



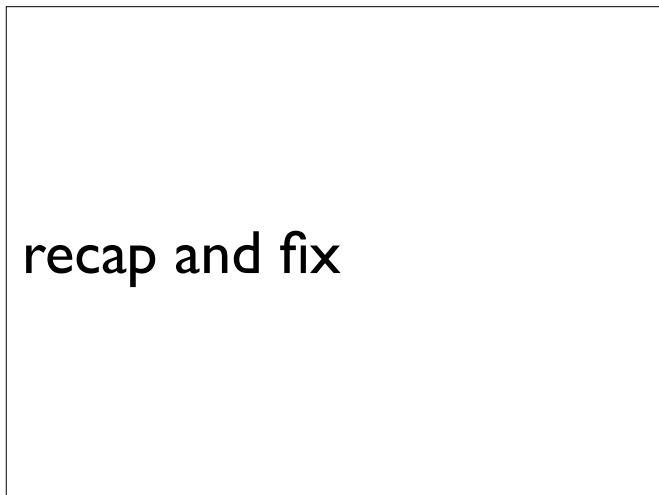
1

Zum Abschluss ein Rundgang um die Eurasische Platte



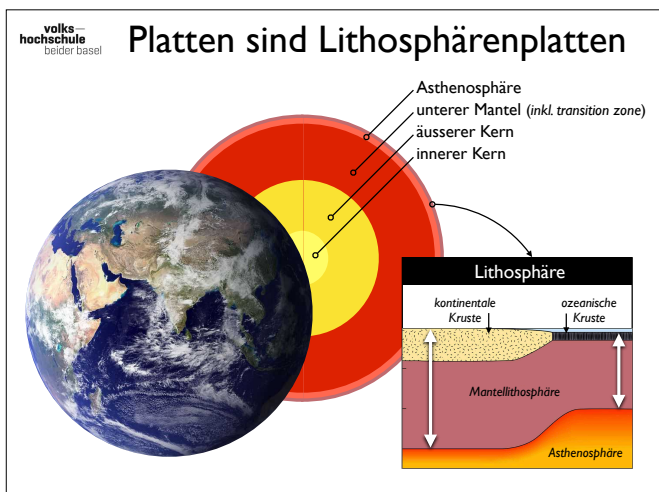
2

zwei Verschreiber in den letzten Beilagen (2021 Faszination-3):  
 Kommentar zu slide 10 (wohin mit der Lithosphäre):  
 100 Ma und 200 Ma statt 150 Ma und 300 Ma...  
 Slide 62: gelbes Kästchen: sollte heißen seismische Energie (Es), nicht seismische Moment (Es)...



3

Der Rundgang ist kürzer als vor zwei Jahren...  
 die Platte ist geschrumpft..



4

Die Lithosphäre besteht aus Kruste und oberem Mantel (auch Lithosphärenmantel genannt)  
 Die kontinentale Kruste ist relativ dick und besteht aus leichten Krustengesteinen, die ozeanische Kruste ist relativ dünn und besteht aus wesentlich dichtem Material.  
 Die unter der Lithosphäre liegende Asthenosphäre besteht ausschliesslich aus Mantelgestein

# Theorie der Plattentektonik

Die Erdoberfläche ist in ~20 tektonische Platten unterteilt.

⇒ **Platte ist steif**

Die Platten sind Lithosphärenplatten und bewegen sich ± steif (ohne sich innerlich zu verformen) über die fließfähige Asthenosphäre hinweg.

⇒ **lineare Quelle**

An den mittelozeanischen Rücken (= konstruktive Plattengrenze) wird aufsteigendes Mantelmaterial an die auseinander driftenden Platten angefügt (Seafloor Spreading).

⇒ **lineare Senke**

An den Subduktionszonen (= destruktive Plattengrenze) wird die Lithosphäre wieder in den Erdmantel zurück versenkt.

⇒ **Verbindung von Quelle und Senke**

Transformbrüche (= konservative Plattengrenzen) verbinden die Plattengrenzen, sodass jede Platte kinematisch vollkommen von ihren Nachbarinnen entkoppelt ist.

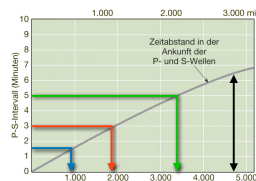
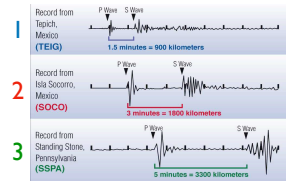
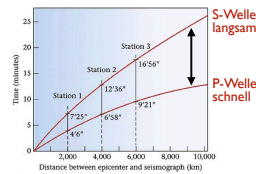


John Tuzo Wilson  
(1908 - 1993)

5

John Tuzo Wilson, ein kanadischer Geophysiker und Geologe formuliert die Theorie der Plattentektonik. Dies aufgrund der Entdeckung von Transform faults, welche konstruktive und destruktive Plattengrenzen verbinden und damit kohärente Platten "ausschneiden" (the lithosphere ... broken up into numerous pieces or "plates" that move independently over the weaker asthenosphere) und aufgrund der Beobachtung von Hotspots, welche die Bewegung von Platten aufzeichnen (Hawaiian Islands were created as a tectonic plate shifted slowly in a northwesterly direction over a fixed hotspot).

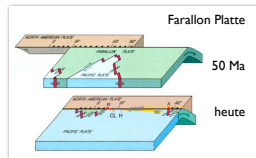
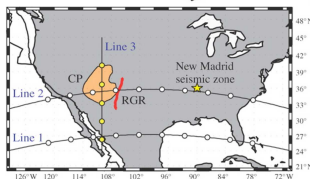
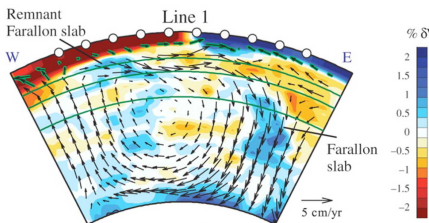
# seismische Tools (I) Epizentrum



6

Lokalisierung des Epizentrums, Bestimmung der Herdtiefe

# seismische Tools (2) Tomographie

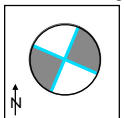


7

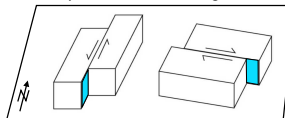
Darstellung des inneren Aufbaus des Erdmantels: blau = kalt = steif, rot = warm = weich

# seismische Tools (3) Momente

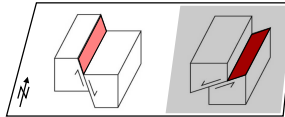
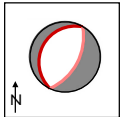
Herdfächenlösung



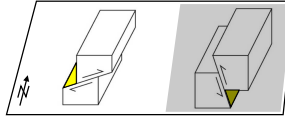
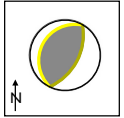
entsprechende Orientierung im Feld



konservative PG  
(Blattverschiebungen)  
senkrechte Bruchflächen,  
beide Richtungen  
sind möglich



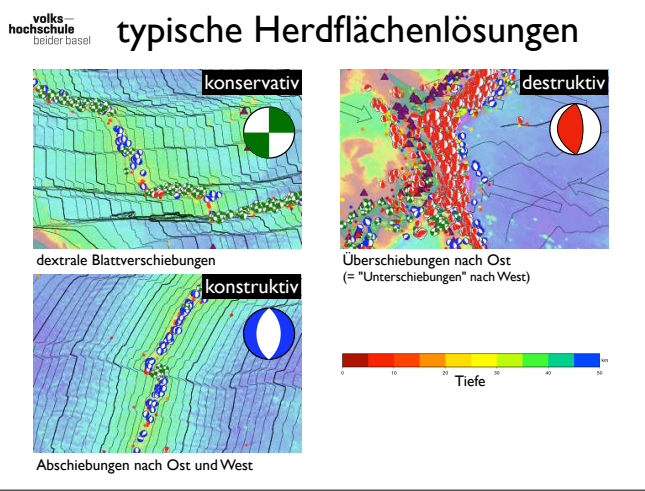
konstruktive PG  
(Dehnung)  
Abschiebungen,  
steile Bruchflächen  
sind typisch ( $\geq 45^\circ$ )



destruktive PG  
(Verkürzung)  
Überschiebungen,  
flache Bruchflächen  
sind typische ( $< 45^\circ$ )

8

Bestimmung der möglicher Bruchflächen (Abschiebung, Überschiebung, Blattverschiebung) und Bewegungsrichtungen



9

Unterscheidung von 3 Typen von Plattengrenzen

volks-  
hochschule  
beider basel

## Internet Tool

Download from  
[https://www.google.com/intl/de\\_ALL/earth/versions/](https://www.google.com/intl/de_ALL/earth/versions/)

Google Earth Übersicht Earth-Versionen Ressourcen Mehr von Earth

Download from VHSBB server:  
1990 Earths\_Tectonic\_Plates.kmz  
2003 plate\_boundary\_model.kmz

10

**Keyhole Markup Language (KML)** ist eine Auszeichnungssprache zur Beschreibung von Geodaten. Bekannt wurde es durch die Anwendung in dem Programm Google Earth (das in seiner Urversion in Anspielung auf ein Spionagesatellitenprojekt Keyhole Earth Viewer genannt wurde). KML befolgt die XML-Syntax, liegt in der Version 2.2 vor und ist ein Standard des Open Geospatial Consortium.

**KMZ** is a file extension for a placemark file used by Google Earth. KMZ stands for Keyhole Markup language **Zipped**. It is a compressed version of a KML (Keyhole Markup Language) file. Keyhole was the founding company of the Earth Viewer software that Google Earth was built upon.

# Plattenrundgang – Eurasia 1990

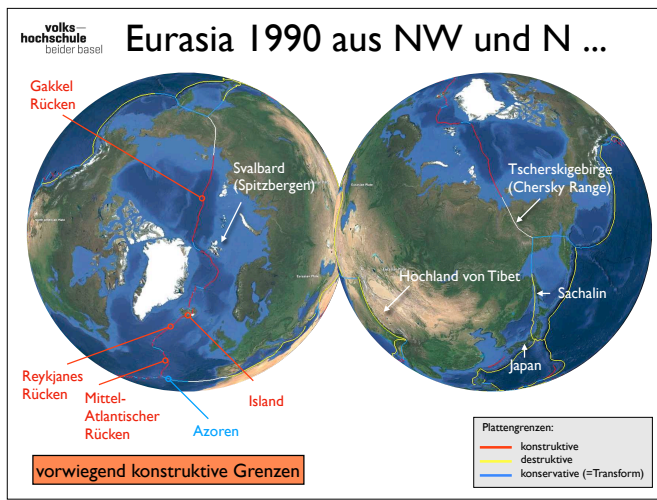
11

Der abschliessende Rundgang führt um die "alte" Eurasische Platte, so wie sie 1990 definiert wurde.



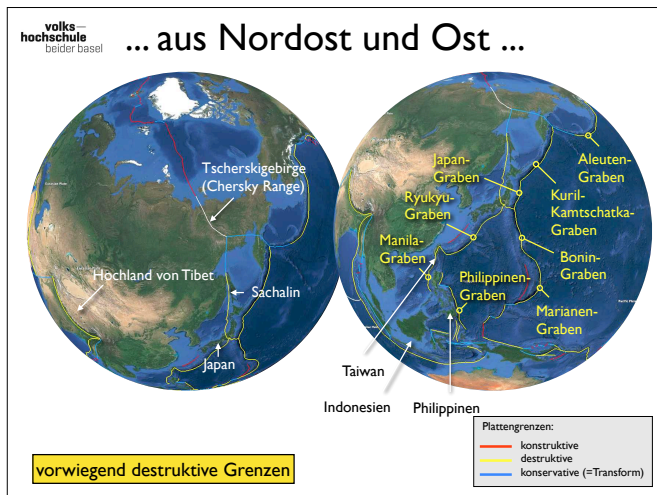
12

Kennzeichnung der Plattengrenzen (1990)



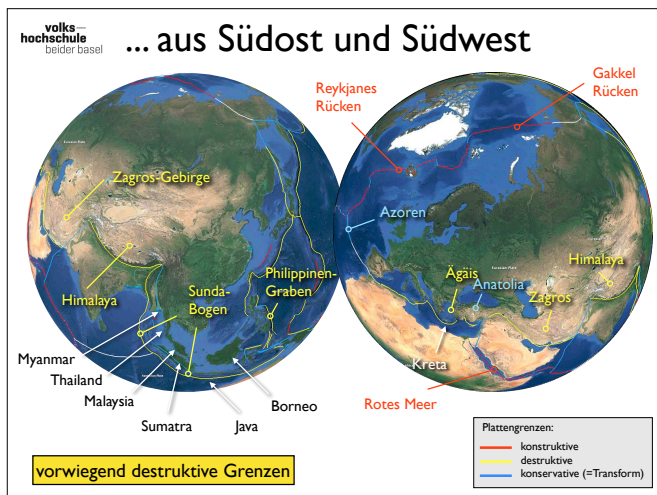
13

wir sehen ROT  
 ein ungewöhnlicher Blick verrät: Nachbarin = N-Amerika  
 Gakkel Rücken (links davon Lomonossov Rücken)  
 von unten entlang MAR: Azoren  
 Island auf Rücken: Reykjanes Rücken  
 (Spitsbergen) Svalbard



14

Wir sehen GELB  
 Nachbarinnen sind: Ohkotsk, Philippinische,  
 (Pazifische gerade nicht), Australische Platte



15

wir sehen GELB ... und ein bitzeli BLAU ganz am  
 Schluss  
 Nachbarinnen sind: Australische, Indische,  
 Afrikanische Platte  
 Sundabogen (-graben) = Java Trench  
 Australien unter Sunda  
 Indien unter Burma Platte

# der konstruktive Westen relative vs. absolute aktuelle vs. gemittelte Plattengeschwindigkeiten

Plattenbewegungen

Karte des Ozeanbodenalters

16

Wir beginnen wo auch die Platte beginnt

### Hotspot Island

volks-hochschule beider basel

Hotspot Island

15 mm/a 8 mm/a

nordatlantischer Rücken

Transformbruch

Plattengrenzen:  
 konstruktive  
 destruktive  
 konservative (=Transform)  
 andere

Surtsey Eruption 1963

Eyjafjalajökull 2010

Pingvellir, National Park Grabenbruch

Häufigkeit  
 Grundgebirge Jung-Präkambrium (Alter > 52 Millionen vorhistorische Jahre),  
 Referenz mit postglazialen Sedimenten (ca. 10000 Jahre)  
 Grundgebirge Ober-Präkambrium und Archäozoikum  
 (ca. 3-5 Millionen vorhistorische Jahre)  
 Grundgebirge Mesozoikum (Alter ca. 3,5 Millionen vorhistorische Jahre)  
 Ältere oder ruhende Zentralbrüche mit zugehörigen Spaltenschwämmen

17

**Nachbarin:** N-Amerikanische Platte  
 Divergente / konstruktive Plattengrenze  
 Island = Hotspot (20Ma alt) = spreading ridge  
 Topographie = Grabenbildung  
<http://www.si-journal.de/index2.php?artikel=jg21/heft2/sij212-3.html>  
 VFZ: Vulkanische Flankenzone, RH: Reykjanes-Halbinsel, SISZ: Südisländische Seismische Zone, WVZ: Westliche Vulkanische Zone, ZIVZ: Zentralisländische Vulkanische Zone, NVZ: Nördliche Vulkanische Zone, TFZ: Tjörnes Bruchzone, EVZ: Östliche Vulkanische Zone, SIVZ: Südisländische Vulkanische Zone. Studium Integrale Journal

### Geschwindigkeiten

volks-hochschule beider basel

Geschwindigkeiten

aktuelle, absolute Plattengeschwindigkeiten (GPS)  
 vs.  
 aktuelle Öffnungsgeschwindigkeiten  
 $(v_1 + v_2)$  = Öffnungsgeschwindigkeit  
 $(v_1 + v_2)/2$  = relative Plattengeschwindigkeit  
 $(v_1, v_2)$  = Betrag, umgekehrte Vorzeichen

Öffnungsbewegung (Spreizung) Platte-Platte    Plattenbewegung Platte-Hotspot

über geologische Zeiträume  
 gemittelte, relative Plattengeschwindigkeit  
 (aus Alter des Ozeanbodens)  
 Seafloor Spreading ist symmetrisch

Age of Oceanic Lithosphere [m.y.]

Plattengrenzen:  
 konstruktive  
 destruktive  
 konservative (=Transform)  
 andere

18

### sea floor spreading am Nordpol ...

volks-hochschule beider basel

sea floor spreading am Nordpol ...

Ostsbirien  
 Grönland  
 Nordpol  
 Spitzbergen  
 Island

Lonossov Rücken  
 Gakkel Rücken

6.7 5.8 3.6 4.4 6.3

km Tiefe

Plattengrenzen:  
 konstruktive  
 destruktive  
 konservative (=Transform)  
 andere

19

**Nachbarin:** N-Amerikanische Platte  
 Also: N-Pol ist amerikanisch Grönland auch, Island halb/halb  
 Polarkreis =  $66^\circ 33' 55''$  ( $\approx 66,6^\circ$ )  
 Zhang, Tao & Gao, Jinyao & Chen, Mei & Yang, Chunguo & Shen, Zhongyan & Zhou, Zhiyuan & Zhaocai, Wu & Sun, Yunfan. (2015). Mantle melting factors and amagmatic crustal accretion of the Gakkel ridge, Arctic Ocean. Acta Oceanologica Sinica. 34. 42-48. 10.1007/s13131-015-0686-8.

### im Osten neue Plattengrenzen Rotation vs. Translation ( $^\circ/\text{Ma}$ ) vs. (cm/Jahr)

Relativbewegungen von Platten

Beobachtete	Absolutbewegung	1977-2001	1993-2001	1993-2001
NAFZ	Europa → Nordamerika	2,16	1,87	11
NAFZ	Asien → Nordamerika	2,45	2,16	12
NAFZ	Asien → Europa	2,12	1,83	10
NAFZ	Asien → Afrika	1,60	1,32	7
NAFZ	Asien → Australien	8,70	7,62	39

NAFZ = Nordatlantischer Rücken  
 NA = Nordamerika

... sind Rotationen um eine Achse

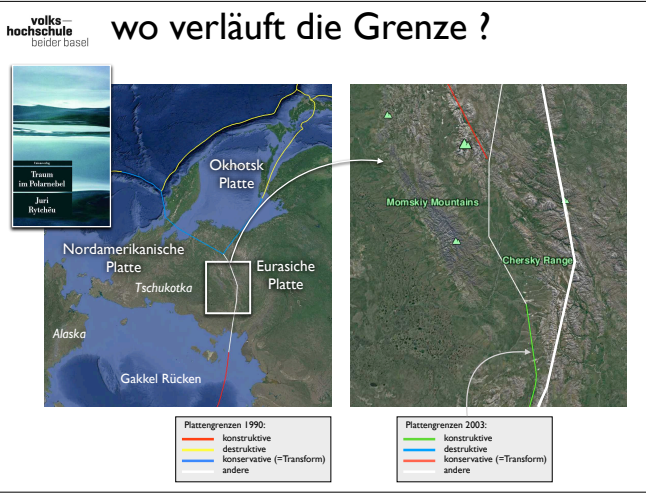
Platten bewegen sich nicht in einer Ebene in x- und y-Richtung ...  
 ... mit einer Geschwindigkeit von sich

... sondern auf einer Kugel  
 ... mit einer Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um einen Pol

Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  (Grad/Jahr)  
 Geschwindigkeit  $v$  (cm/Jahr)  
 Abstand zum Pol  $r$  (km)

20

Wir beginnen wo auch die Platte beginnt

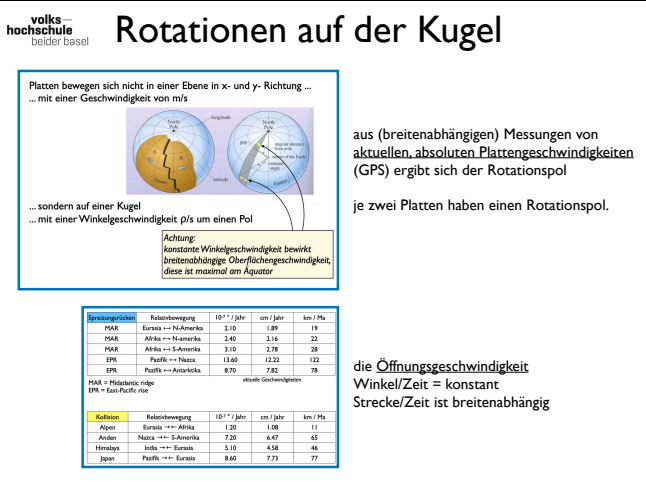


21

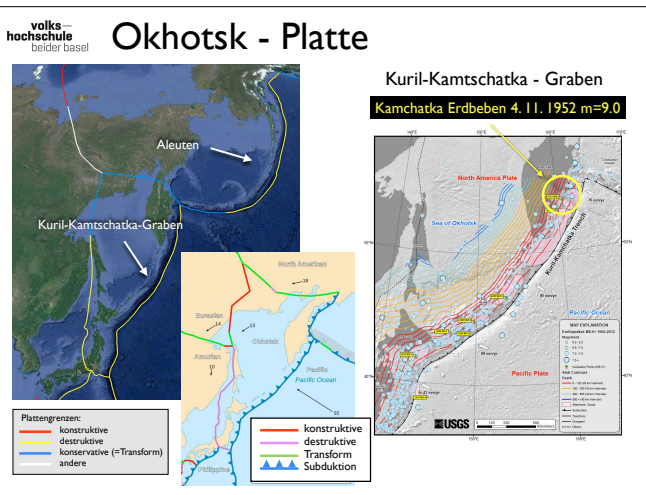
**Nachbarinnen:** N-Amerikanische, Okhotsk Platte

Thema : wo verläuft die Grenze  
 Wechsel von ozeanisch konstruktiv zu kontinental konstruktiv  
 aber keine erkennbaren Merkmale (kein Graben, Erdbeben, Vulkanismus...)

Die Tschukotka gehörte von Anfang an, d.h. seit 1990 zur Nordamerikanischen Platte, während die Okhotsk Platte erst 2003 von ihr abgetrennt worden war..  
 (mehr über die Tschuktschen in Juri Rytchëu's "Traum im Polarnebel")



22



23

**Nachbarin:** Okhotsk Platte

Sea of Okhotsk, the Kamchatka Peninsula, Sakhalin Island and Tōhoku and Hokkaidō in Japan.

It was formerly considered a part of the North American Plate  
 RECHTS: Okhotsk = Teil von NorthAmerikanische Platte  
 Kuril-K. eine der gefährlichsten Subduktionszonen \*\*\*  
 blau = 600km+ Tiefe  
 ==>>> Kamchatka EQ 4.11.1952 m=9.0 (no.5) in der Liste, s. gelbe Labels

# Beinahe Nachbarin Pazifische Platte Plattengeschwindigkeit

Platte ↔ Hotspot - gemittelt

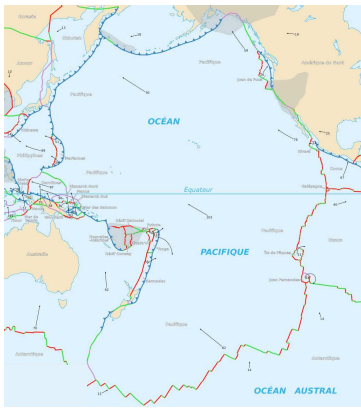
24

## östliche (Beinahe-)Nachbarin

25

## Beinahe-Nachbarin: Pazifische Platte

Legende: Hier Transform grün, Zentrum: typ. Wert=103 cm/J, verzerrt wegen Projektion  
Grösste Platte - Platz 1



(1990)

1	Pazifische Platte
2	Afrikanische Platte
3	Antarktische Platte
4	Nordamerikanische
5	Eurasische Platte
6	Australische Platte
7	Südamerikanische Platte

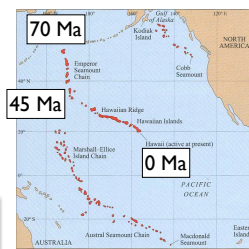
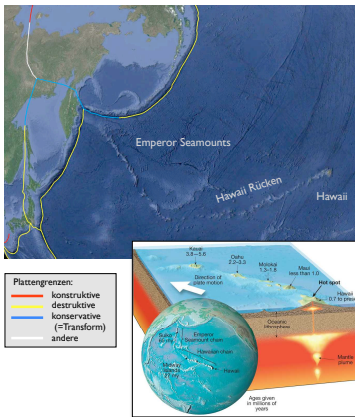
—	konstruktive
—	destruktive
—	Transform
▲	Subduktion

■	Gebirge
←	Plattenbewegung (mm/Jahr) bezüglich Afrika

## Hawaii Hotspot - speedometer

26

Grobabschätzung Plattengeschwindigkeit:  
Alter der (ertrunkenen) Vulkane / zurückgelegte Distanz  
==> "Absolutbewegung"

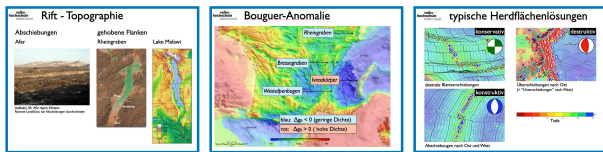


Hawaii - Emperor chain

ca. 1000 km in 70 Ma  
=> Plattengeschwindigkeit  
V<sub>Platte</sub> ≈ 9 cm / Jahr

## Amur Topografie Gravimetrie beach balls

27



## Sezessionsbewegungen im Osten

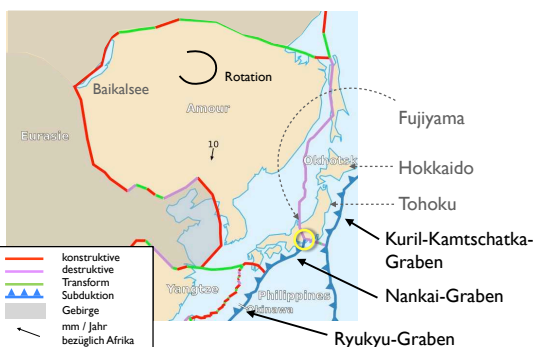
28

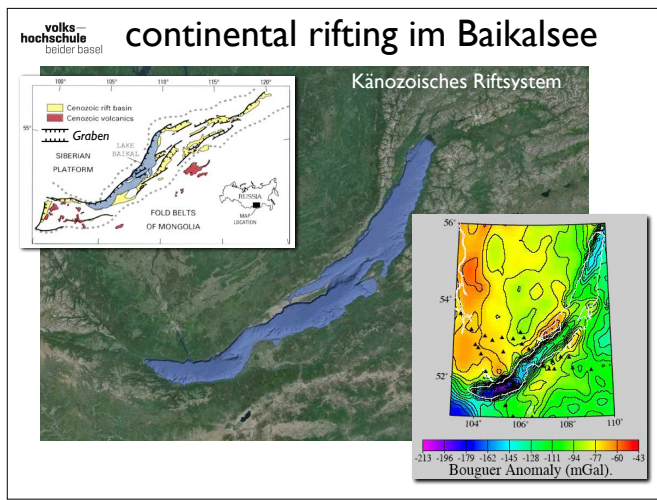
= Mandschurei, die Koreanische Halbinsel, die westlichen Hauptinseln Japans und die Region Primorje.

Nach dem Fluss Amur benannt, = Grenze zwischen Osten Russlands und Nordosten Chinas  
Baikal-Graben = Grenze zwischen dem Amurplatte und der Eurasischen Platte.

GPS-Messungen zeigen, dass die Platte sich langsam gegen den Uhrzeigersinn dreht.

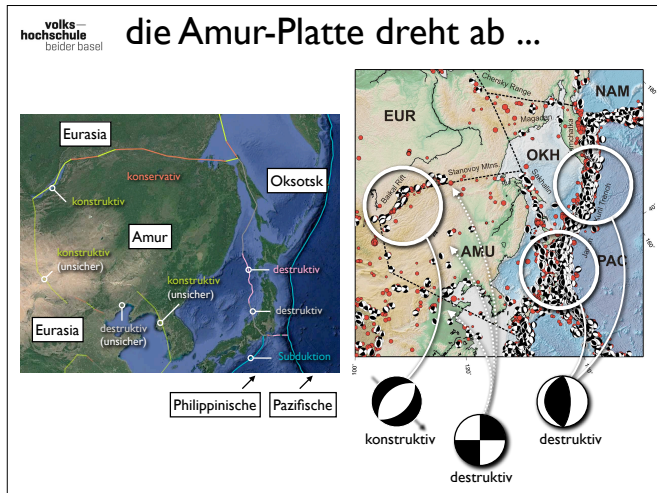
====>>> Fujiyama = spez. Vulkanismus - Tripelpunkt  
====>>> Japan = 2 Platten (Ochotsk + Eurasia) mit zwei Subduktionen !!! Kuril-K.-Marianen und Nankai.  
Ryukyu bereits Phillipinische unter Yangtse Platte (bzw. Okinawa Platten-schnitt)....





29

Känozoikum ab 66 Ma = jung  
 Baikal-Graben = Grenze zwischen dem Amurplatte und der Eurasischen Platte.  
 GPS-Messungen zeigen, dass die Platte sich langsam gegen den Uhrzeigersinn dreht.  
 → geringe Dichte  
 → verdünnte Lithosphäre  
 → Sedimentfüllung



30

Links: Grenzen berechnet aus Rotationspolen (w/r Pacific, Bird 2003)  
 Rechts: Herdflächenlösungen

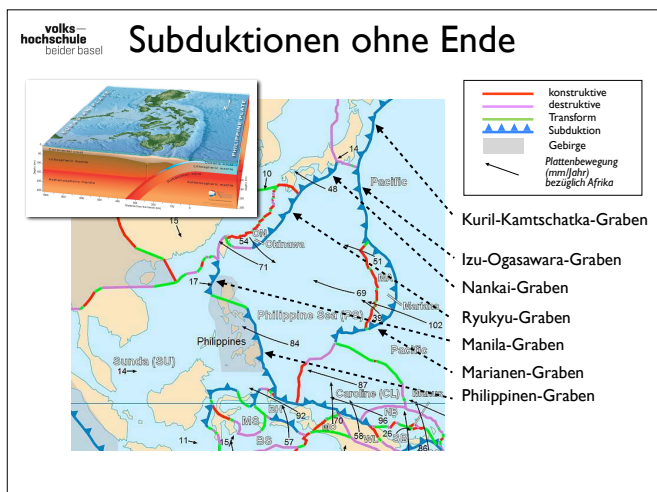
Amur Platte = Mandschurei, die Koreanische Halbinsel, die westlichen Hauptinseln Japans und die Region Primorje.  
 Nach dem Fluss Amur benannt, = Grenze zwischen Osten Russlands und Nordosten Chinas

# Philippinische Platte Subduktionen Relativbewegungen beach balls

Interpretation

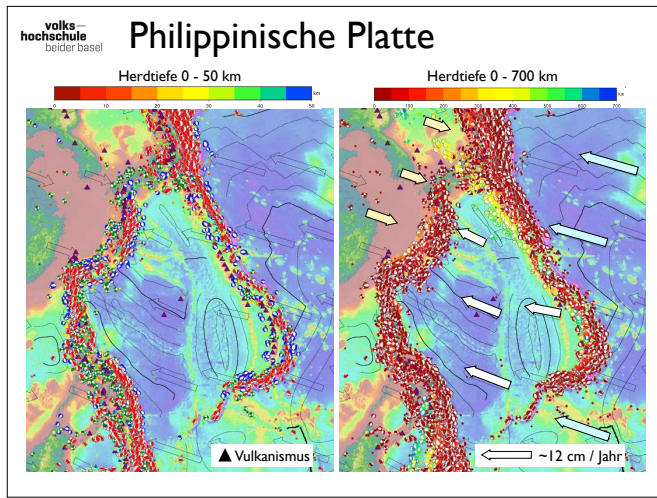
Beach ball symbols for:  
 - Konservative Platte (rotational)  
 - Konstruktive Platte (divergent)  
 - Destruktive Platte (convergent)  
 - Transform (transform)  
 - Subduktion (subduction)  
 - Gebirge (mountain range)

31



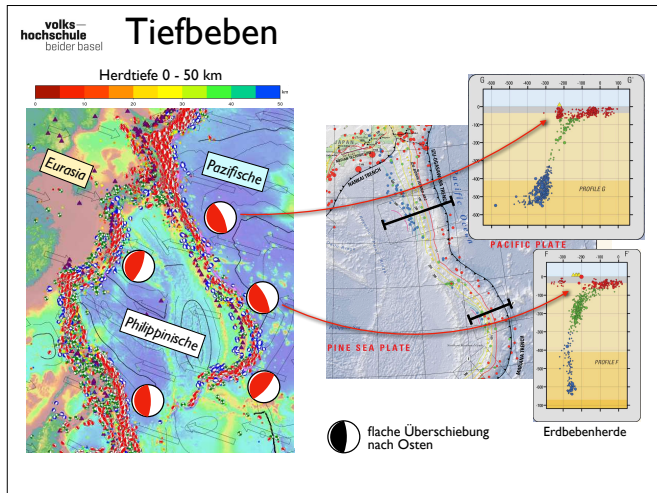
32





33

Vectors no-net-reference frame Kremer et al GJI 154, 2003 \*\*\* differential speed => destructive boundaries

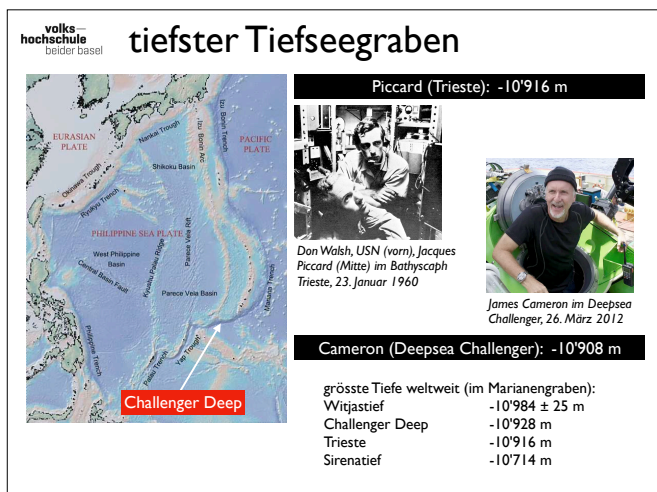


34

USGS Seismicity of the Earth, Philippine Sea Plate and Vicinity, Open-File Report 2010-1083-M  
Compiled by Gregory M. Smoczyk,1 Gavin P. Hayes,1 Michael W. Hamburger,2 Harley M. Benz,1 Antonio Villaseñor,3 and Kevin P. Furlong4 2013

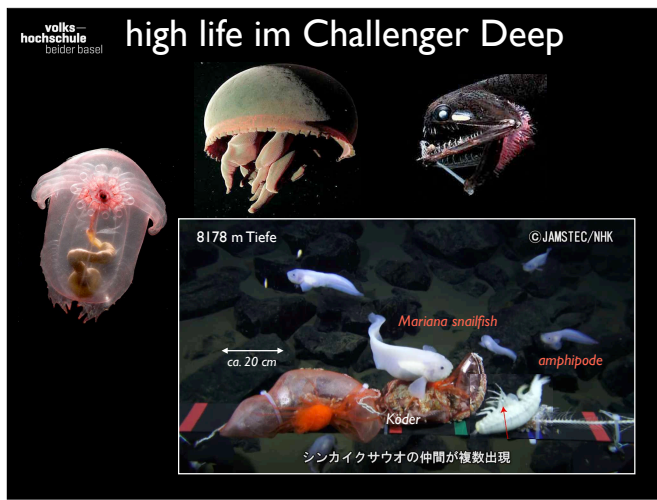
# Marianen Challenger Deep

35



36

On 23 January 1960, the Swiss-designed bathyscaphe Trieste, originally built in Italy and acquired by the U.S. Navy, descended to the ocean floor in the trench manned by Jacques Piccard (who co-designed the submersible along with his father, Auguste Piccard) and USN Lieutenant Don Walsh. The depth of the descent was measured at 10,916 meters; later, more accurate, measurements during 1995 found the Mariana Trench to be slightly less deep at 10,911 m.  
On 26 March 2012, Cameron reached the bottom of the Challenger Deep, the deepest part of the Mariana Trench. The maximum depth recorded during this record-setting dive was 10,908 metres (35,787 ft). Measured by Cameron, at the moment of touchdown, the depth was 10,898 m.



37

On 23 January 1960, the Swiss-designed bathyscaphe Trieste, originally built in Italy and acquired by the U.S. Navy, descended to the ocean floor in the trench manned by Jacques Piccard (who co-designed the submersible along with his father, Auguste Piccard) and USN Lieutenant Don Walsh.

On 26 March 2012, Cameron reached the bottom of the Challenger Deep, the deepest part of the Mariana Trench. The maximum depth recorded during this record-setting dive was 10,908 metres (35,787 ft). Measured by Cameron, at the moment of touchdown, the depth was 10,898 m (35,756 ft). It was the fourth-ever dive to the Challenger Deep and the second manned dive (with a maximum recorded depth slightly less than that of Trieste's 1960 dive). It was the first solo dive and the first to spend a significant amount of time (three hours) exploring the bottom.

Mariana snailfish fish and super-sized amphipode was captured in May 2017 at 8178 m depth using a high-resolution video camera attached to a "lander" robot designed specifically for the "hadal" zone below a depth of 6,000 metres. The lander had been launched by JAMSTEC's research vessel Kairei. posted 25.8.2017  
<https://www.cbc.ca/news/technology/deepest-fish-1.4263003>  
<http://www.deepseachallenge.com/the-science/biology/>

# Yangtse & Okinawa – kein Kontakt mehr mit Philippinischer Platte seit 2003

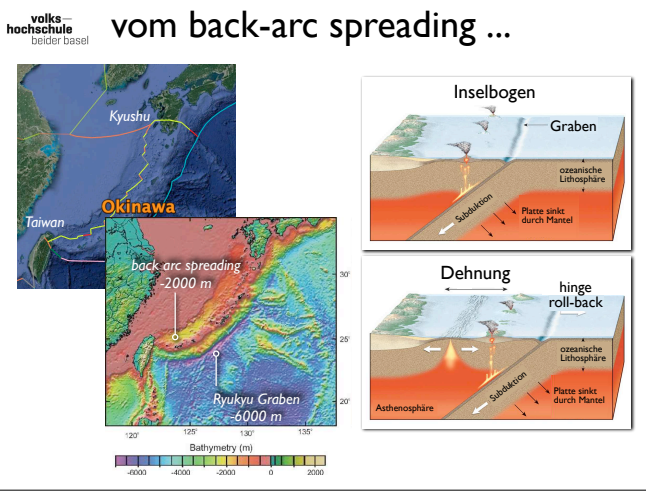
38

# Yangtse und Okinawa

die "Alten" (1990)      die "Neuen" (2003)

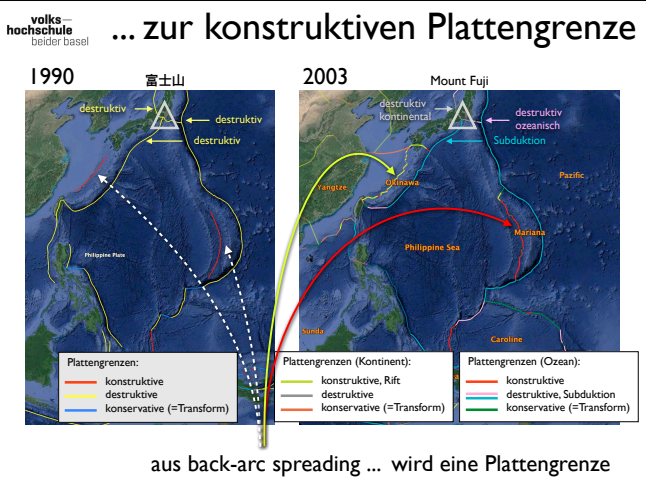
39

Nach 2003 hat Eurasia keinen Kontakt mehr mit der Philippinischer Platte ...  
 Der Norden Japans (Hokkaido und N-Honshu) lag 1990 auf der Okhotsk Platte, der Westen (W-Honshu, Shikoku und Kyushu) und Süden (Okinawa) auf der Eurasischen Platte  
 Seit 2003 liegt der Norden auf der Okhotsk (wie gehabt), aber der Westen auf der Amur Platte und der Süden (Okinawa) auf der Okinawa Platte.  
 Im Norden wird die Pazifische Platte unter die Okhotsk Platte subduziert (Japan Trench)  
 Im Westen die Philippinische unter die Amur Platte (Nankai Trough)  
 Und im Süden die Philippinische unter die Okinawa Platte (Ryukyu Trench)

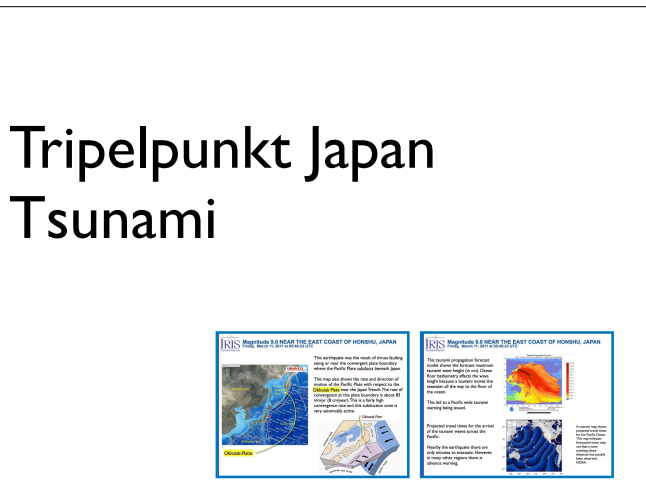


40

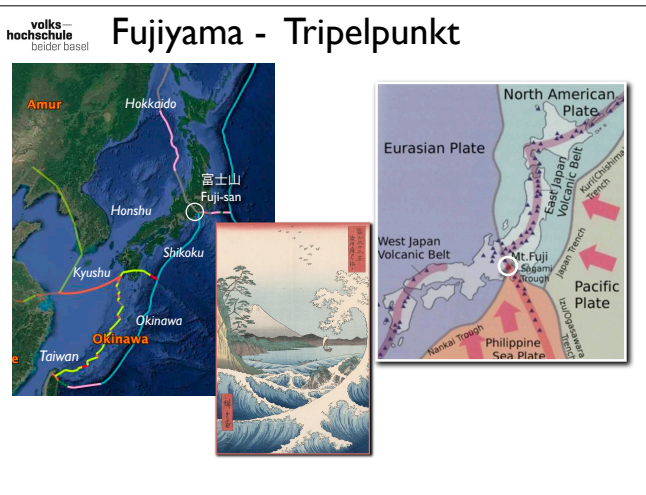
The Ryukyu Trench is 1398 km long  
 Philippine Sea Plate subducts under Eurasia Plate / Okinawa.  
 Okinawa Trough (=China-Ryukyu Border Trough) = seabed feature of the East China Sea  
 = active, initial back-arc rifting basin formed behind Ryukyu



41



42

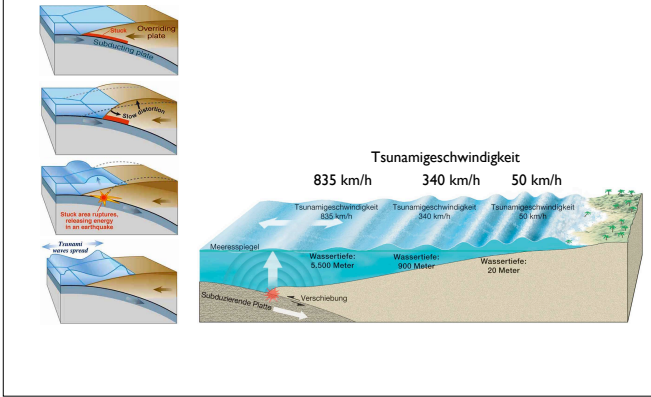


43

====>>> Japan liegt auf 3 Platten (Ochotsk, Amur und Okinawa)  
 ====>>> mit 3 Subduktionen  
 1. Pacific unter Okhotsk,  
 2. Pacific unter Philippine,  
 3. Philippine unter Okhotsk  
 ====>>> Fujiyama = Tripelpunkt  
<http://www.earthobservatory.sg/resources/maps/subduction-zone-beneath-philippines>

# Tsunamigeschwindigkeiten

44



# Sunda Ring of fire (Australia – Sunda)

45

pro memoria: Der Pazifische Feuerring, umschreibt nicht nur die Pazifische Platte, sondern auch die antarktische, Nazca, Cocos, Juan de Fuca, und Philippinische)

# Sunda - Platte - ring of fire

<b>Plattengrenzen (Kontinent):</b> - konstruktive, Rift - destruktive - konservative (=Transform)	<b>Plattengrenzen (Ozean):</b> - konstruktive - destruktive, Subduktion - konservative (=Transform)
--	--

46

Sundabogen  
= dominanter Vulkanismus  
= Subduktion -> Tiefbeben !! Bsp.: Weihnachts-Erdbeben 26.12.2004

# Subduktionsvulkanismus

"will it flow or will it blow?"

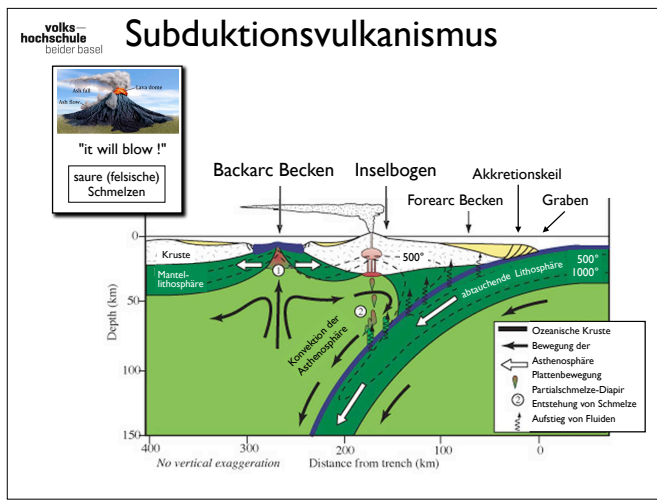
basische (mafische) Schmelzen

saure (felsische) Schmelzen

47

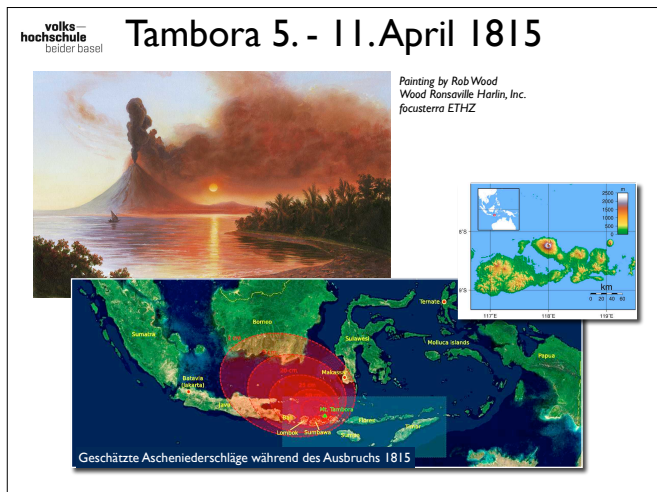
These ridges erupt basalts that are similar to those erupted from the mid-ocean ridges; the main difference is that back-arc basin basalts are often very rich in magmatic water (typically 1-1.5 weight % H<sub>2</sub>O), whereas mid-ocean ridge basalt magmas are very dry (typically <0.3 weight % H<sub>2</sub>O).

Die für Subduktionszonen typischen andesitischen Schmelzen lassen **Schichtvulkane** entstehen, die wegen der Zähflüssigkeit ihrer Magmen zu explosiven Eruptionen neigen. Bekannte Beispiele für besonders explosive Ausbrüche in jüngerer Vergangenheit sind die des Krakatau 1883, des Mount St. Helens 1980 und des Pinatubo 1991, bzw. Tambora 1815

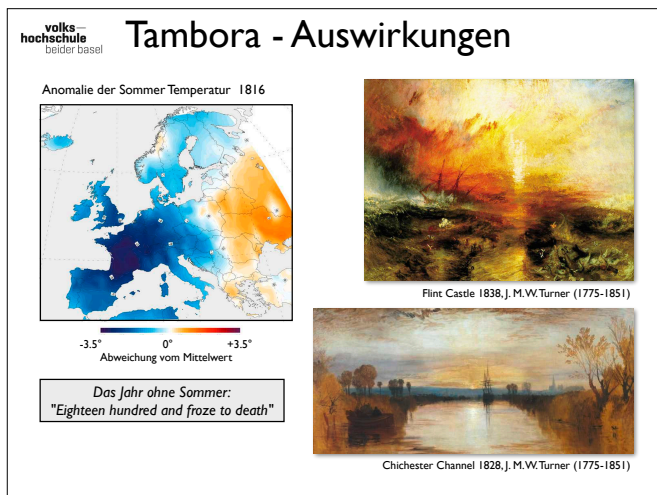


48 These ridges erupt basalts that are similar to those erupted from the mid-ocean ridges; the main difference is that back-arc basin basalts are often very rich in magmatic water (typically 1-1.5 weight % H<sub>2</sub>O), whereas mid-ocean ridge basalt magmas are very dry (typically <0.3 weight % H<sub>2</sub>O).

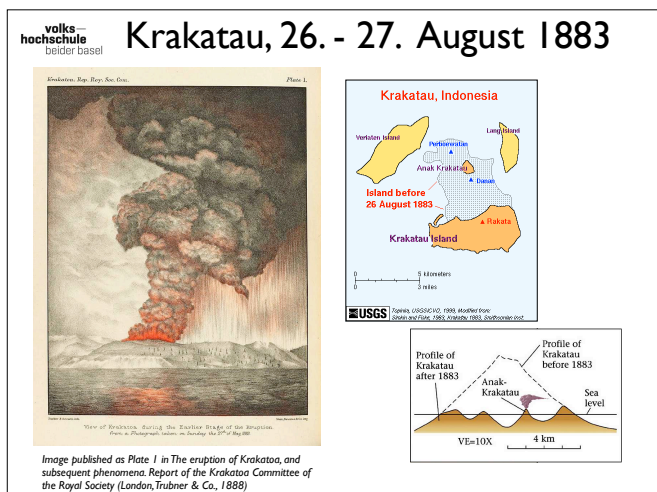
Die für Subduktionszonen typischen andesitischen Schmelzen lassen **Schichtvulkane** entstehen, die wegen der Zähflüssigkeit ihrer Magmen zu explosiven Eruptionen neigen. Bekannte Beispiele für besonders explosive Ausbrüche in jüngerer Vergangenheit sind die des Krakatau 1883, des Mount St. Helens 1980 und des Pinatubo 1991, bzw. Tambora 1815



49 Mount Tambora (or Tamboro) is an active stratovolcano on the island of Sumbawa, Indonesia. Sumbawa is flanked both to the north and south by oceanic crust, and Tambora was formed by the active subduction zone beneath it. This raised Mount Tambora as high as 4,300 m (14,100 ft),[4] making it, in the 18th century, one of the tallest peaks in the Indonesian archipelago. Painting by Rob Wood – Wood Ronsaville Harlin, Inc. focusterra ETHZ



50 Auswirkungen auf die Kunst werden behauptet anhand von Turners glühenden Sonnenuntergängen... Dabei ist zu bedenken, dass die Gemälde ja nicht wirklich zeitgenössische Dokumente des Vulkanausbruchs sind... wenn sie 20 Jahre nach dem Ausbruch gemalt worden sind. Auswirkungen auf die Wirtschaft, Landwirtschaft und Gesundheit der Bevölkerung sind hingegen eindeutig. Eine charmante Hypothese betreffend die Auswirkungen auf die europäische Politik - bis heute - hat der "History Guy" (auf englisch: [https://www.youtube.com/watch?v=urYvBb7\\_OBM](https://www.youtube.com/watch?v=urYvBb7_OBM))



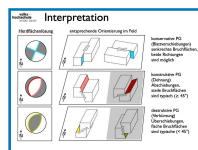
51 By 25 August, the Krakatoa eruptions intensified. On 27 August, four enormous explosions occurred. (1) 5:30 am, the first explosion was at Perboewatan, triggering a tsunami heading straight to Telok Betong, now known as Bandar Lampung. (2) 6:44 am, Krakatoa exploded again at Danan, with the resulting tsunami stretching eastward and westward. (3) 10:02 am, heard 3,110 km in Perth, Western Australia, and the Indian Ocean island of Rodrigues near Mauritius, 4,800 km 180 dB. (4) 10:41 am, a landslide tore off half of Rakata volcano colanco volcano fourth and final explosion radiated out from Krakatoa at 1,086 km/h (675 mph). 310 dB, heard clearly 5,000 kilometres (3,100 mi)

away.  
 ruptured the eardrums of sailors 64 km (40 miles) away on ships in the Sunda Strait, and caused a spike of more than 2 1/2 inches of mercury (8.5 kPa) in pressure gauges 160 km (100 miles) away, attached to gasometers in the Batavia gasworks, sending them off the scale.  
 The pressure wave was recorded on barographs all over the world. The eruptions diminished rapidly after that point, and by the morning of 28 August, Krakatoa was silent. Small eruptions, mostly of mud, continued into October 1883. By then, less than 30% of the original island remained.

Derzeit aktiver Schlot ist der Anak Krakatau („Kind des Krakatau“), der seit 1927 im Zentrum des Archipels als neue Insel aus der untermeerischen Caldera des Vulkans aus dem Wasser emporwächst.

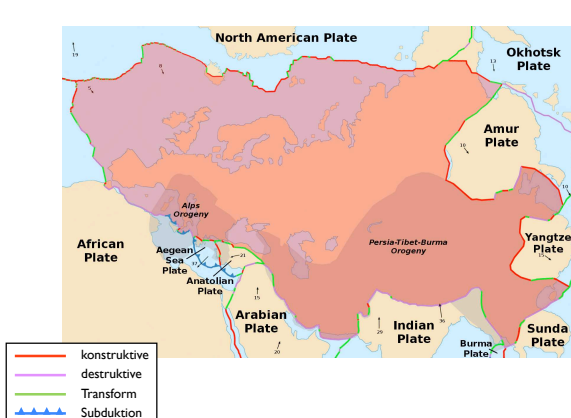
52

## die grossen Gebirge Himalaya (Eurasia – India)



53

## wo Grenzen zu Zonen werden

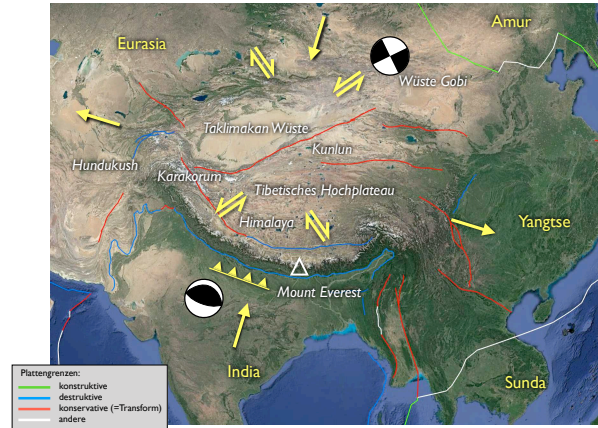


Kontinentale Anteile der Eurasische Platte:  
 Europa und Asien ohne:

- Indischen Subkontinent
- Arabischen Subkontinent
- Ost-Sibirien (östlich von Chersky-Kette)

Ozeanische Anteile der Eurasische Platte:  
 im Westen: bis zum Mittelatlantischen Rücken  
 inklusive Island  
 im Norden: bis zum Gakkel-Rücken

# Himalaya: Kollision mit Indien

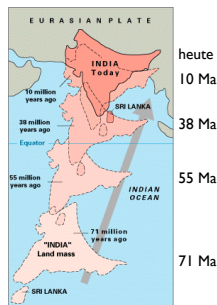


54

Kontinent - Kontinent Kollision - Krustenverdoppelung  
- uplift - erosion

## Magnitude 7.7 PAKISTAN Tuesday, September 24, 2013 at 11:29:48 UTC

The earthquake activity in Pakistan is related to the ongoing continent-continent collision between India and Asia. That collision has produced the Himalaya Mountains and the Tibetan Plateau. The collision zone wraps around the northwest promontory of the Indian continent in the Hindu Kush region of Tajikistan and Afghanistan then extends to the southwest through Pakistan.



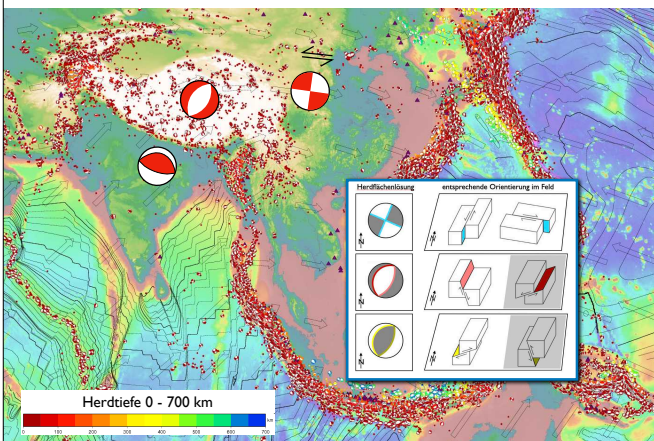
Whereas the motion of India into Asia is essentially perpendicular to the Himalaya Mountains, the motion in Pakistan is "oblique convergence". This region is quite complex with earthquakes that have thrust (compressional), strike-slip (shearing), and occasionally normal (extensional) faulting mechanisms.

55

Das ist wohl die wichtigste Bemerkung auf dieser Folie:  
This region is quite complex with earthquakes that have

- thrust (compressional),
- strike-slip (shearing), and occasionally
- normal (extensional) faulting mechanisms.

## volks- hochschule beider basel

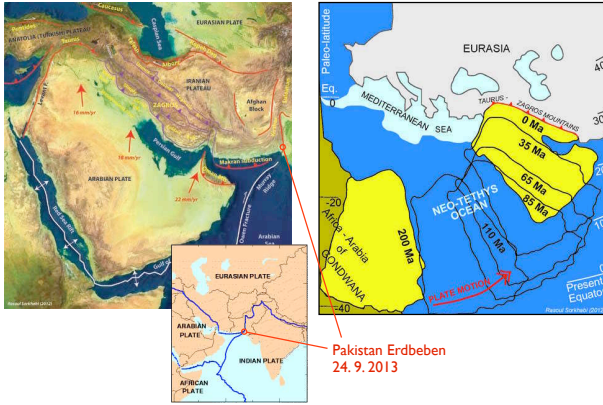


56

Tibet Plateau im Norden 4000 - 5500 m Höhe

# Zagros Gebirge (Eurasia – Arabia)

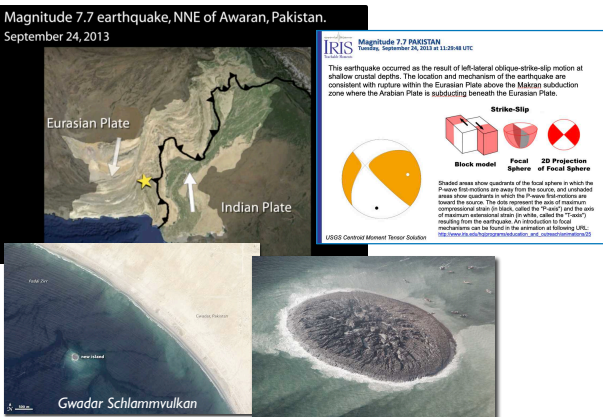
57



58

"Die Iranische Platte ist eine kleine Lithosphärenplatte, ein Teil einer Kontinentalplatte in Asien. Solche kleinen Platten werden auch als Mikroplatten bezeichnet. Sie liegt als Anteil im Süden der Eurasischen Platte" (Wikipedia)  
Die Iranische Platte ist aber nicht genau definiert  
====> das Gebiet ist eingequetscht während Gebirgsbildung  
====> Makran Subduktion / Murray Ridge ====> Pakistan 2013 Erdbeben

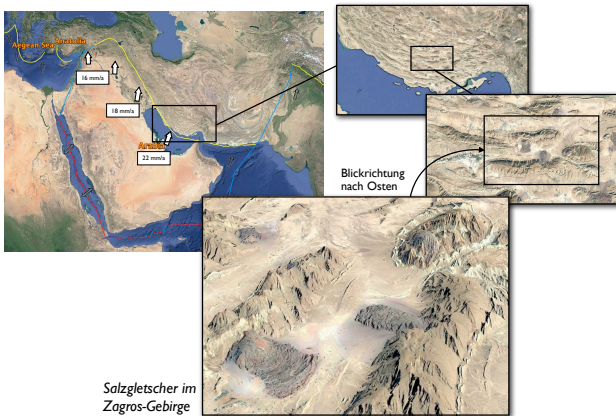
## Strike-slip Erdbeben



59

Anstelle von Lava tritt aber Schlamm aus, der meist mit Methan versetzt ist. Es handelt sich dabei um so genannten „Kalten Vulkanismus“ durch Erschütterungen durch ein Erdbeben (wie im aktuellen, besonders spektakulären Fall vor Gwadar)  
Das aus der Erdkruste austretende Material ist aufgeschlammtes Sedimentgestein, meist auf Basis von Ton. Aufgrund der relativ geringen Dichte dieses Materials steigt es bei Druck leicht auf.

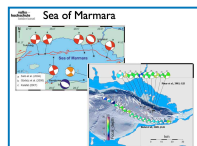
## Deformation im Zagros-Gebirge



60

Die Sedimentbedeckung des Zagros liegt im Südosten auf einer Schicht von Steinsalz, während im Nordwesten keine oder nur eine sehr dünne Salzschieht vorhanden ist.  
Salzstöcke und Salzgleitscher sind ein häufiges Merkmal des Gebirges. Salzstöcke sind ein wichtiges Ziel für die Öl-Exploration, da sich in ihrer Nähe, immer unterhalb undurchlässiger Erdschichten, oft Erdgas und darunter Erdöl ansammelt.

## North Anatolian Fault strike slip EQ (Eurasia – Anatolia)

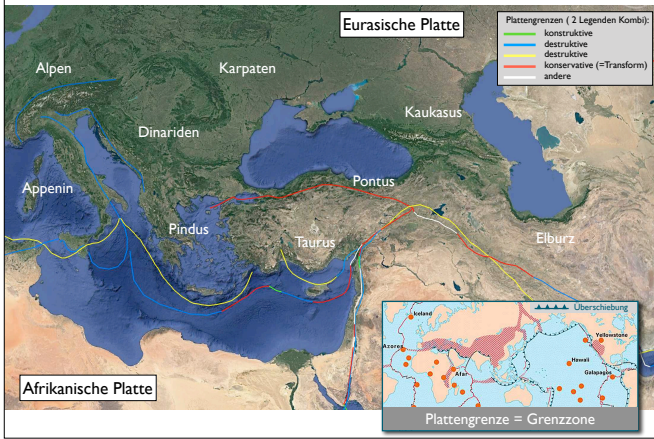


61



## Mittelmeer: Kollision mit Afrika

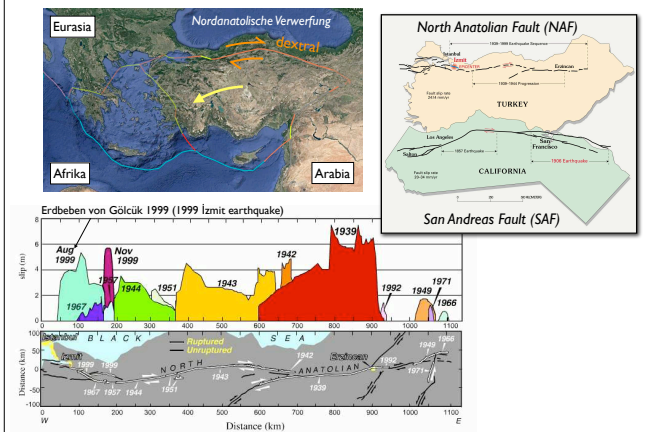
62



## Anatolia – wie California

63

Quellen:  
U.S. Geological Survey Circular 1193  
IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology)  
Recent Earthquake Teachable Moments  
<https://www.iris.edu/hq/retm/>



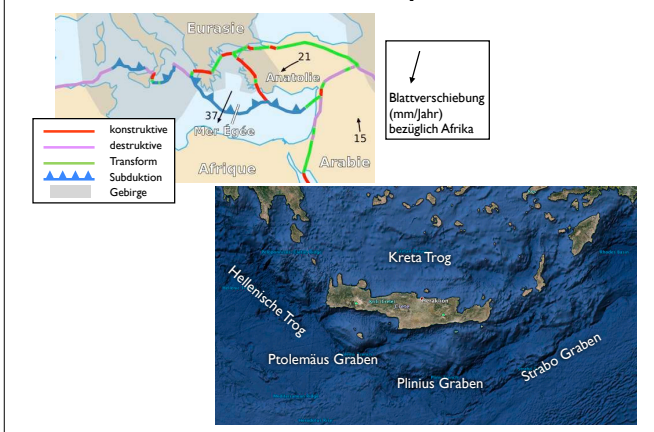
64

## Subduktion von Afrika im Mittelmeer Dehnung in der Ägäis

## Afrika meets Europe

65

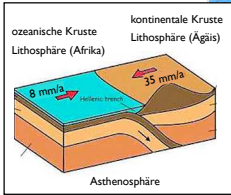
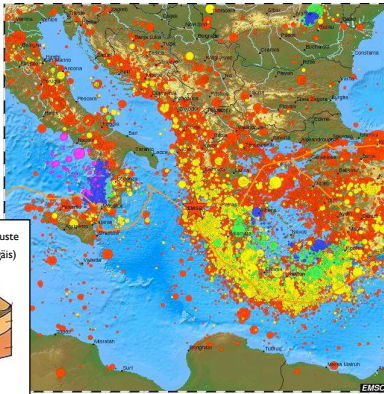
Beachte: Dehnung zwischen Anatolien und der Ägäis



## ein Erdbeben kommt nicht allein

### Herdtiefe

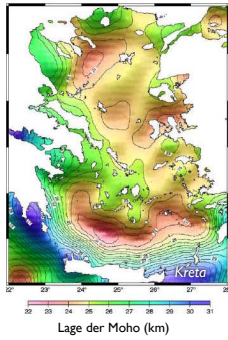
- D <= 40 km
- 40 < D <= 80 km
- 80 < D <= 150 km
- 150 < D <= 300 km
- D > 300 km



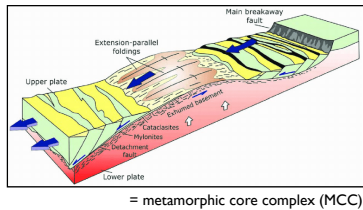
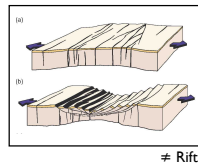
66

The Mediterranean region is seismically active due to the northward convergence (4-10 mm/yr) of the African plate with respect to the Eurasian plate along a complex plate boundary. This convergence began approximately 50 Ma and was associated with the closure of the Tethys Sea. Erdbeben M6.0 vom 26. 1. 2014 eingezeichnet auf Karte mit Erdbeben ab 1960.

## Krustendehnung in der Ägäis



- Kruste hoch => Lithosphäre dünn
- Kruste tief => Subduktion



67

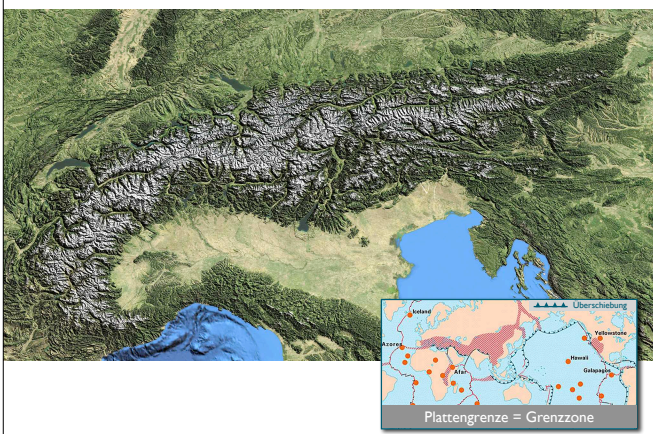
Dehnung zwischen Anatolien und der Ägäis ist aber keine Graben sondern ein sog. metamorphic core complex, was aber auch eine Dehnung und Ausdünnung der Kruste über ein breites Gebiet hinweg beschreibt. Der "klassische" MCC liegt im Westen der N-Amerikanischen Platte, dort wurde er zum ersten Mal beschrieben.

Kreta liegt auf dicker Kruste (Rücken) => Moho liegt tief  
Der Kreta Trog dagegen bedeutet ausgedünnte Kruste => Moho liegt hoch!

## Alpen kontinentale Kollision (Eurasia – Afrika)

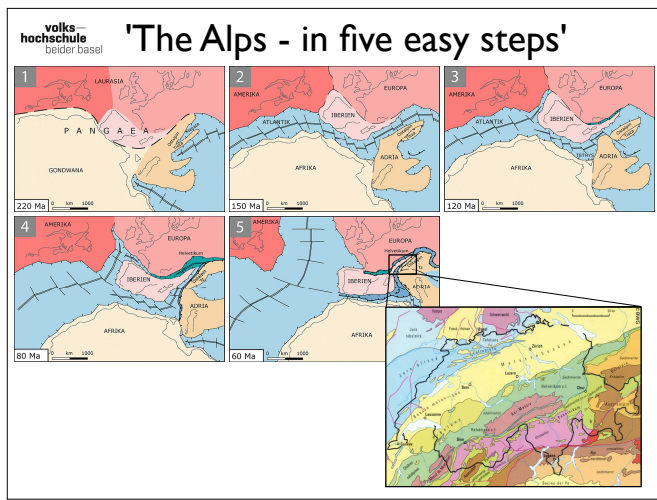
68

## Alpen



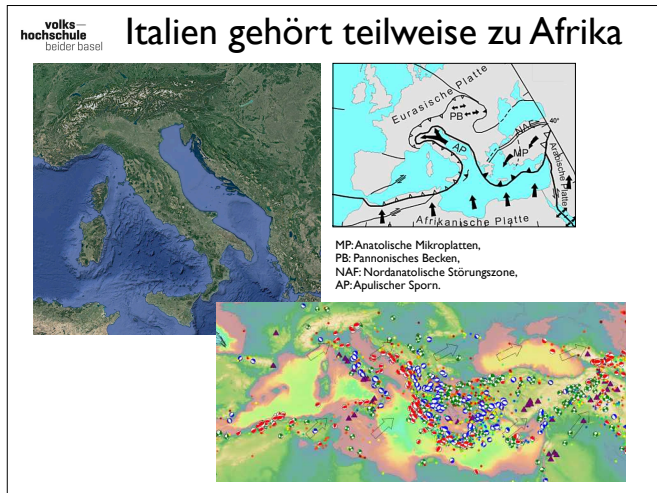
69

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/Alpenbogen.jpg>



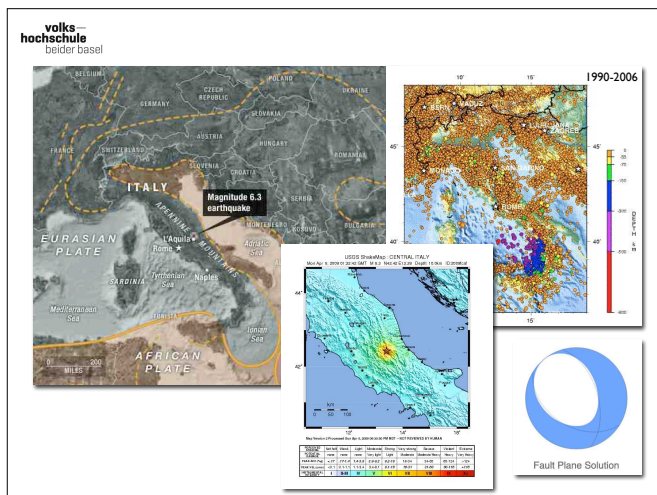
70

1. Pangäa wird im Verlauf der paläozoischen Gebirgsbildungen aus verschiedenen Kontinenten zusammengeschweisst. In der Trias beginnt Pangäa zu zerbrechen.
2. In der Jurazeit wachsender alpinen Tethys- Ozeans
3. Öffnung der alpinen Tethys entlang ozeanischer Transform-Brüche. Ähnlich dem heutigen Golf von Kalifornien
4. Frühe Kreidezeit: in der östlichen alpinen Tethys erste Gebirgszüge => ostalpiner Deckenstapel. Ab der „mittleren“ Kreidezeit: Öffnung des Südatlantiks bzw. Rotation Afrikas: Plattenbewegung zwischen Afrika/Adria/Ostalpen und Europa auf einander zu.
5. Frühes „Tertiär“ Kollision Ostalpin mit Briançonnais und Europa.
6. Tektonische Postkarte



71

Das eingekeilte Stück der Afrikanischen Platte wird auch Apulischer Sporn, bzw. Adriatische Platte genannt.  
<https://www.gfz-potsdam.de/sektion/erdbebengefaehrung-und-dynamische-risiken/themen/hintergrundinformationen-erdbeben/krustales-spannungsfeld/>  
 Beachte: Vulkanismus und seismische Aktivität in Italien



72

The April 6th 2009 earthquake in Central Italy occurred as a result of normal faulting on a NW-SE oriented structure in the central Apennines. Geologically, the Apennines are largely an accretionary wedge formed as a consequence of subduction. This region is tectonically and geologically complex, involving both subduction of the Adria micro-plate beneath the Apennines from east to west, continental collision between the Eurasia and Africa plates building the Alpine mountain belt further to the north and the opening of the Tyrrhenian basin to the west. The April 6th, 2009 earthquake is related to normal faulting and the **east-west extensional tectonics** that dominate along the entire Apennine belt, primarily a **response to the Tyrrhenian basin opening faster than the compression between the Eurasian and African plates.**

## Neue Zürcher Zeitung

Sechs italienische Wissenschaftler, die 2012 für schuldig erklärt worden waren, weil sie die Bevölkerung der Stadt L'Aquila 2009 nicht hinreichend vor einem Erdbeben gewarnt haben sollen, sind in letzter Instanz freigesprochen worden.

(sda/aps)  
Das Oberste Gericht in Rom bestätigte am Freitagabend den Freispruch eines Berufungsgerichts von L'Aquila. Erinstanzlich waren die Experten zu sechs Jahren verurteilt worden.

Das 2012 gefällte Urteil hatte in der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft für einen Eklat gesorgt. Die Anklage hatte den Experten vorgeworfen, die Risiken des Bebens unterschätzt zu haben, bei dem im April 2009 mehr als 300 Menschen umkamen.

Im November 2014 waren die Verurteilten dann freigesprochen worden, doch die Staatsanwaltschaft legte dagegen Berufung ein. Das Kassationsgericht bestätigte jetzt letztinstanzlich den Freispruch.

Zu den freigesprochenen Angeklagten zählen führende Wissenschaftler Italiens, wie etwa der ehemalige Leiter des Instituts für Geophysik und Vulkanologie, Enzo Boschi, und Ex-Zivilschutzchef Franco Barberi. Sie waren vor dem Beben zum Schluss gekommen, dass eine Reihe von vorangegangenen Erdstößen in der Region auf kein erhöhtes Erdbebenrisiko hinweise. Ihre Empfehlungen dienten den Behörden als Entscheidungshilfe.

Die Angeklagten hätten die lange Serie kleiner Beben ohne Schäden ignoriert, die in der Region Wochen vor dem Erdbeben registriert worden waren, und die wachsende Sorge in der Bevölkerung heruntergespielt, meinten die Staatsanwälte. Die Verteidiger erwiderten, dass Erdbeben unvorhersehbar seien. Diese Ansichten teilen offenkundig auch die Berufsrichter.

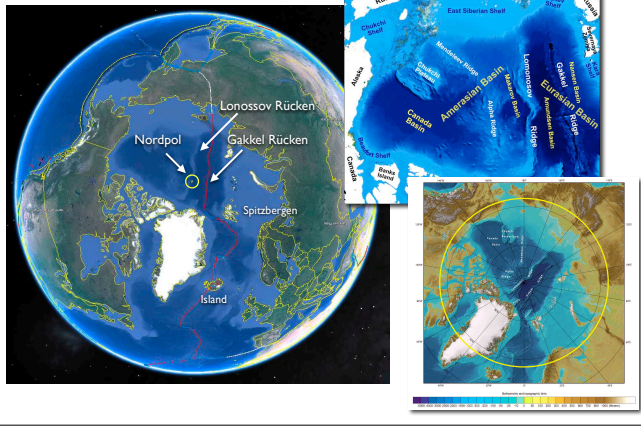
Prozess gegen Erdbebenexperten  
2011 wurde am Gericht von L'Aquila ein Verfahren gegen die sechs Wissenschaftler Giulio Selvaggi, Franco Barberi, Claudio Eva, Mauro Dolce, Gian Michele Calvi und Enzo Boschi, den damaligen Präsidenten des Nationalen Instituts für Geophysik und Vulkanologie, sowie einen Beamten des Katastrophenschutzes, Bernardo De Bernardinis, eröffnet. Als Mitglieder der Risikokommission hatten sie im Vorfeld des Erdbebens aufgetretene Erschütterungen nicht als Zeichen eines erhöhten Beben-Risikos gedeutet und keine entsprechend deutlichen Warnmeldungen herausgegeben. Diese Einschätzung wurde von der Staatsanwaltschaft als Verharmlosung der Gefahren angesehen. Die Verteidigung berief sich auf eine Übereinstimmung der Expertenaussagen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen, wonach die Vorhersage von Erdbeben nicht möglich sei. Mit der gleichen Begründung protestierten mehr als 5000 Wissenschaftler zu Prozessbeginn mit einem offenen Brief an den Präsidenten der Italienischen Republik gegen die Anklage,[13] der Seismologe Rainer Kind vom GFZ jedoch änderte danach seine Meinung und bezeichnete den Prozess als gerechtfertigt, da seiner Ansicht nach die Angeklagten in ihrer Einschätzung wahrheitswidrig ein starkes Erdbeben in der Region ausgeschlossen hatten.[14][15][16] Am 22. Oktober 2012 wurden die Angeklagten zu jeweils sechs Jahren Haft wegen fahrlässiger Tötung verurteilt, womit das Gericht noch über die Forderung der Staatsanwaltschaft hinausging. Die Verurteilten blieben jedoch auf freiem Fuß.[17] Am 10. November 2014 wurden die Experten in zweiter Instanz freigesprochen,[18] die Strafe eines Beamten, der besonders beruhigende Aussagen gemacht hatte, wurde auf zwei Jahre Haft reduziert.[19] Die Staatsanwaltschaft legte dagegen Berufung vor dem Corte Suprema di Cassazione ein. Am 20. November 2015 bestätigte das Kassationsgericht letztinstanzlich die Freisprüche.[20]

## Azoren Transform (N-Amerikanische – Eurasia)

## westliche / nördliche Nachbarin

75

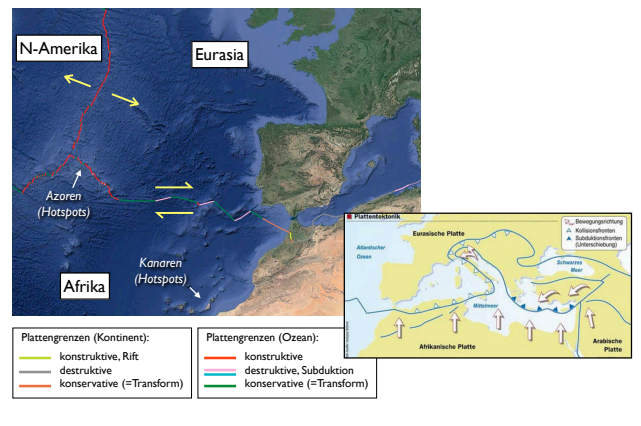
Also: N-Pol ist auf der N-amerikanischen Platte  
Grönland auch, Island halb/halb  
Polarkreis =  $66^{\circ} 33' 55''$  ( $\approx 66,6^{\circ}$ )



## Transform zu den Azoren ...

76

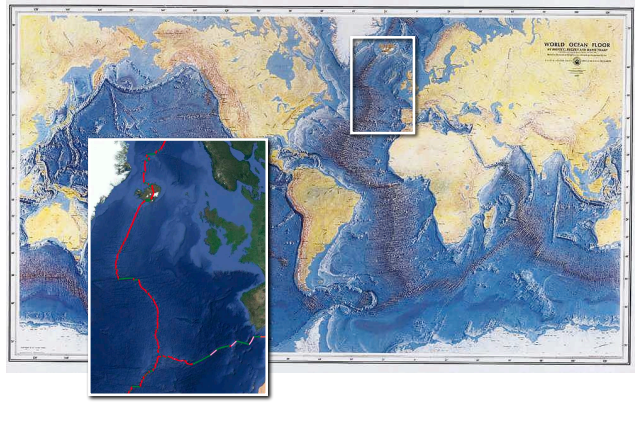
dextrale Verwerfung



## ... zum mittelatlantischer Rücken

77

Der Rundgang ist beendet - wir sind zurück.  
Karte von Marie Tharpe (1920 - 2006)



## Zusammenfassung

78

- |                |   |
|----------------|---|
| Island         | Seafloor Spreading ... an Land                  |
| Gakkel         | konstruktive Plattengrenze - plate motion (GPS) |
| Sibirien       | interpretierte Grenze durch Rotationspole       |
| Okhotsk        | Tiefbeben zeigen abtauchende Platte an          |
| Pazifische     | Hotspot - Signatur der Plattenbewegung          |
| Amur           | Kontinental-Rift (Baikalsee) Schwereanomalie    |
| Fujijama       | drei Subduktionen                               |
| Okinawa        | Backarc spreading                               |
| Philippinische | beachballs zeigen Subduktion an                 |
| Marianen       | lebensfrohe Tiefseeegräben                      |
| Sunda          | ring of fire - Subduktionsvulkanismus           |
| Himalaya       | Kontinent-Kontinent Kollision mit India         |
| Zagros         | Deformation am Plattenrand                      |
| Mittelmeer     | Knautschzone zwischen Eurasia und Afrika        |
| Anatolia       | Erdbeben an der Verwerfung                      |
| Ägäis          | Dehnung und Subduktion - ein MCC?               |
| Alpen          | Gebirgsbildung - Spuren der Plattentektonik     |
| Azoren         | Transform zum mittelatlantischen Rücken         |