

# Warum gibt es Erdbeben ?

Renée Heilbronner





# warum interessieren uns Erdbeben ?

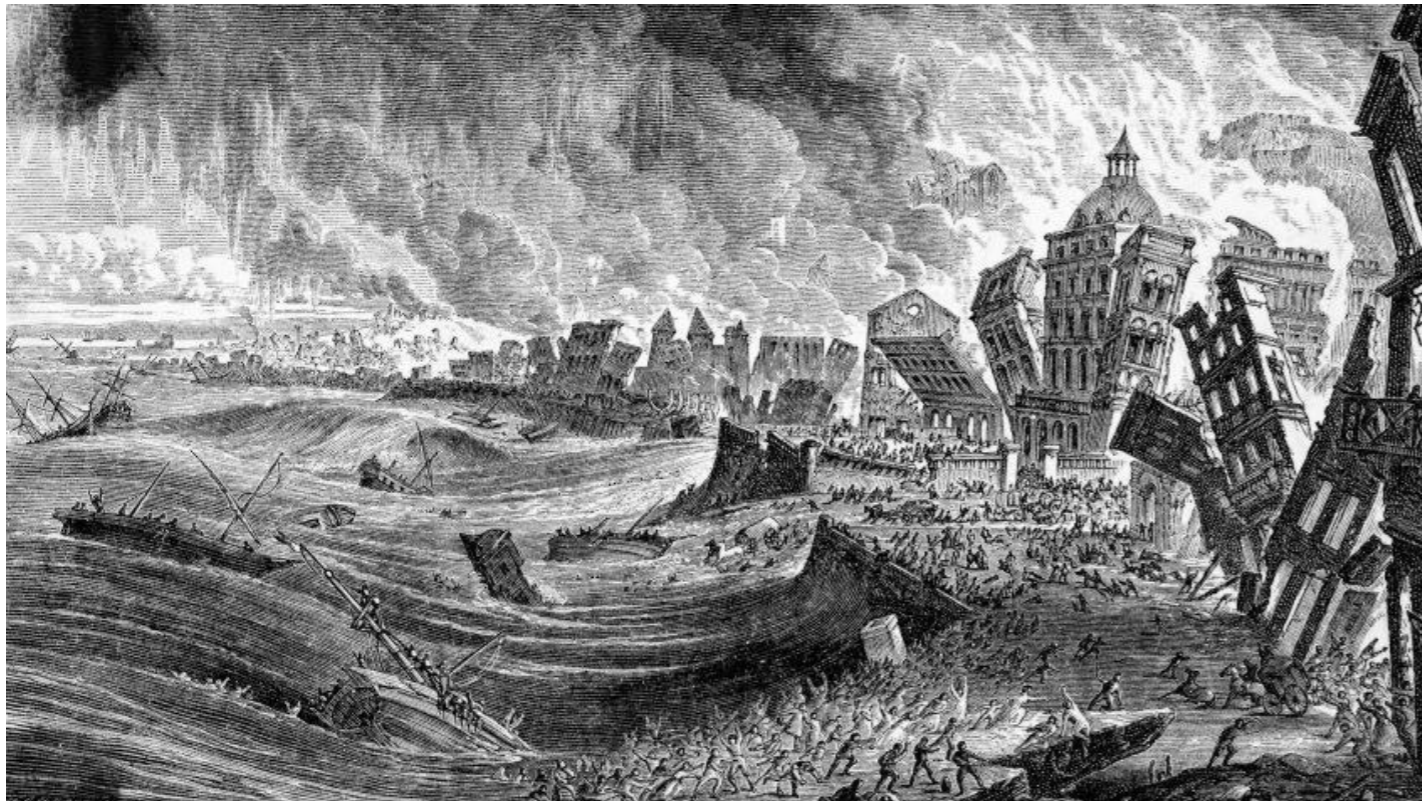
sind Naturkatastrophen

wie Dürre, Überschwemmungen, Vulkanausbrüche, ...

kommen ohne Vorwarnung

richten grosse Zerstörung an

Feuer, Tsunami, Erdbeben, ...



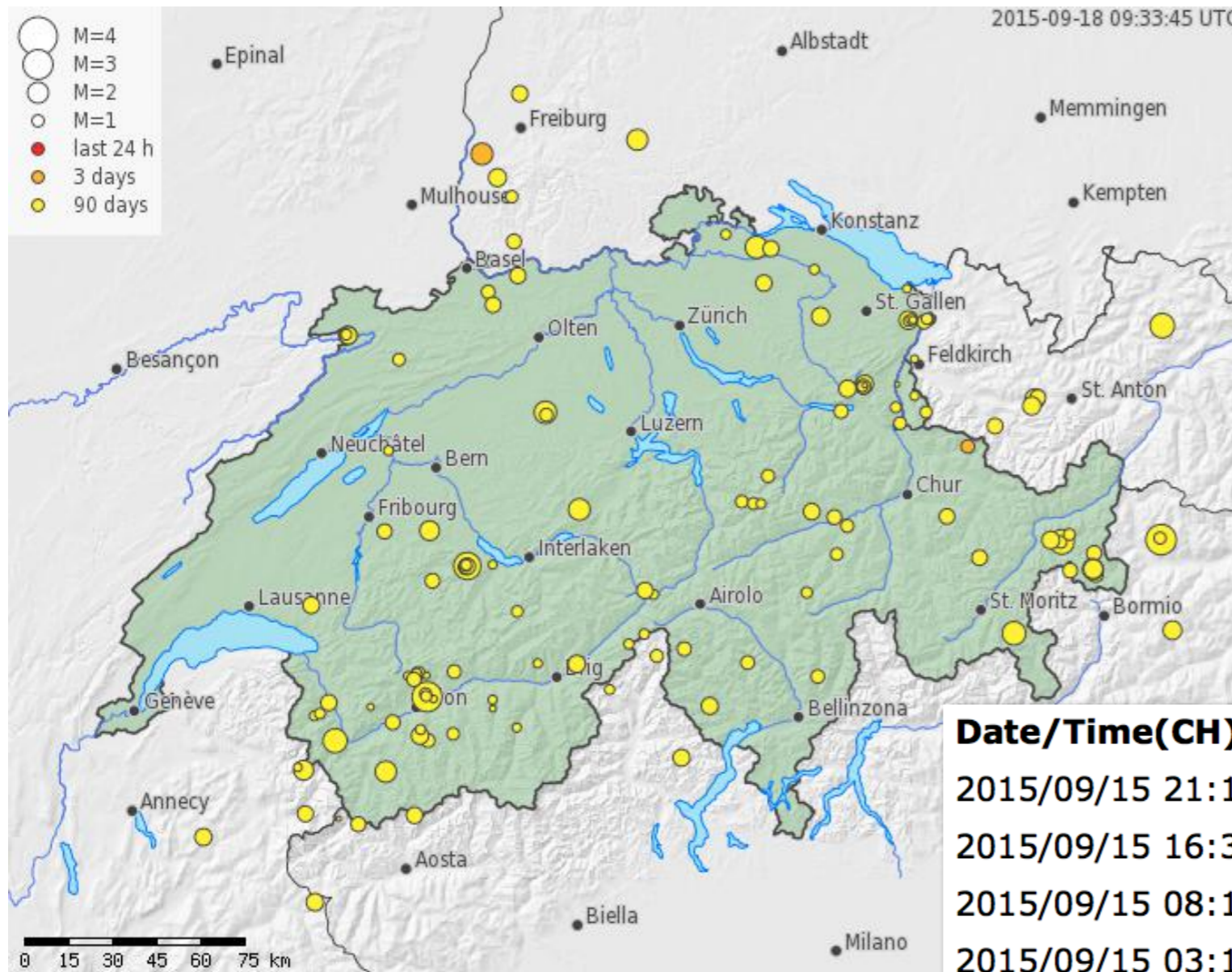
*Lissabon 1755*



*Japan 2011*



# ... Erdbeben gibt es jeden Tag

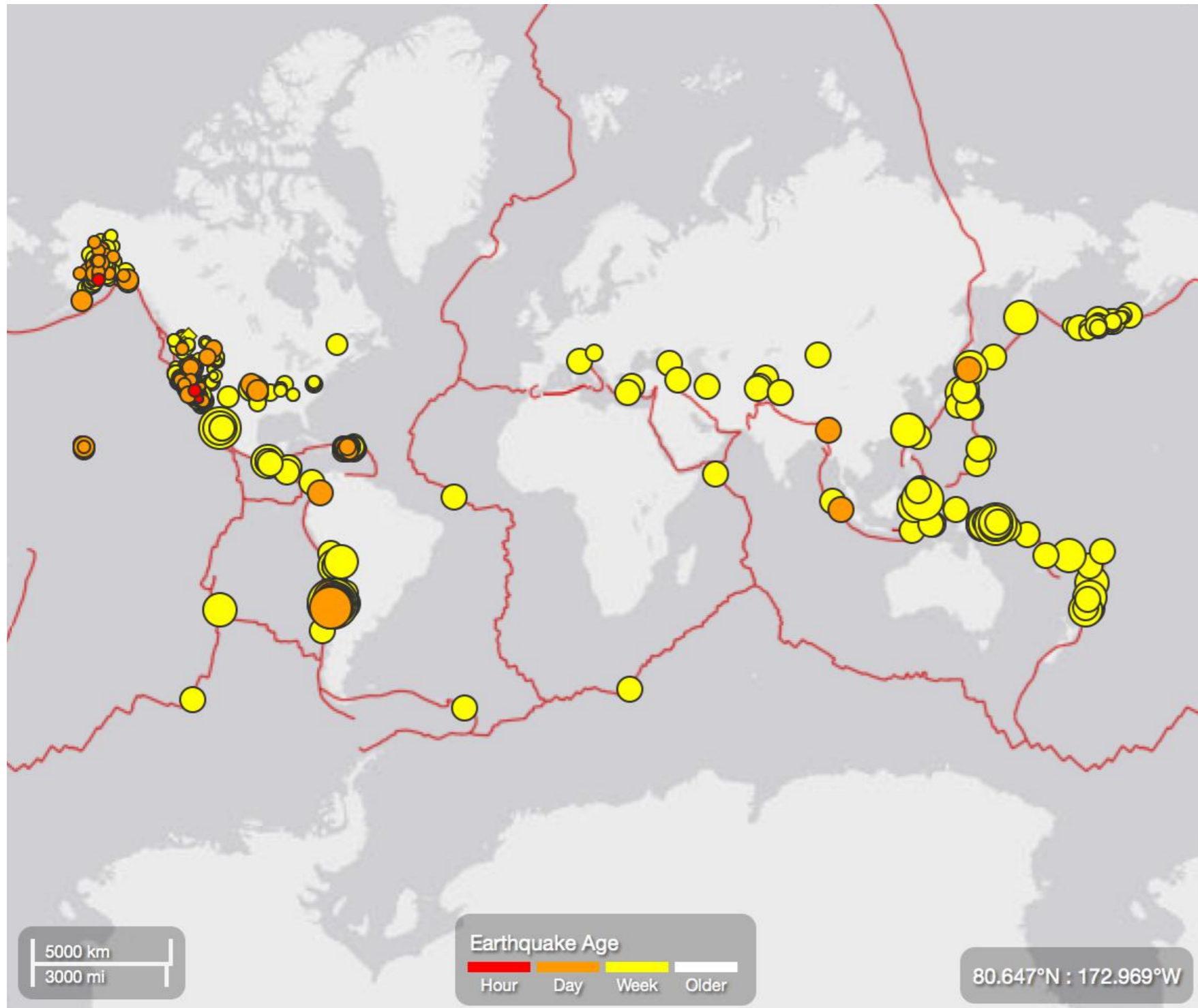


in der Schweiz  
letzte 3 Monate

<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	<u>St. Antoenien GR</u>
2015/09/15 16:38	2015/09/15 14:38	2.1	<u>Muellheim D</u>
2015/09/15 08:15	2015/09/15 06:15	1.1	<u>Bosco/Gurin TI</u>
2015/09/15 03:17	2015/09/15 01:17	1.1	<u>Linthal GL</u>
2015/09/13 16:07	2015/09/13 14:07	0.8	<u>Weinfelden TG</u>
2015/09/13 13:29	2015/09/13 11:29	0.8	<u>Sion VS</u>
2015/09/12 08:09	2015/09/12 06:09	0.2	<u>Murten FR</u>
2015/09/11 17:46	2015/09/11 15:46	0.5	<u>Sion VS</u>
2015/09/10 22:28	2015/09/10 20:28	1.6	<u>Wildhaus SG</u>

... und überall



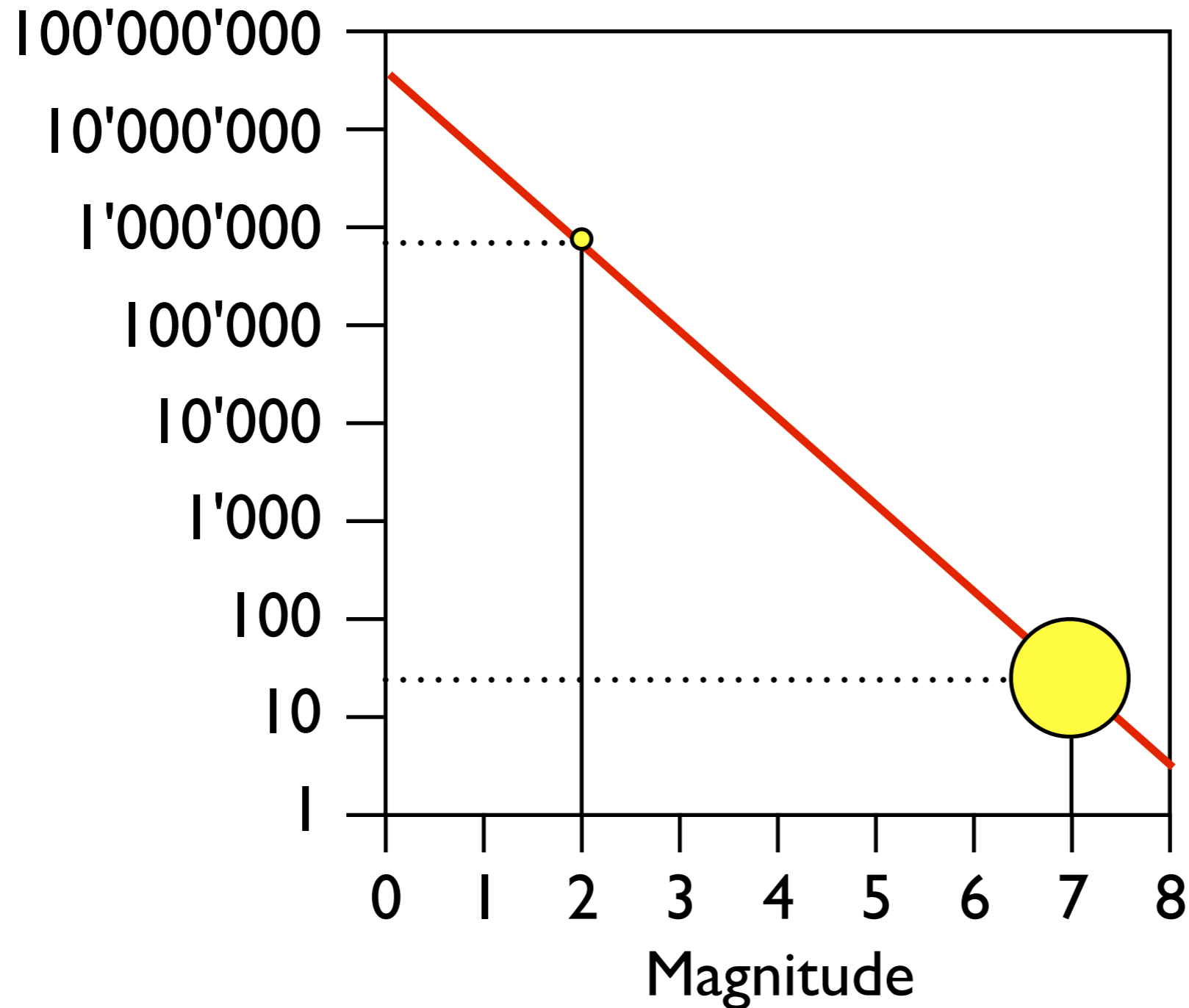
weltweit  
eine Woche

Magnituden  $\geq 4.5$

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

# ... aber grosse Erdbeben sind selten

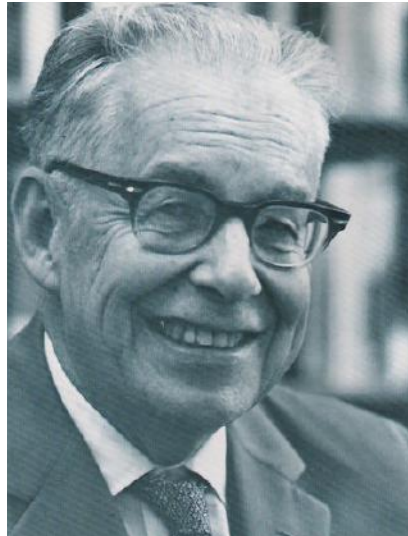
Anzahl Erdbeben / Jahr



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



# was heisst überhaupt gross ?



*Charles Francis Richter*  
(1900-1985)



*Beno Gutenberg*  
(1889-1960)

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

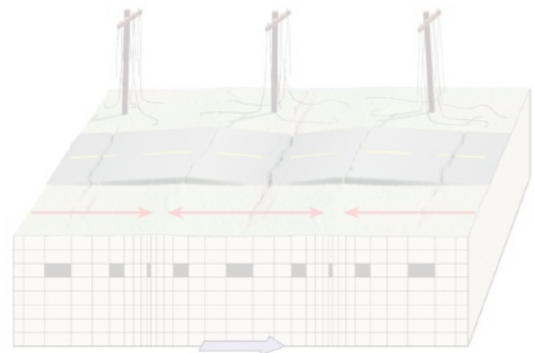


*Giuseppe Mercalli*  
1850-1924

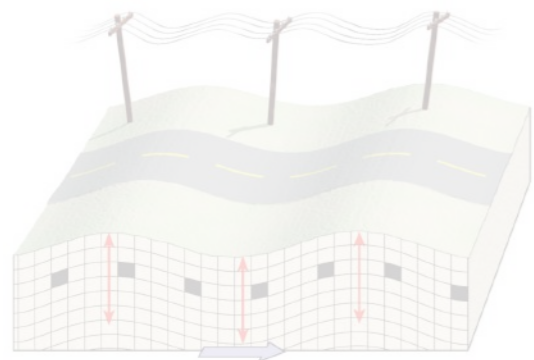
EMS	Intensität
I	nicht fühlbar
II	kaum bemerkbar
III	schwach
IV	deutlich
V	stark
VI	leichte Gebäudeschäden
VII	Gebäudeschäden
VIII	schwere Gebäudeschäden
IX	zerstörend
X	sehr zerstörend
XI	verwüstend
XII	vollständig verwüstend

*Intensität = 'gefühlte Magnitude*

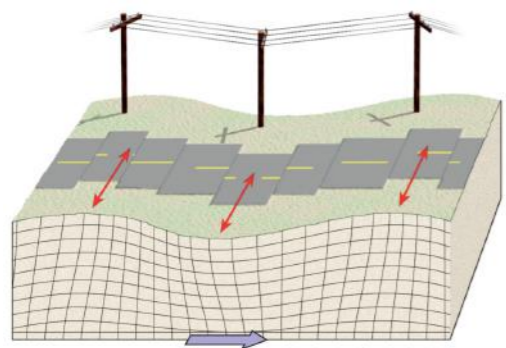
# und was ist denn eigentlich ein Erdbeben ?



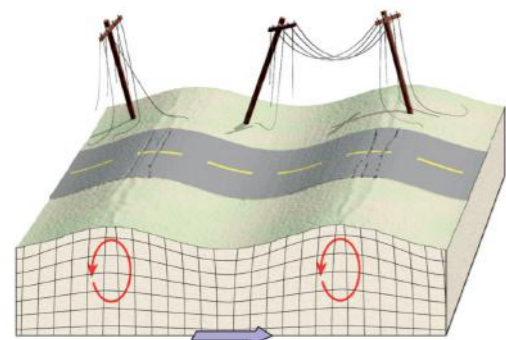
P-Wellen



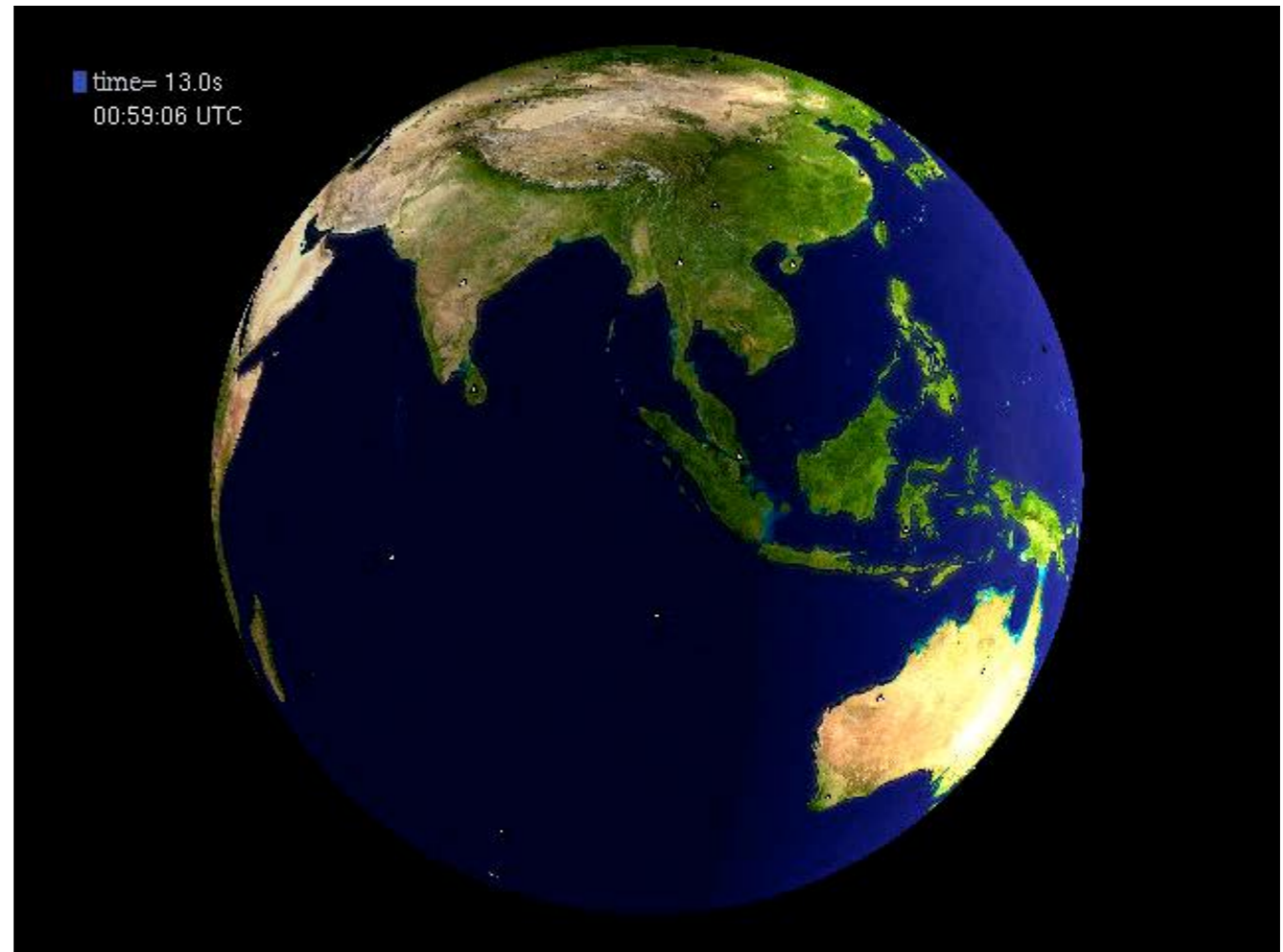
S -Wellen



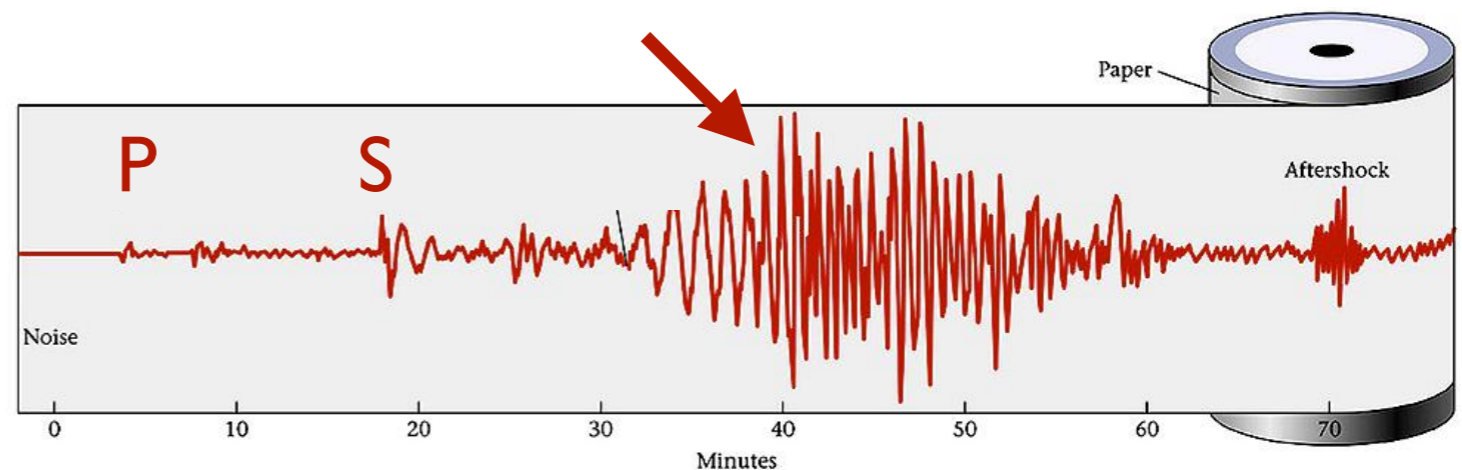
Q-Wellen



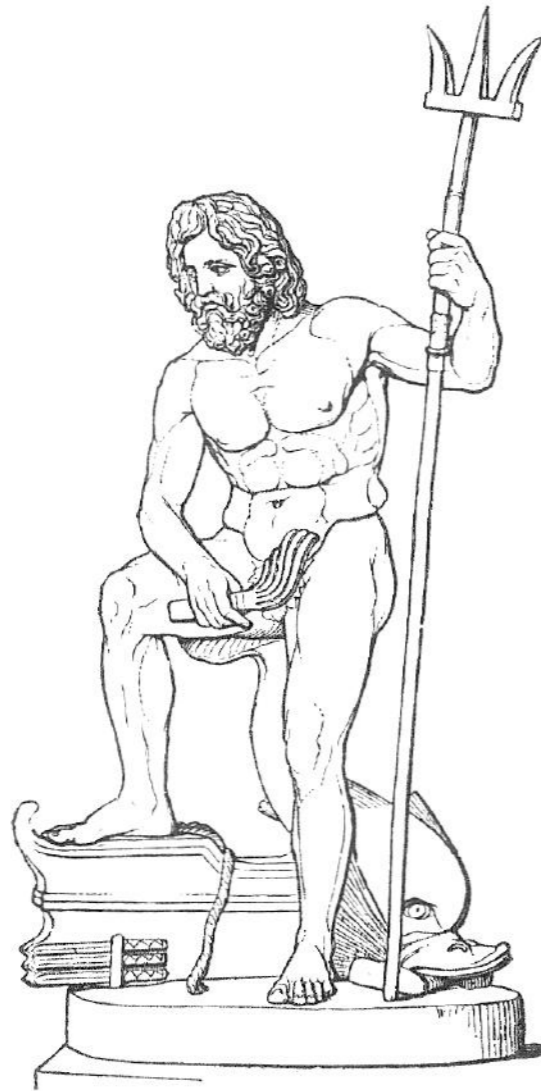
R -Wellen



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

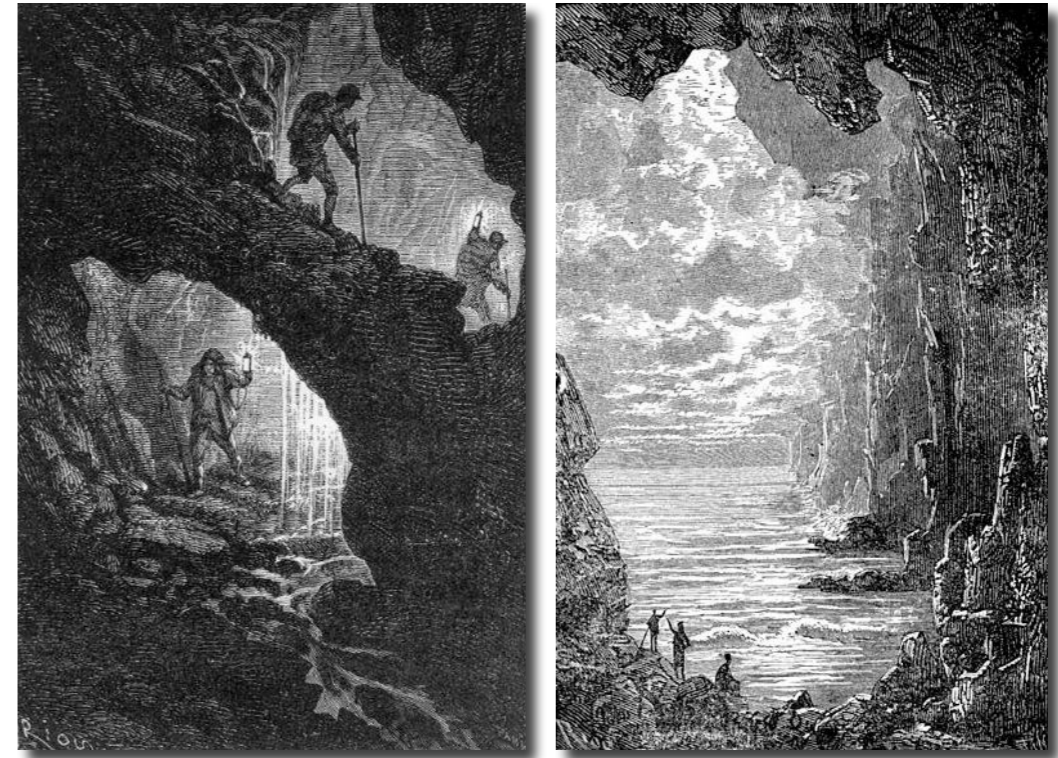


# Erklärungsversuche - im alten Griechenland



*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



# was meint die Bibel ?

Erdbeben bedeutet 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 ...

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, ...



*(Apokalypse)*



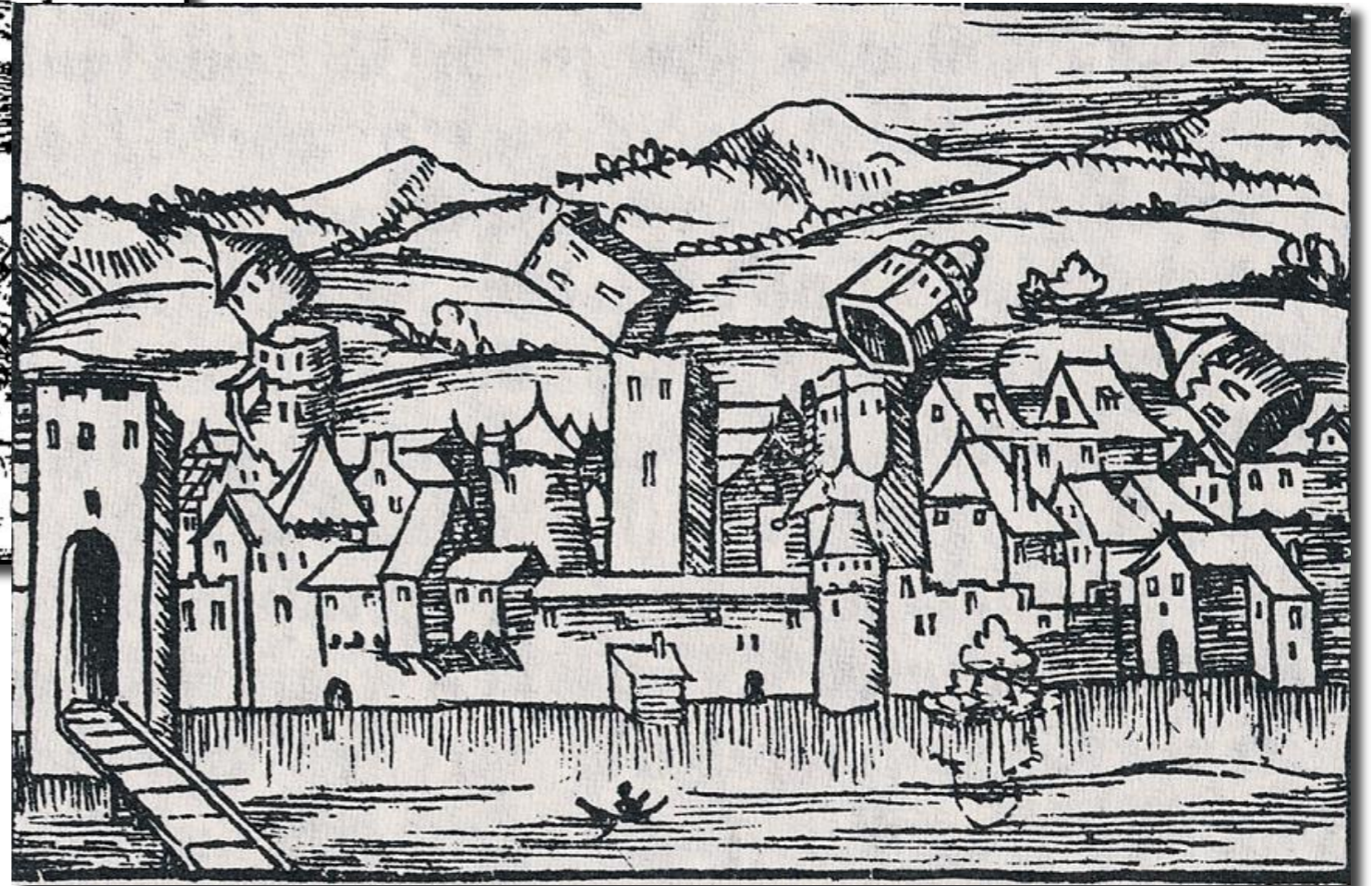
*(Auferstehung)*



# im Falle Basel 1356 - göttliche Strafe ...?

## Erdbeben Strafe Gottes

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





# Erdbeben sind Ungeheuer



Haida Indianer (BC, Kanada)  
Donnervogel und Wal



Azteken (Mexiko)  
Tepeyollotl (Leopard)



Philippinen  
Bernardo Carpio (Riese)





# der Namazu Wels



Edo Erdbeben 1855  
Magnitude ~ 7





# Lissabon 1755

## Geburt der modernen Seismologie



Marquês de Pombal ordnet Umfrage an:

- 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

Vorstellung und Beschreibung des ganz erschütterlichen Erdbebens, wodurch die Königl. Portugiesisch-Residenz-Stadt Lissabon samt dem größten Theil der Einwohner zu grunde gegangen.

Die Stadt, die Hauptstadt und größte Residenz, aus Stadt, welche mehr als 100000  
Menschen in sich faßte, und zahlreichste Kirchen hatte in 1755. || Nicht in Folge davon, da, Marquês de Pombal so richtig erkannt, haben sich Europa ganz  
wie gewöhnlich, aus demselben Schrecken beruhigten. Das Jahr in dem dieses.

# noch ein Beginn - San Francisco 1906



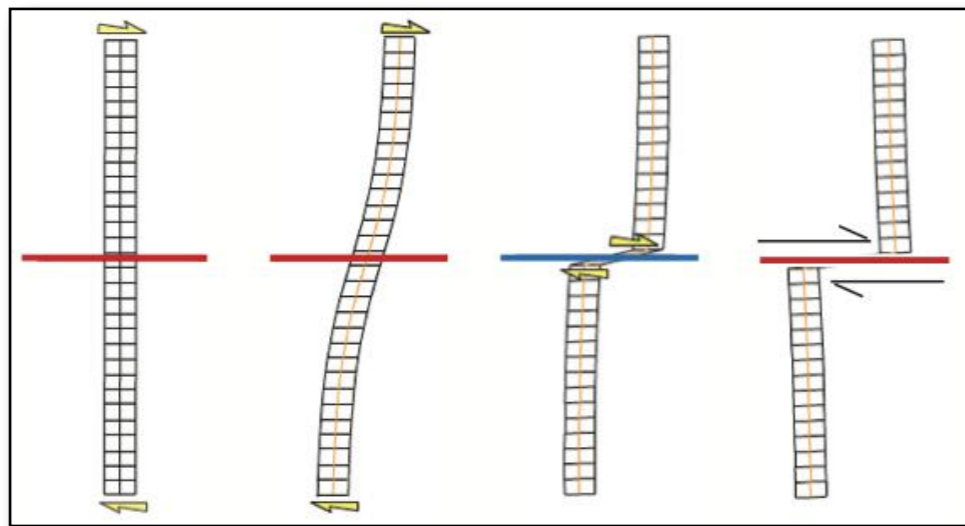
Magnitude:  $M_L = 8.3$  (Richter),  $M_W = 7.9$  (Momenten),  $M_S = 7.7$  (Oberflächenwellen)  
Intensität: MMI VII - IX (Mercalli) in ca. 80 km breitem Streifen landeinwärts  
Dauer: Hauptbeben 45-60 s, ca. 20 s nach Vorbeben um 5.12 Uhr  
Tote: offiziell 700 (wahrscheinlich 2500-3000)  
Schaden: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



# Lawson Report

## Erkenntnis

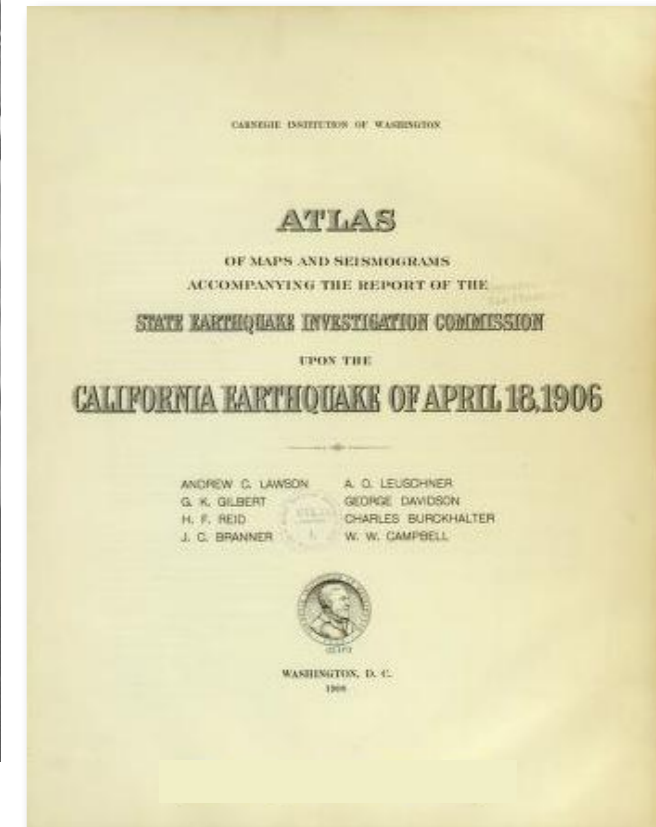
- San Andreas Fault
- Strike slip Bewegung
- Wiederholte Beben
- "Elastic rebound"
- Beziehung Geologie - Intensität
- Einfluss der Bauweise



elastic rebound

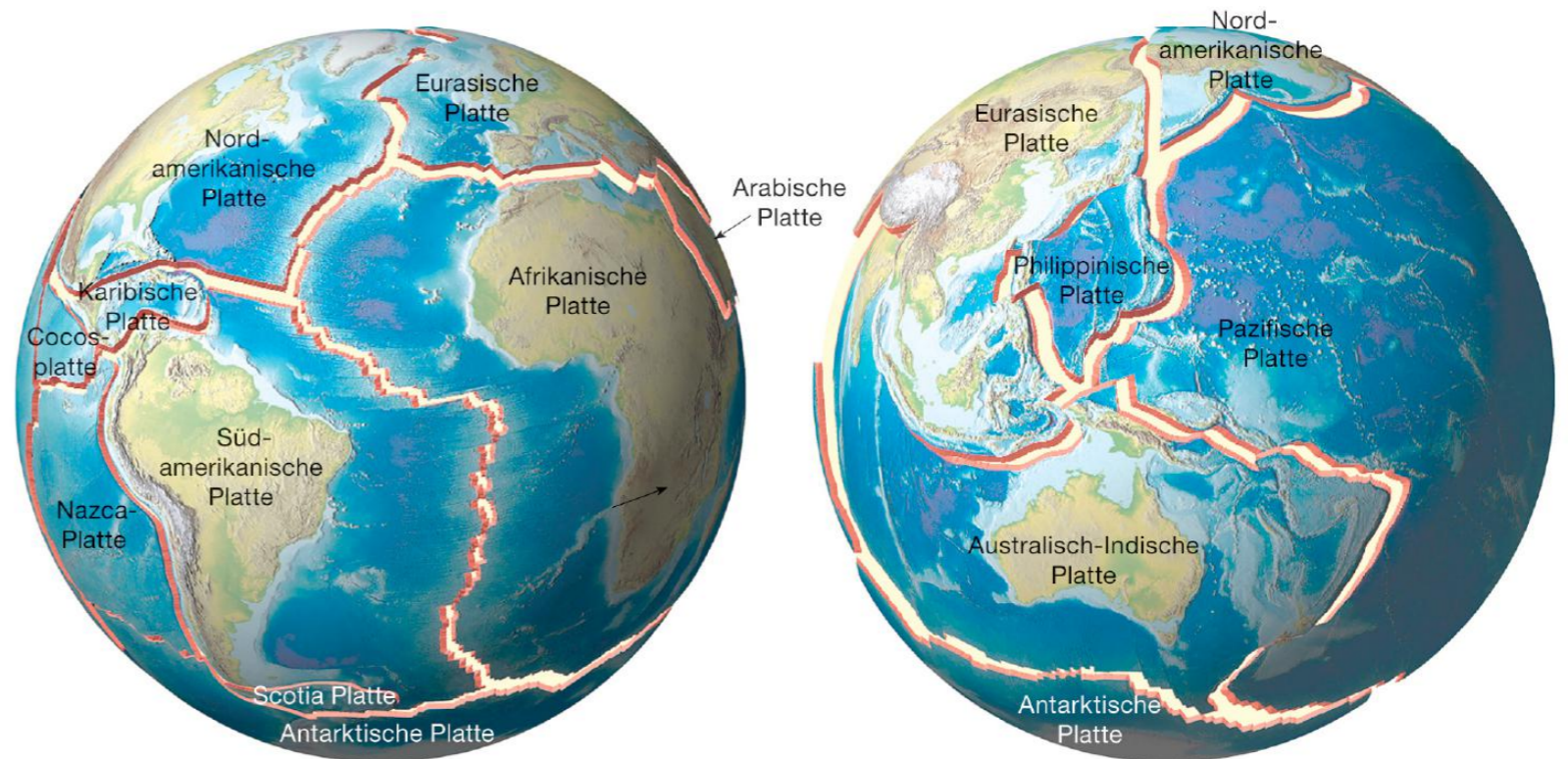


Andrew Cowper Lawson  
1861-1952



# die grosse wissenschaftliche Umwälzung

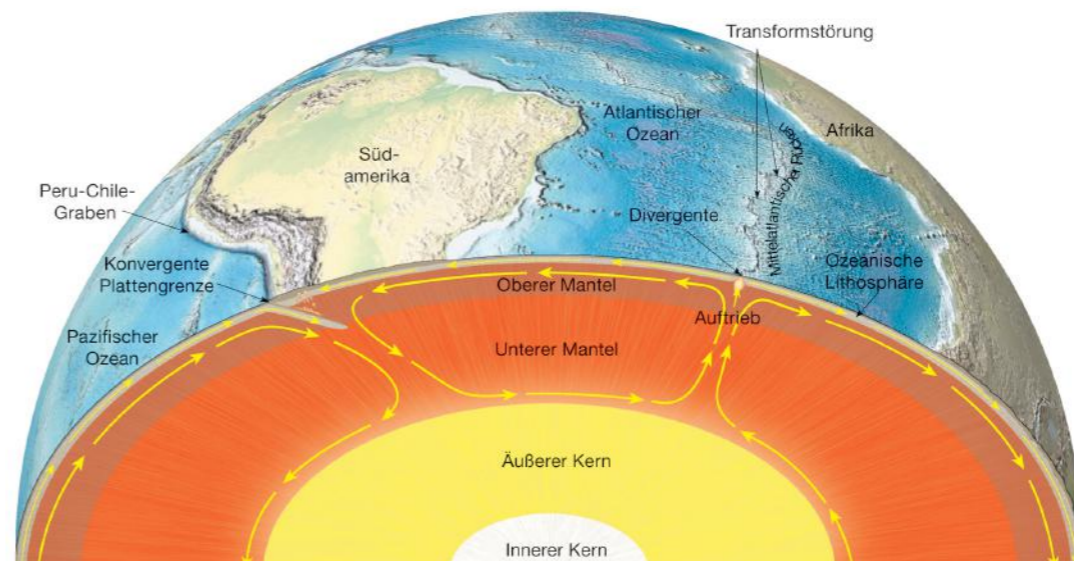
Plattentektonik: Erdoberfläche besteht aus Platten



"Förderbänder" Spreading Ridge → Subduktion

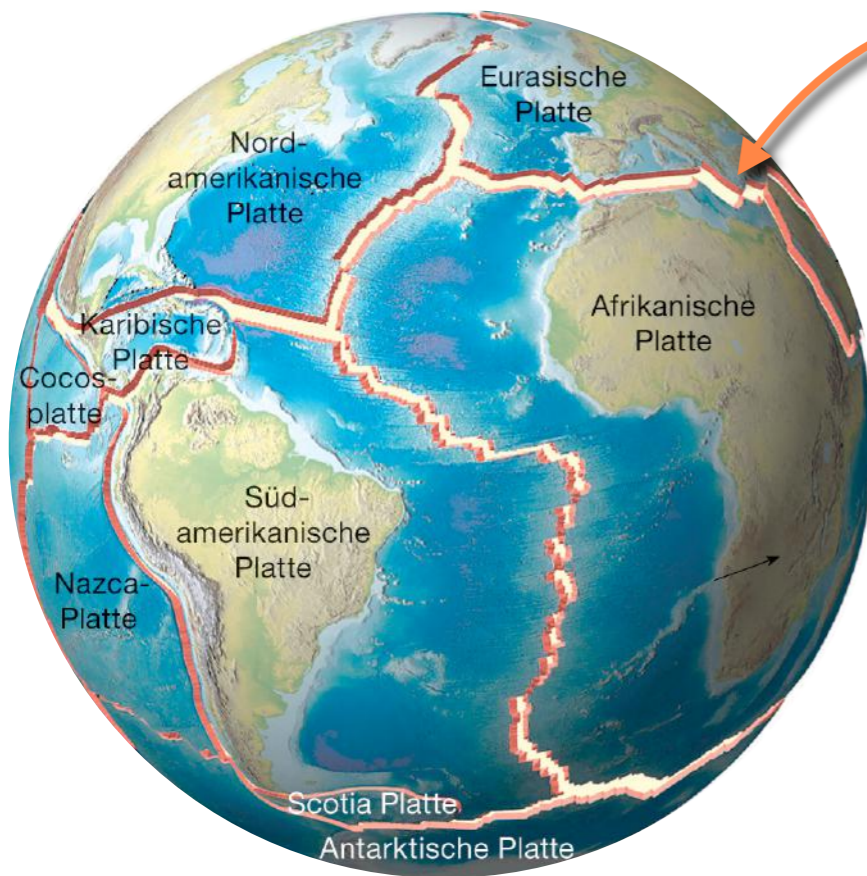
Bewegung der Platten...

- aufeinander zu
- aneinander vorbei
- ... ist Ursache für Erdbeben

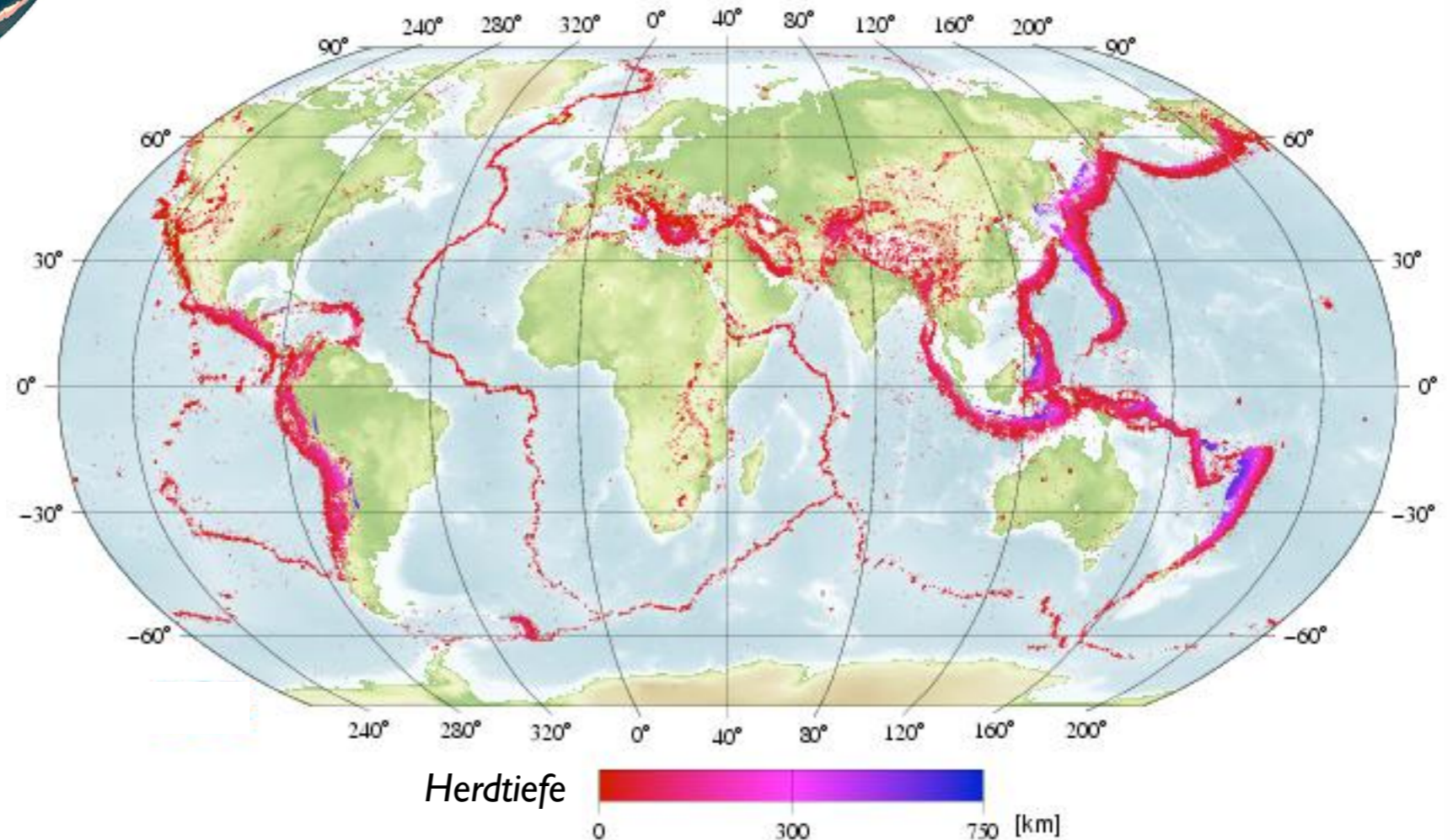




# wo also entstehen Erdbeben ?



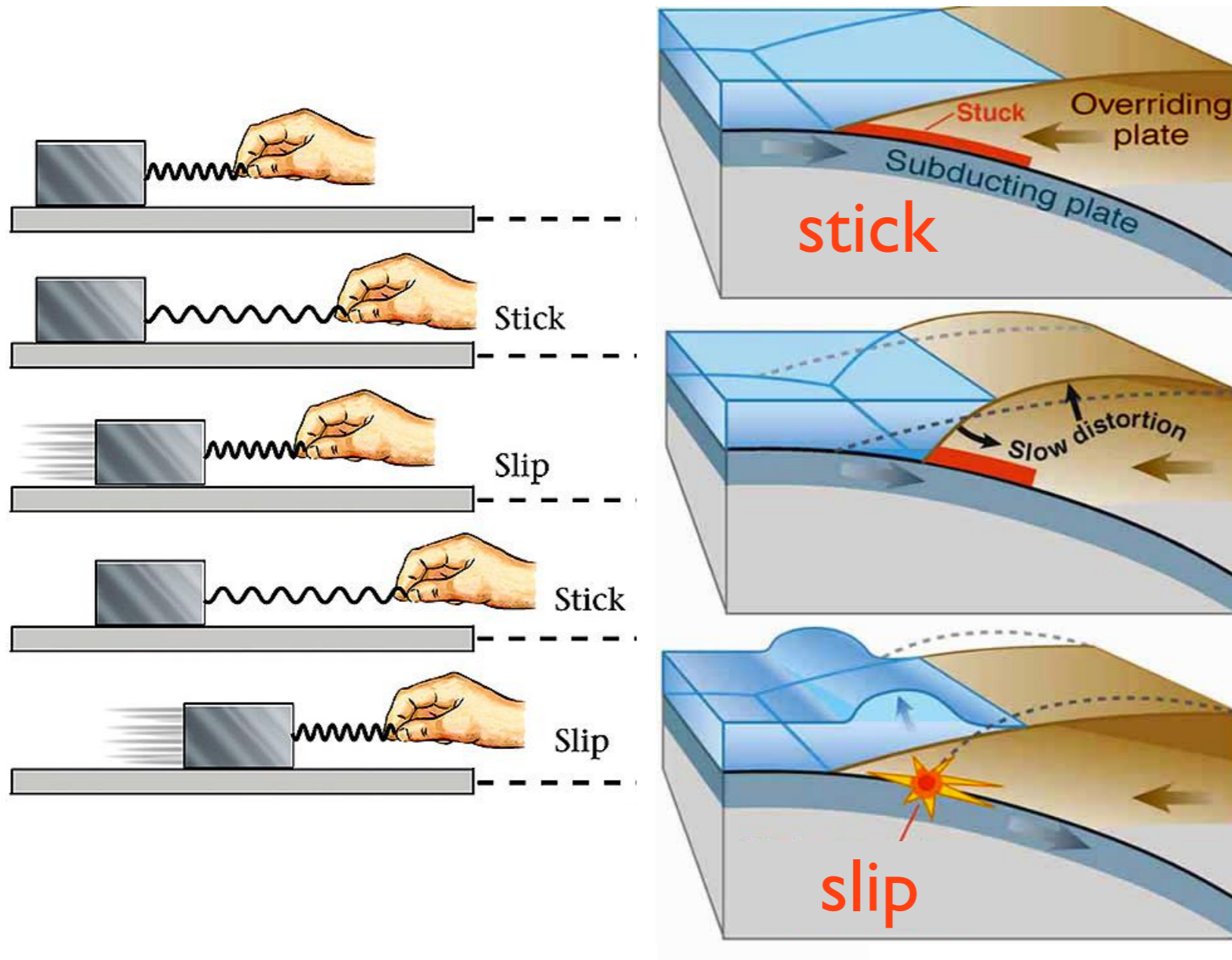
- fast immer an Plattengrenzen (Anden, Japan, ...)  
oder -zonen (Alpen, Himalaya, ...)
- immer an Verwerfungen
  - Transform (aneinander vorbei)
  - Subduktion (aufeinander bzw. untereinander)





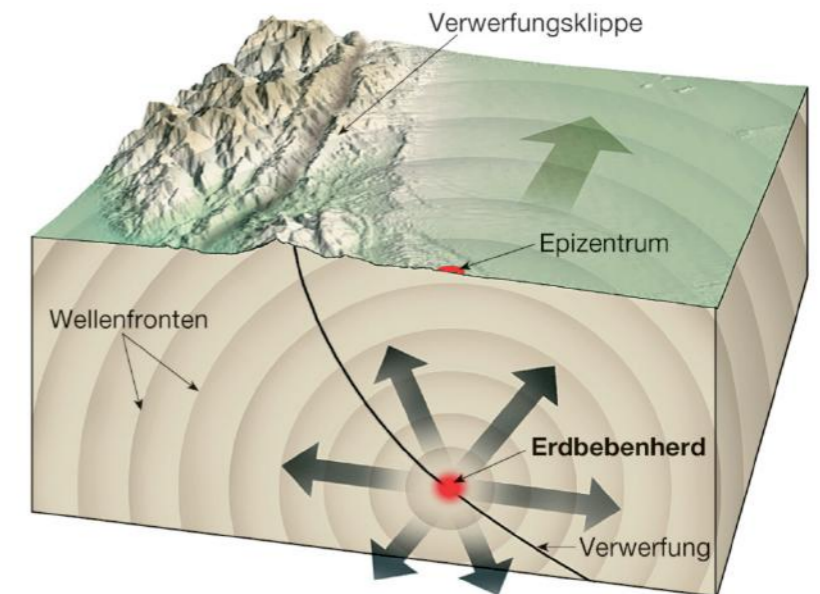
# und wie wird nun ein Erdbeben ausgelöst ?

## Stick-slip Modell für Verwerfungen



Jahre - Jahrhunderte

## Ausbreitung der Erdbebenwelle



Sekunden



# im Licht der Plattentektonik: San Francisco (1906)



nord-amerikanische Platte

San Andreas Fault

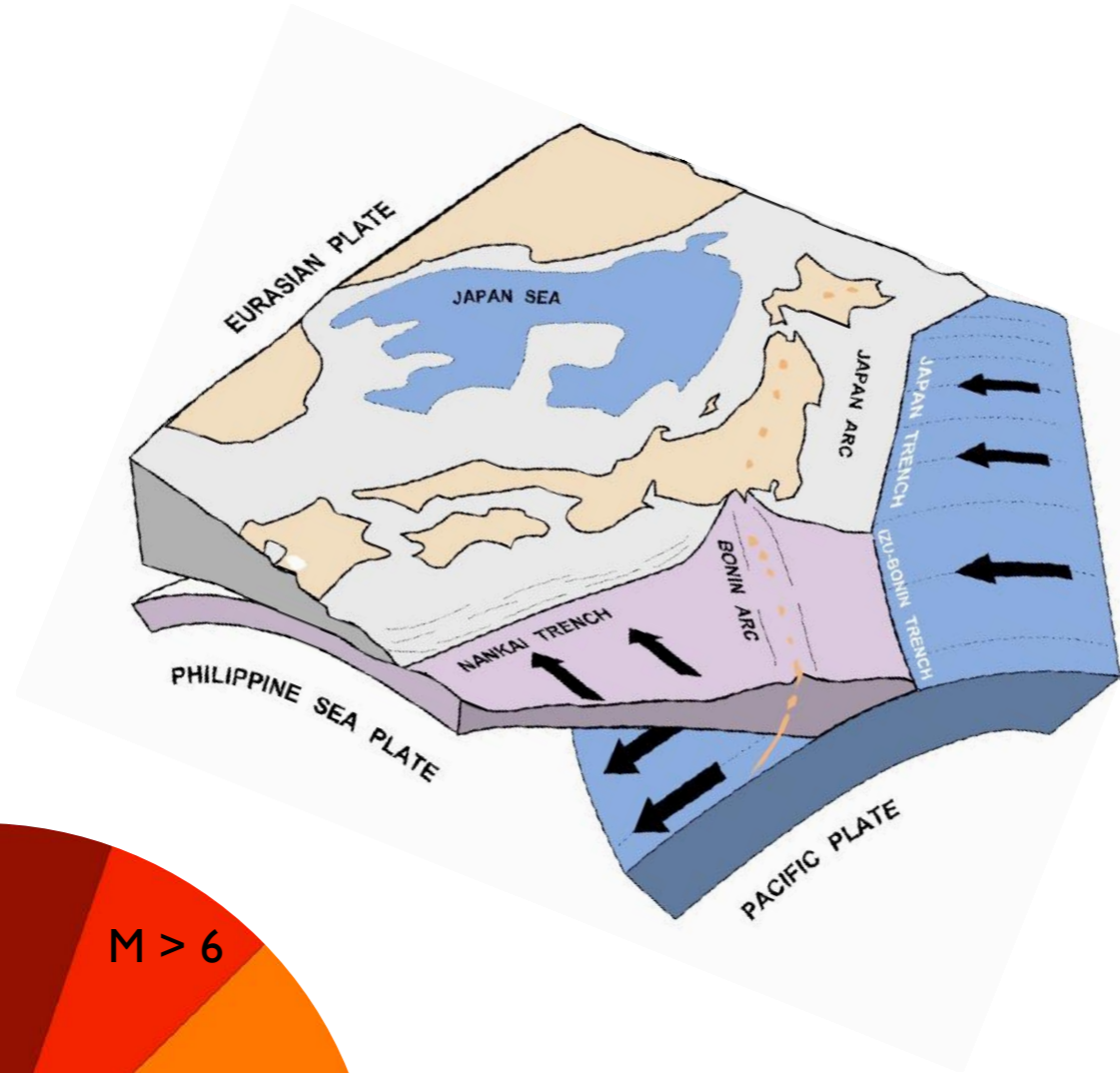
pazifische Platte

## Transformbeben

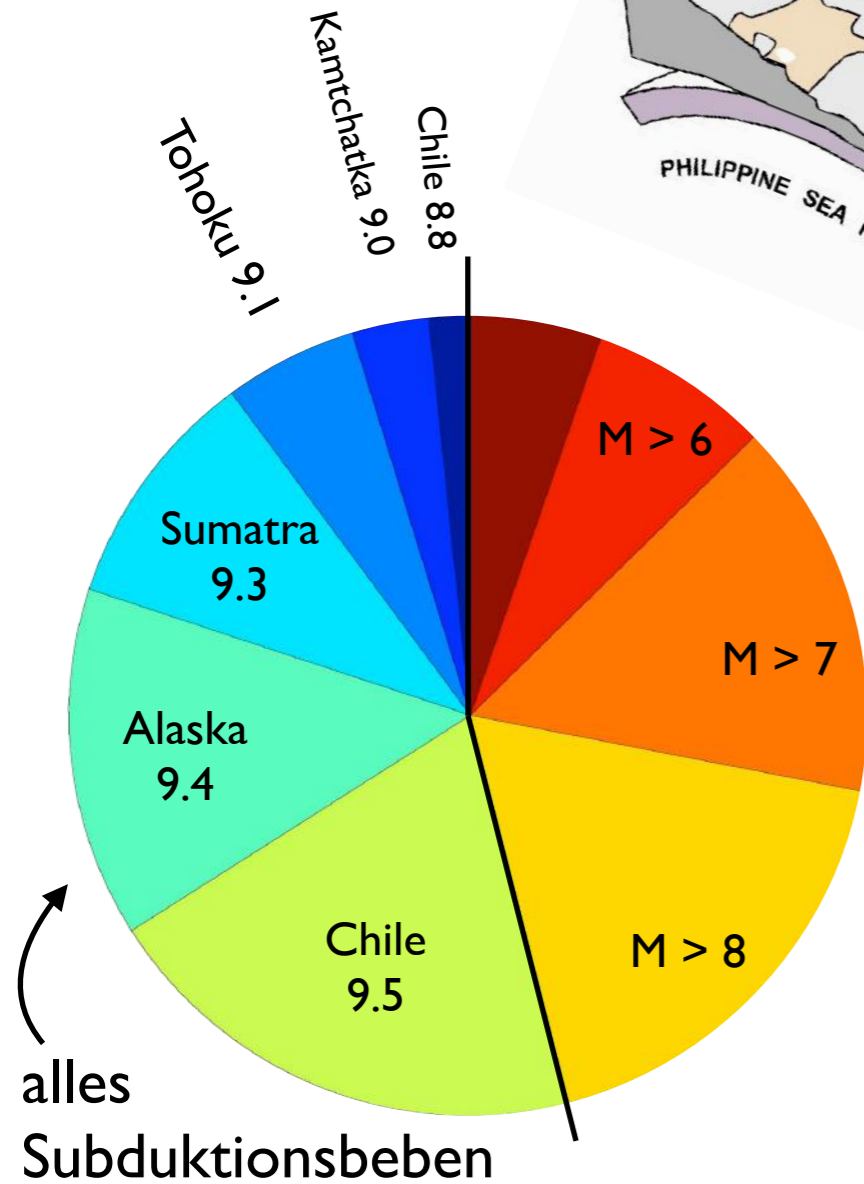
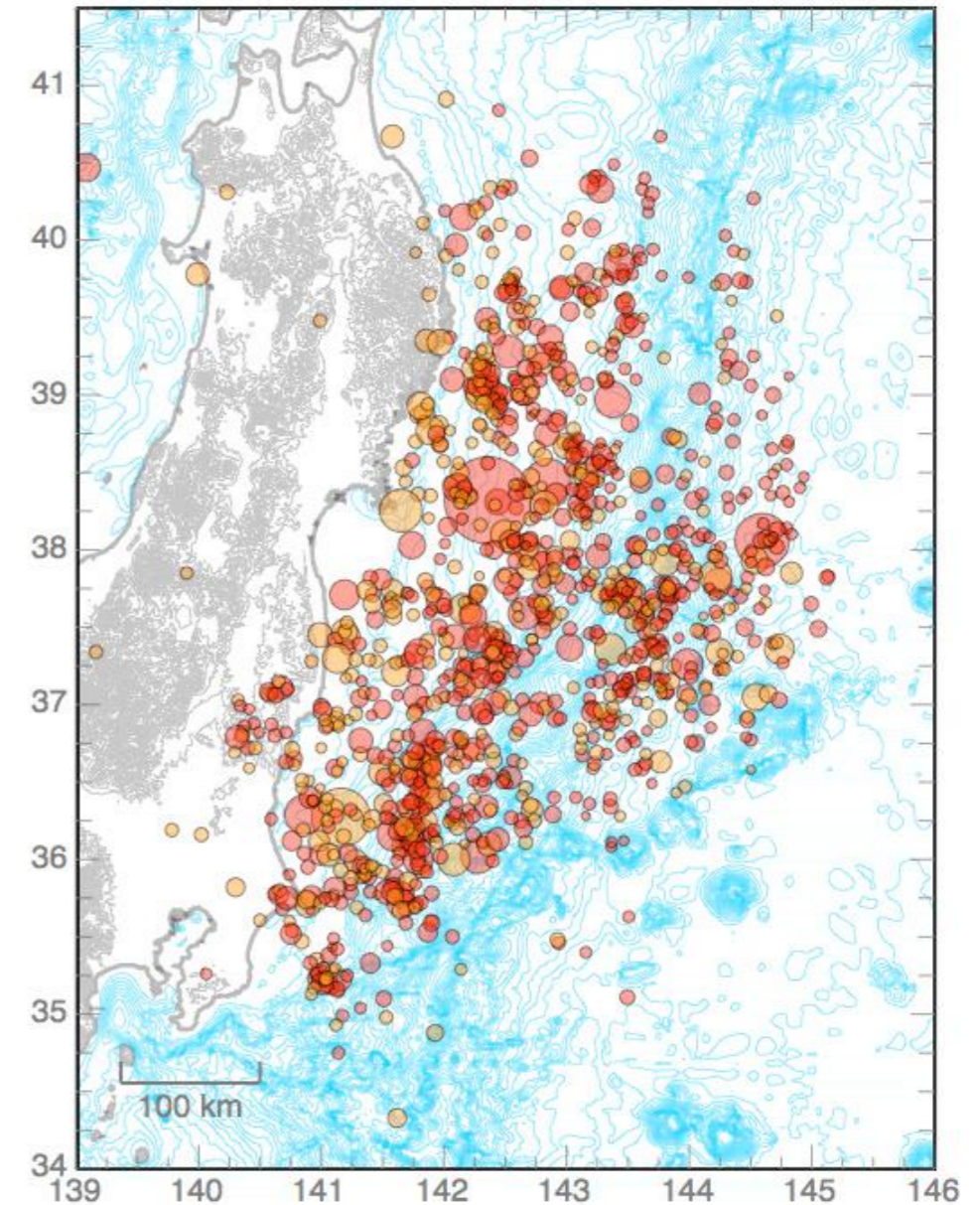
Ausbreitungsgeschwindigkeit des Bruches (rupture speed)	2.7 km/s
Geschwindigkeit der Gesteinskörper (slip velocity)	5 km/h
maximaler Versatz	8.4 m
Dauer des Hauptbebens	45 - 60 s
Länge der Bruchfläche	477 km



# im Licht der Plattentektonik: Tohoku (2011)



## Subduktionsbeben





# was kann man gegen Erdbeben machen ?

es gibt keine Prognose  
aber man kann sich vorbereiten

...oder aber ...



Folien auf [www.earth.unibas.ch/micro/](http://www.earth.unibas.ch/micro/)