

- 1 *2. November*
Was ist Plattentektonik ?
Was sind Platten ?
Plattenrundgang
- 2 *9. November*
Entwicklung der Plattentektonik
Geosynklinale, Kontinentaldrift →
Sea floor Spreading - Subduktion
- 3 *16. November **
Geophysikalische Spurensicherung
Vom Rifting zur Subduktion
Mittelozeanische Rücken
- 4 *23. November*
Alles über Erdbeben ...
erste Tatortbesichtigung
Irak-Iran Erdbeben 2017
- 5 *30. November*
Alles über Vulkane ...
Historische Ausbrüche
- 6 *7. Dezember*
Plattengrenzen - Tatorte
... die uns betreffen

* im Bernoullianum Hörsaal 223

Warum gibt es Erdbeben ?

Vortrag an der Uni-Nacht, 18. September 2015



Folien auf www.earth.unibas.ch/micro/

warum interessieren uns Erdbeben ?

sind Naturkatastrophen
wie Dürre, Überschwemmungen,
Vulkanausbrüche, ...
kommen ohne Vorwarnung
richten grosse Zerstörung an
Feuer, Tsunami, Erdbeben, ...

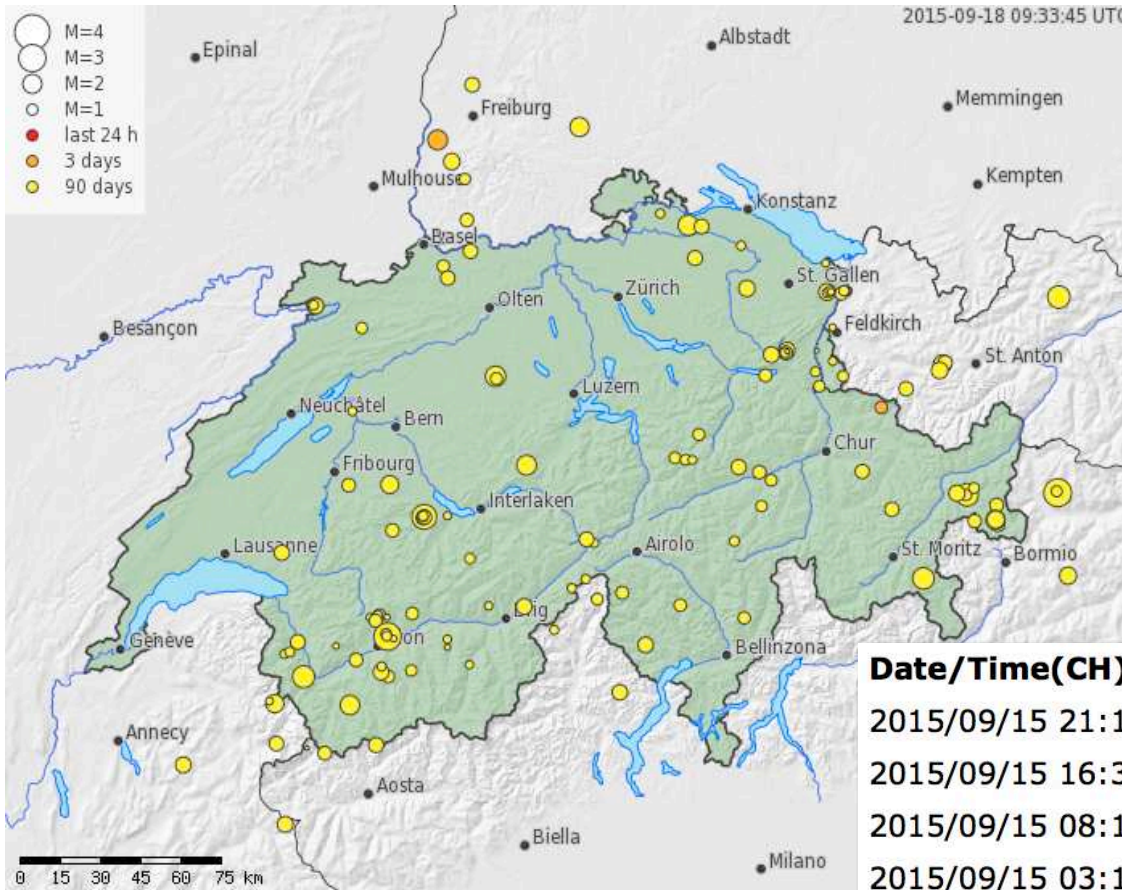


Lissabon 1755



Japan 2011

... Erdbeben gibt es jeden Tag

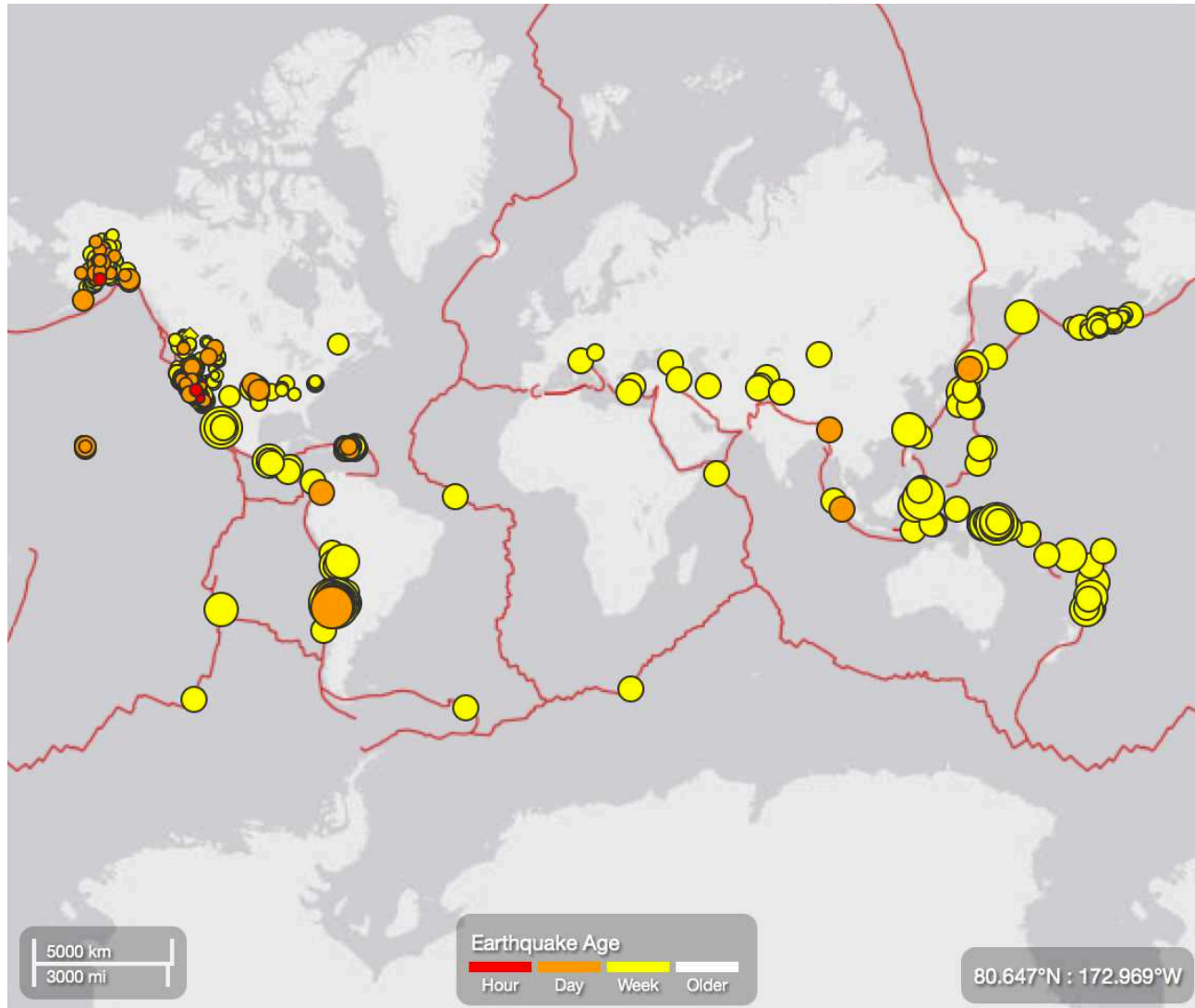


in der Schweiz
letzte 3 Monate

<http://www.seismo.ethz.ch>

Date/Time(CH)	Date/Time(UTC)	Mag	Region
2015/09/15 21:12	2015/09/15 19:12	1.2	St. Antoenien GR
2015/09/15 16:38	2015/09/15 14:38	2.1	Muellheim D
2015/09/15 08:15	2015/09/15 06:15	1.1	Bosco/Gurin TI
2015/09/15 03:17	2015/09/15 01:17	1.1	Linthal GL
2015/09/13 16:07	2015/09/13 14:07	0.8	Weinfelden TG
2015/09/13 13:29	2015/09/13 11:29	0.8	Sion VS
2015/09/12 08:09	2015/09/12 06:09	0.2	Murten FR
2015/09/11 17:46	2015/09/11 15:46	0.5	Sion VS
2015/09/10 22:28	2015/09/10 20:28	1.6	Wildhaus SG

... und überall



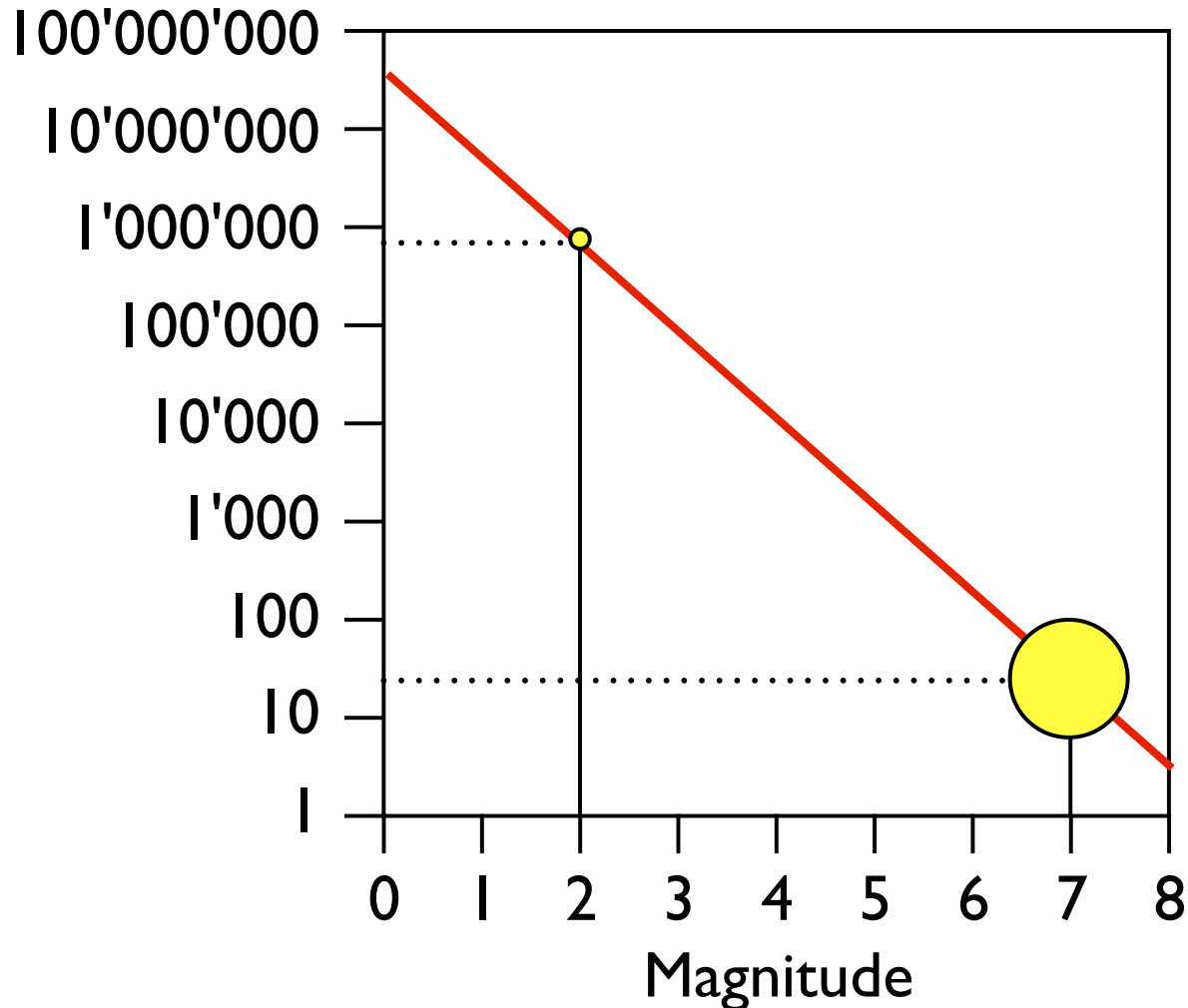
weltweit
eine Woche

Magnituden ≥ 4.5

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes>

... aber grosse Erdbeben sind selten

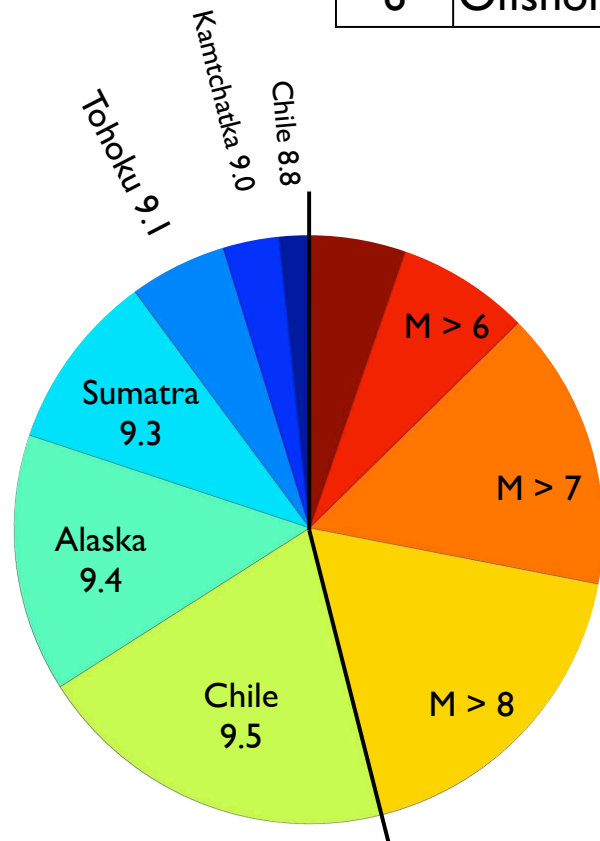
Anzahl Erdbeben / Jahr



weltweit pro Jahr
im Durchschnitt
ca. 32 Erdbeben
der Magnitude 7
(≈ 1 / Woche)

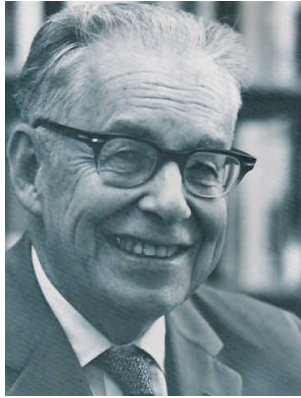
Hitliste der Erdbeben nach Magnitude

	Erdbeben weltweit	Datum	Magn.
1	Valdivia, Chile	22. 5. 1960	9.5
2	Prince William Sound, Alaska	28. 3. 1964	9.2
3	Off the West Coast of Northern Sumatra	26. 12. 2004	9.1
4	Near the East Coast of Honshu, Japan	11. 3. 2011	9.0
5	Kamchatka	4. 11. 1952	9.0
6	Offshore Maule, Chile	27. 2. 2010	8.8



	Erdbeben in der Schweiz	Datum	Magn.
1	Basel	18. 10. 1356	6.2 - 6.9
2	Augusta Raurica (Kaiseraugst)	250 n. Chr.	6.9
3	Churwalden	April 1295	6.5
4	Ardon VS	April 1524	6.4
5	Brig/Naters	9. 12. 1755	6.1
6	Aigle VD	11. 3. 1584	6.4

was heisst überhaupt gross ?



Charles Francis Richter
(1900-1985)



Beno Gutenberg
(1889-1960)



Giuseppe Mercalli
1850-1924

Magnitude	Erdbebenstärke
< 2.0	Mikro
2.0 - 3.0	extrem leicht
3.0 - 4.0	sehr leicht
4.0 - 5.0	leicht
5.0 - 6.0	mittelstark
6.0 - 7.0	stark
7.0 - 8.0	groß
8.0 - 9.0	sehr groß
9.0 - 10.0	extrem groß
≥ 10.0	globale Katastrophe

EMS	Intensität
I	nicht fühlbar
II	kaum bemerkbar
III	schwach
IV	deutlich
V	stark
VI	leichte Gebäudeschäden
VII	Gebäudeschäden
VIII	schwere Gebäudeschäden
IX	zerstörend
X	sehr zerstörend
XI	verwüstend
XII	vollständig verwüstend

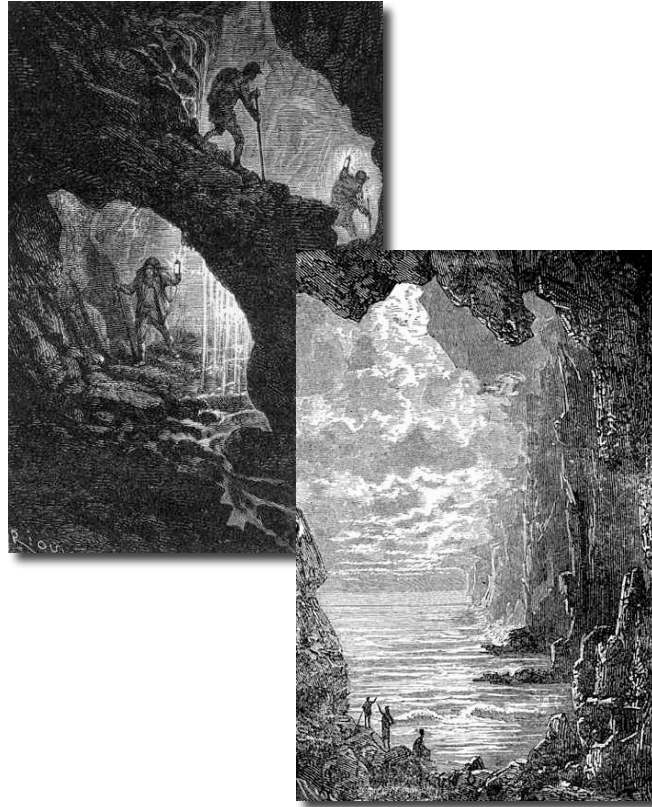
Intensität = 'gefühlte' Magnitude

Erklärungsversuche ... im alten Griechenland



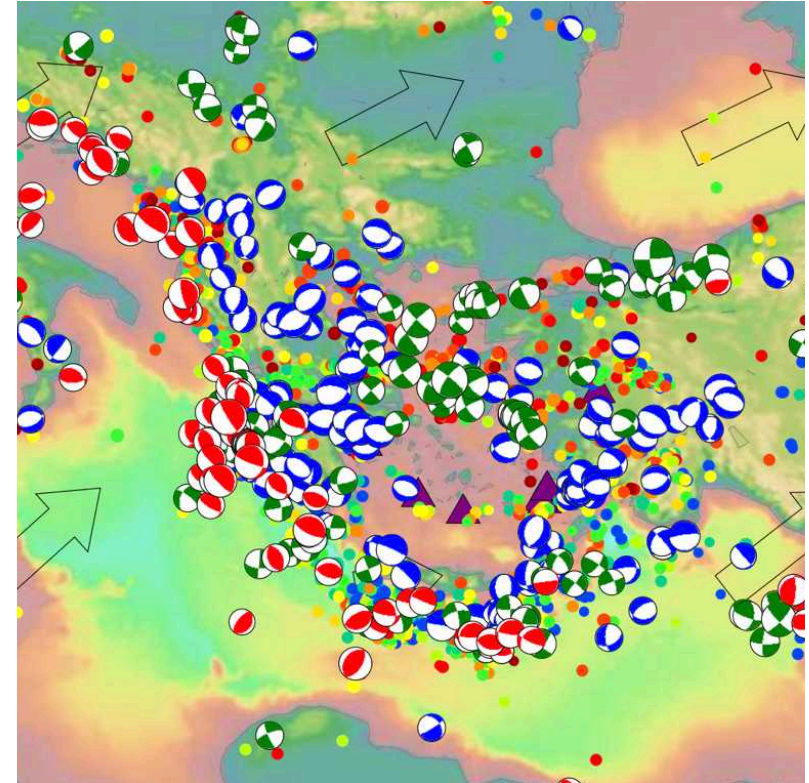
Poseidon benützt seinen Dreizack
... aus Zorn ...
... oder ...
... um Verbündeten zu helfen ...

der mythologische Ansatz



Idee von Aristoteles:
Die Erde ist trocken, Regen versickert,
im Erdinnern ist es warm, Wasser verdunstet -
Höhlenstürme bewirken Erdbeben

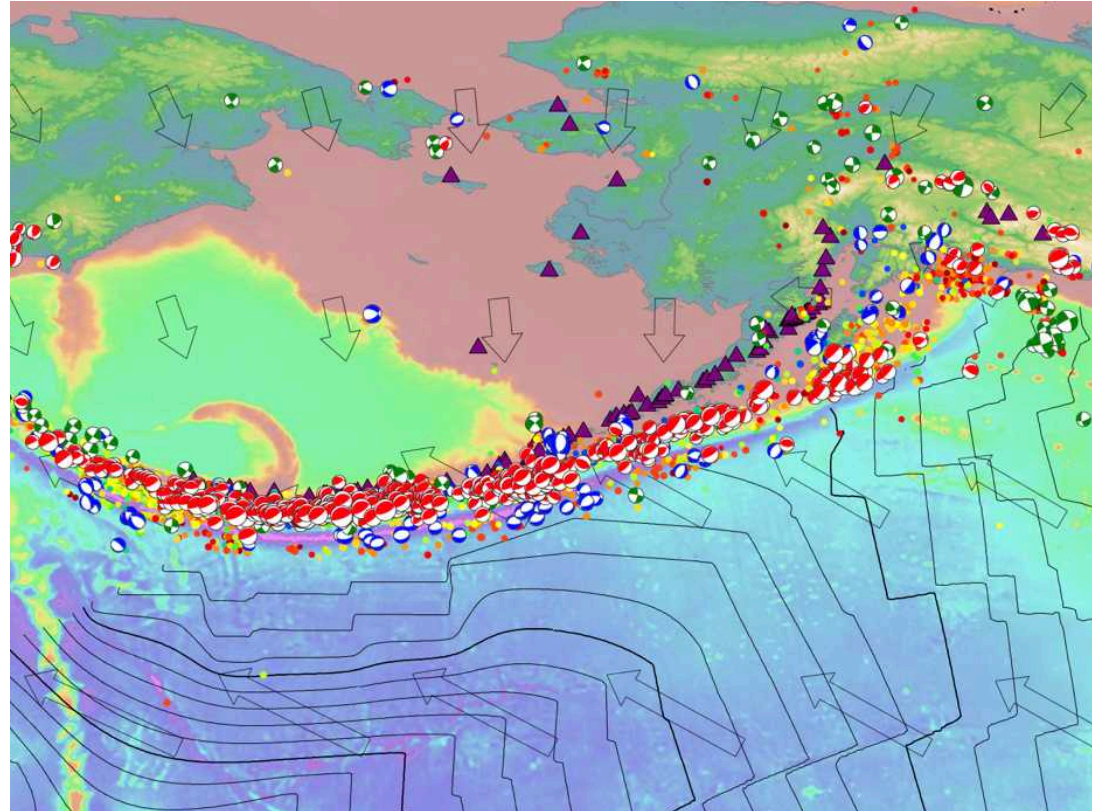
der naturwissenschaftliche Ansatz



... bei den Aleuten

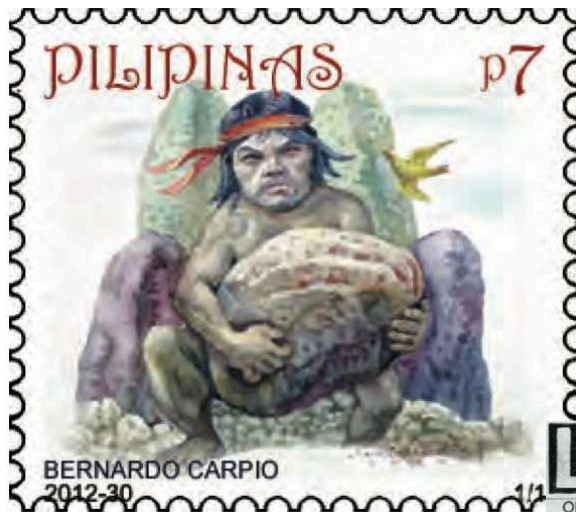


*Haida Indianer (British Columbia, Kanada)
Donnervogel und Wal*

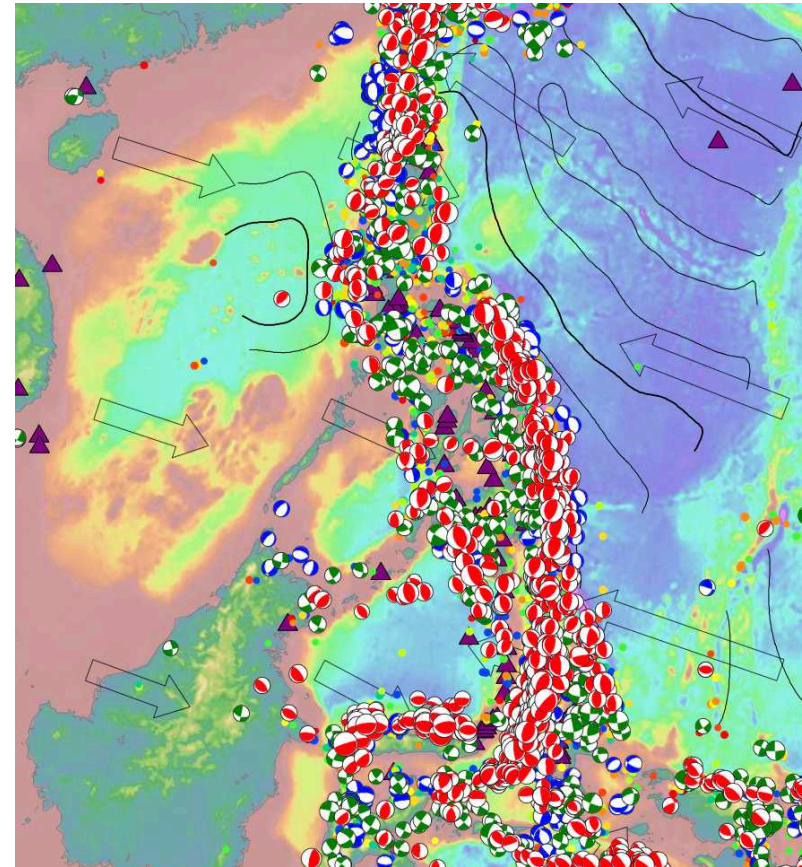


Der Donnervogel lässt den Wal ins Meer fallen
⇒ Erdbeben und Tsunami

... in den Philippinen



Philippinen
Bernardo Carpio (Riese)

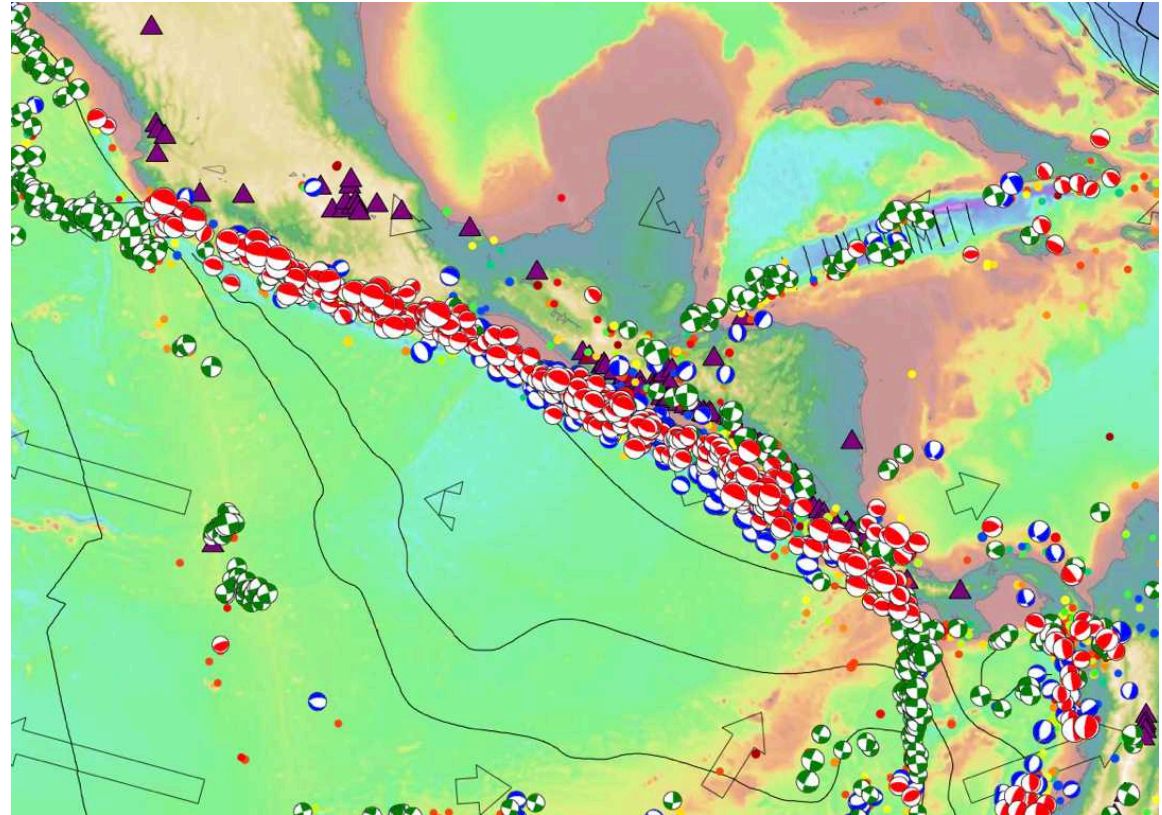


Panlingun, der Herrscher der Unterwelt, hält Bernardo Carpio gefangen, der seine ungeheuern Kräfte dazu benützt, das Himmelsgeölbe und die Gebirge hochzuhalten, oder ganz einfach, um sich zu befreien ...

... in Mexiko



Aztekischer Gott Tepeyollotl (Leopard)

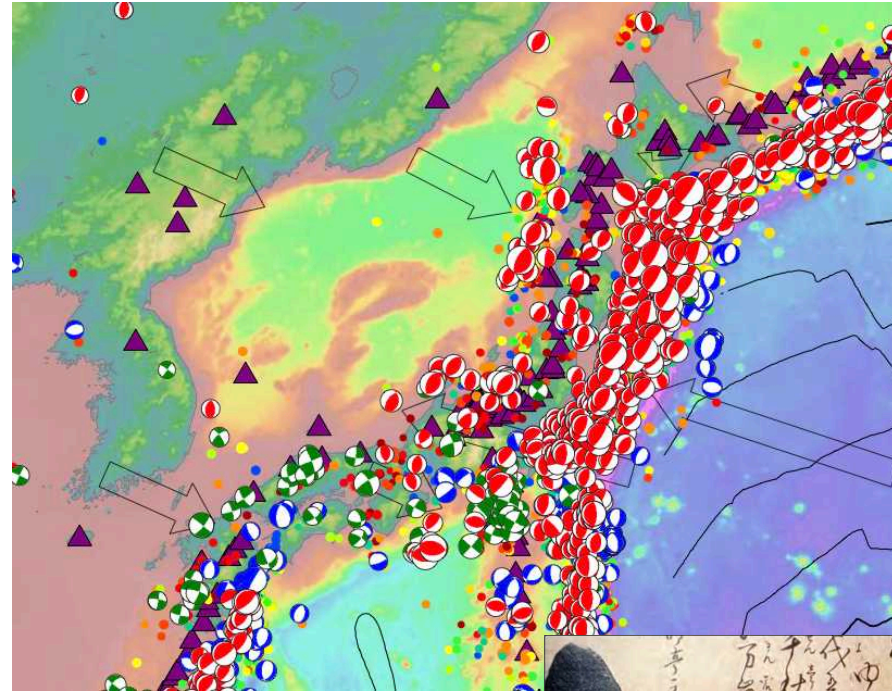


Tepeyollotl, ein Berggott, springt als Jaguar der Sonne entgegen

... in Japan



Edo Erdbeben 1855 Magnitude ~ 7



Opfer versuchen den Namazu Wels zu bestrafen



Ein Kämpfer versucht Namazumit einem Stein zu bezwingen

... und was meint die Bibel ?

Erdbeben bedeuten

- Macht
- Gegenwart Gottes
- wichtige Ereignisse
- Zorn Gottes

Matthäus 28

Und siehe, da geschah ein großes Erdbeben; denn ein Engel des Herrn kam aus dem Himmel hernieder, trat hinzu, wälzte den Stein weg ...



(Apokalypse)

Offenbarung 6

Und es geschah ein großes Erdbeben; und die Sonne wurde schwarz wie ein härener Sack, und der ganze Mond wurde wie Blut, und die Sterne des Himmels fielen auf die Erde, ...

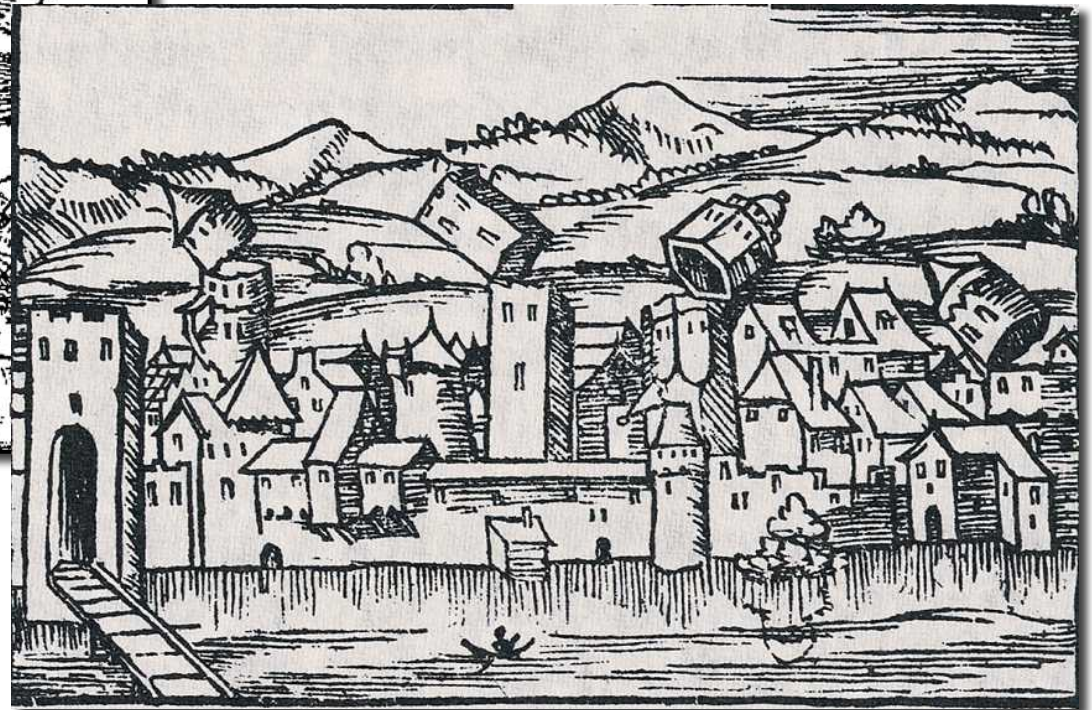


(Auferstehung)

... und im Falle Basel 1356 ?

Erdbeben bedeutet

- Strafe Gottes für das Pogrom an der jüdischen Gemeinde am 16. Januar 1349

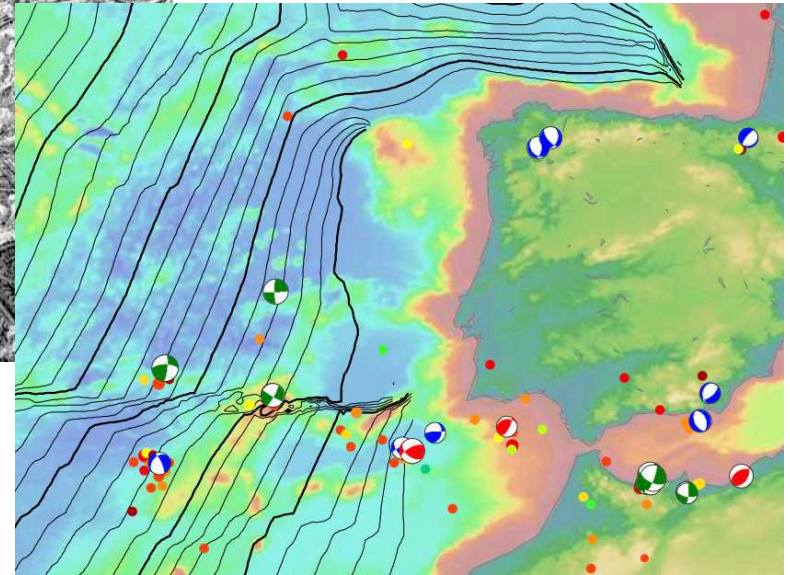


Beginn der Seismologie

Lissabon 1. November 1755



Darstellung des Erdbebens auf einem zeitgenössischen Kupferstich (Wikipedia): Lissabon steht in Flammen, im Hafen kentern Schiffe in den Wellen des Tsunami.



Magnitude etwa 8,5 bis 9

Tsunami

Grossbrand (Zerstörung der Stadt)

30'000 bis 100'000 Todesopfer

- Auswirkungen auf Politik, Kultur und Wissenschaften
- Vielfältige Diskurse unter den Philosophen: wie ein gütiger Gott das Übel in der Welt zulassen könne
- Anstoß zur Entwicklung der Erdbebenforschung

Marquês de Pombal



*Sebastião José de Carvalho e Melo
Erster Marquis von Pombal*

"Und nun? Beerdigt die Toten und ernährt die Lebenden."

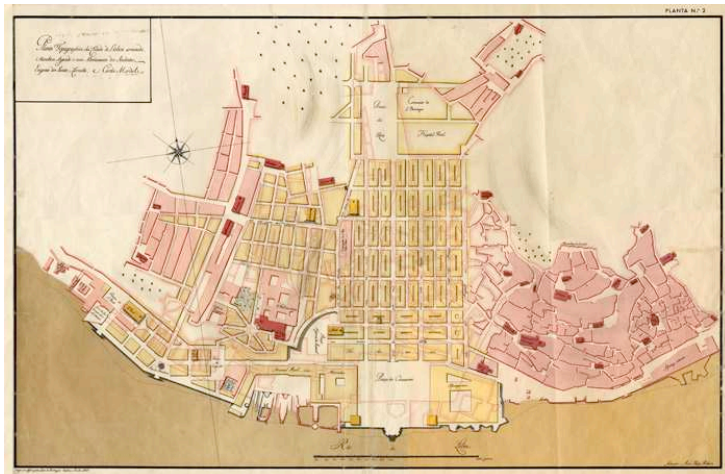
fürhte Umfrage durch:

- die Dauer des Erdbebens
- die Anzahl der Nachbeben
- die durch das Beben verursachten Schäden
- besondere Verhaltensweisen von Tieren vor dem Erdbeben
- Besonderheiten in Brunnen und Wasserlöchern

liess Holzmodelle für neue Häuser entwerfen; Soldaten mussten um sie herummarschieren um Erdbeben zu simulieren



*erdbebensichere Holzstruktur
"gaiola pombalina"*

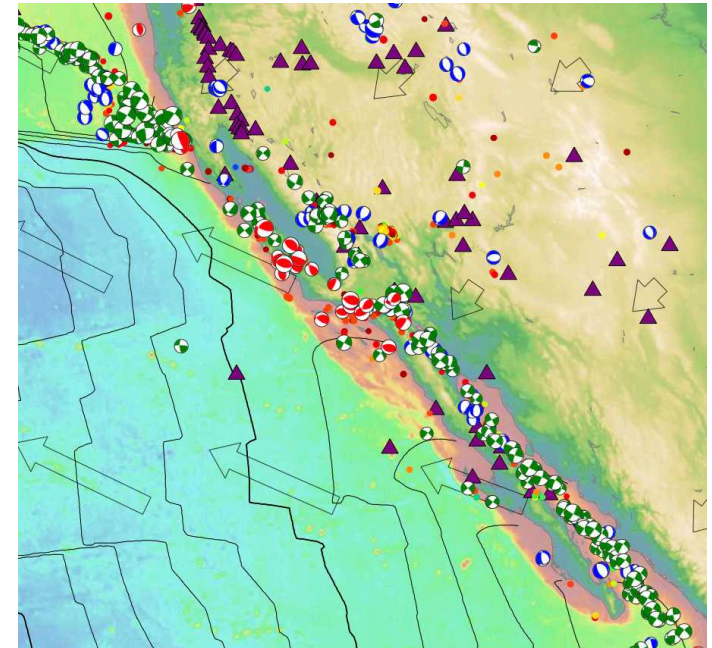


*Wiederaufbauplan nach dem 1755 Erdbeben
von Eugénio dos Santos und Carlos Mardel.*



Rua Augusta in Pombaline Baixa, Lissabon

noch ein Beginn - San Francisco 1906

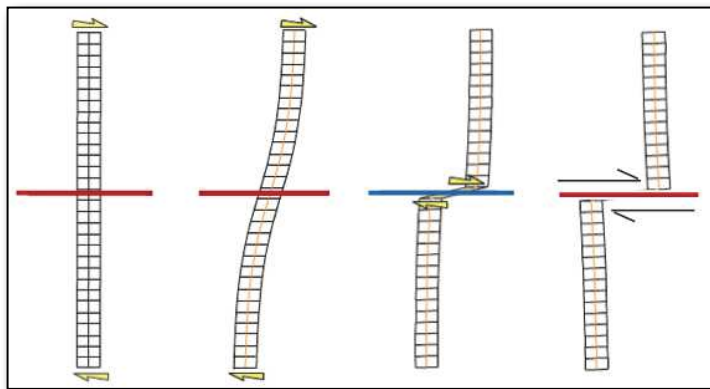


Magnitude: $M_L = 8.3$ (Richter), $M_W = 7.9$ (Momenten), $M_S = 7.7$ (Oberflächenwellen)
Intensität: MMI VII - IX (Mercalli) in ca. 80 km breitem Streifen landeinwärts
Dauer: Hauptbeben 45-60 s, ca. 20 s nach Vorbeben um 5.12 Uhr
Tote: offiziell 700 (wahrscheinlich 2500-3000)
Schaden: ca. 9.5 Mrd. US\$ (umgerechnet auf Stand ~2006)

Lawson Report

Erkenntnis

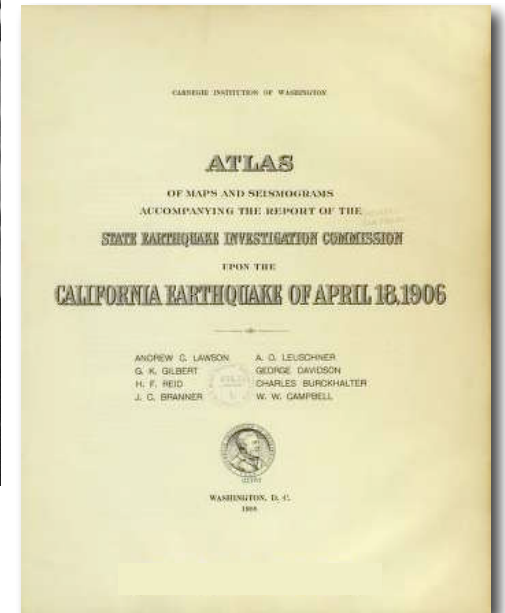
- San Andreas Fault
- Strike slip Bewegung
- Wiederholte Beben
- "Elastic rebound"
- Beziehung Geologie - Intensität
- Einfluss der Bauweise



elastic rebound

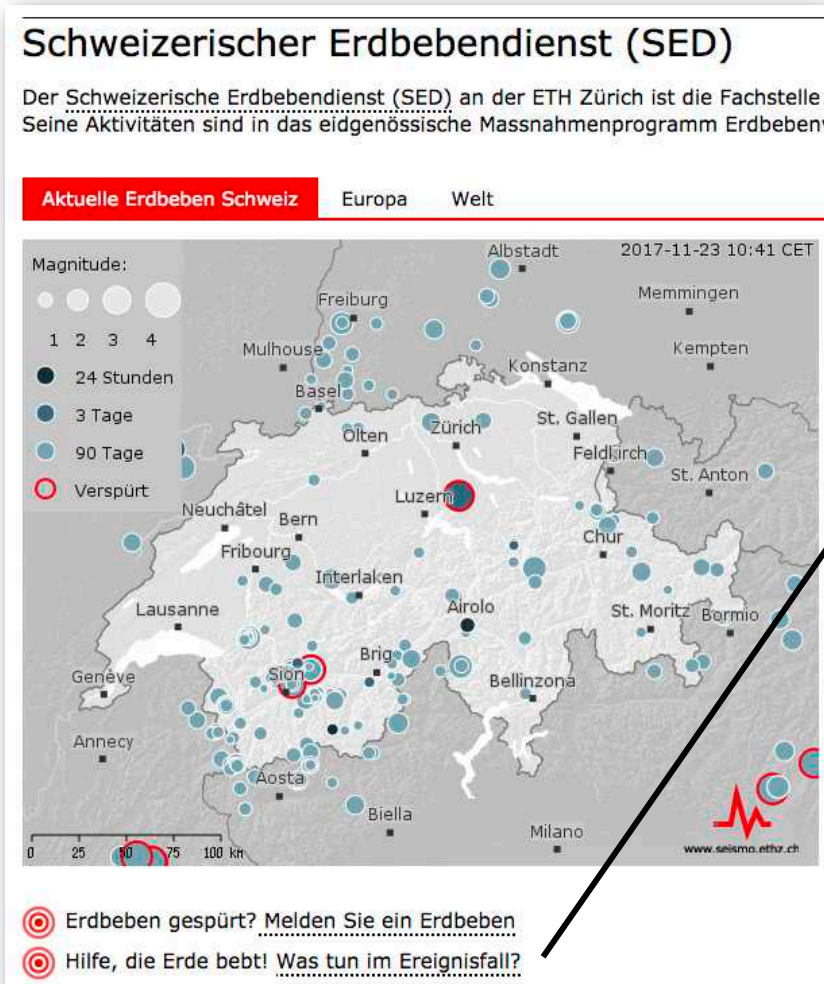


Andrew Cowper Lawson
1861-1952



was kann man gegen Erdbeben machen ?

es gibt (bis heute) keine zuverlässige zeitgenaue Vorhersage
aber man kann sich vorbereiten, siehe www.seismo.ethz.ch:



Erdbeben

Was tun?

Erdbeben lassen sich nicht vorhersagen. Mögliche Auswirkungen und Schäden können aber mit einfachen Mitteln verringert werden, Zuhause und in den Ferien.

Vor einem starken Erdbeben ↓

Während eines starken Erdbebens ↓

Nach einem starken Erdbeben ↓

Begeben Sie sich im Wimmelbild auf Entdeckungstour. Durch Klicken in die schwarzen Kreise erfahren Sie hilfreiche Verhaltensempfehlungen und was der Erdbebendienst im Ereignisfall unternimmt.

was tun bei einem Erdbeben ?

Was tun?

Erdbeben lassen sich nicht vorhersagen. Mögliche Auswirkungen und Schäden können aber mit einfachen Mitteln verringert werden, Zuhause und in den Ferien.

Vor einem starken Erdbeben

Bei Neubauten, Umbauten und Sanierungen



- Den besten Schutz vor den Folgen eines Erdbebens ist eine erdbebengerechte Bauweise nach SIA 261. Sie verfolgt als oberstes Ziel, den Eintritt von Todesopfern und Verletzten zu vermeiden.
- Prüfen, ob der Abschluss einer Erdbebenversicherung erscheint, um das persönliche (finanzielle) Risiko zu mindern.

Gefahrenherde im Gebäudeinneren



- Gegenstände sichern, die aufgrund des Erdbebens beschädigt werden und / oder herunterfallen könnten. Dazu gehören Deckenverkleidungen, Regale und ihre Inhalte, Musikanlagen oder Beleuchtungen.

Vorbereitet sein (auf Erdbeben und andere Notfälle)



- Notvorräte bereithalten (siehe Merkblätter).
- Ein Erste-Hilfe-Kasten zusammenstellen.
- Wichtige Dokumente wie Pass oder Führerschein und für den Ereignisfall bereithalten.
- Um Stromausfälle zu überbrücken, tragbares Radio und Bargeld bereithalten (Bankomat evtl. nicht mehr möglich).

Während eines starken Erdbebens

In einem Gebäude



- In Deckung gehen (z. B. unter einem stabilen Tisch).



- In Acht nehmen vor herunterfallenden oder umstürzenden Gegenständen (z. B. Regale, schwere Möbel, Feuersicherungen und Beleuchtung) sowie die Nähe zu Glaswänden meiden, die zerbrechen könnten.
- Das Gebäude nur verlassen, wenn die Umgebung sicher ist (wenn z. B. keine weiteren Gegenstände wie etw. herunterfallen).

Im Freien



- Im Freien bleiben, nicht in ein Gebäude fliehen.
- Nähe zu Gebäuden, Brücken, Strommasten, groben und weiteren Dingen meiden, die einstürzen oder fallen könnten.
- An Gewässern Uferbereich verlassen.

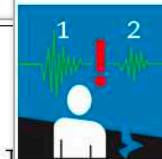
In einem Fahrzeug



- Fahrzeug anhalten und während des Bebens nicht weiterfahren.
- Wenn möglich nicht auf Brücken, Tunneln oder Überführungen anhalten.
- Nähe zu Gebäuden am Strassenrand meiden (Einsparung).

Nach einem starken Erdbeben

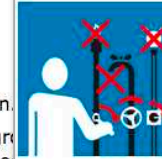
Im Schadengebiet



- Auf Nachbeben gefasst sein.
- Hilfe leisten, ohne sich dabei selbst zu gefährden.

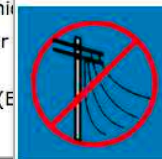


- Gebäude auf Schäden prüfen. Im Fall von grösseren Schäden Gebäude verlassen.
Das Gebäude ist möglicherweise einsturzgefährdet und hält keinem weiteren Beben stand.
- Vorsicht beim Verlassen des Gebäudes.
Es könnten Mauerwerksteile, Dachbalken, Ziegel etc. herunterfallen.
- Gebäude und Umgebung nach allfälligen Brandherden absuchen.
Kleinere Feuer bei Möglichkeit löschen und / oder die Feuerwehr alarmieren.



- Gas-, Wasser- und Stromleitung auf Schäden prüfen und bei Verdacht abschalten.
- Sich über das Radio, Fernsehen oder Internet informieren.
- Anweisungen der Einsatzkräfte befolgen.
- Nur in Notfällen telefonieren.
Netz für wirkliche Notfälle freihalten.
- Keine privaten Autofahrten.
Strassen für Einsatzkräfte freihalten.
- Auf Stromausfälle gefasst sein.

Ausserhalb des Schadengebiets



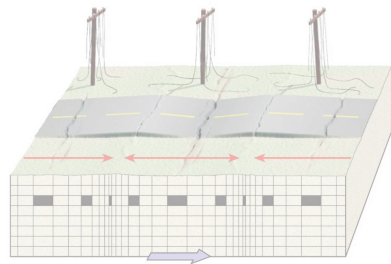
- Auf Stromausfälle gefasst sein.
- Ruhe bewahren.
- Auf Nachbeben gefasst sein.
- Sich über das Radio, Fernsehen oder Internet informieren.
- Das Schadengebiet meiden.
- Nur in Notfällen telefonieren.
Das Netz wird überlastet sein und sollte für wirkliche Notfälle freigehalten werden.

was tun bei einem Erdbeben ? - die Alternative

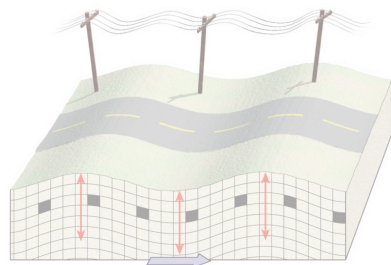


Anatomie eines Erdbebens

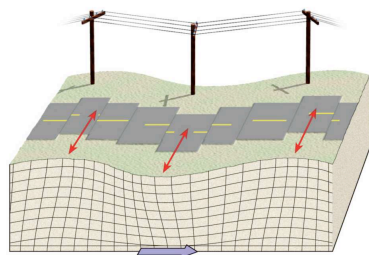
und was ist denn eigentlich ein Erdbeben ?



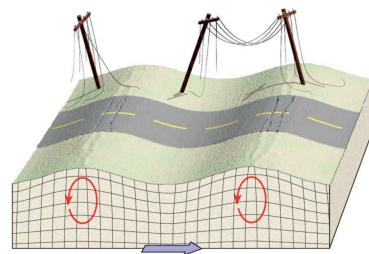
P-Wellen



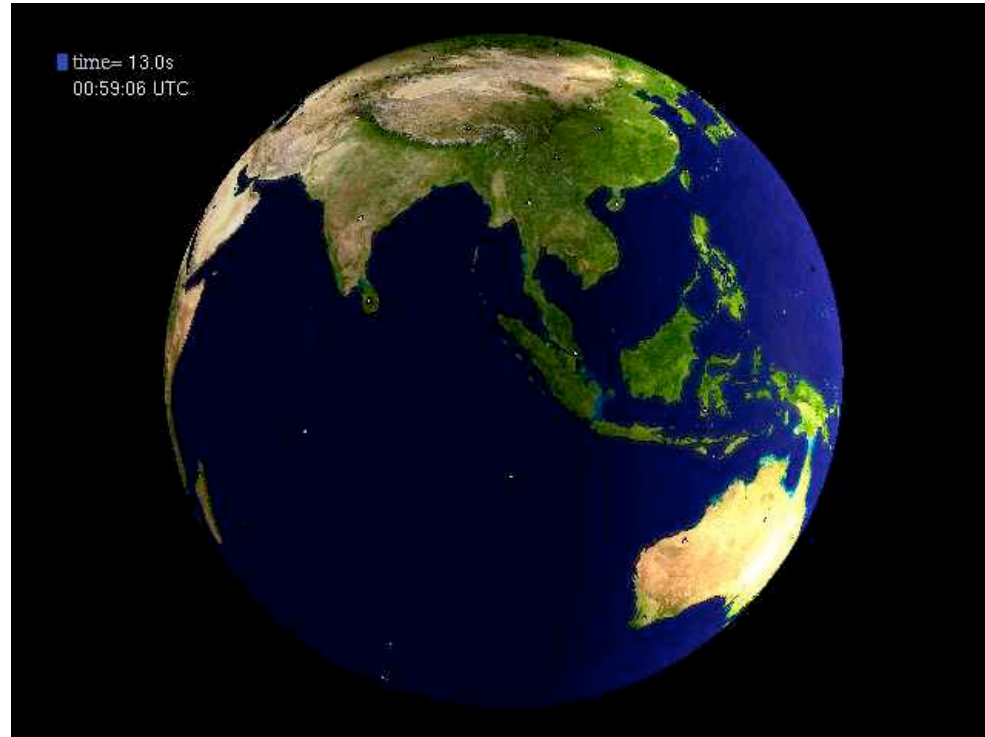
S -Wellen



Q-Wellen

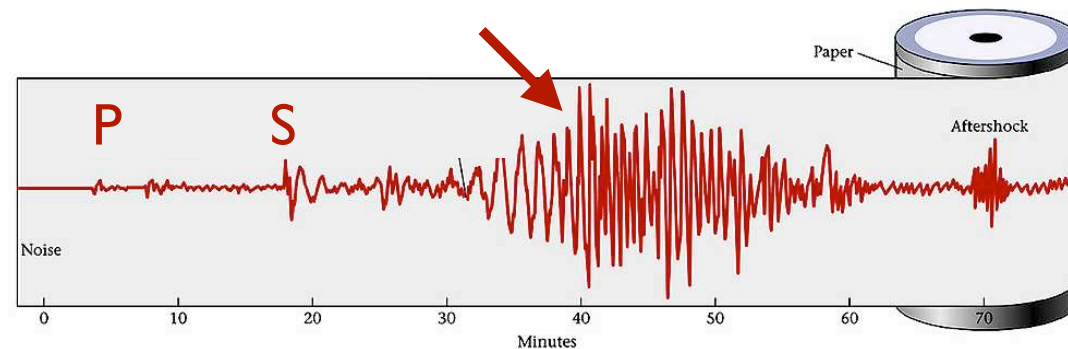


R -Wellen



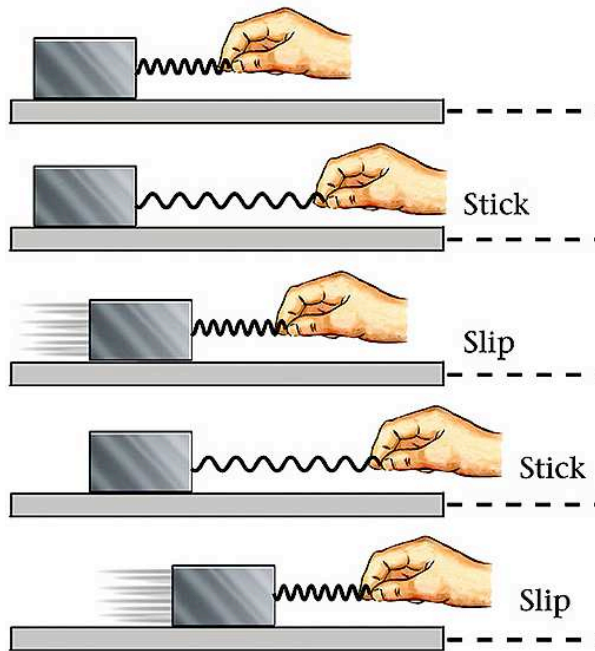
Sumatra Erdbeben 2004

Geschwindigkeit der Oberflächenwellen:
3-4 km/s (12'000 km/h)



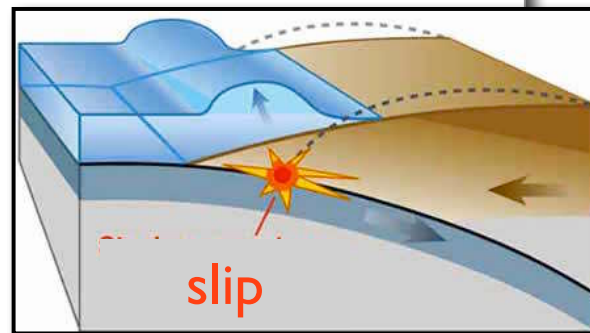
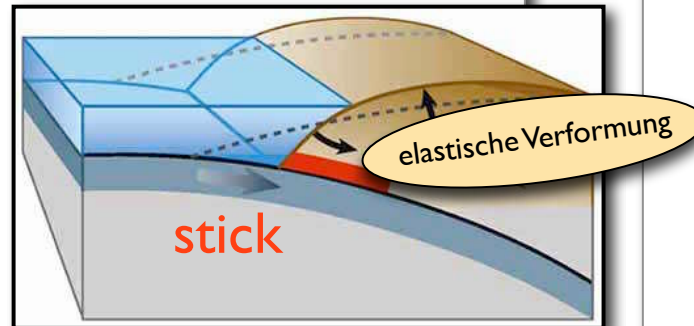
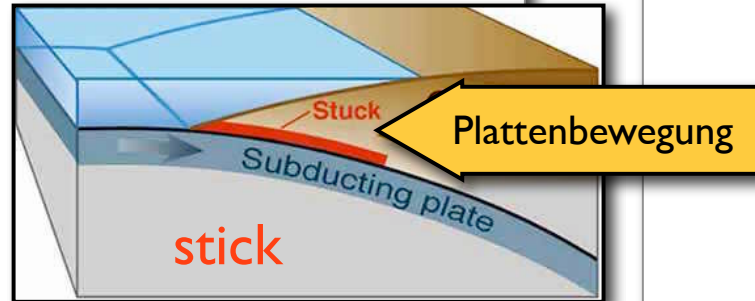
und wie wird nun ein Erdbeben ausgelöst ?

Aufbau der elastischen Spannung

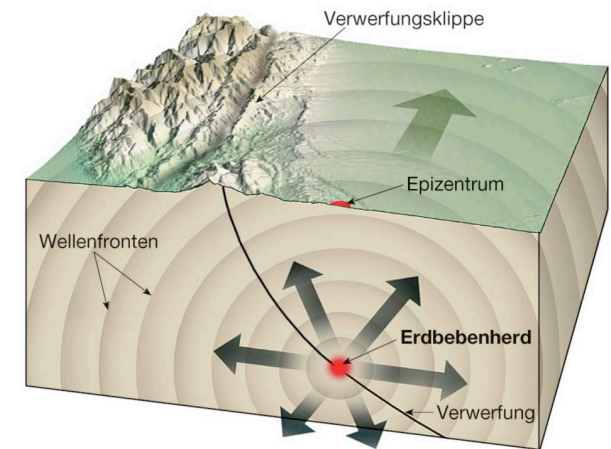


Stick-slip Modell für Verwerfungen

Jahre - Jahrhunderte

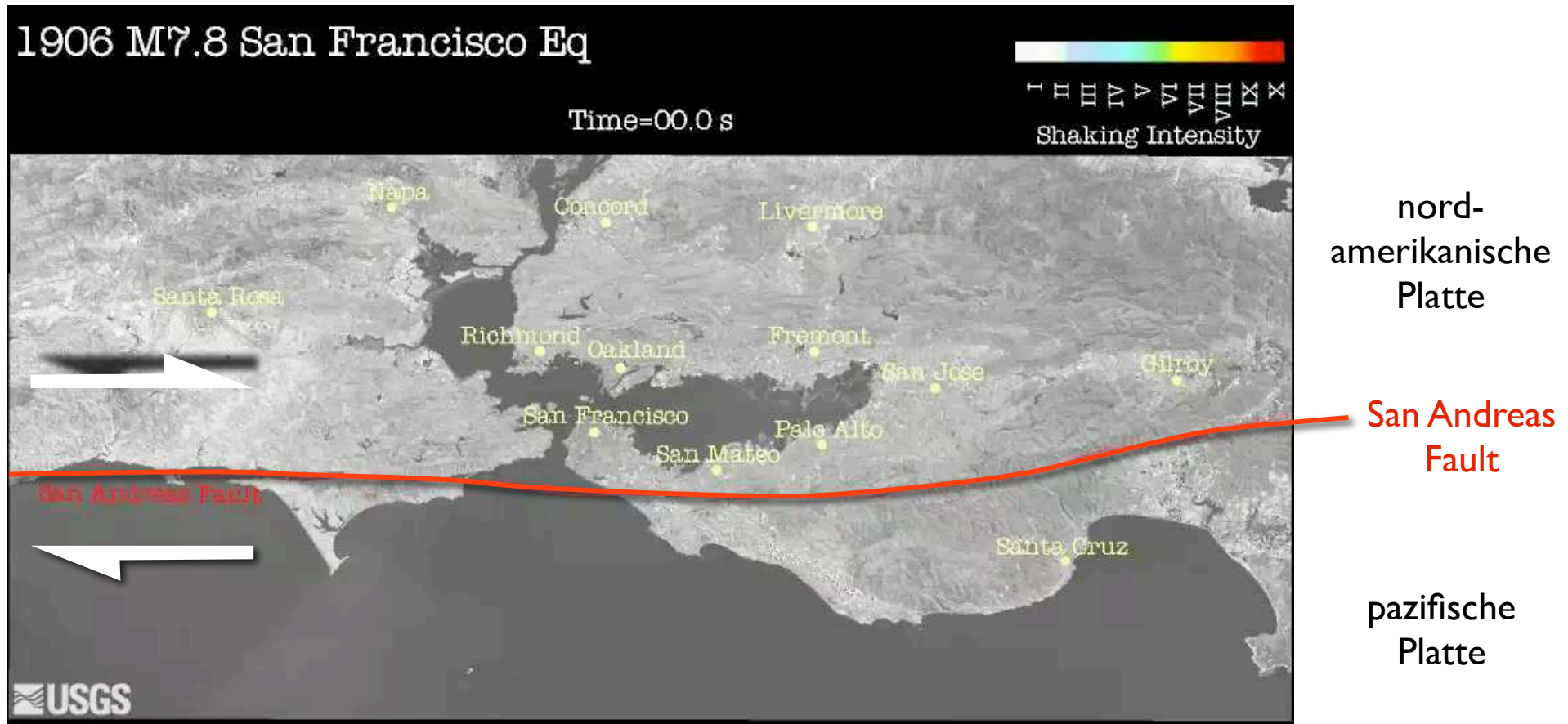


Ausbreitung der Erdbebenwelle



Sekunden

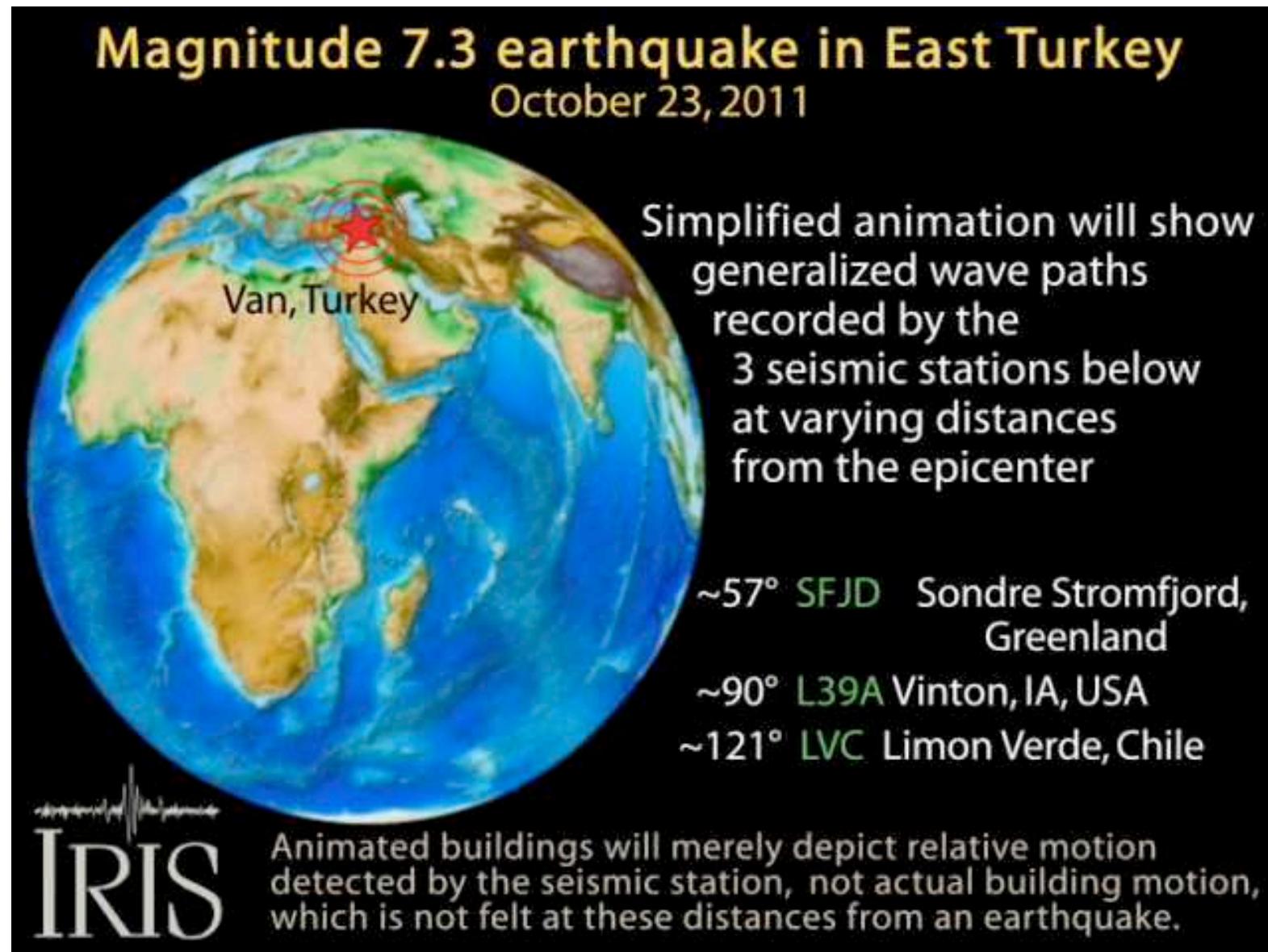
technische Daten eines Erdbebens



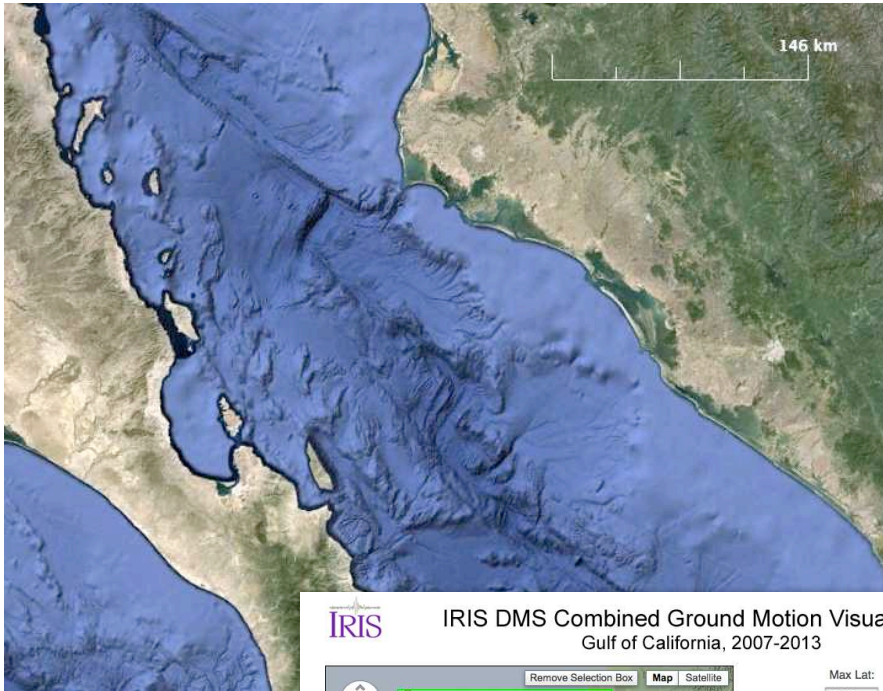
Ausbreitungsgeschwindigkeit des Bruches (rupture speed)	2.7 km/s
Geschwindigkeit der Erdbebenwellen (Oberflächenwellen)	~4 km/s
Geschwindigkeit der Gesteinskörper (slip velocity)	5 km/h

maximaler Versatz	8.4 m
Dauer des Hauptbebens	45 - 60 s
Länge der Bruchfläche	477 km

Ausbreitung der P- S- und Oberflächenwellen

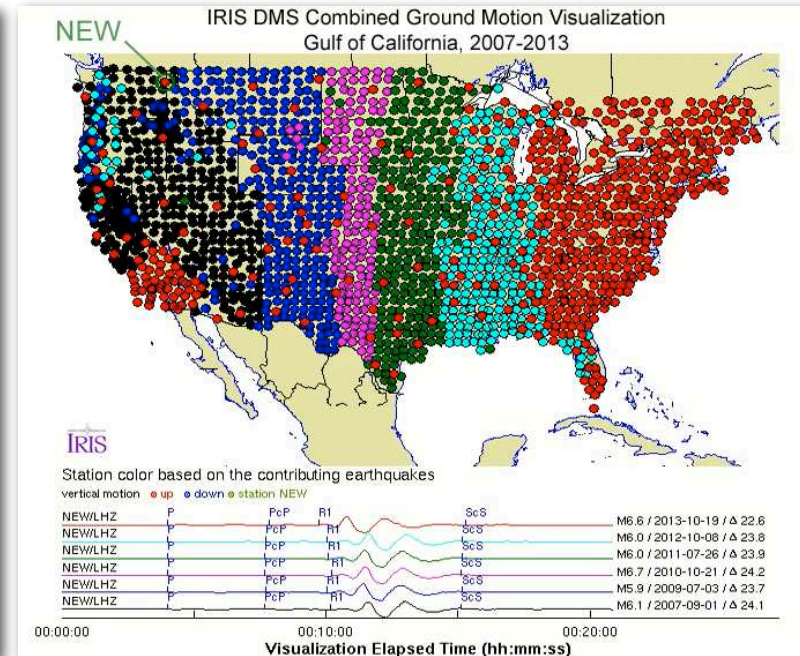
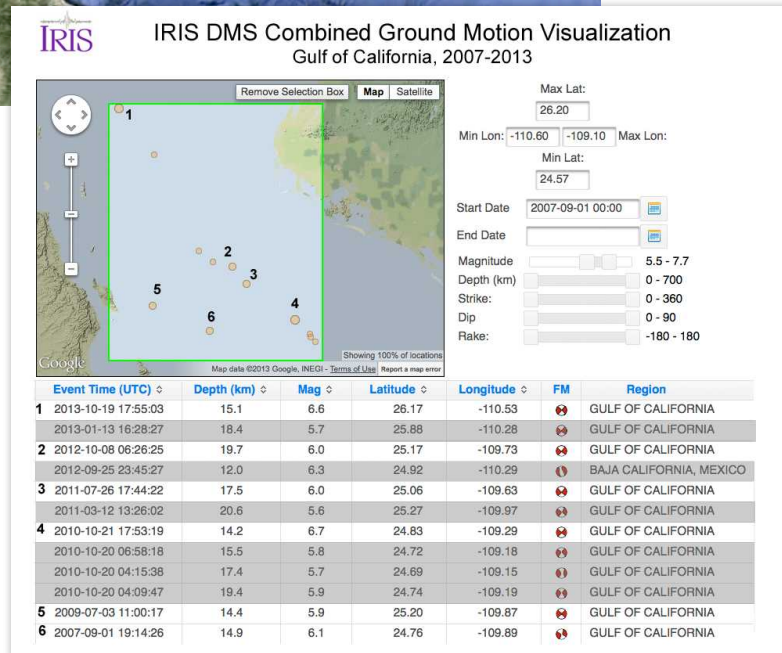


Transportable Array

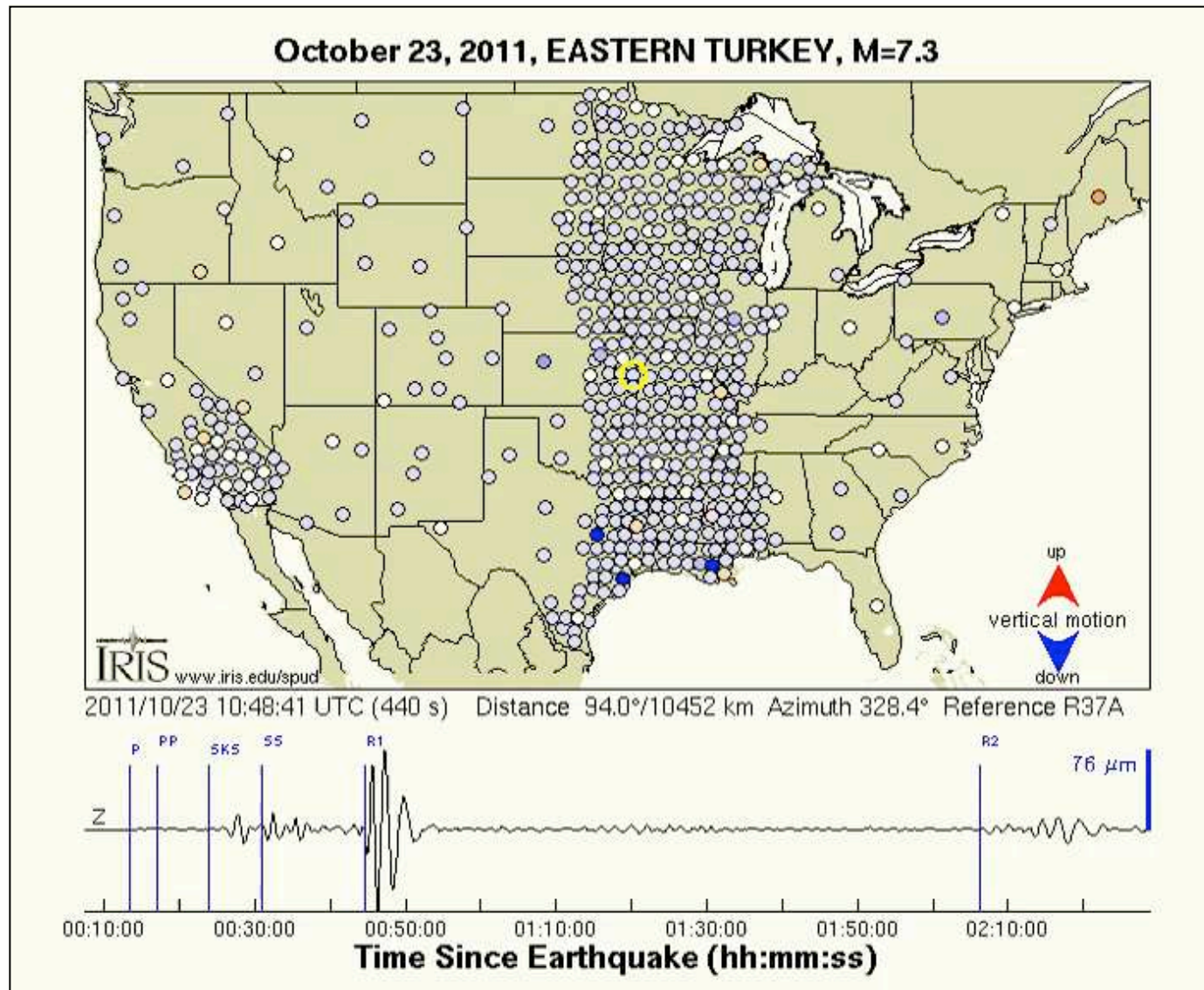


<http://ds.iris.edu/ds/products/usarraygmv-super/>

Sechs Erdbeben mit \pm identischem Herd (innerhalb 100 km) (sinistraler strike slip)



Aufzeichnung des Izmit Erdbebens vom 23. 10. 2011



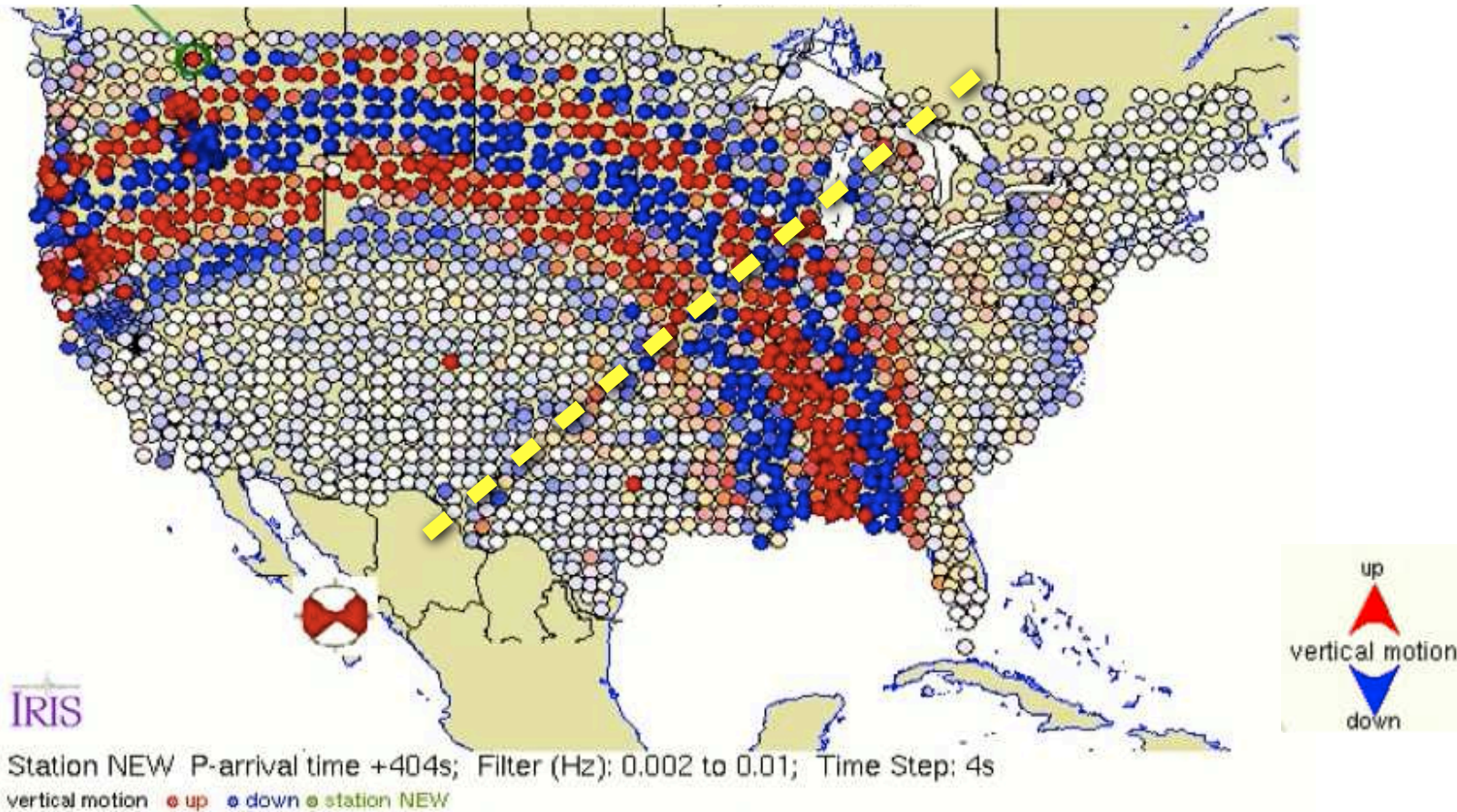
76 μm !

Aufzeichnung des USArray - Transportable Array

Bodenbewegung

<http://ds.iris.edu/ds/products/usarraygmv-super/>

Kombiniertes Resultat für 6 Erdbeben im Golf von Kalifornien 2007-2013



Beachte Herdflächenlösung

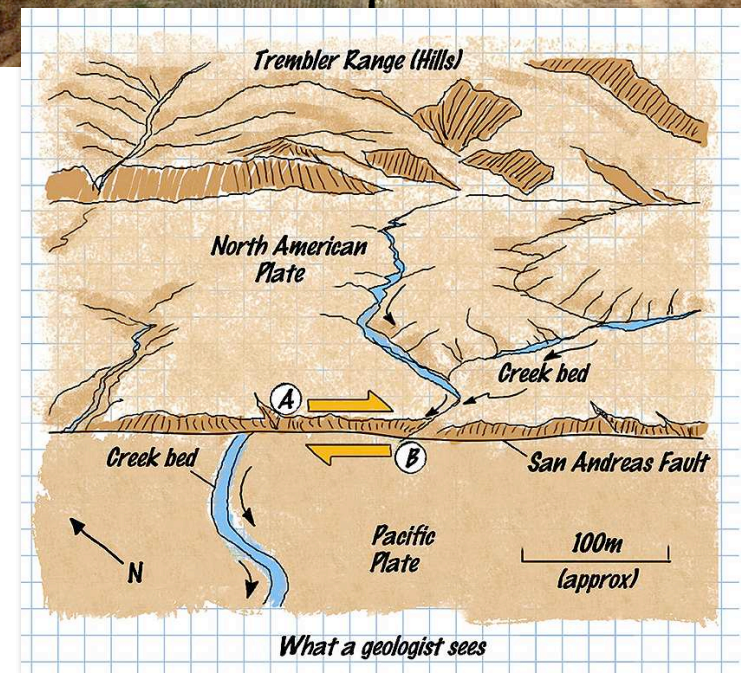
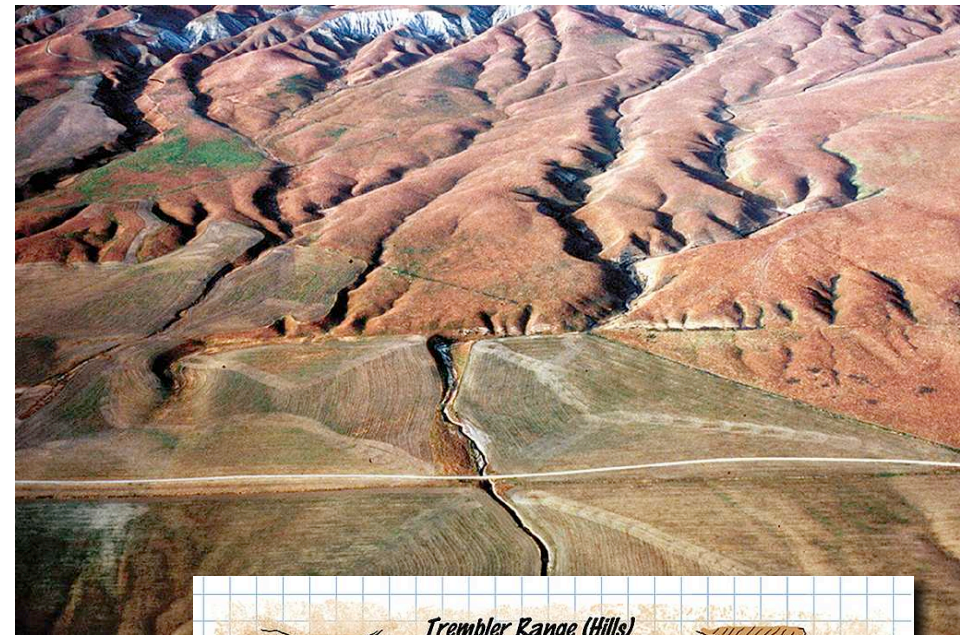
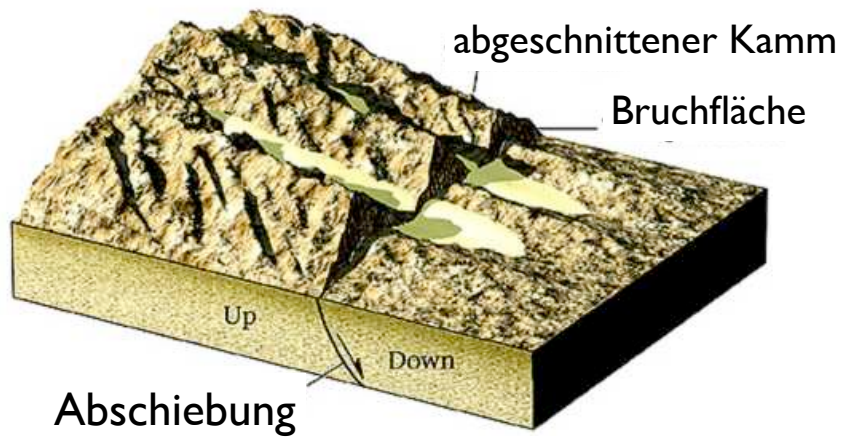
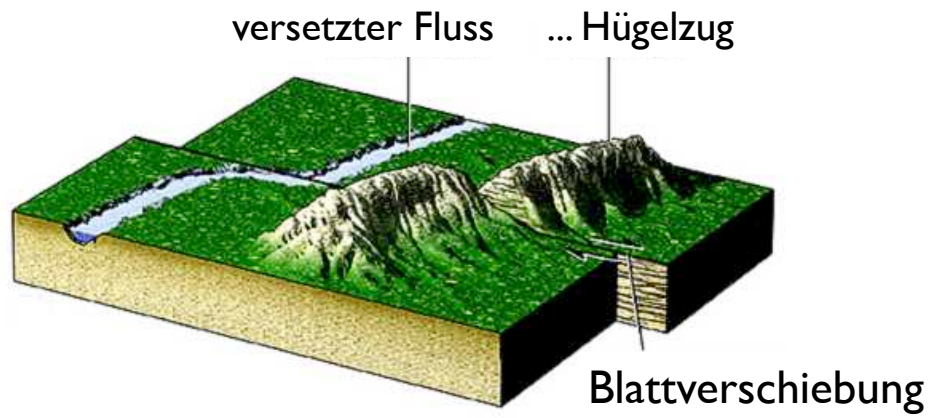
Parkfield Erdbeben 28. September 2004



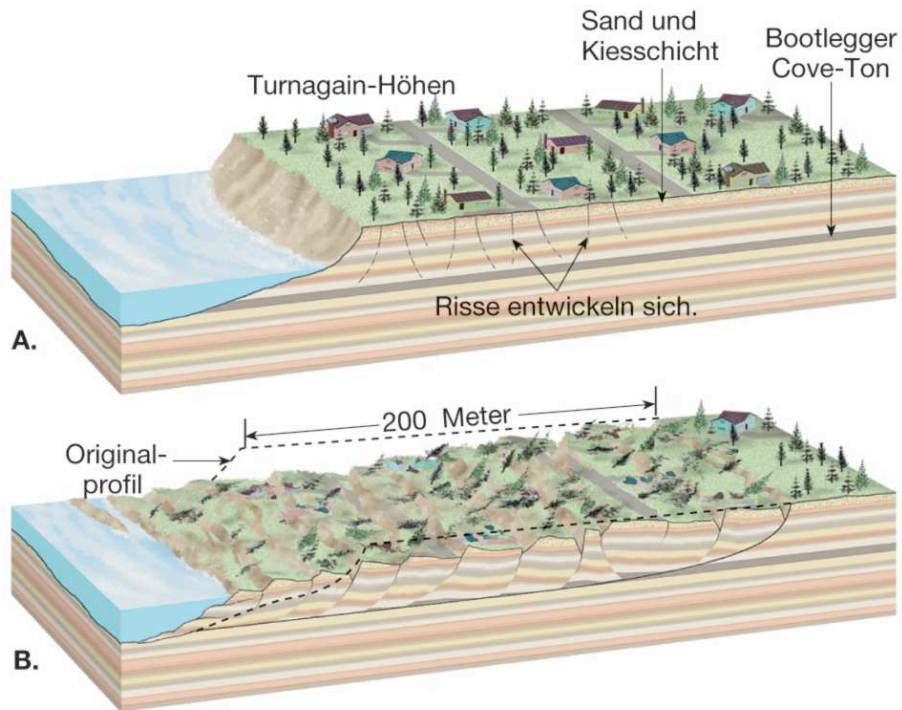
AOFT4-3ParkfieldEQ-USGS.mov, <https://www.youtube.com/watch?v=J99VjkKaunA>

mögliche Folgen eines Erdbeben

Topographische Veränderungen



Erdrutsch



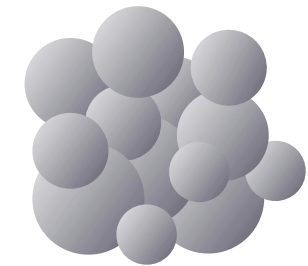
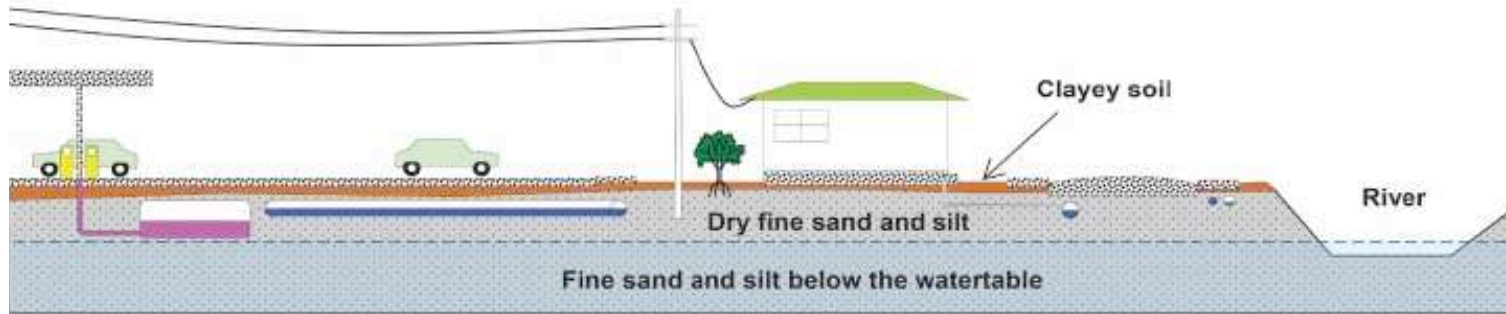
Turnagain Height Erdrutsch
Alaska 1964



Bodenverflüssigung

Before the Earthquake

Areas of flat, low lying land with groundwater only a few metres below the surface, can support buildings and roads, buried pipes, cables tanks under normal conditions.



During and after the Earthquake

During the earthquake fine sand, silt and water moves up under pressure through cracks and other weak areas to erupt onto the ground surface. Near rivers the pressure is relieved to the side as the ground moves sideways into the river channels.

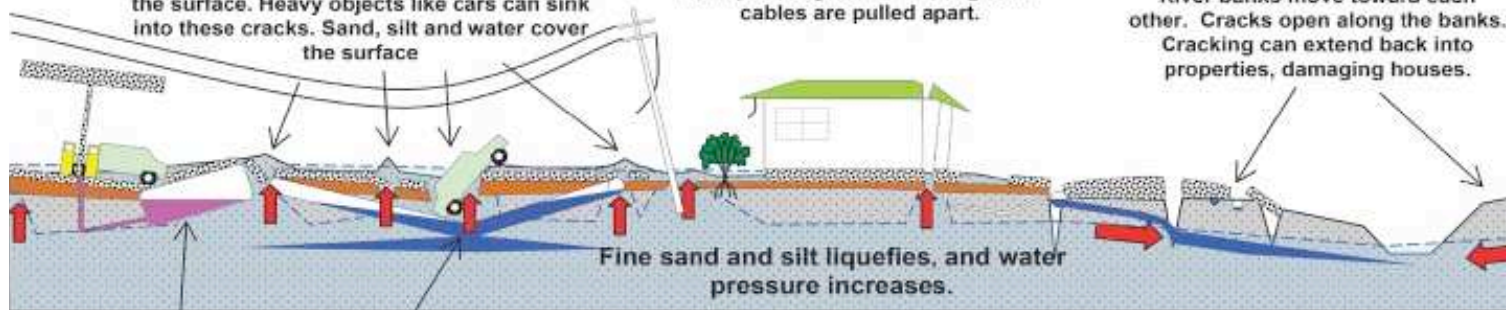
Sand Boils (Sand Volcanoes)

Sand, silt and water erupts upward under pressure through cracks and flows out onto the surface. Heavy objects like cars can sink into these cracks. Sand, silt and water cover the surface

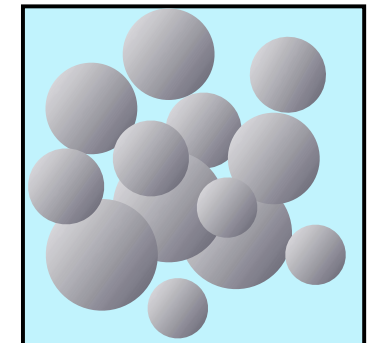
Power poles are pulled over by their wires as they can't be supported in the liquefied ground. Underground cables are pulled apart.

Lateral Spreading

River banks move toward each other. Cracks open along the banks. Cracking can extend back into properties, damaging houses.



Tanks, pipes and manholes float up in the liquefied ground and break through the surface. Pipes break, water and sewage leaks into the ground.



Porendruck

Bodenverflüssigung



Niigata 1964



Chuetsu 2004



Christchurch 2011



Kobe 1995

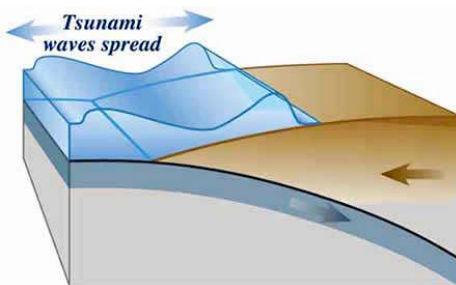
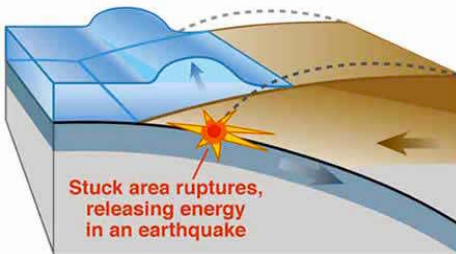
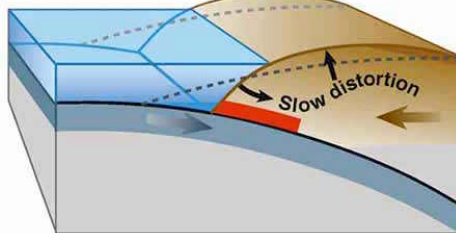
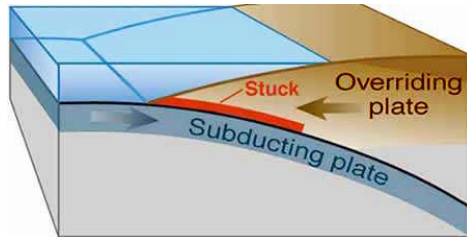


Kobe 1995



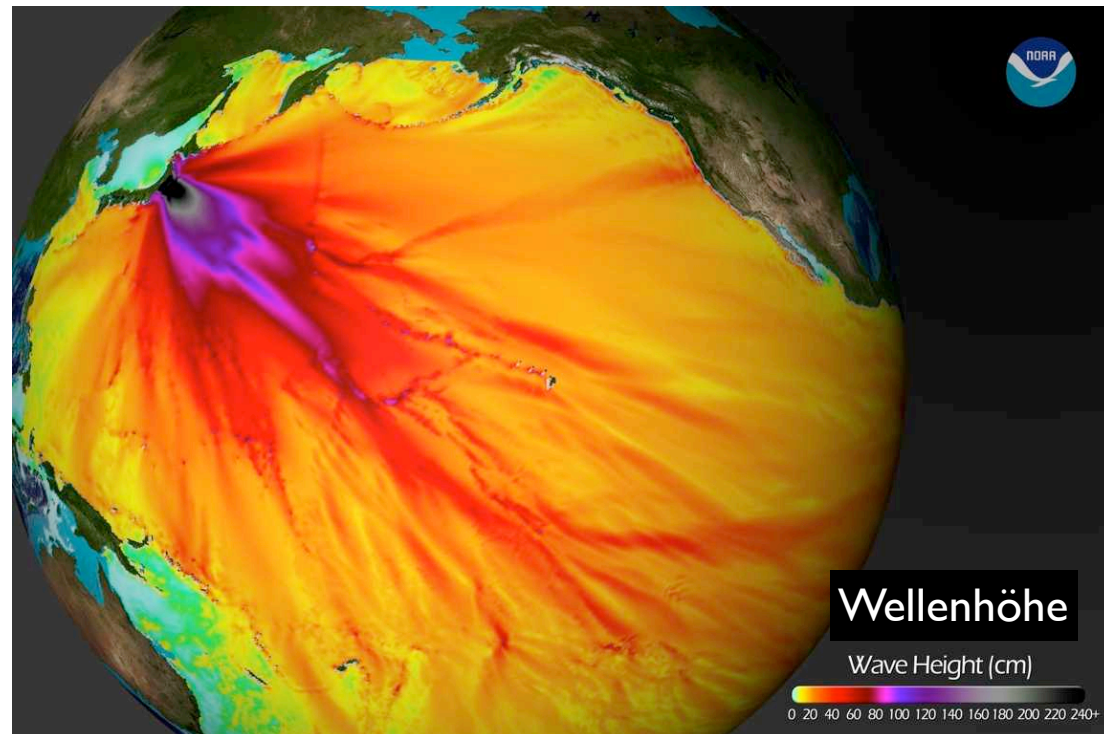
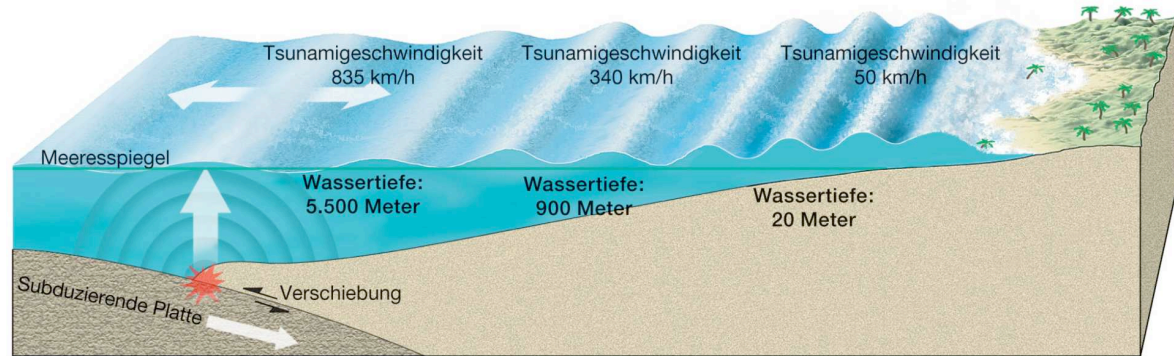
Loma Prieta 1989

Tsunami



Tsunamigeschwindigkeit

835 km/h 340 km/h 50 km/h



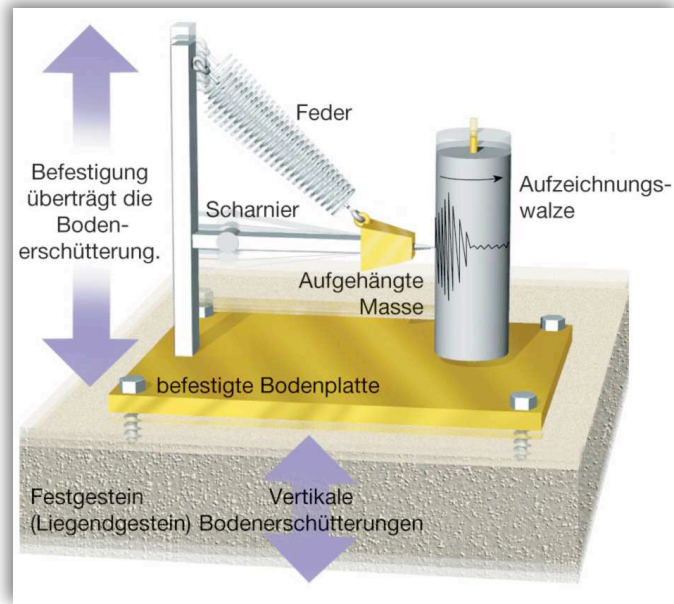
Tohoku Erdbeben 2011

0

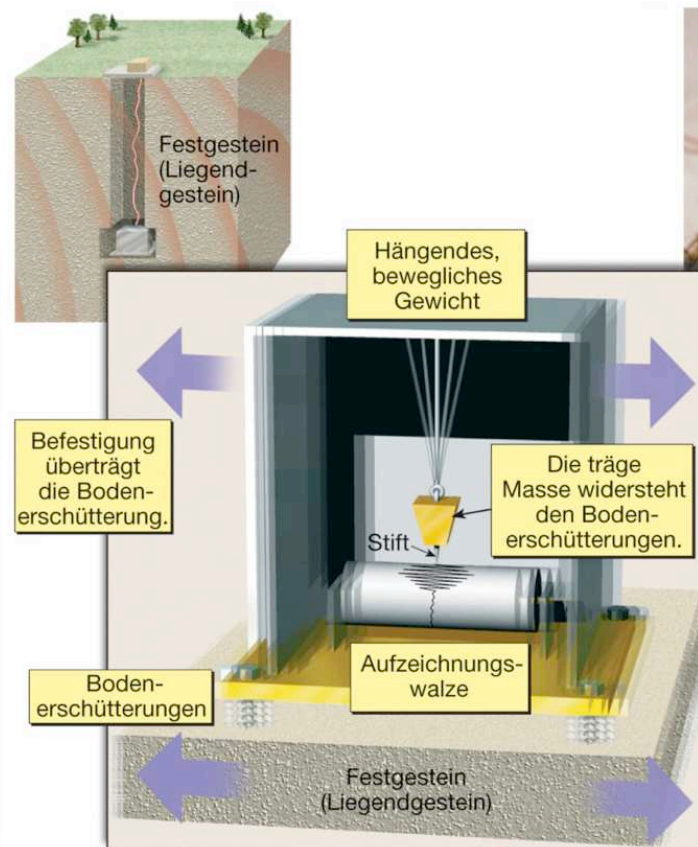
240 cm

Magnituden

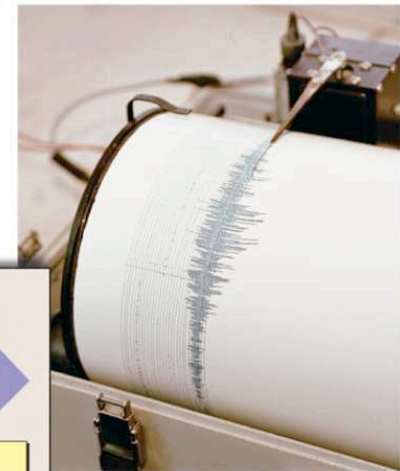
Seismometer (Seismograph)



vertikal



horizontal



Breitbandseismometer

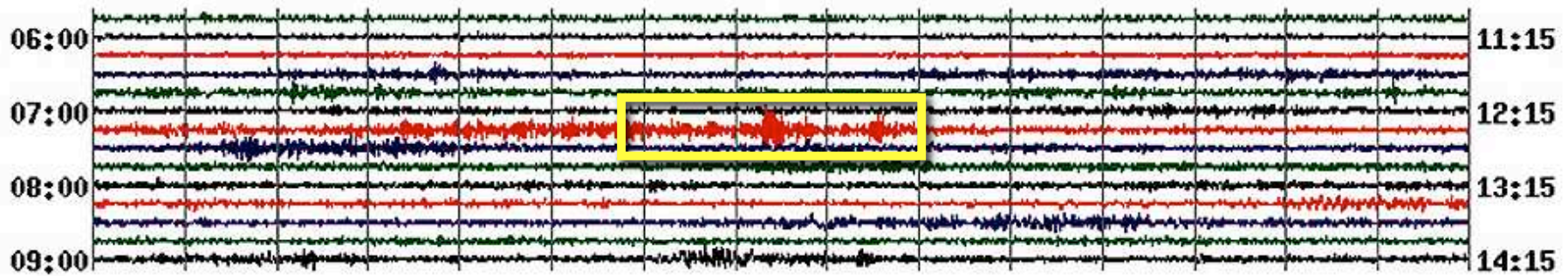
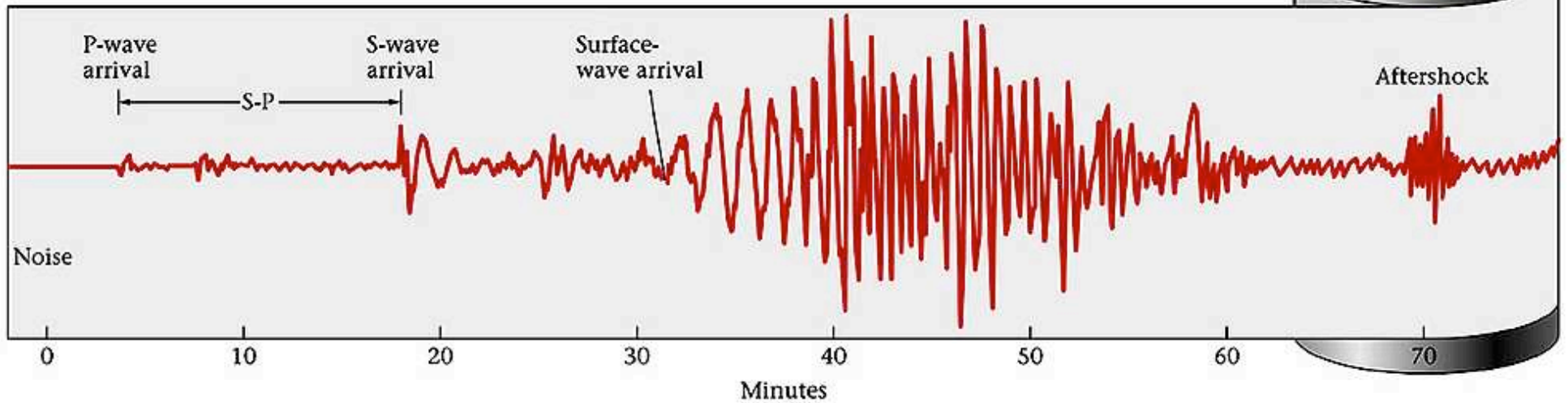
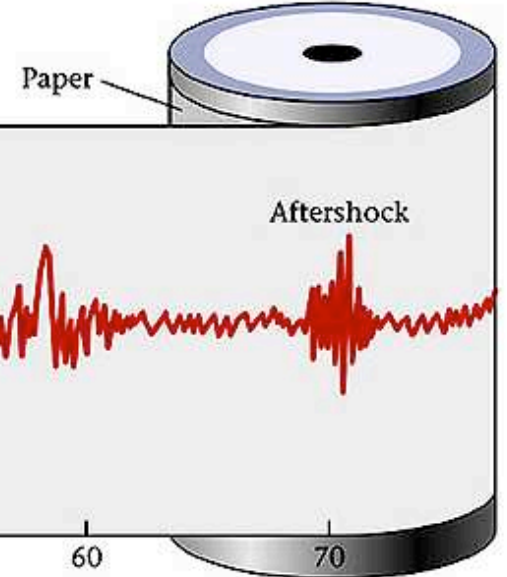
Amplituden

P-Wellen

S-Wellen

Love-Wellen

Raleigh-Wellen



Gutenberg-Richter - Skala

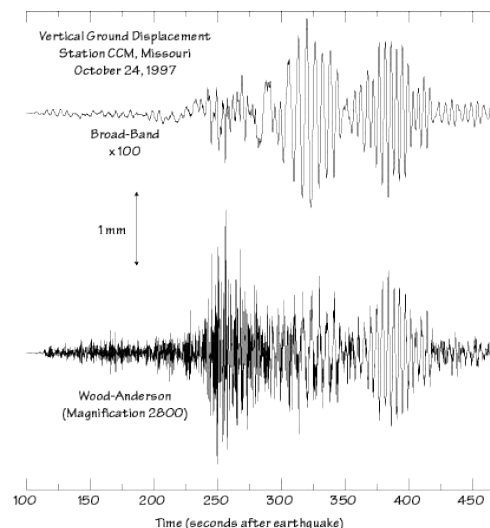
$$M_L = \log_{10} (A/T)_{\max} + q(\Delta, h)$$

M_L	Magnitude (body wave magnitude)
A	maximale Amplitude (μm)
T	Periode (s)
q	Korrekturfunktion
Δ	Winkelabstand Seismograph - Herd ($^\circ$)
h	Herdtiefe (km)

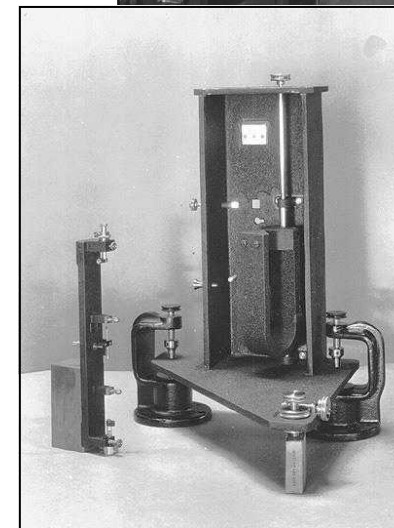
die Magnitude hängt ab von

- Amplitude
- zeitlicher Abstand des Eintreffens der S-,P-Wellen

Seismogramm

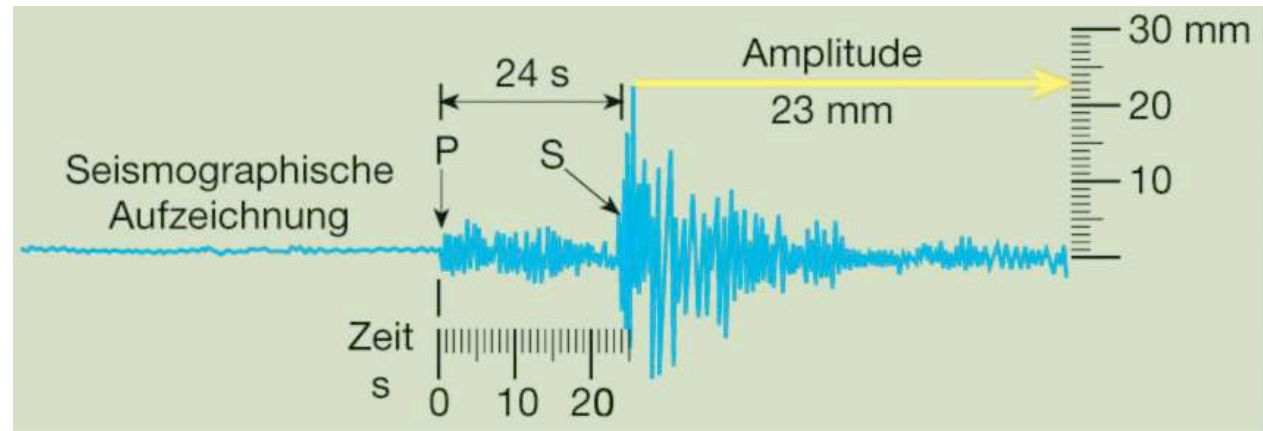


C. F. Richter
in seinem
Wohnzimmer



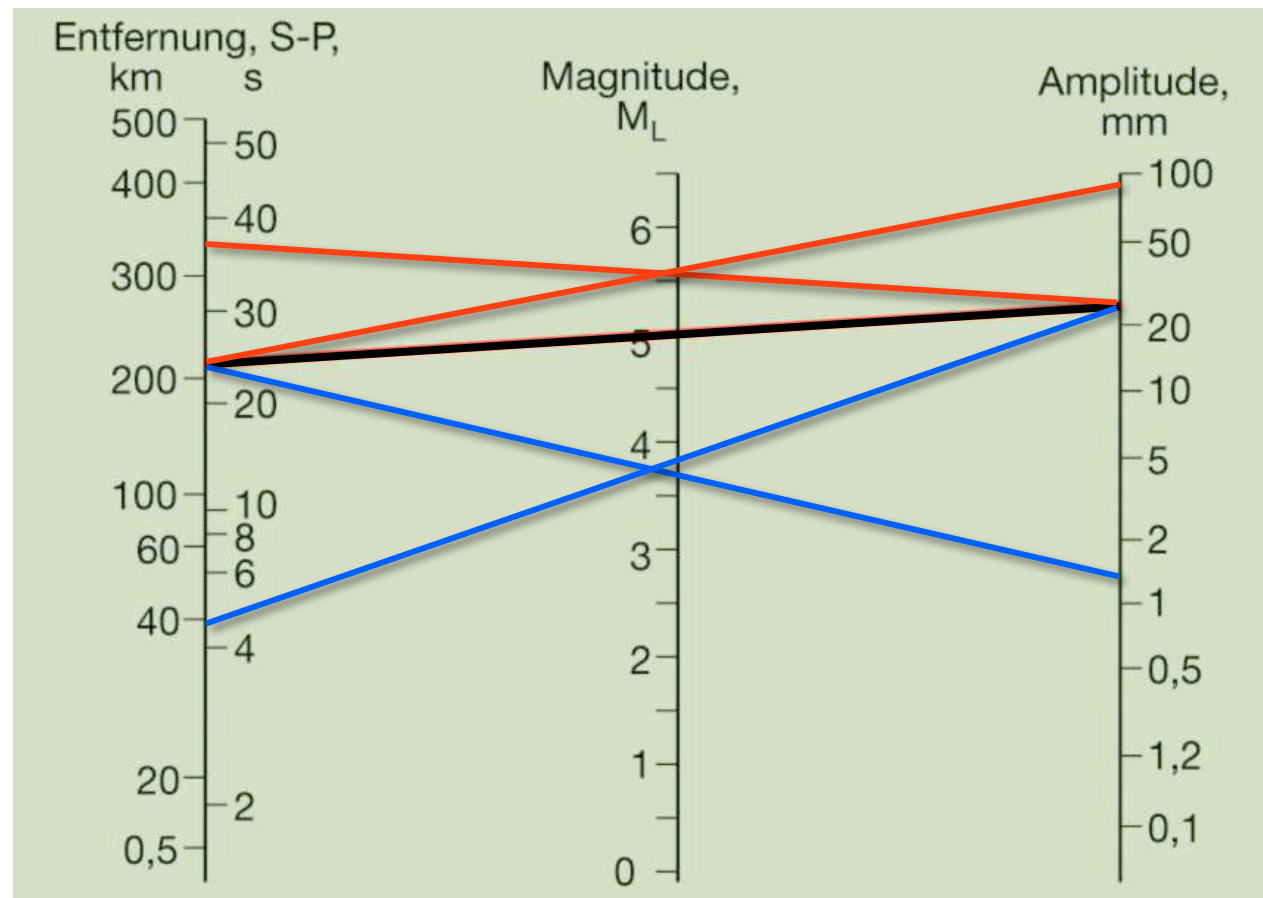
Anderson-Wood Seismograf

Magnitude M_L



Wenn die Amplitude
oder der Zeitabstand
S-P grösser wird
 $\Rightarrow M$ grösser

Wenn die Amplitude
oder der Zeitabstand
S-P kleiner wird
 $\Rightarrow M$ kleiner



freigesetzte Energie von Erdbeben

Januar 1906 - December 2005

Totale seismische Energie E_S

$\approx 50 \cdot 10^{18} \text{ Nm} = 50 \text{ EJ}$

($10^{18} \text{ J} = 1 \text{ Exa-Joule}$)

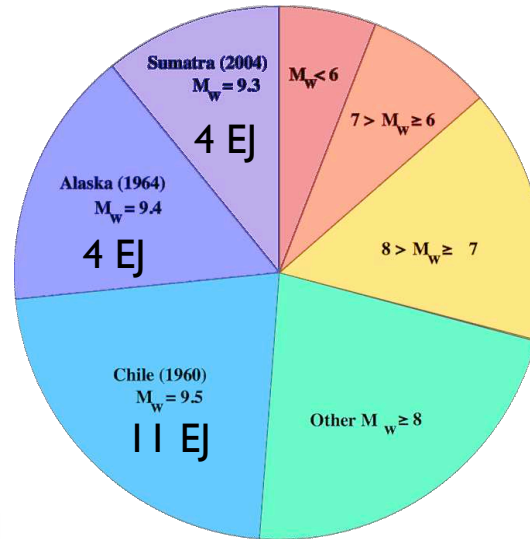
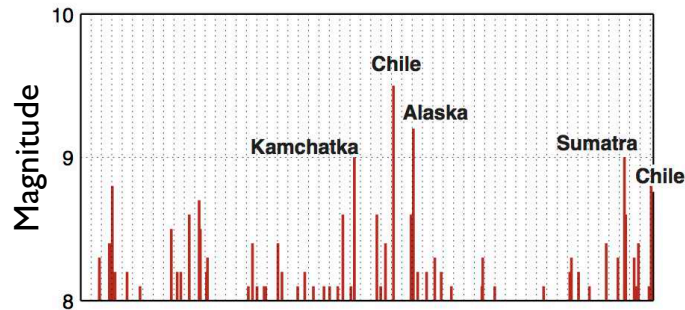
Globales seismisches Moment M_0

$\approx 10^{24} \text{ Nm} = 1 \text{ YJ}$

($10^{24} \text{ J} = 1 \text{ Yotta-Joule}$)

Kanamori Beziehung:

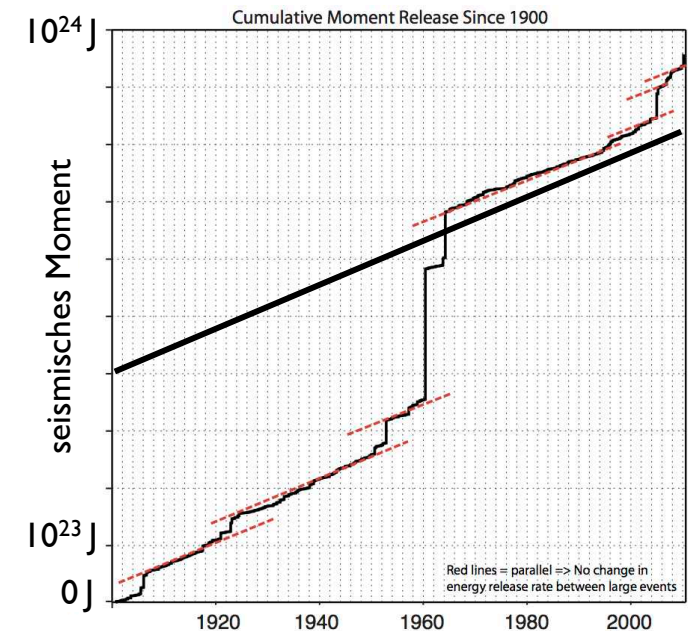
$$M_0 = 20'000 \cdot E_S$$



Beachte:

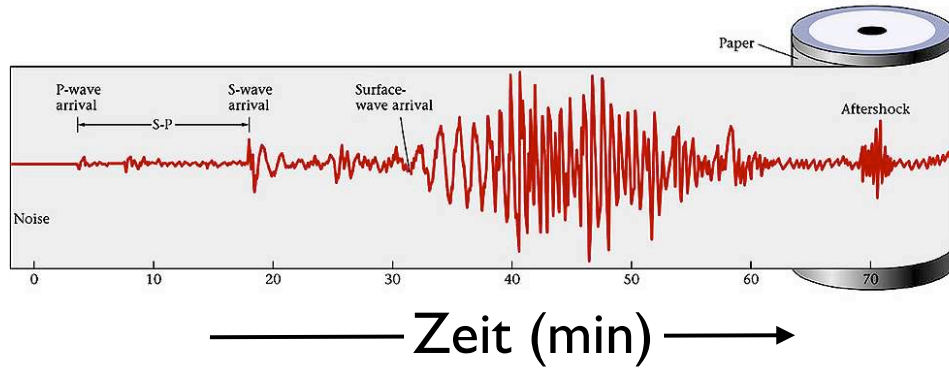
fast 50% des Gesamtmomentes durch die 3 grössten Erdbeben aufgebracht

M_w	E_S in Joule	Menge TNT in Tonnen	Äquivalenz Hiroshima-Atombomben (12,5 kT TNT)
4	$6,3 \cdot 10^{10}$	15	0,0012
5	$2,0 \cdot 10^{12}$	475	0,038
6	$6,3 \cdot 10^{13}$	15.000	1,2
7	$2,0 \cdot 10^{15}$	475.000	38
8	$6,3 \cdot 10^{16}$	15.000.000	1.200
9	$2,0 \cdot 10^{18}$	475.000.000	38.000

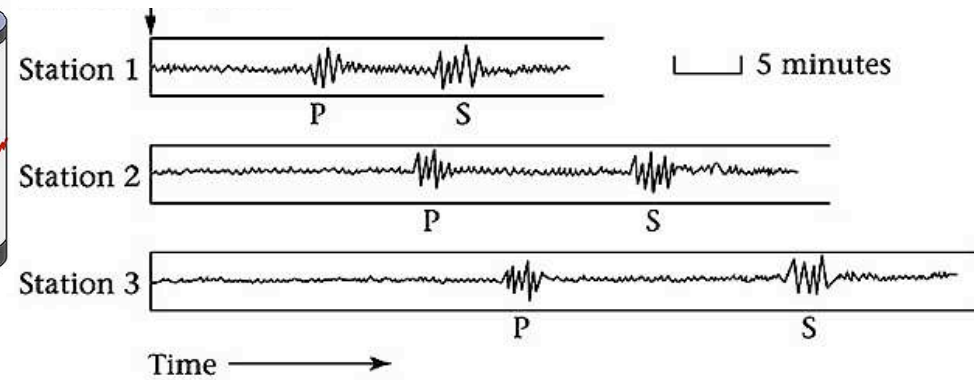


wo ist das Epizentrum?

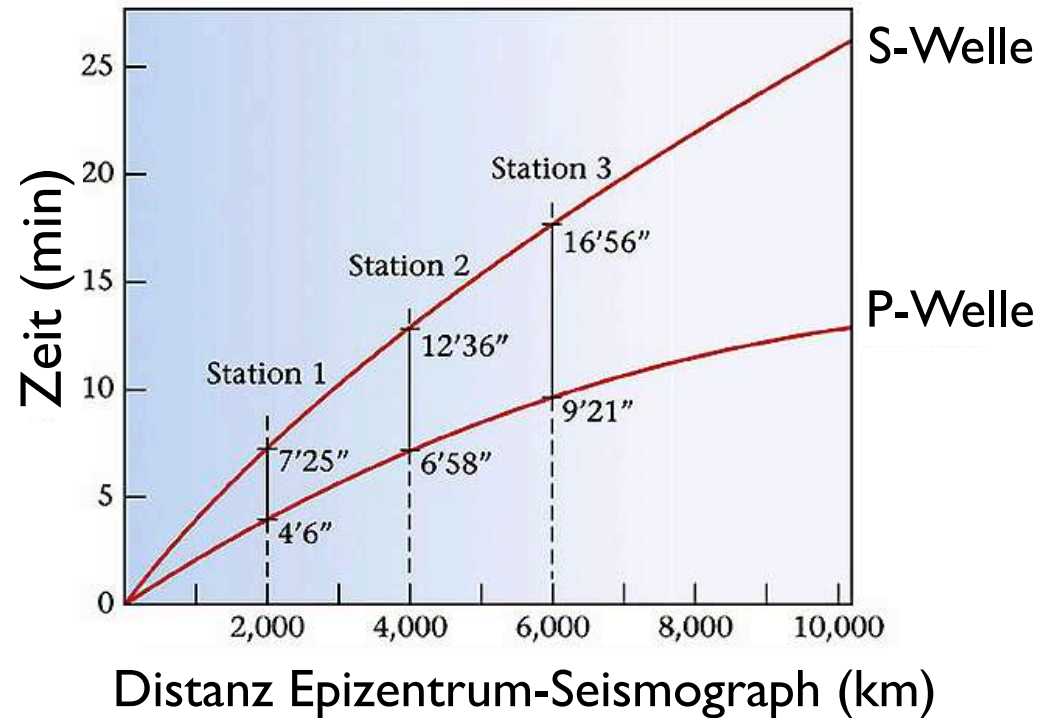
Erdbebenwellen - Laufzeiten



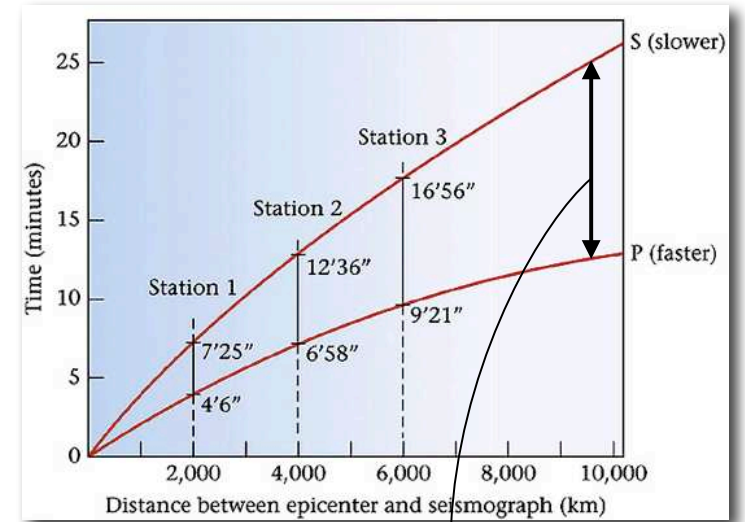
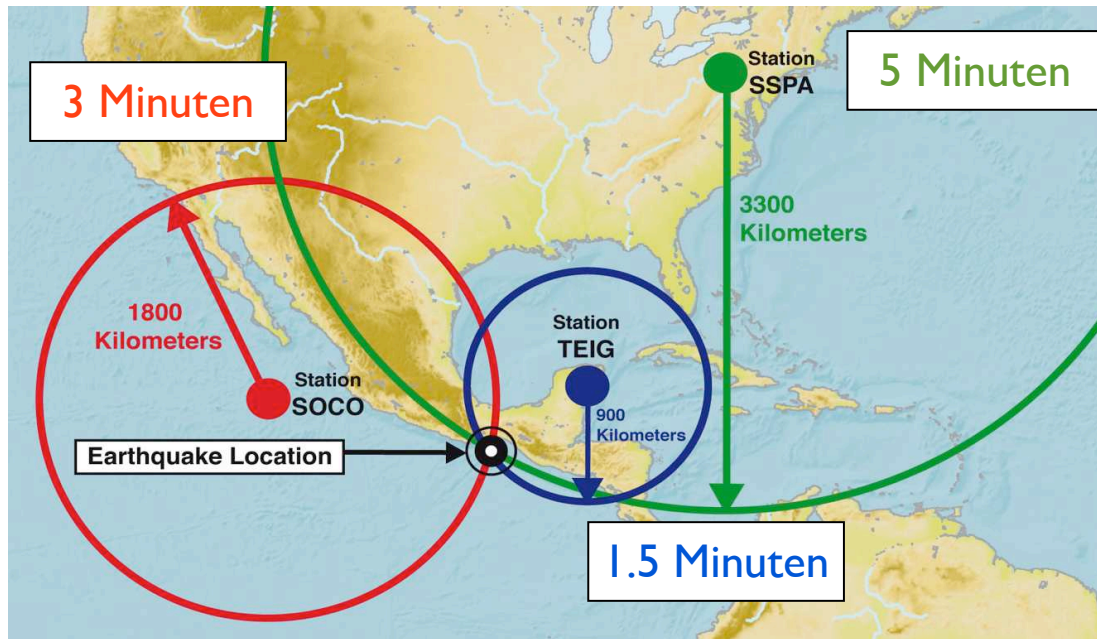
Ankunftszeiten



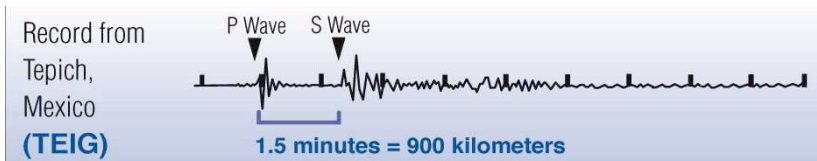
P - Welle schneller
S - Welle langsamer



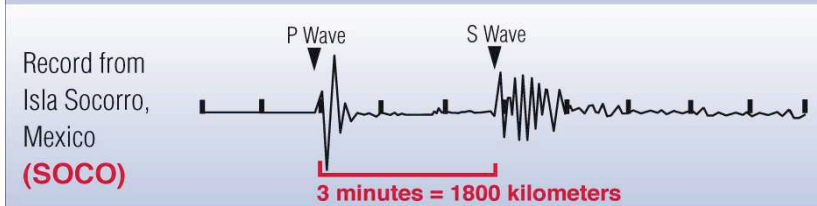
Laufzeitenunterschiede



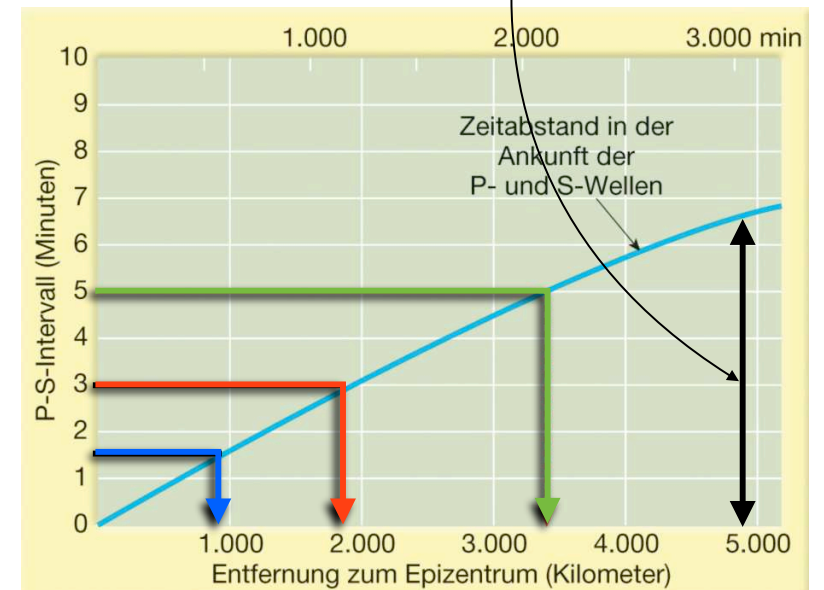
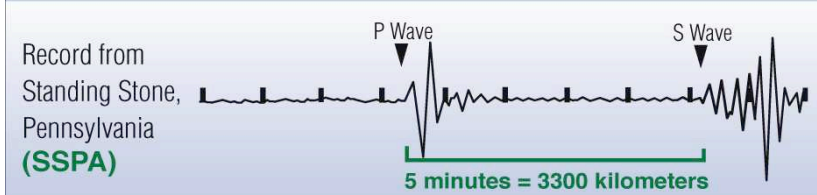
1.5 Minuten



3 Minuten

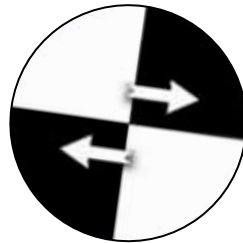
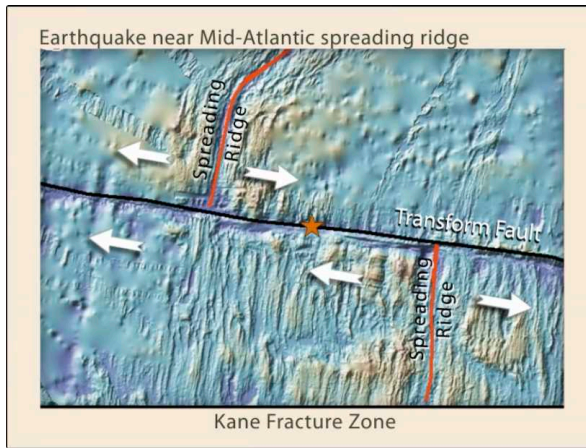


5 Minuten

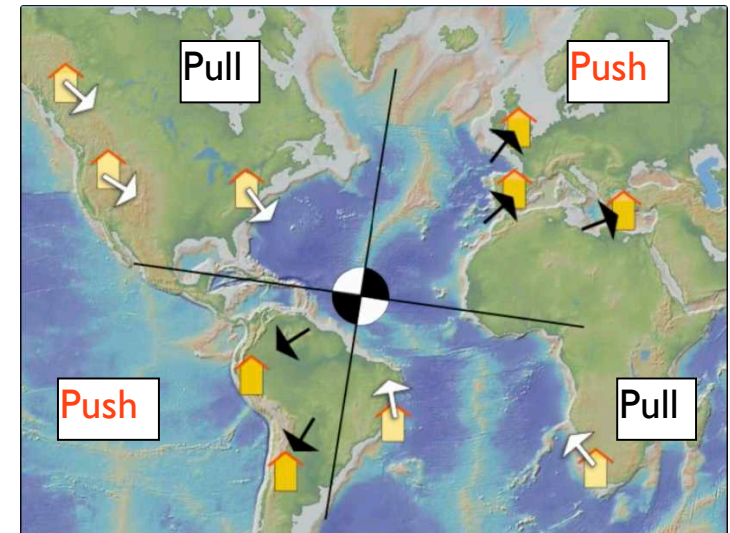
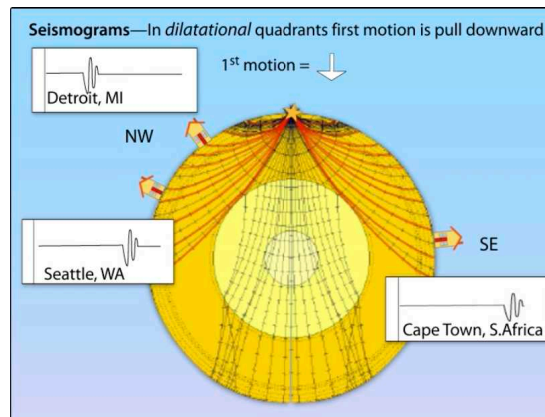
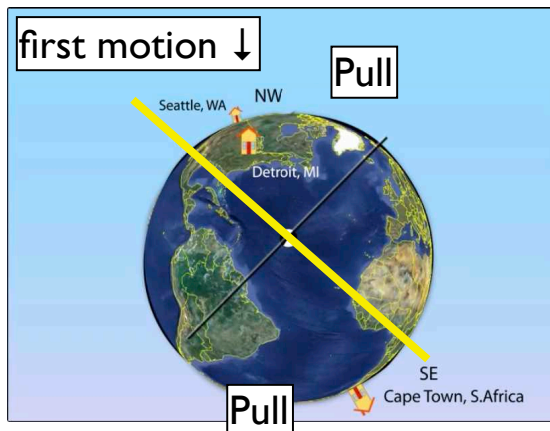
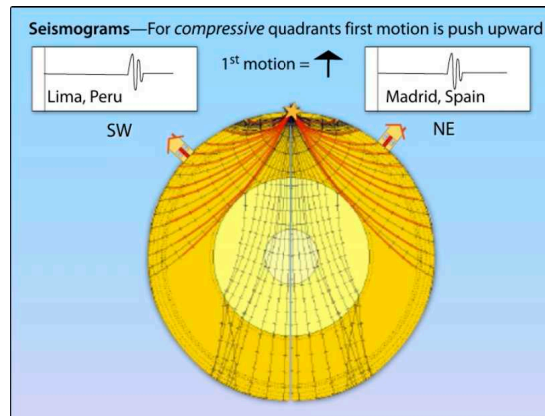
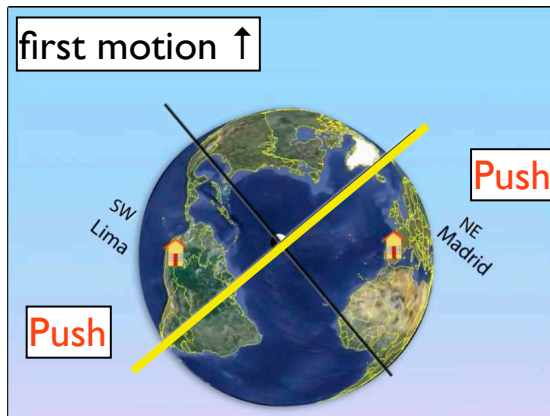


Erdbeben Herdflächen

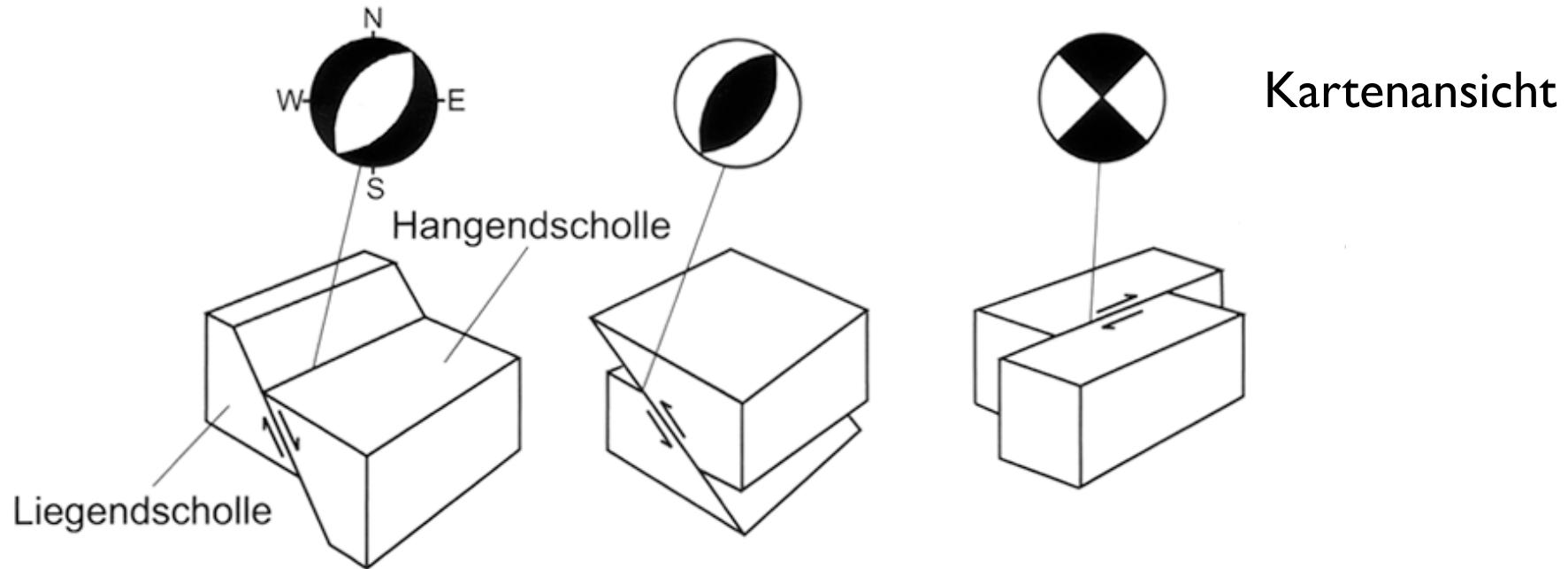
nochmals Herdflächenlösung am Transformbruch



Kartenansicht



Herdfflächenlösung an Plattengrenzen



Abschiebung

Aufschiebung
Überschiebung

Blattverschiebung
Seitenverschiebung

⇒

⇒

⇒

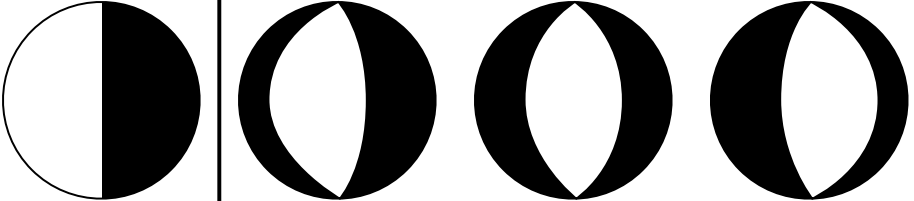
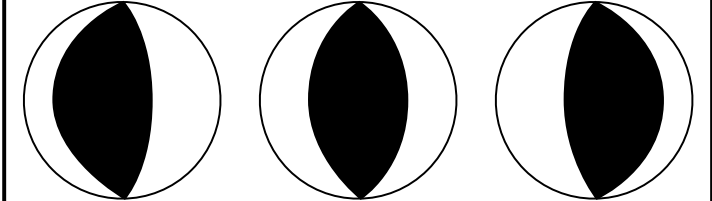
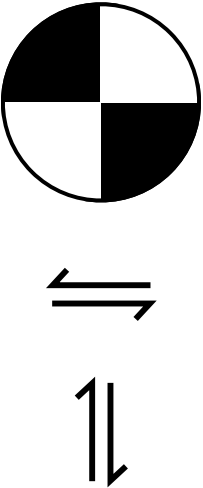
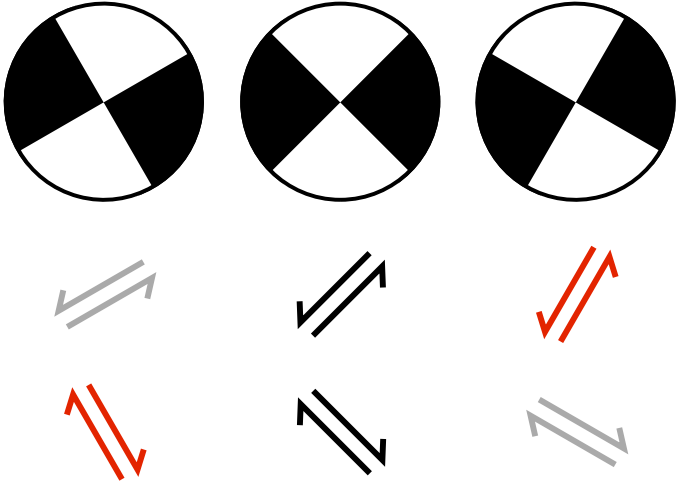
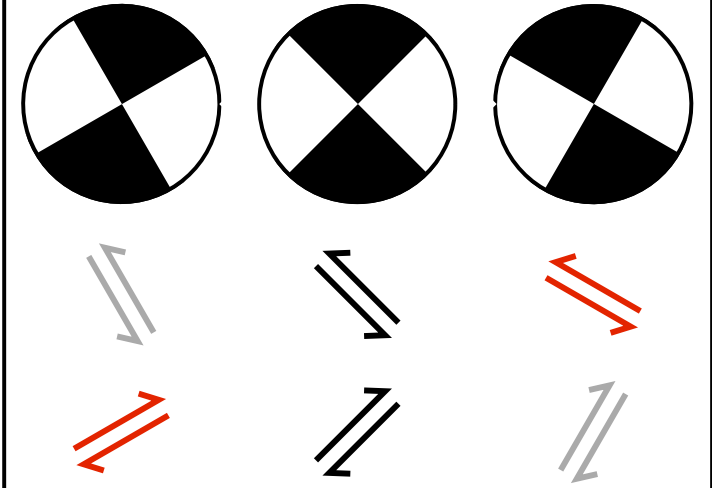
Konstruktive...

Destruktive...

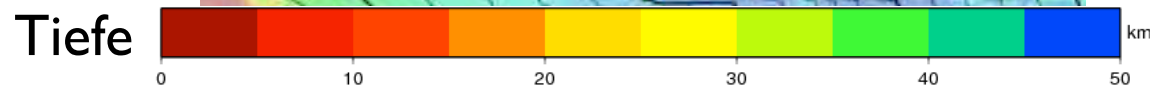
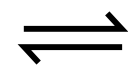
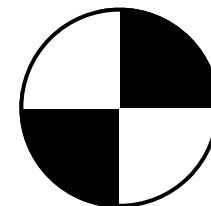
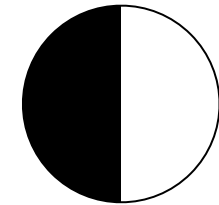
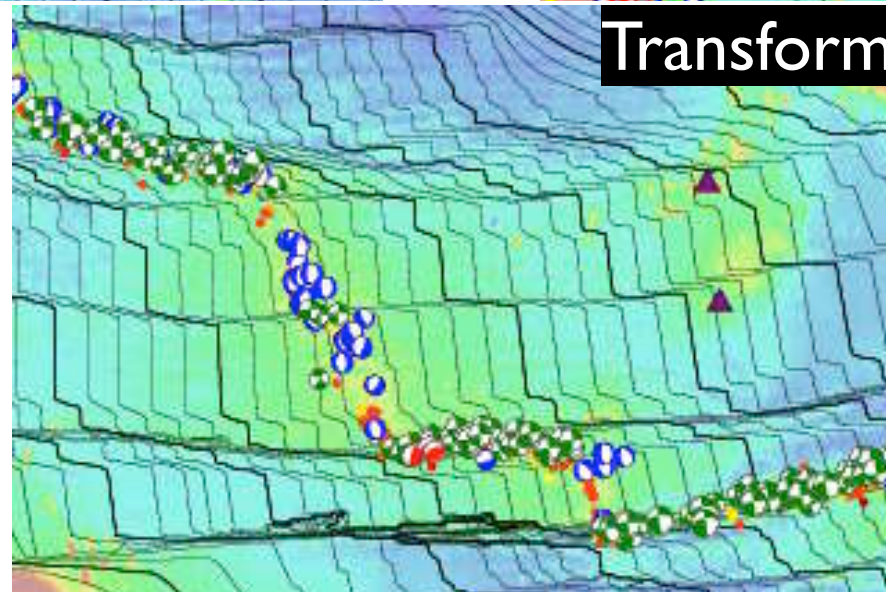
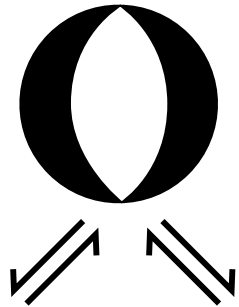
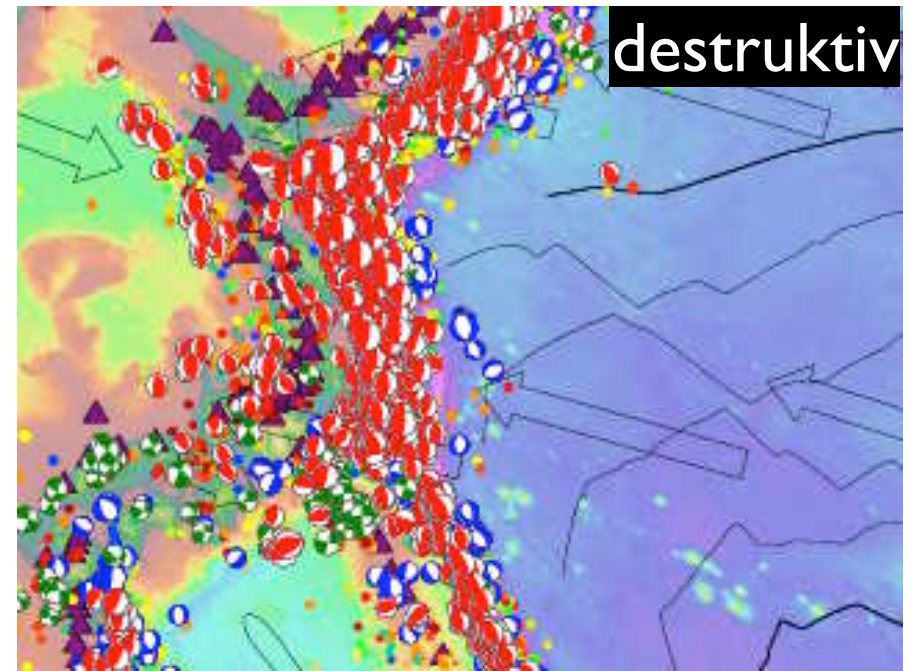
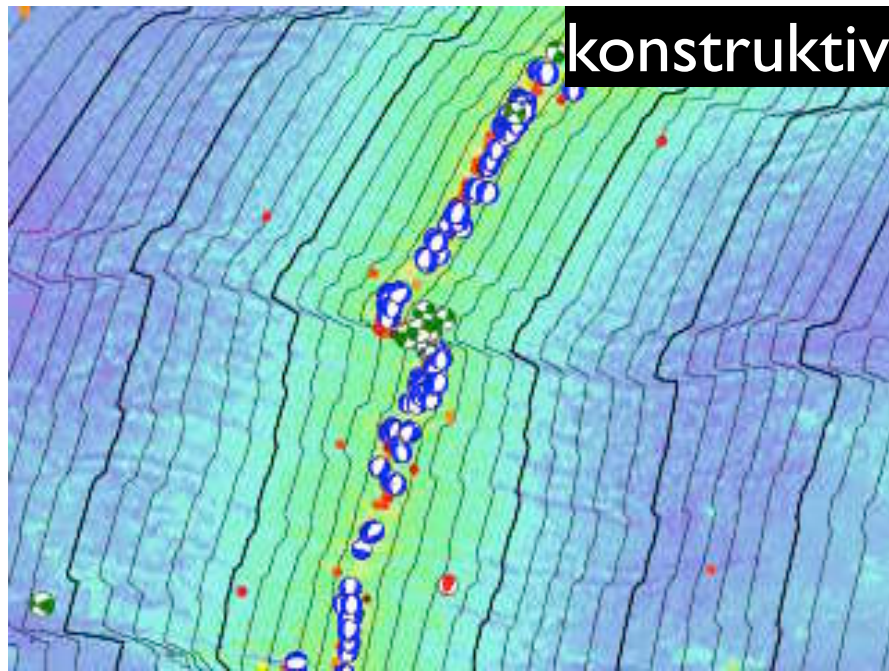
Konservative...

Plattengrenze

der 3-dimensionale beachball ... bzw. beach bowl

<p>in der Karte</p> 	<p>"Katzenauge"</p> 	
<p>im Profil</p> 	<p>Abschiebungen</p>  <p>nach Ost nach West</p>	<p>Überschiebungen</p>  <p>nach Ost nach West</p>

Typische Herdflächenlösungen für Plattengrenzen

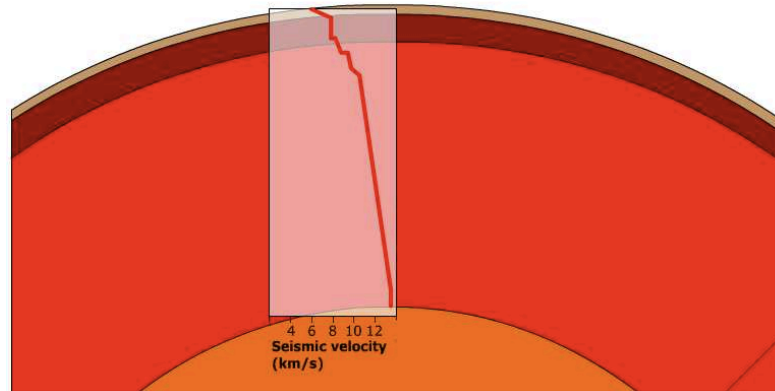


seismische Tomographie

P-Wellengeschwindigkeit = f (T)

Normale P-Wellengeschwindigkeiten im Mantel

P-waves

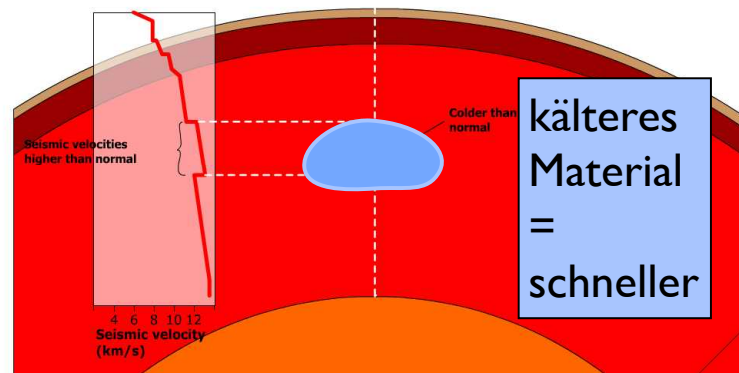


Wellengeschwindigkeit höher
in kälterem Material

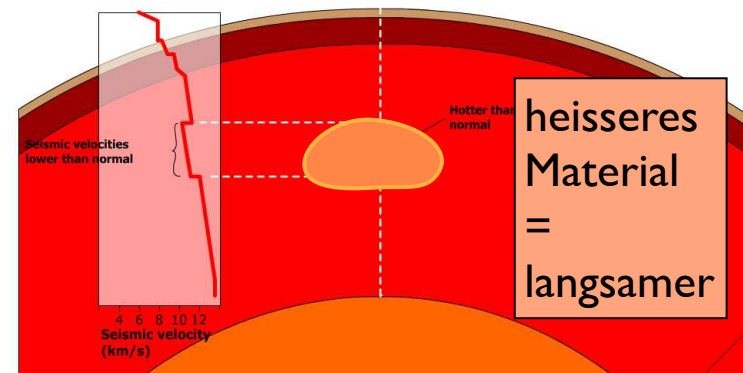
Wellengeschwindigkeit tiefer
in wärmerem Material

Einfluss von Temperaturvariationen

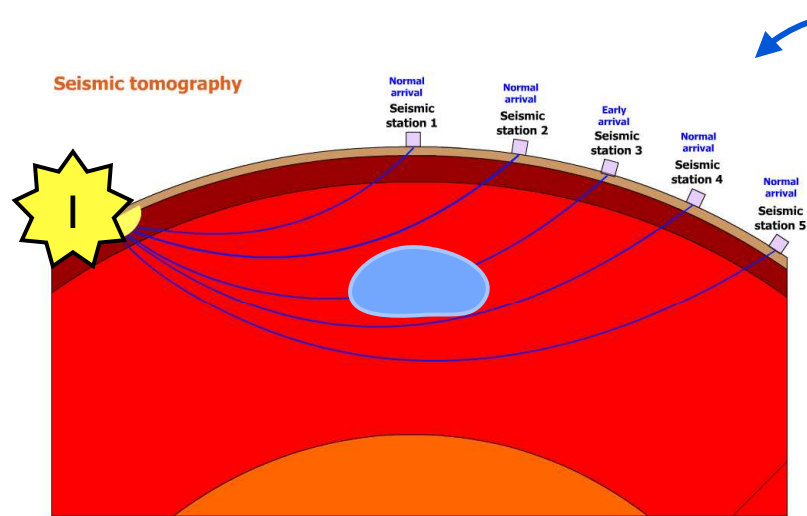
Temperature variations in the mantle



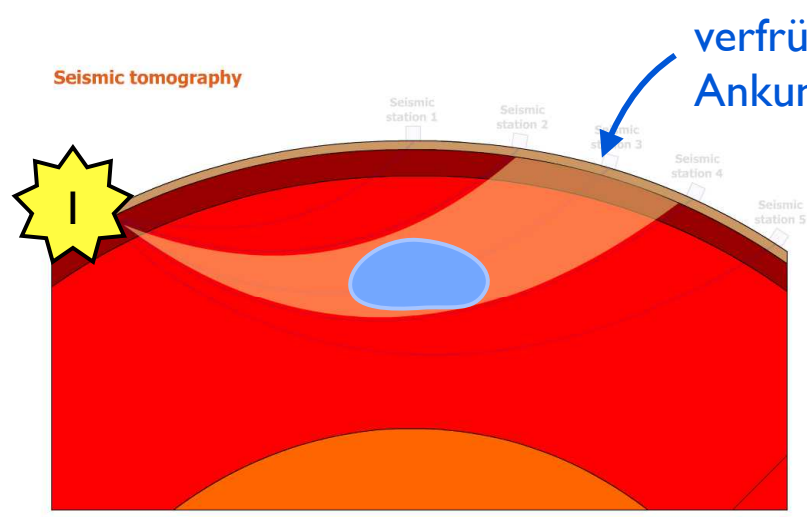
Temperature variations in the mantle



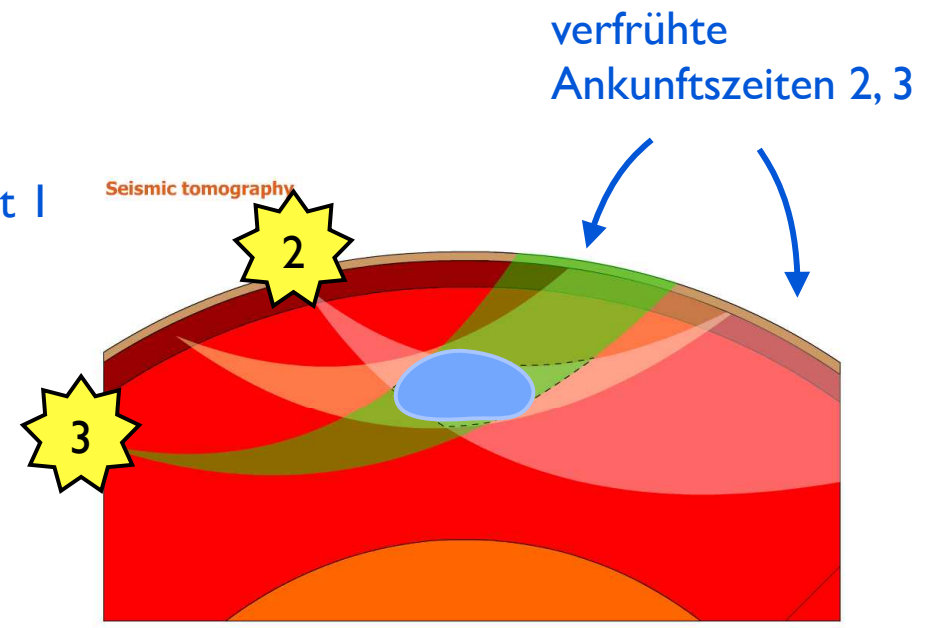
P-Wellen-Ankunftszeiten



verspätete / verfrühte Ankunftszeiten
⇒ warmer / kalter Körper

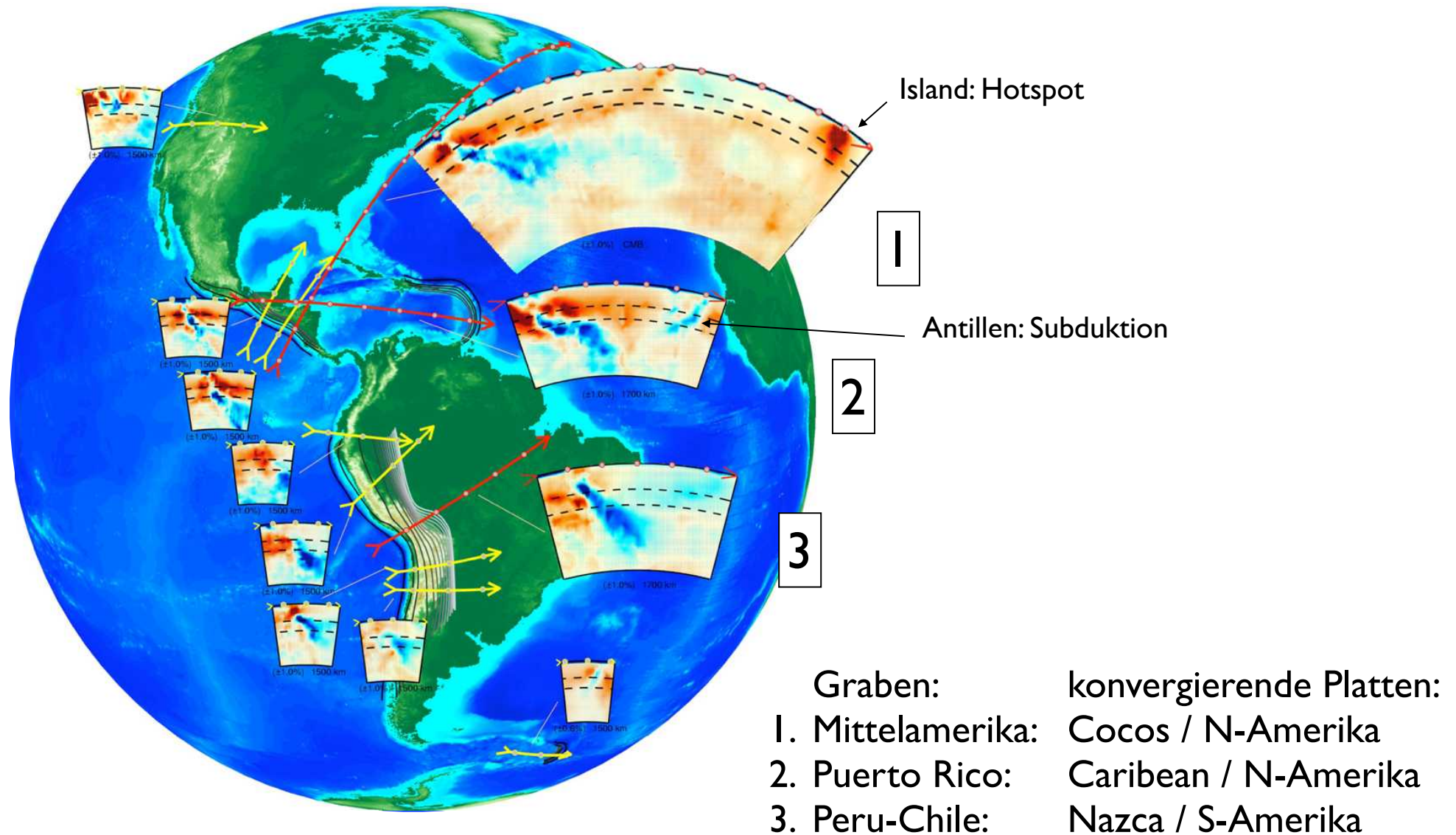


1. Erdbeben



2., 3. Erdbeben

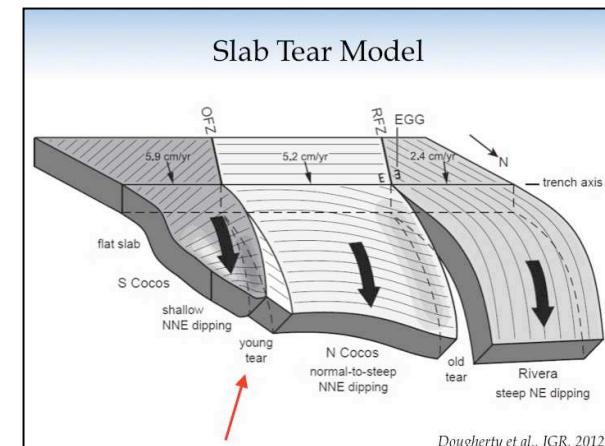
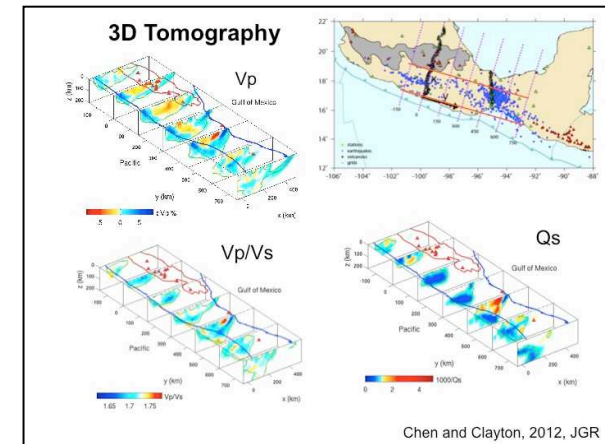
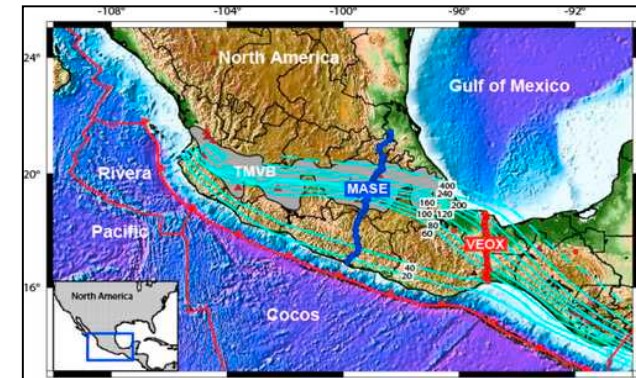
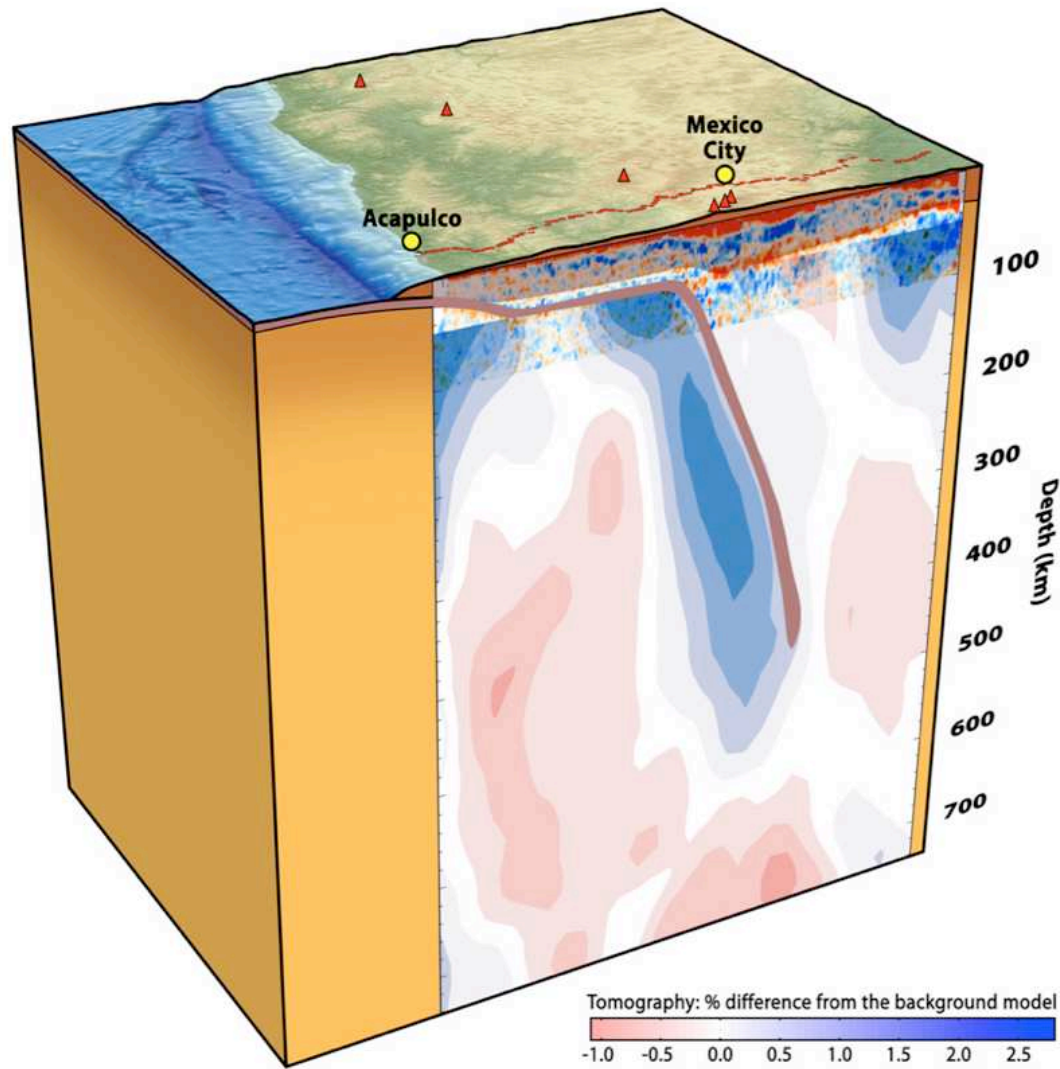
Tomographie von Subduktionszonen



gestrichelt: Untergrenzen Lithosphäre, Asthenosphäre
 Untergrenze Profil 1: ~2900 km - 2: ~1600 km - 3: ~1800 km

<http://web.gps.caltech.edu/~clay/MexWeb/MexSubduction.html>

3D Tomographie



MASE - Meso-America Subduction Experiment
<http://web.gps.caltech.edu/~clay/MexWeb/MexSubduction.html>

Intensitäten -
"gefühlte Magnituden"

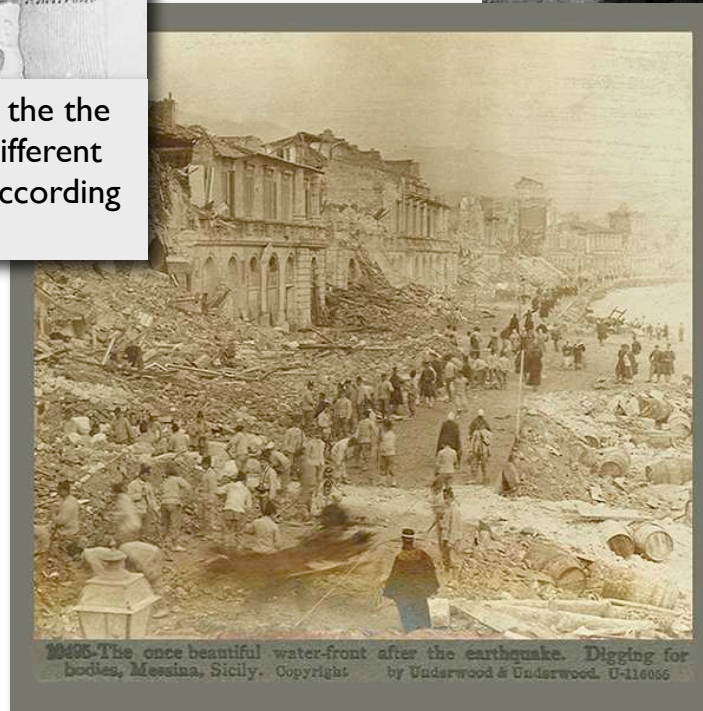
Intensitäten



Detail of Schiantarelli's map of the the 1783 Calabrian earthquake - different symbols are used for villages according to the amount of damage



Giuseppe Mercalli
1850-1924



1908-The once beautiful water-front after the earthquake. Digging for bodies, Messina, Sicily. Copyright by Underwood & Underwood. U-116056

Messina, nach dem Erdbeben 1908
M = 7.1 (123'000 Tote)

PROF. G. MERCALLI BURNED TO DEATH

Famous Director of Vesuvian Observatory Upsets Oil Lamp Upon Himself.

ALONE IN HIS APARTMENTS

Tragedy Discovered When the House Catches Fire — Had Written 150 Works.

By Marconi Transatlantic Wireless Telegraph to The New York Times.

MILAN, March 19.—Prof. Giuseppe Mercalli, the world-renowned authority on volcanic and seismic phenomena and Director of the Vesuvian Observatory, met his death in a shocking manner this morning, being burned alive through the overturning of a paraffin lamp in his bedroom.

The scientist was quite alone at his residence in Naples, and, following his custom, evidently had been working far into the night. The petrol flowed over his night dress, and in desperate efforts to stifle the flames by wrapping himself around with a blanket he was thwarted by the asphyxiating fumes rendering him unconscious. He fell beside the bed, where his body was found completely carbonized.

Toward 8 o'clock the concierge noticed flames bursting through the apartment, and on summoning the fire brigade, the tragedy was discovered.

Prof. Mercalli, who was 64 years of age, was a Milanese by birth. He became a priest in the Roman Catholic Church, and subsequently was appointed Professor of Natural Sciences at the Seminary of Milan. Suspected of liberalism, he was deprived of his professorial chair for openly subscribing to the national monument in honor of the great priest-philosopher, Antonio Rosmini.

The Italian Government thereupon conferred upon him a professorship at Domodossola, and later at Reggio di Calabria and Naples, where he succeeded Prof. Matteucci.

The deceased scientist was the author of no fewer than 150 publications relating to the mysterious phenomena to the study of which he devoted his life. His works have been translated into twenty-eight languages. He was also the inventor of the famous Mercalli scale for calculating force in degrees of earthquake shocks.

Prof. Mercalli never abandoned the simplicity of living to which he was accustomed during his ecclesiastical career, and until his death he habitually donned the garb of an Anglican clergyman. So absorbed was he in his favorite studies that when at 11 o'clock one morning the Naples University authorities went to ascertain if he was coming to preside over an examination then due, they found him engrossed in study, with his shutters fast closed and the room brilliantly lighted by gas. He had tolled right through the night.

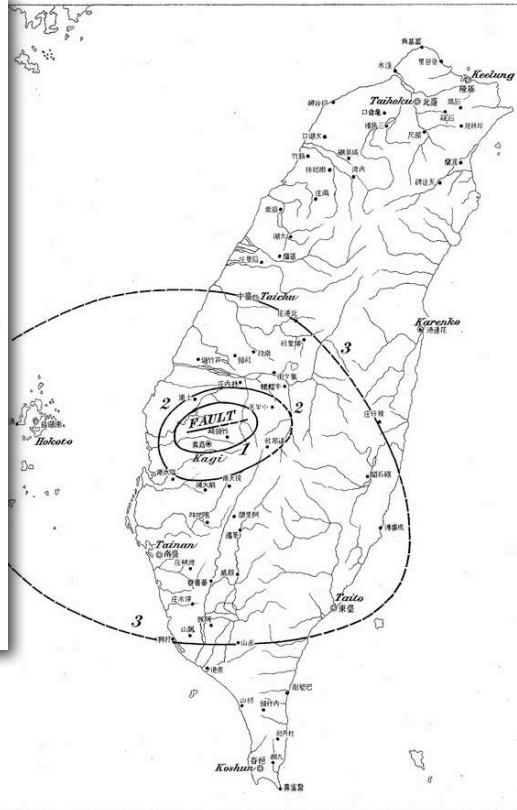
"Why!" exclaimed the amazed devotee of science, "you are joking. It surely can't be daylight yet!"

Intensitäten



Fig. 8. The New Sub-Prefectural Office Shinko, showing the effects of vibration of the front tower. The building was of wood, with plastered walls.

Fig. 1. Map Showing the Isoseismal Lines of the Earthquake of March 17, 1906.



○..... Meteorological observatory.
●..... Station for Precipitation observation.

Karte mit Konturen gleicher Erdbeben-Intensität (F. Omori, 1907)
1906 Meishan Erdbeben, Taiwan
M = 7.1 (~1300 Tote, ~2400 Verletzte)

THE SAN FRANCISCO CALL, SUNDAY, AUGUST 6, 1906.

World's Greatest Seismologist Says San Francisco Is Safe.

D. F. OMORI, professor of seismology in the Imperial University of Tokio, who was sent by the Japanese Government to investigate the recent seismic disturbances here, has finished his researches and investigations and reported yesterday on the Cause for Japan. He arrived here on May 16 and during his stay devoted his entire time to studying the country from Okhotsk, the southern gales where the fault began to show its greatest power, north to Fort Stevens, where the force was contained and into the Pacific. In speaking of his latest report he said: "I have been interested in this work for many years and from my observations I am sure that large earthquakes which cause a great instability in the earth's crust never happen successively at one and the same place."

SEISMOLOGICAL PARTICULARS.
How one of the special features in the topography of the state of California is a straight fault, whose direction is north-southward and which extends through the valley of the Salinas River and Tehama and Shasta into California's northern mountains for some distance. "This explanation, which is not, however, confined primarily to the great case of a great seismic disturbance of the world's crust, as by the general principle making force great on along the Pacific Coast, shows signs of disturbance caused by some geological movement, and is of special interest that the great earthquake of April 18, which occurred along the same line, was a successive series of successive seismic disturbances of strong depression, or subsidence, character, which is called a "fault" in geology."
The fault, which has been most recently studied by Professor Omori of the Imperial University of Tokio, and by Professor Lawson and others, and which runs north-southward from the Pacific coast to the north of the San Francisco Bay, passes through the valley of the Salinas River, and is a line which runs from the west of the Mendocino Mountains, and the surface of the ground being elevated by about 100 feet above the level of the Mendocino Mountains.
The location of the fault is said to be that of the fault in the great 1906 earthquake of 1906. It is further stated that the disturbance, which is the fault, is a straight line, and runs north-southward from the Pacific coast to the north of the San Francisco Bay, and is a line which runs from the west of the Mendocino Mountains, and the surface of the ground being elevated by about 100 feet above the level of the Mendocino Mountains.
The appearance of the fault is said to be that of the fault in the great 1906 earthquake of 1906. It is further stated that the disturbance, which is the fault, is a straight line, and runs north-southward from the Pacific coast to the north of the San Francisco Bay, and is a line which runs from the west of the Mendocino Mountains, and the surface of the ground being elevated by about 100 feet above the level of the Mendocino Mountains.

PROFESSOR OMORI PREDICTS LONG QUIESCENCE.
By F. Omori.
THE effect of earthquakes on the earth's crust is said to be that of the fault in the great 1906 earthquake of 1906. It is further stated that the disturbance, which is the fault, is a straight line, and runs north-southward from the Pacific coast to the north of the San Francisco Bay, and is a line which runs from the west of the Mendocino Mountains, and the surface of the ground being elevated by about 100 feet above the level of the Mendocino Mountains.

Fusakichi Omori
(1868–1923)

Omoroi - Skala (1900)

M	g max	Beobachtung
I	300	Der Erdstoß ist so stark, dass die meisten Personen in Gebäuden erschrecken und nach draußen flüchten. Leichte Wandrisse und Putzschäden an schlecht gebauten Ziegelgebäuden, normale Holzhäuser knirschen laut. Möbel fallen um, Pendeluhrn bleiben stehen, schlecht gebaute, hohe Kamine (z.B.) Fabrikschlote) fallen um. Bäume erzittern sichtbar und das Wasser in Teichen und Tümpeln wird schlammig.
II	900	Wandrisse an normalen Holzhäusern, alte Holzhäuser werden schief. Manche japanischen Grabsteine und andere aufragende Objekte wie Steinlaternen fallen um, manche Thermal- und Mineralquellen ändern ihr Verhalten. Normale Fabrikschornsteine halten noch stand.
III	1200	Etwa ein Viertel aller Fabrikschornsteine wird beschädigt. Schlecht gebaute Ziegelhäuser werden zum Teil oder vollständig zerstört. Einige Holzbrücken werden beschädigt, manche Grabsteine und andere aufragende Objekte wie Steinlaternen fallen um. Japanische papierbespannte Türen gehen zu Bruch, Dachziegel verrutschen und leichter Steinschlag wird an einigen Bergflanken beobachtet.
IV	2000	Alle Fabrikschornsteine werden beschädigt. Die meisten Ziegelhäuser werden zum Teil oder vollständig zerstört, einige Holzhäuser werden vollständig zerstört. Holzschiebetüren springen aus ihren Führungen, normale Steinlaternen fallen um und Holzbrücken werden zum Teil zerstört. Spalten mit einer Breite von fünf bis acht Zentimetern öffnen sich in ebenem und weichem Untergrund, hier und da werden Dämme und Uferböschungen beschädigt.
V	2500	Alle normalen Ziegelhäuser werden sehr schwer beschädigt, etwa drei Prozent der Holzhäuser werden vollständig zerstört. Einige buddhistische Tempel stürzen ein. Dämme und Uferböschungen werden schwer beschädigt. Eisenbahngleise werden leicht verbogen, Ziegelmauern beschädigt und normale Grabsteine stürzen um. An einigen Stellen entstehen große Spalten im Boden entlang von Wasserläufen, die bis zu 60 cm breit werden können. Das Wasser aus Bächen und Flüssen schwappt ans Ufer, Brunnenwasser trübt sich. Erdbeben kommen vor.
VI	4000	Die meisten buddhistischen Tempel stürzen ein. 50 bis 80 Prozent der Holzhäuser werden vollständig zerstört. Dämme und Uferböschungen werden fast vollständig zerstört. Wege und Straße durch Reisfelder werden stark beschädigt und in einem Maße von Rissen und Spalten unterbrochen, dass der Verkehr mittels Reittieren oder Fahrzeugen auf ihnen verhindert wird. Eisenbahngleise werden stark verbogen, große Eisenbrücken werden zerstört. Holzbrücken werden zum Teil oder völlig zerstört und auch stabil gebaute Grabsteine fallen um. Meterbreite Spalten öffnen sich im Boden und werden manchmal von Sand- oder Wasserfontänen begleitet. Die meisten unterirdischen Tanks aus Eisen oder solche aus Keramik werden zerstört. Alle niedrig gelegenen Ebenen werden horizontal und vertikal solchermaßen geschüttelt, dass manchmal alle Bäume und Pflanzen absterben, es kommt zu zahlreichen Erdbeben.
VII	» 4000	Alle Gebäude außer einigen Holzkonstruktionen werden zerstört. Einige Türen oder Holzhäuser werden 30 bis 90 cm weit gestoßen. Große Erdbeben stürzen von den Bergflanken und große Abrisse entstehen im Boden.

Europäische Makroseismische Skala (EMS) 1998

Intensität		Beschreibung (Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Europäische_Makroseismische_Skala)	≈ M
I	nicht fühlbar	Selbst unter günstigen Bedingungen nicht fühlbar.	1
II	kaum bemerkbar	Einzelne ruhende Personen nehmen die Erschütterungen wahr, vor allem in höher gelegenen Stockwerken von Gebäuden.	2
III	schwach	Schwache Erschütterungen werden durch Personen wahrgenommen, die sich innerhalb von Gebäuden befinden. Ruhende Personen fühlen ein Schwanken oder leichtes Erzittern.	3
IV	deutlich	Von vielen Personen innerhalb von Gebäuden wahrnehmbar, außerhalb nur von einigen. Manche Schlafende erwachen. Die Stärke der Erschütterungen ist nicht beängstigend. Fenster, Türen und Geschirr klappern, hängende Objekte beginnen zu schwingen.	4
V	stark	Von den meisten Personen innerhalb von Gebäuden wahrnehmbar, außerhalb von einigen. Manche Personen flüchten aus Gebäuden, viele Schlafende erwachen. Gebäude erzittern komplett, hängende Objekte schwingen deutlich, Porzellan und Gläser stoßen vernehmlich zusammen. Die Erschütterungen sind stark, kopflastige Objekte fallen um. Türen und Fenster öffnen und schließen sich.	5
VI	leichte Gebäudeschäden	Wird von den meisten Personen innerhalb von Gebäuden wahrgenommen, außerhalb von den meisten. Viele Personen in Gebäuden erschrecken und flüchten nach draußen. Kleine Gegenstände fallen herunter. Leichte Schäden an normalen Gebäuden, so etwa Risse und Ausbrüche in Verputzen.	5.3 - 5.9
VII	Gebäudeschäden	Die meisten Personen in Gebäuden erschrecken und flüchten nach draußen. Möbel verrutschen und viele Gegenstände fallen aus Regalen und offenen Schränken. Viele normale Gebäude werden beschädigt, so etwa durch Mauerrisse und teilweise einstürzende Kamine.	6.0 - 6.9
VIII	schwere Gebäudeschäden	Möbel können umfallen. Viele normale Gebäude werden beschädigt: Kamine stürzen ein, große Mauerrisse, einige Gebäude fallen teilweise zusammen.	7.0 - 7.3
IX	zerstörend	Hohe Strukturen wie Denkmäler oder Säulen fallen um oder werden verbogen. Viele normale Gebäude fallen teilweise zusammen, einige Gebäude werden vollständig zerstört.	7.4 - 7.7
X	sehr zerstörend	Viele normale Gebäude stürzen ein.	7.8 - 8.4
XI	verwüstend	Die meisten normalen Gebäude stürzen ein.	8.5 - 8.9
XII	vollständig verwüstend	Fast alle über- und unterirdischen Bauwerke werden zerstört oder schwer beschädigt.	> 9.0

Tatort Iran-Irak
12. November 2017

tägliche Erdbebenmeldungen

<http://www.seismo.ethz.ch/de/home/>

MENU Schweizerischer Erdbebendienst Service Sismologique Suisse ETH zürich

Schweizerischer Erdbebendienst (SED)

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich ist die Fachstelle des Bundes für Erdbeben. Seine Aktivitäten sind in das eidgenössische Massnahmenprogramm Erdbebenvorsorge eingebunden.

Aktuelle Erdbeben Schweiz Europa Welt

Verspürte Erdbeben Schweiz

Lokalzeit	Mag.	Ort	Verspürt?
2017-11-03 19:15	3.7	Innsbruck A	Leicht verspürt
2017-11-03 19:04	2.8	Sion VS	Verspürt
2017-11-02 15:09	3.1	Sierre VS	Verspürt
2017-10-31 05:59	3.1	Lago di Garda I	Vermutlich nicht verspürt
2017-10-27 03:09	3.3	Mont-Cenis F	Vermutlich nicht verspürt
2017-10-25 05:41	3.2	Mont-Cenis F	Leicht verspürt

Aktuelle Erdbeben

Lokalzeit	Magnitudo	Ort
2017-11-13 04:31	0.5	Sanetschpass VS
2017-11-13 04:12	0.6	Arolla VS
2017-11-12 20:17	2.0	1 km S Brentonico (TN)
2017-11-12 14:33	1.5	Aosta I

Liste aller Erdbeben

Erdbebenzähler Schweiz

seit 01.01.2017 **1 223**

[Erdbeben gespürt? Melden Sie ein Erdbeben](#)
[Hilfe, die Erde bebte! Was tun im Ereignisfall?](#)

MENU Schweizerischer Erdbebendienst Service Sismologique Suisse ETH zürich

Schweizerischer Erdbebendienst (SED)

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich ist die Fachstelle des Bundes für Erdbeben. Seine Aktivitäten sind in das eidgenössische Massnahmenprogramm Erdbebenvorsorge eingebunden.

Aktuelle Erdbeben Schweiz Europa Welt

Aktuelle Erdbeben ab Magnitude 4.5

UTC-Zeit	Mag.	Ort
2017-11-13 10:43:55	4.6	Iran-Iraq Border Region
2017-11-13 09:19:44	4.6	Iran-Iraq Border Region
2017-11-13 09:19:31	4.8	Iran-Iraq border region
2017-11-13 08:28:55	4.5	Iran-Iraq border region
2017-11-13 05:04:25	4.5	Iran-Iraq border region
2017-11-13 04:28:05	5.0	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2017-11-13 00:20:55	4.5	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2017-11-12 22:30:56	4.6	Iran-Iraq Border Region
2017-11-12 21:33:22	4.5	Iran-Iraq border region
2017-11-12 18:29:52	5.3	Iran-Iraq border region
2017-11-12 18:18:17	7.2	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2017-11-12 17:35:39	4.5	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2017-11-07 07:40:17	4.9	Dodecanese Islands, Greece

13.11.2017

Schwere Erdbeben erschüttern das Grenzgebiet zwischen Iran und Irak sowie Costa Rica

MENU Schweizerischer Erdbebendienst Service Sismologique Suisse ETH zürich

Schweizerischer Erdbebendienst (SED)

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich ist die Fachstelle des Bundes für Erdbeben. Seine Aktivitäten sind in das eidgenössische Massnahmenprogramm Erdbebenvorsorge eingebunden.

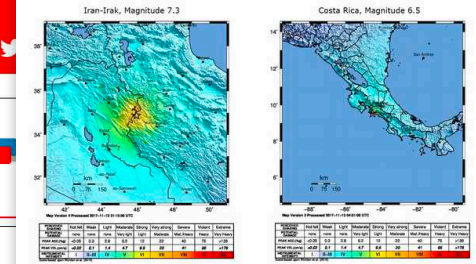
Aktuelle Erdbeben Schweiz Europa Welt

Aktuelle Erdbeben ab Magnitude 6

UTC-Zeit	Magnitudo	Ort
2017-11-13 02:28:24	6.5	Costa Rica
2017-11-12 18:18:17	7.2	IRAN-IRAQ BORDER REGION
2017-11-11 00:36:15	6.3	Ascension Island region
2017-11-09 07:42:12	6.0	Southeast of Honshu, Japan
2017-11-07 21:26:38	6.5	New Guinea, Papua New Guinea
2017-11-04 09:00:19	6.8	Tonga Islands
2017-11-01 05:09:00	6.0	Loyalty Islands
2017-11-01 02:23:56	6.6	Loyalty Islands

Liste aller Erdbeben

Schwere Erdbeben erschüttern das Grenzgebiet zwischen Iran und Irak sowie Costa Rica



Am Sonntag, 12. November 2017, um 18:18 Uhr (UTC, 21:48 lokale Uhrzeit) hat sich im Grenzgebiet zwischen Iran und Irak 32 km südlich von Halabjah (220 km nordöstlich von Bagdad) ein schweres Erdbeben mit einer Magnitude von 7.3 ereignet. Gemäss dem amerikanischen geologischen Institut (US Geological Survey) lag der Ursprung des Bebens in einer Tiefe von etwa 23 km. Das Beben wurde sowohl im Iran als auch im Irak stark verspürt und war selbst im angrenzenden Ausland noch wahrnehmbar. Aufgrund der Stärke und Tiefe des Bebens ist mit grossen Schäden zu rechnen.

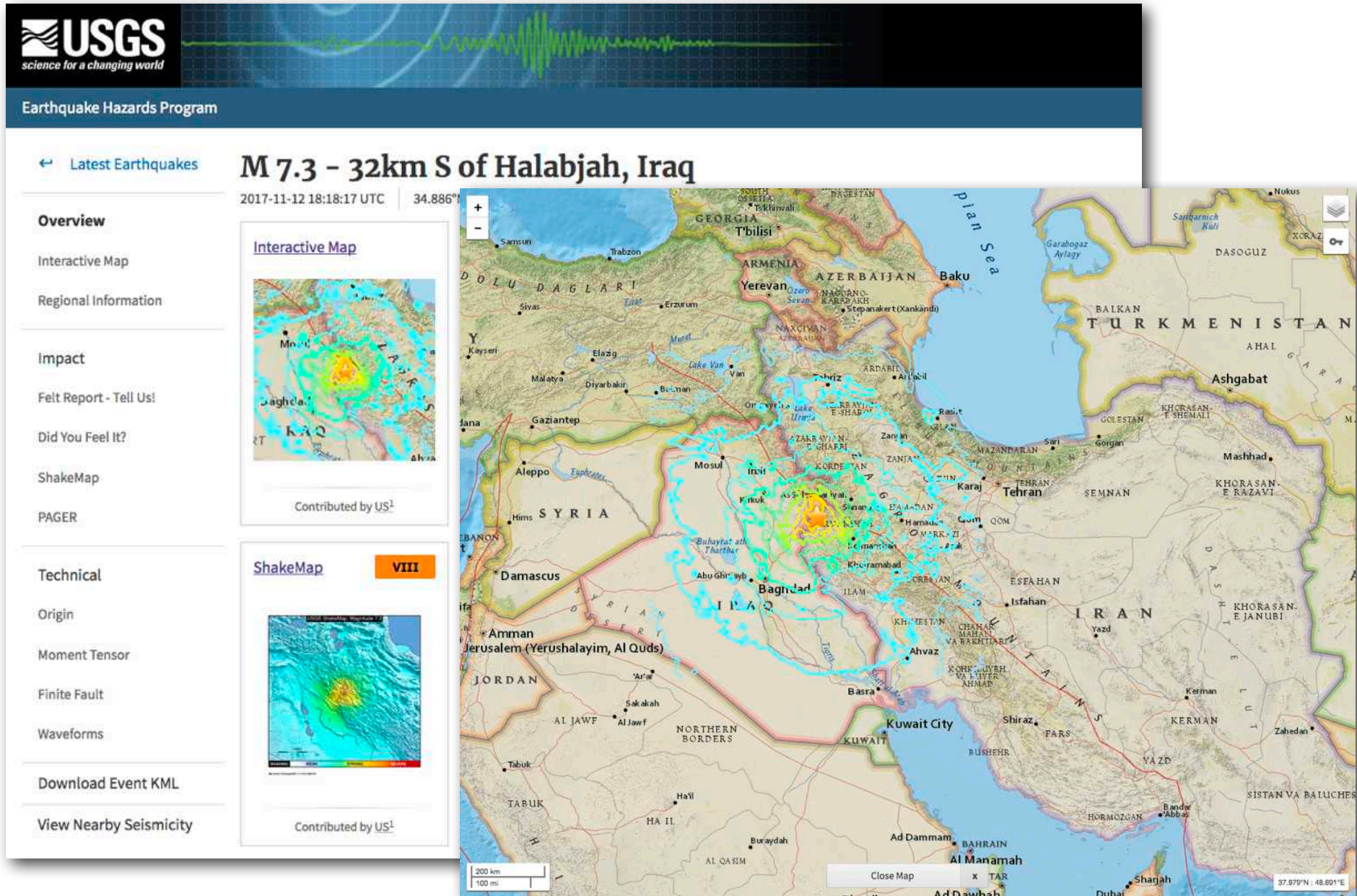
Das Beben ereignete sich an der arabisch-eurasischen Plattengrenze. Dort bewegt sich die arabische Platte mit etwa 26 mm pro Jahr auf die eurasische Platte zu. Die oberflächennahe Lokalisierung und der Bruchmechanismus des Bebens entsprechen dem, was aufgrund der Plattentektonik in der Region bekannt ist.

Das genaue Schadensausmass ist derzeit aufgrund der Ablegenheit der betroffenen Region schwer abzuschätzen. Aufgrund der einfachen Bauweise vieler Gebäude muss jedoch von beträchtlichen Schäden ausgegangen werden. Einen Tag nach dem Beben berichten Medien bereits von mehr als 300 Todesopfern.

[Weiterlesen...](#) ↓

tägliche Erdbebenmeldungen

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes>

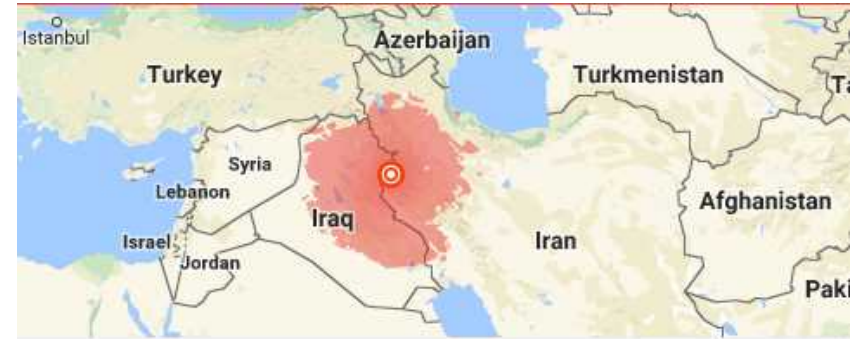


Magnitude 7.3 IRAQ

Sunday, November 12, 2017 at 18:18:17 UTC

A magnitude 7.3 earthquake has occurred in the northern border region of Iran and Iraq centered about 350 kilometers (217 miles) north of Baghdad at a depth of 33.9 km (21 miles). The earthquake was felt as far away as Turkey, Israel and Kuwait.

Early reports indicate that 140 have been killed with over 800 injuries reported.



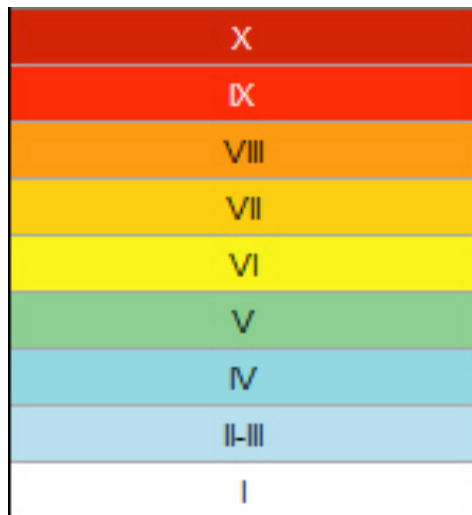
In this photo provided by the Iranian Students News Agency, ISNA, people look at destroyed buildings after an earthquake at the city of Sarpol-e-Zahab in western Iran. A powerful earthquake shook the Iran-Iraq border late Sunday, killing more than one hundred people and injuring some 800 in the mountainous region of Iran alone, state media there said.

(Pouria Pakizeh/ISNA via AP)

The Modified-Mercalli Intensity scale is a twelve-stage scale, from I to XII, that indicates the severity of ground shaking.

The area near the earthquake epicenter experienced severe ground shaking.

Modified Mercalli Intensity



Perceived Shaking

Extreme

Violent

Severe

Very Strong

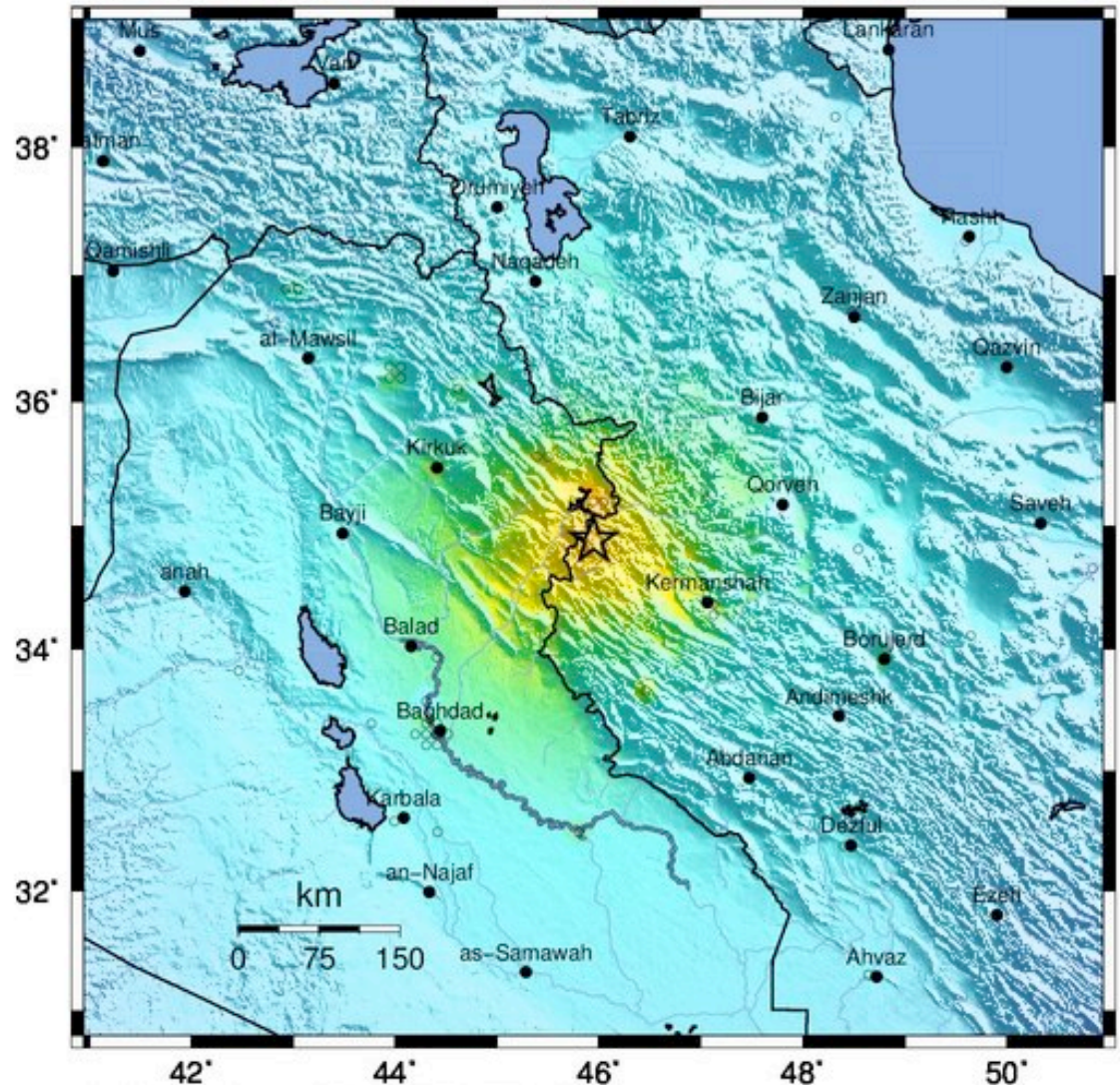
Strong

Moderate

Light

Weak

Not Felt



USGS Estimated shaking intensity from M 7.3 Earthquake

Magnitude 7.3 IRAQ

Sunday, November 12, 2017 at 18:18:17 UTC

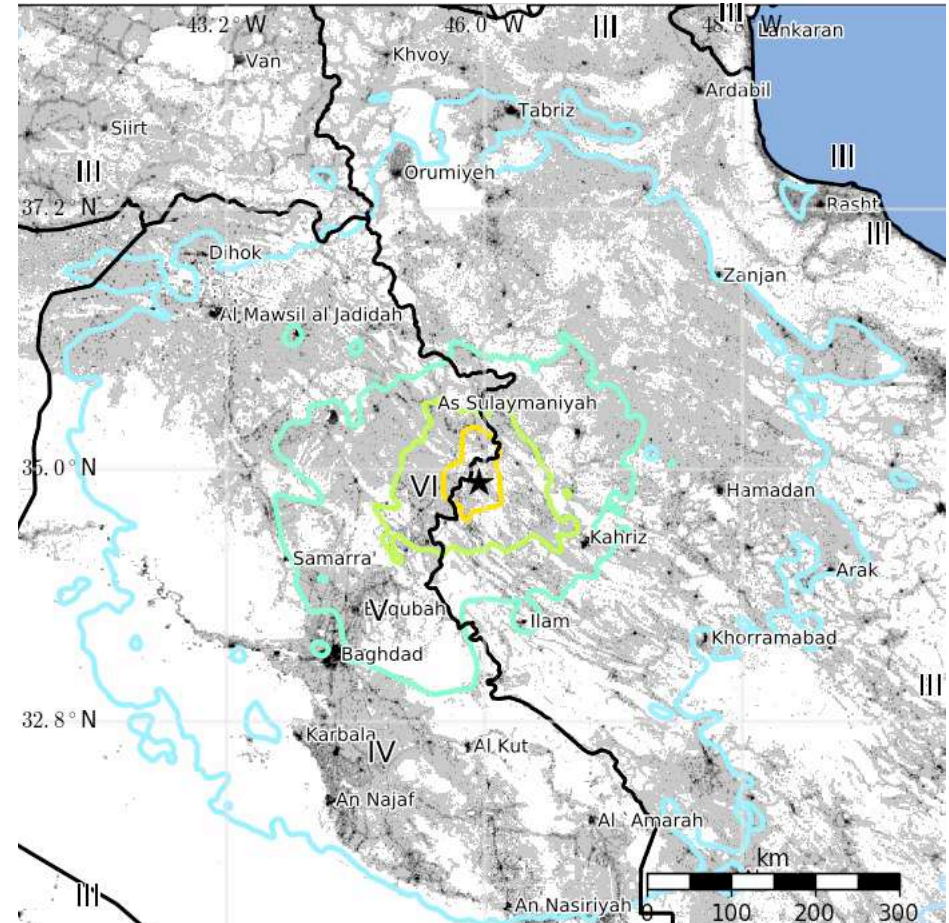
USGS PAGER

Population Exposed to Earthquake Shaking

The USGS PAGER map shows the population exposed to different Modified Mercalli Intensity (MMI) levels.

The USGS estimates that 18,000 people felt severe shaking from this earthquake.

MMI	Shaking	Pop.
I	Not Felt	—*
II-III	Weak	19,176 k*
IV	Light	38,108 k
V	Moderate	10,387 k
VI	Strong	2,493 k
VII	Very Strong	221 k
VIII	Severe	18 k
IX	Violent	0 k
X	Extreme	0 k



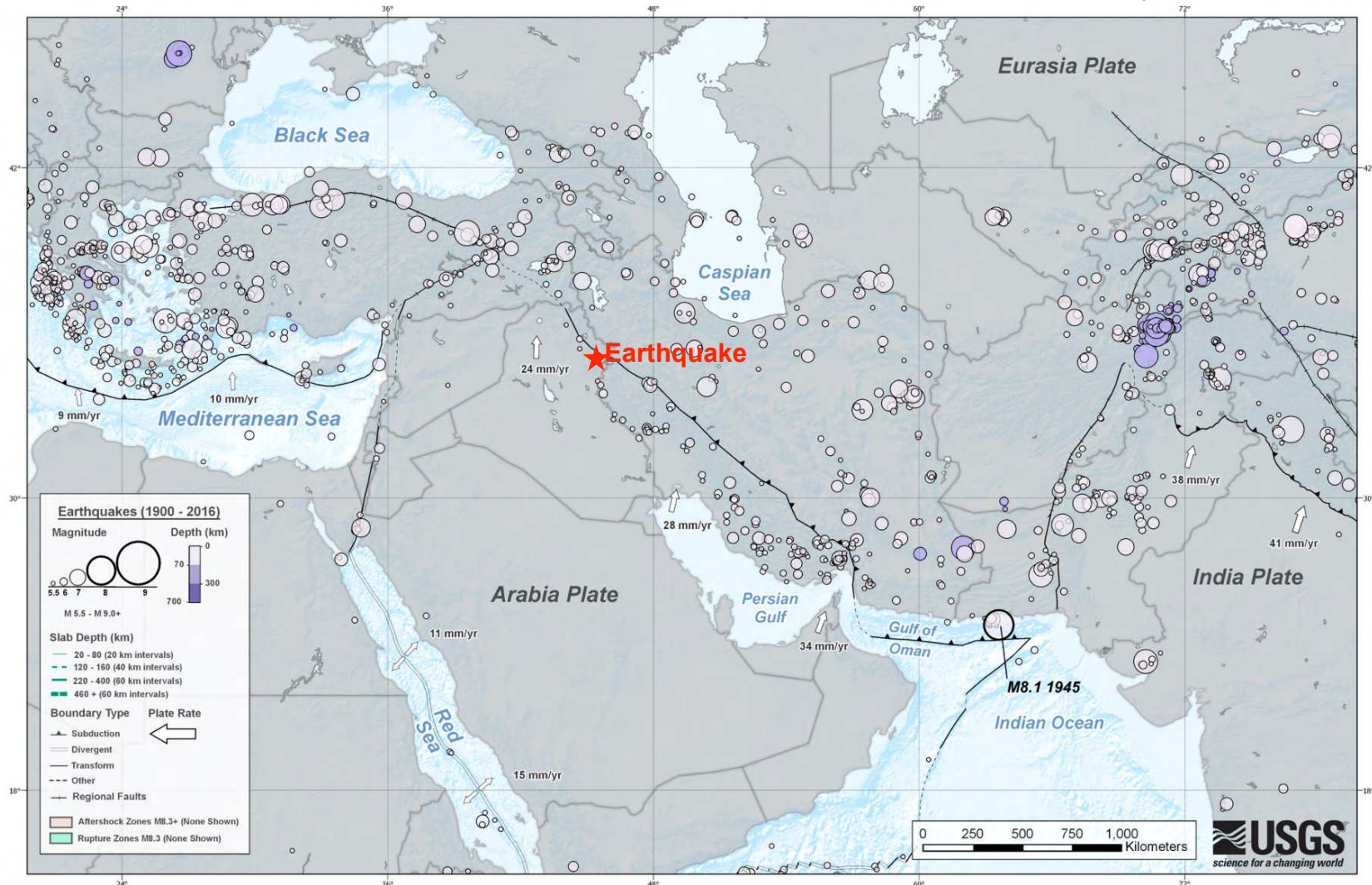
The color coded contour lines outline regions of MMI intensity. The total population exposure to a given MMI value is obtained by summing the population between the contour lines. The estimated population exposure to each MMI Intensity is shown in the table.

Image courtesy of the US Geological Survey

Magnitude 7.3 IRAQ

Sunday, November 12, 2017 at 18:18:17 UTC

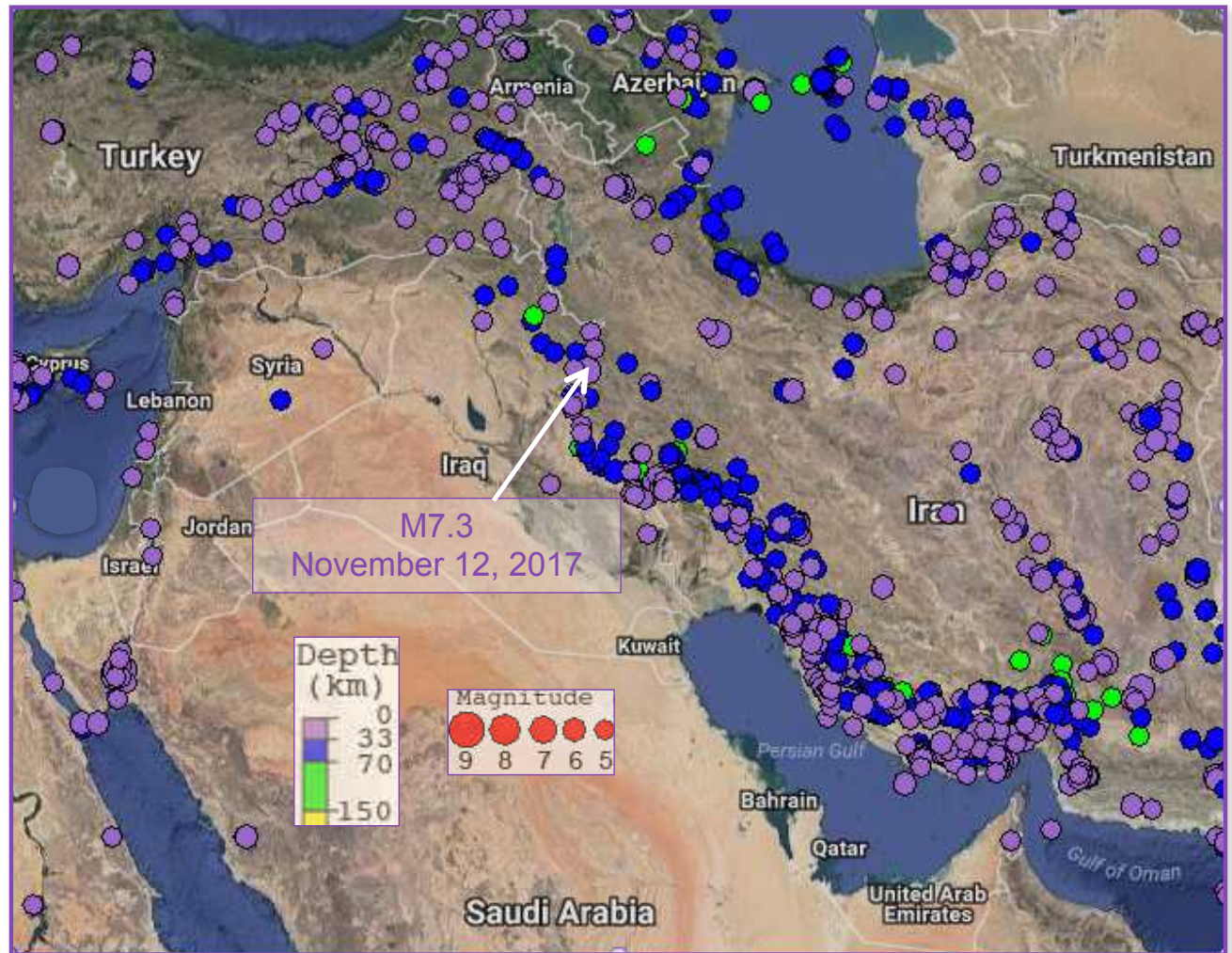
Middle East tectonics and earthquakes result from the interaction of the Eurasia, Arabia, India, and Africa Plates. This regional tectonics map shows plate motions with respect to the Eurasian Plate. The location of the earthquake is shown by the red star.



This seismicity map shows locations of the most recent 924 earthquakes with magnitude (M) ≥ 5 in the area surrounding the Arabia – Eurasian Plate boundary.

This M7.3 earthquake is within the broad zone of earthquakes along the Zagros Mountains and Bitlis Suture that form the plate boundary.

Notice that earthquake depths are dominantly less than 70 km indicating that most of these events are on crustal faults.



Map created with the IRIS Earthquake Browser

The boundary between the Arabian and Eurasian Plates is a zone of oblique convergence with a combination of folds and thrust faults and right-lateral strike slip faults.

The Zagros Mountains are a fold and thrust belt extending across western Iran into northeastern Iraq. Thrust faulting in the foothills of the northwestern Zagros Mountains caused this earthquake.

In this region, the Arabian Plate moves in a north-northeasterly direction at about 2.5 cm/yr with respect to the Eurasian Plate.

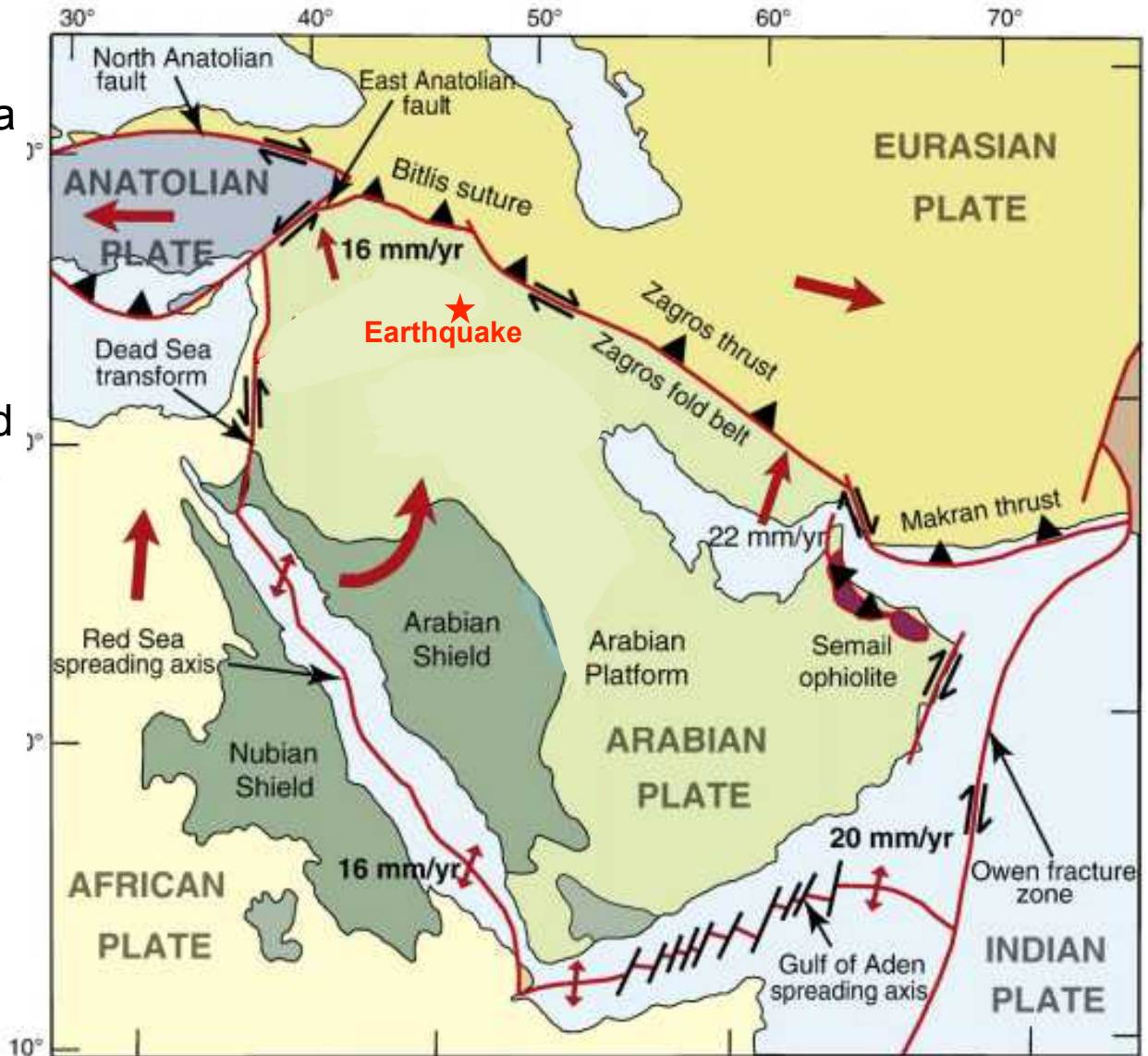
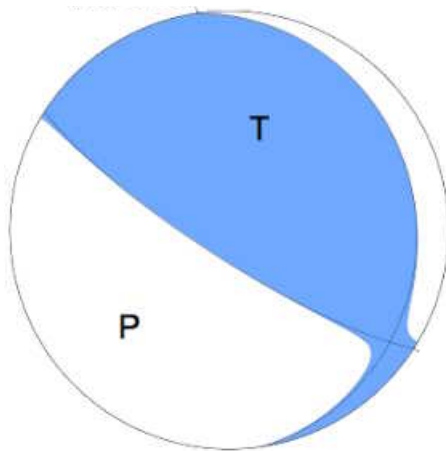


Figure courtesy of R. J. Stern, University of Texas at Dallas

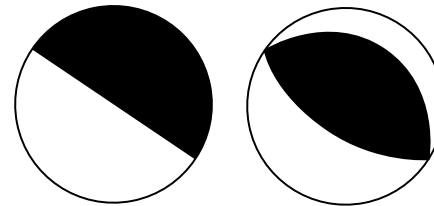
The focal mechanism is how seismologists plot the 3-D stress orientations of an earthquake. Because an earthquake occurs as slip on a fault, it generates primary (P) waves in quadrants of compression (shaded) and extension (white). The orientation of these quadrants determined from recorded seismic waves determines the type of fault that produced the earthquake. In this case, the focal mechanism indicates this earthquake occurred as the result of thrust faulting.



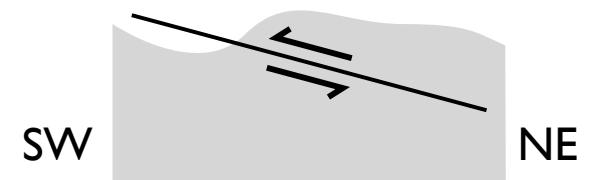
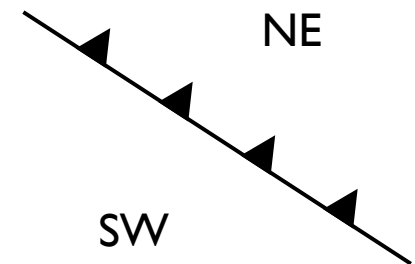
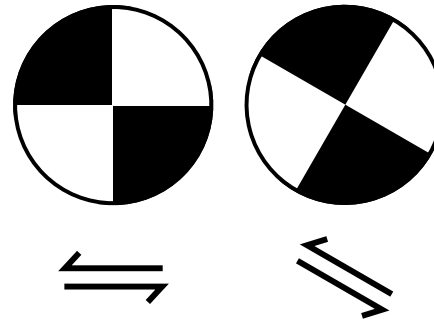
USGS W-phase Moment Tensor Solution

The pressure axis (P) reflects the maximum compressive stress direction. The tension axis (T) reflects the minimum compressive stress direction.

Karte:



Profil:

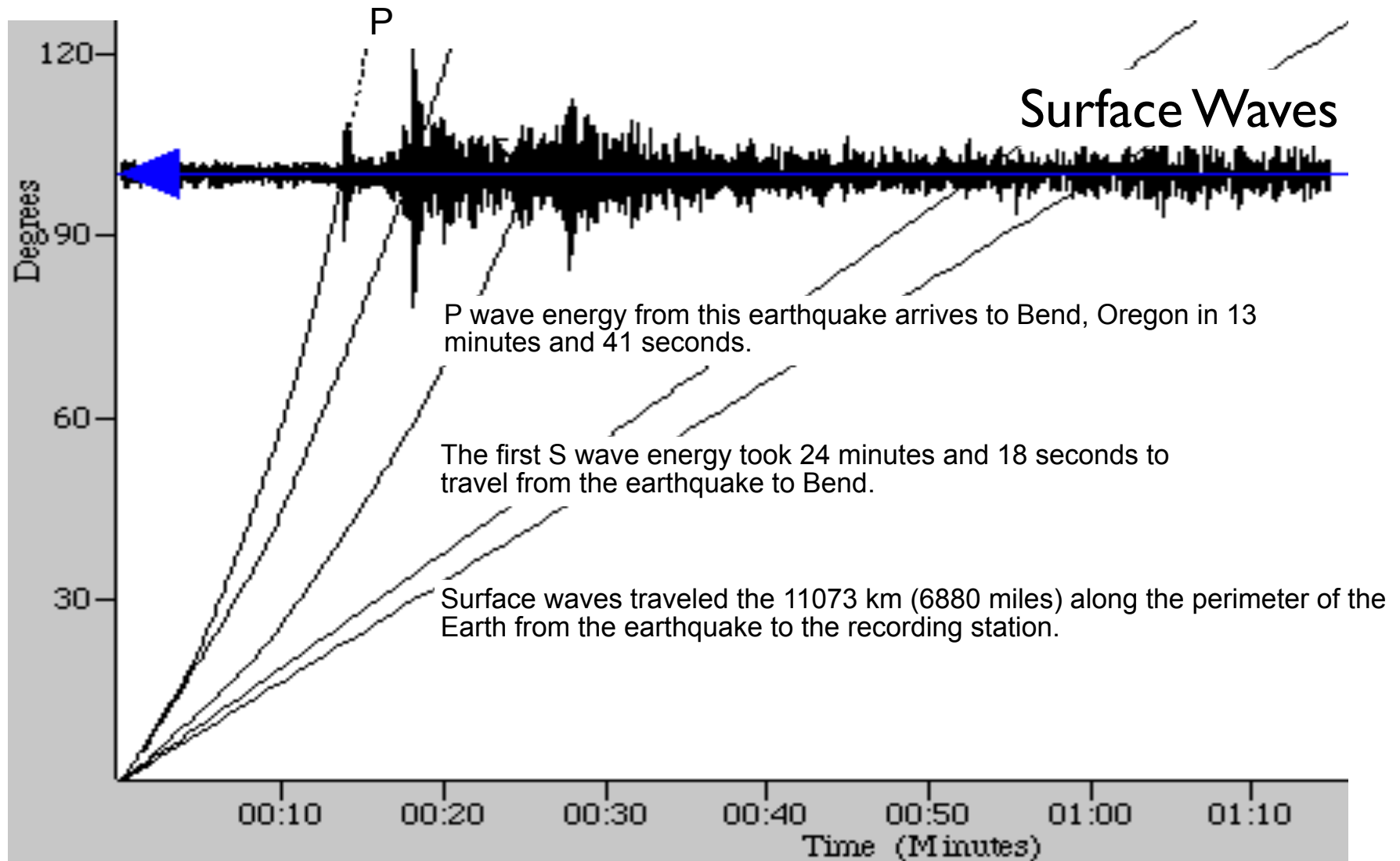


Überschiebung
nach Südwest

Magnitude 7.3 IRAQ

Sunday, November 12, 2017 at 18:18:17 UTC

The record of the earthquake in Bend, Oregon (BNOR) is illustrated below. Bend is 11073 km (6880 miles, 99.76°) from the location of this earthquake.



Teachable Moments are a service of

The Incorporated Research Institutions for Seismology
Education & Public Outreach
and
The University of Portland

Please send feedback to tkb@iris.edu

To receive automatic notifications of new Teachable Moments
subscribe at www.iris.edu/hq/retm



www.iris.edu/earthquake

