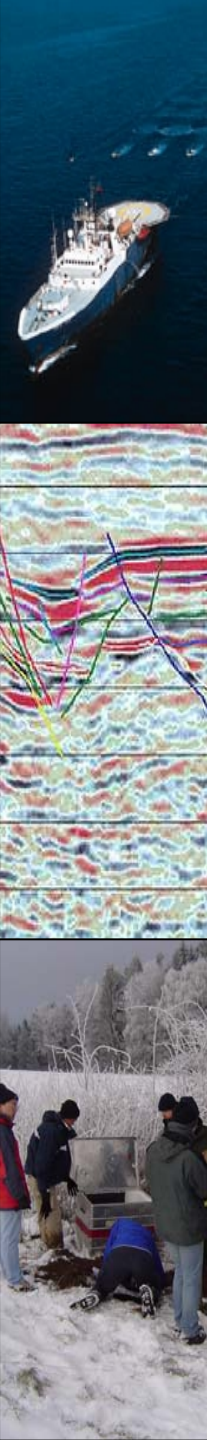
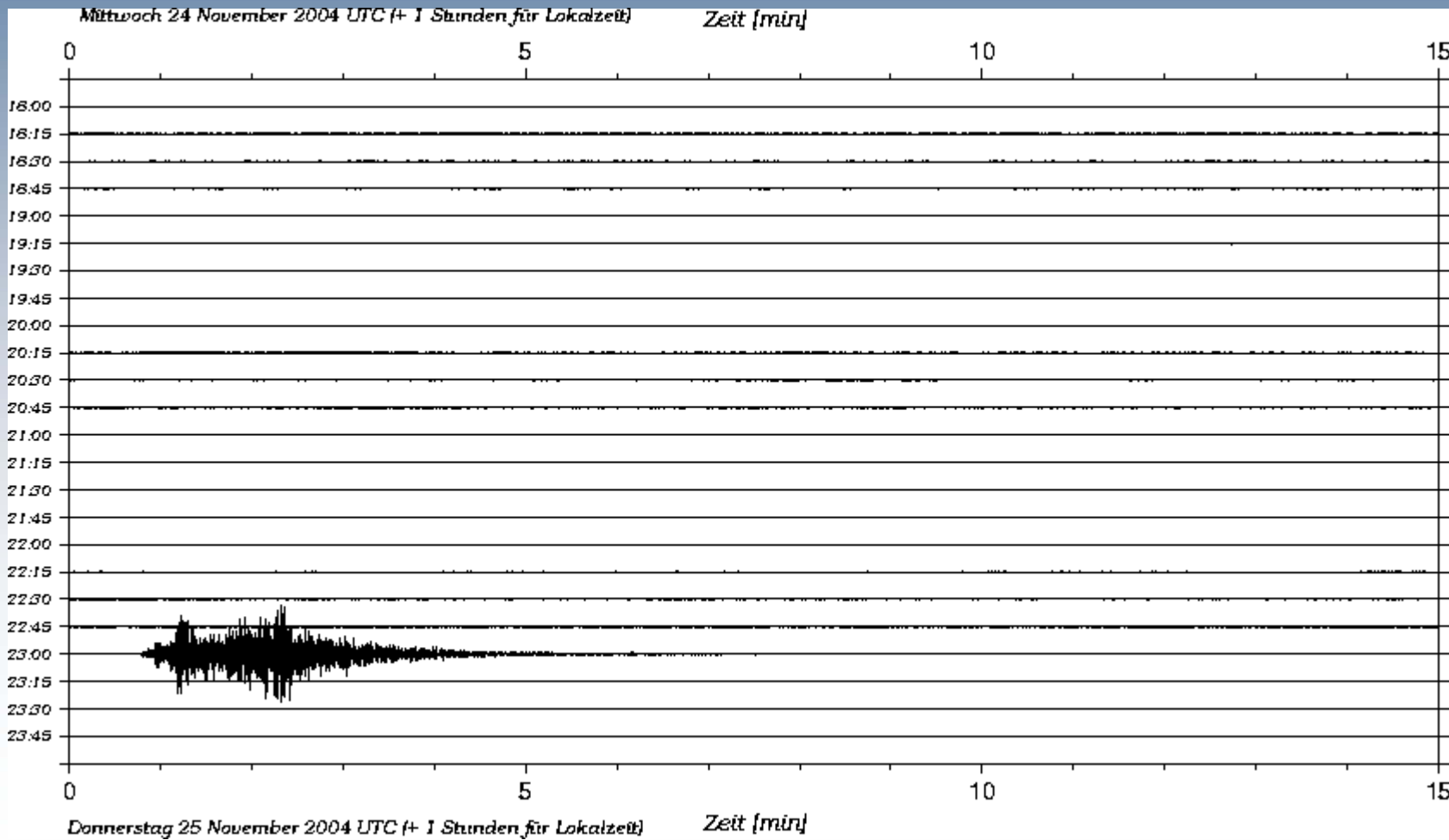
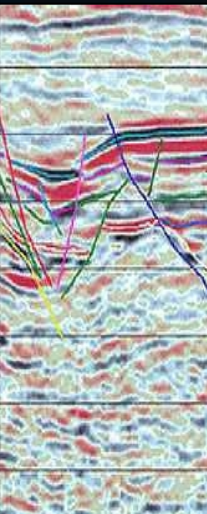


Seismologie - Erdbeben

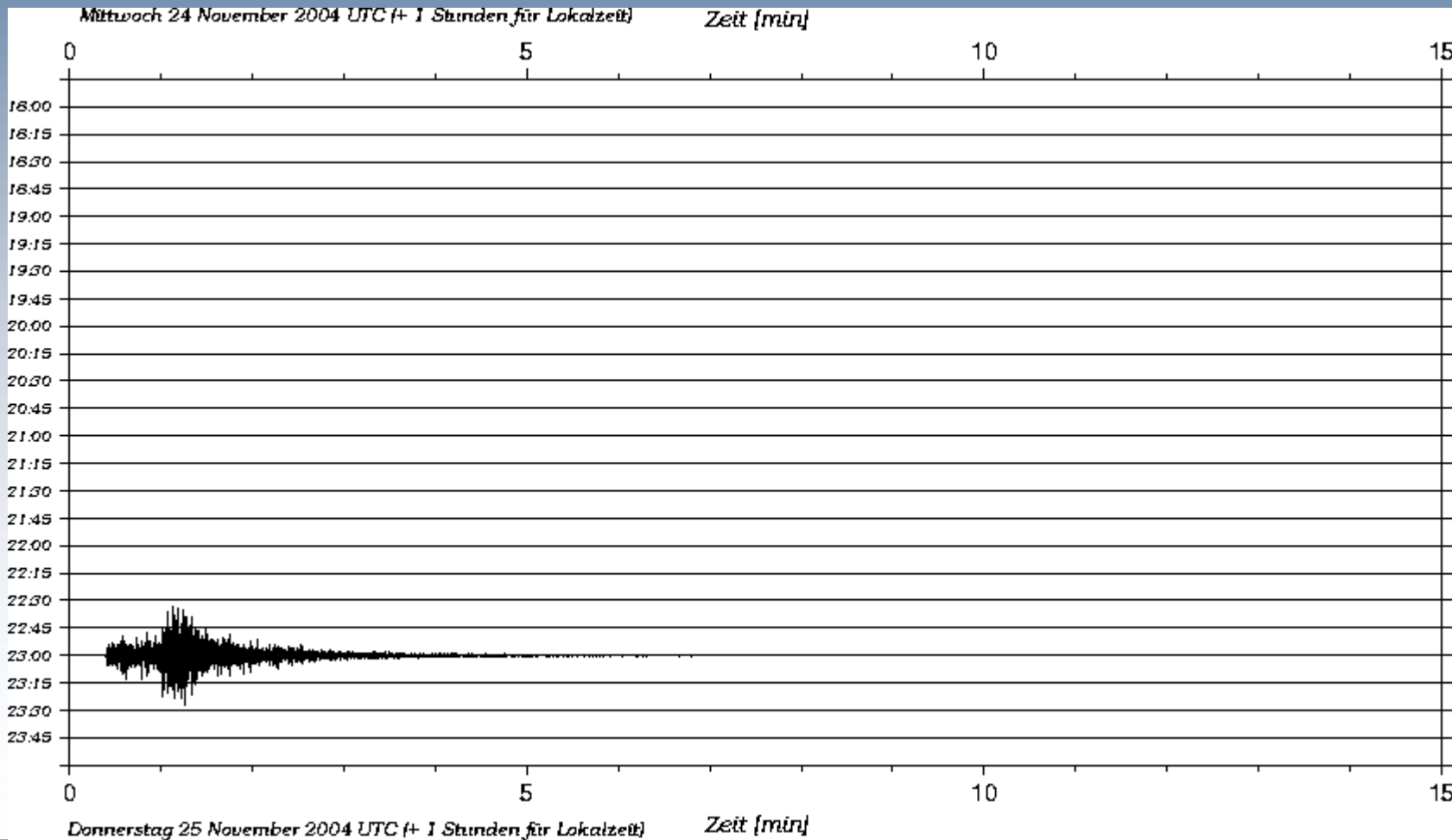
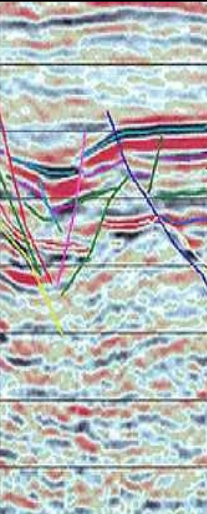
- Wie kann man die **Herdzeit** eines Erdbebens bestimmen?
- Wie das **Epizentrum** und **die Tiefe** eines Erdbebens?
- Wie kann man die Stärke eines Erdbebens abschätzen (**Richter Skala**)?
- Wie kann man die durch Erdbeben verursachten Schäden kategorisieren (**seismische Intensität, Mercalli Skala**)?
- Erdbebenvorhersage, Erdbebengefährdung



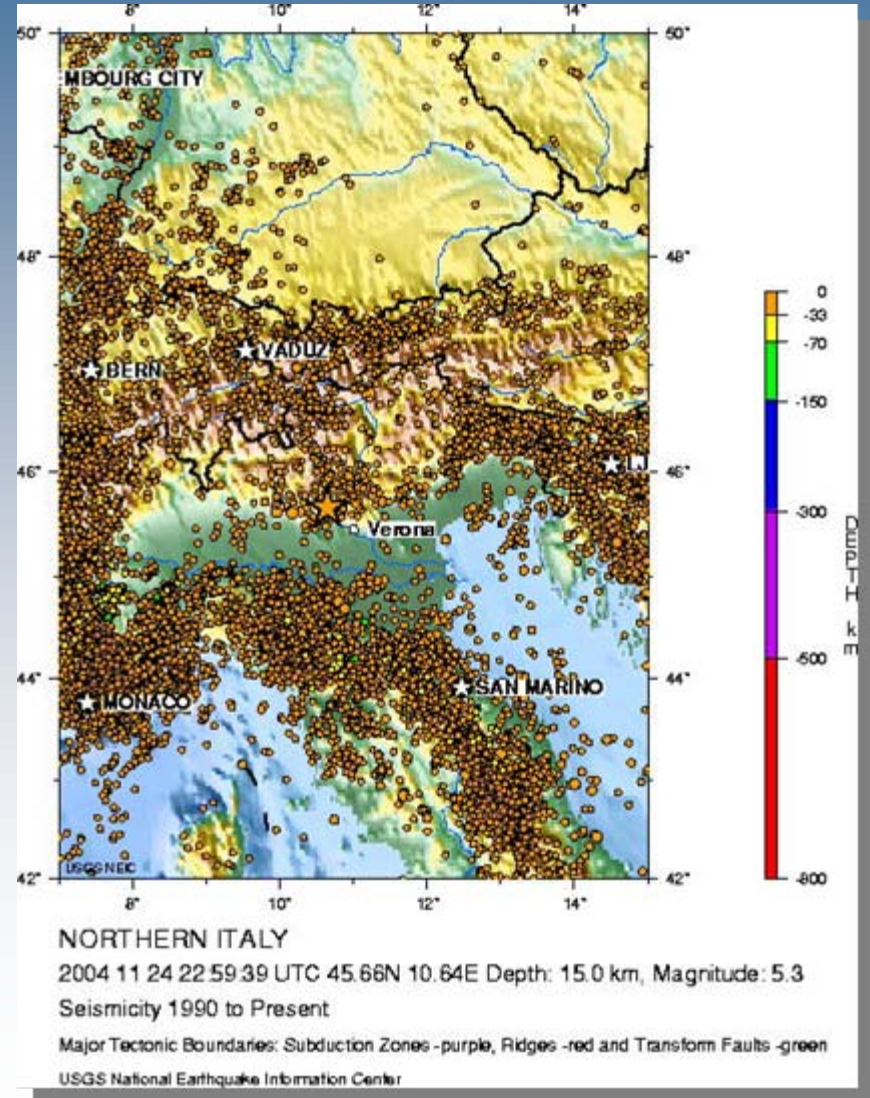
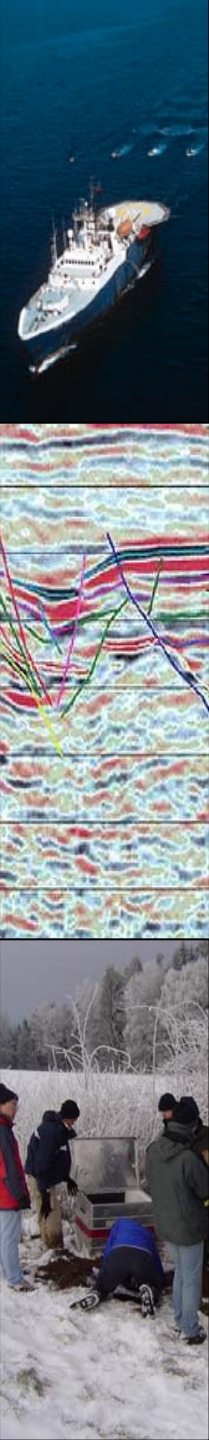
Gardasee Beben 2004




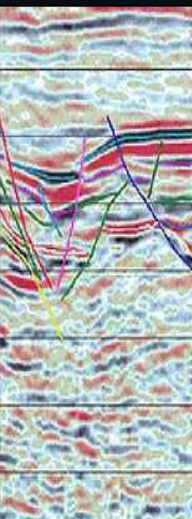

Gardasee Beben 2004



Epizentrum



NEIC



USGS Earthquake Hazards Program: Earthquake Report: NORTHERN ITALY -Netscape

File Bearbeiten Anzeigen Gehe Lesezeichen Extras Fenster Hilfe

http://www.neic.cr.usgs.gov/neis/bulletin/neic_rfd.html

Suchen

USA World

Current Earthquakes

ShakeMaps

Seismogram Displays

Past & Historical Earthquakes

Earthquake E-Mail Notification

Earthquake Activity in the Last 8 - 30 Days



Large/Significant Earthquakes This Year

Significant Earthquake Posters

Fast Moment

Preliminary Earthquake Report
U.S. Geological Survey, National Earthquake Information Center
World Data Center for Seismology, Denver

[Version en Español](#)



Magnitude 5.3

Date-Time **Wednesday, November 24, 2004 at 22:59:39 (UTC)** - Coordinated Universal Time
Wednesday, November 24, 2004 at 11:59:39 PM local time at epicenter
[Time of Earthquake in other Time Zones](#)

Location 45.66N 10.64E

Depth 15.0 kilometers

Region NORTHERN ITALY

Reference 35 km (25 miles) NW of **Verona, Italy**
100 km (60 miles) NNE of **Parma, Italy**
110 km (65 miles) SSW of **Bolzano, Italy**
445 km (275 miles) NNW of **ROME, Italy**

Location Quality Error estimate: horizontal +/- 9.4 km; depth +/- 0.0 km

Location Quality Parameters Nst=110, Nph=110, Dmin=1451.2 km, Rmss=1.04 sec, Erho=9.4 km, Erzz=0.0 km, Gp=75.7 degrees

Source USGS NEIC (WDCS-D)

[Location Maps](#)

[Did You Feel It?](#)
Report shaking and damage at your location.

[Historical Seismicity](#)

[Theoretical P-Wave Travel Times](#)

Branchenfürer

- Fahrzeuge
- Immobilien
- Jobs

Baloise Bank SoBa

radio 32

Service

- Bildung
- Bonus
- Bücher
- CD-Charts
- Computer
- Moneybox
- Ozonberichte
- Pollenberichte
- Schneeberichte
- Suchmaschinen
- Tourismus
- Verkehr
- Zeitungs-Archiv

Community

- Gästebuch
- Hits/Radio
- Kontaktanzeigen
- Newsletter
- Vereine
- Wohin man geht

E-Government

- Bund & Kantone
- Gemeinden
- Guichet virtuel

VS/H Gruppe

- Aktuell
- Porträt
- Organe
- Situationsplan
- Offene Stellen
- Lehrstellen
- Feedback

LAGBLATT RUNDschau heute

Vermischtes

ROM

Erdbeben in Norditalien

Ein Erdbeben der Stärke 5,2 auf der Richterskala hat in der Nacht weite Teile Norditaliens erschüttert. Vier Menschen wurden leicht verletzt. Das Ausmass der Sachschadens war zunächst unklar.



Schutt auf den Strassen von Salò (Foto: Keystone)

Das über 30 Sekunden lange Beben ereignete sich um 23.59 Uhr und war von Genua im Westen bis Venedig im Osten zu spüren. Der Erdbebendienst in Zürich meldete, auch in weiten Teilen der Schweiz seien die Erschütterungen spürbar gewesen, insbesondere im Tessin und in Südbünden. Schäden seien aber unwahrscheinlich.

Im Tessin zitterten Fenster und Möbel, wie Zeugen berichteten. Vor allem im Mendrisiotto war das Beben demnach während 10 bis 15 Sekunden deutlich wahrnehmbar. Viele Menschen riefen die Polizei sowie das Radio und Fernsehen der italienischen Schweiz (RTSI) an. Verletzte gab es keine. Auch lagen keine Schadensmeldungen vor.

Das Epizentrum befand sich am Ufer des Gardasees in etwa 25 Kilometer Tiefe unter der Erde. Am Gardasee registrierten die Behörden Gebäudeschäden, unter anderem in den Ortschaften Salò und Gardone Riviera. Mehrere Spitäler in der Region wurden vorsorglich evakuiert. Einige verlassene Bauernhöfe stürzten ein.

In mehreren Ortschaften am Gardasee liefen nach Angaben des Zivilschutzes Menschen in Panik aus ihren Häusern auf die Strasse. In Salò errichtete der Zivilschutz im Sportstadion mehrere Zelte. Dort verbrachten Menschen die Nacht, die Angst vor einer Rückkehr in ihr Haus hatten.

In Italien kommt es immer wieder zu Erdbeben, wobei Erdstöße im Norden seltener als im Süden vorkommen. Bei einem schweren Erdbeben in Süditalien waren am 23. November 1980 über 3000 Menschen ums Leben gekommen. (sda)

VS/H MEDIEN
VOGT-SCHILD/HABEGGER

- MZ NEWS - Front
- Blaulicht
- Kantone
- Regionen
- Schweiz
- Ausland
- Business
- Sport
- Kultur
- Vermischtes
- Dossier
- Forum
- TED-Umfragen

Tageszeitung

Verlag

Druck

moneybox

Vereinsführer

wohin man geht

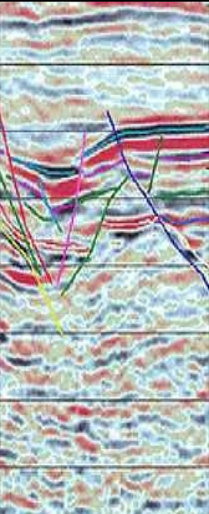
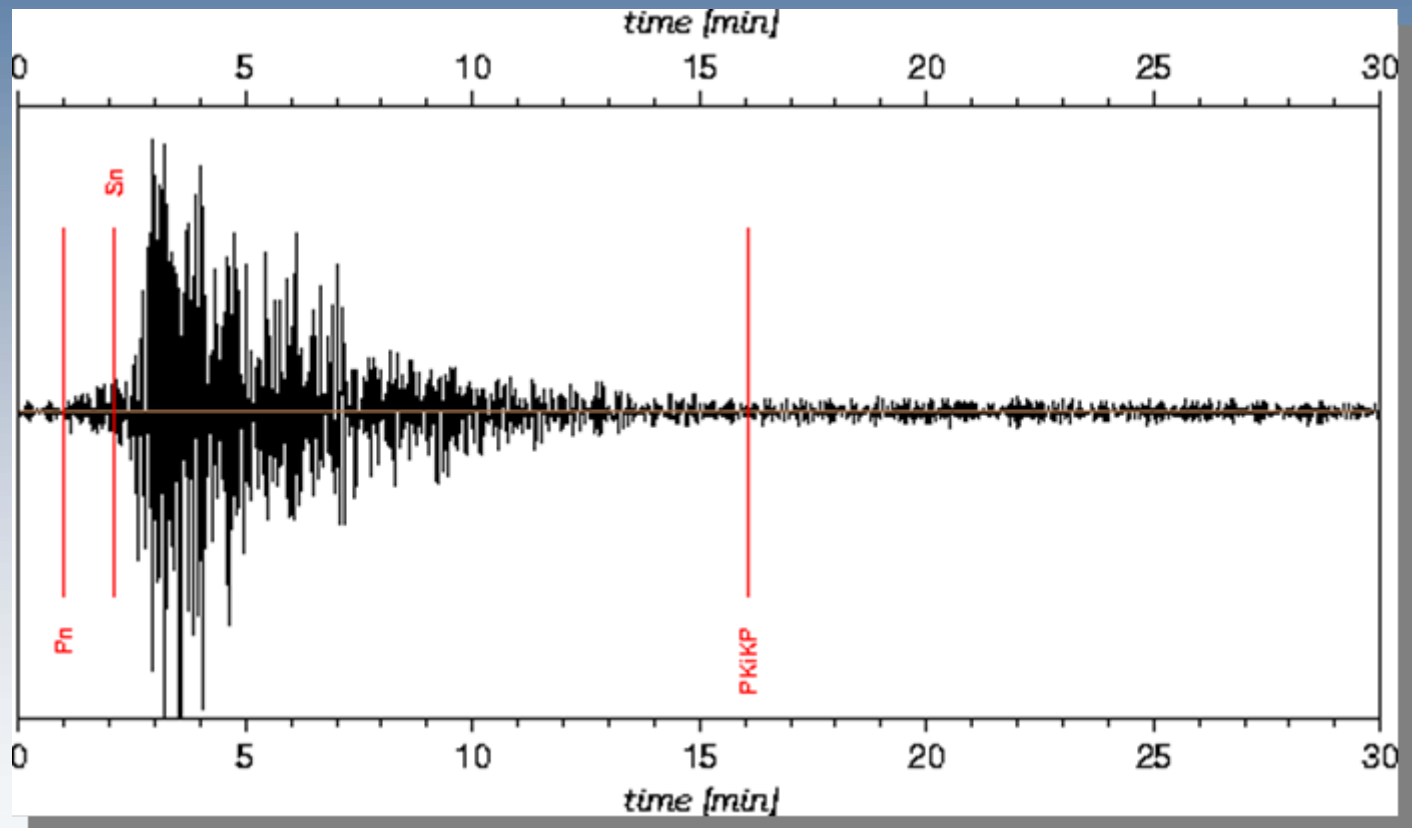
AEK

Haushalt Shop

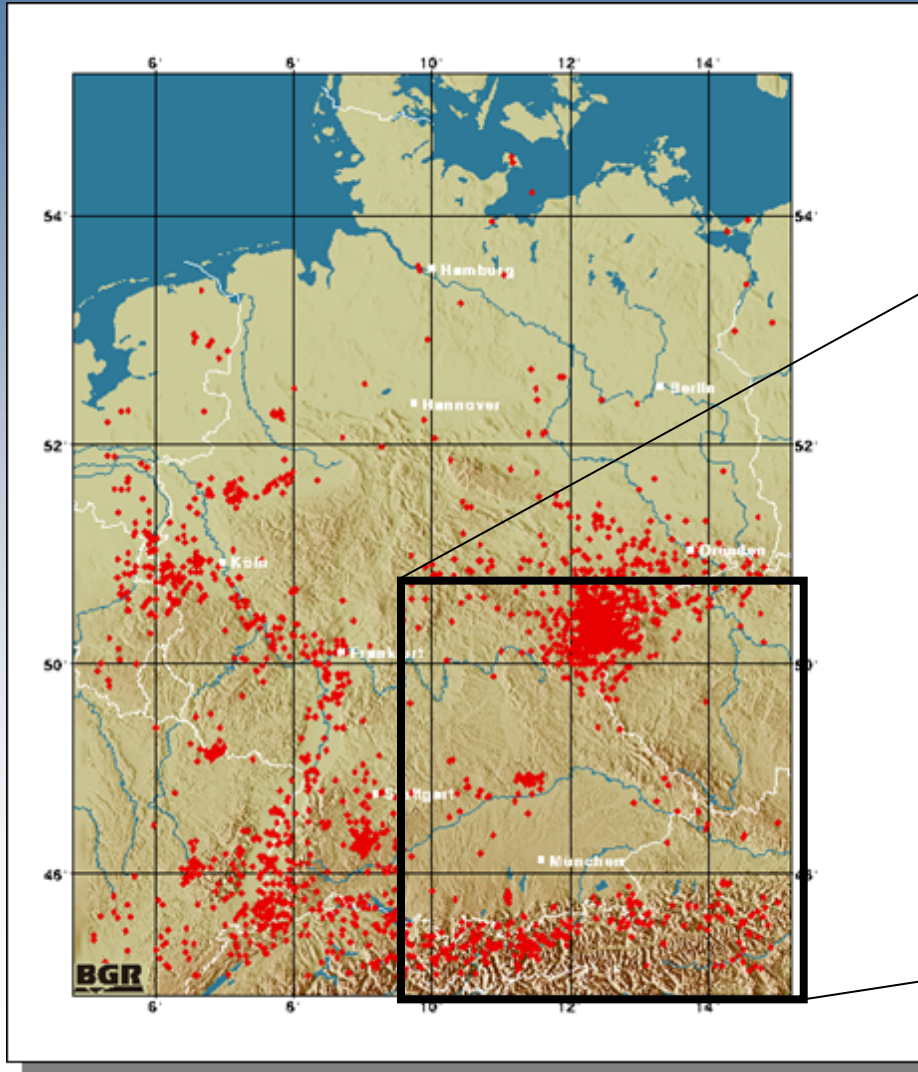
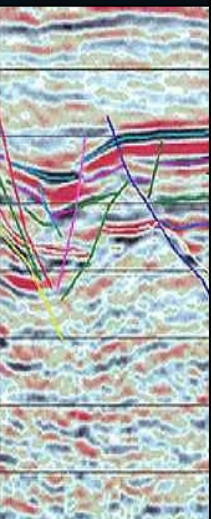
Wetter

Fr	Sa	So
9°	9°	5°

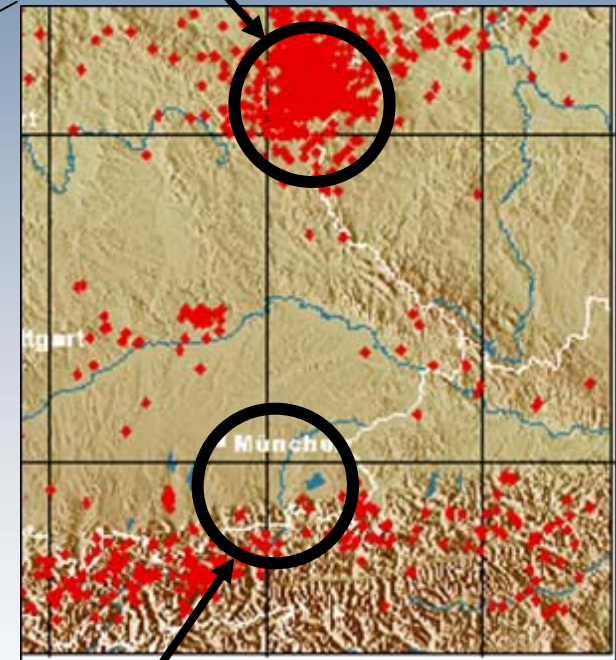
Seismograms



Erdbeben in Bayern ?

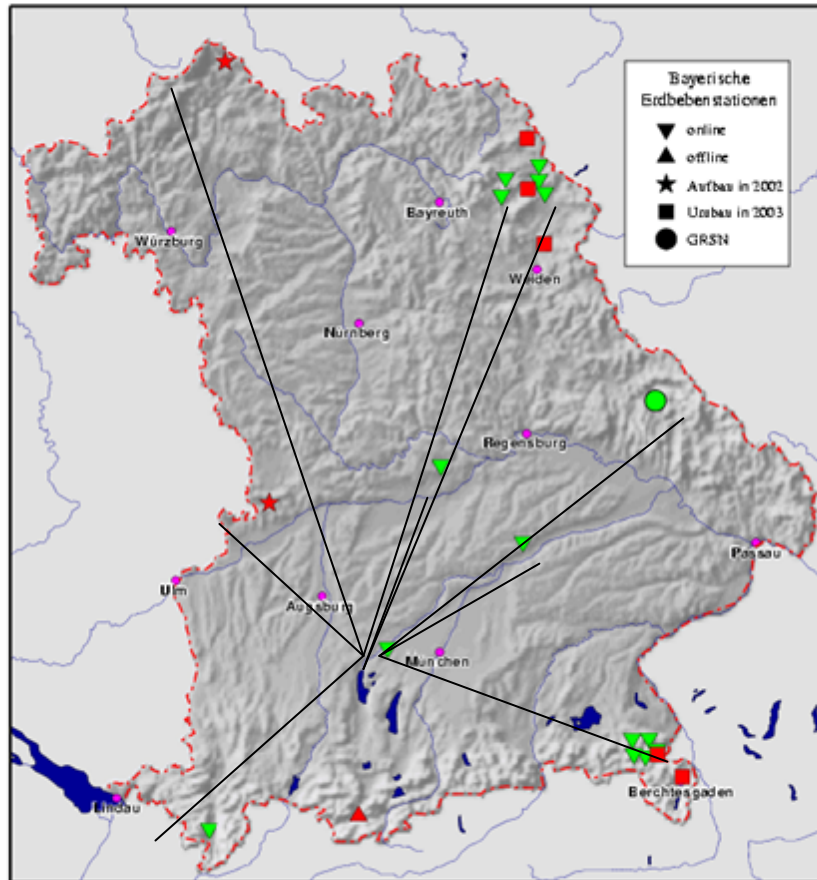


Bereich
Marktredwitz



Bad Reichenhall

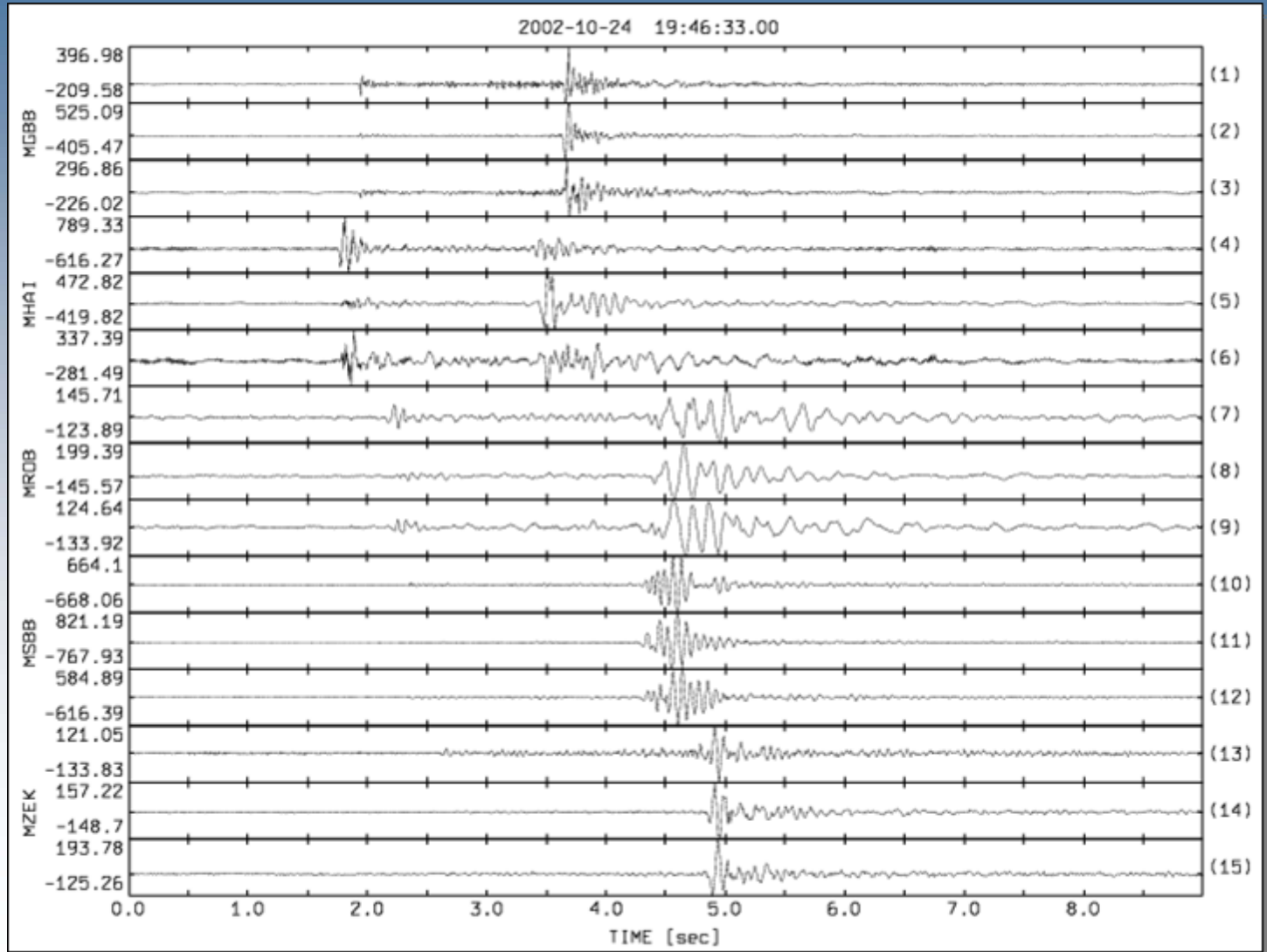
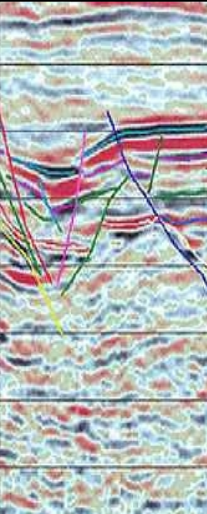
Seismische Stationen in Bayern



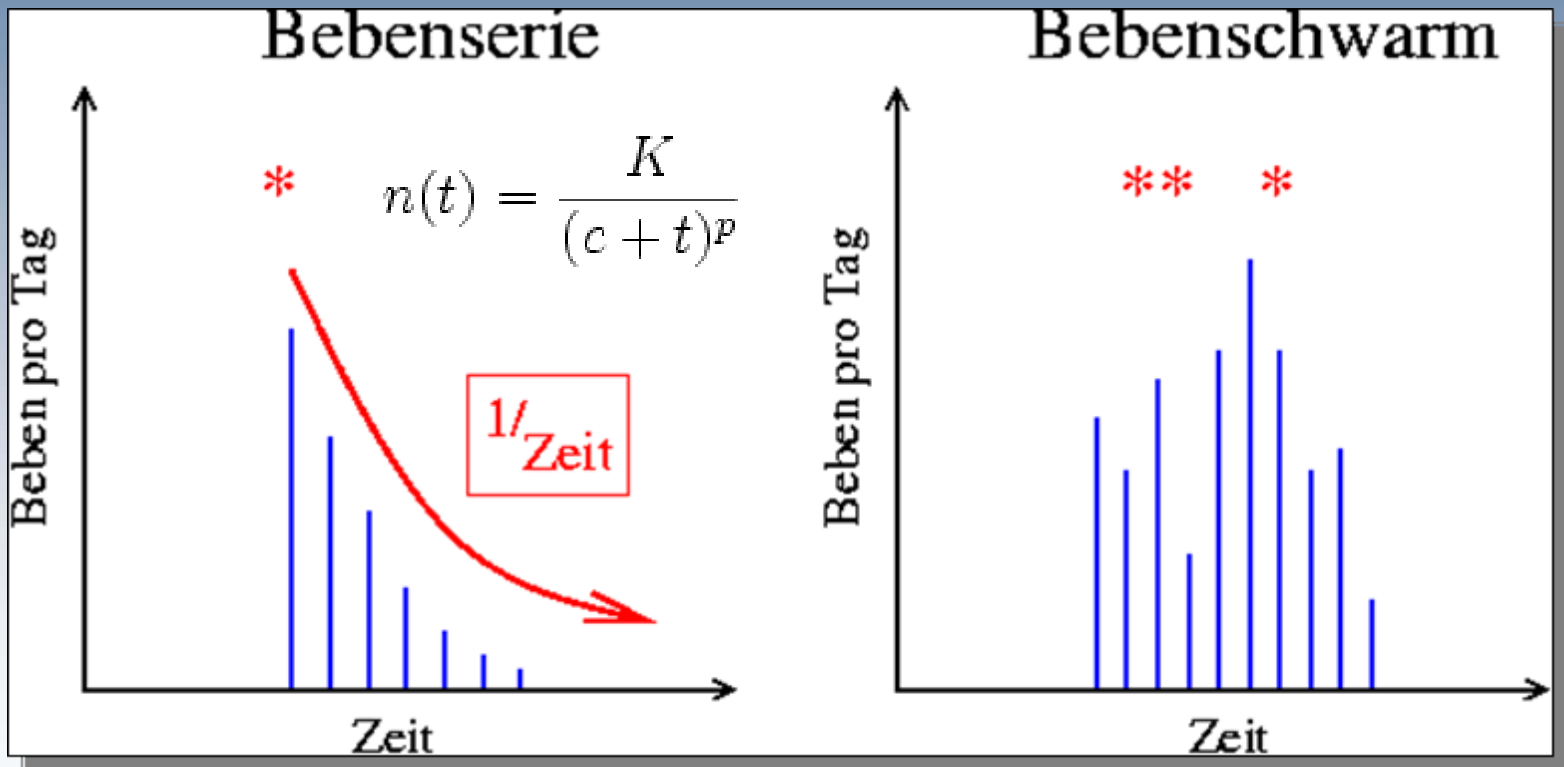
Früher: ISDN
Verbindung mit
Stationen alle
20Min.

Heute: DSL
permanent online

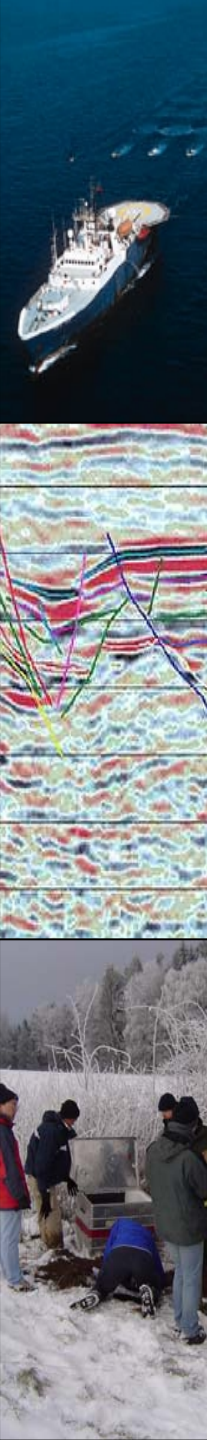
Erdbeben nahe Marktredwitz, 24.10.2002



Schwarmbeben - Omori's Law



Bath's law: Größtes Nachbeben ca. 1Magnitude geringer als Hauptbeben



24 Hour Forecast of Aftershock Hazard - Mozilla Firefox

Datei Bearbeiten Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Hilfe

http://pasadena.wr.usgs.gov/step/

Forecast for 01/22/2008 09:30 PM PST through 1/23/2008 09:30 PM PST

124°W 122°W 120°W 118°W 116°W 114°W

42°N 41°N 40°N 39°N 38°N 37°N 36°N 35°N 34°N 33°N

Eureka Ukiah Sacramento San Francisco San Jose Fresno Cone Pine Parkfield Bakersfield Needles Los Angeles San Diego

0 100 200 km

Fertig

What Is This Map?


How Do We Make This Map?


What Are Aftershocks, Foreshocks and Earthquake Clusters?

How Can I Use This?

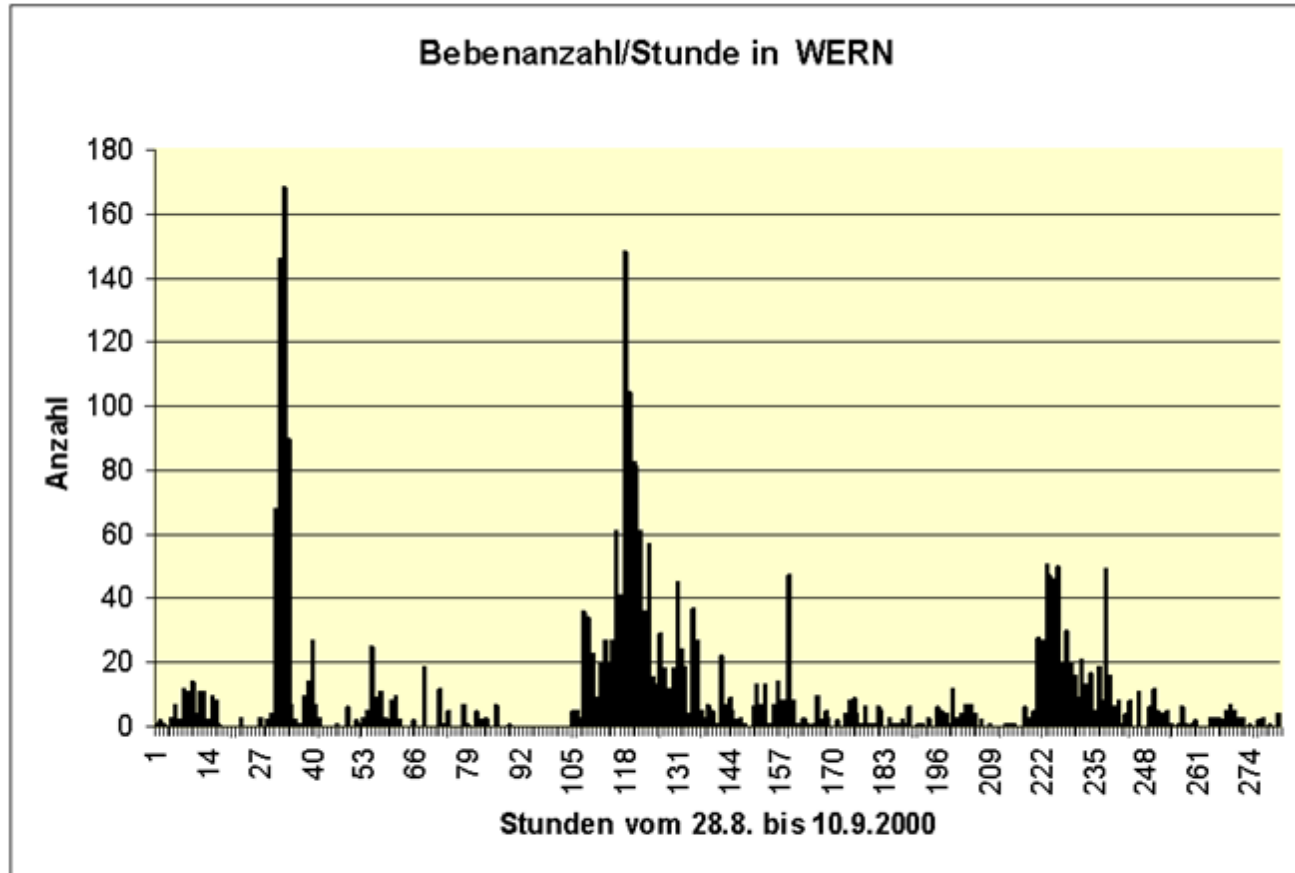
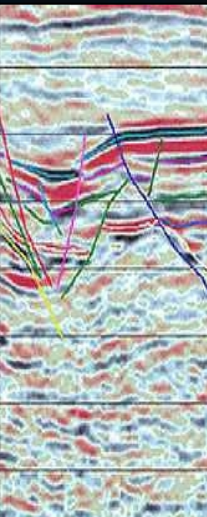
Map Archive

These maps are made with contributions from ETH-Zurich, Switzerland, and the Southern California Earthquake Center

 **ETH**
Eidgenössische Technische Hochschule - Universität Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

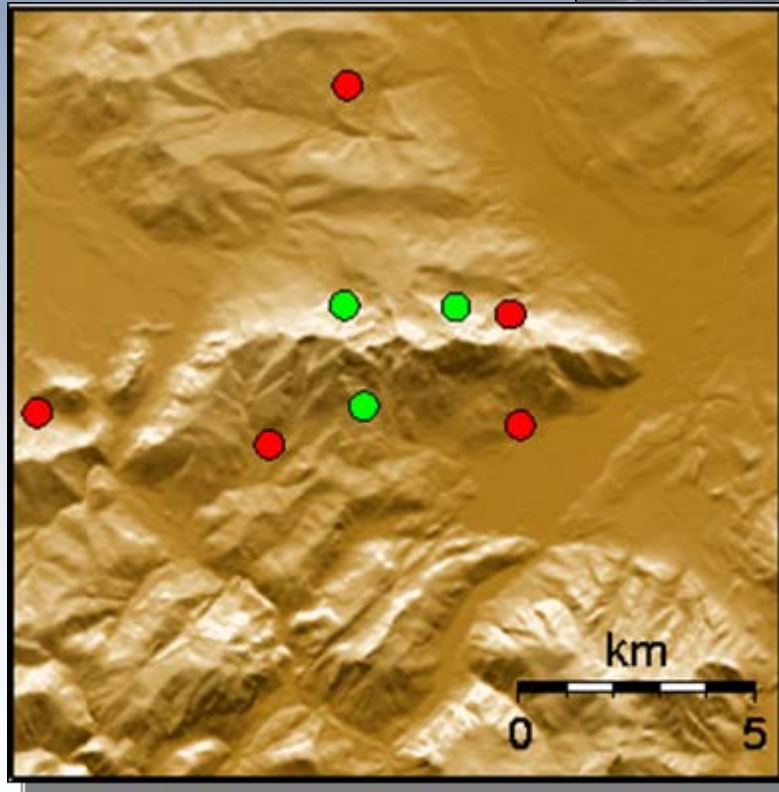
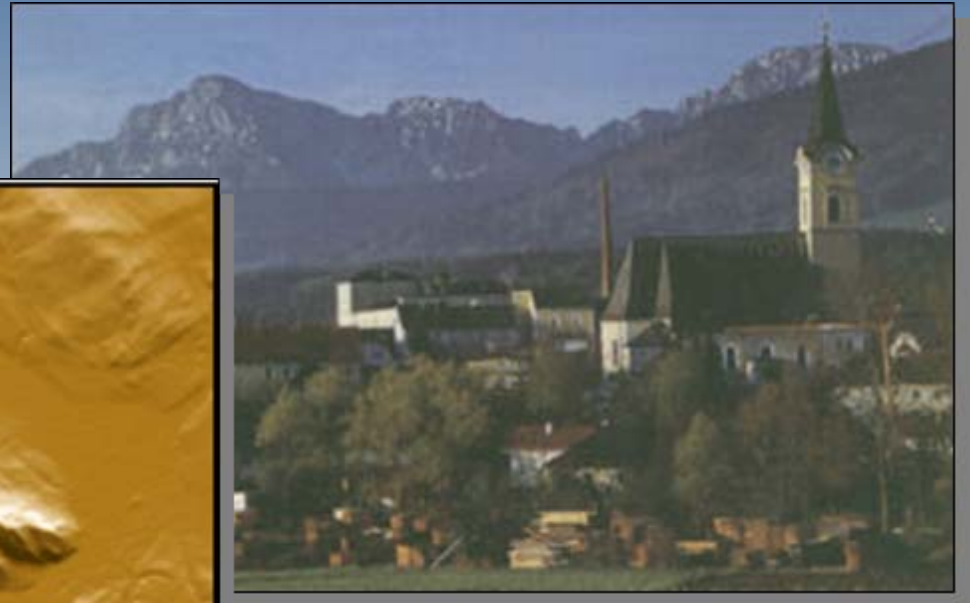
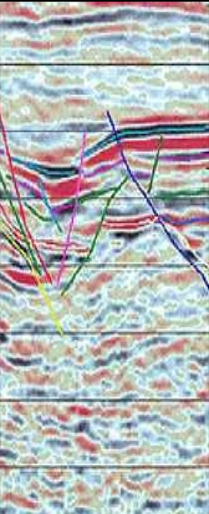
 **SC/EC**
an NSF+USGS center

Was sind Schwarmbeben? Beispiel: Vogtland



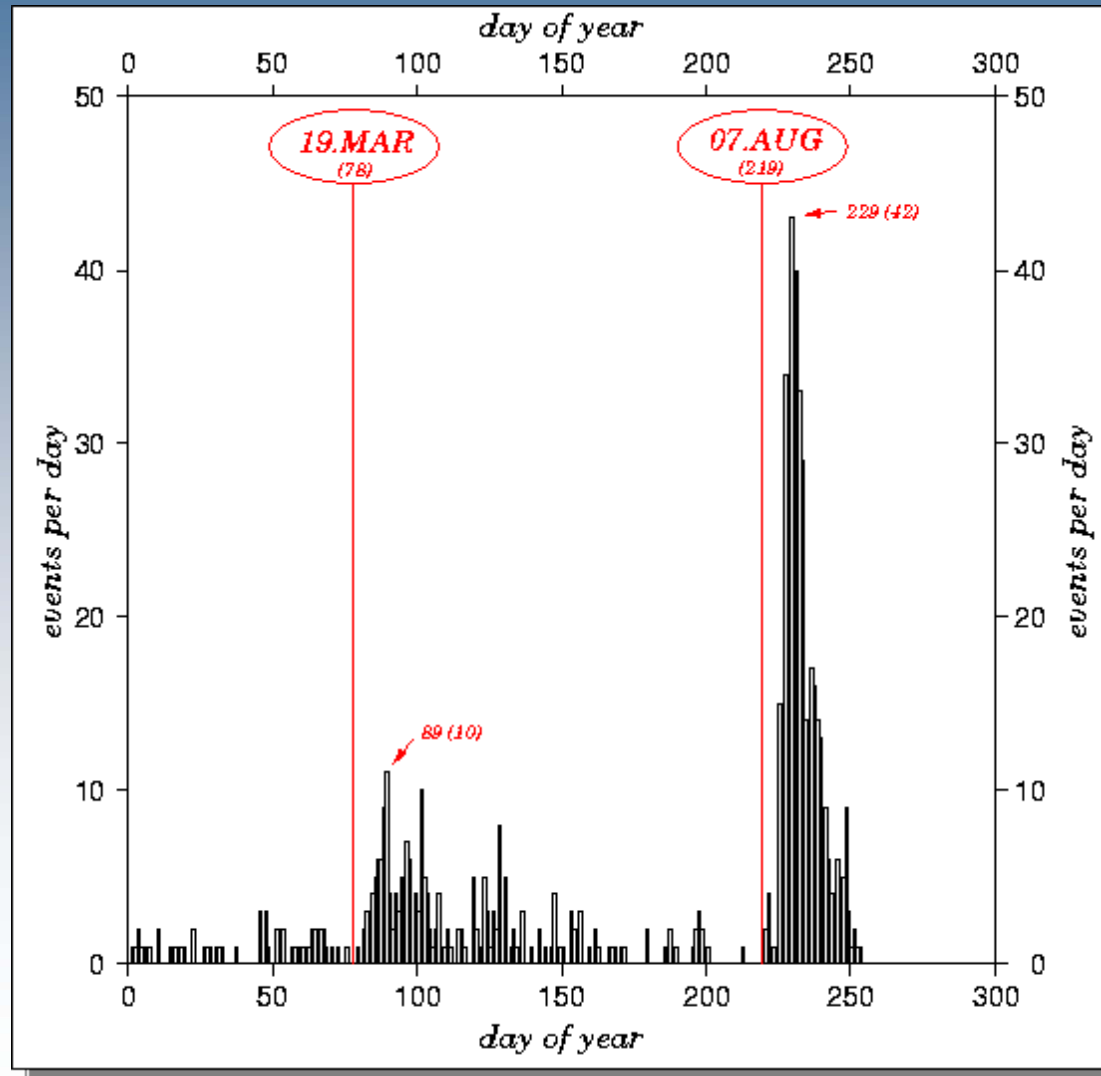
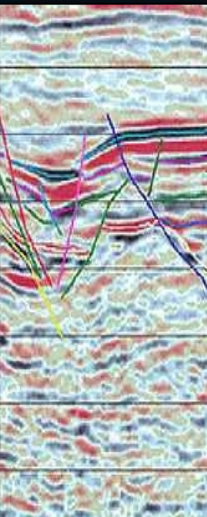
Schwarmbeben

Beispiel: Bad Reichenhall



Schwarmbeben

Beispiel: Bad Reichenhall



Seismizität 2002 - Hochstufen

... die Regenfälle, die im August zum Hochwasser führten, hatten ihren Höhepunkt am Tag 218 ...



Zeitliche Korrelation

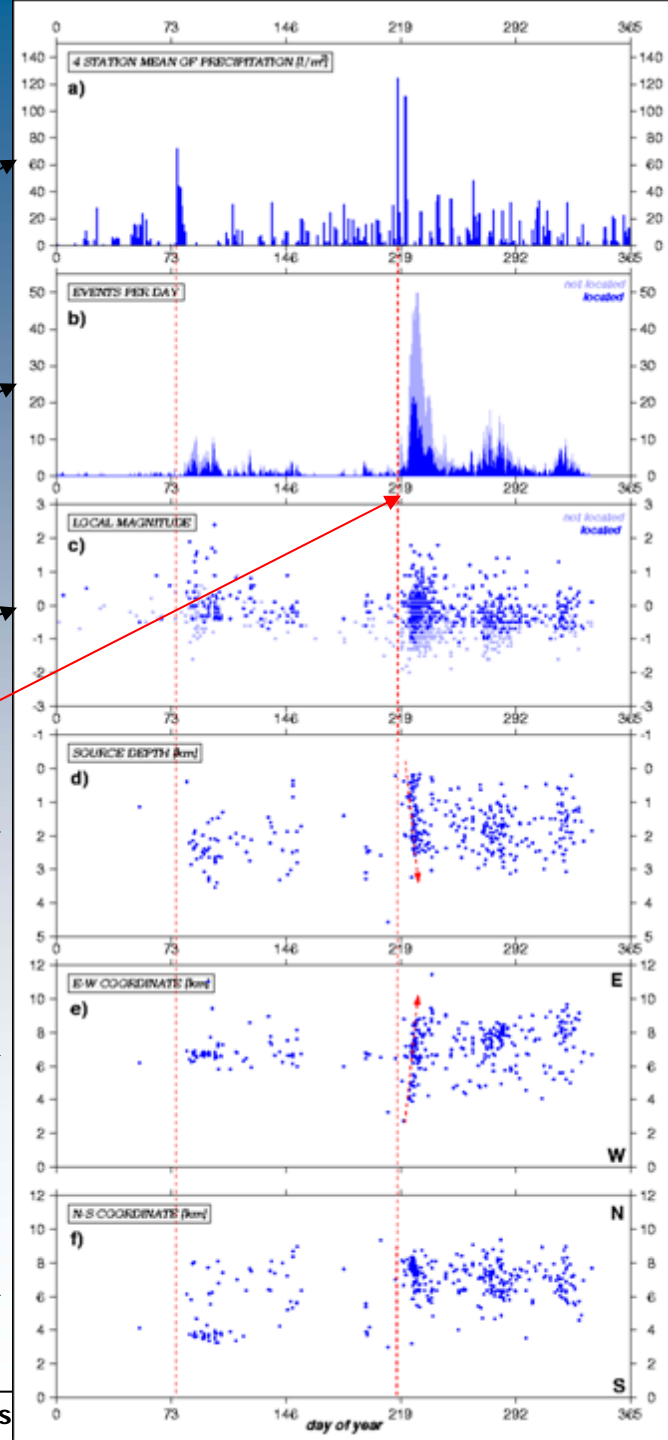
Regen 2002

Erdbeben 2002

Magnituden

Beginn des Hochwassers

Herdkoordinaten



Erdbebenlokalisierung

Was beobachten wir?

- Ankunftszeiten von P und S Wellen an verschiedenen Stationen

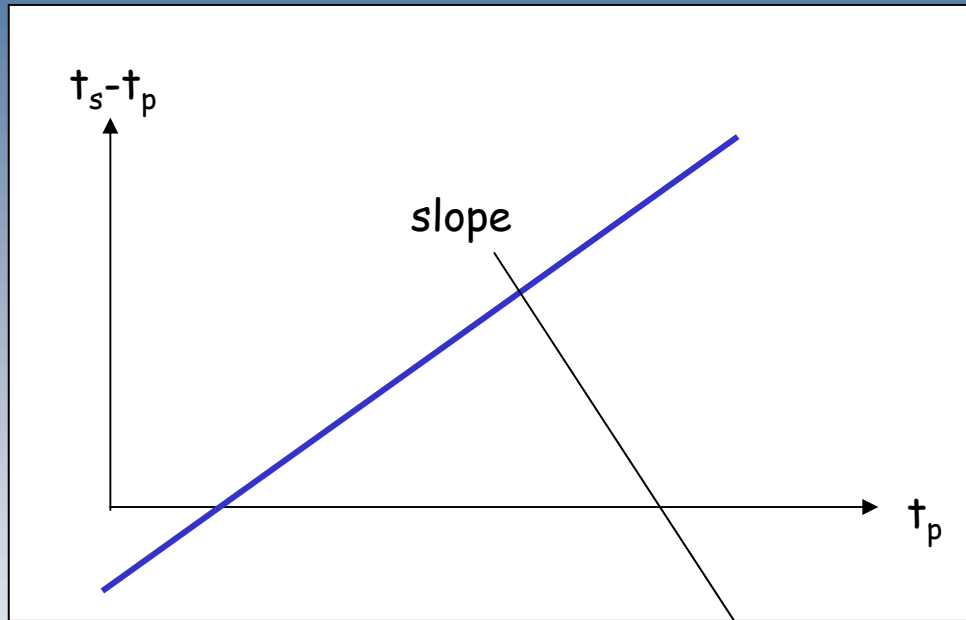
Was wollen wir wissen?

- Herdzeit des Erdbebens
- Epizentrum und Tiefe

Wir nehmen an das Erdbeben passiert zur Zeit t_0 und wir kennen die seismischen Eigenschaften des (homogenen) Mediums v_p (Wellen) and v_s (Wellen). Für eine Station mit der Distanz Δ gilt:

$$v_P = \frac{\Delta}{t_P - t_0}, \quad v_S = \frac{\Delta}{t_S - t_0}$$

Wadati Diagramm



... nach kurzer Rechnung ...

$$(t_S - t_P) = \left(\frac{v_P}{v_S} - 1\right)(t_P - t_0)$$

$$y = a \quad x$$

Erdbebenlokalisierung

Mit der Steigung $v_p/v_s - 1$ des Diagramms können wir v_p/v_s bestimmen. Damit ergibt sich für die Herdzeit:

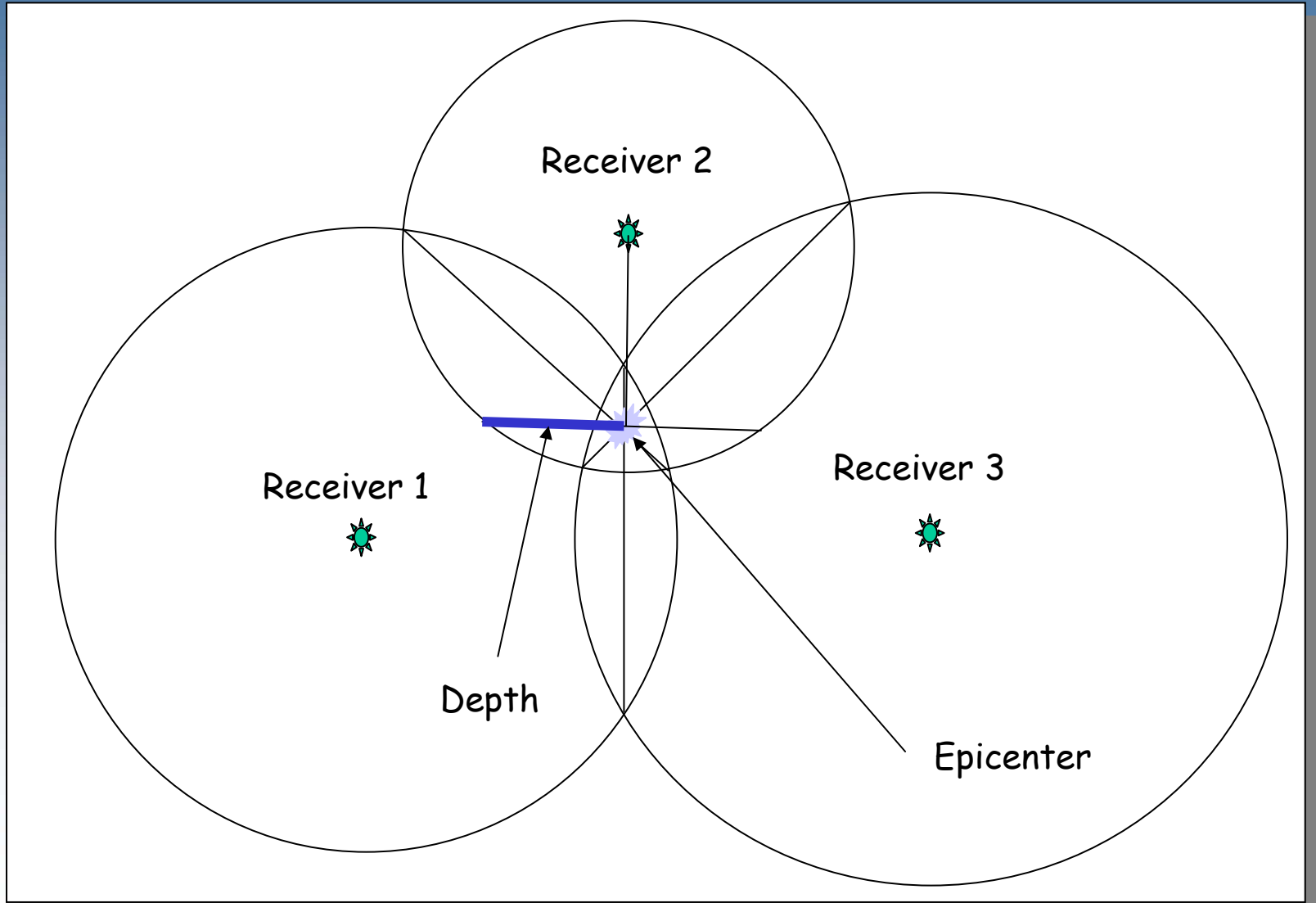
$$t_0 = t_P - \frac{t_S - t_P}{\frac{v_P}{v_S} - 1}$$

Und die Entfernung des Erdbebens von der Station i mit P Ankunftszeit t_{Pi}

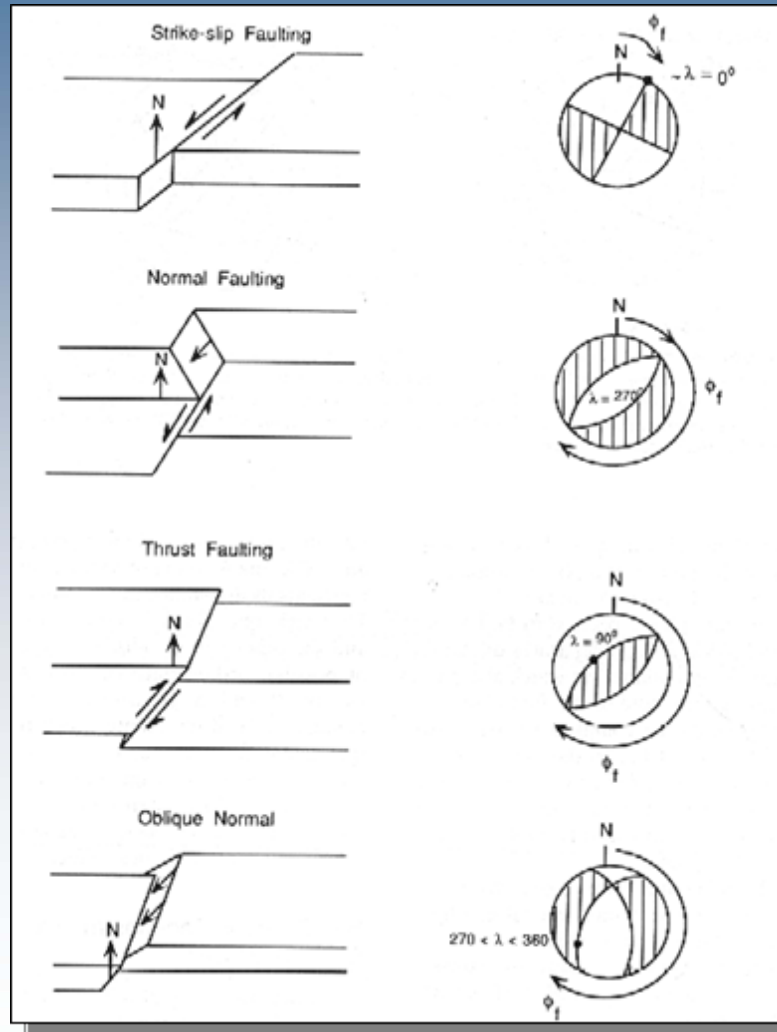
$$\Delta_i = v_P (t_{Pi} - t_0)$$

Wir können wir Epizentrum und Tiefe bestimmen?

Epizentrum und Herdtiefe

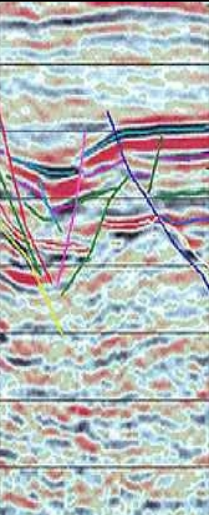


Verwerfungen - Herdmechanismen

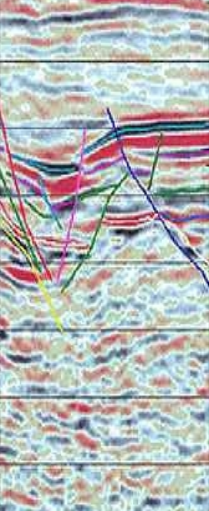


Die Grundtypen
der Verwerfungen
und die
entsprechenden
Herdmechanismen.
Die dunklen
Regionen
entsprechen
Kompressionen.

Verwerfung



Fault scarps



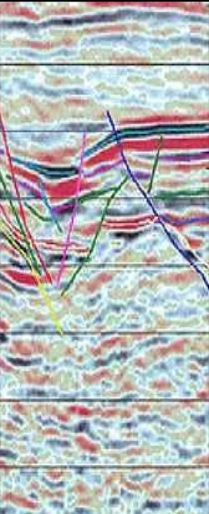
California



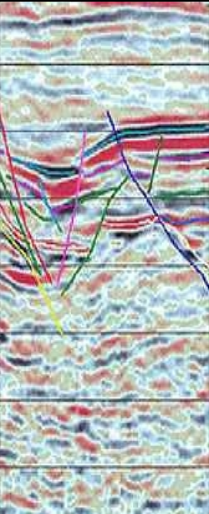
Fault scarps



California



Fault scarps



Taiwan

Dislokationsquelle "Double Couple" (Scherbruch)

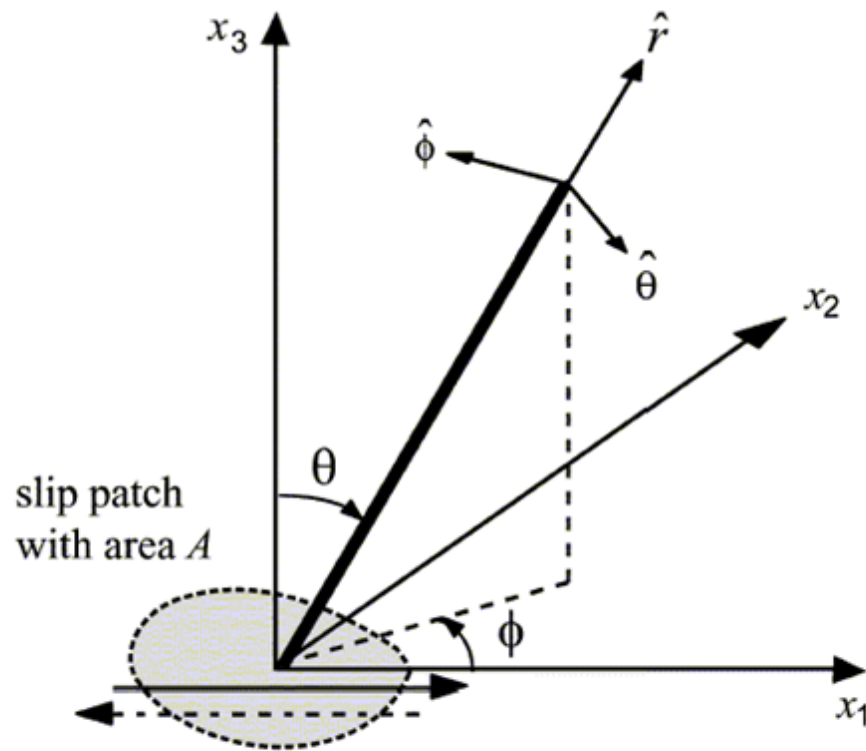
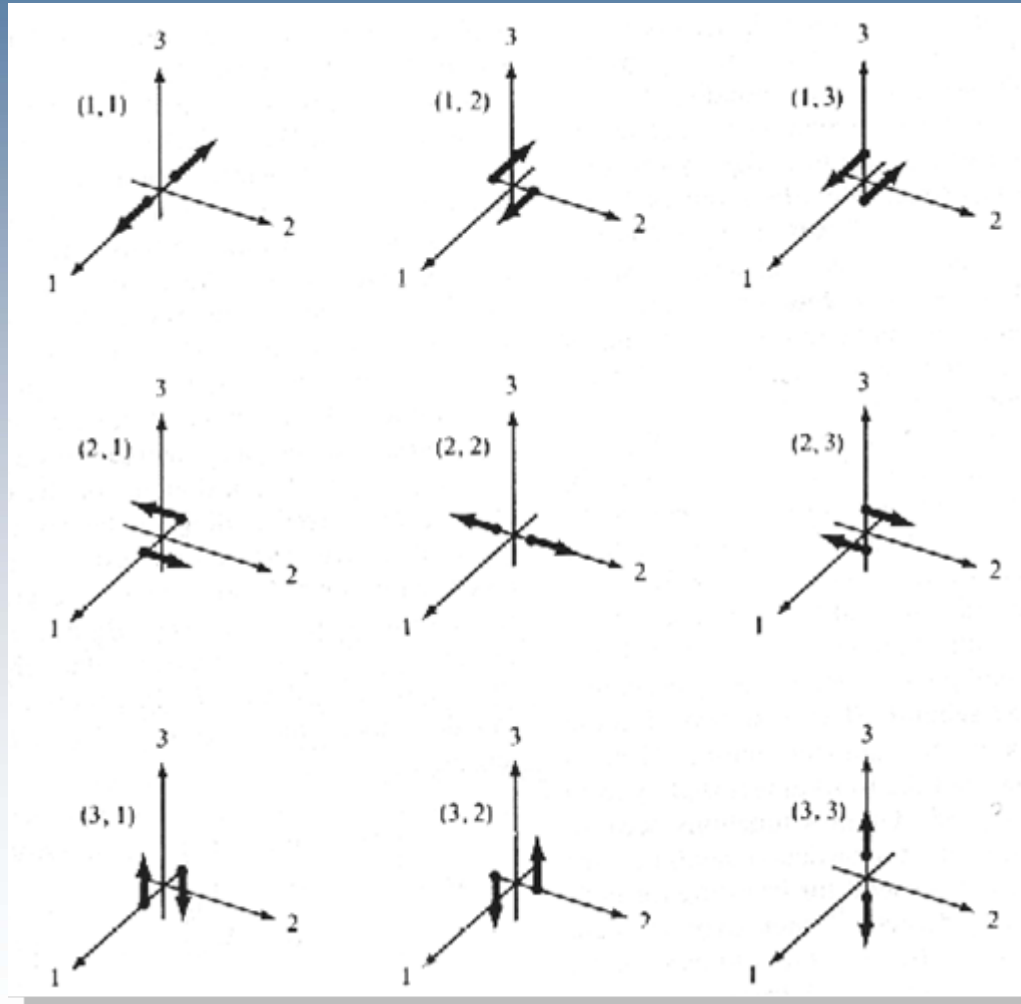
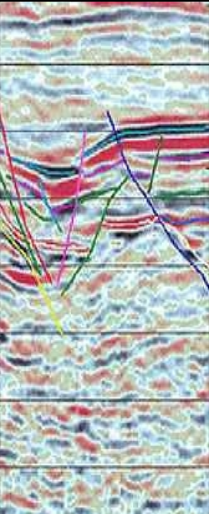
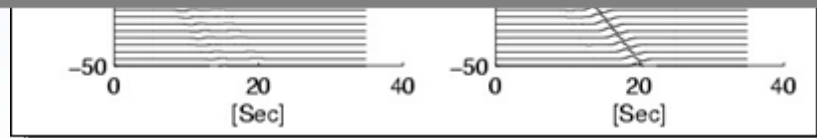
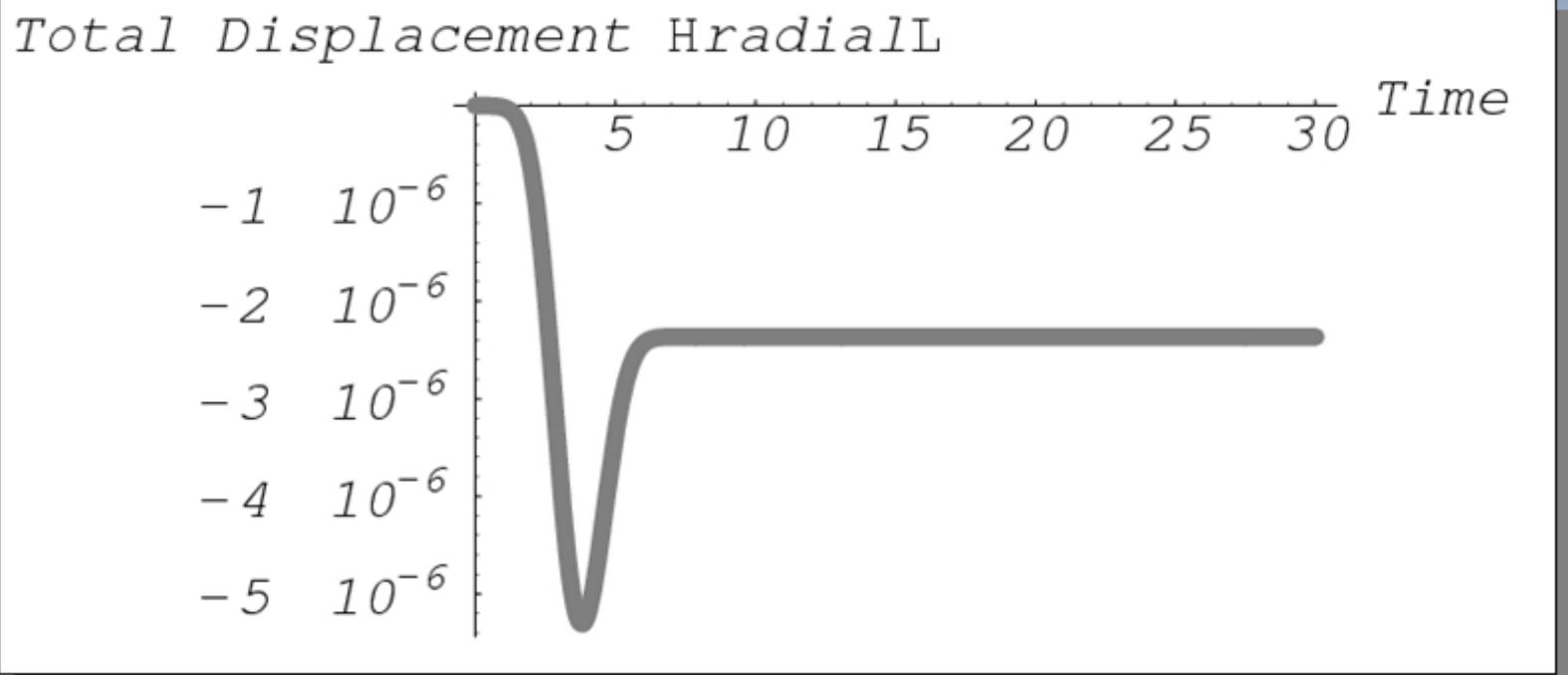
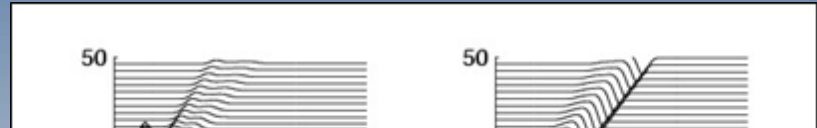
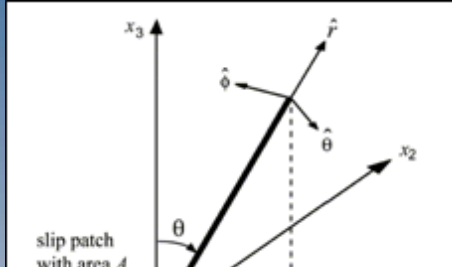
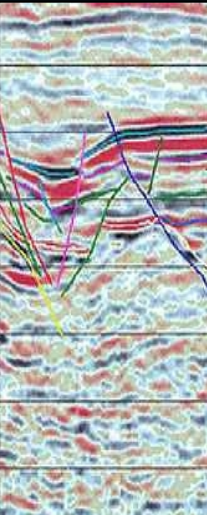


FIGURE 5 Cartesian and polar coordinate systems for analysis of radiation by a slip patch with area A and average slip $\langle \Delta u(t) \rangle$.

Momententensor Kräftepaare

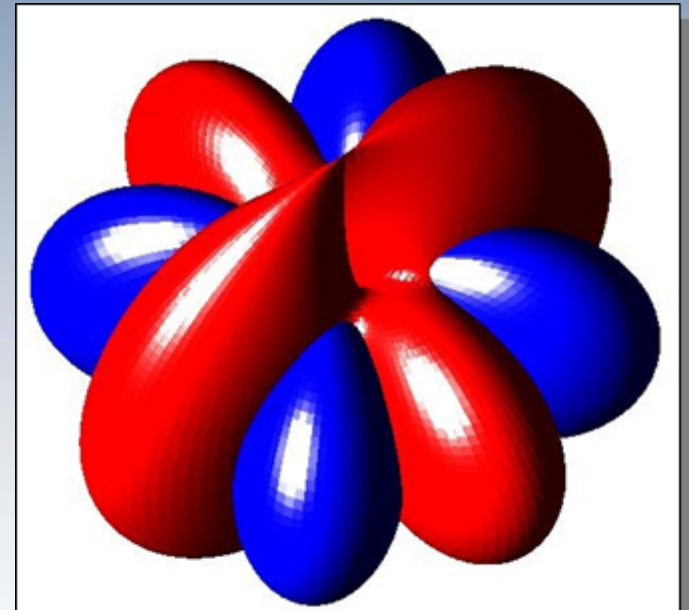
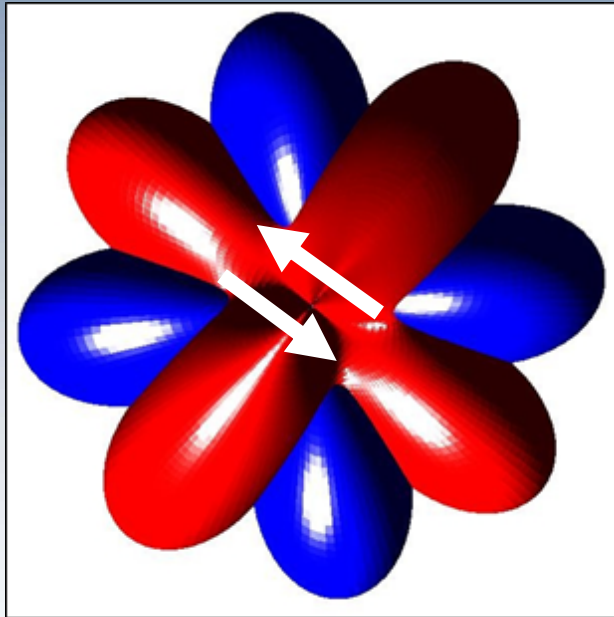


Velocity seismograms-M6.5 point source

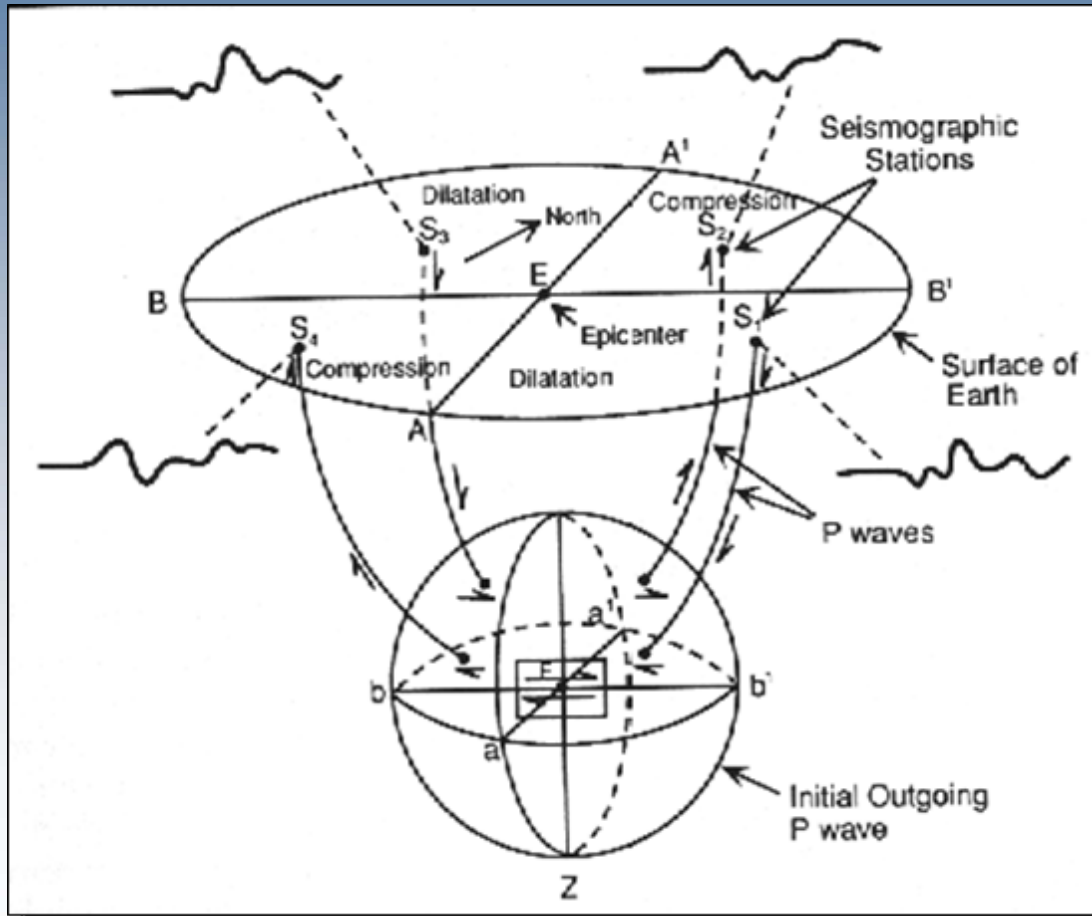


Abstrahlcharakteristika von Punktquellen

P - blue
S - red















Scherdislokation - Bestimmung von Herdmechanismen



P Polarisationen in verschiedenen Richtungen werden zur Abschätzung der Lage der Verwerfungsfläche herangezogen

Beachballs und Momententensoren

Moment Tensor	Beachball	Moment Tensor	Beachball
$\frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$		$-\frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	
$-\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$	
$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	
$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$	
$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \end{pmatrix}$		$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	
$\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$		$-\frac{1}{\sqrt{6}} \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	

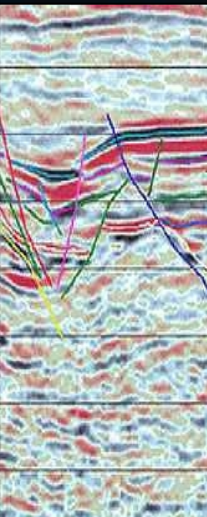
explosion - implosion

vertical strike slip fault

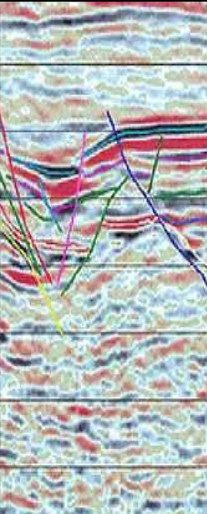
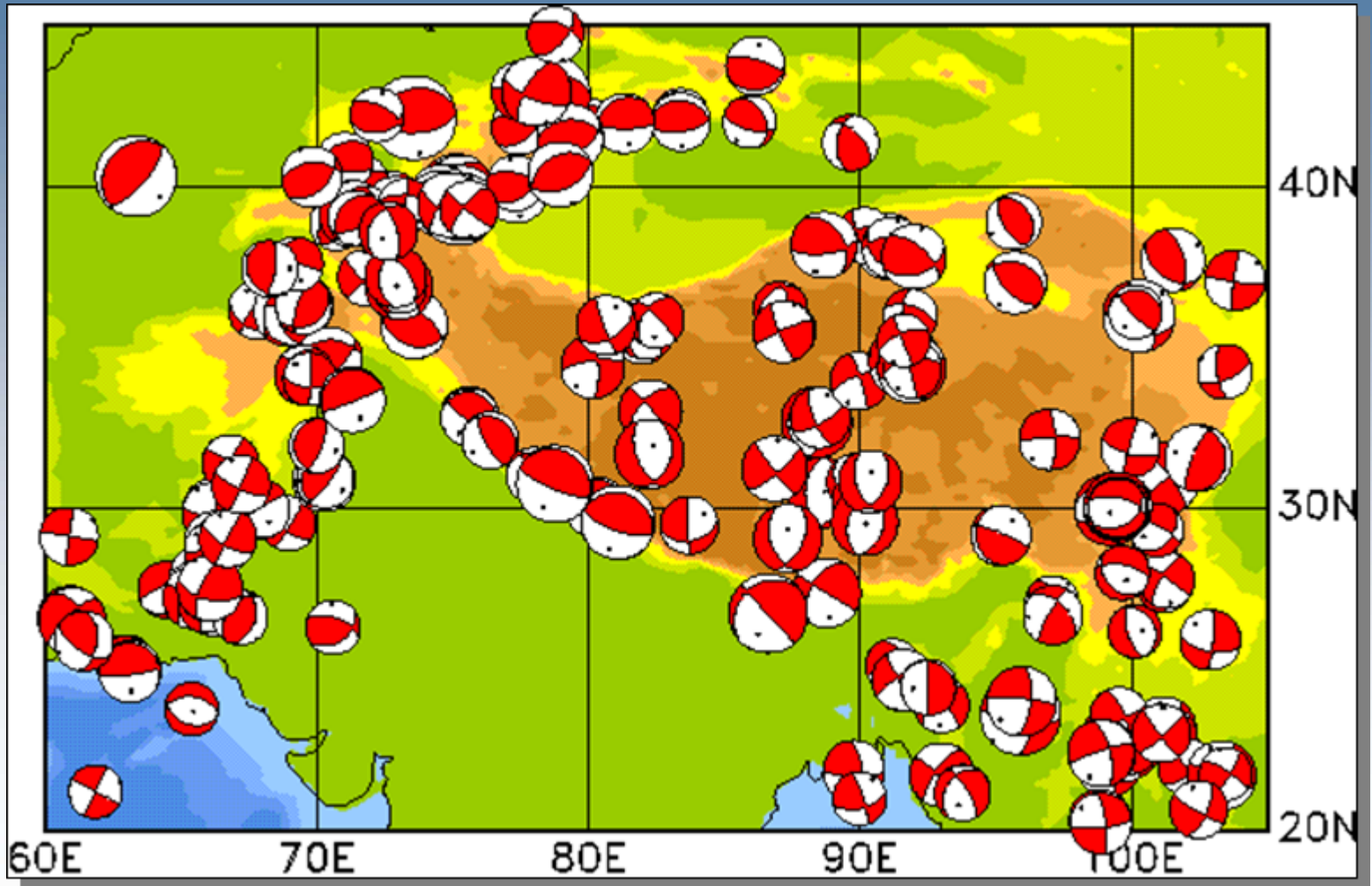
vertical dip slip fault

45° dip thrust fault

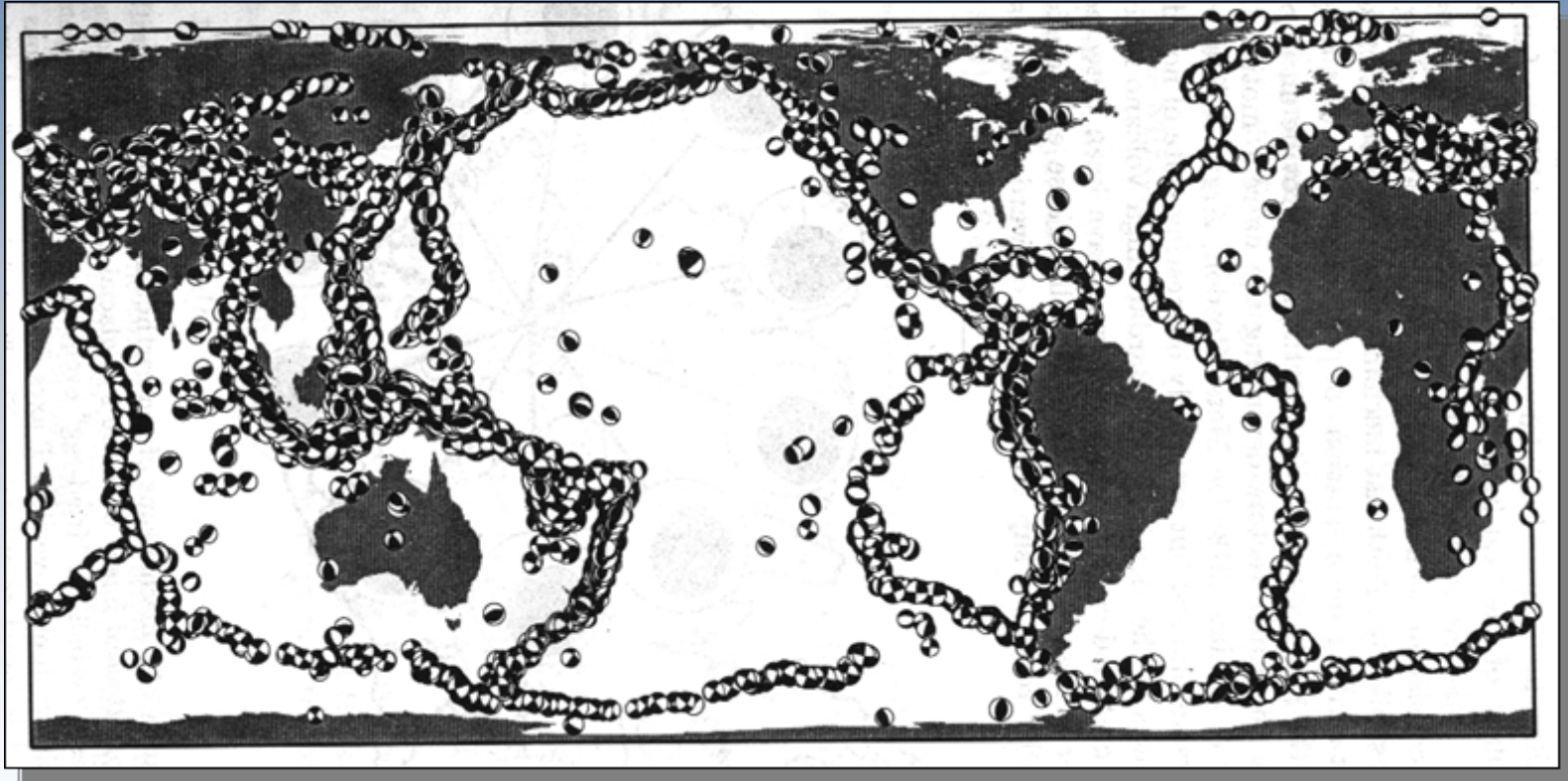
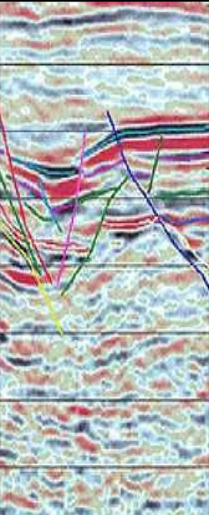
compensated linear vector dipoles



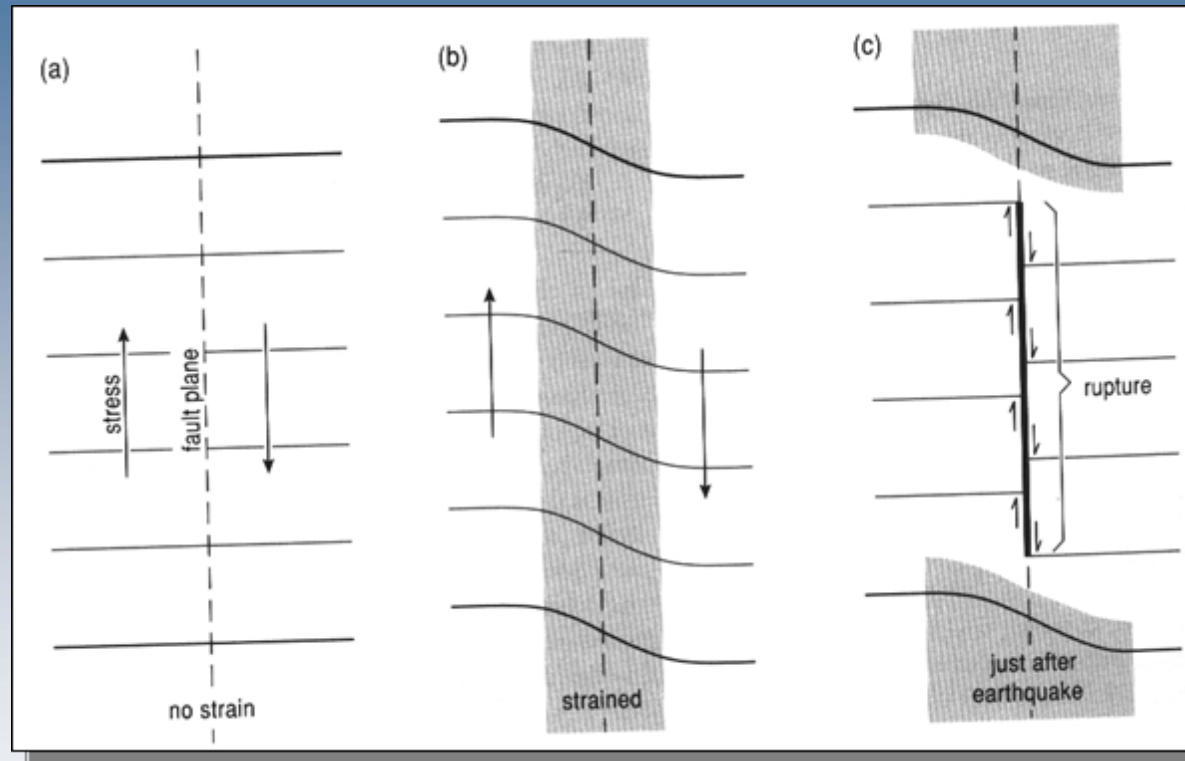
Beachballs - Himalaya



Beachballs - global

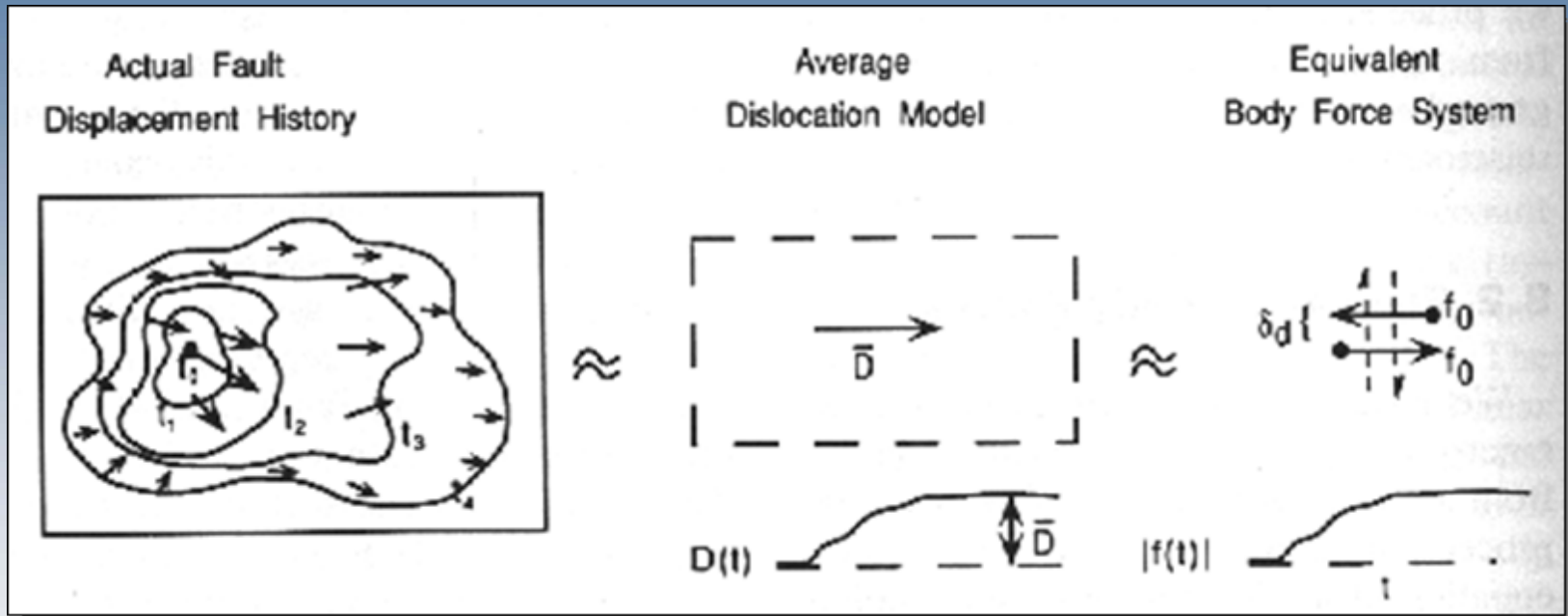


Elastic rebound (Reid, 1910)



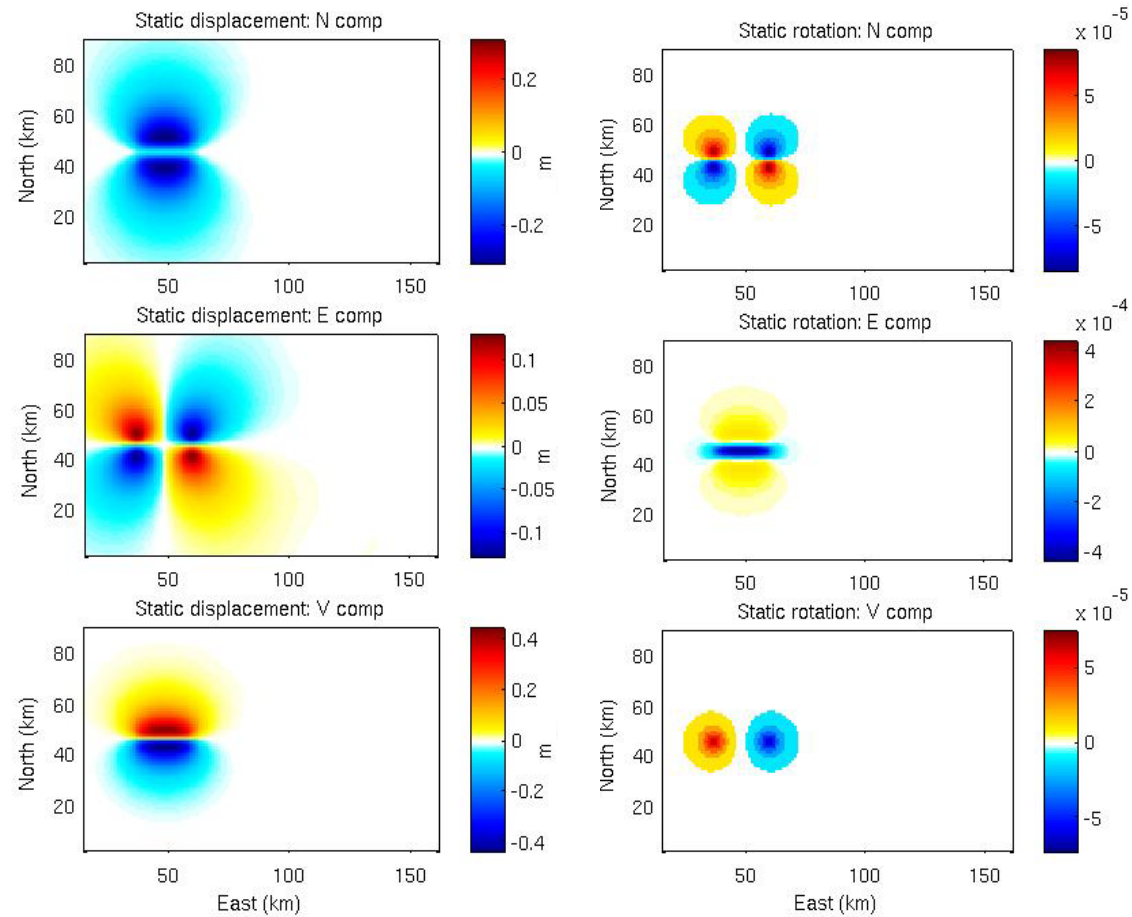
Wir wollen die beobachtete Verschiebung an der Oberfläche mit der Stärke (Magnitude) eines Bebens in Zusammenhang bringen!
Wie können wir die Stärke quantifizieren?

Equivalent Forces: concepts

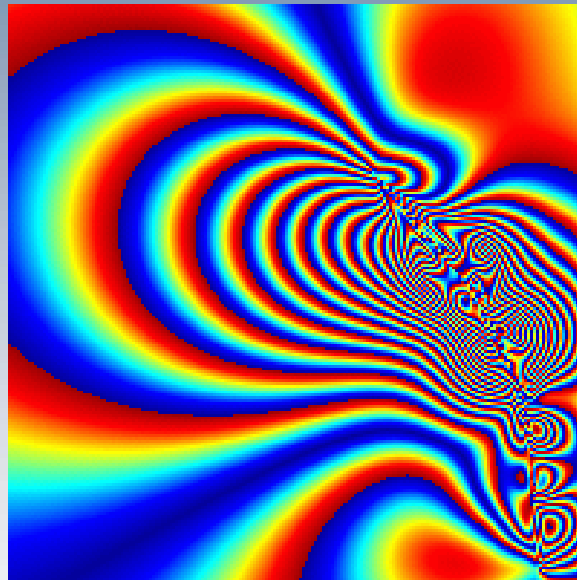
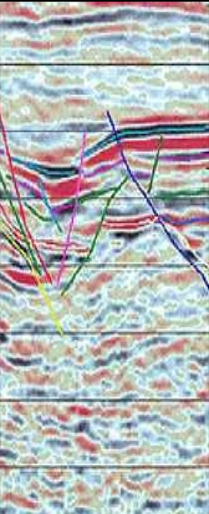


The actual slip process is described by superposition of equivalent forces acting in space and time.

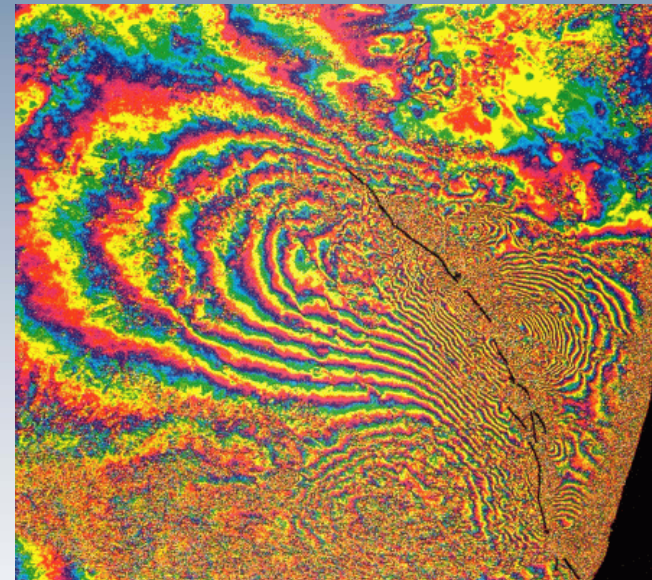
Statische Deformation - Rotation



Co-seismische Deformation



Simulierte Deformation



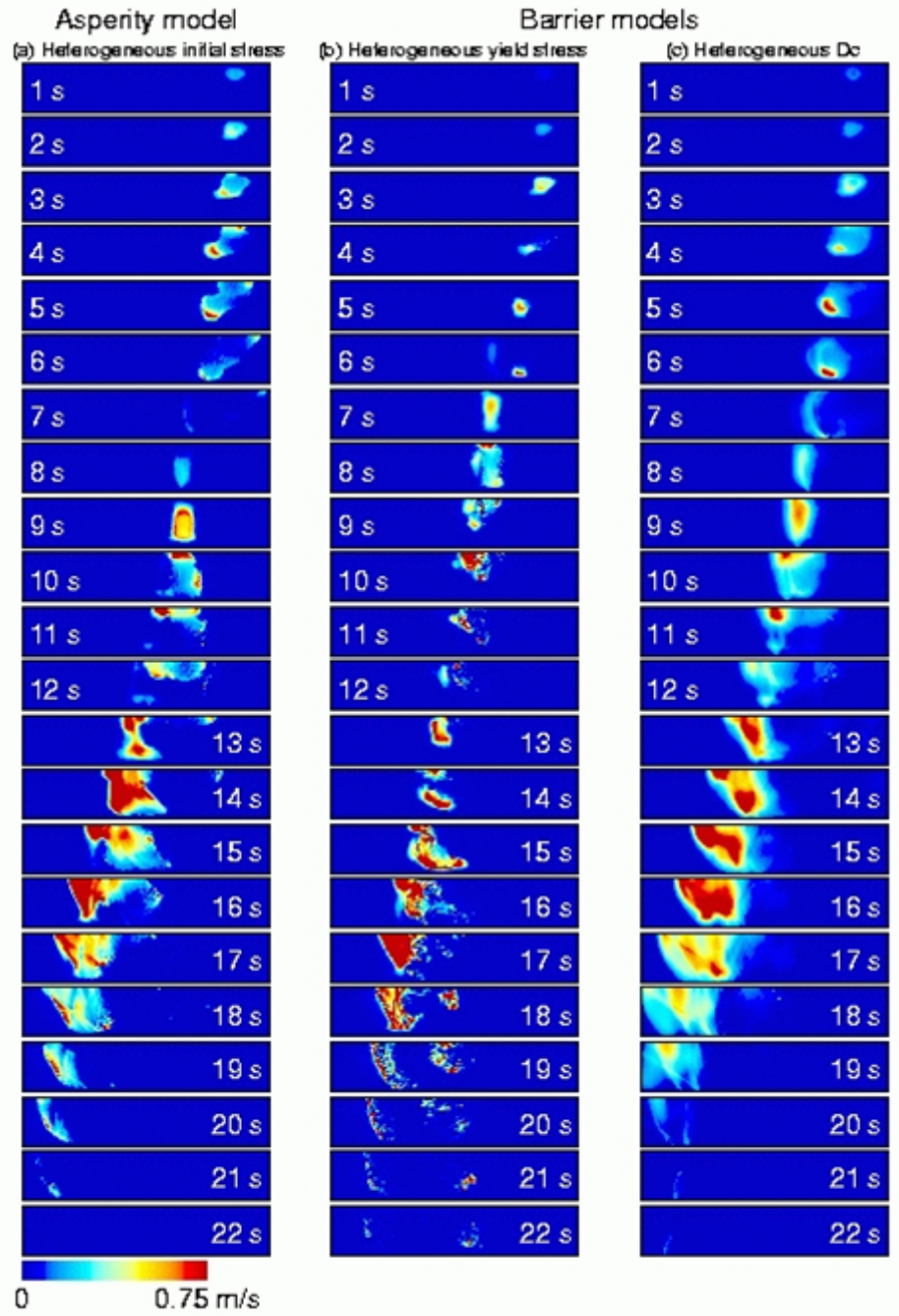
Beobachtete Deformation

Source Kim Olsen, UCSB

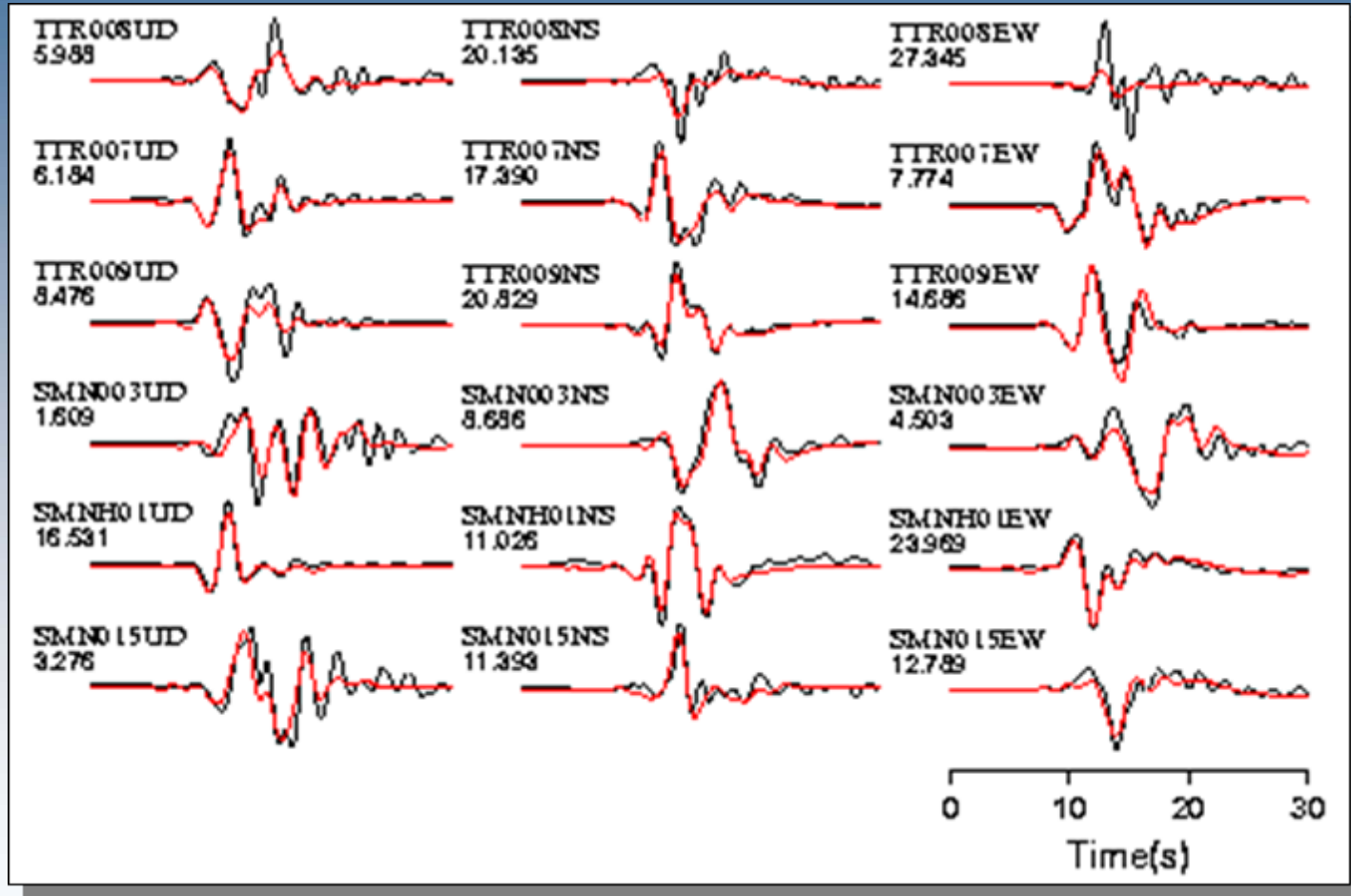
Source kinematics

Slip rate as a function of various fault conditions (Landers earthquake)

Source: K Olsen, UCSB



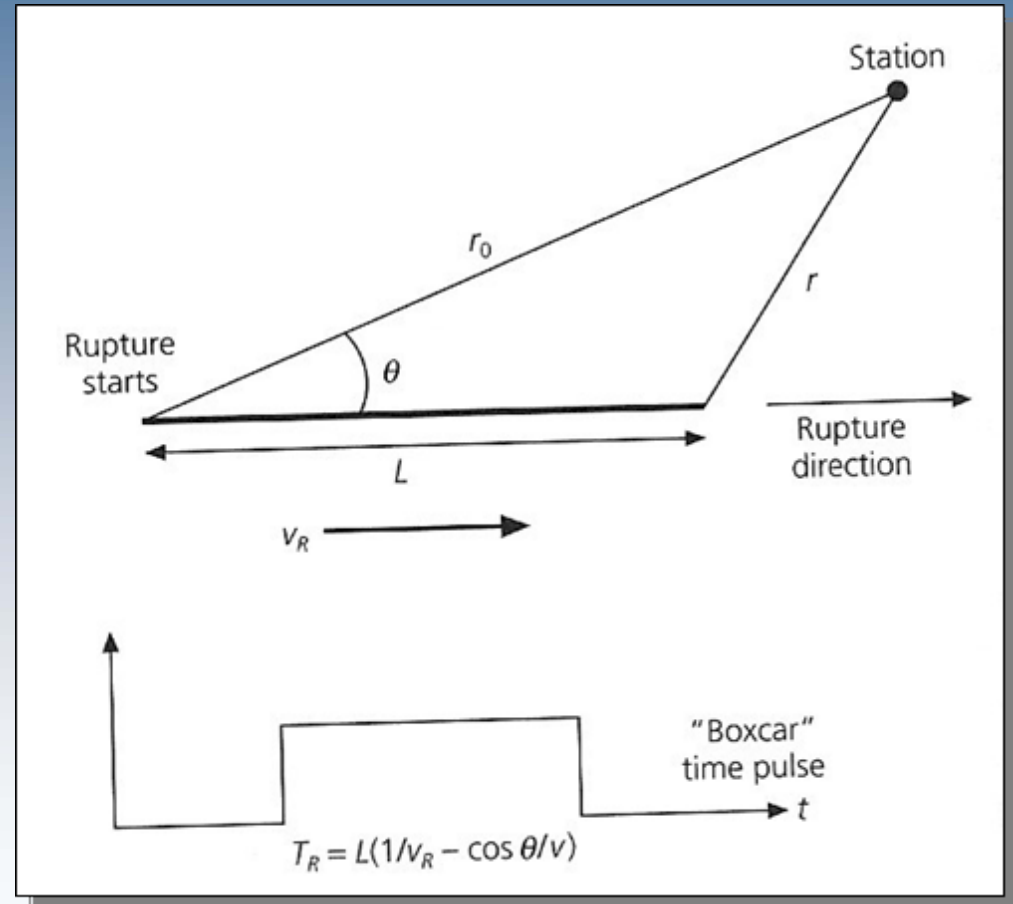
Source kinematics



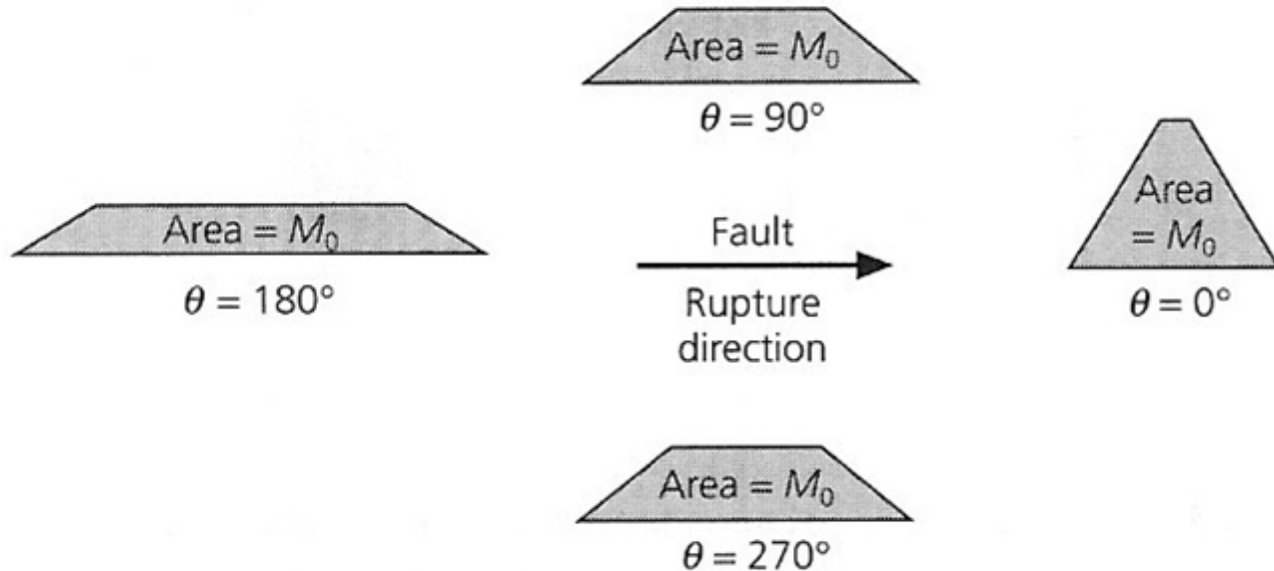
Source directivity

When a finite fault ruptures with velocity v_r , the time pulse is a boxcar with duration

$$T_R = L(1/v_r - \cos(\theta/v))$$



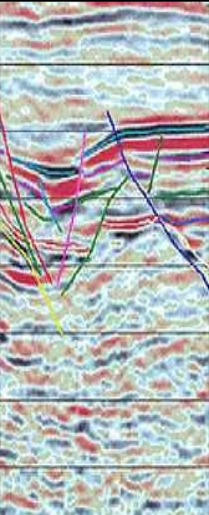
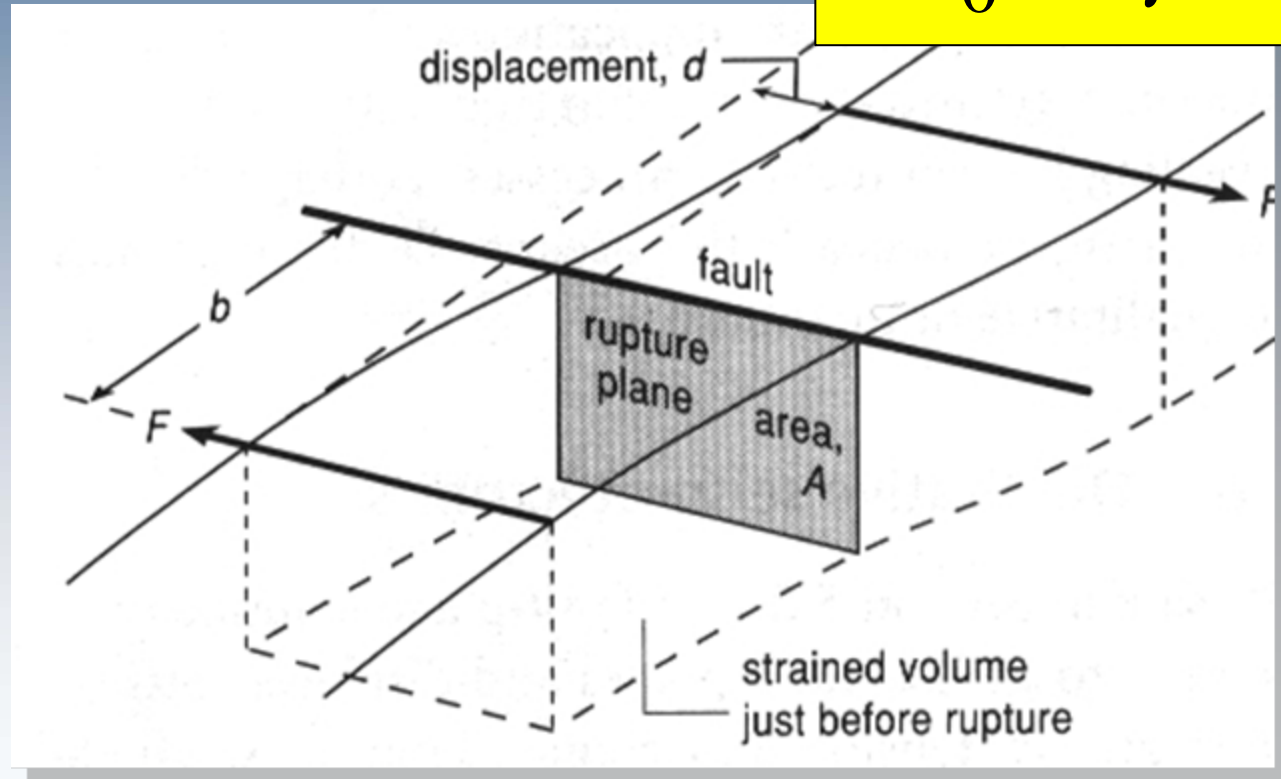
Source directivity



The energy radiation becomes strongly anisotropic (Doppler effect). In the direction of rupture propagation the energy arrives within a short time window.

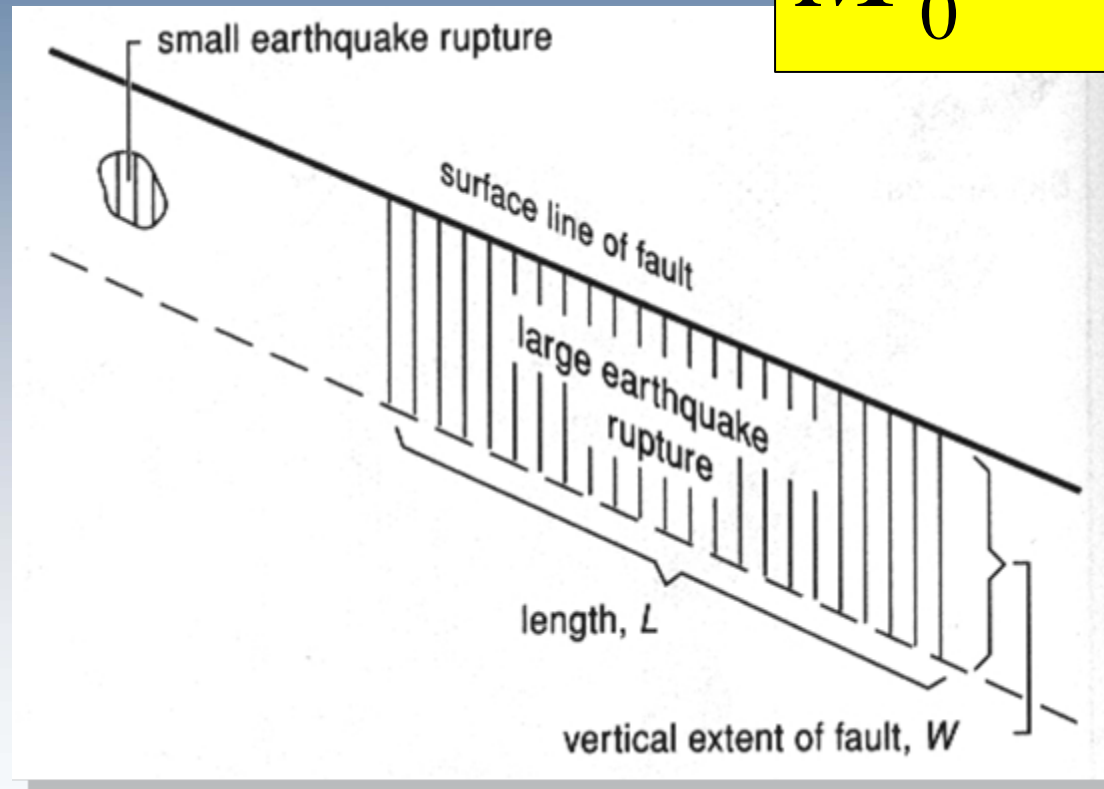
Seismic moment

$$M_0 = \mu A d$$



Seismic moment

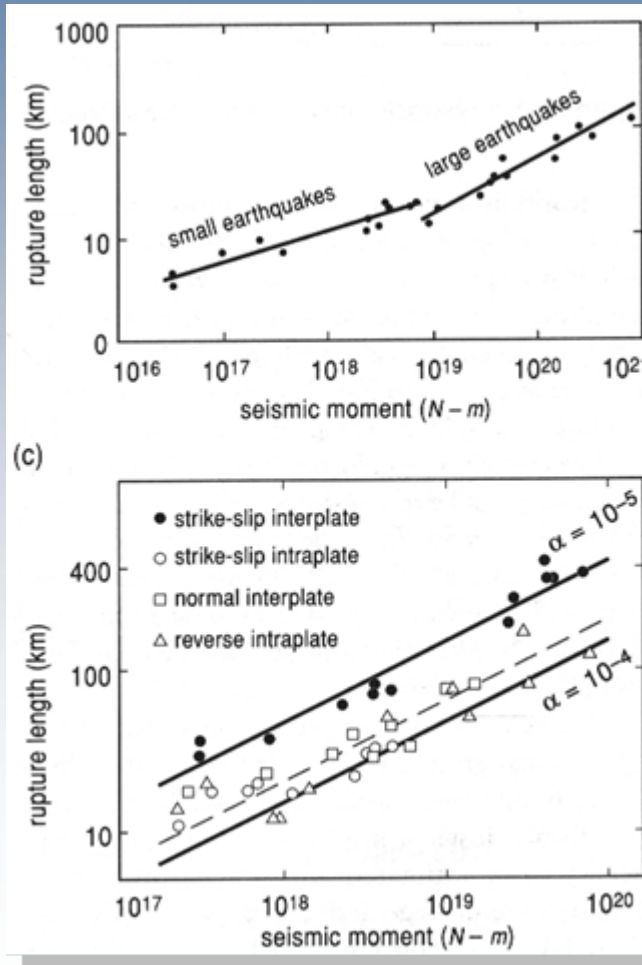
$$M_0 = \mu A d$$



$$M_w = \frac{2}{3} \left(\log_{10} \frac{M_0}{\text{N} \cdot \text{m}} - 9.1 \right) = \frac{2}{3} \left(\log_{10} \frac{M_0}{\text{dyn} \cdot \text{cm}} - 16.1 \right)$$

Seismic moment

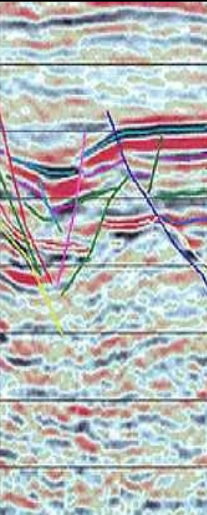
$$M_0 = \mu A d$$



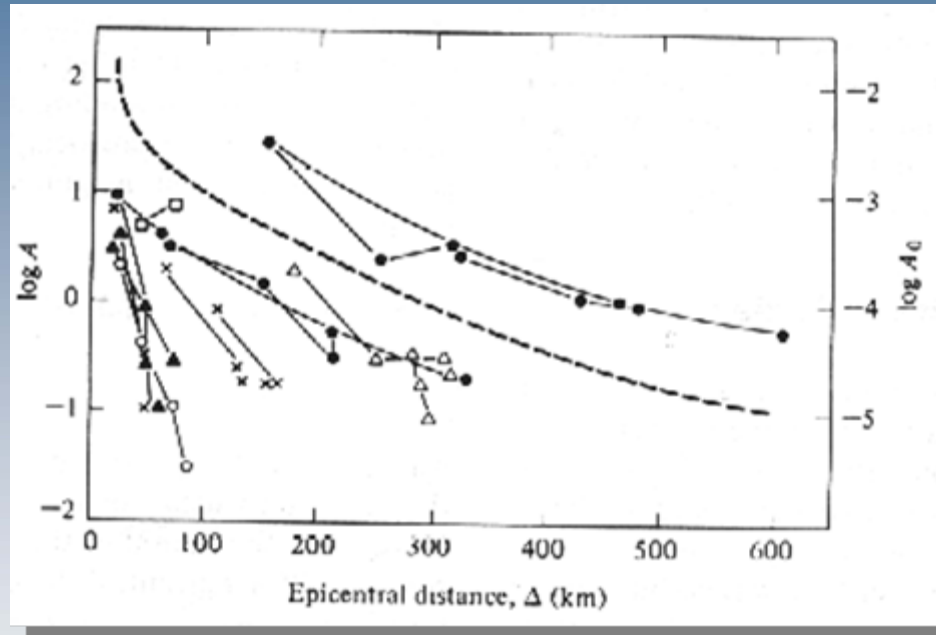
There are differences in the scaling of large and small earthquakes

Seismic energy (Examples)

Richter Magnitude	TNT for Seismic Energy Yield	Example (approximate)
-1.5	6 ounces	Breaking a rock on a lab table
1.0	30 pounds	Large Blast at a Construction Site
1.5	320 pounds	
2.0	1 ton	Large Quarry or Mine Blast
2.5	4.6 tons	
3.0	29 tons	
3.5	73 tons	
4.0	1,000 tons	Small Nuclear Weapon
4.5	5,100 tons	Average Tornado (total energy)
5.0	32,000 tons	
5.5	80,000 tons	Little Skull Mtn., NV Quake, 1992
6.0	1 million tons	Double Spring Flat, NV Quake, 1994
6.5	5 million tons	Northridge, CA Quake, 1994
7.0	32 million tons	Hyogo-Ken Nanbu, Japan Quake, 1995; Largest Thermonuclear Weapon
7.5	160 million tons	Landers, CA Quake, 1992
8.0	1 billion tons	San Francisco, CA Quake, 1906
8.5	5 billion tons	Anchorage, AK Quake, 1964
9.0	32 billion tons	Chilean Quake, 1960
10.0	1 trillion tons	(San-Andreas type fault circling Earth)
12.0	160 trillion tons	(Fault Earth in half through center, OR Earth's daily receipt of solar energy)



Magnitude - Richter



Maximalamplituden als Funktion des Abstands für Beben in Kalifornien

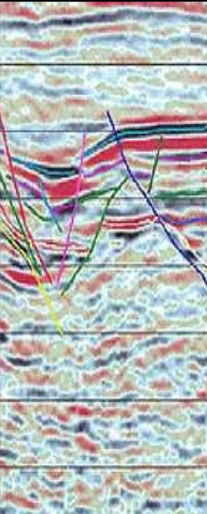
Die Amplituden nehmen systematisch ab mit der Distanz von der Quelle.

Richter Skala

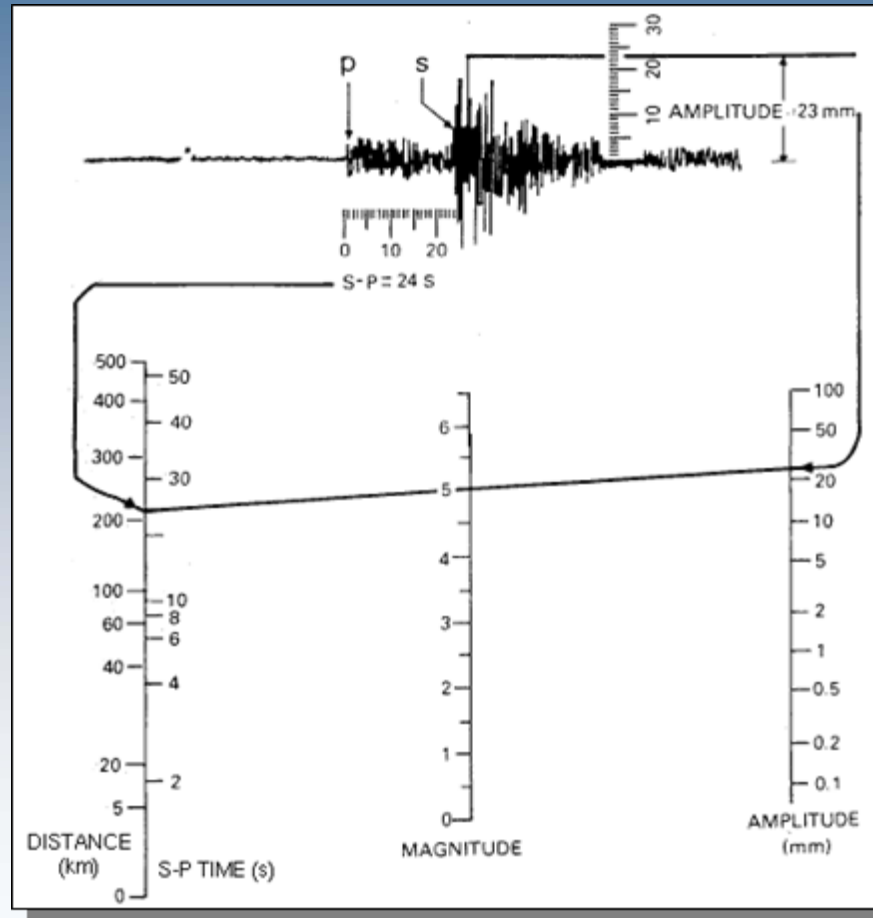
$$\frac{A_2}{A_1} = \text{const.}$$

$$\log \frac{A_2}{A_1} = \log A_2 - \log A_1 = \text{const}$$

Definition: Ein Beben - aufgezeichnet mit einem Wood-Anderson Seismometer in einer Distanz von 100km erzeugt eine Amplitude von 1mm und hat die Magnitude $M_L=3$.



Richter Skala



Grafische
Bestimmung der
Magnitude

$$M_L = \log_{10} A(\text{mm}) + (\text{Distance correction factor})$$

Magnituden Skalen

$$M = \log(A/T) + f(\Delta, h) + C_s + C_r$$

M seismische Magnitude

A Amplitude

T Periode

f Korrektur für Distanz

C_s Korrektur für Standort

C_r Korrektur für Empfänger

M_L Local magnitude

M_b body-wave magnitude

M_s surface wave magnitude

M_w energy release

Magnituden Skala - Richter und andere

Local Magnitude M_L

$$M_L = \log A - \log A_0$$

$$M_L = \log A + 0.003R + 0.7$$

$-\log A_0$ from tables or
R distance in km, A in mm
Domain: $R < 600\text{km}$

Surface wave magnitude M_S

$$M_S = \log(A / T) + 1.66 \log D + 3.3$$

$T=18-22\text{s}$, $D=20-160^\circ$, $h < 50\text{km}$

Body wave magnitude M_b

$$M_b = \log(A / T) + Q(D, h)$$

$T=0.1-3.0\text{s}$

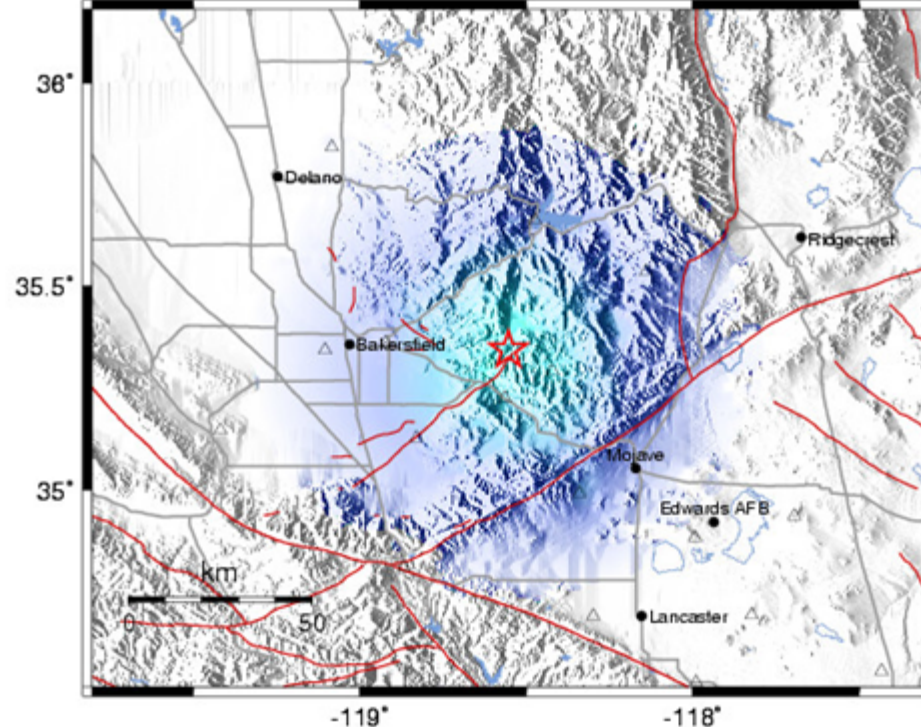
Mercalli Intensity und Richter Magnitude

Magnitude	Intensity	Description
1.0-3.0	I	I. Not felt except by a very few under especially favorable conditions.
3.0 - 3.9	II - III	II. Felt only by a few persons at rest, especially on upper floors of buildings. III. Felt quite noticeably by persons indoors, especially on upper floors of buildings. Many people do not recognize it as an earthquake. Standing motor cars may rock slightly. Vibrations similar to the passing of a truck. Duration estimated.
4.0 - 4.9	IV - V	IV. Felt indoors by many, outdoors by few during the day. At night, some awakened. Dishes, windows, doors disturbed; walls make cracking sound. Sensation like heavy truck striking building. Standing motor cars rocked noticeably. V. Felt by nearly everyone; many awakened. Some dishes, windows broken. Unstable objects overturned. Pendulum clocks may stop.
5.0 - 5.9	VI - VII	VI. Felt by all, many frightened. Some heavy furniture moved; a few instances of fallen plaster. Damage slight. VII. Damage negligible in buildings of good design and construction; slight to moderate in well-built ordinary structures; considerable damage in poorly built or badly designed structures; some chimneys broken.
6.0 - 6.9	VII - IX	VIII. Damage slight in specially designed structures; considerable damage in ordinary substantial buildings with partial collapse. Damage great in poorly built structures. Fall of chimneys, factory stacks, columns, monuments, walls. Heavy furniture overturned. IX. Damage considerable in specially designed structures; well-designed frame structures thrown out of plumb. Damage great in substantial buildings, with partial collapse. Buildings shifted off foundations.
7.0 and higher	VIII or higher	X. Some well-built wooden structures destroyed; most masonry and frame structures destroyed with foundations. Rails bent. XI. Few, if any (masonry) structures remain standing. Bridges destroyed. Rails bent greatly. XII. Damage total. Lines of sight and level are distorted. Objects thrown into the air.

Shakemap

CISN ShakeMap : 16.0 mi NNW of Tehachapi, CA

Fri Jan 11, 2008 04:05:11 AM PST M 3.8 N35.34 W118.55 Depth: 7.0km ID:10299017

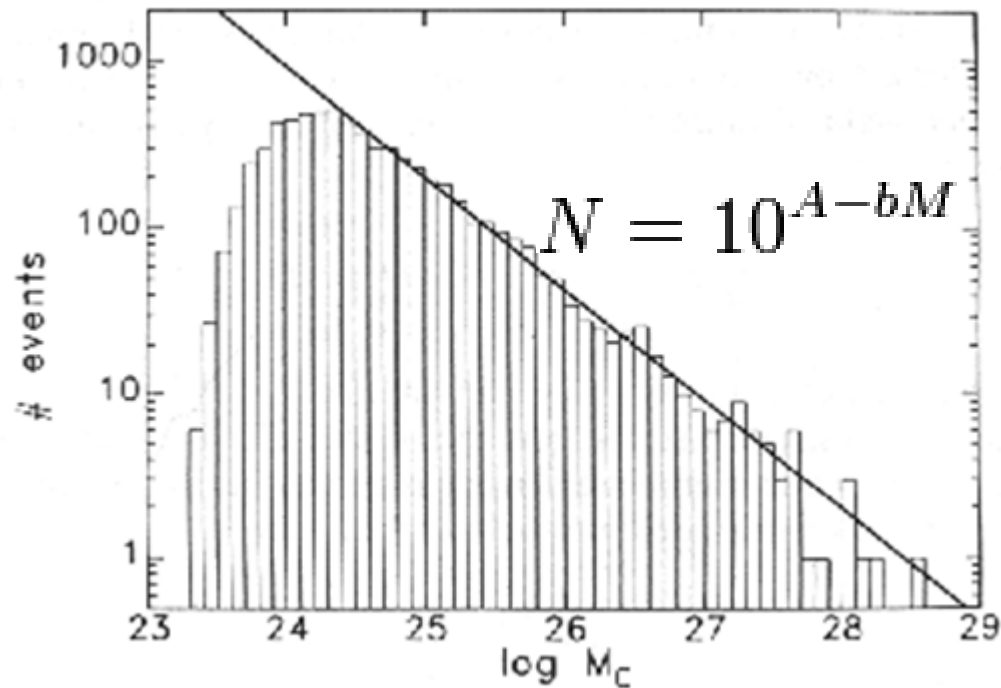


Map Version 5 Processed Sat Jan 12, 2008 04:16:07 AM PST, -- NOT REVIEWED BY HUMAN

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-18	18-31	31-60	60-118	>118
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Erdbebenstatistik

Das Gutenberg Richter Gesetz



Zahl der Erdbeben als Funktion des seismischen Moments für globale Daten.

"b-Wert" in der Regel um 1

Zusammenfassung - Seismologie

- Die Herdzeit von Erdbeben kann über die Differenzlaufzeit von P und S Wellen berechnet werden (**Wadati Diagramm**)
- Das Epizentrum eines Bebens und dessen Tiefe kann graphisch ermittelt werden über die Distanzen der Seismometer von der Quelle
- Die **Magnitude** eines Erdbebens wird über den Log der lokalen Verschiebung und einer Distanzkorrektur berechnet (**Richter Skala**)
- Der Erdbebenherd wird charakterisiert über die **Orientierung der Verwerfungsfläche und die Richtung der Verschiebung**
- Diese Information lässt sich aus den Polaritäten der P und S Wellen (Abstrahlcharakteristik) abschätzen
- Die Häufigkeit von Erdbeben als Funktion der Magnitude ist durch das **Gutenberg-Richter Gesetz** beschrieben

