Eulerschen Rotationspols erklären können

Altersbestimmung

- Prinzip der radiometrischen Altersbestimmung erklären können
- Altersbestimmung in organischen Substanzen und von Gesteinen unterscheiden können und die unterschiedlichen Methoden erklären und anwenden können
- Zerfallsgesetz kennen
- Alter einer Substanz bei gleichbleibendem und bei sich änderndem Verhältnis der Isotope berechnen

Seismische Wellen und ihre Wechselwirkungen, elastische Eigenschaften von Gesteinen

- verschiedene Typen elastischer Wellen benennen und erklären können
- Größenordnungen von Ausbreitungsgeschwindigkeiten elastischer Wellen in unterschiedlichen Gesteinen kennen
- Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten elastischer Wellen und elastischen Moduln eines Gesteins kennen, erklären und berechnen können
- Prinzip von Reflexion und Brechung elastischer Wellen erklären und in Rechnungen anwenden

Erdbeben

- Erdbeben-Bruchprozesse erklären können
- Zusammenhang zwischen Spannungen im Gestein und Art der entstehenden Verwerfung (Blattverschiebung, Aufschiebung, Abschiebung) erläutern können
- Globale Ausbreitung von Erdbebenwellen: Stahwege seismischer Wellen und globale Laufzeitkurven erklären können
- Seismische Wellen zur Strukturerkundung der Erde: Methode kennen, Ergebnisse erläutern können (global, regional, lokal)
- Frequenzbereich der Erdbebenwellen kennen
- Prinzip von Messgeräten zur Aufzeichnung elastischer Wellen erklären können

Eigenschwingungen

- Eigenschwingungen der Erde erläutern können
- Sphäroidale und torsionale Eigenschwingungen unterscheiden können
- Anregungen von Eigenschwingungen kennen
- Frequenzbereich der Eigenschwingungen benennen können

Seismizität

- Magnitudenskalen: verschiedene Magnituden erklären können
- Intensitätsskala erläutern können, Unterschiede zur Magnitude, historische Bestimmung der Intensität
- Maximale Bodenschwinggeschwindigkeit und maximale Bodenbeschleunigung kennen
- Beispiele aktueller seismischer Aktivität benennen können
- Seismische Gefährdung in unterschiedlichen Regionen der Erde kennen und erläutern können

Schwere und Gravimetrie

- Newtons Gravitationsgesetz kennen
- Unterschiede der Schwerewerte an den Polen und am Äquator kennen und deren Ursachen erklären können
- Begriff des Potentials (Schwerepotential, Gravitationspotential, Zentrifugalpotential) erklären können
- Fluchtgeschwindigkeit berechnen können
- Bewegungsgleichung für einen Körper durch den Erdmittelpunkt aufstellen können
- Begriff des Geoids und des Ellipsoids erklären können
- Schwerereduktionen kennen und deren Anwendung erklären können
- Prinzip der Isostasie erklären können

Magnetfeld der Erde

- Charakteristika des Erdmagnetfelds kennen
- Komponenten des Erdmagnetfelds erklären können
- Stärke des Dipolanteils des magnetischen Felds kennen, Variation der Komponenten mit der geographischen Lage berechnen können, Gleichung für die Feldlinien erklären können
- räumliche Variation der an der Erdoberfläche gemessenen Magnetfeld-Komponenten kennen
- lokale Verteilung der magnetisierten Gesteine in der Erdkruste kennen

Wichtiges

Nächste Schritte:

- dem Kurs unter ILIAS beitreten, alle weitere Infos (z.B. Anmeldung zur Klausur, Terminverschiebung von Vorlesungen/ Übungen etc. dann über Ilias-Email an KIT-Email-Adresse)
- Vorlesungsunterlagen und evtl. Übungsblatt herunterladen

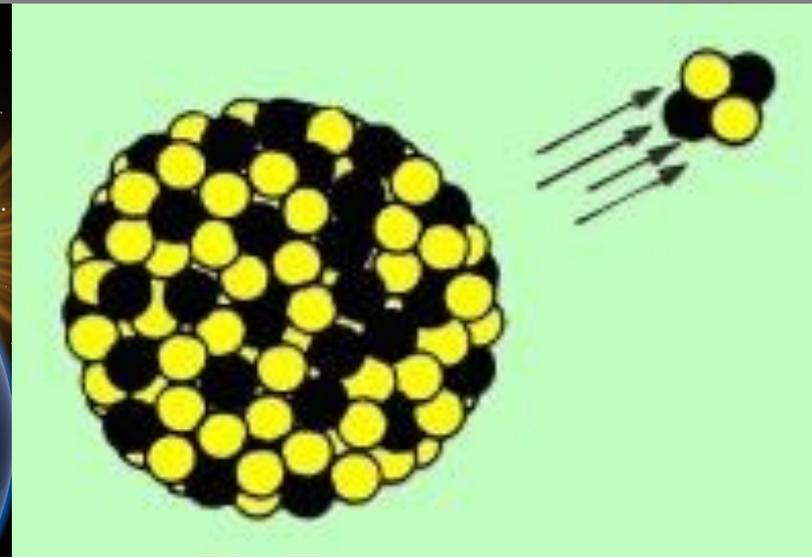
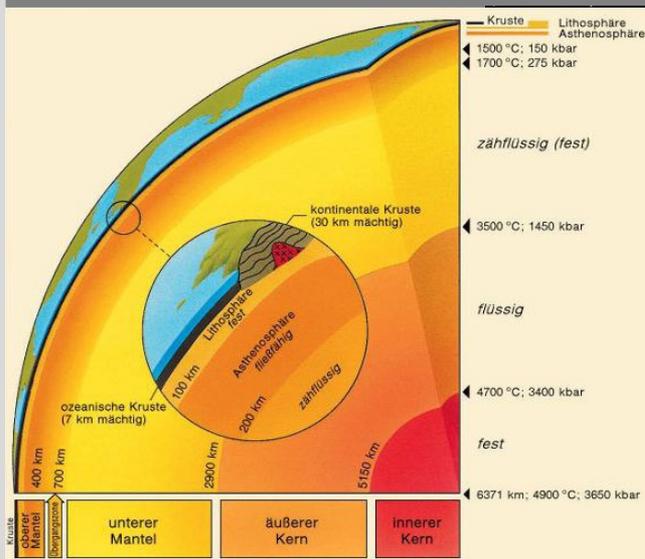
Bei Fragen:

- Andreas Rietbrock, rietbrock@kit.edu
- Mike Lindner, mike.lindner@kit.edu

Einführung in die Geophysik II

Aufbau der Erde und Plattentektonik

Geophysikalisches Institut, Fakultät für Physik

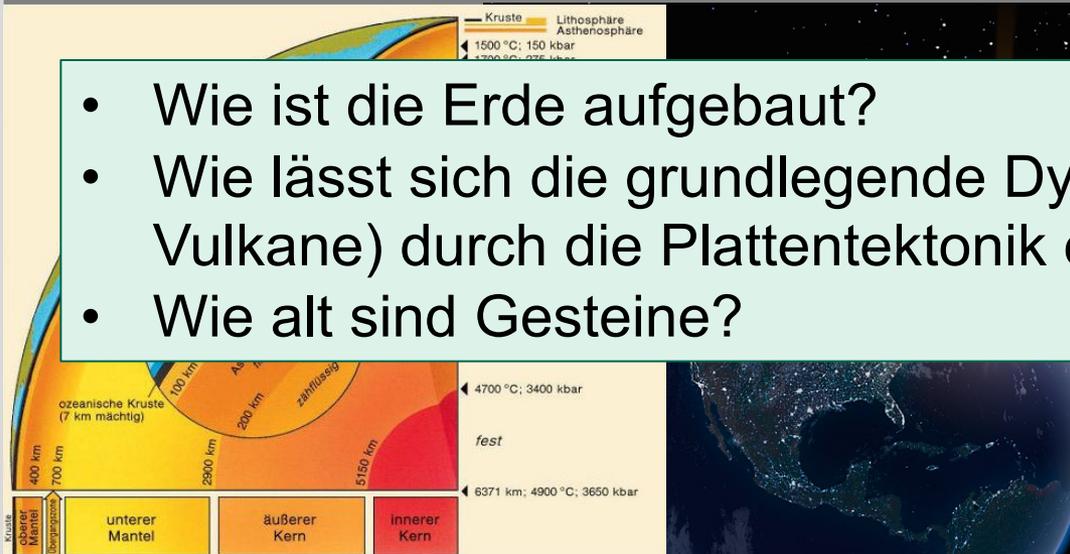


Einführung in die Geophysik II

Aufbau der Erde und Plattentektonik

Geophysikalisches Institut, Fakultät für Physik

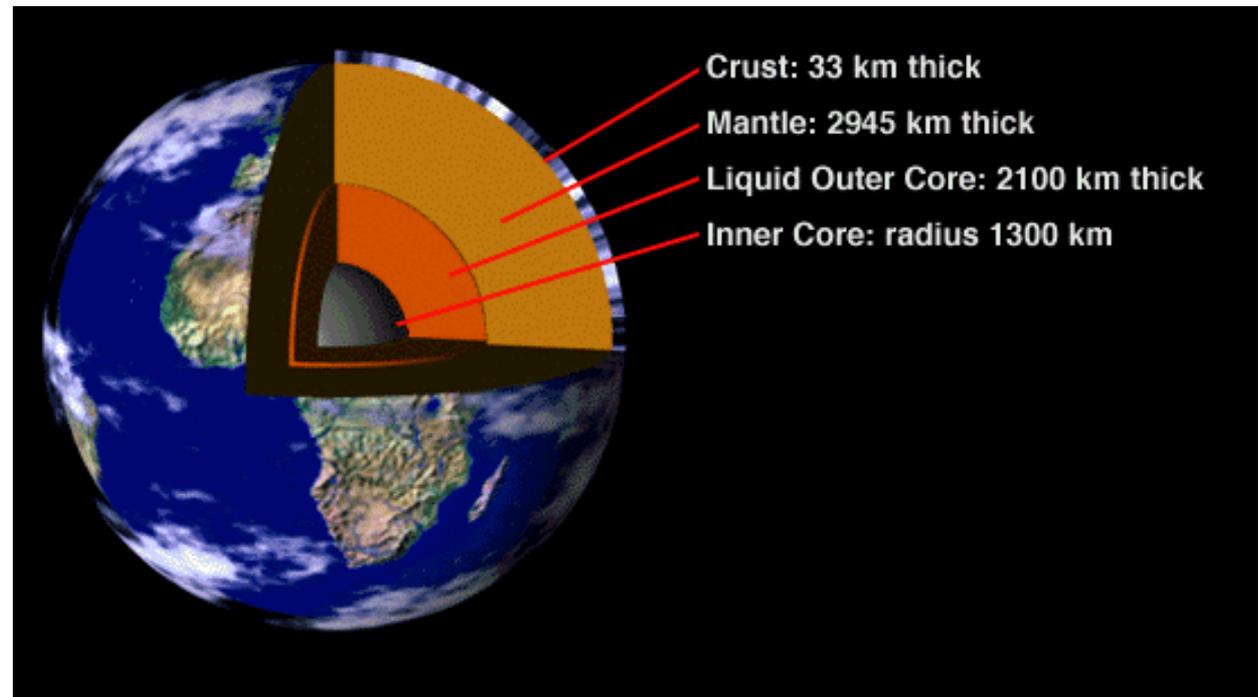
- Wie ist die Erde aufgebaut?
- Wie lässt sich die grundlegende Dynamik der Erde (Erdbeben, Vulkane) durch die Plattentektonik erklären?
- Wie alt sind Gesteine?



Aufbau der Erde

4 Bestandteile

- Kruste
- Mantel
- Äusserer Kern
- Innerer Kern

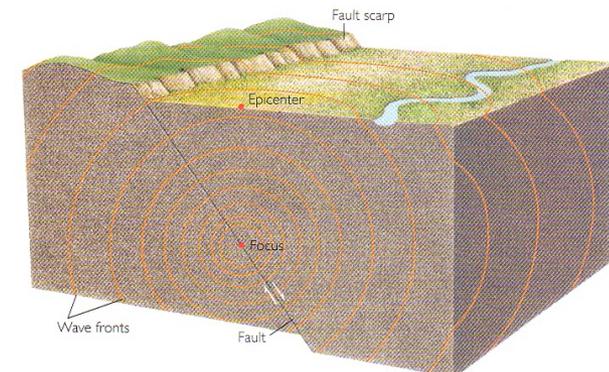


Woher wissen wir das?

- Seismologie (the study of seismic waves)

Seismologie – die Studie von seismischen Wellen

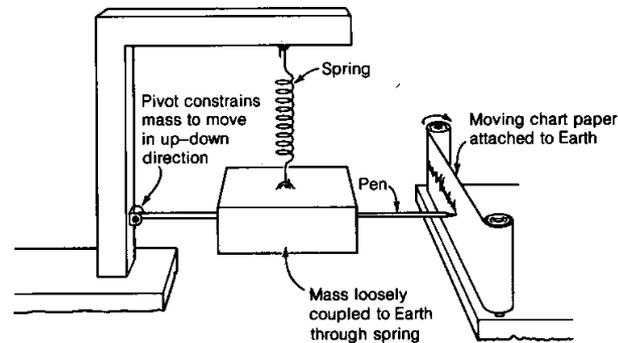
- Erdbeben
- Explosionen



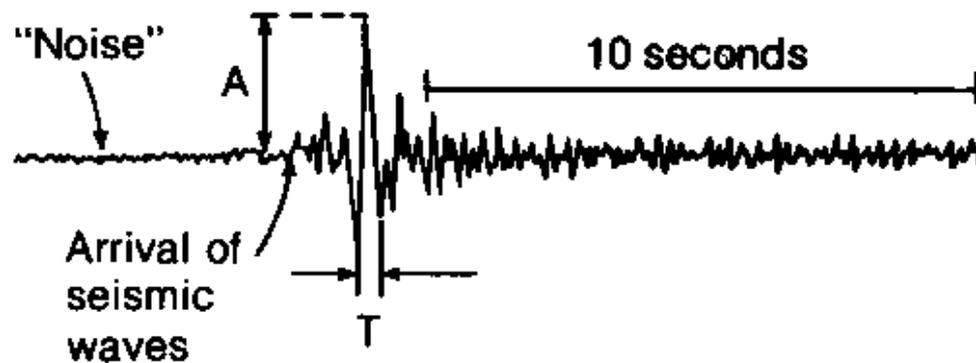
Seismologie – die Studie von seismischen Wellen

Seismische Wellen

- beobachtet mit Seismometern



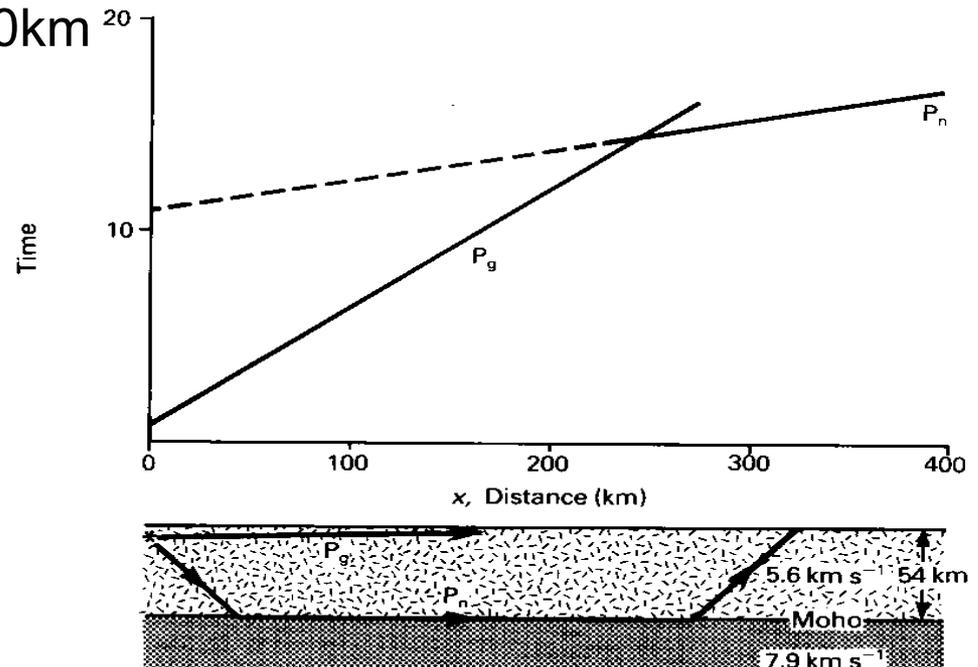
- Seismogramme



Mohorovicic –Erdbeben im ehemaligen Jugoslavien -1900

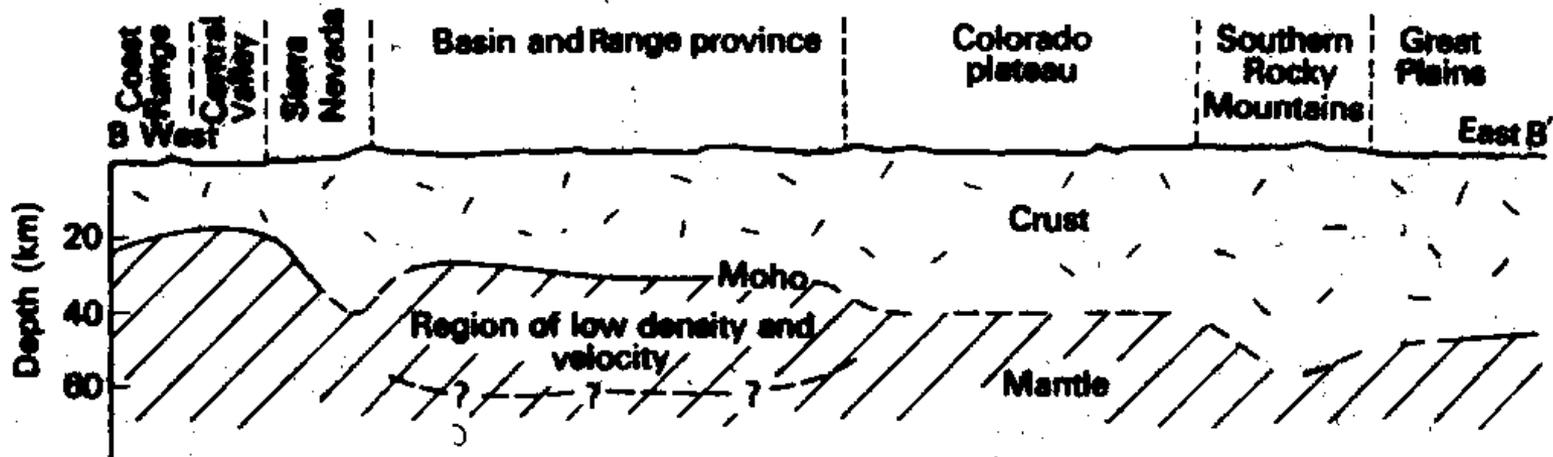
- 2 Schichten
- obere Schicht: $V = 5.6 \text{ km/sec}$
- untere Schicht: $V = 7.9 \text{ km/sec}$
- Dicke der oberen Schicht 50km

- Obere Schicht = Kruste
- Untere Schicht = Mantel



Mächtigkeit der kontinentalen Kruste

- Durchschnittliche Dicke = 40 km
- Bereich = 20 - 80 km
- Kruste ist sehr dünn im Verhältnis zum Erdradius ($R_E \sim 6350$ km)



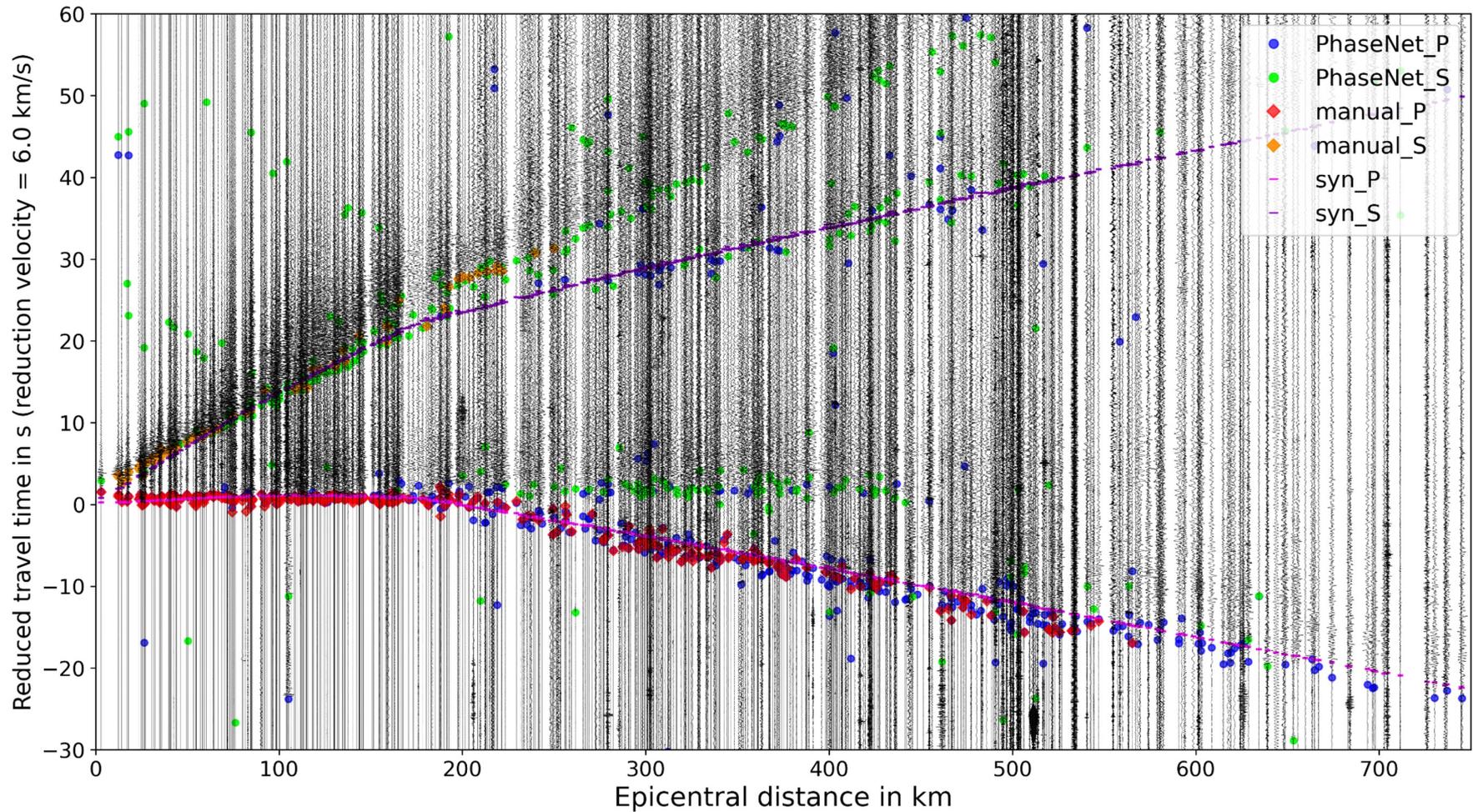
Mächtigkeit der ozeanischen Kruste

- Durchschnittliche Dicke = 7 km (gleichförmig)

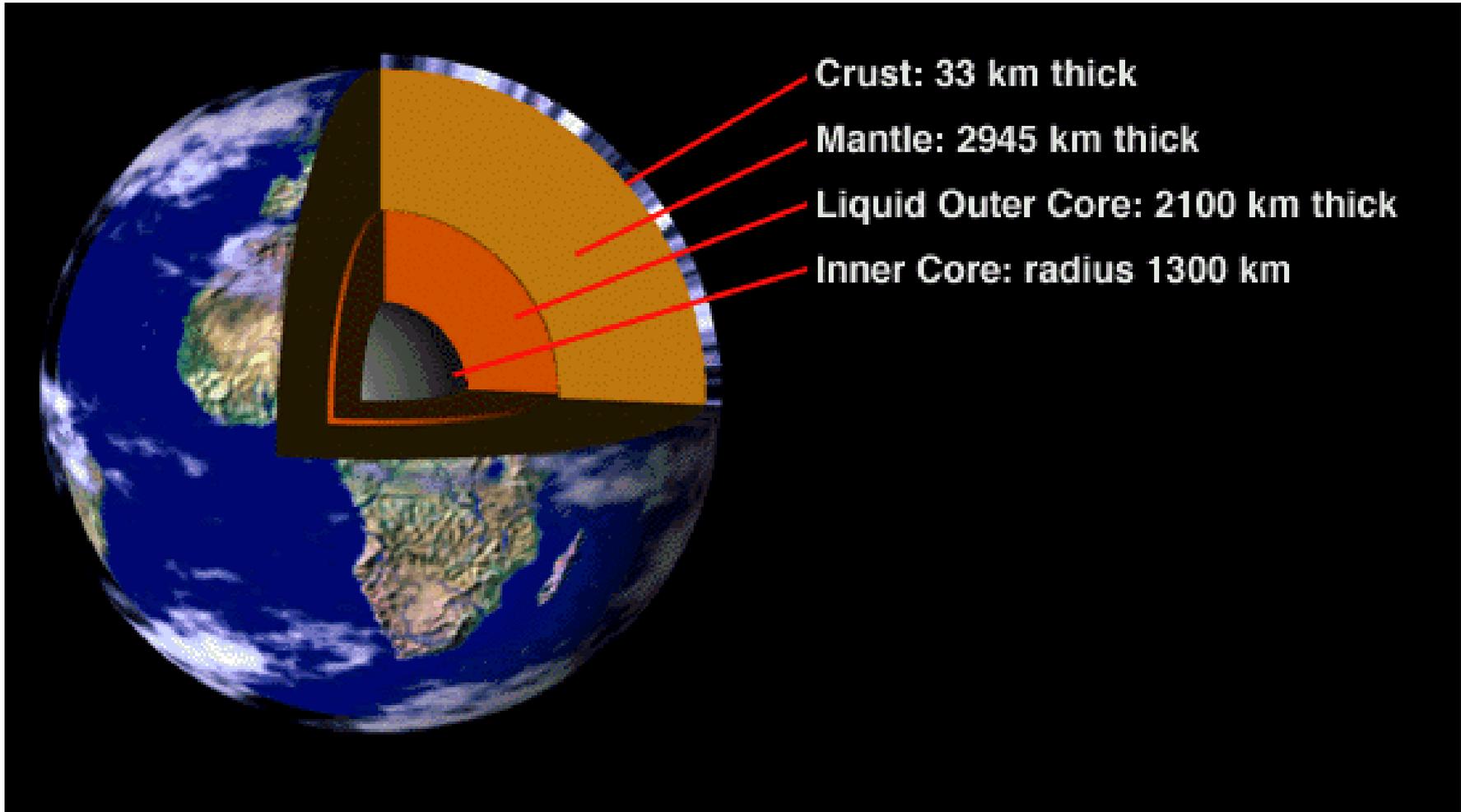
"Moho" = Mohorovicic seismische Diskontinuität

AlpArray Experiment (B. Braszus)

EVENT origin time: 2018-02-25T08:16:29.80, $M_L = 3.8$, depth = 2.0km, Z-component

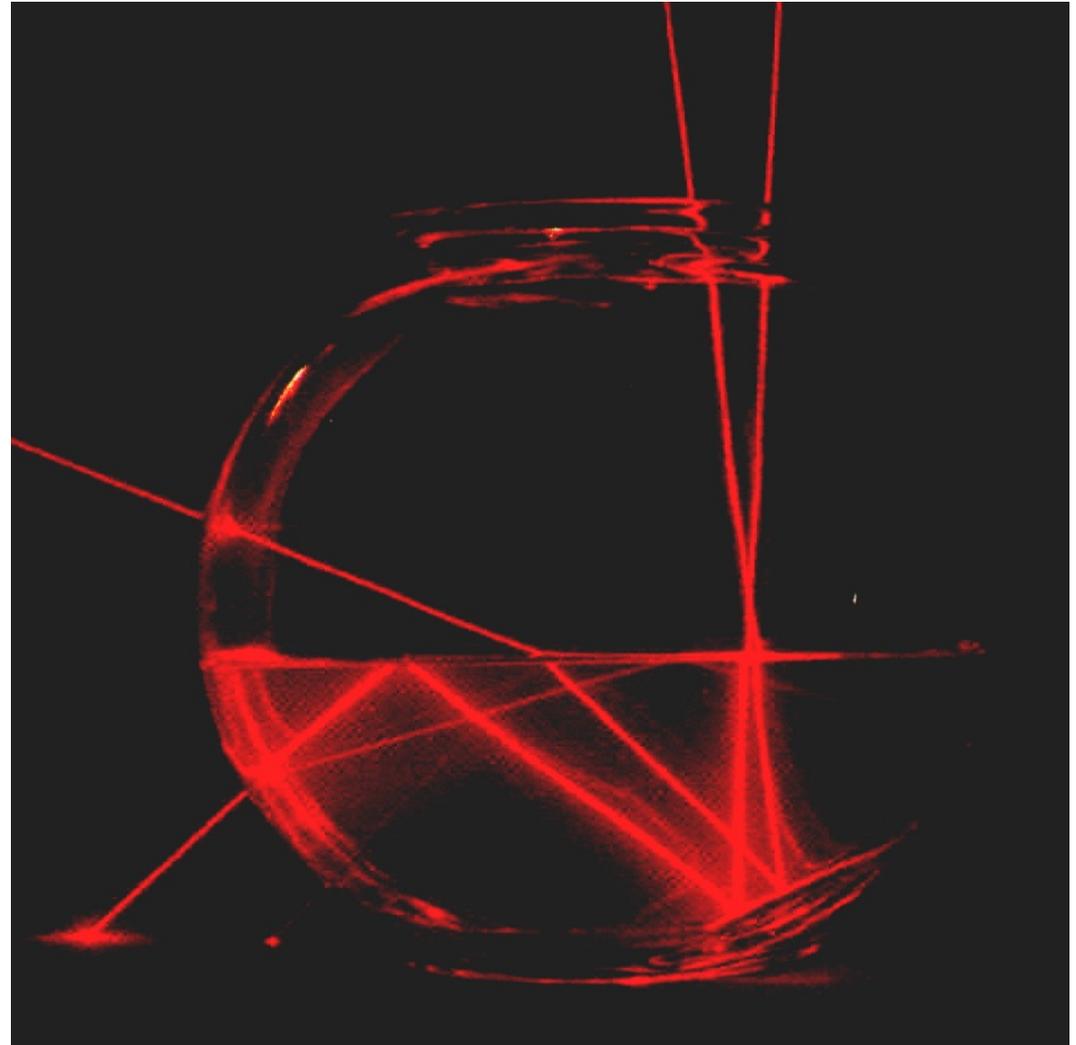


Crust, Mantle & Core



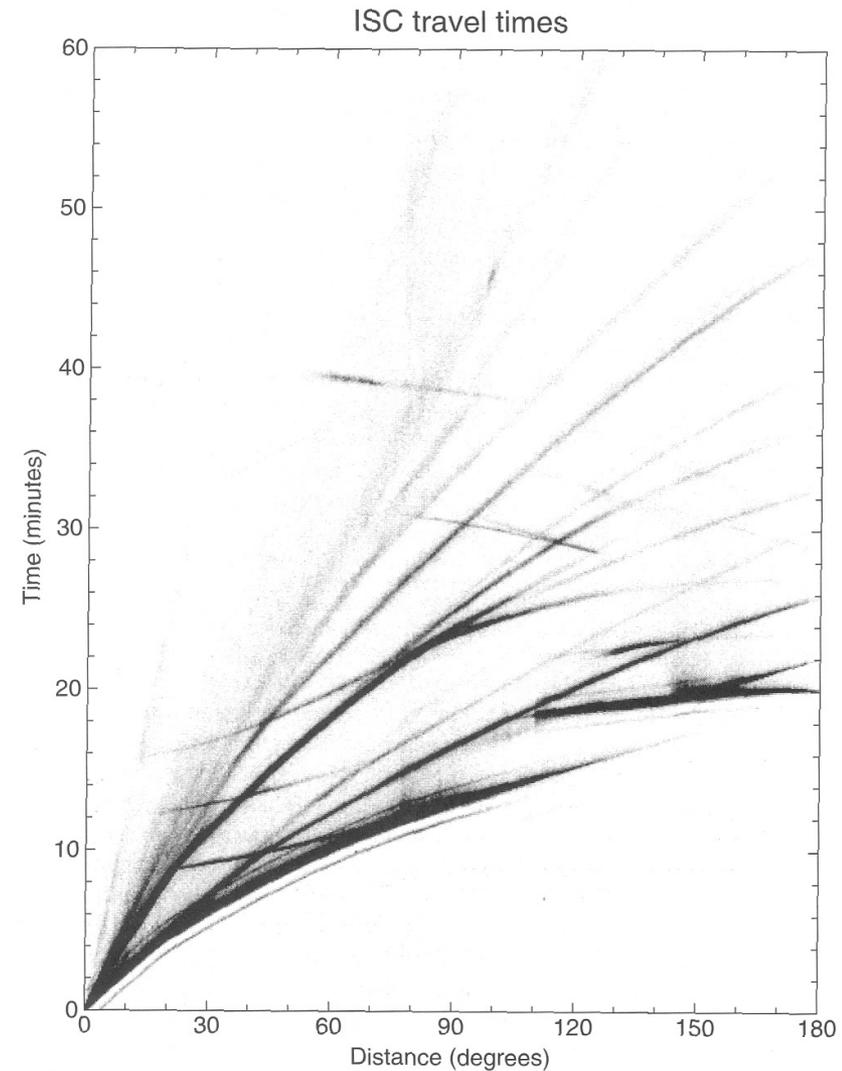
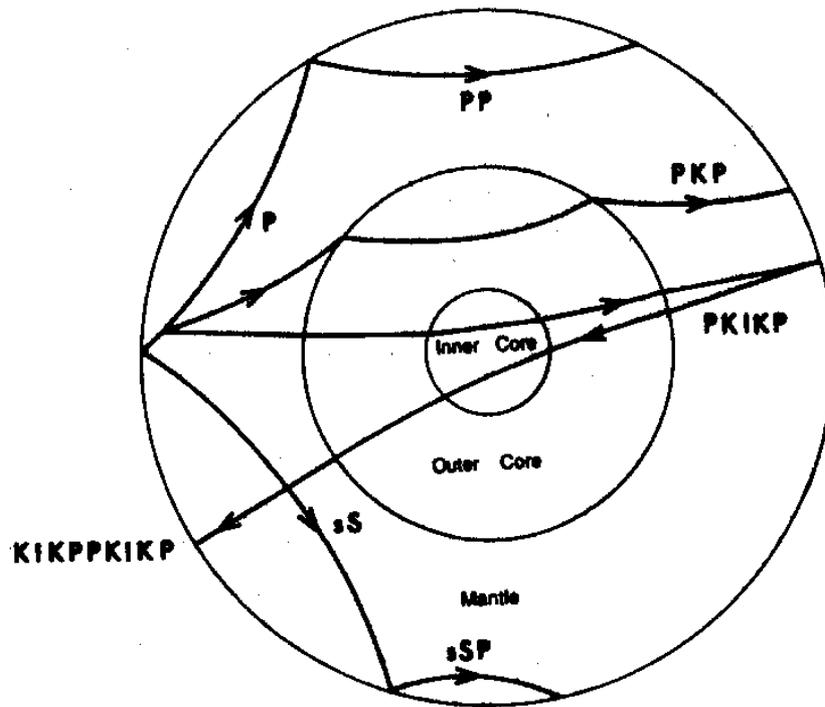
Raumwellenausbreitung: P & S Wellen

- Effect von Reflektionen und Refraktionen
- An analogy!



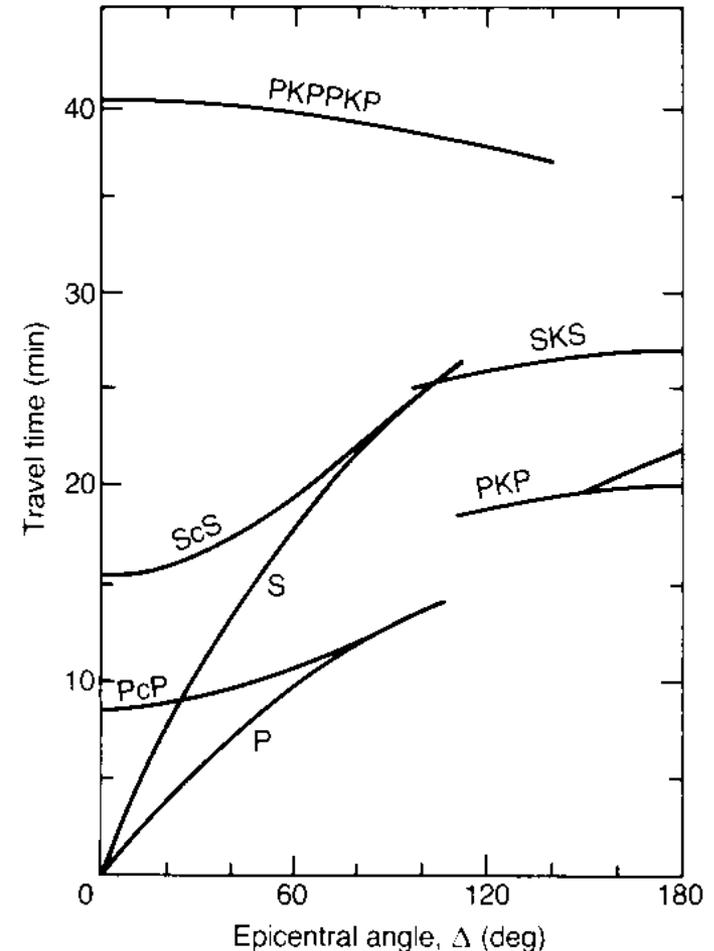
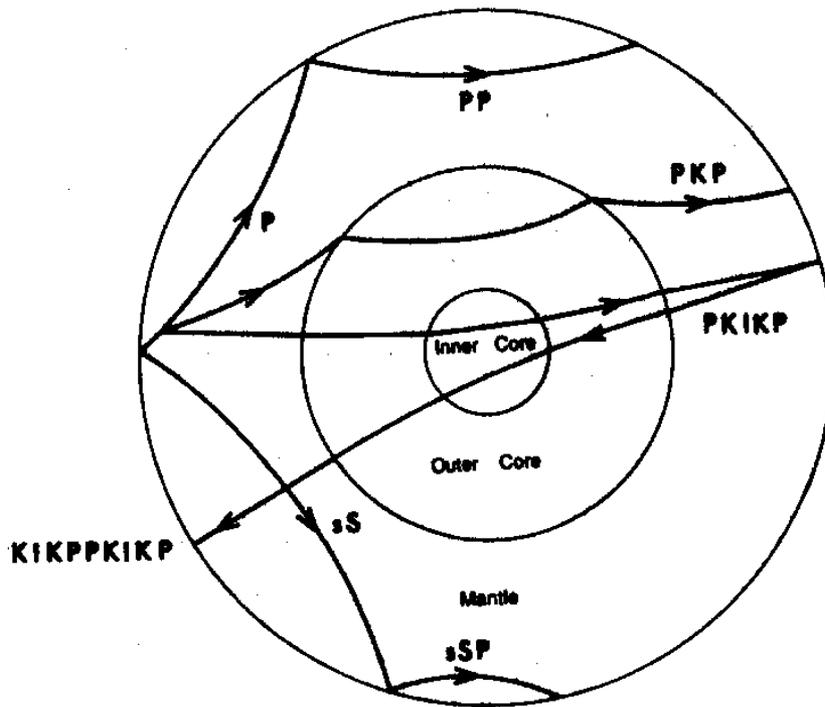
Untersuchung von Laufzeiten entlang Strahlen durch die Erde

- Laufzeit als Funktion von Δ (Entfernung)



Untersuchung von Laufzeiten entlang Strahlen durch die Erde

- Laufzeit als Funktion von Δ (Entfernung)



P & S Schatten Zonen

2 Wellentypen

- P (primary): Festkörper und Flüssigkeit/Gas
- S (secondary): nur in Festkörpern

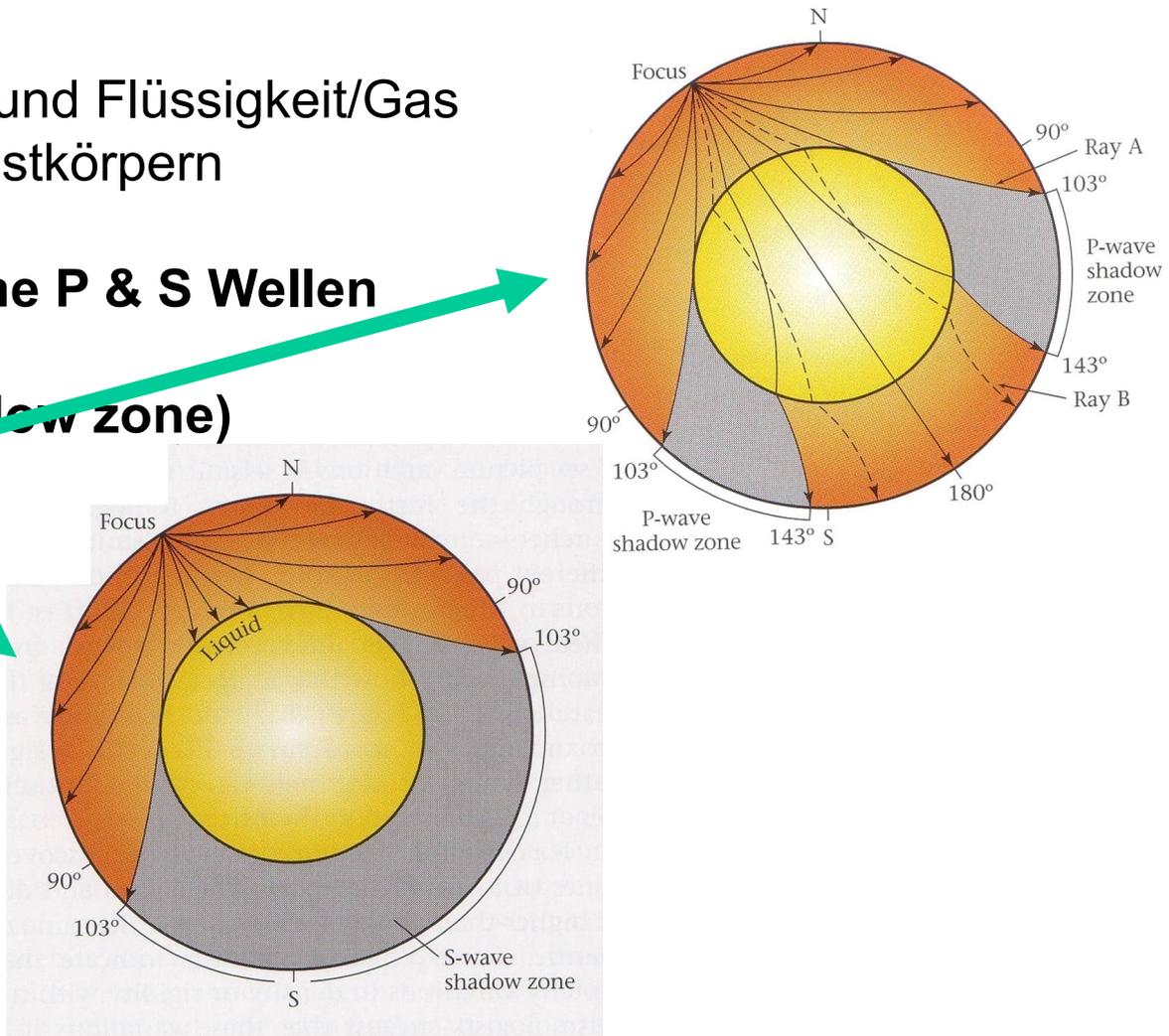
Regionen in denen keine P & S Wellen aufgezeichnet werden

• P Schatten Zone (shadow zone)

- $\sim \Delta = 103^\circ - 142^\circ$

• S Schatten Zone

- $\sim \Delta = 103^\circ - 180^\circ$



Warum gibt es Schatten Zonen? – der Erdkern

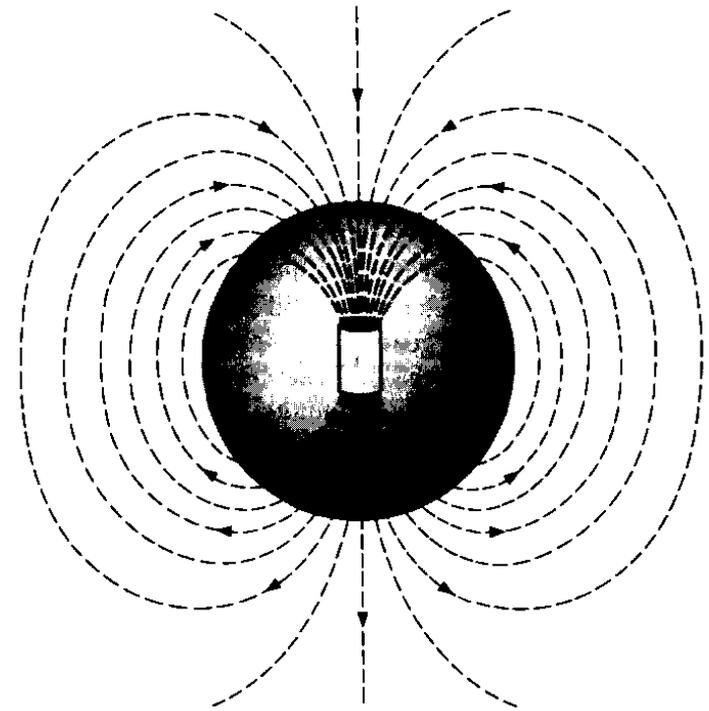
- Abnahme V_p vom Mantel zum Kern
- Kern ist flüssig: $V_s = 0$; keine S-Wellen

Gutenberg Discontinuität (CMB)

- Grenzschicht zwischen Mantel und Kern

Andere Hinweise für einen geschmolzenen Kern

- Erdmagnetfeld
- Konvektion im metallisch leitenden Kern

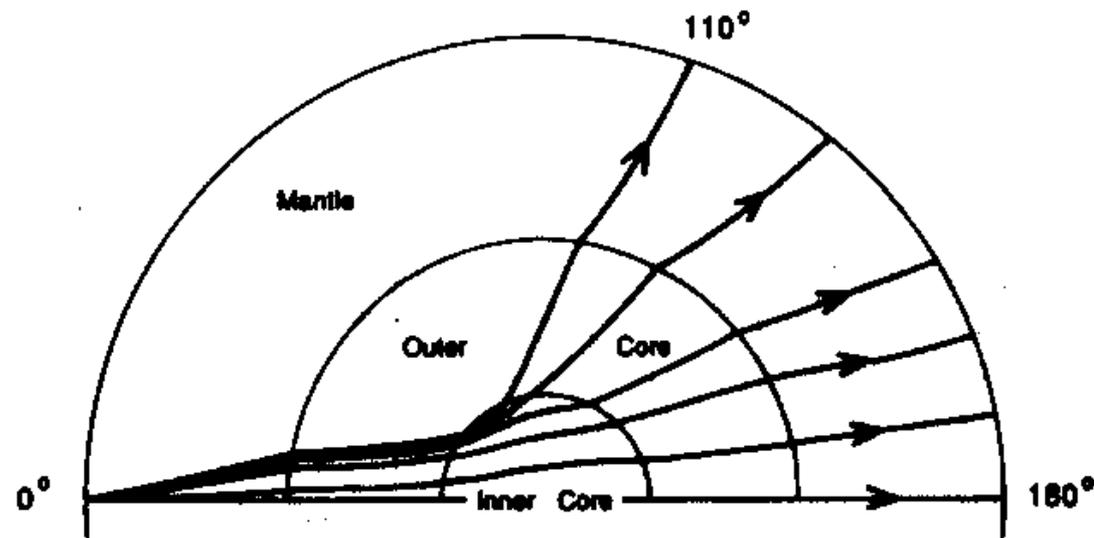


Der innere Kern

Schwache P-Wellen werden auch in der Schattenzone beobachtet

- nicht durch Streuung
- hervorgerufen durch Reflektionen/Refraktionen im inneren des Kerns
- äusserer und innerer Kern

- Innere Kern ist fest
- Äusserer Kern ist geschmolzen



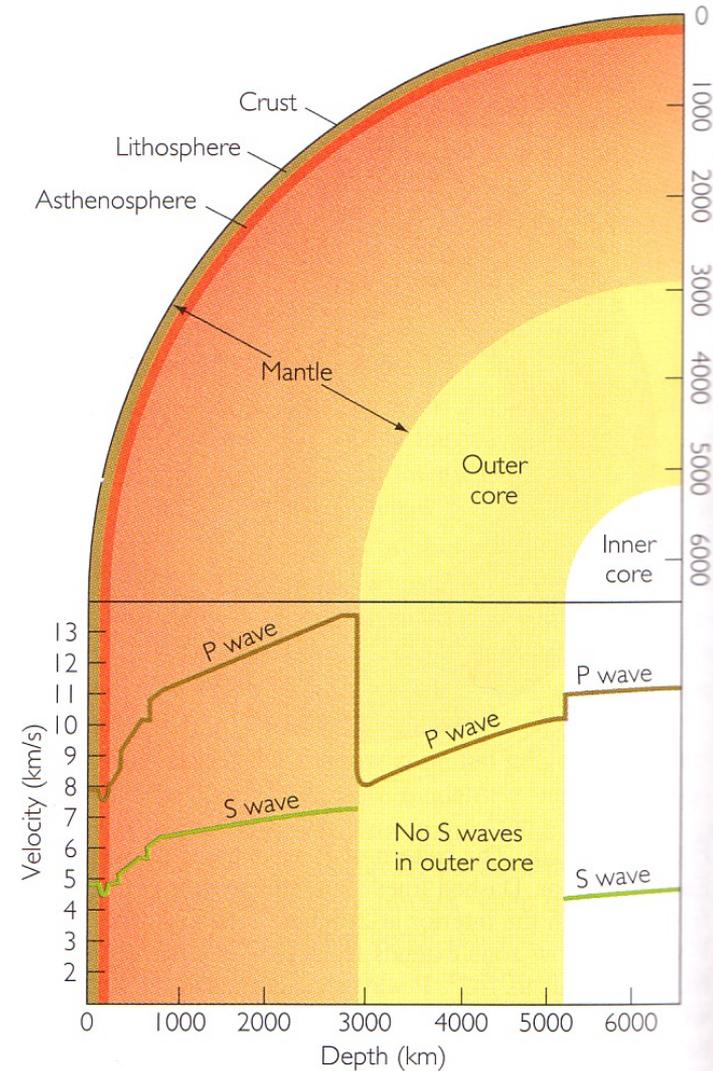
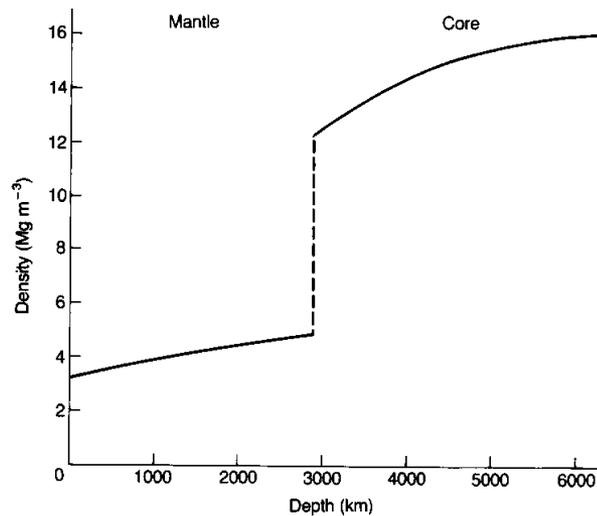
Seismische Geschwindigkeiten und Dichte

V_p & V_s

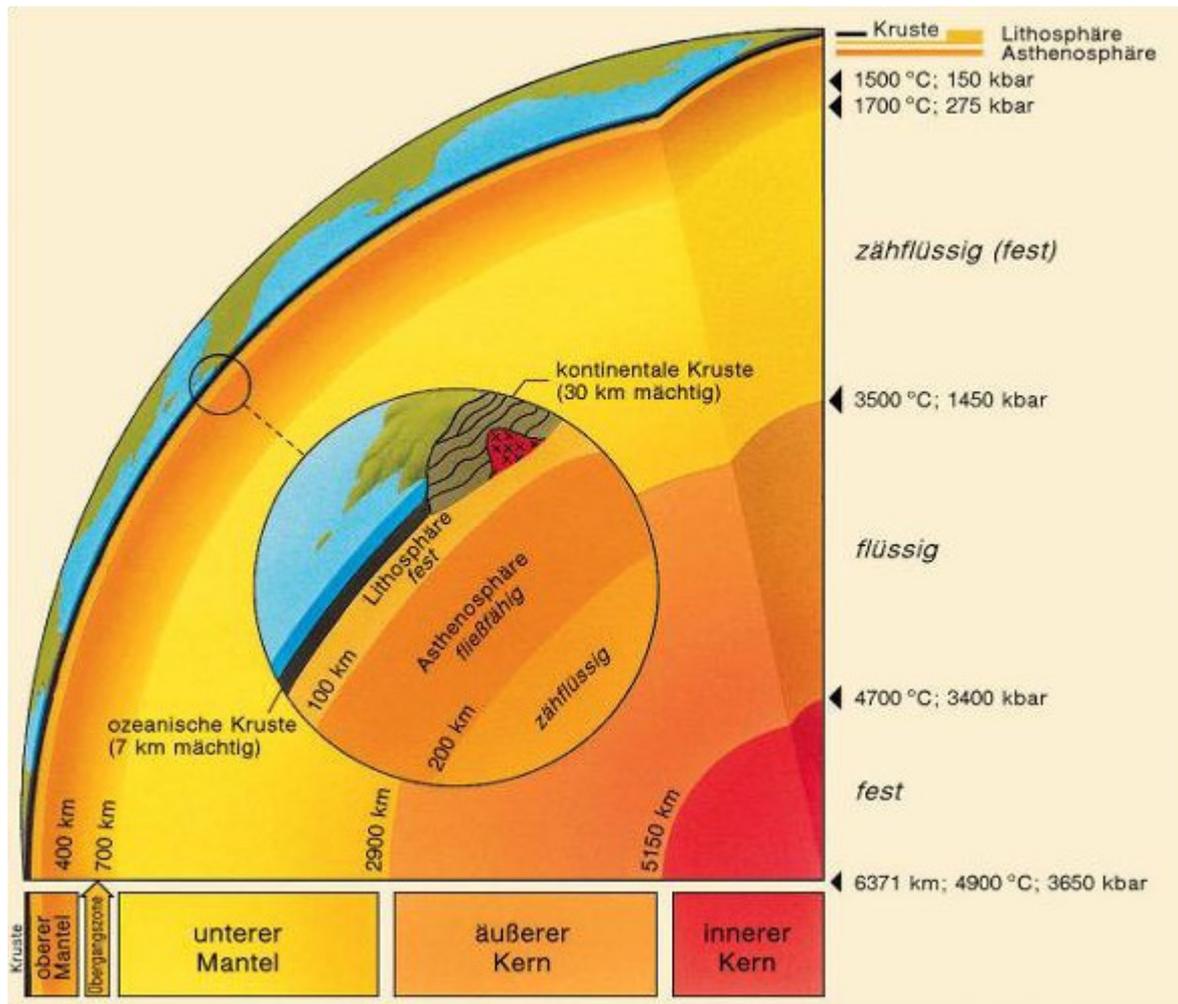
Abnahme an der CMB

Dichte

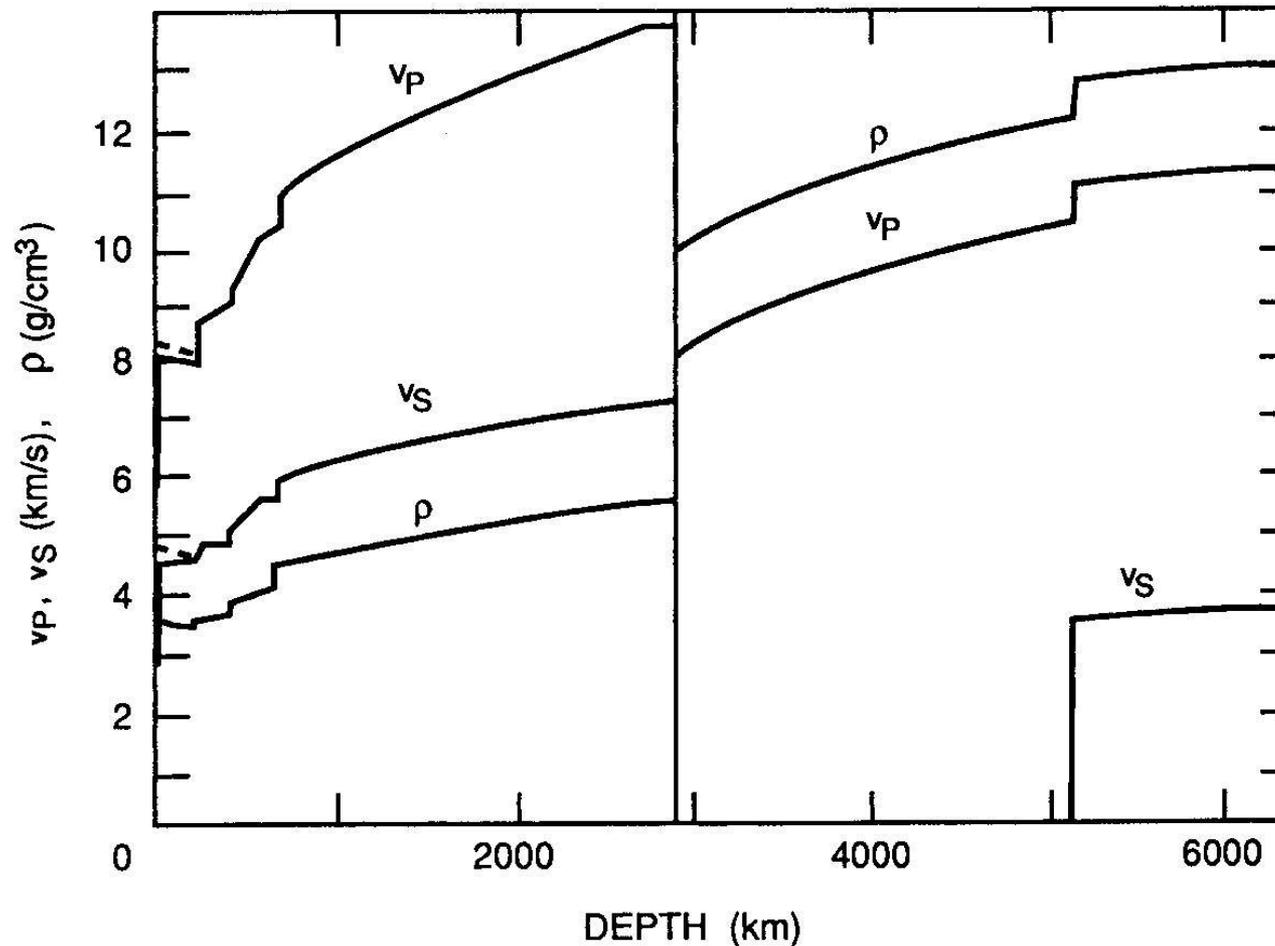
Zunahme an der CMB



Aufbau der Erde



Aufbau der Erde



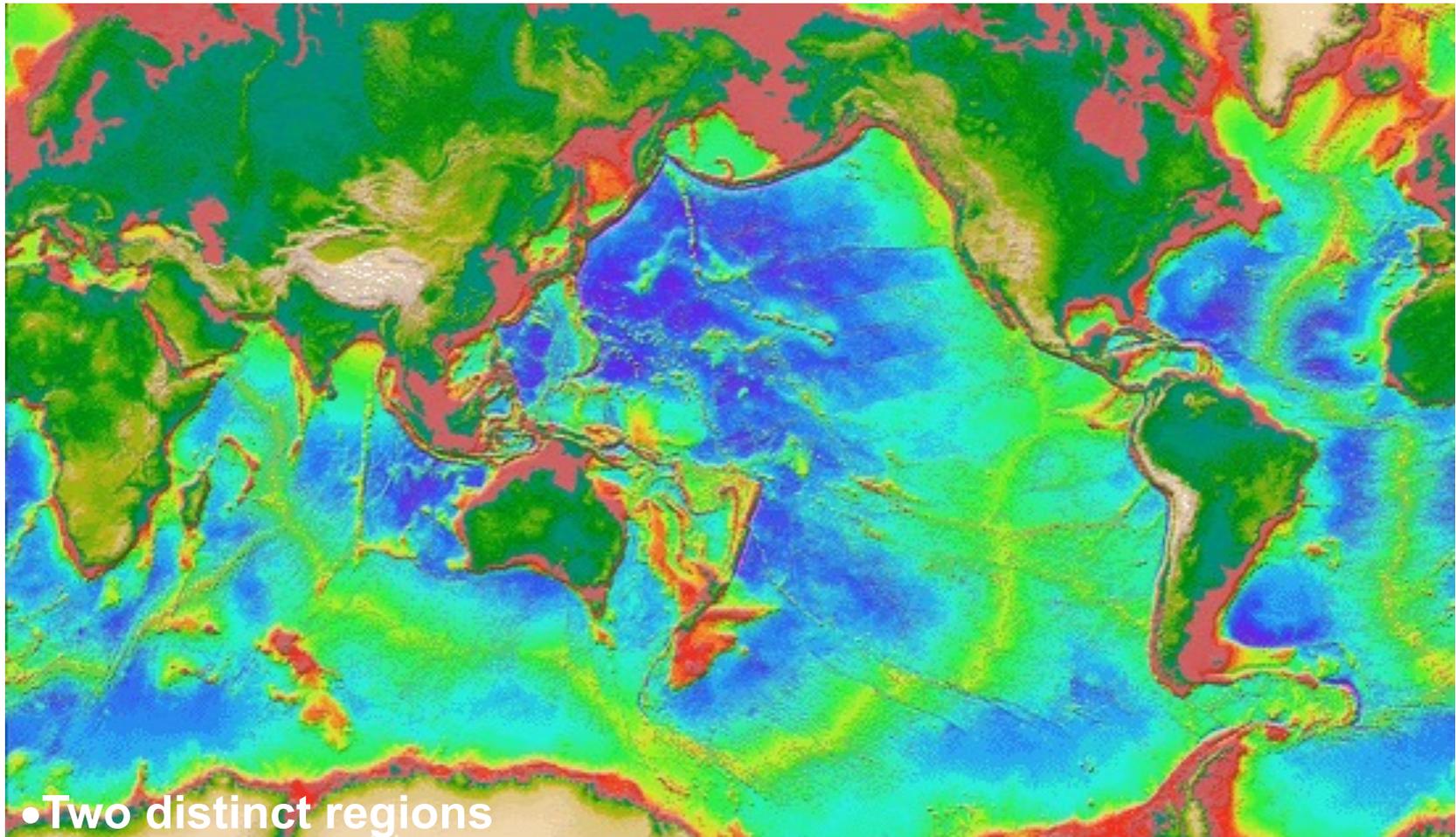
P- und S-Wellengeschwindigkeiten und Dichte des PREM (*Preliminary Reference Earth Model*) von Dziewonski, A. M. & Anderson, D. L., 1981: Preliminary reference Earth model, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **Vol. 25**, pp. 297-356.

Charakterisierung der Erdoberfläche: Hauptmerkmale

- Stell dir vor wir betrachten die Erde vom Weltraum!
- Was sehen wir?



Kontinente & Ozeane



- Two distinct regions
- How and why are they different?

Kontinente & Ozeane

Wichtige Merkmale der Erdoberfläche

- Höhe
- Alter
- Krustenmächtigkeit

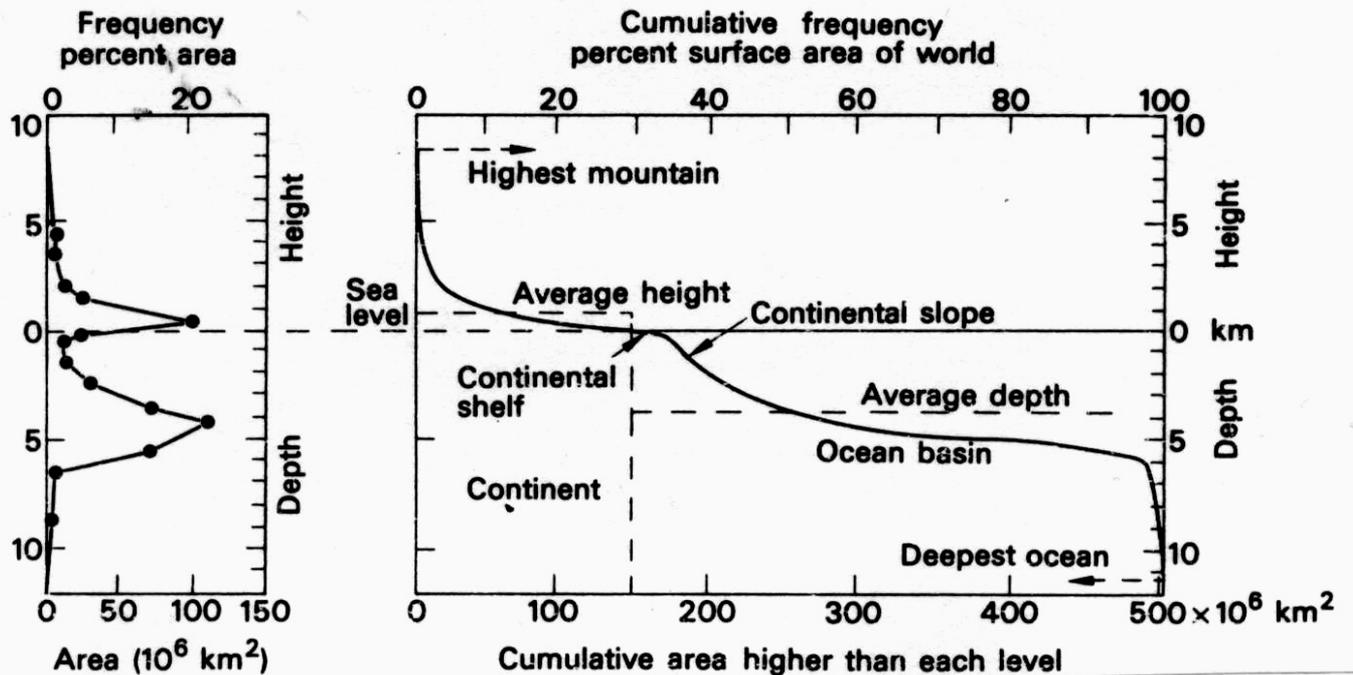


Kontinente & Ozeane

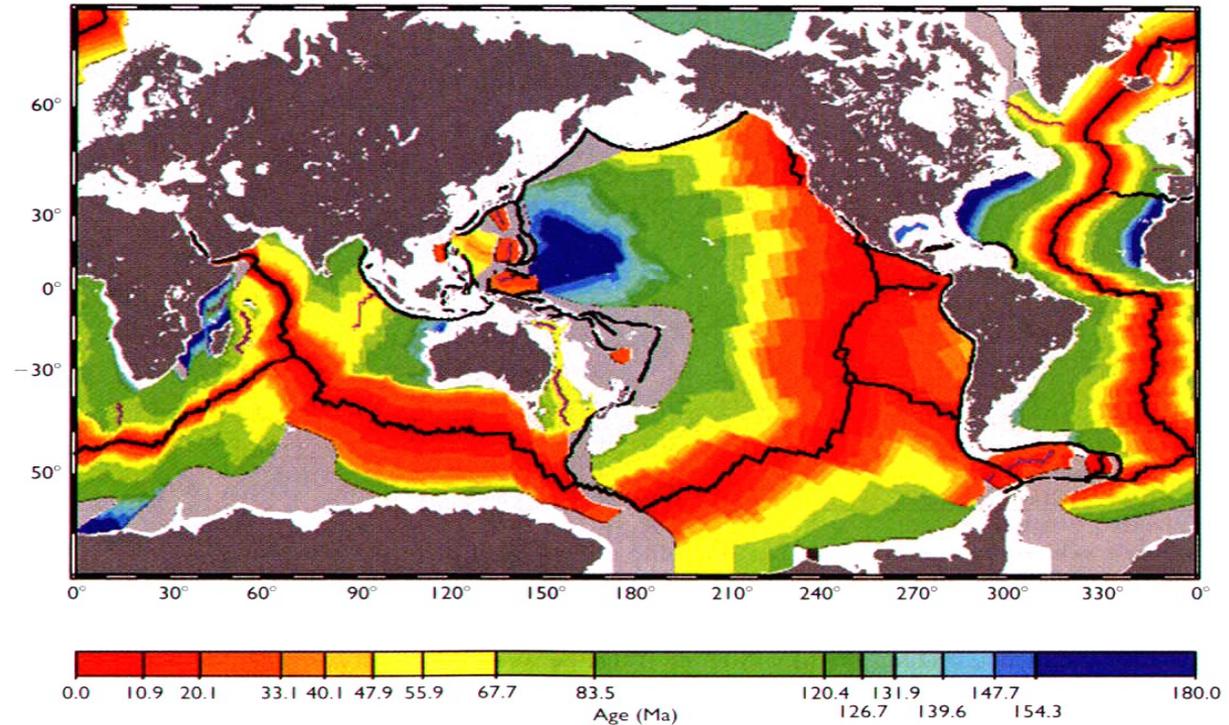
Höhendifferenz

- 2 Regionen mit unterschiedlicher Höhe
- Schneller Wechsel der Höhe zwischen den beiden Regionen
 - Kontinent im Durchschnitt = 0.5 km
 - Ozean im Durchschnitt = -5 km

• Warum?



Kontinente & Ozeane Altersunterschied

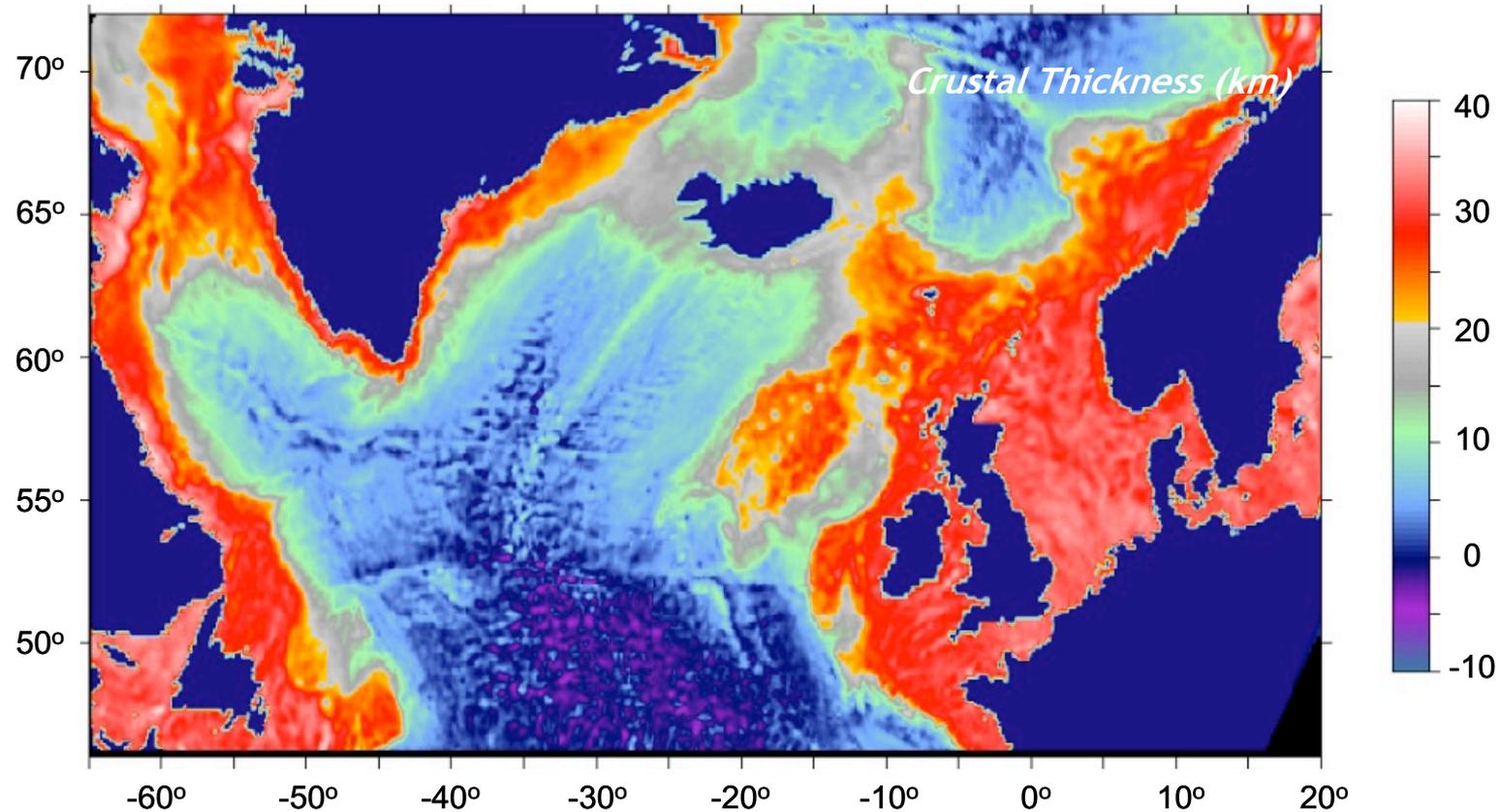


- Ältester Ozean = 200 Ma
- Ältester Kontinent = 3,800 Ma
- Altersunterschied = x 20
- Alter der Erde = 4,500 Ma
- **Warum?**

Kontinente & Ozeane

Unterschied der Krustendicke

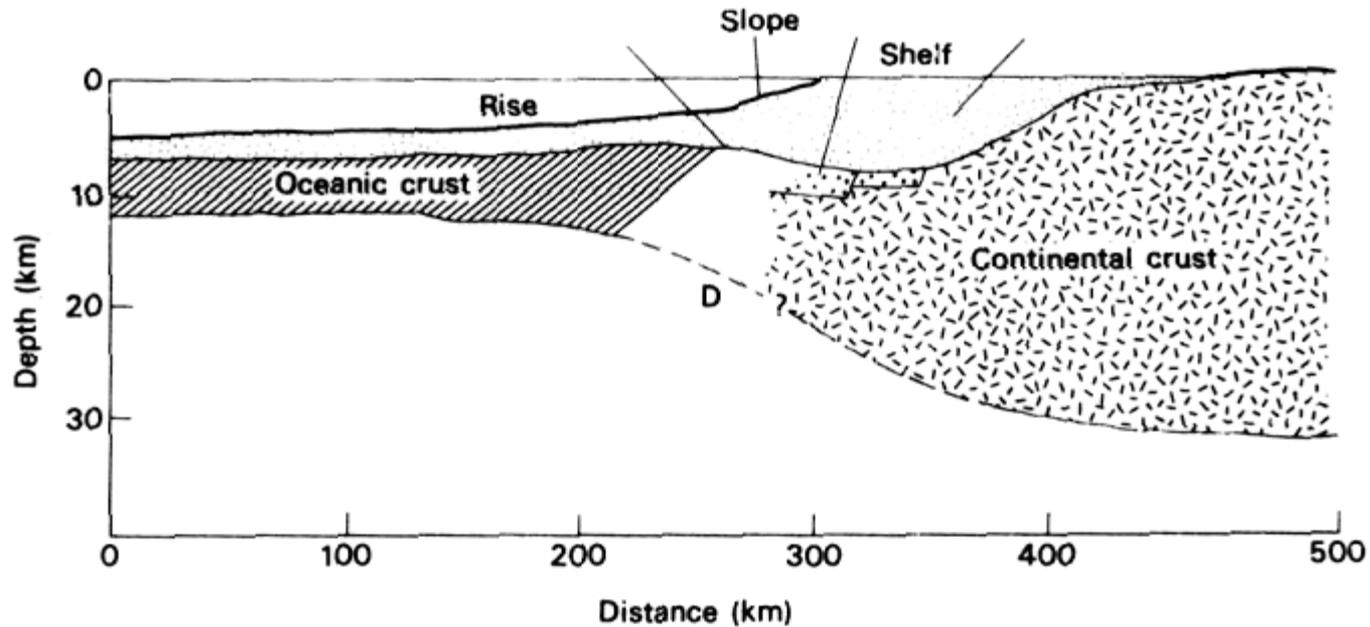
- Ozeane = 7 km
- Kontinente = 40 km



Kontinente & Ozeane

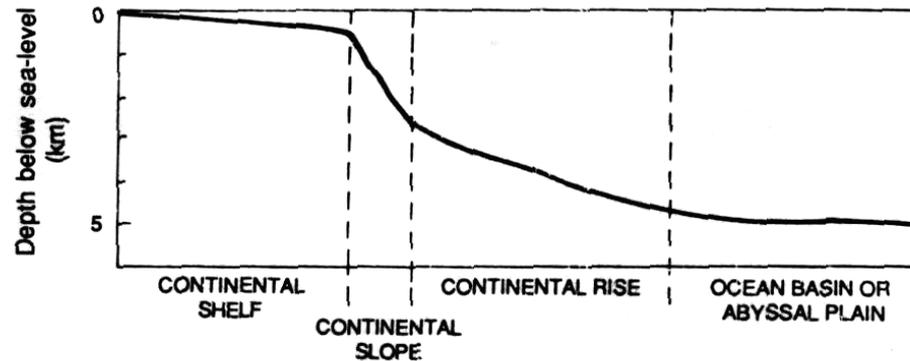
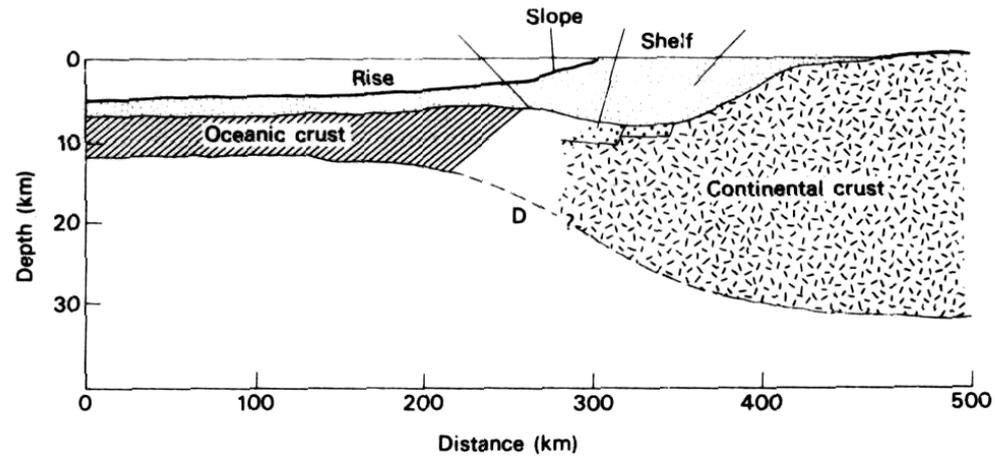
Unterschied der Krustendicke

- Ozeane = 7 km
- Kontinente = 40 km



Ozeane & Kontinente

Hängen Höhe und Krustenmächtigkeit von einander ab?

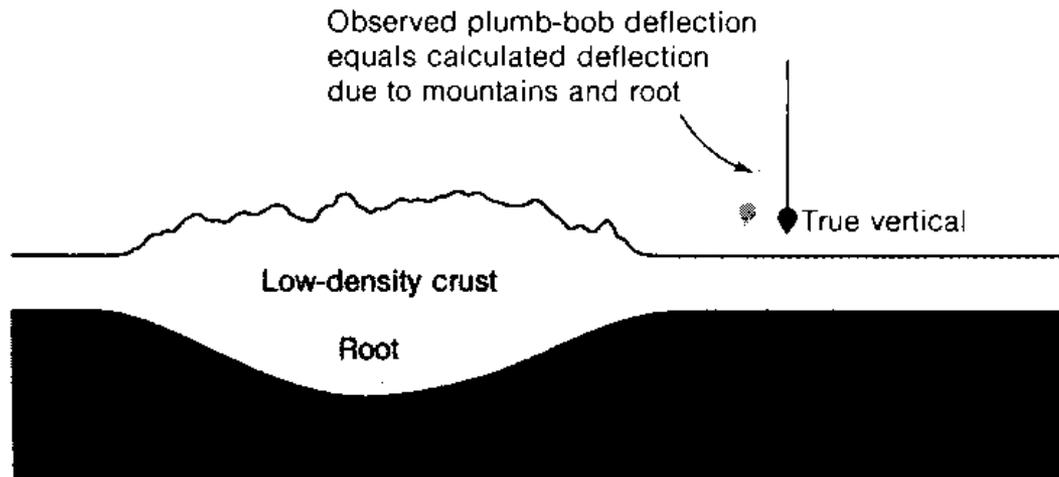


Ja: Isostasie

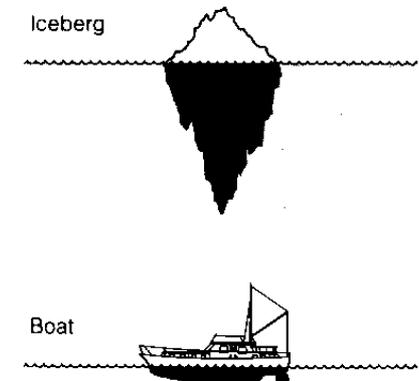
Isostasie, Berge & kompensierende Bergwurzeln

Bouguer bestimmte die Abweichung eine Bleilotes nahe der Anden

- Abweichung war geringer als erwartet
- fehlende Massen im Anden-orogen
- geringere Dichte der Bergwurzeln
- analog zum Eisberg



Examples of buoyancy



Dichte von Kruste und Mantel

$$\rho_{\text{crust}} = 2.8 \text{ gm/cc}$$

$$\rho_{\text{mantle}} = 3.3 \text{ gm/cc}$$

Isostischer Ausgleich zwischen Kontinenten und Ozeanen

Krustenmächtigkeit

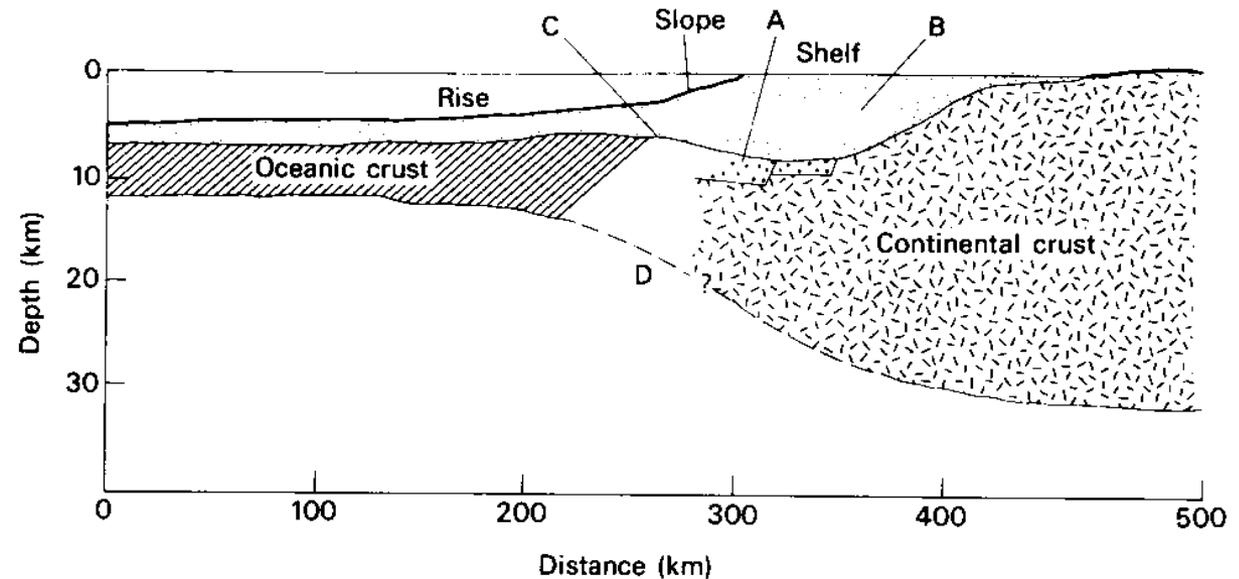
- Kontinente = 40 km
- Ozeane = 7 km

Dichte

$$\rho_{\text{water}} = 1.0 \text{ gm/cc}$$

$$\rho_{\text{crust}} = 2.8 \text{ gm/cc}$$

$$\rho_{\text{mantle}} = 3.3 \text{ gm/cc}$$



Airy isostasy model

- brauch ~5 Wassertiefe in den Ozeanen für gleichen Druck in der Kompensationstiefe

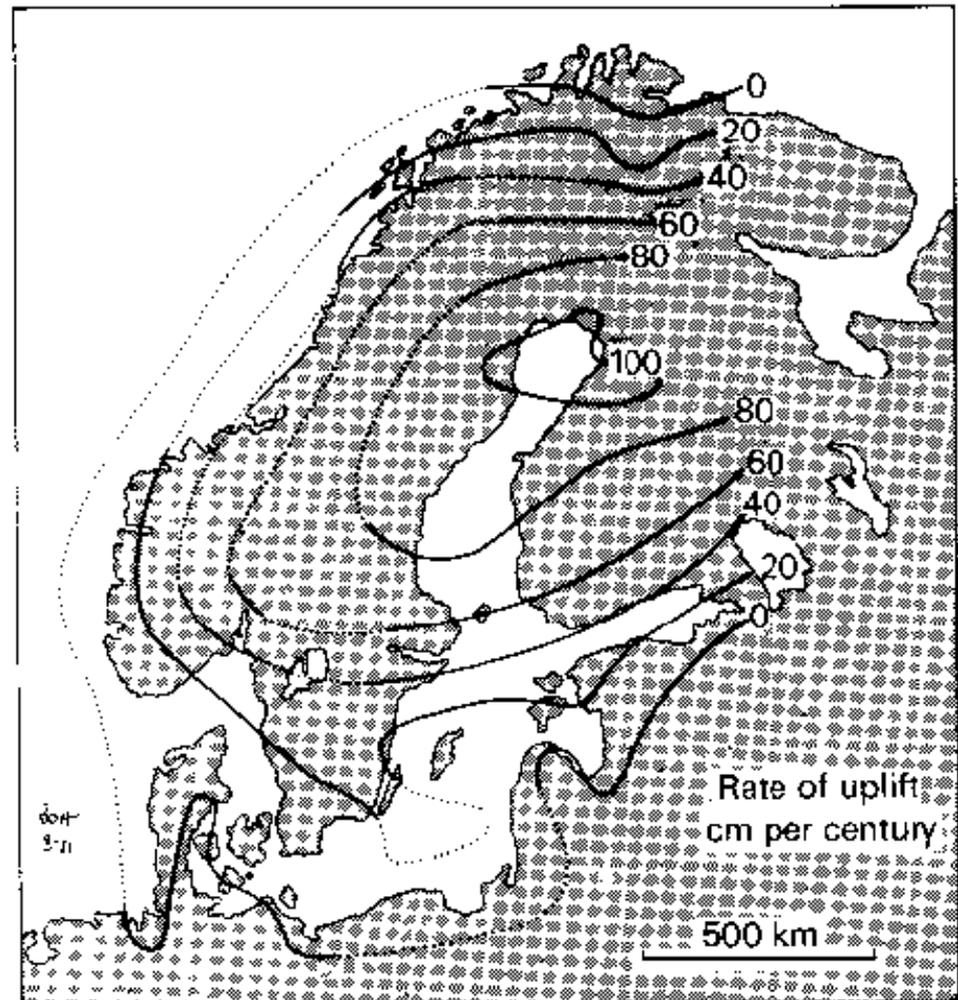
Krustenmächtigkeit und Höhenunterschied zwischen Kontinenten und Ozeanen sind verbunden!

- Ozeane existieren da sie eine dünnere Kruste haben

Isostasie - Post-glacial rebound

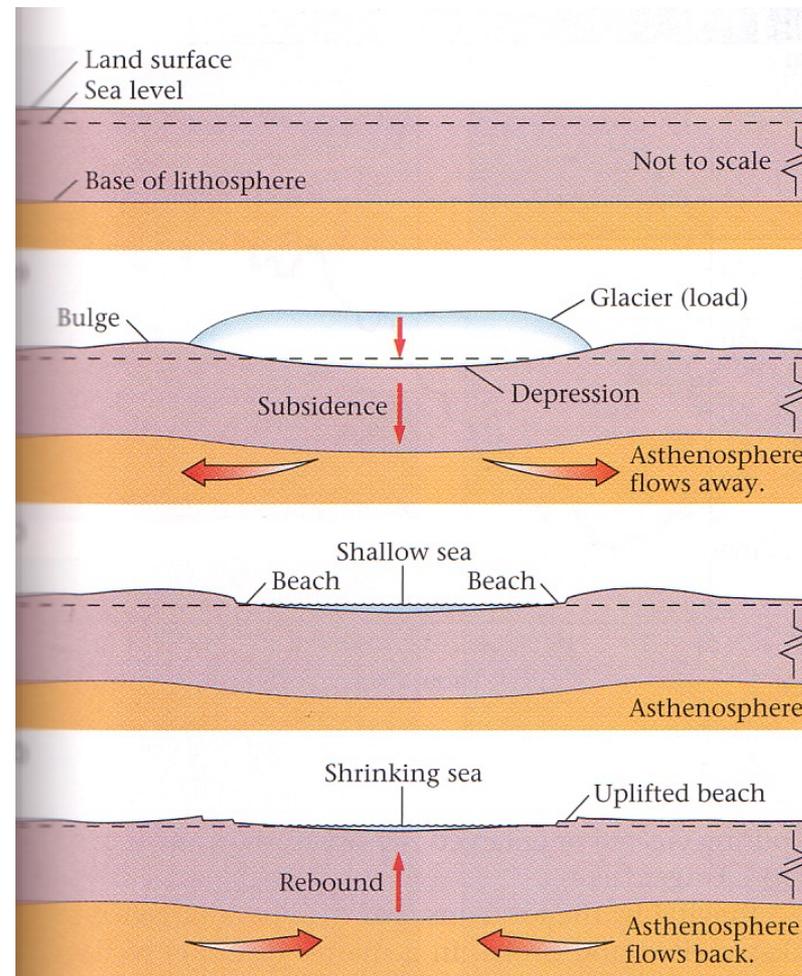
Beispiel: Fennoscandia

- Vereisung stoppte vor ca. 10,000 Jahren
- Gulf of Bothnia steigt ca. 1m / Jahrhundert
- Umgrenzende Gebiete sinken ab



Isostasie - Post-glacial rebound

- Zeitabhängigkeit kontrolliert durch die Viskosität des Erdmantels (Asthenosphäre)



Kontinente & Ozeane

Wichtige Merkmale der Erdoberfläche

Was können wir noch sehen?

- Mittelozeanische Rücken
- Ozeangraben
- Inselbögen
- Gebirgsketten

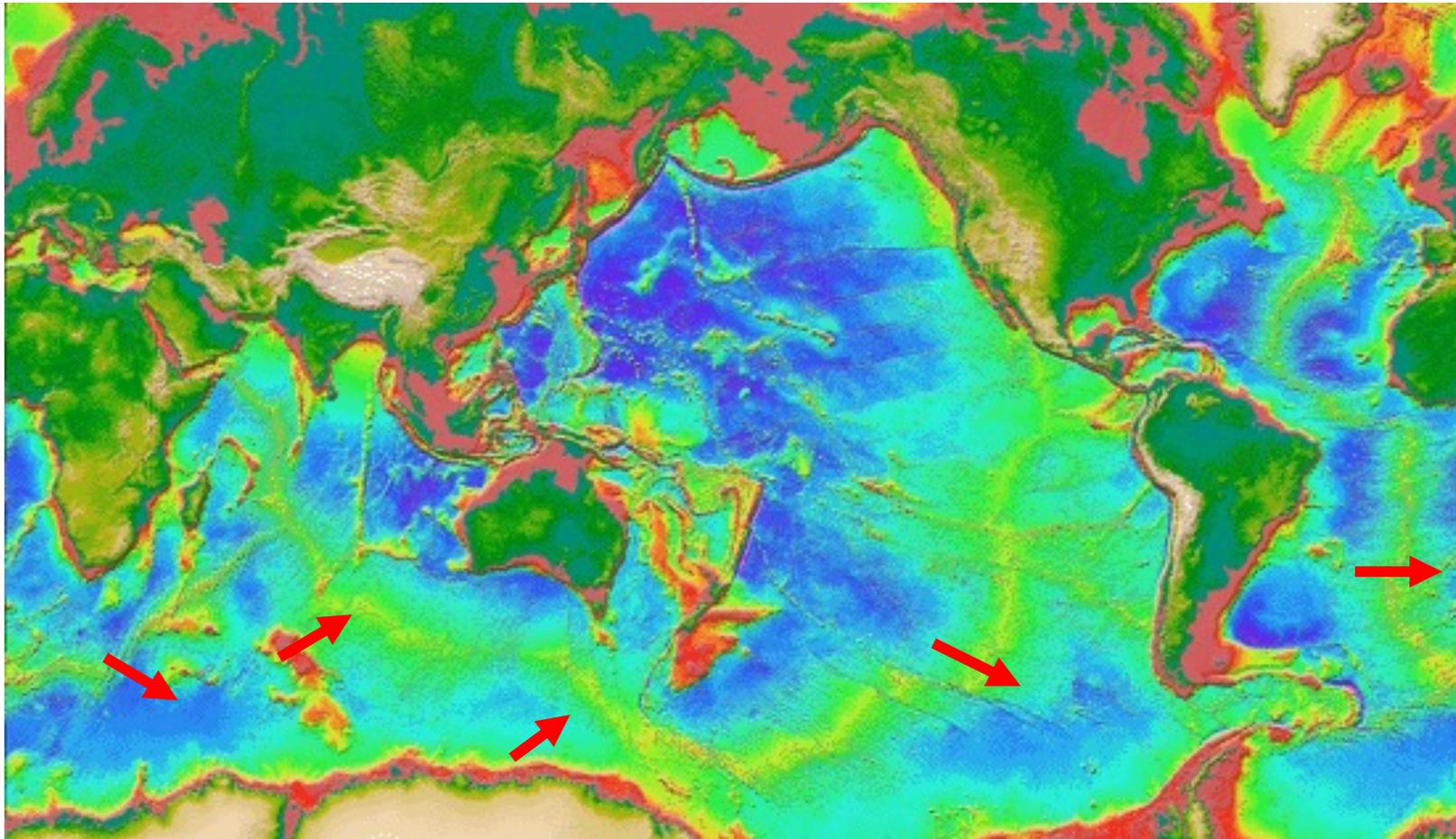
Mit Fernerkundung:

- Vulkane
- Erdbeben



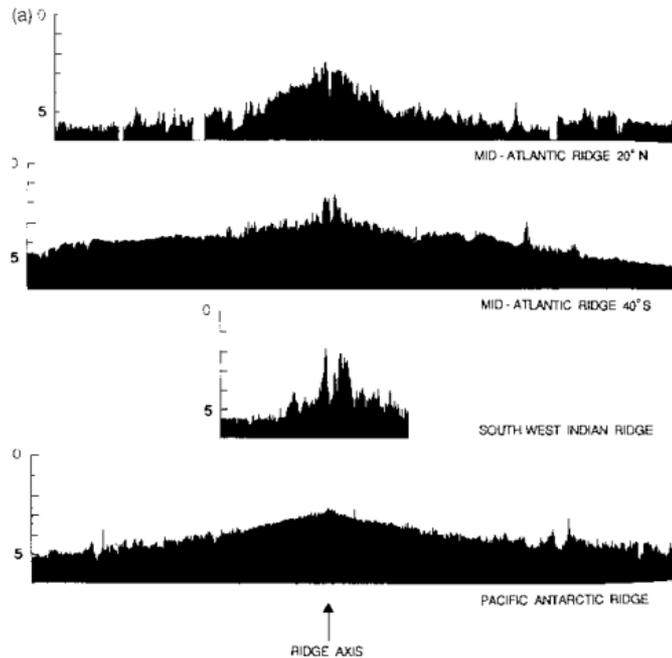
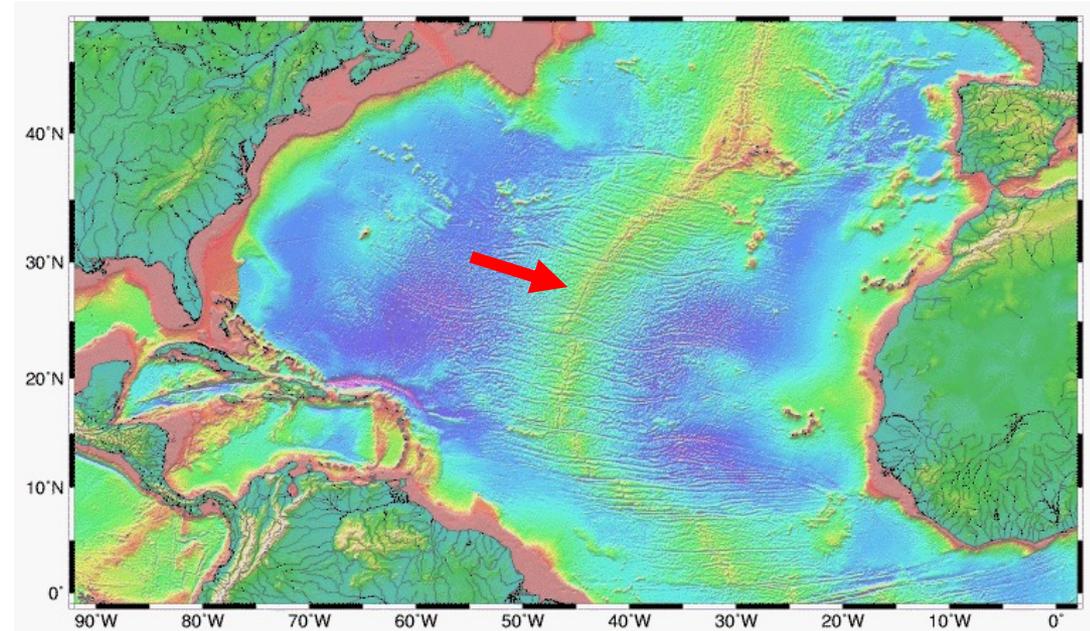
Mittelozeanische Rücken

- sub-marine Gebirgsketten
- 2 - 3 km hoch
- 80,000 km lang



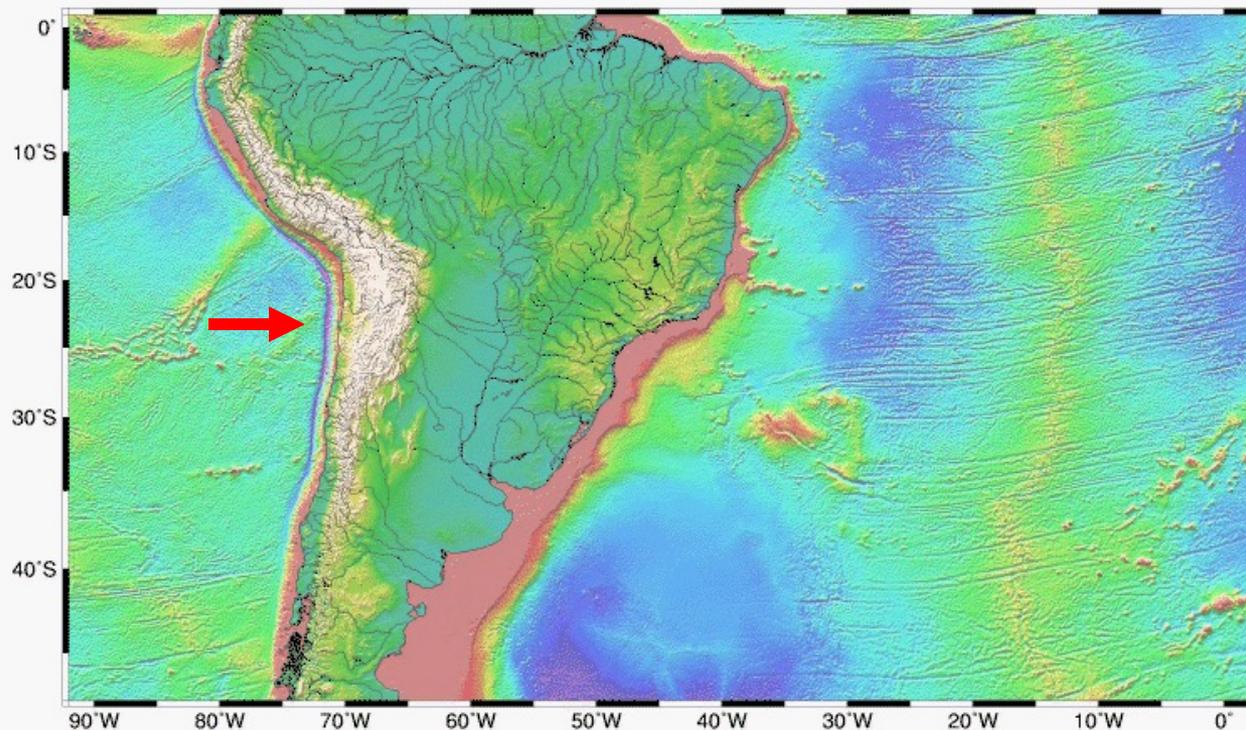
Mittelozeanische Rücken

- sub-marine Gebirgsketten
- 2 - 3 km hoch
- 80,000 km lang



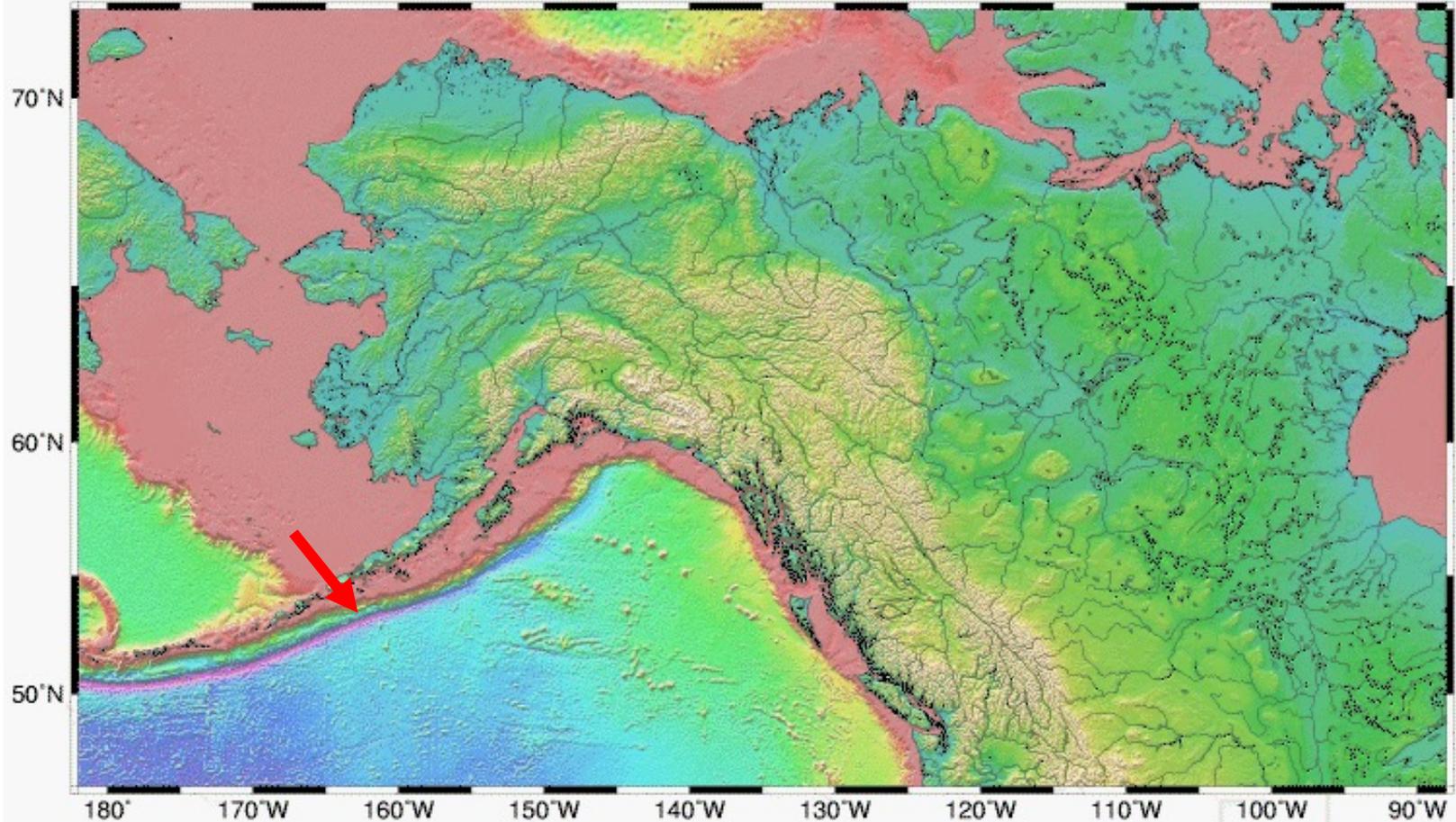
Ozeangräben

- lange enge Täler im Ozeanboden
- bis zu 11 km tief
- 1000s km lang
- ~100 km breit,
- oft an den Rändern der Ozeane



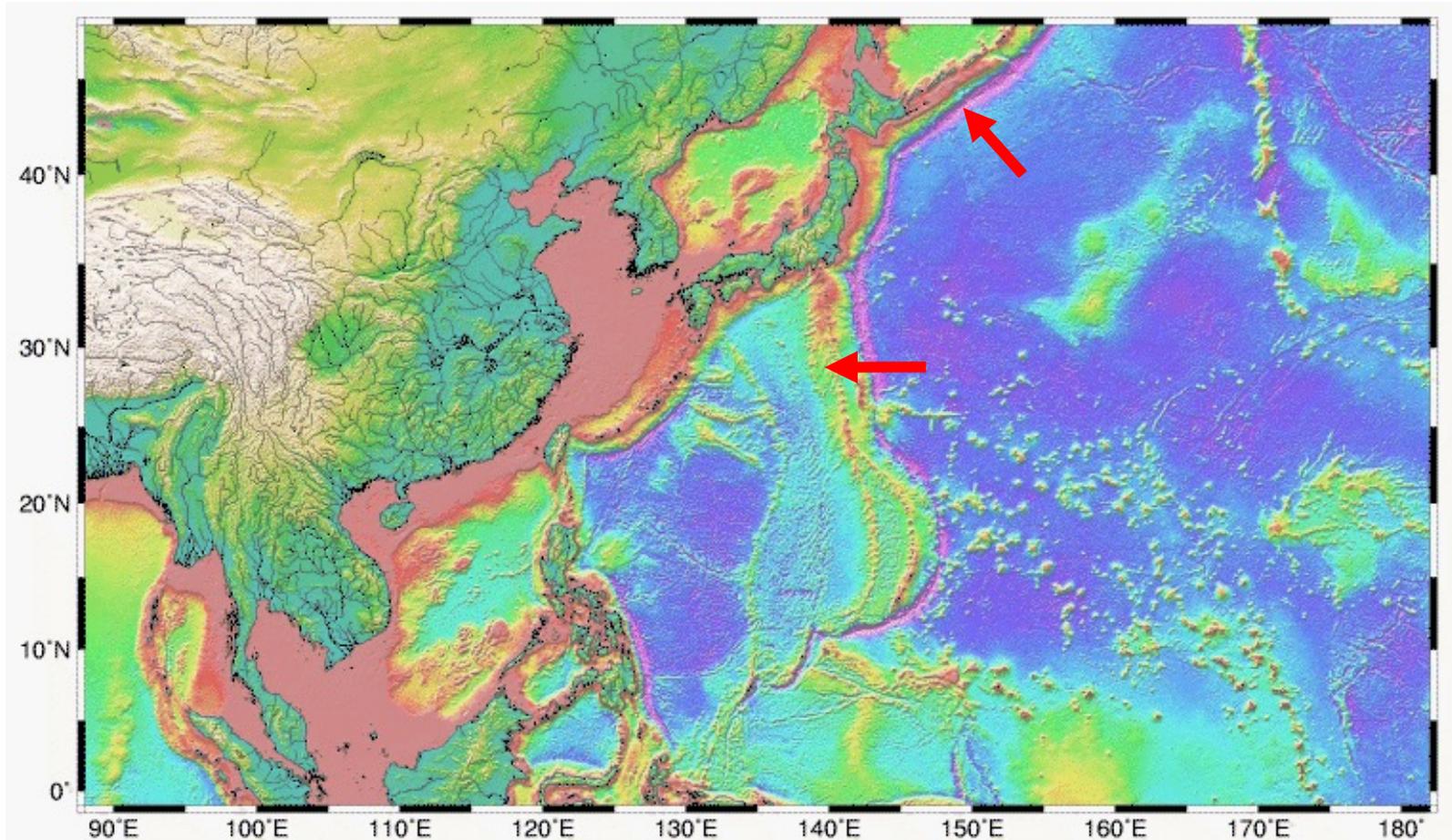
Inselbögen

- lange enge Zonen von vulkanischen Inseln
- parallel zu den Ozeanraben



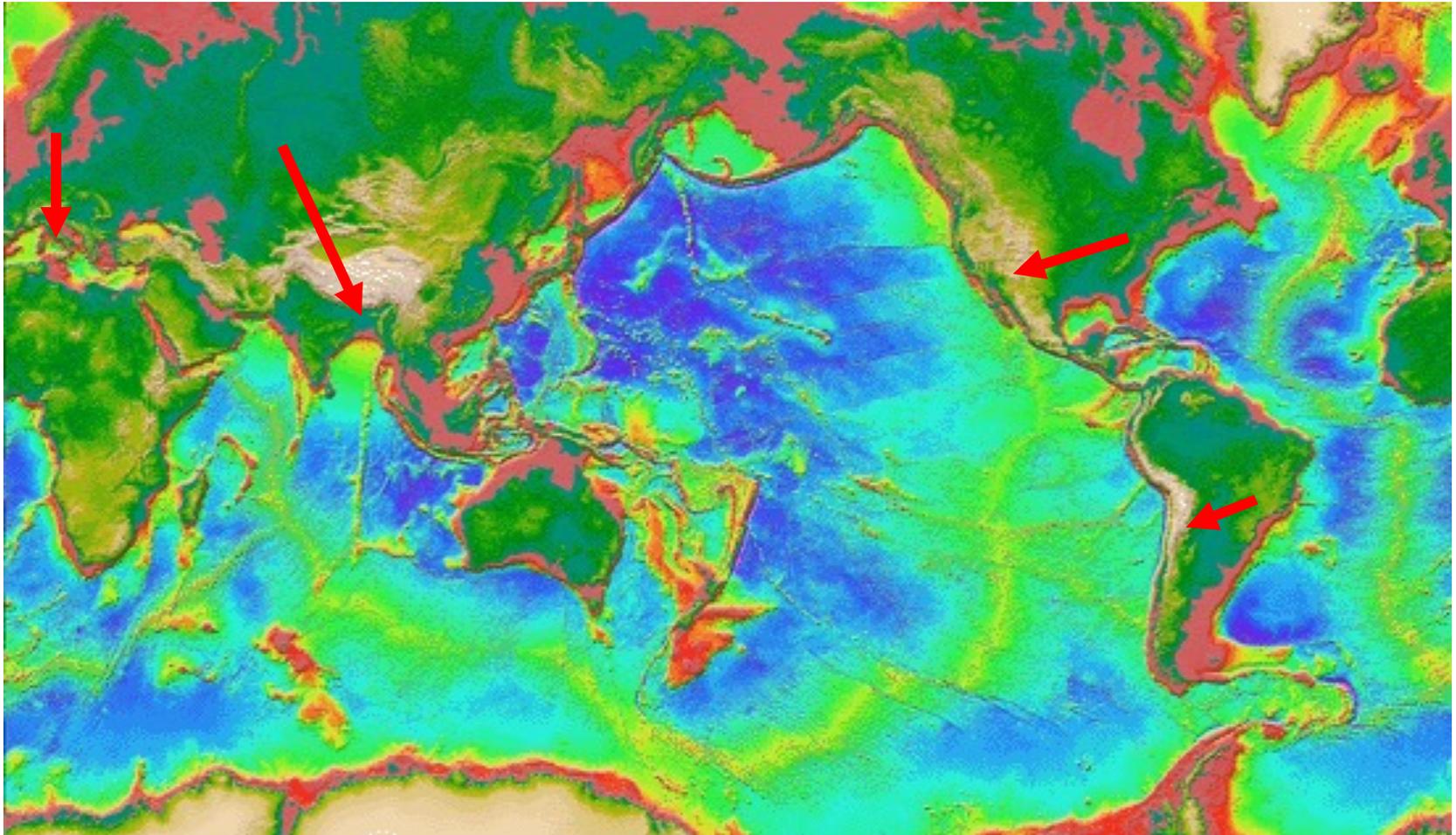
Inselbögen

- lange enge Zonen von vulkanischen Inseln
- parallel zu den Ozeanraben

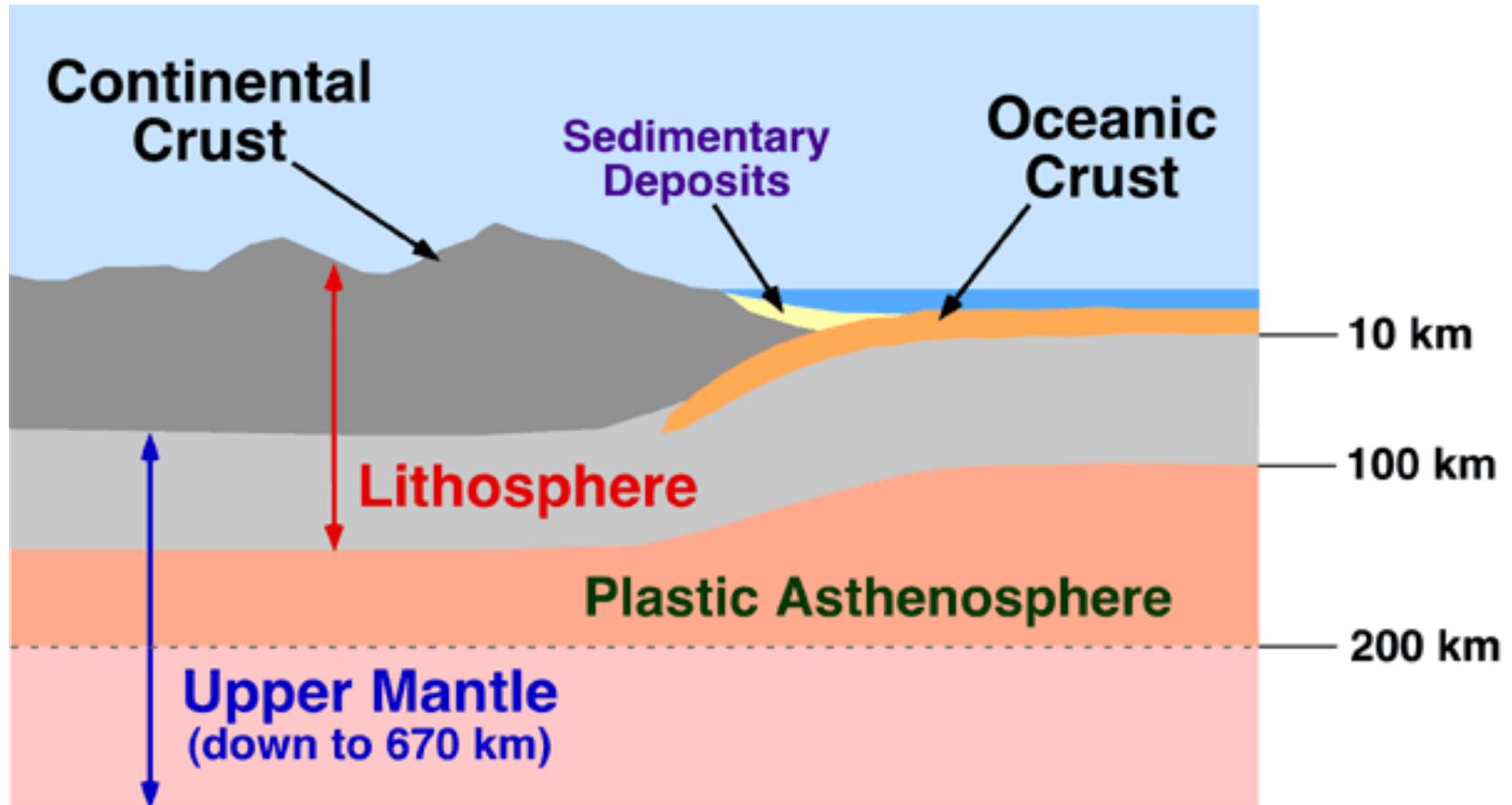


Gebirgsketten

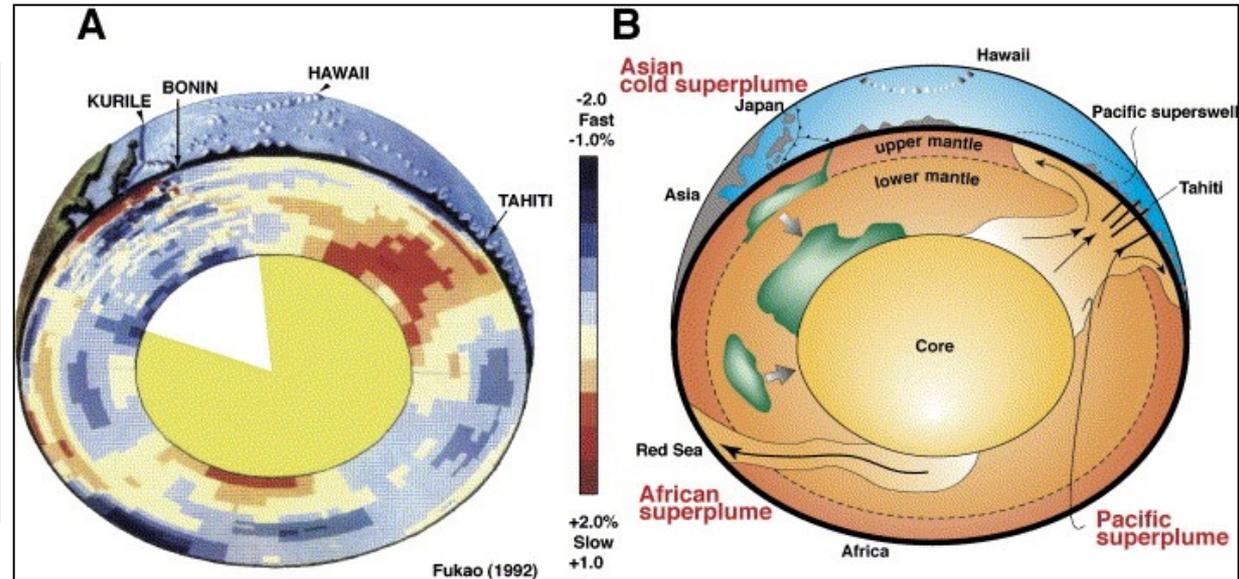
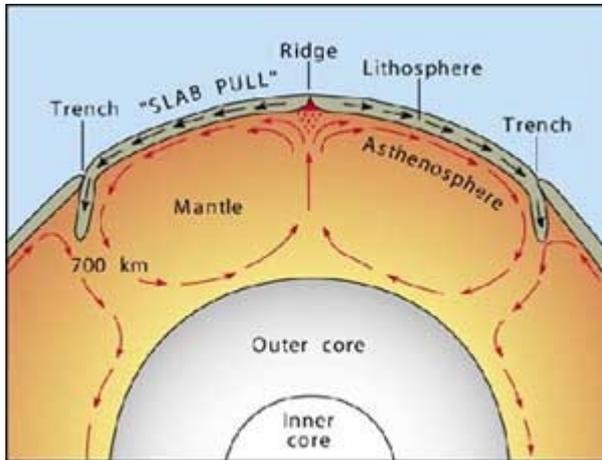
- e.g. Alpen, Himalaya, Anden, Rockies



Aufbau der Erde

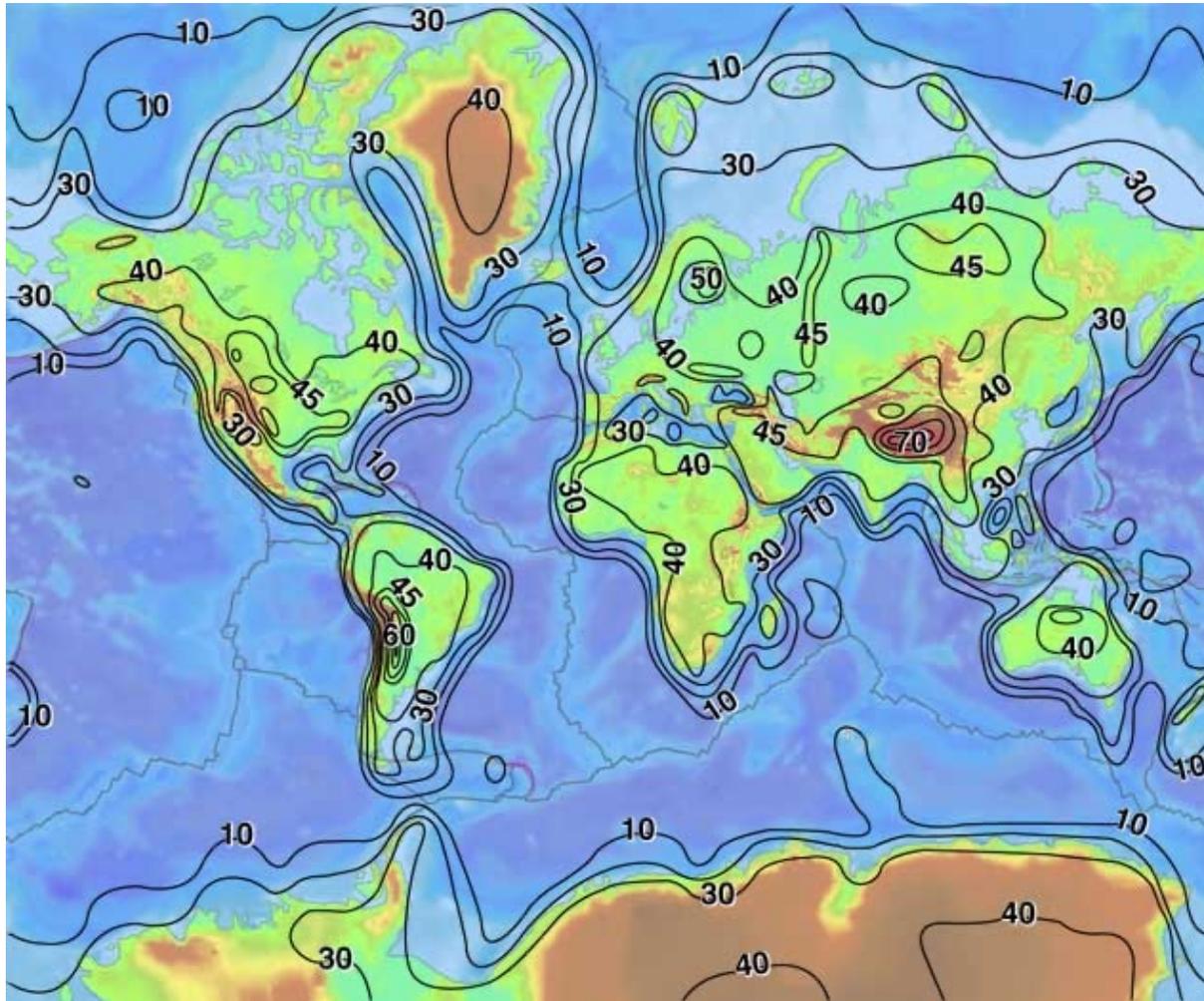


Lithosphäre, Asthenosphäre, kontinentale und ozeanische Kruste, schematisch.



- deutliche laterale Heterogenitäten (Plattentektonik, Plumes etc.)
- deshalb: Erstellen von komplexeren Modellen (Vorlesungen am Ende des Semesters)

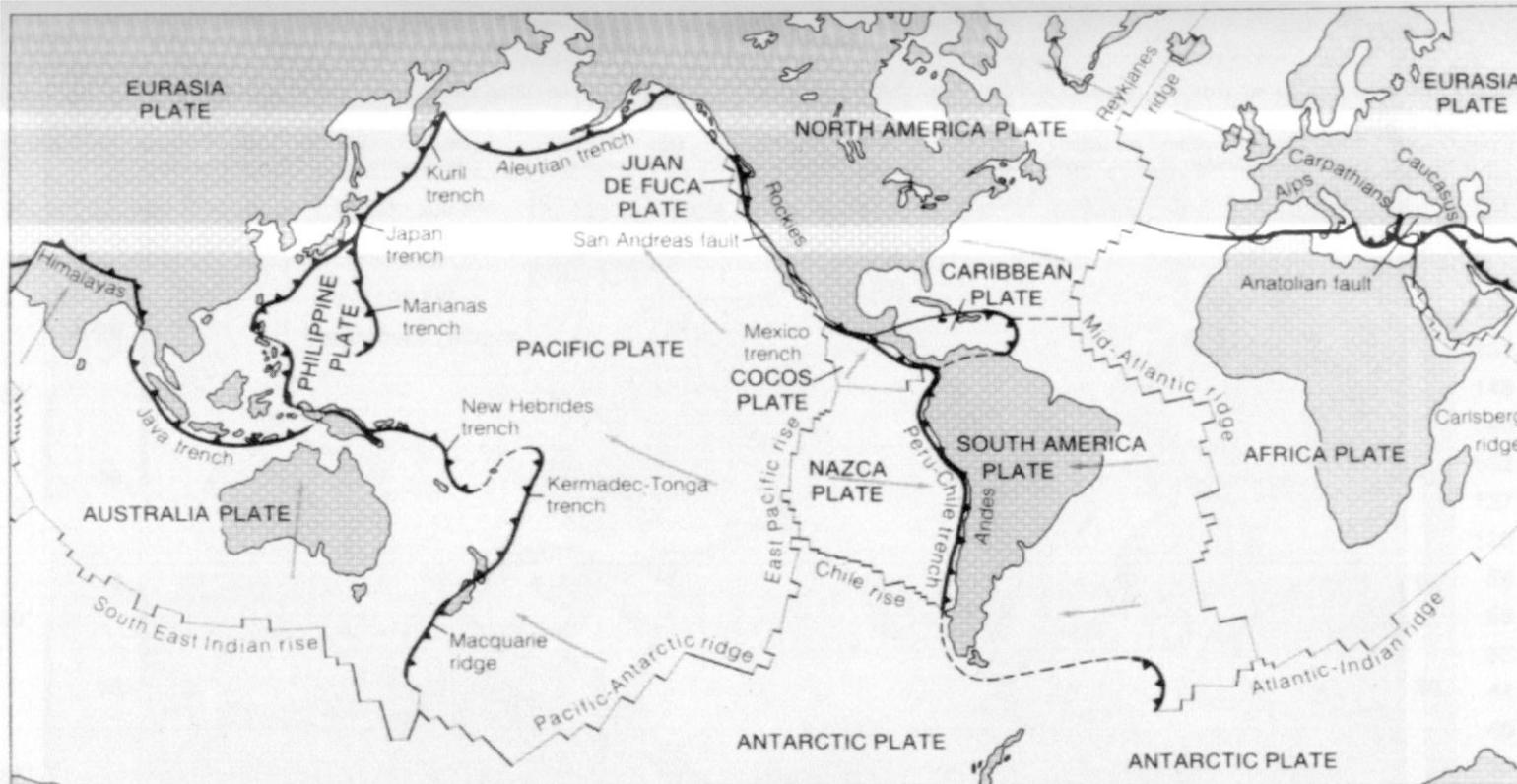
Aufbau der Erde: Krustenmächtigkeit



- Erdbeben an Plattengrenzen lokalisiert
- Tiefenverteilung der Erdbeben
- Vulkanismus an Plattengrenzen lokalisiert
- Hotspot-Vulkanismus erzeugt Inselketten
- Alter der ozeanischen Kruste: Symmetrie um MOR
- Symmetrie der magnetischen Streifenmuster
- Verteilung der globalen Wärmestromdichte
- Küstenähnlichkeit: Urkontinent Pangäa
- Bruchmechanismen, Herdflächenlösungen

- Modell: äußere Schale der Erde ist in dünne starre Platten aufgeteilt, bewegen sich gegeneinander
- Relative Geschwindigkeiten: Größenordnung von wenigen Zentimetern pro Jahr



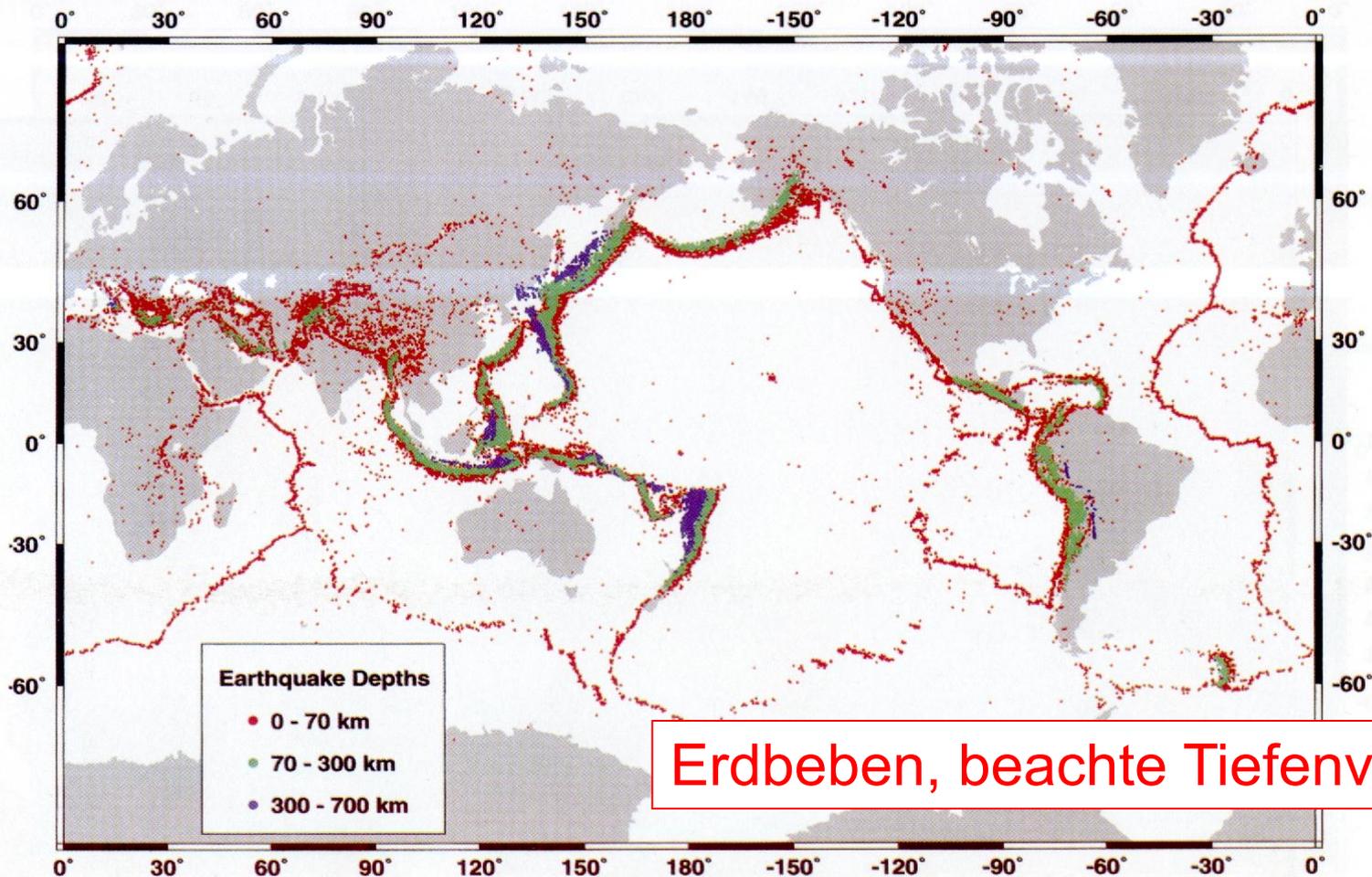


Key

-  Subduction zone
-  Uncertain plate boundary
-  Strike-slip (transform) faults
-  Direction of plate motion
-  Ridge axis

Es gibt unterschiedliche Plattengrenzen

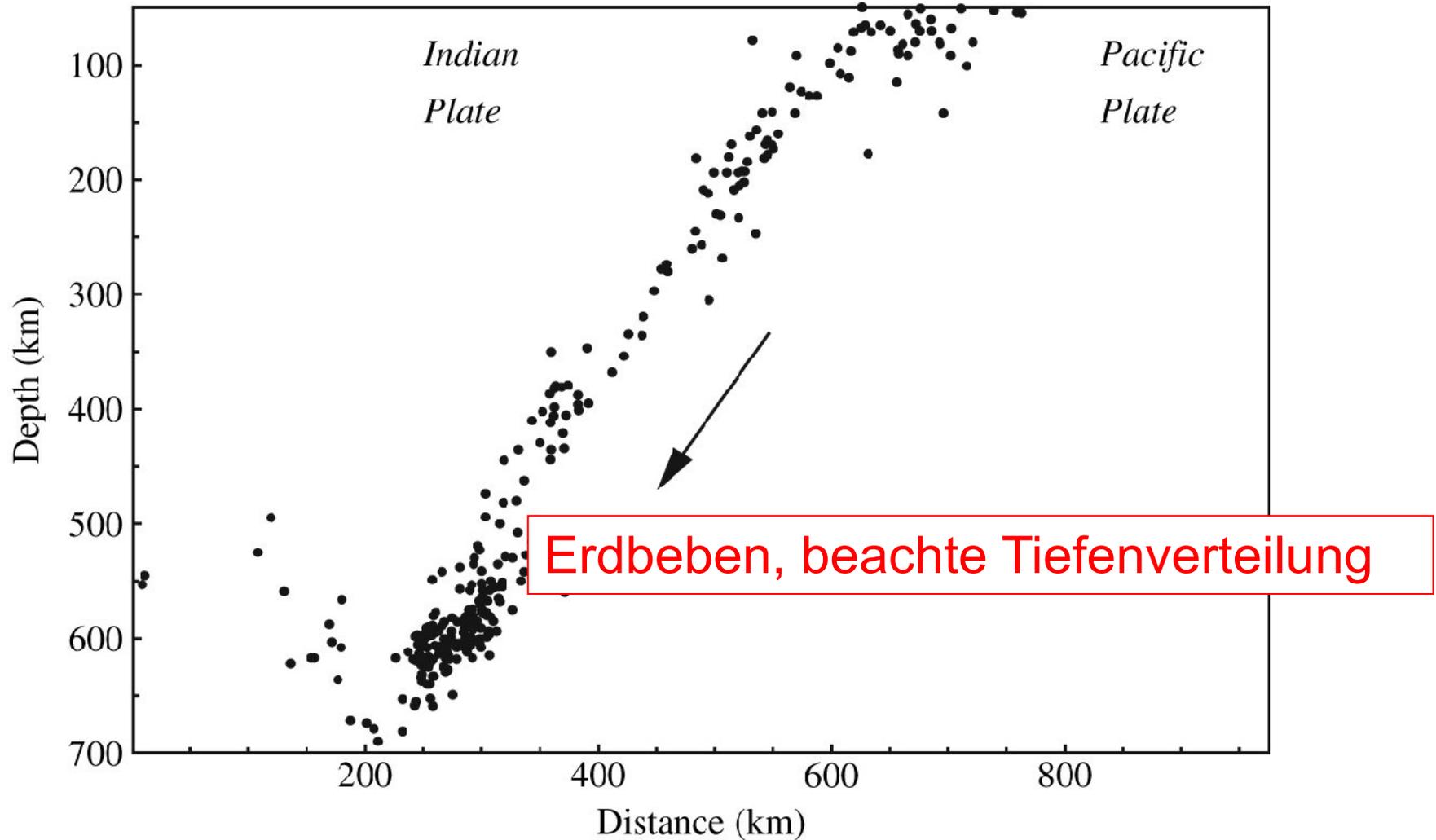
Geographische Verteilung der Platten; ebenfalls die Lokation der Mittelozeanischen Rücken (*mid-oceanic ridge*), der Subduktionszonen (*subduction zones*) und der Transformstörungen (*transform faults*), die die Plattenränder konstituieren.

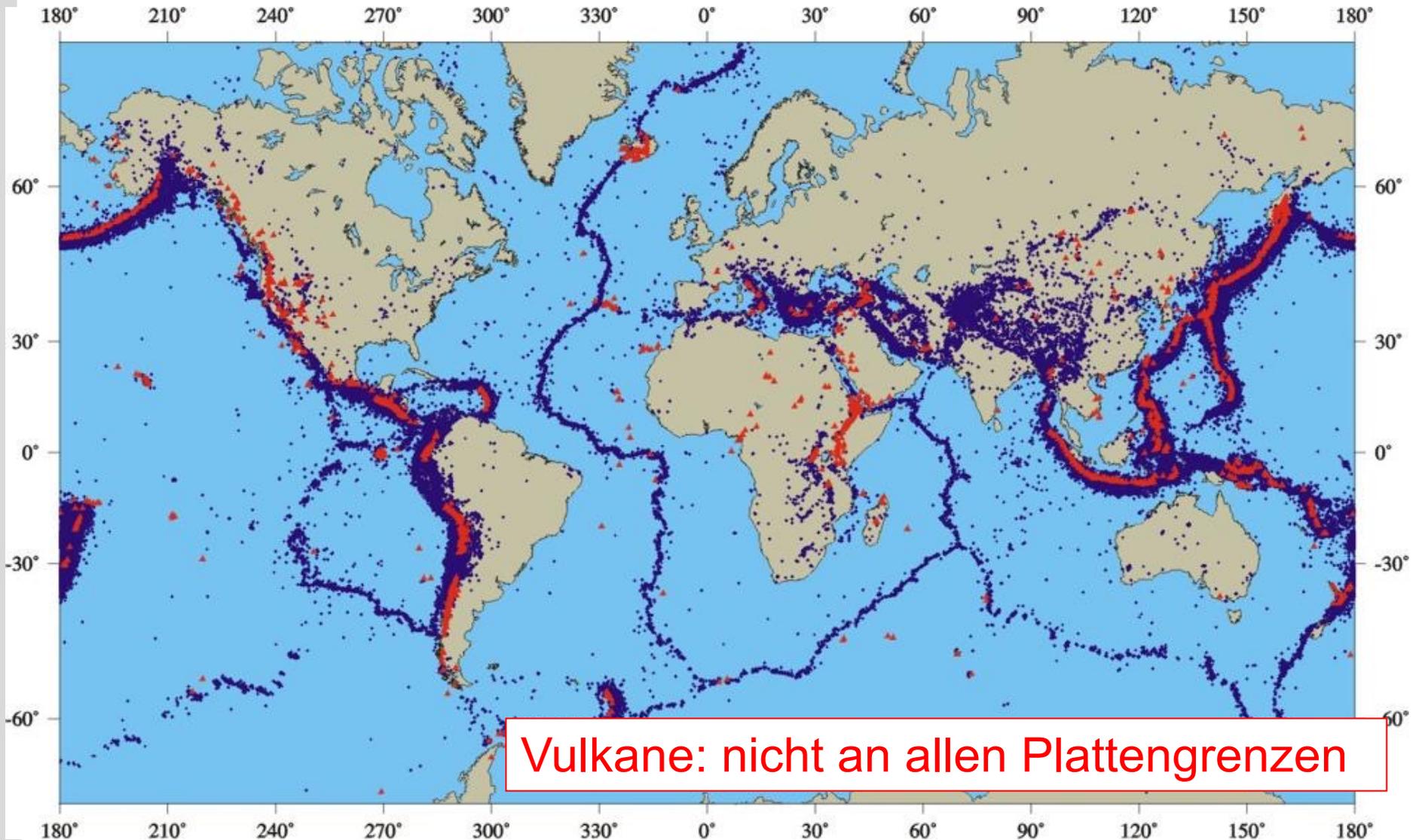


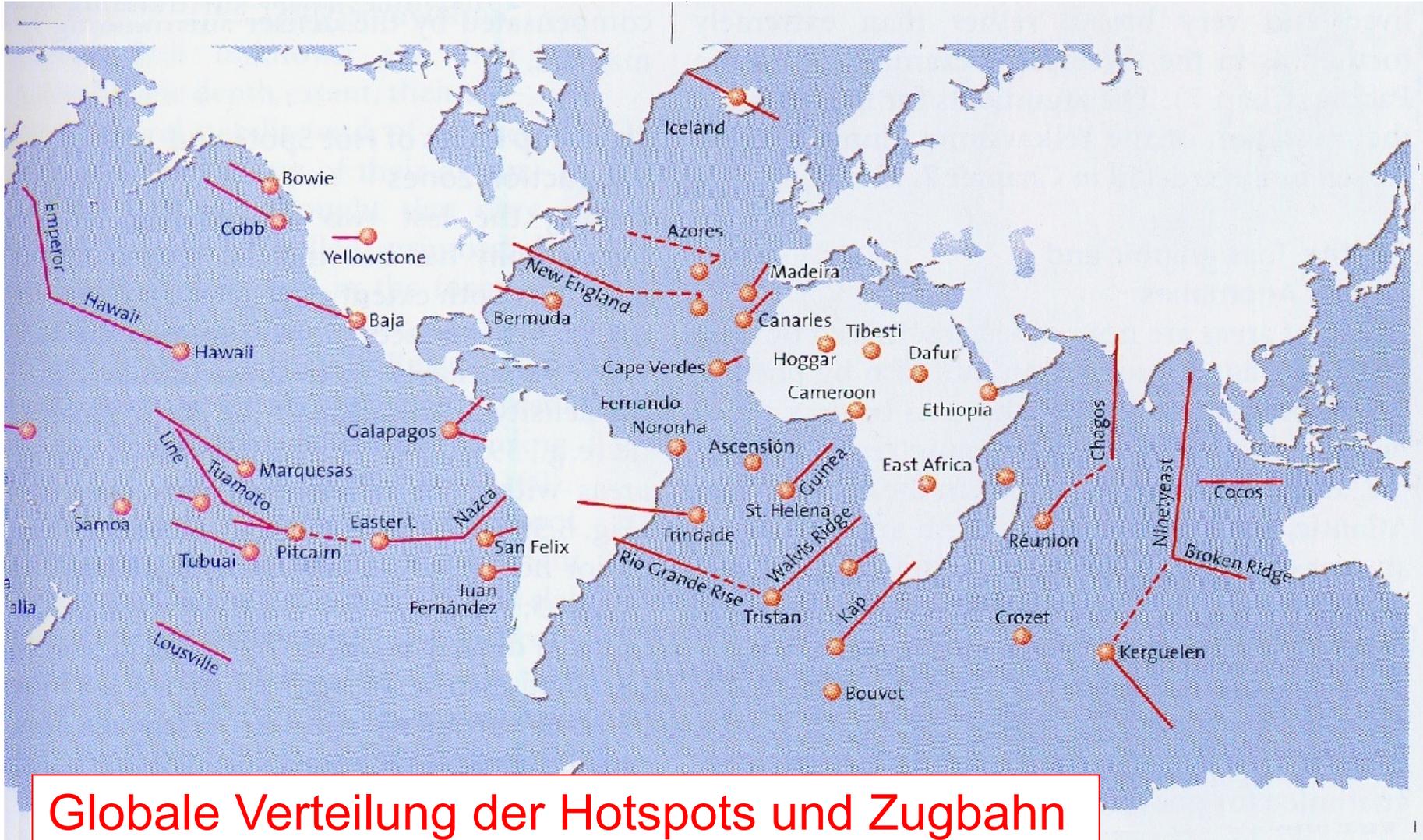
Erdbeben, beachte Tiefenverteilung

Globale Verteilung der flachen (0 bis 70 km), intermediären (70 bis 300 km) und tiefen (300 bis 700 km) Seismizität für Erdbeben mit Magnituden > 5 , die in den vergangenen 40 Jahren aufgezeichnet wurden. Die flachen Erdbeben markieren die Plattenränder, insbesondere die Mittelozeanischen Rücken, die Subduktionszonen, aber auch Transformstörungen wie die *San Andreas Verwerfung*.

Wadati-Benioff Zone

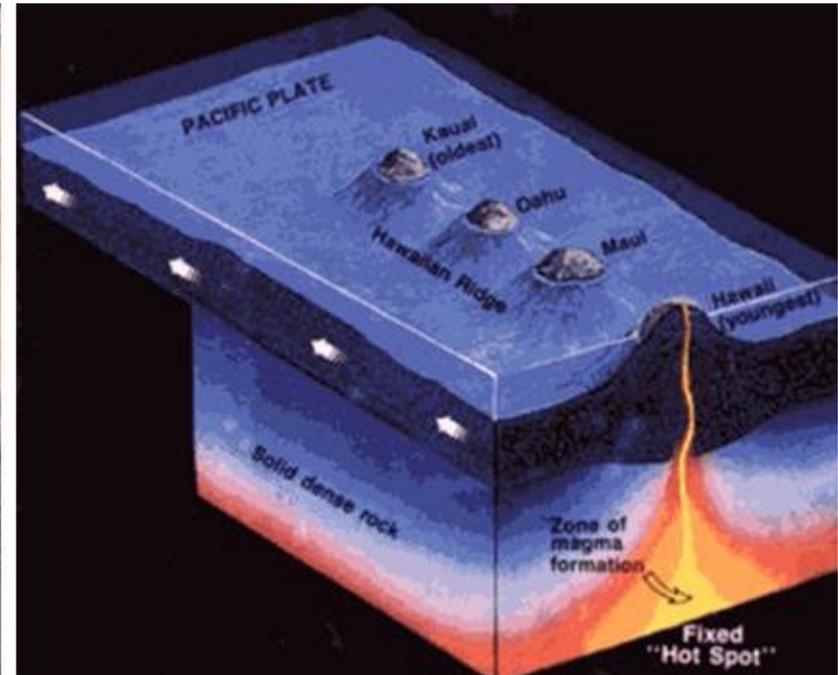
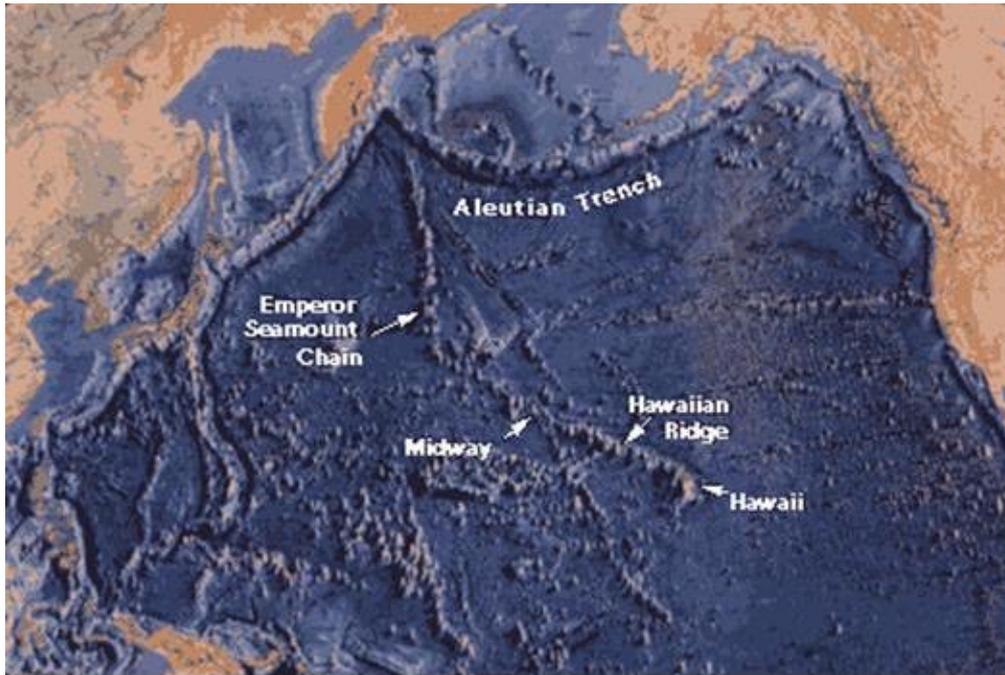






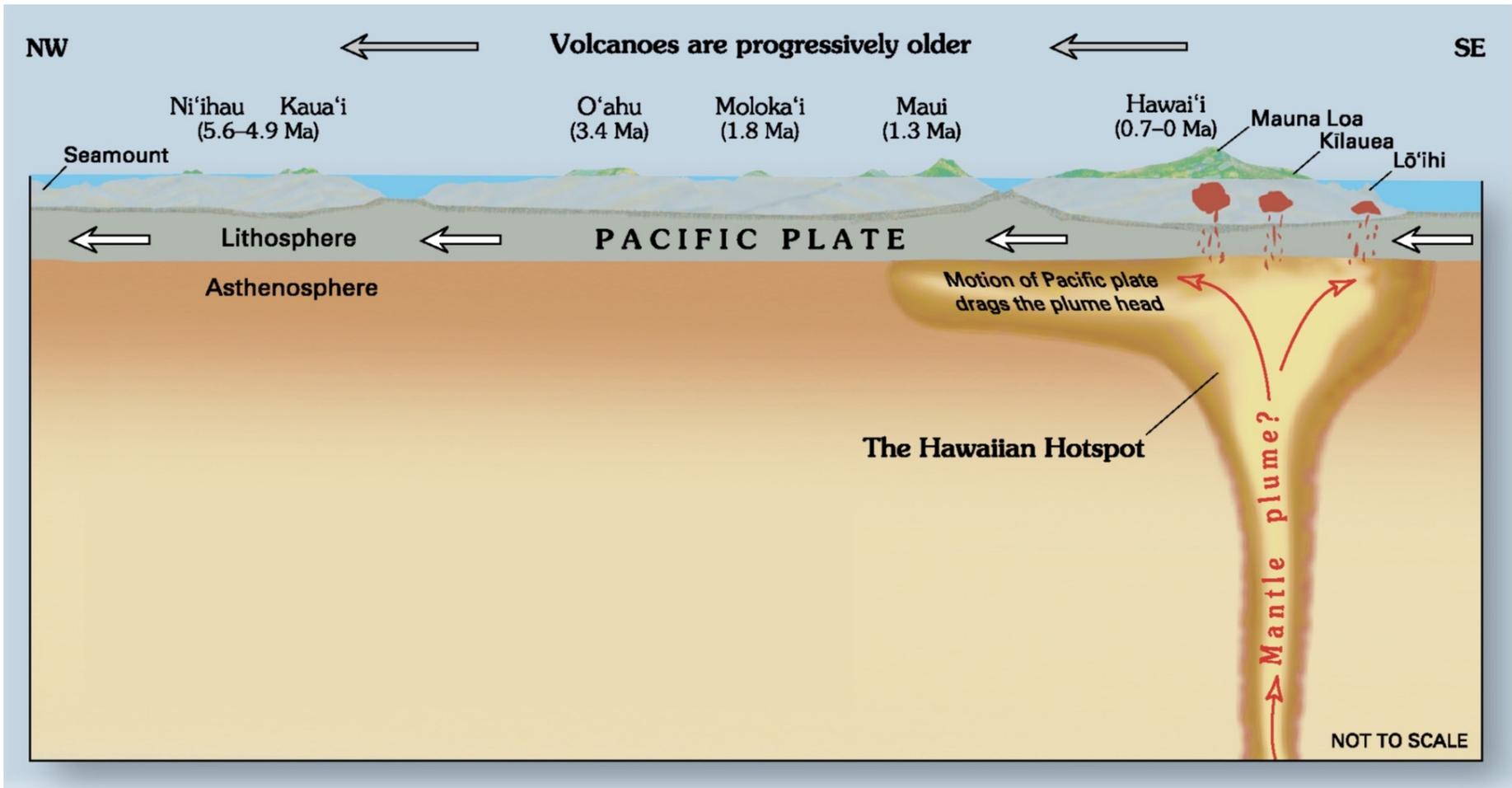
Globale Verteilung der Hotspots und Zugbahn

Bildquelle: Schmincke: Volcanism, 2004

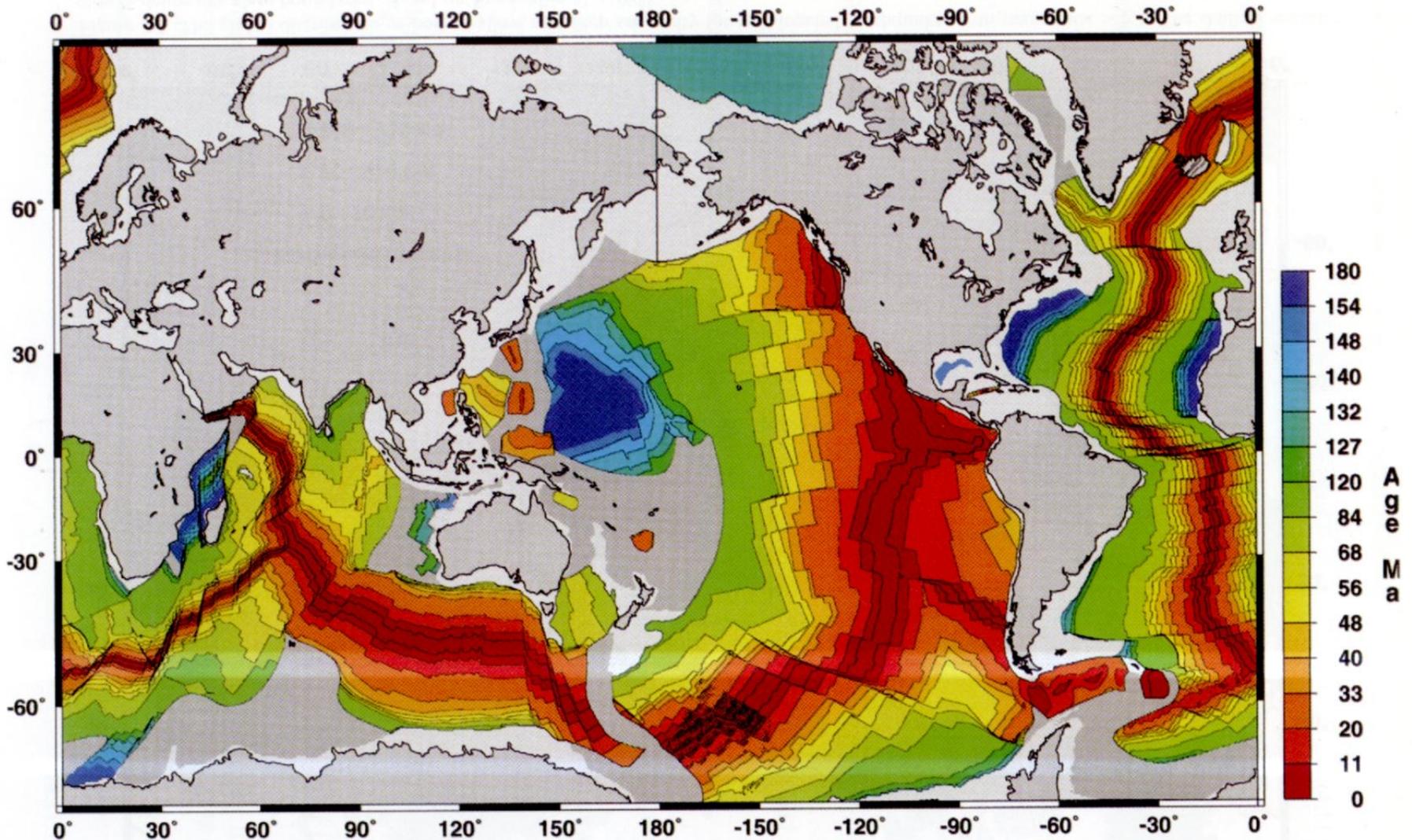


Zugbahnen des Vulkanismus von Hawaii; am Knick, der die Kette der Hawaii Vulkane und der *Emperor Seamount Chain* verbindet, fand eine Änderung der Richtung der Plattenbewegung statt. Das Schema der vulkanischen Kette ist rechts gezeigt, wobei meist davon ausgegangen wird, dass die Quelle der *plumes* in der D“-Schicht der Erde zu finden ist.

Bildquelle: Wikimedia Commons



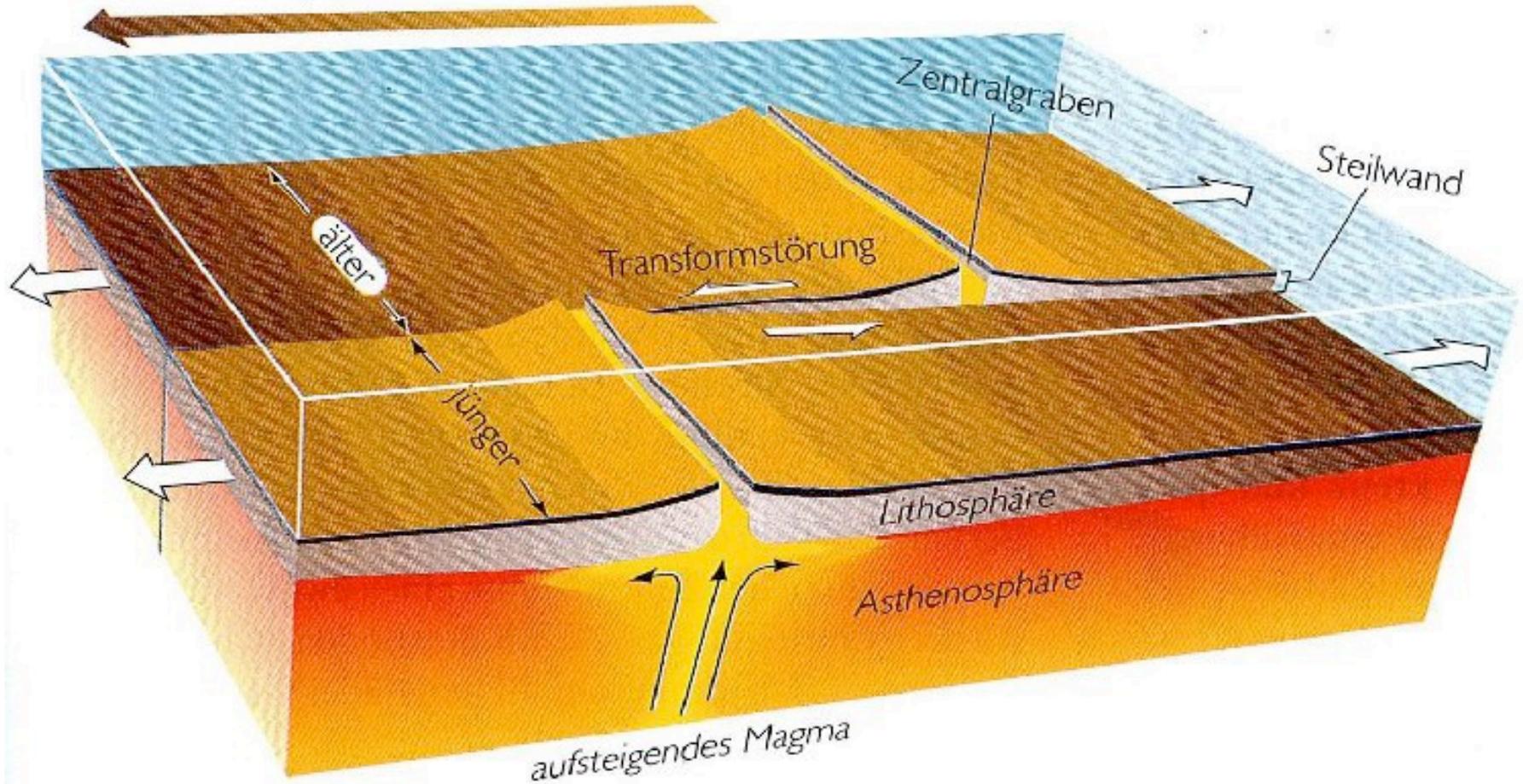
Bildquelle: Wikimedia Commons

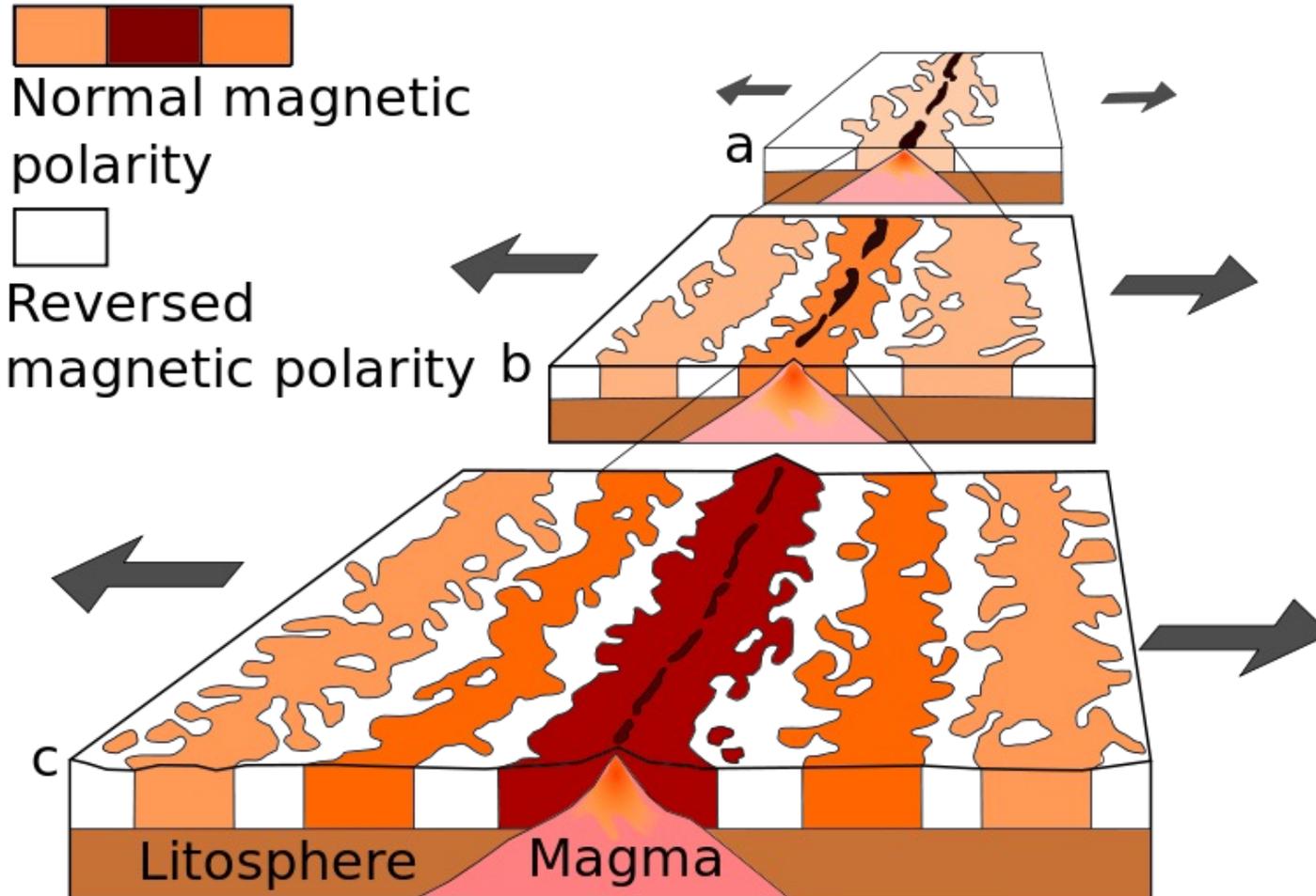


Alter der ozeanischen Kruste; beachte Symmetrie um MOR
 ozeanische Kruste älter als 150 Mio. Jahre extrem selten

Entstehung der neuen Kruste (Press und Siever, 1995)

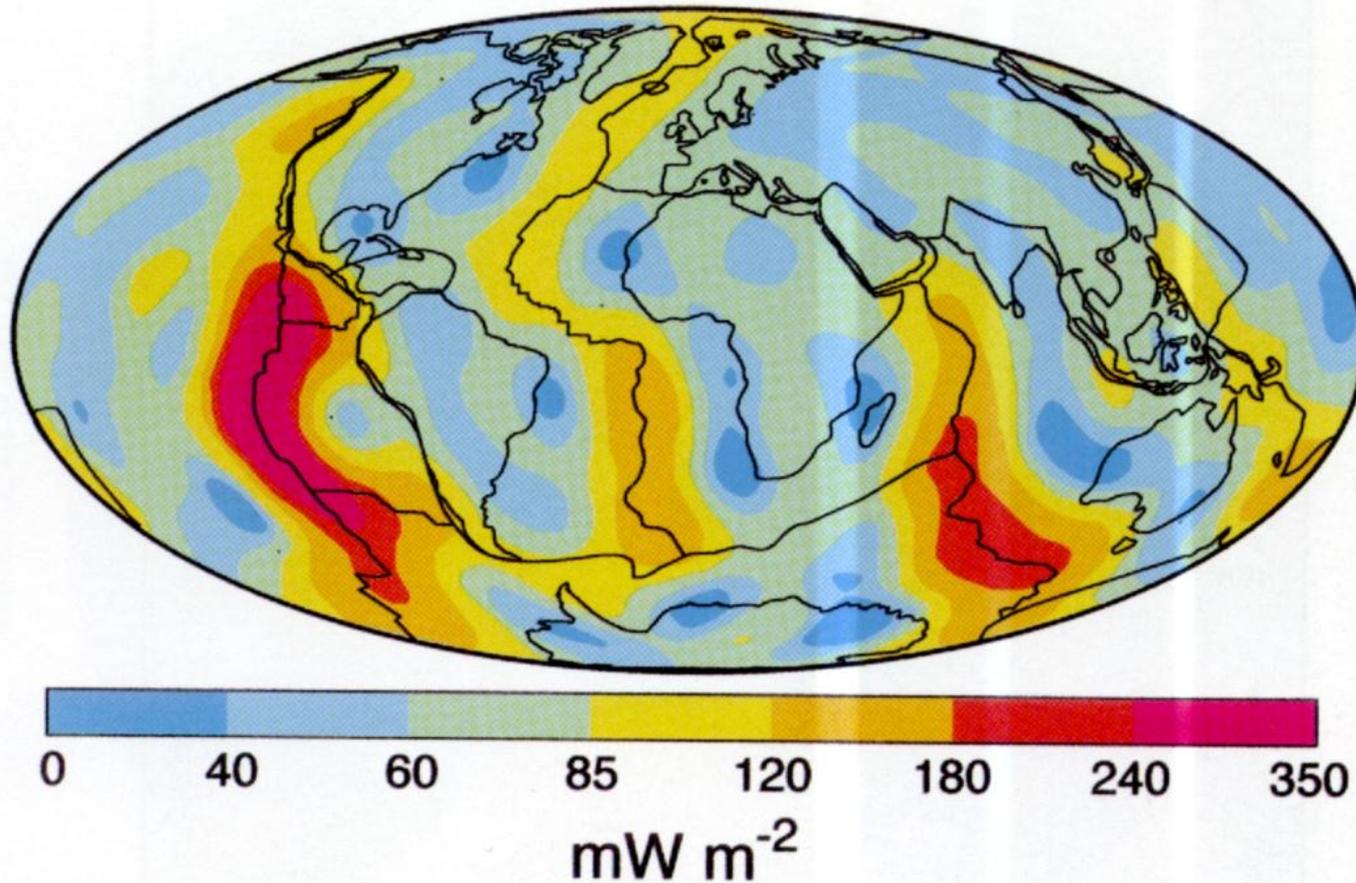
Alterszunahme der Lithosphäre
mit steigendem Abstand vom Rücken





Symmetrie: magnetische Streifenmuster

Heat Flow



Räumliche Verteilung der globalen Wärmestromdichte der aus den einzelnen Messpunkten auf Kontinenten und Ozeanen stark geglättet wurde. Die stärkste Wärmestromdichte zeigt sich an den Mittelozeanischen Rücken des *East Pacific Rise* und des *Atlantic Indian Ridge*.

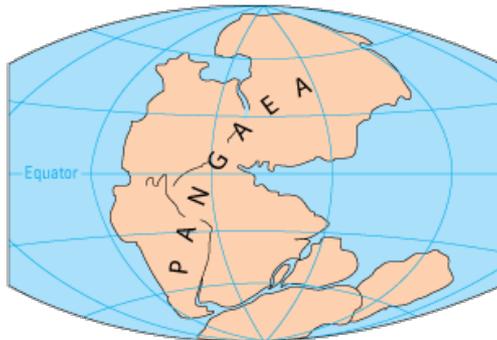
PANGEA



200 Ma
Late Triassic



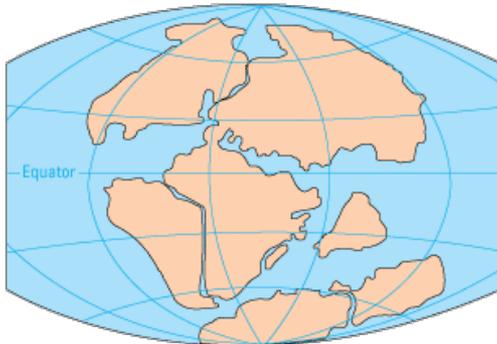
Küstenähnlichkeit:
Superkontinent *Pangea*



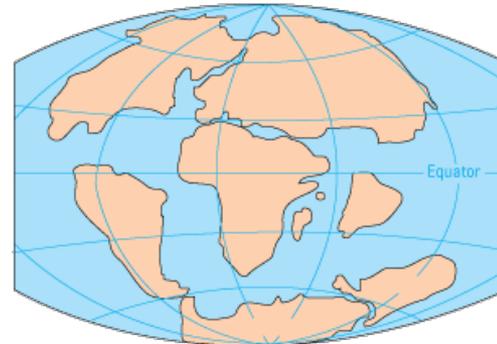
PERMIAN
225 million years ago



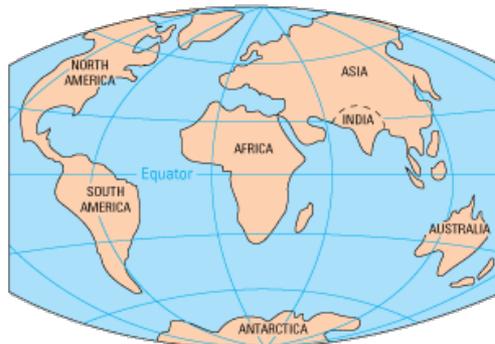
TRIASSIC
200 million years ago



JURASSIC
150 million years ago

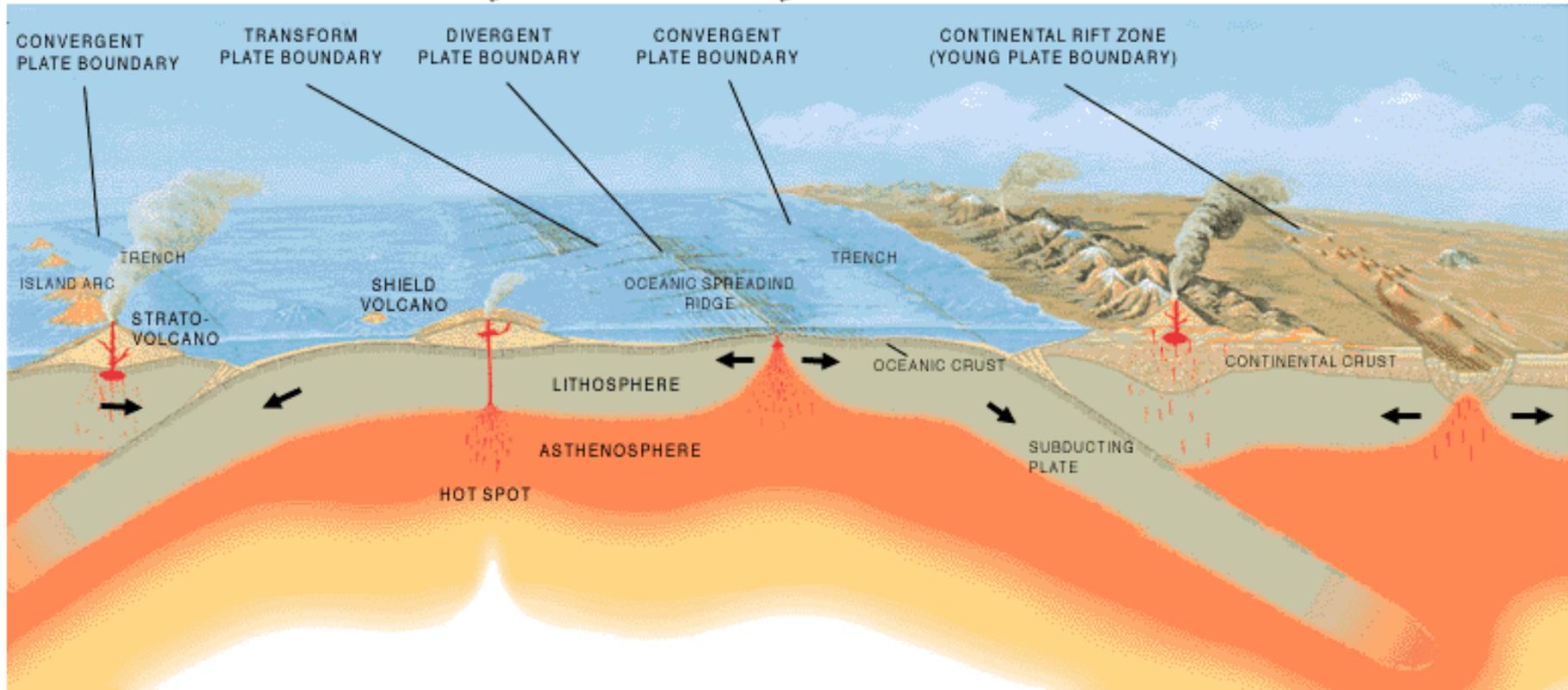
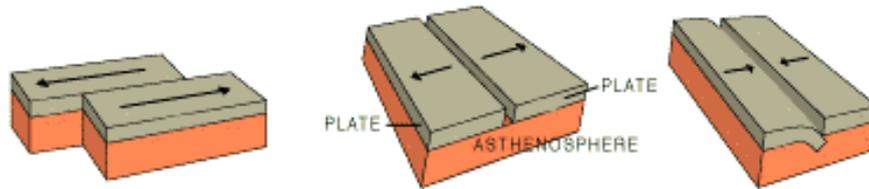


CRETACEOUS
65 million years ago



PRESENT DAY

Küstenähnlichkeit: Superkontinent *Pangea*



Krusten-Neubildung und Subduktion im Gleichgewicht

Subduktionsszenarien für

- **Ozean-Ozean-Konvergenz**

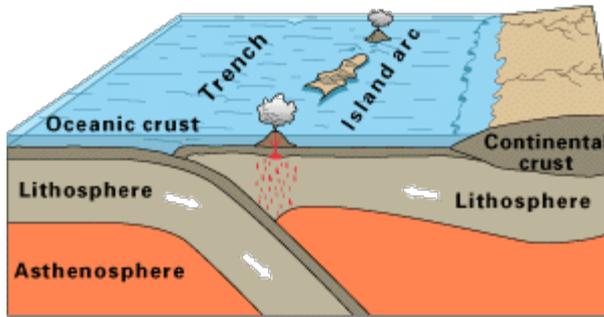
Beispiel: Pazifische Platte,
Australische Platte;

- **Ozean-Kontinent Konvergenz**

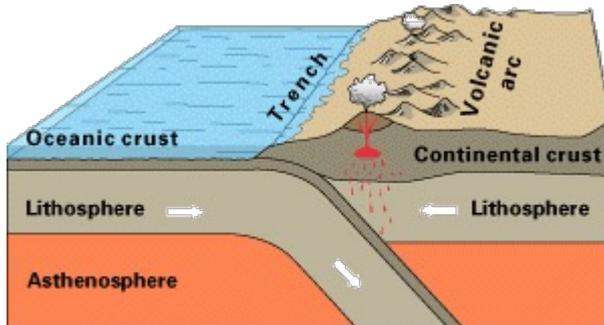
Beispiel: Nazca-Platte — Anden;

- **Kontinent-Kontinent Konvergenz**

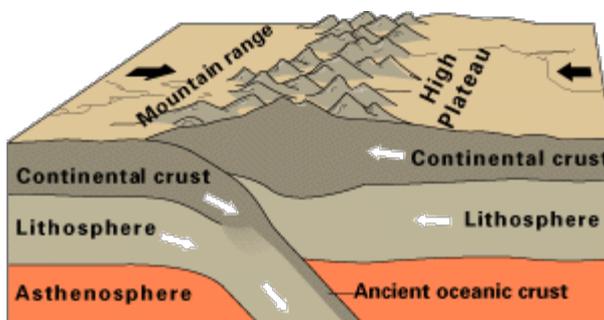
Beispiel: Alpen, Himalaya



Oceanic-oceanic convergence

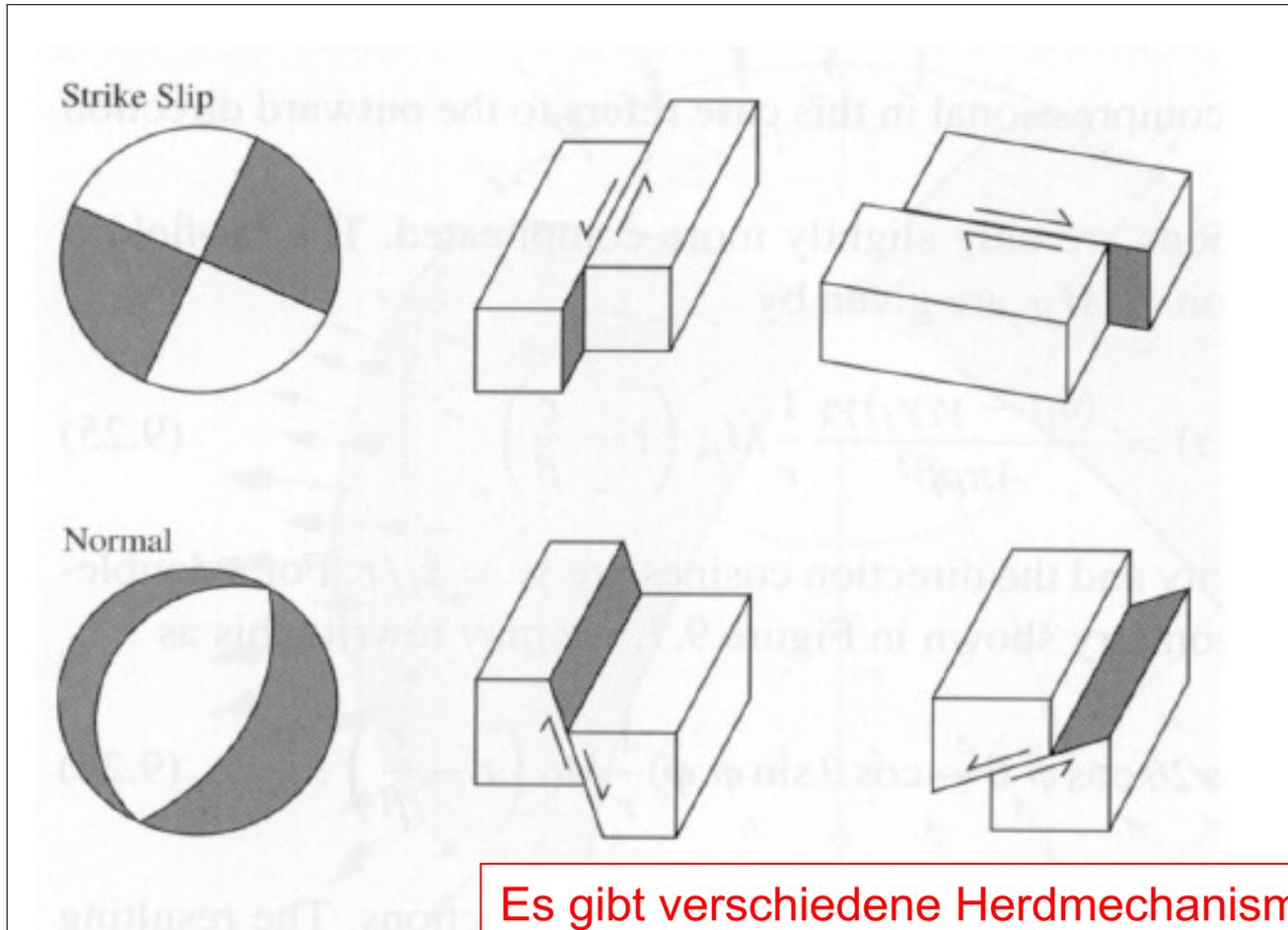


Oceanic-continental convergence



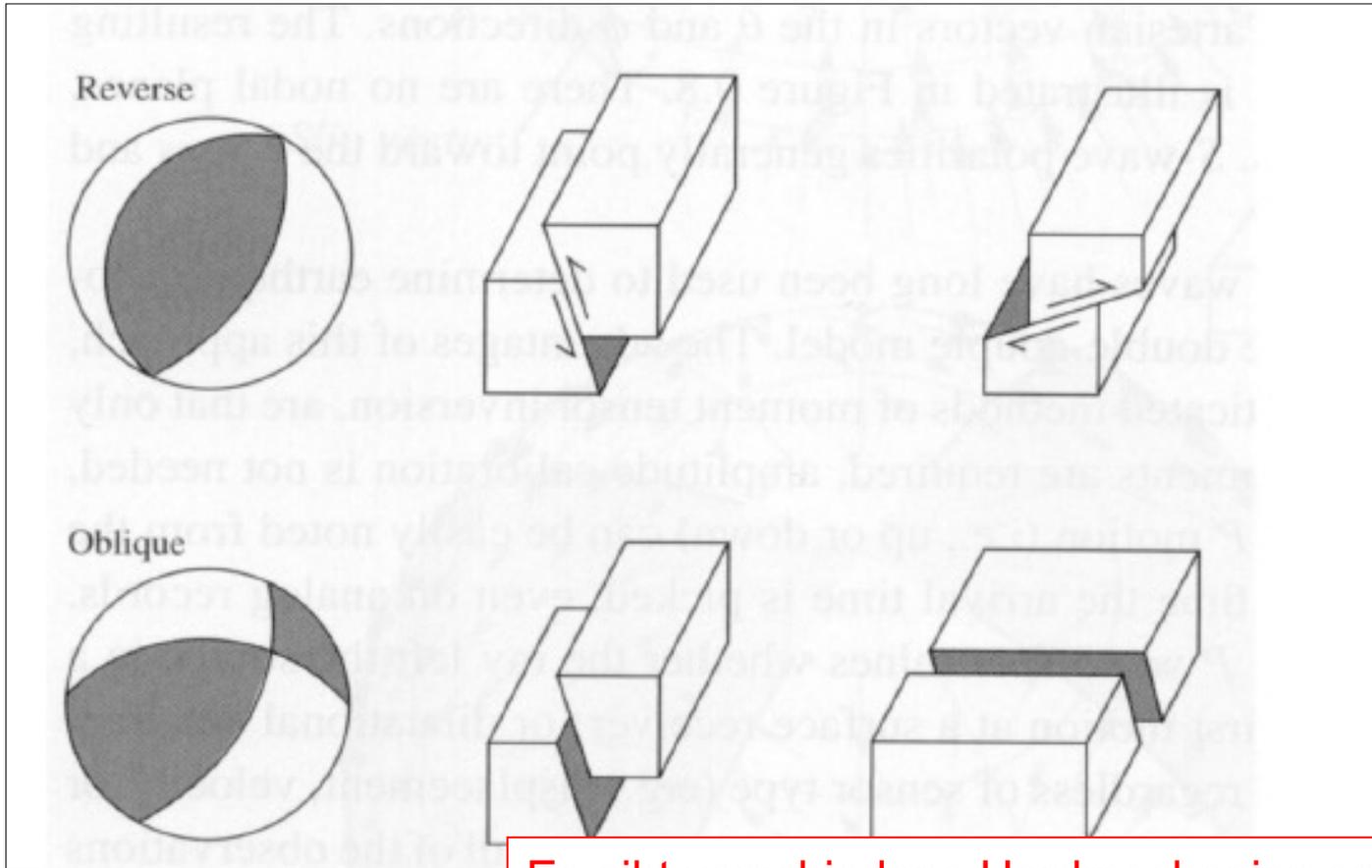
Continental-continental convergence

Herdmechanismus, Herdflächenlösung



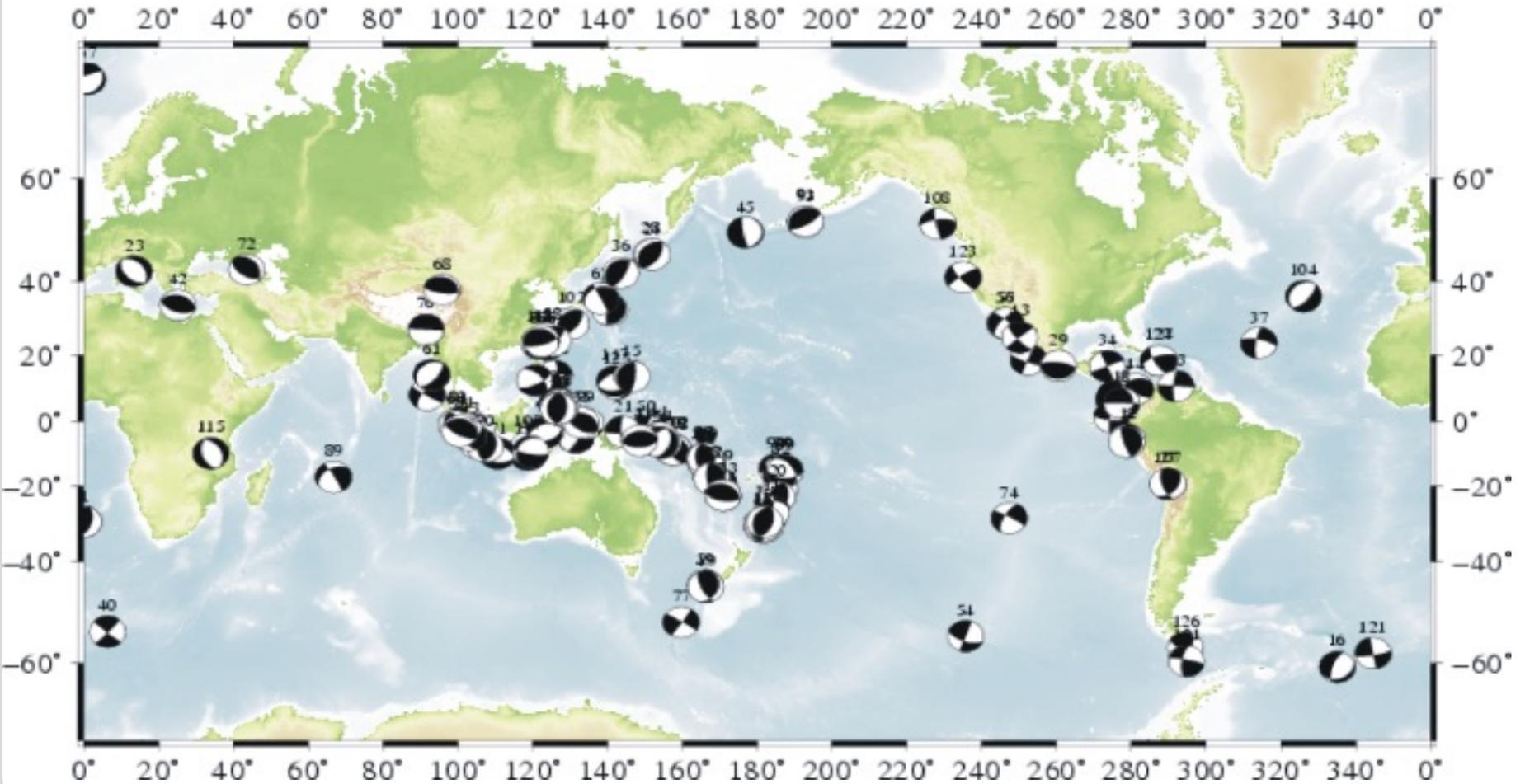
Es gibt verschiedene Herdmechanismen bei Erdbeben (spätere Vorlesung), die an Art der Plattengrenze gebunden sind

Herdmechanismus, Herdflächenlösung



Es gibt verschiedene Herdmechanismen bei Erdbeben (spätere Vorlesung), die an Art der Plattengrenze gebunden sind

Herdmechanismen für stärkere Erdbeben aus dem Zeitraum 2009 -2010

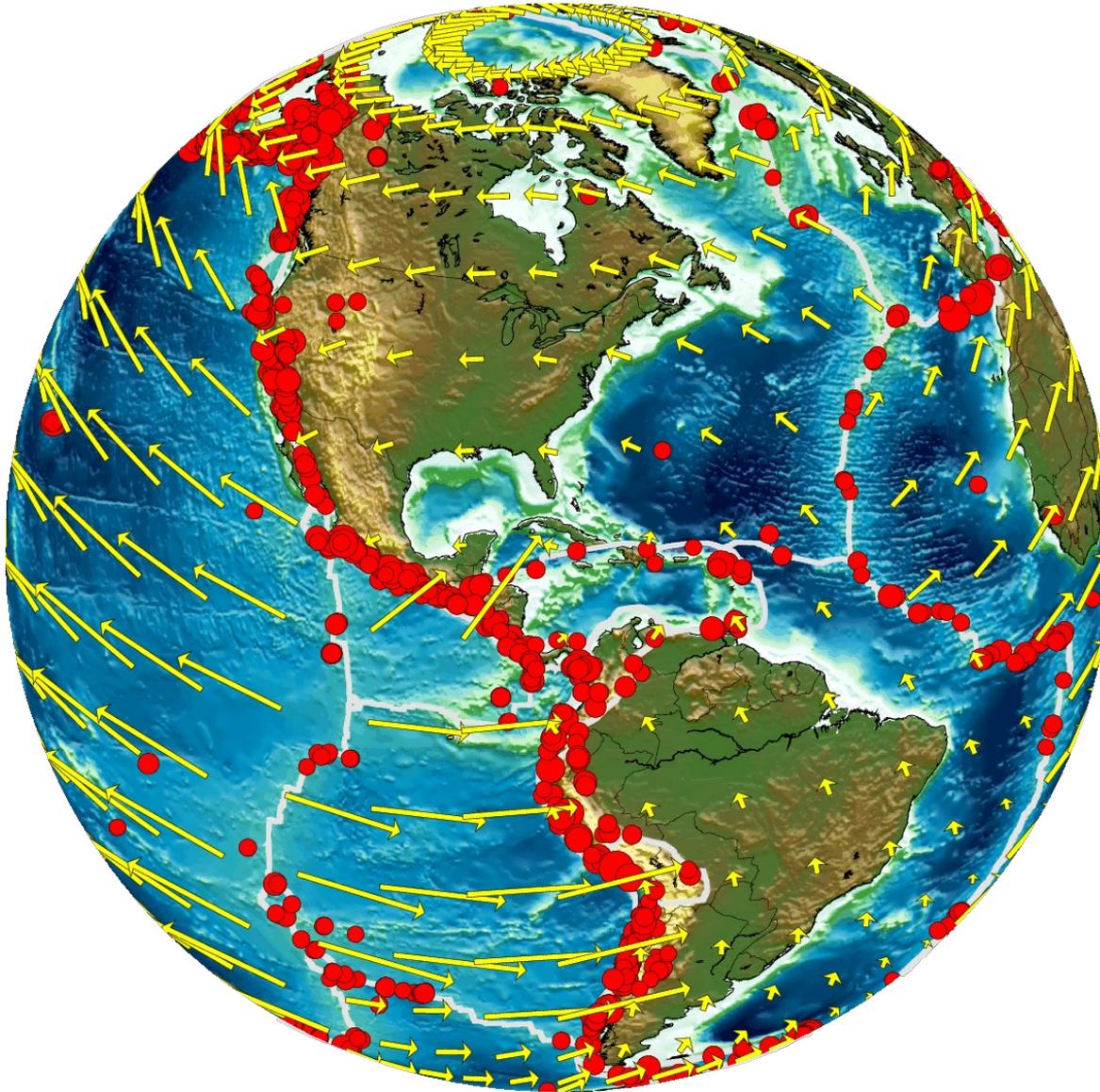


Quelle: BGR

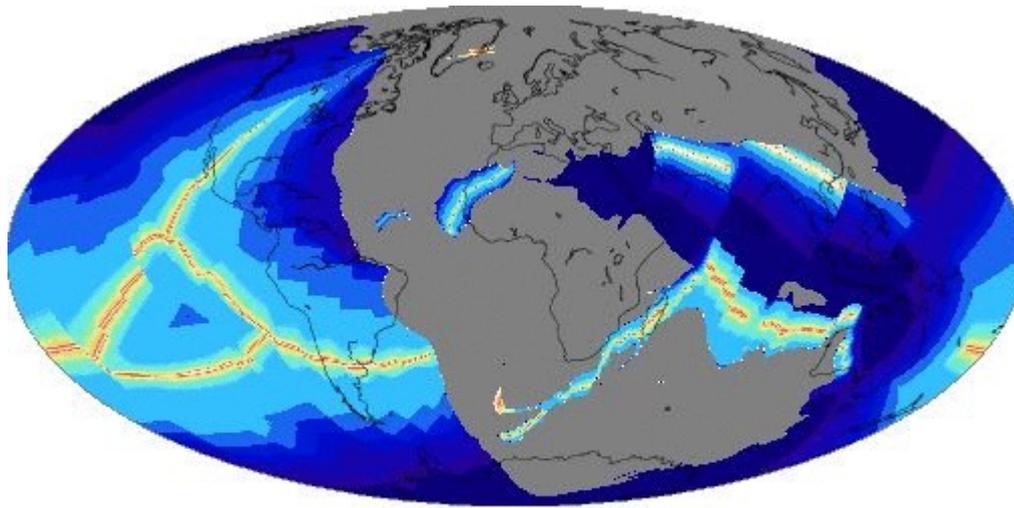
- Erdbeben an Plattengrenzen lokalisiert
- Tiefenverteilung der Erdbeben
- Vulkanismus an Plattengrenzen lokalisiert
- Hotspot-Vulkanismus erzeugt Inselketten
- Alter der ozeanischen Kruste: Symmetrie um MOR
- Symmetrie der magnetischen Streifenmuster
- Verteilung der globalen Wärmestromdichte
- Küstenähnlichkeit: Urkontinent Pangäa
- Bruchmechanismen, Herdflächenlösungen



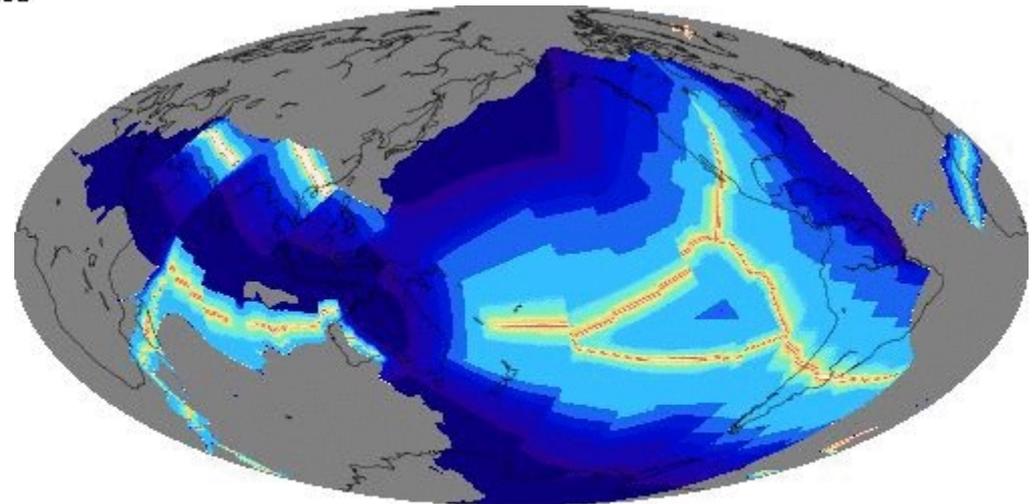
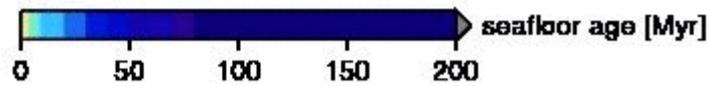
Globales Modell der Verschiebungen



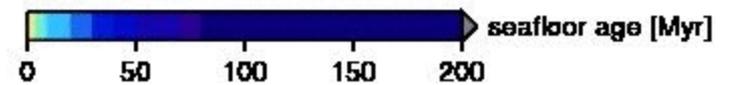
Globales Modell und die zugehörigen Rotationsvektoren.



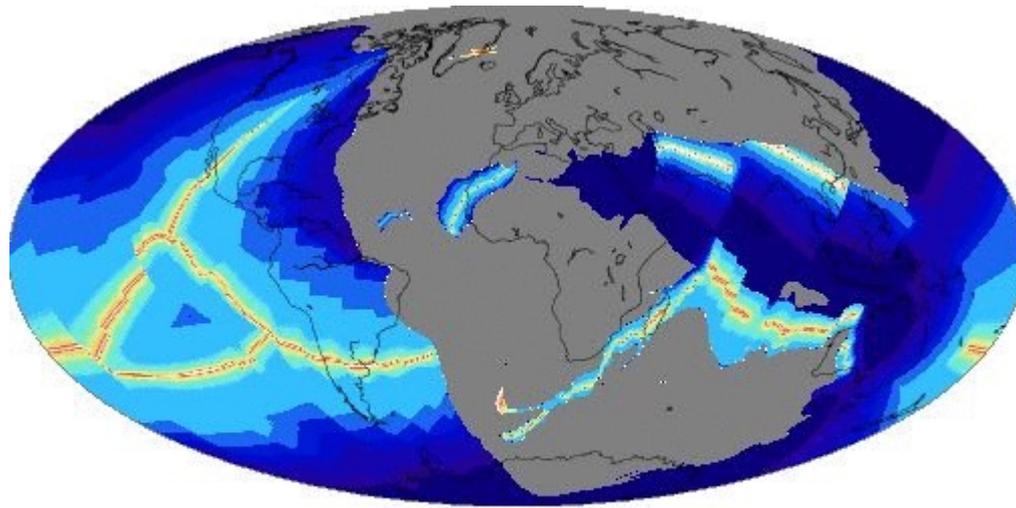
140 Ma



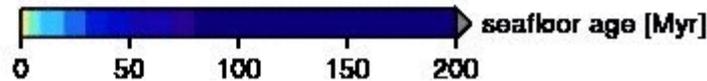
140 Ma



Müller et al., 2008: DOI: 10.1126/science.1151540

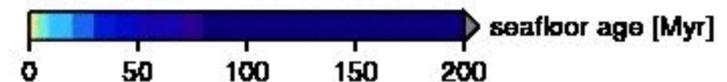


140 Ma



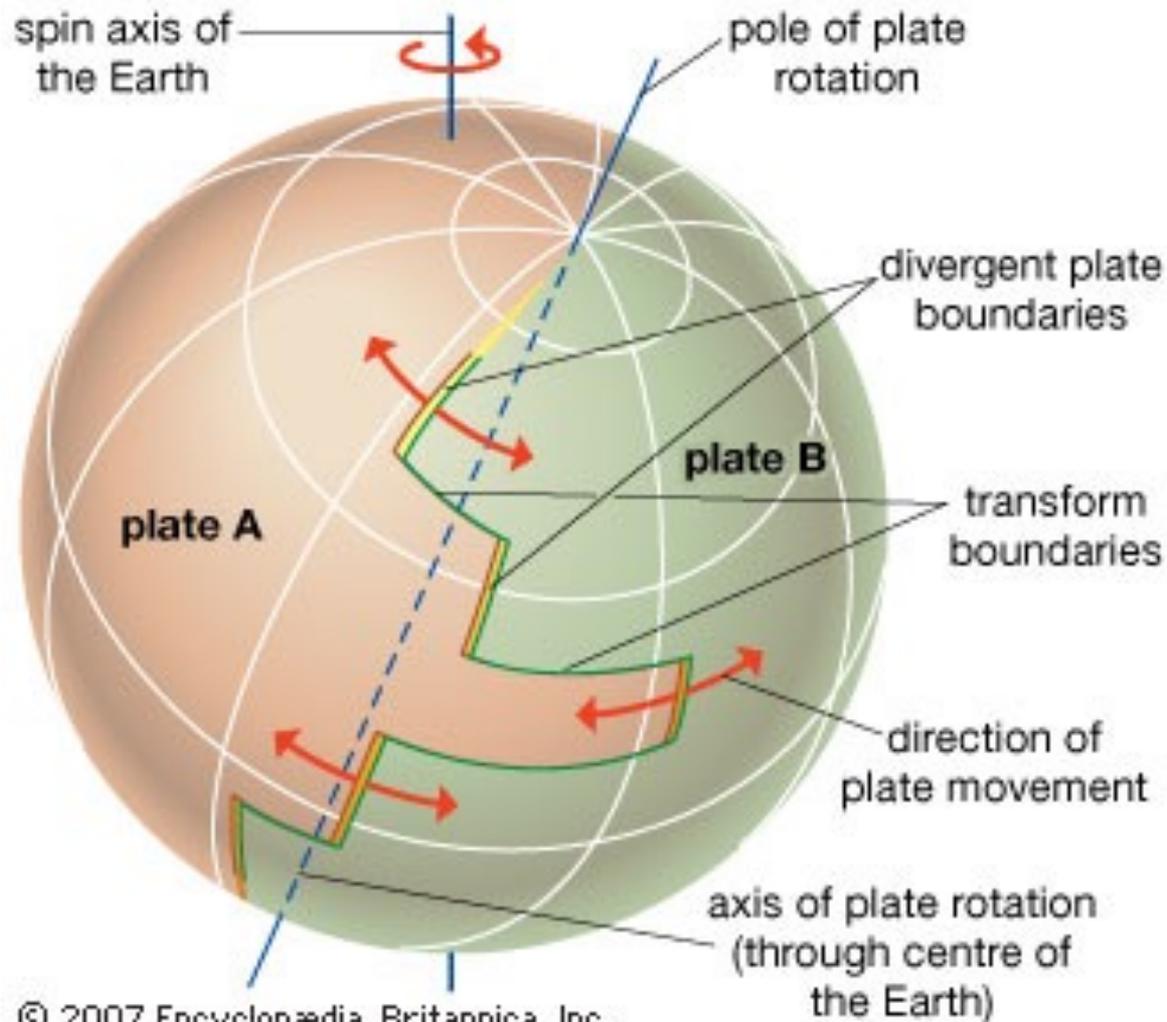
Platten sind starr und deformieren sich nicht, sondern rotieren jeweils um festen Punkt an Oberfläche der Kugel
→ Eulersches Rotationstheorem

140 Ma



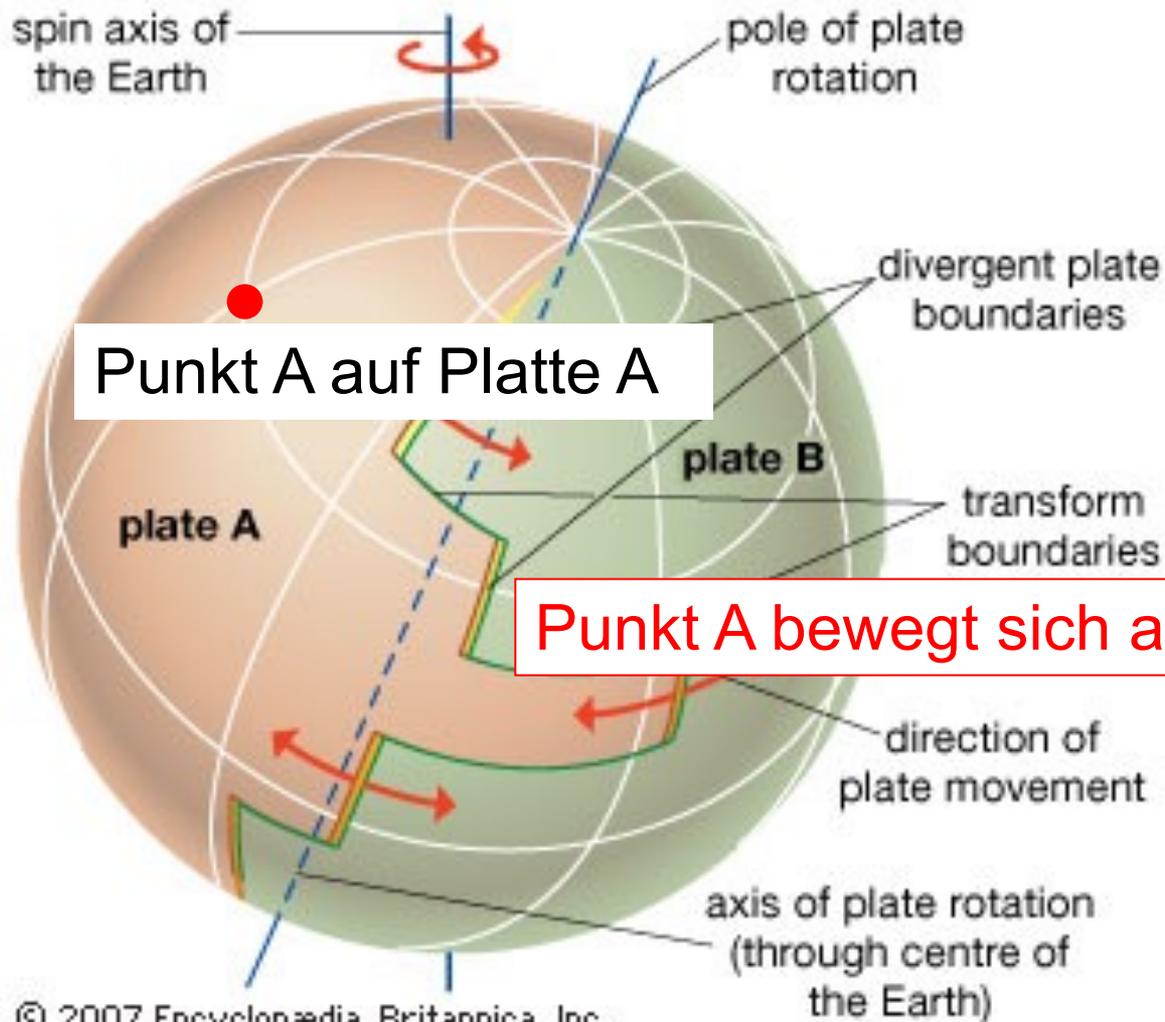
Müller et al., 2008: DOI: 10.1126/science.1151540

Eulersches Rotationstheorem



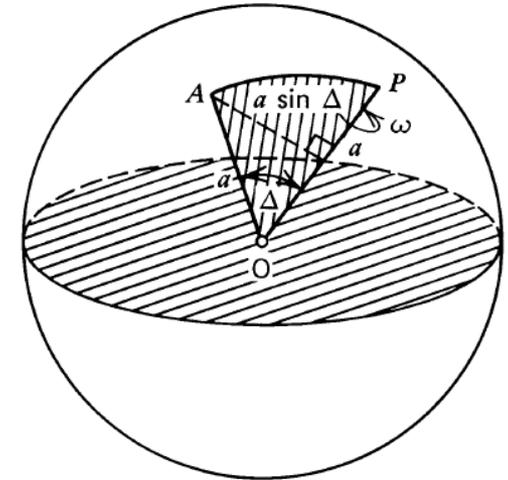
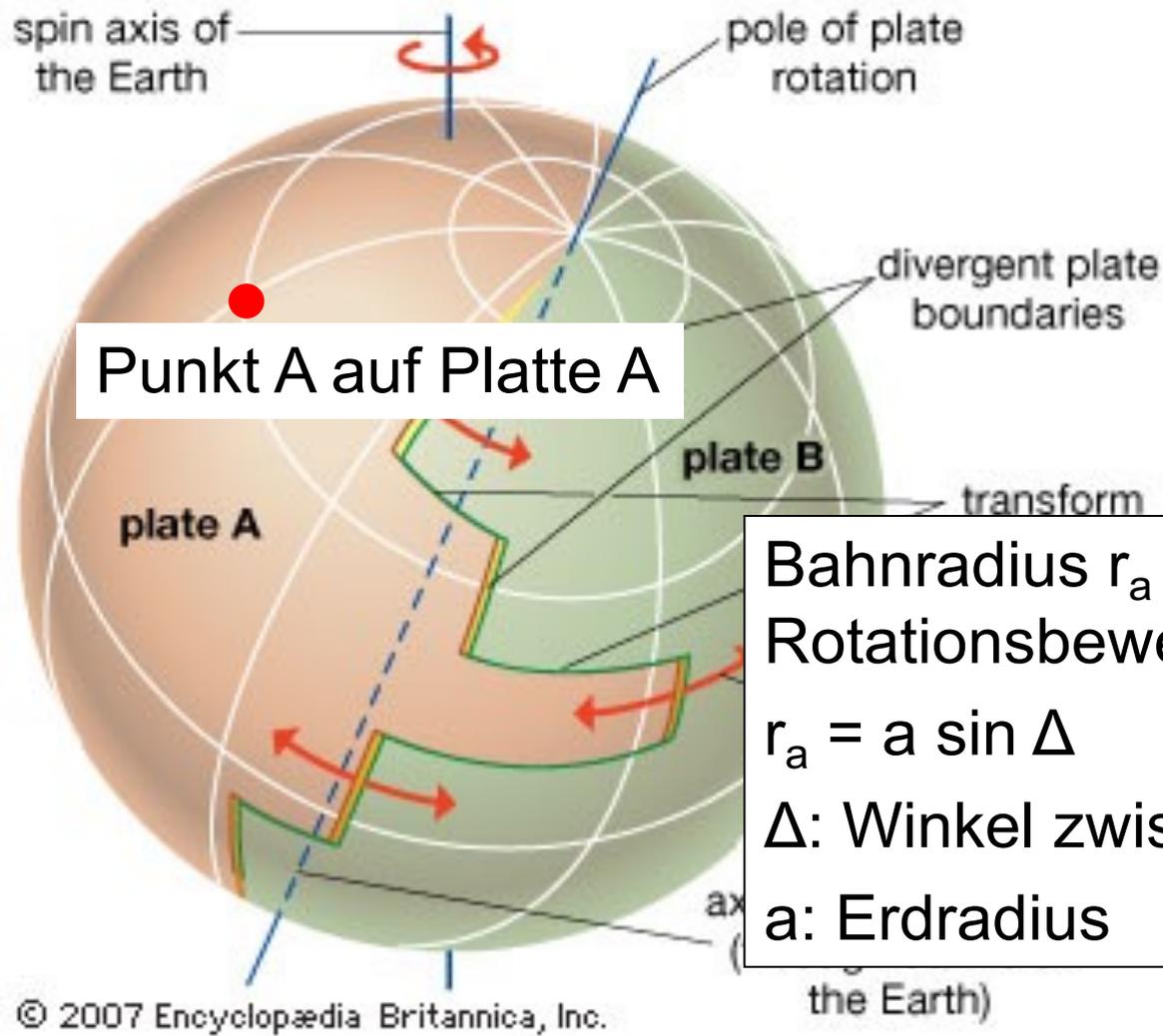
© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Eulersches Rotationstheorem



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Eulersches Rotationstheorem



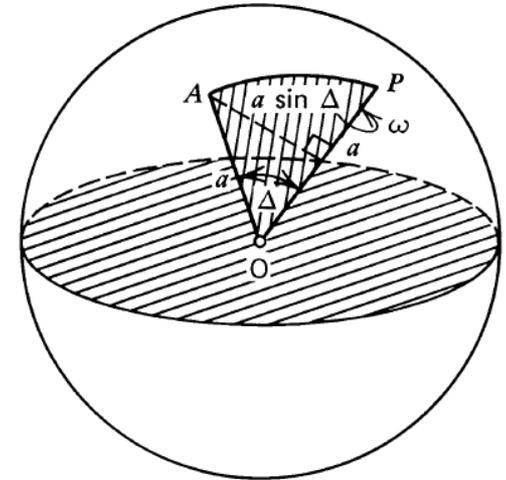
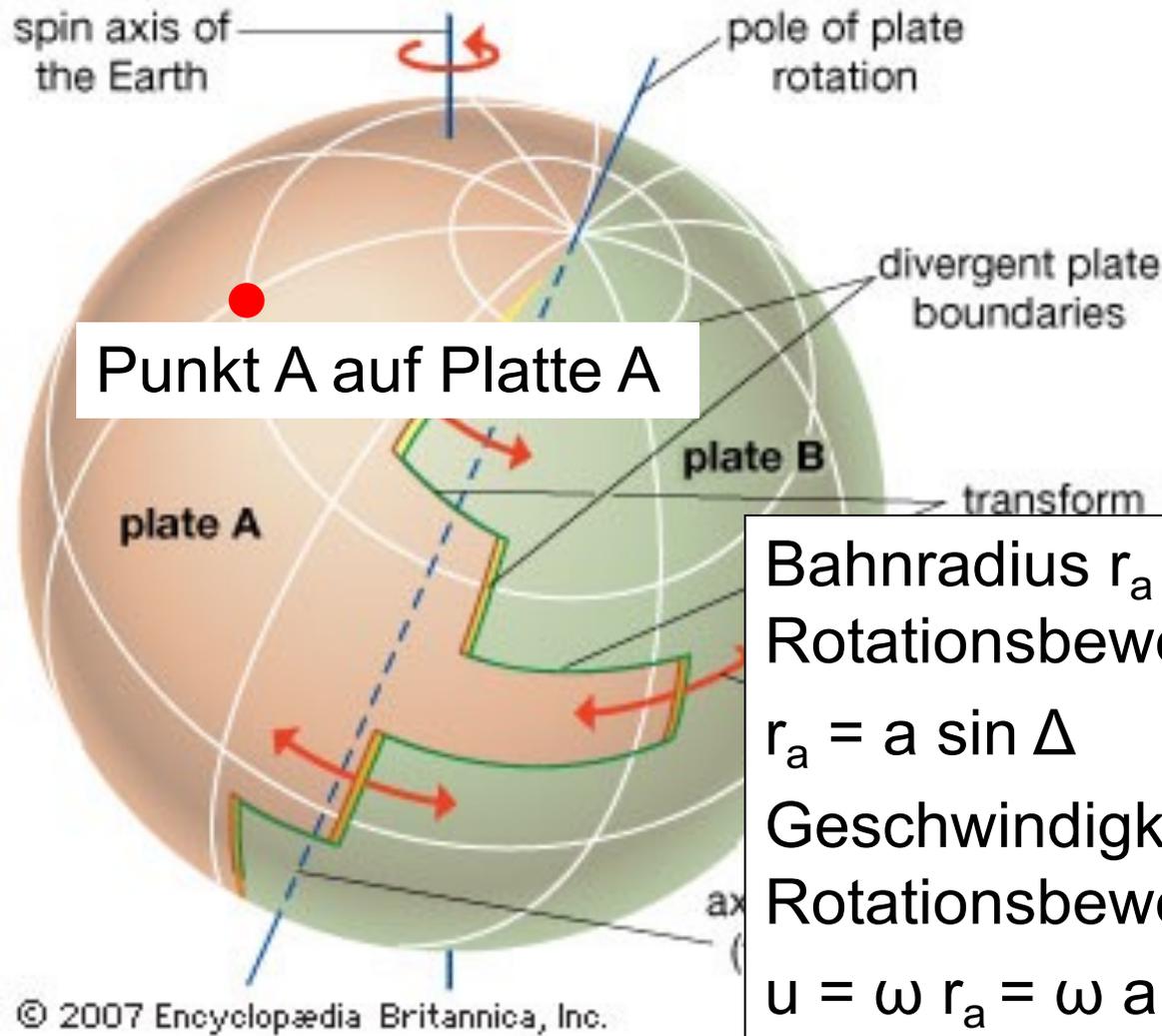
Bahnradius r_a der Rotationsbewegung:

$$r_a = a \sin \Delta$$

Δ : Winkel zwischen A und P

a: Erdradius

Eulersches Rotationstheorem



Bahnradius r_a der Rotationsbewegung:

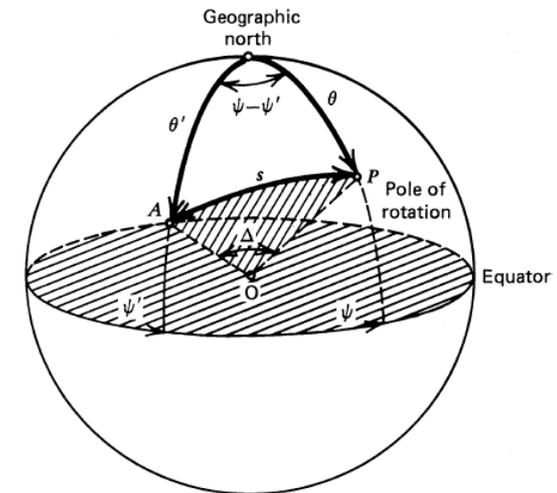
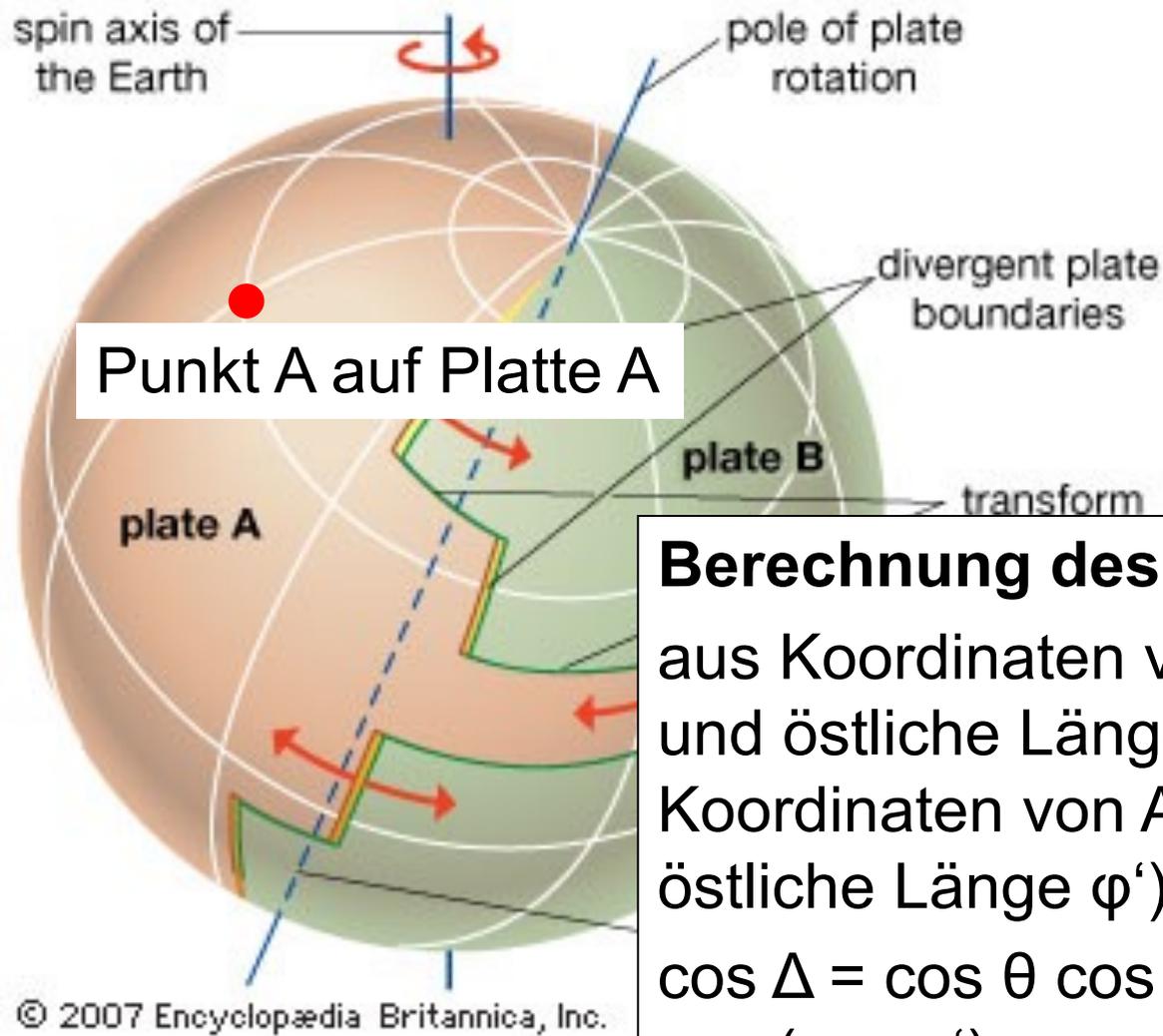
$$r_a = a \sin \Delta$$

Geschwindigkeit der Rotationsbewegung:

$$u = \omega r_a = \omega a \sin \Delta$$

ω : Winkelgeschwindigkeit der Rotation

Eulersches Rotationstheorem

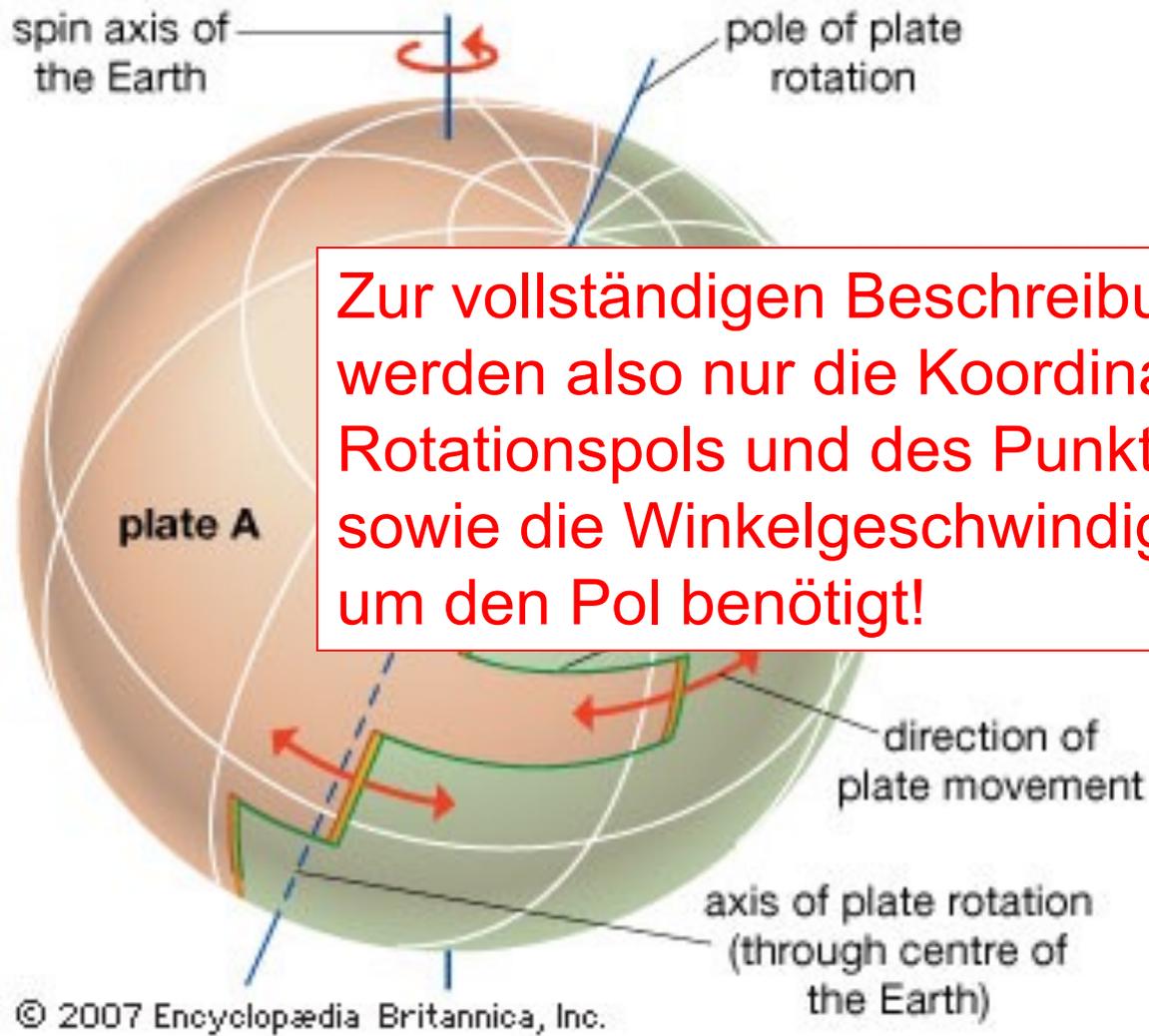


Berechnung des Winkels Δ

aus Koordinaten von P (Kobreite θ und östliche Länge φ) und Koordinaten von A (Kobreite θ' und östliche Länge φ')

$$\cos \Delta = \cos \theta \cos \theta' + \sin \theta \cos \theta' \cdot \cos (\varphi - \varphi')$$

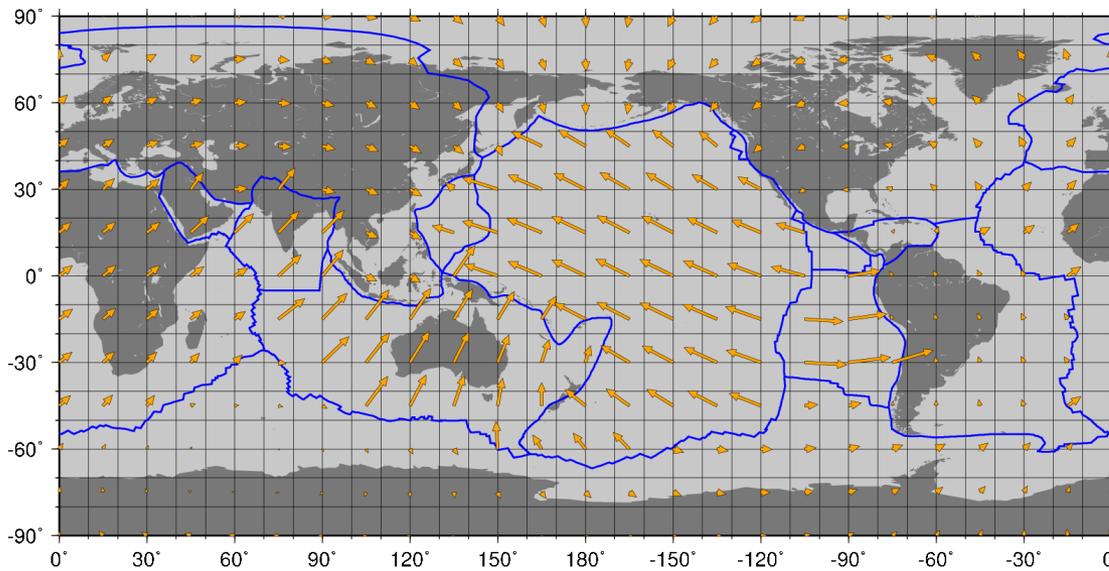
Eulersches Rotationstheorem



Zur vollständigen Beschreibung der Bewegung werden also nur die Koordinaten des Rotationspols und des Punkts A auf der Platte sowie die Winkelgeschwindigkeit ω der Platte um den Pol benötigt!

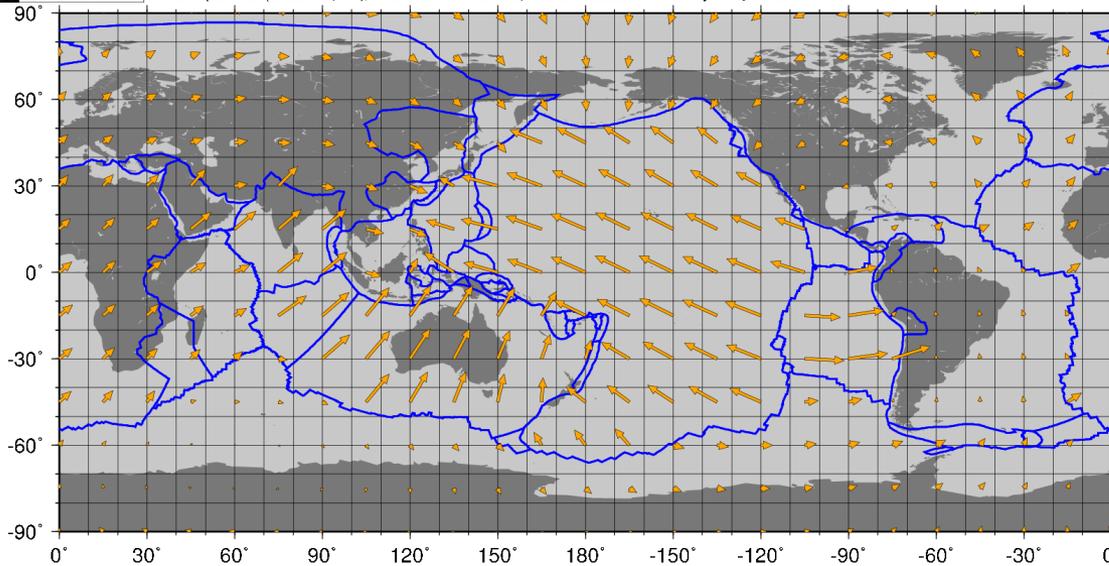
Modell der Plattenbewegung: NUVEL 1A (DeMets et al., 1994)

Plates	Lat. (N)	Long. (E)	ω (deg/Myr)
EU-NA	62.4	135.8	0.21
AF-NA	78.8	38.3	0.24
AF-EU	21.0	-20.6	0.12
NA-SA	16.3	-58.1	0.15
AF-SA	62.5	-39.4	0.31
AN-SA	86.4	-40.7	0.26
NA-CA	-74.3	-26.1	0.10
CA-SA	50.0	-65.3	0.18
NA-PA	48.7	-78.2	0.75
CO-PA	36.8	-108.6	2.00
CO-NA	27.9	-120.7	1.36
CO-NZ	4.8	-124.3	0.91
NZ-PA	55.6	-90.1	1.36
NZ-AN	40.5	-95.9	0.52
NZ-SA	56.0	-94.0	0.72
AN-PA	64.3	-84.0	0.87
PA-AU	-60.1	-178.3	1.07
EU-PA	61.1	-85.8	0.86
CO-CA	24.1	-119.4	1.31
NZ-CA	56.2	-104.6	0.55
AU-AN	13.2	38.2	0.65
AF-AN	5.6	-39.2	0.13
AU-AF	12.4	49.8	0.63
AU-IN	-5.6	77.1	0.30
IN-AF	23.6	28.5	0.41
AR-AF	24.1	24.0	0.40
IN-EU	24.4	17.7	0.51
AR-EU	24.6	13.7	0.50
AU-EU	15.1	40.5	0.69
IN-AR	3.0	91.5	0.03

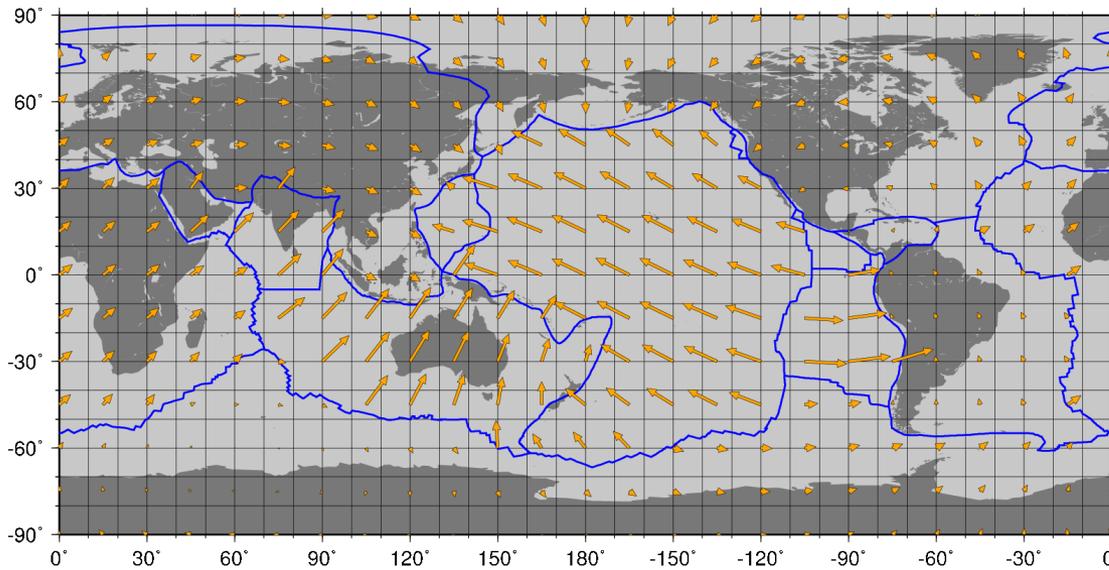


NUVEL 1A (oben) -
und MORVEL (unten):
Modelle und die
zugehörigen
Rotationsvektoren.

GM 2014 Jan 03 13:09:34 NUVEL-1A plate model (de Mets et al., 1994), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 10.4/3.7 cm/yr - twb@usc.edu



GM 2014 Jan 03 13:09:47 MORVEL plate model (de Mets et al., 2010), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 19.5/3.7 cm/yr - twb@usc.edu



NUVEL 1A (oben) -
und MORVEL (unten):
Modelle und die

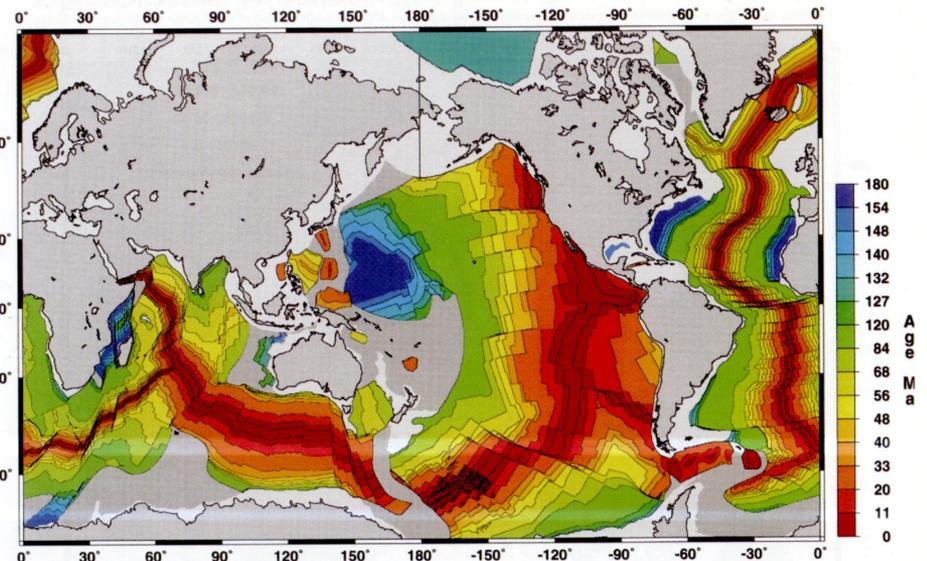
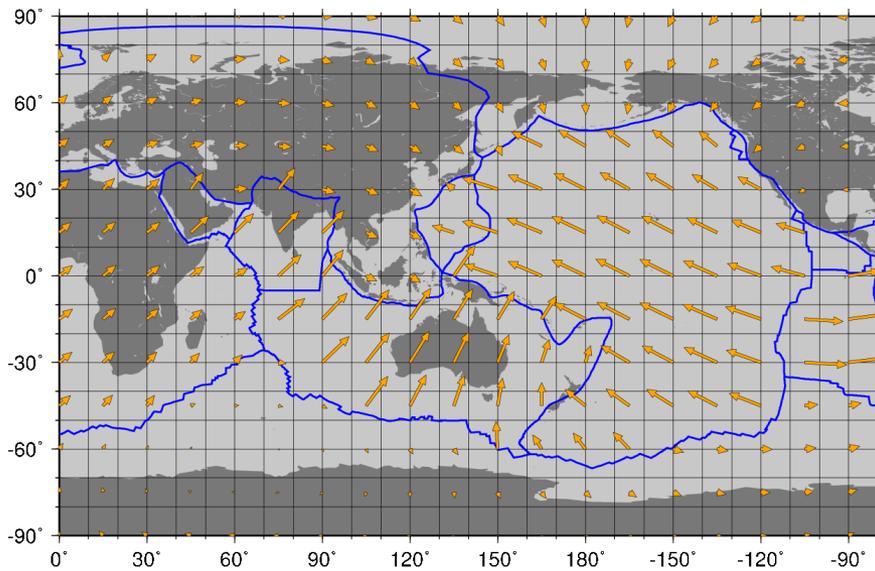
GM 2014 Jan 03 13:09:34 NUVEL-1A plate model (de Mets et al., 1994), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 10.4/3.7 cm/yr - twb@usc.edu



GM 2014 Jan 03 13:09:47 MORVEL plate model (de Mets et al., 2010), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 19.5/3.7 cm/yr - twb@usc.edu

Wissensfrage:

- Wie alt sind die ältesten ozeanischen Krustengesteine bei einer Plattengeschwindigkeit von wenigen Zentimetern pro Jahr?

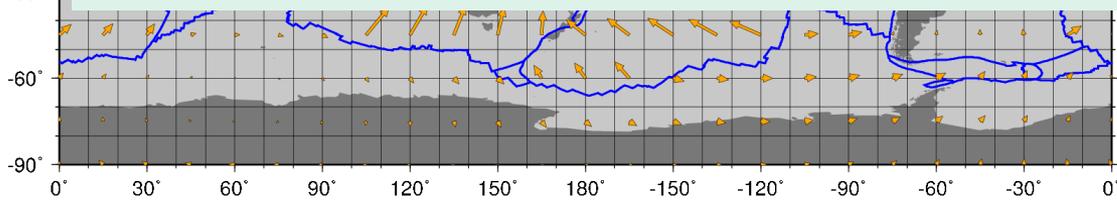


GM 2014 Jan 03 13:09:34 NUVEL-1A plate model (de Mets et al., 1994), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 10.4/3.7 cm/yr - twb@usc.edu

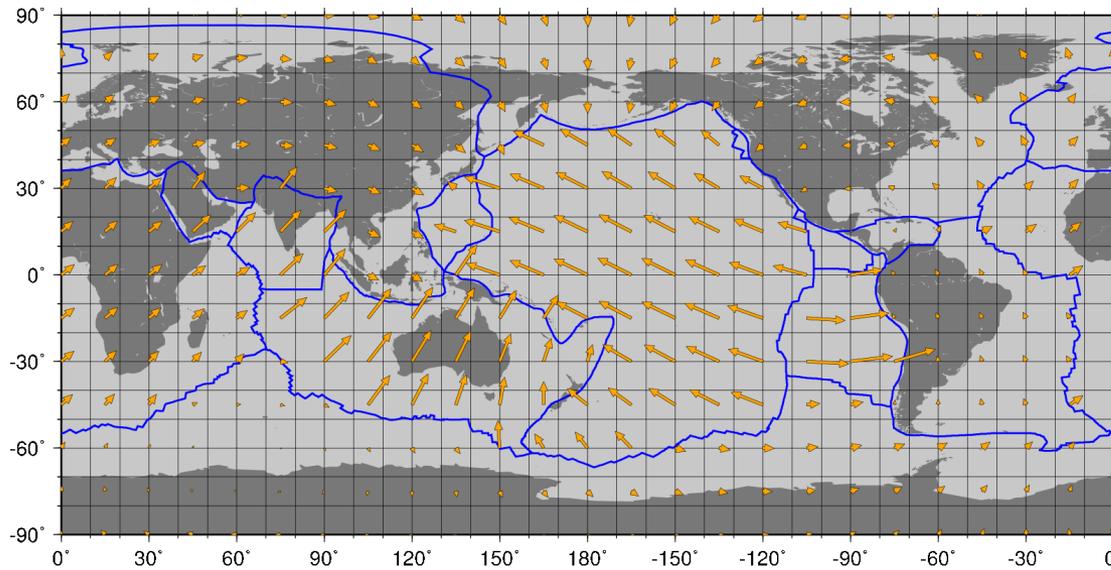
MODELE UND DIE

Wissensfrage:

- Wie alt sind die ältesten ozeanischen Krustengesteine bei einer Plattengeschwindigkeit von wenigen Zentimetern pro Jahr?

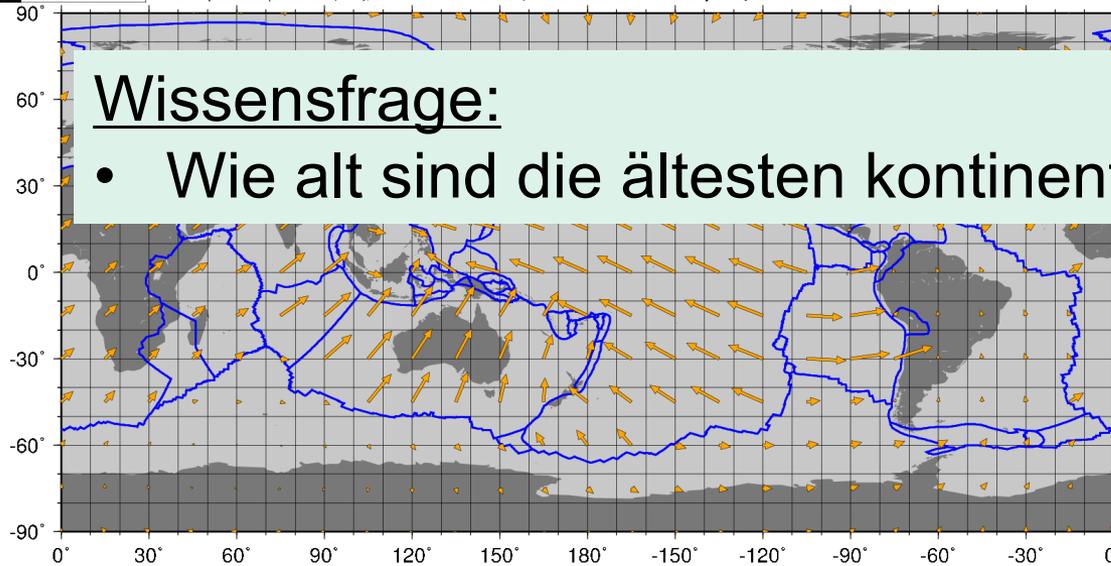


GM 2014 Jan 03 13:09:47 MORVEL plate model (de Mets et al., 2010), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 19.5/3.7 cm/yr - twb@usc.edu



NUVEL 1A (oben) -
und MORVEL (unten):
Modelle und die

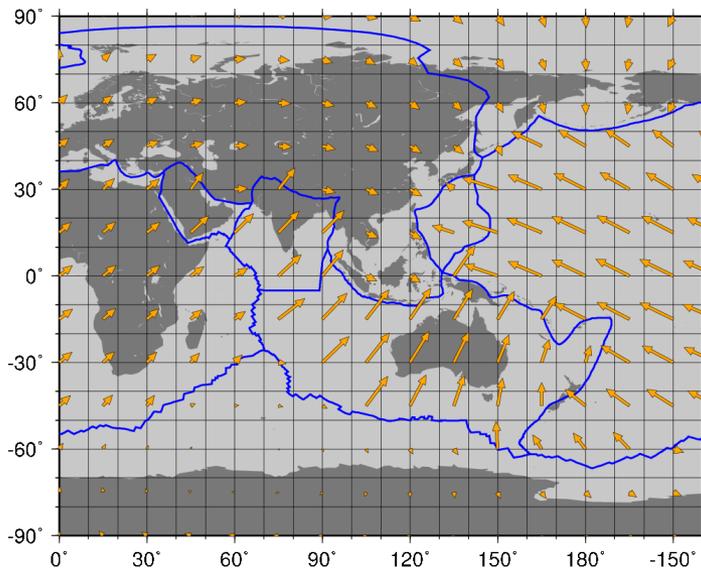
GM 2014 Jan 03 13:09:34 NUVEL-1A plate model (de Mets et al., 1994), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 10.4/3.7 cm/yr - twb@usc.edu



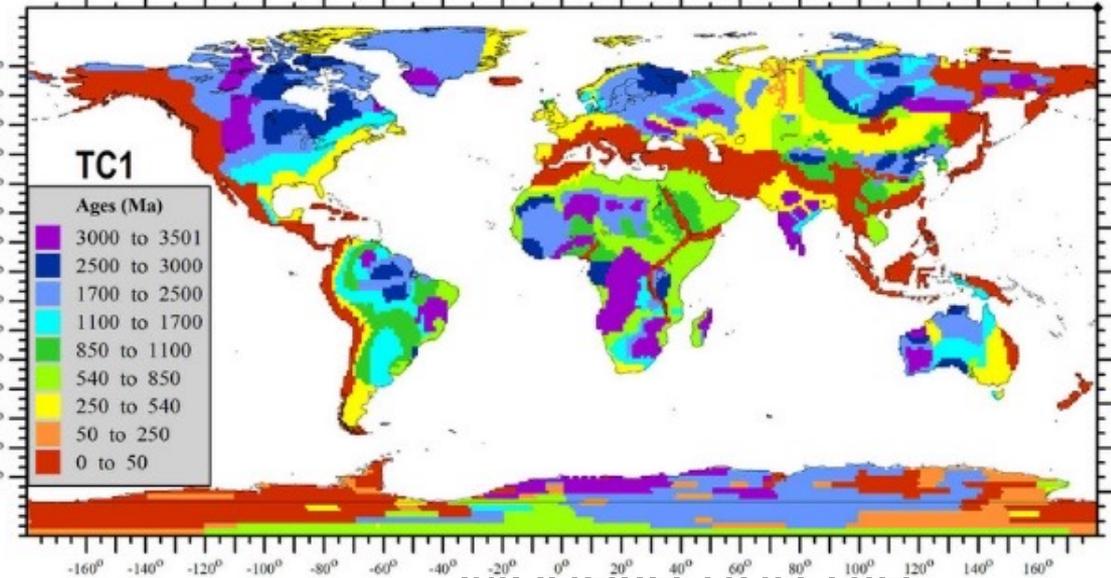
GM 2014 Jan 03 13:09:47 MORVEL plate model (de Mets et al., 2010), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 19.5/3.7 cm/yr - twb@usc.edu

Wissensfrage:

- Wie alt sind die ältesten kontinentalen Krustengesteine?



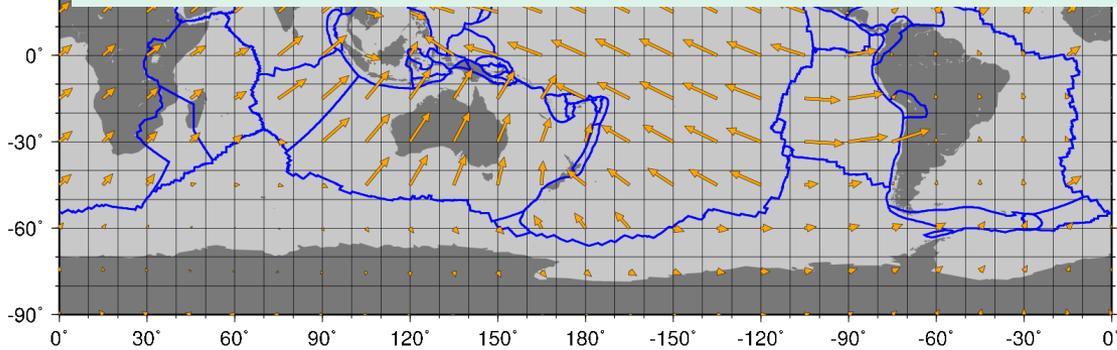
GM 2014 Jan 03 13:09:34 NUVEL-1A plate model (de Metz et al., 1994), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 10.4/3.7 cm/s



MODELE UND DIE

Wissensfrage:

- Wie alt sind die ältesten kontinentalen Krustengesteine?



GM 2014 Jan 03 13:09:47 MORVEL plate model (de Metz et al., 2010), no net rotation reference frame, max/mean velocities are 19.5/3.7 cm/yr - twb@usc.edu

The structure of Mars: InSight Mission



- [Vortrag at SSA meeting 2019:
https://www.youtube.com/watch?v=aTx_ca1bE4A&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=aTx_ca1bE4A&feature=youtu.be)

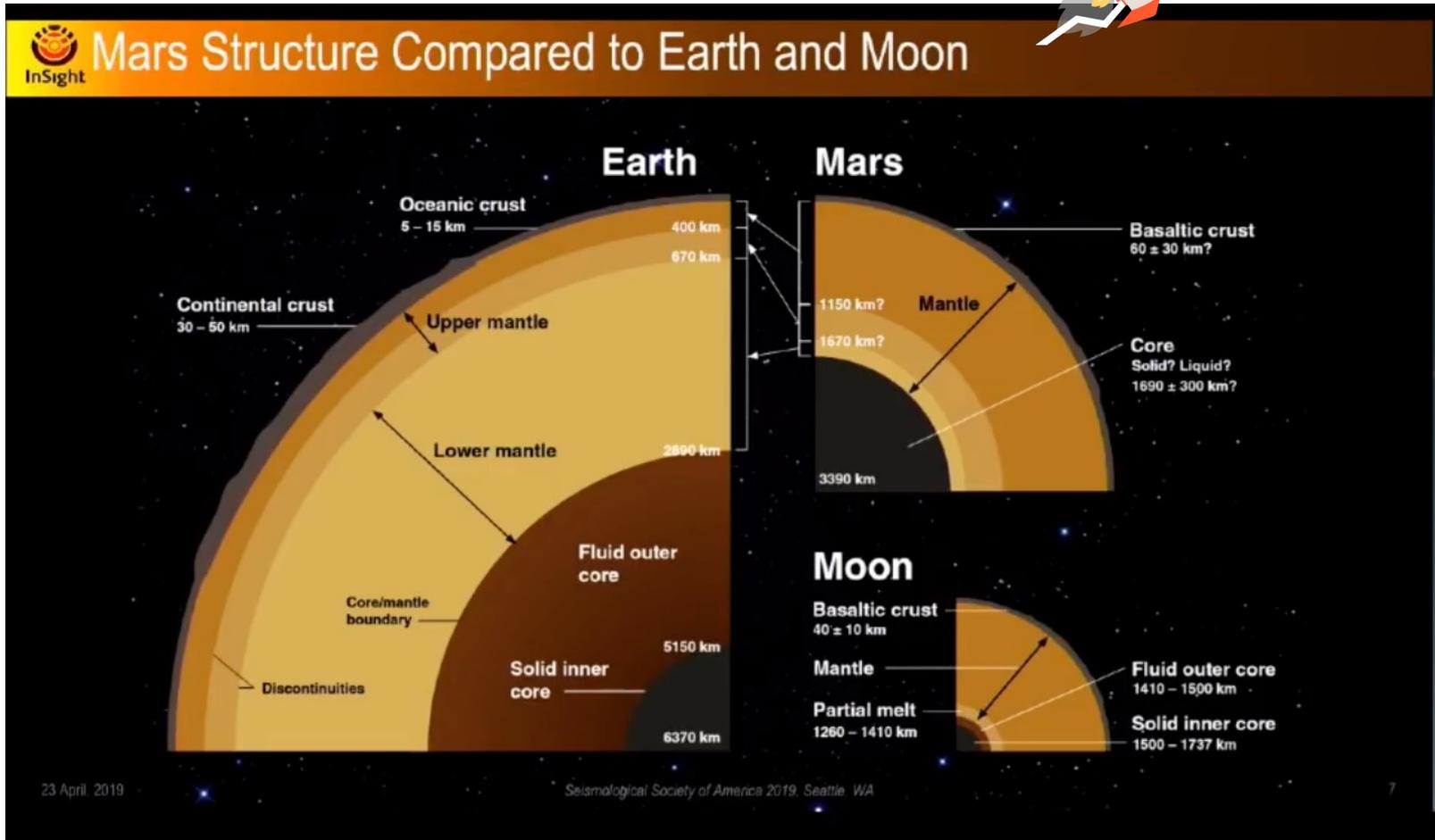
 **InSight as a Time Machine...**

- InSight travels back more than a hundred years, to terrestrial seismology at the dawn of the 20th century, to answer basic questions about the planet:
 - What is the thickness of the crust?
 - What is the structure of the mantle?
 - What is the size and density of the core?
 - What is the distribution of seismicity?
- This will allow us to travel back in time 4.5 billion years, to the beginnings of our solar system, to help understand:
 - The processes of planetary differentiation that formed the planets
 - The evolutionary processes that modify them



23 April, 2019 Seismological Society of America 2019, Seattle, WA

The structure of Mars: InSight Mission



The structure of Mars: InSight Mission

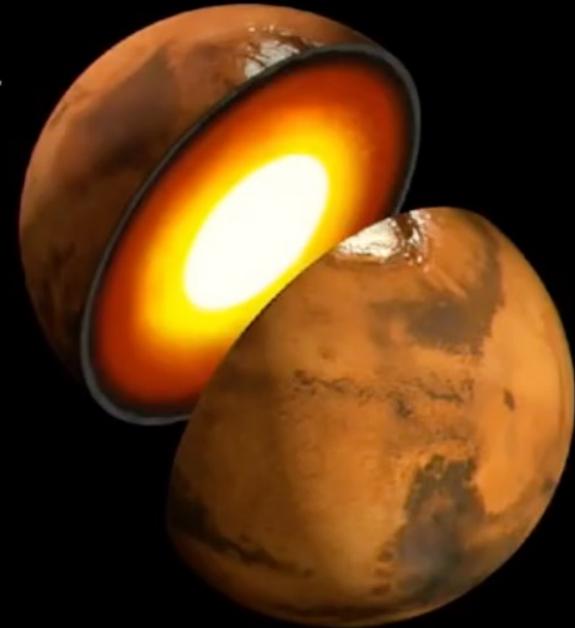


Mission Objectives

Goal: Provide constraints on the formation and early evolution processes of terrestrial planets by studying the internal structure of Mars.

In order to address this goal, InSight will determine, through geophysical measurements:

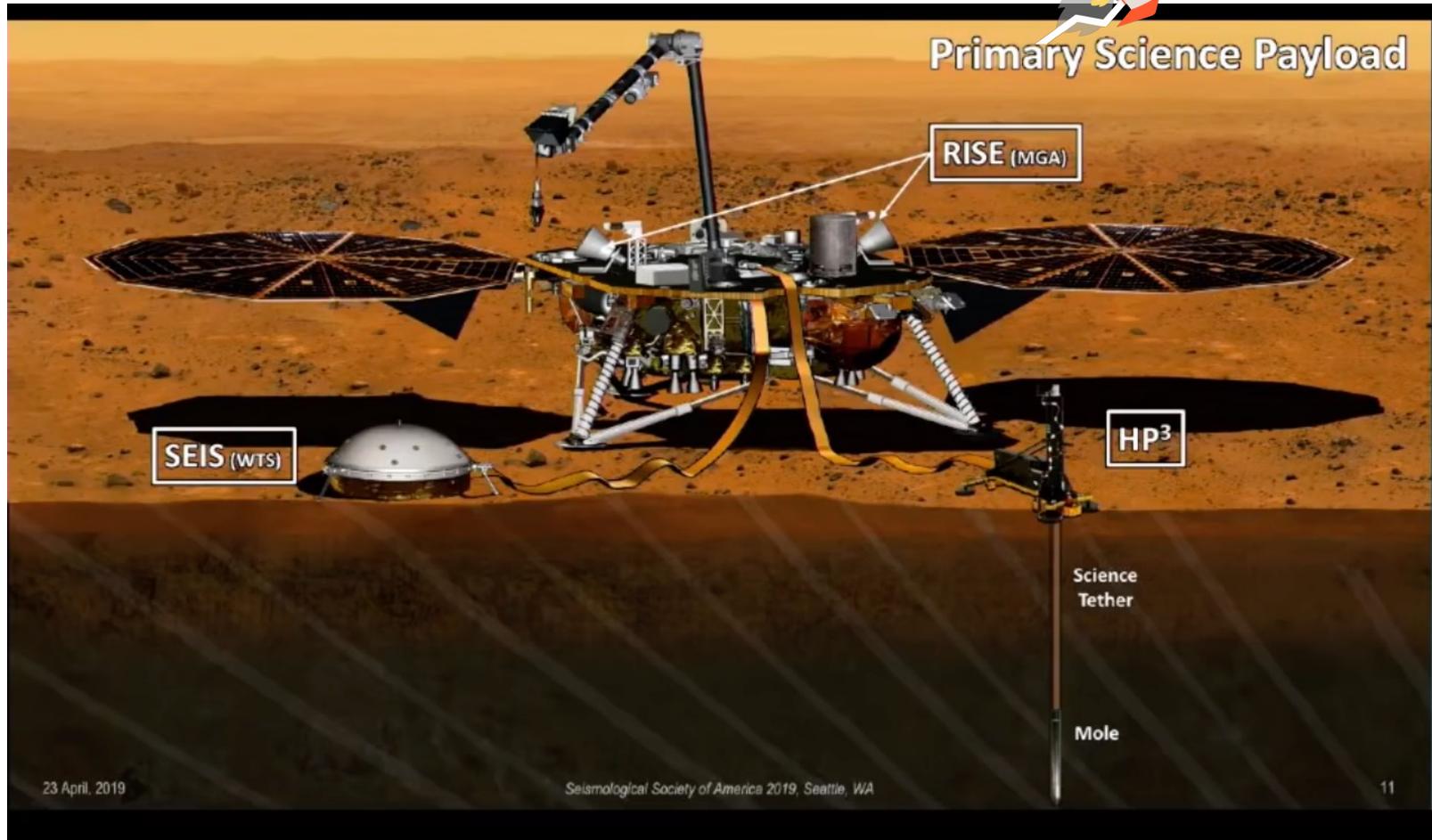
- Crustal thickness and large-scale layering
- Mantle structure
- Core size and density
- Global heat flux
- Rate and distribution of seismic activity
- Rate of meteorite impacts



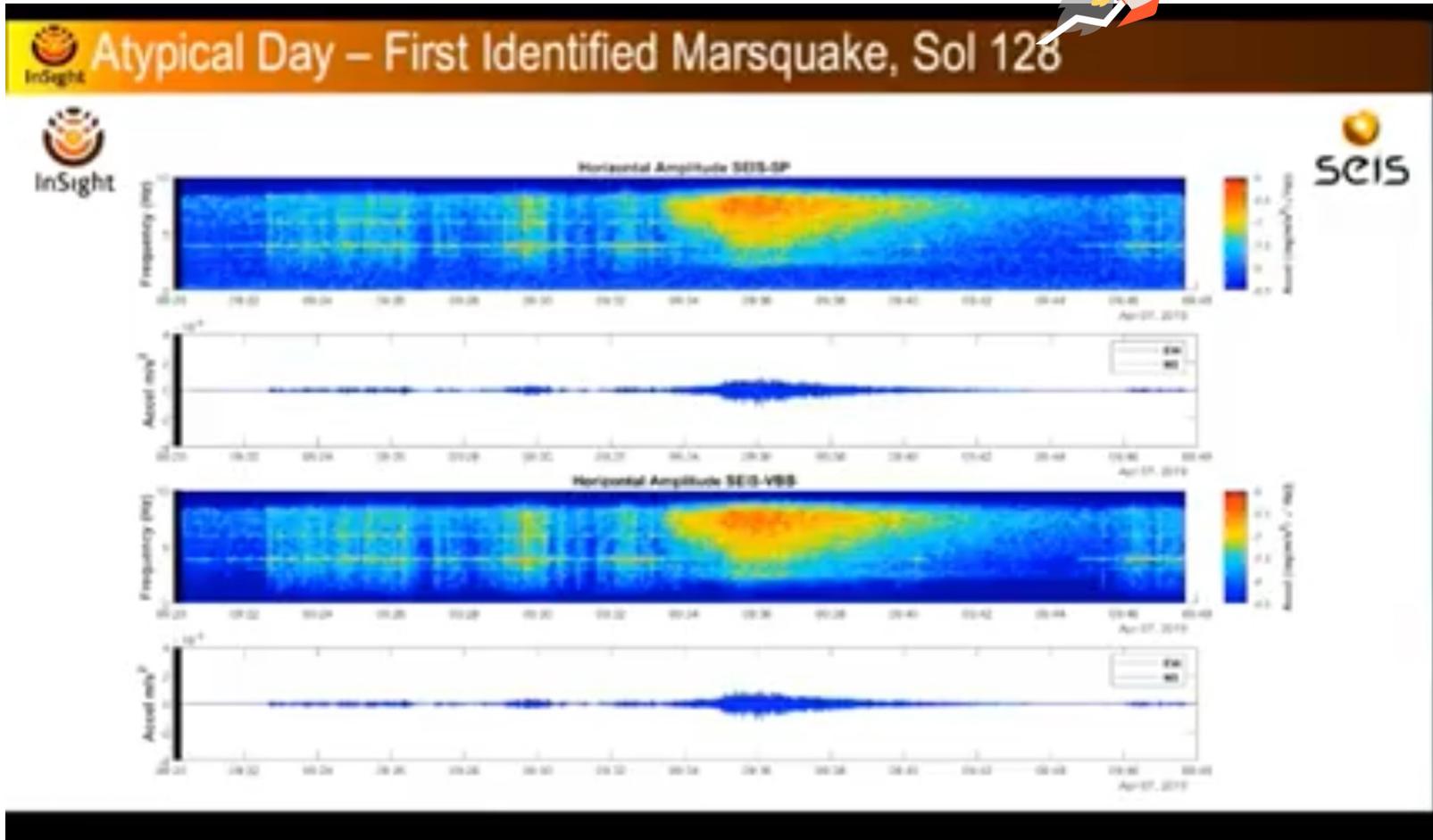
23 April, 2019

Seismological Society of America 2019, Seattle, WA

The structure of Mars: InSight Mission



The structure of Mars: InSight Mission





Zusammenfassung – Take-home-message

- Aufbau der Erde: ozeanische und kontinentale Kruste – Mantel – Erdkern
- Geschwindigkeit & Dichte als Funktion der Tiefe
- Isostasie
- Globale Verteilung von Erdbeben
- Grundkonzepte der Plattentektonik (Eulersches Rotationstheorem)
- Plattengeschwindigkeiten (GPS...)