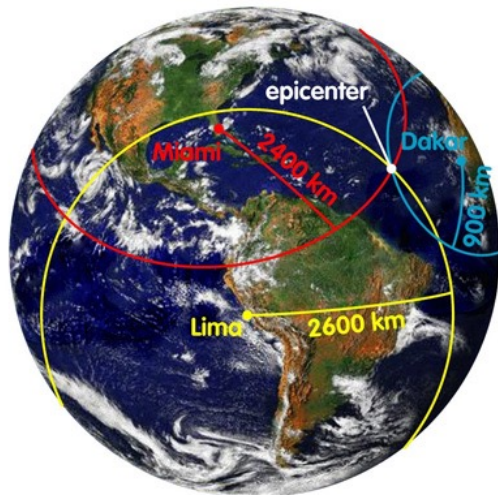


Einführung in die Geophysik II

Bruchprozesse, instrumentelle Messung und Lokalisierung von Erdbeben

Geophysikalisches Institut, Fakultät für Physik



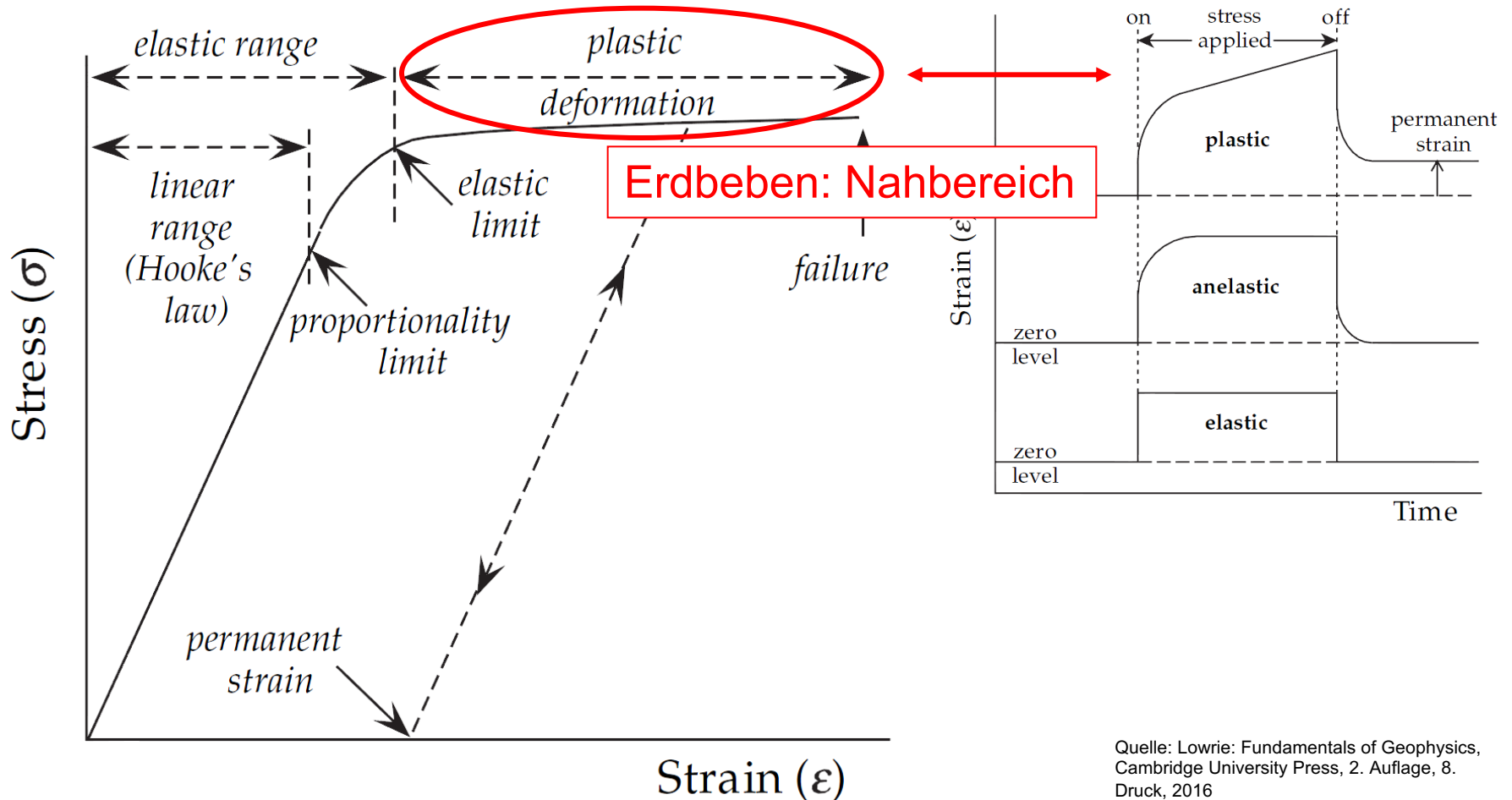


Zusammenfassung – letzte Woche

- Wie verhalten sich Materialien und Gesteine bei Beanspruchung?
Linear elastischer Bereich (Hookesches Gesetz) elastischer Bereich, plastischer Bereich
- Wie entstehen bei Bruchprozessen elastische Wellen?
Raumwellen (RW) breiten sich von Bruch aus, 2 Lösungen der Wellengleichung
- Wie lassen sich Materialparameter und Wellenausbreitung mathematisch verknüpfen?
Linear elastischer Bereich: Elastizitätstensor C_{ijkl} im Hookeschen Gesetz, im isotr. Fall: 2 Parameter
- Welche Wellen entstehen bei Bruchprozessen?
Raumwellen (RW) durch Bruchprozess selbst, Oberflächenwellen durch Überlagerung von RW
- Was können wir durch sie über die Erde lernen?
Aufbau und Struktur der Erde, in Kombination mit Labormessungen

Elastizitätstheorie

Was passiert mit Material während einer Beanspruchung?



Quelle: Lowrie: Fundamentals of Geophysics, Cambridge University Press, 2. Auflage, 8. Druck, 2016

- Um die Wellengleichung zu lösen, muss man Hookesches Gesetz (z.B. in der folgenden Form)

$$\sigma_{xx} = E\varepsilon_{xx} = E \frac{\partial u}{\partial x}$$

einsetzen und umformen und erhält dann

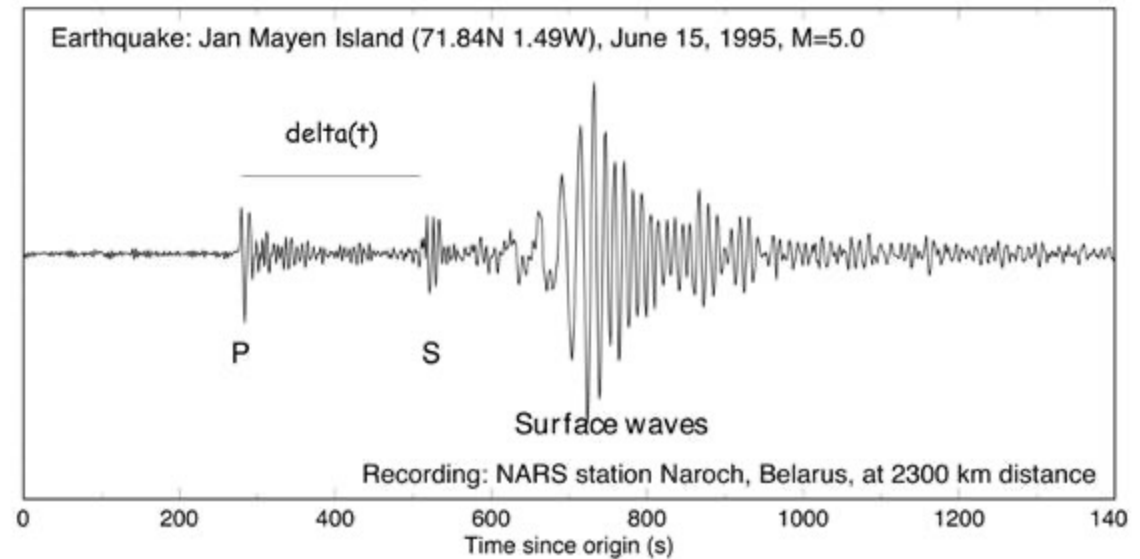
$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = V^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

mit

$$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$



Aus Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeiten lassen sich elastische Parameter in der Erde bestimmen und die Materialien eingrenzen.

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

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

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

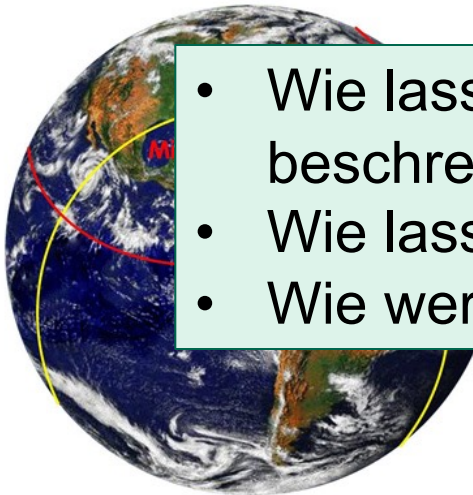
*d.h. das Bestehen der Prüfung durch diese Punkte ist nicht möglich; bei bestandener Klausur lässt sich dadurch jedoch die Note verbessern.

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

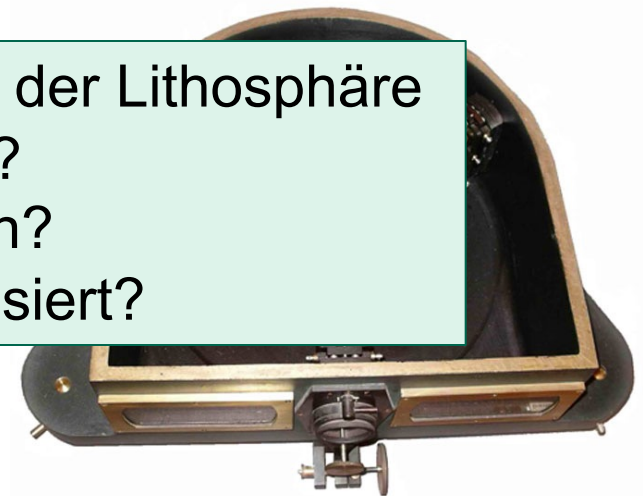
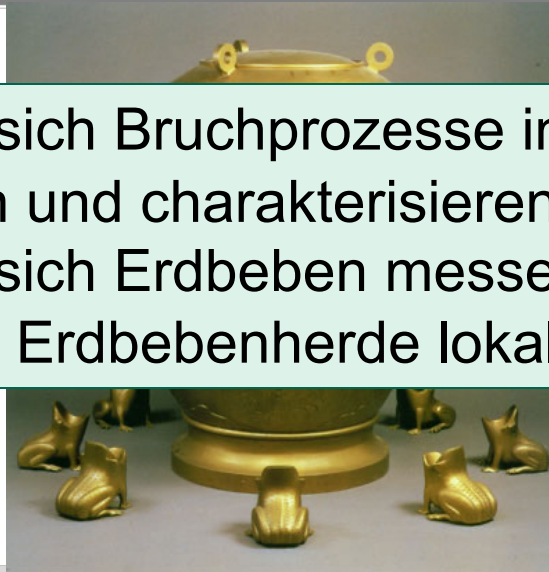
Einführung in die Geophysik II

Bruchprozesse, instrumentelle Messung und Lokalisierung von Erdbeben

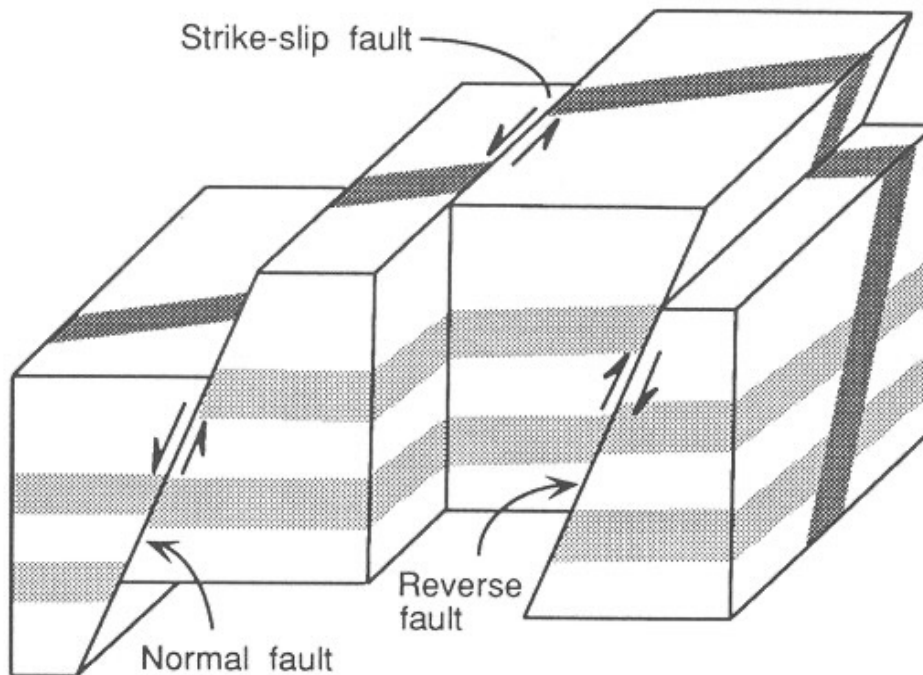
Geophysikalisches Institut, Fakultät für Physik



- Wie lassen sich Bruchprozesse in der Lithosphäre beschreiben und charakterisieren?
- Wie lassen sich Erdbeben messen?
- Wie werden Erdbebenherde lokalisiert?



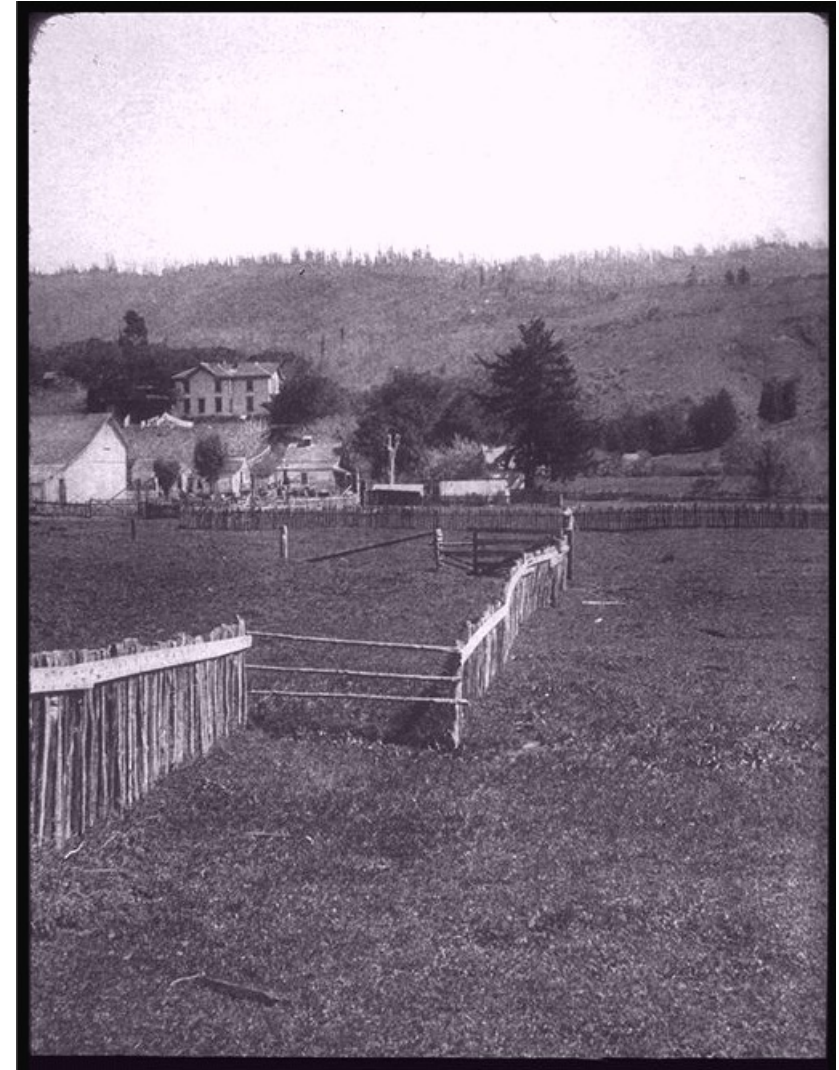
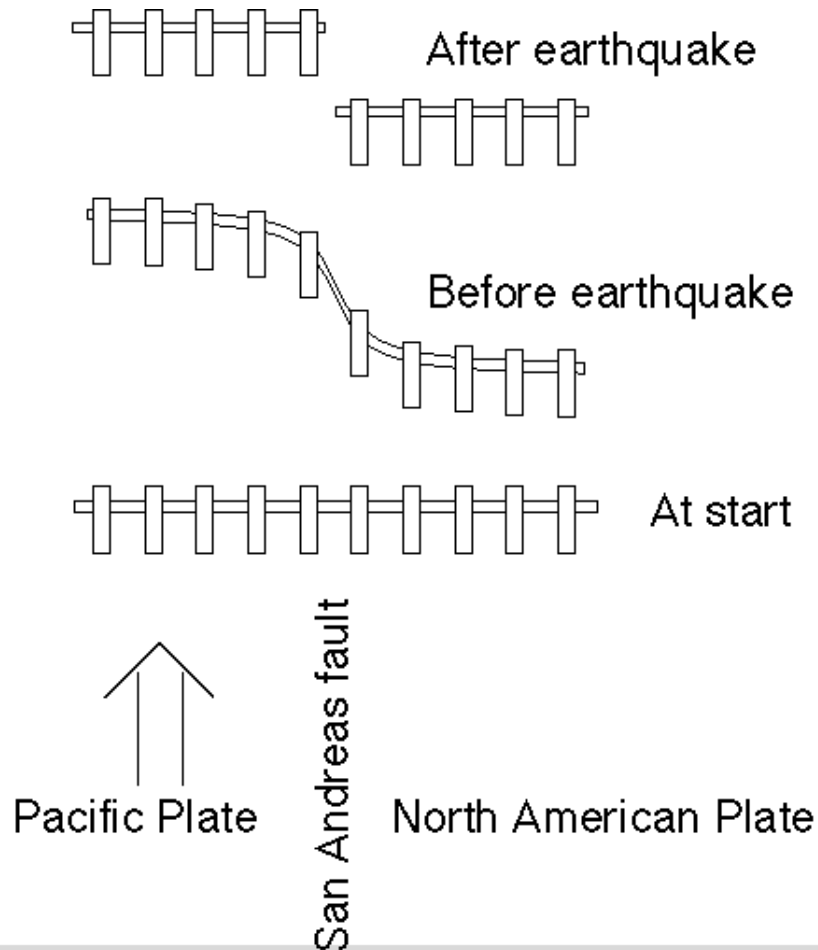
Bruchprozesse



- Bruchmechanismus
↔ Richtung der
Hauptspannung zu
Bruchfläche

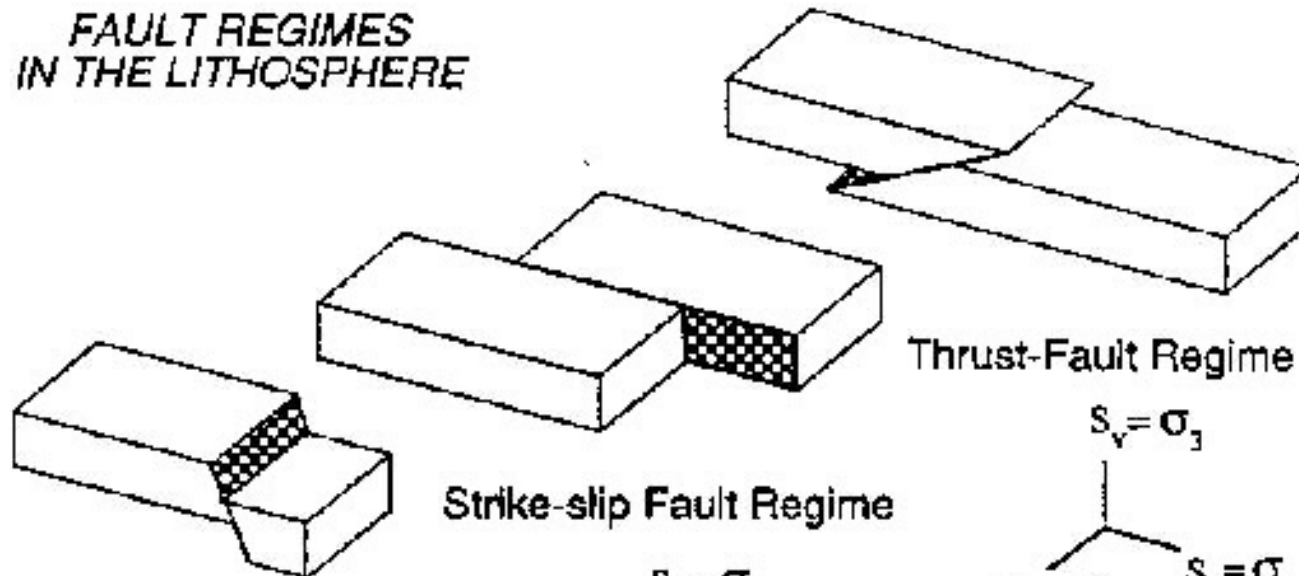
Lay & Wallace, 1995

Elastic Rebound Theory (Reid, 1906)



Bruchprozesse

FAULT REGIMES IN THE LITHOSPHERE



Normal-Fault Regime

$$\begin{array}{c} S_v = \sigma_1 \\ \swarrow \quad \searrow \\ S_h = \sigma_2 \quad S_h = \sigma_3 \end{array}$$

Abschiebung

Strike-slip Fault Regime

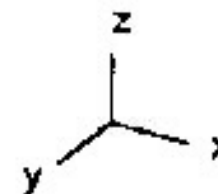
$$\begin{array}{c} S_v = \sigma_2 \\ \swarrow \quad \searrow \\ S_h = \sigma_3 \quad S_h = \sigma_1 \end{array}$$

Blattverschiebung

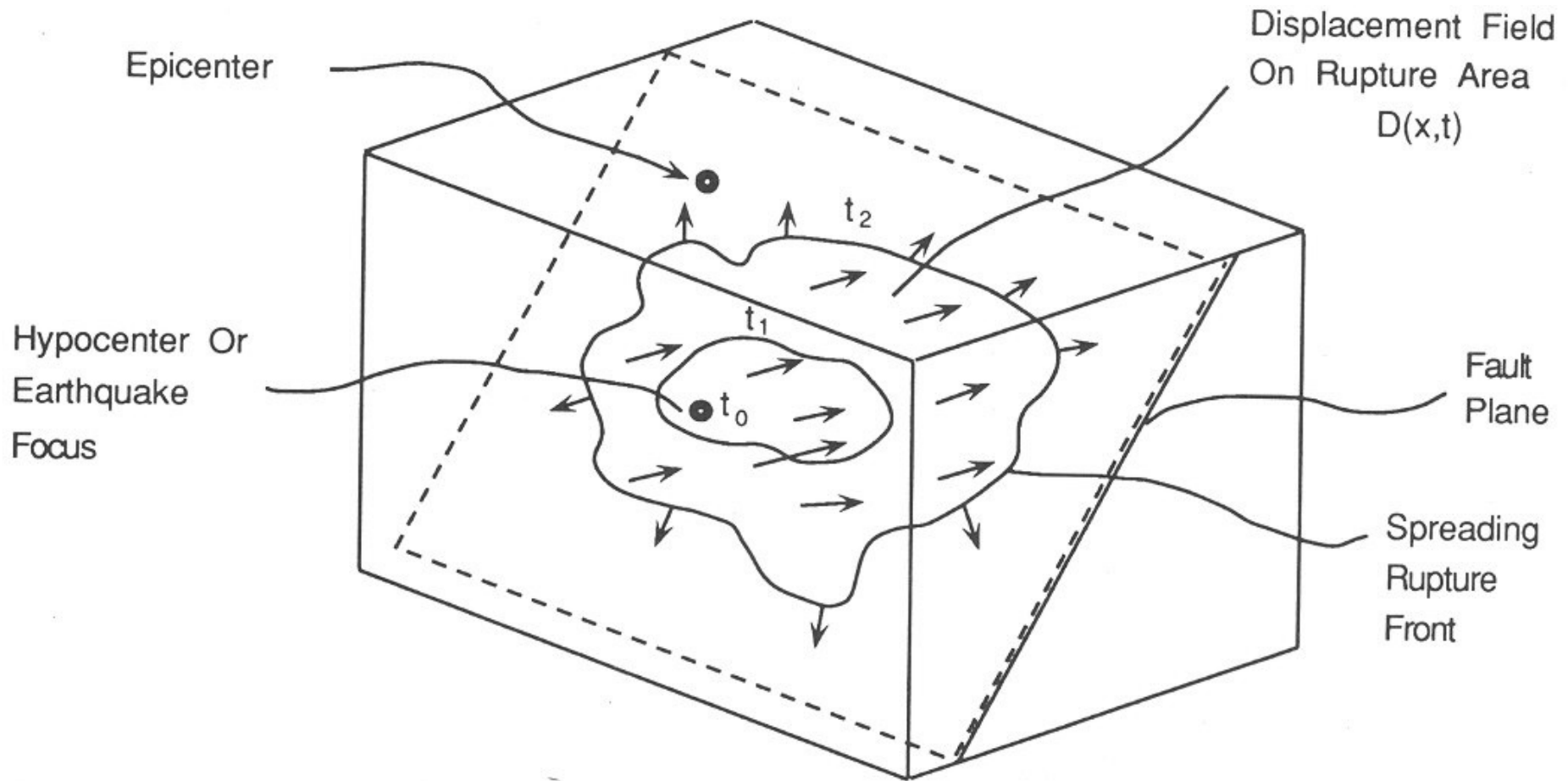
Thrust-Fault Regime

$$\begin{array}{c} S_v = \sigma_3 \\ \swarrow \quad \searrow \\ S_h = \sigma_2 \quad S_h = \sigma_1 \end{array}$$

Aufschiebung

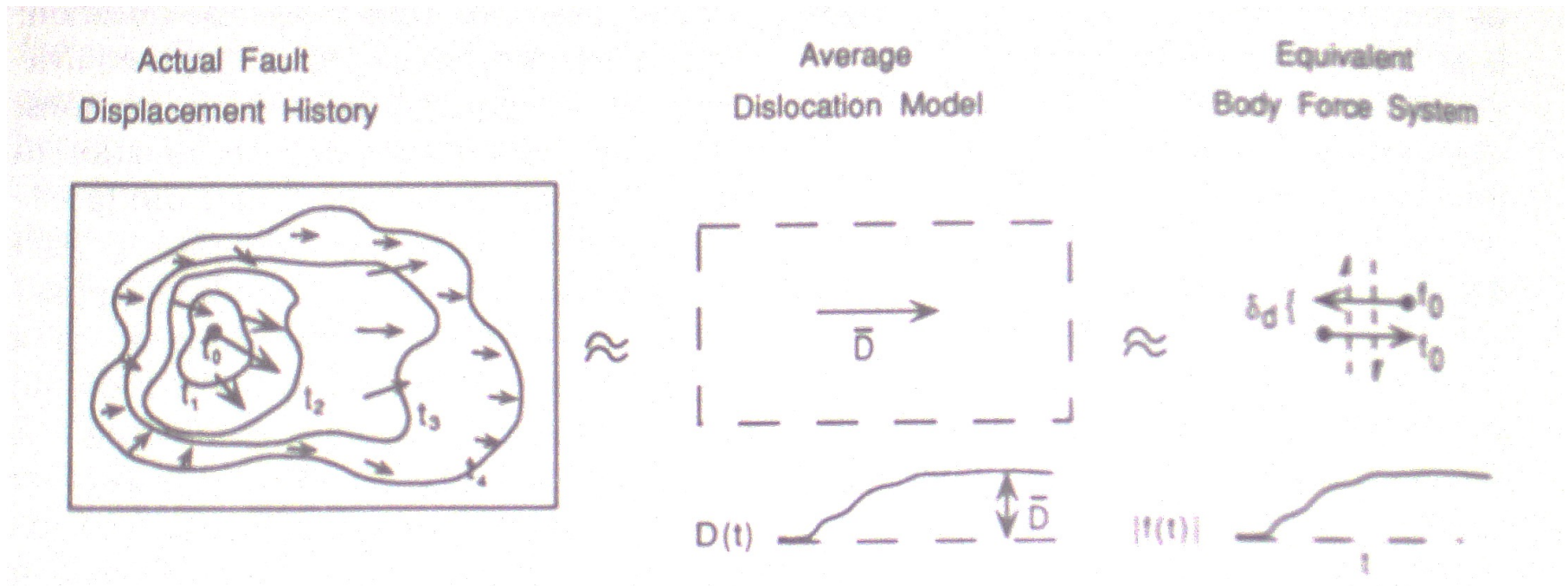


Bruchprozesse



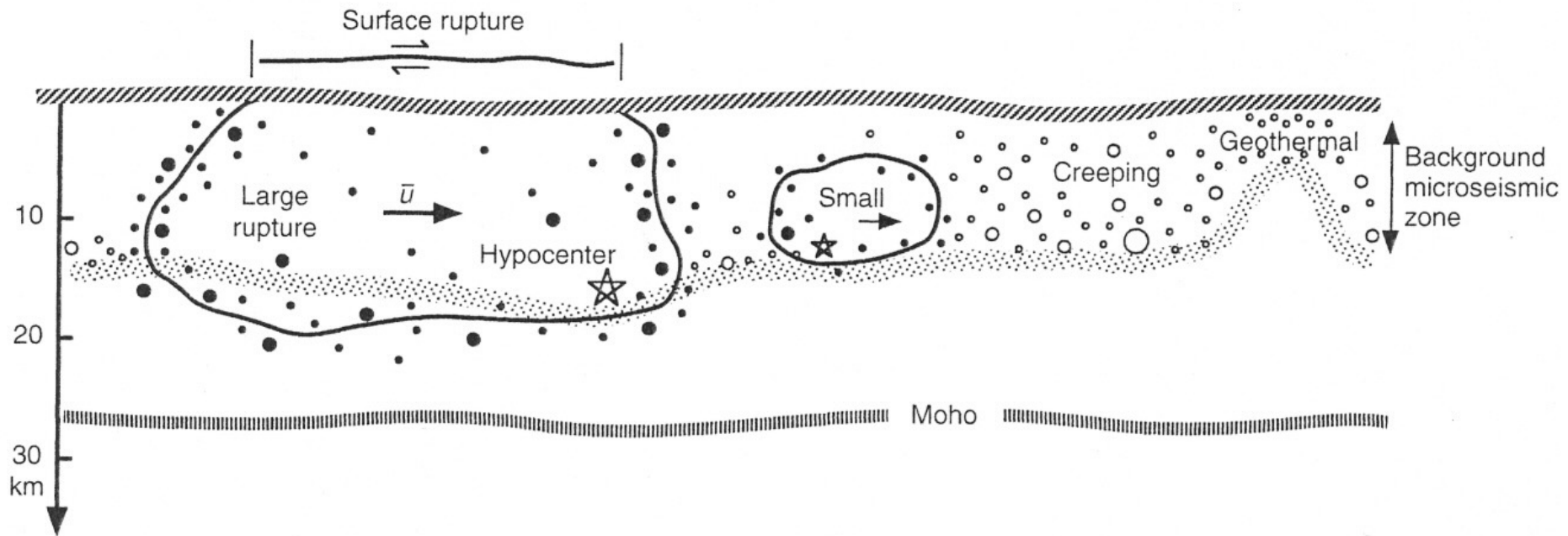
Lay & Wallace, 1995

Bruchprozesse: Vereinfachung



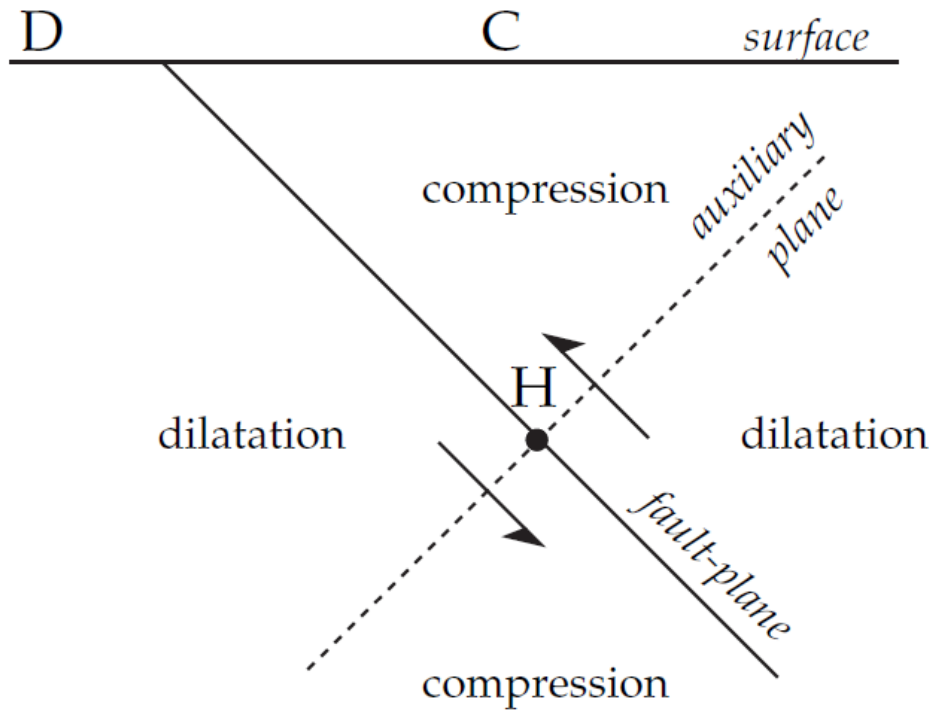
Lay & Wallace, 1995

Bruchprozesse



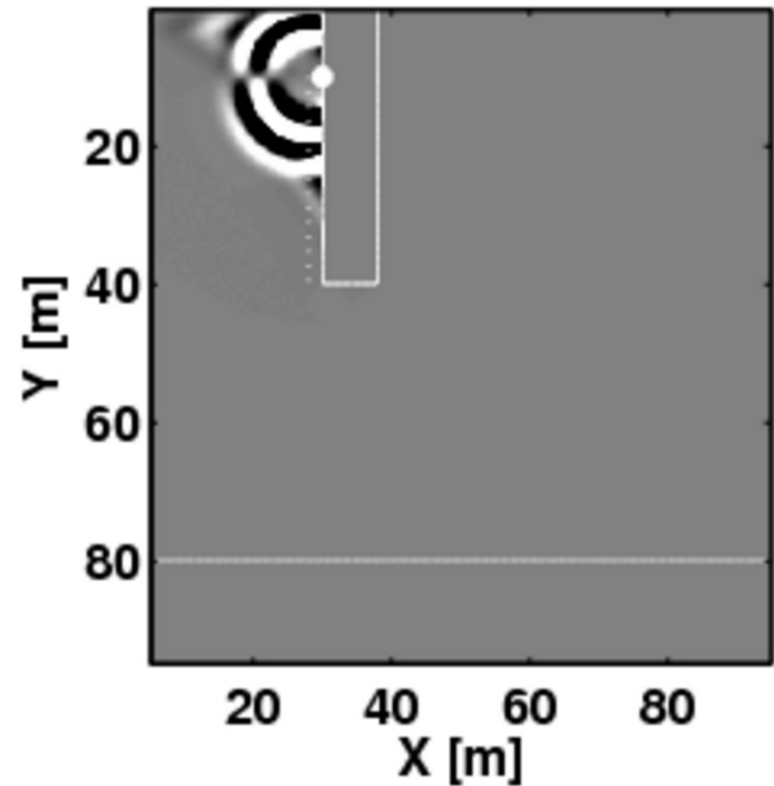
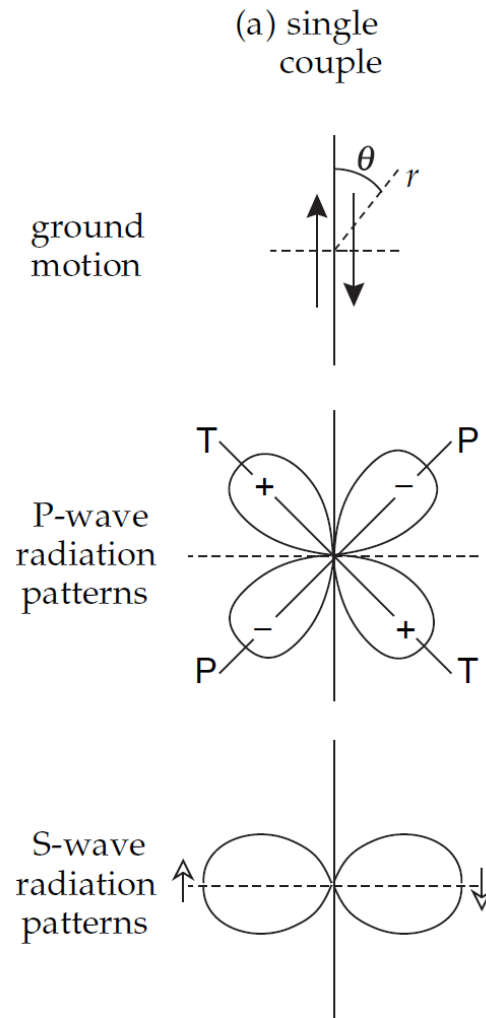
Sibson, 2002

Bruchprozesse



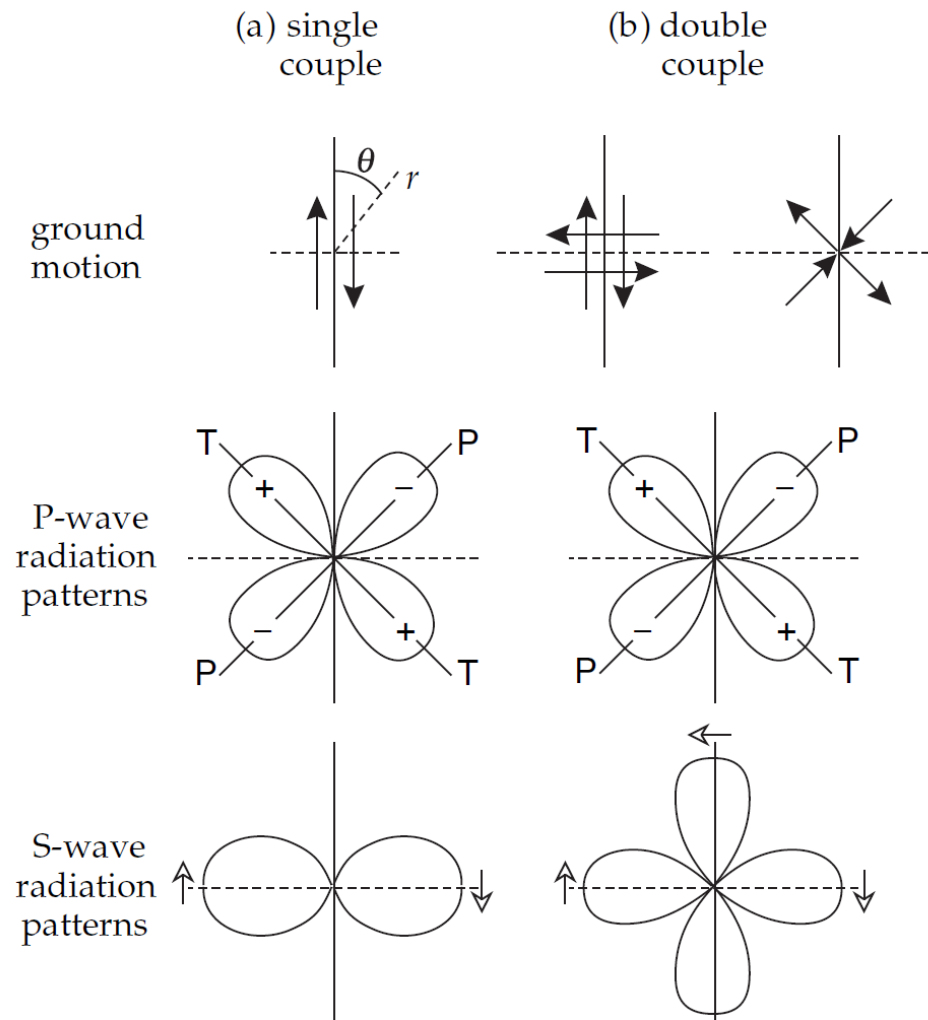
Lowrie, 2007

Bruchprozesse



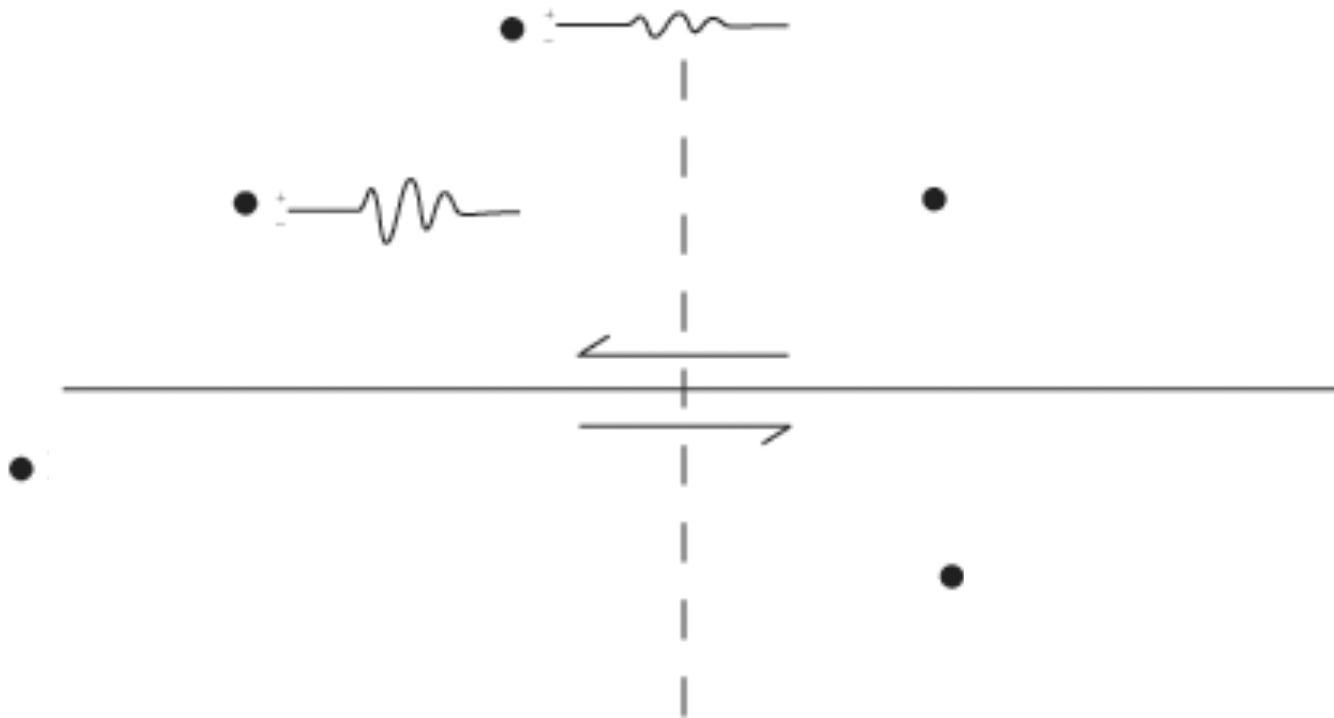
Lowrie, 2007

Bruchprozesse



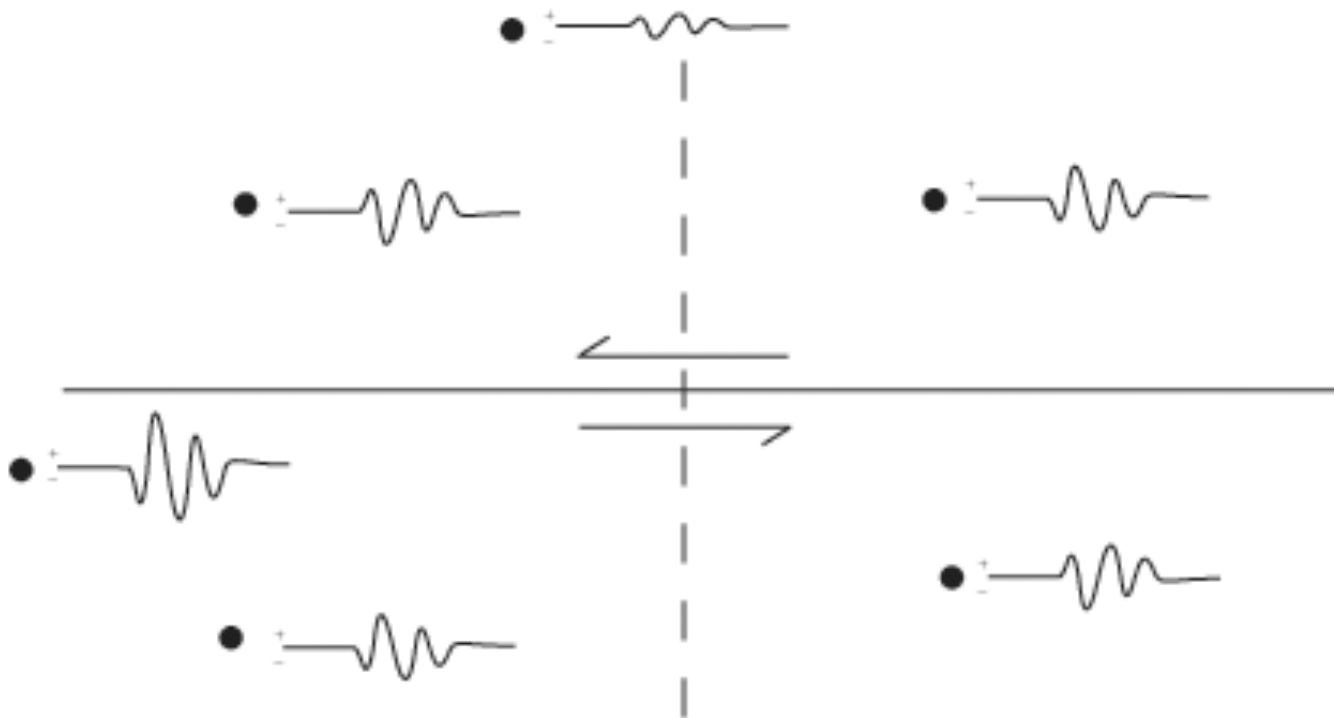
Lowrie, 2007

Bruchprozesse



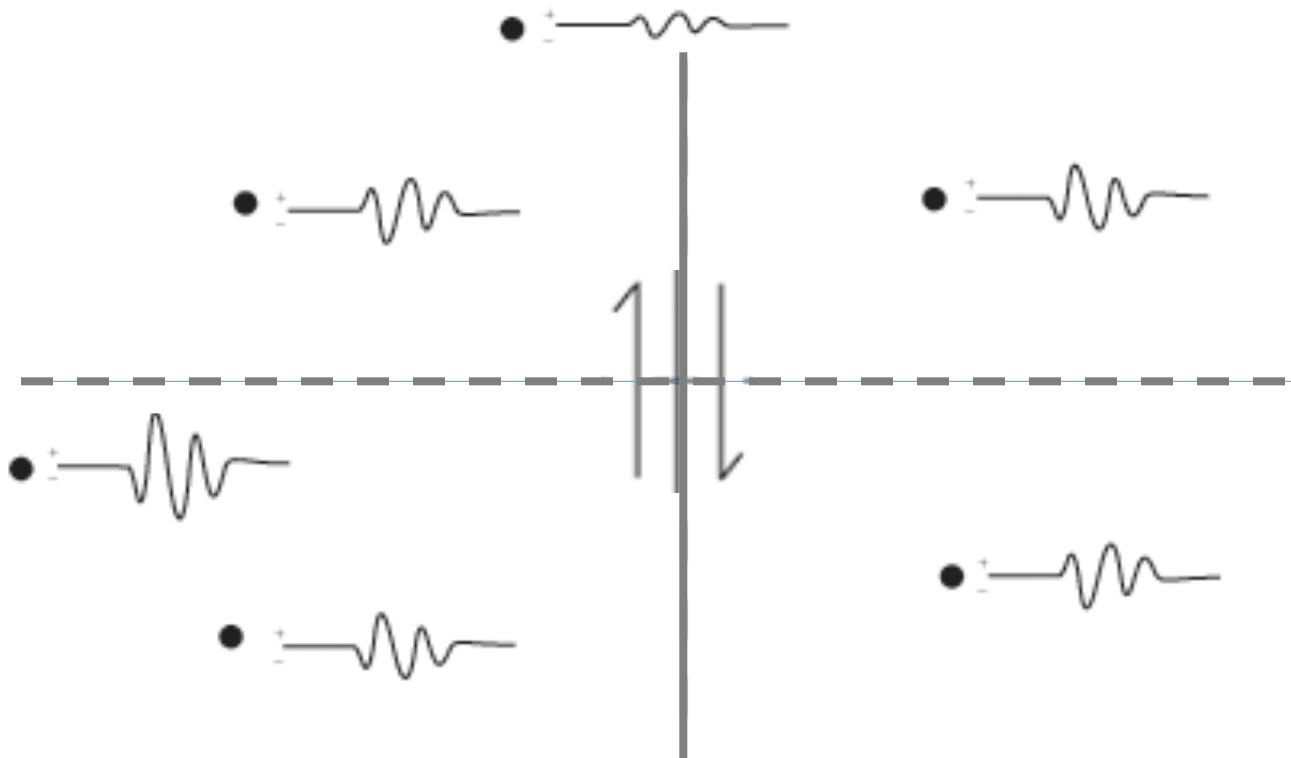
Norton, 2008

Bruchprozesse



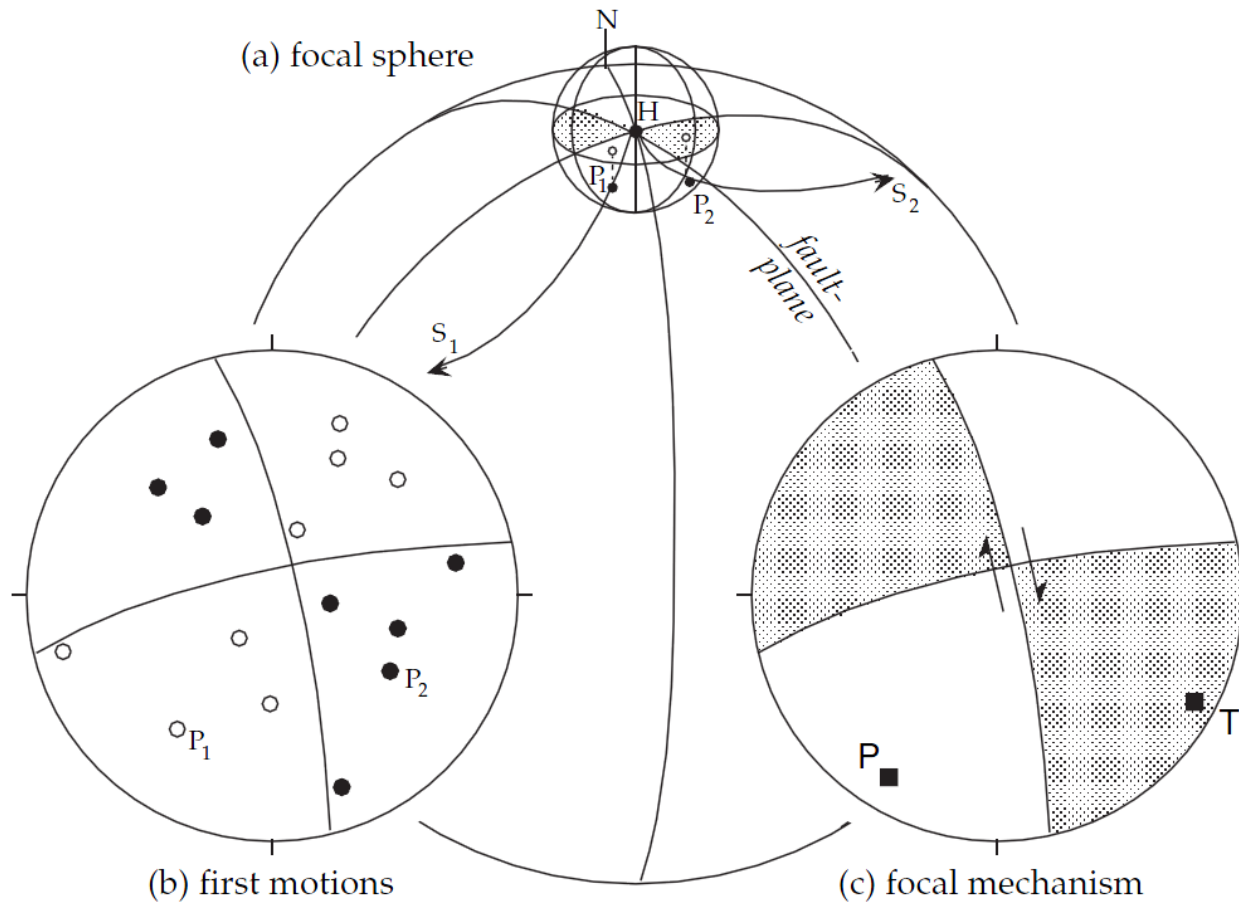
Norton, 2008

Bruchprozesse



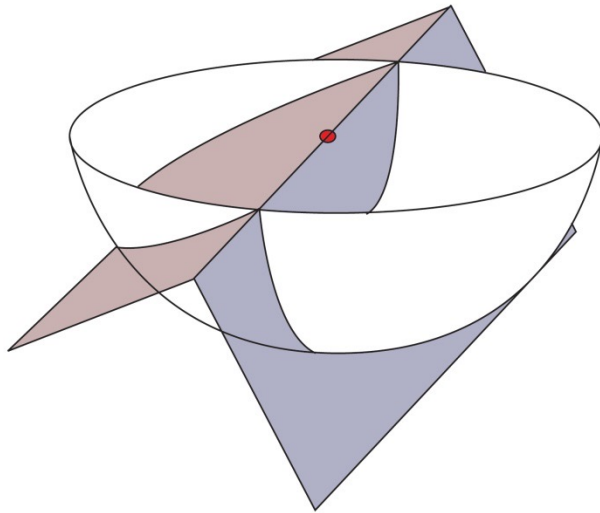
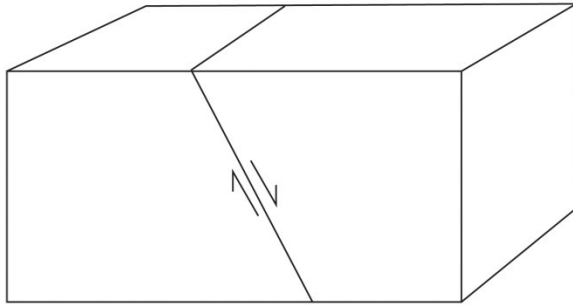
geändert, nach Norton, 2008

Bruchprozesse



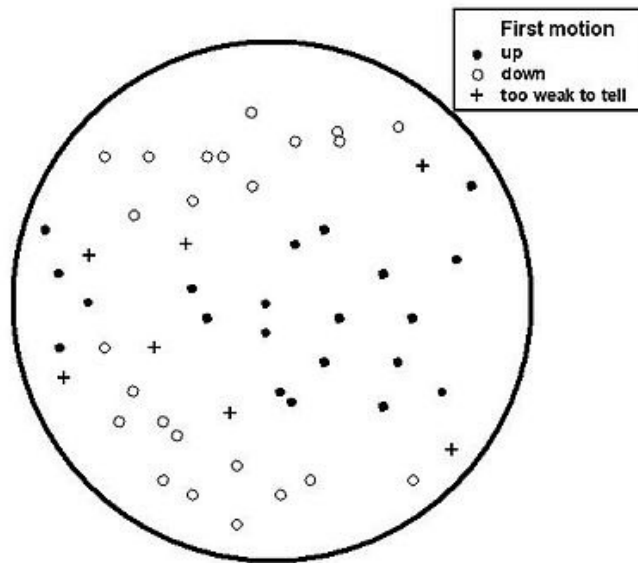
Lowrie, 2007

Bruchprozesse



Norton, 2008

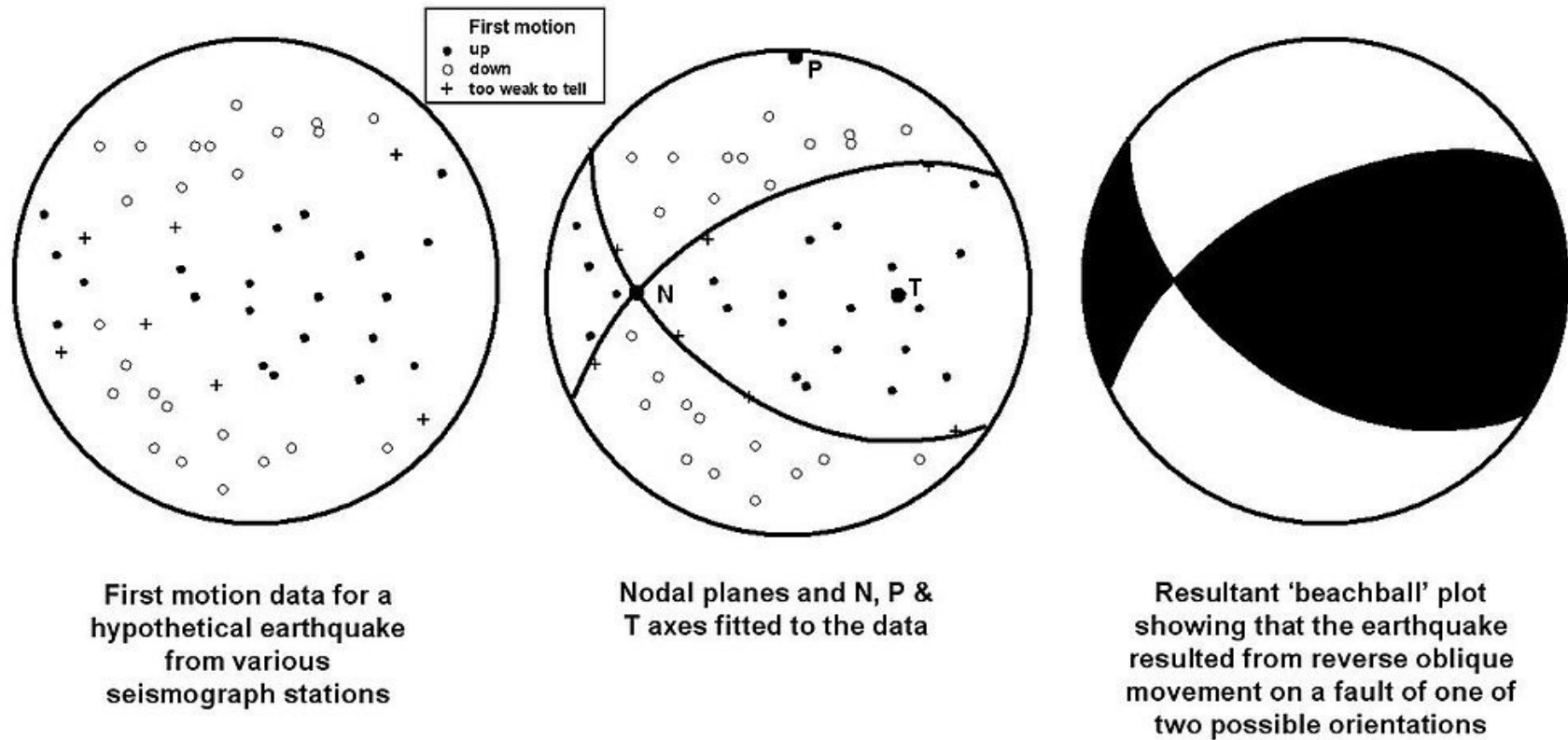
Bruchprozesse



First motion data for a
hypothetical earthquake
from various
seismograph stations

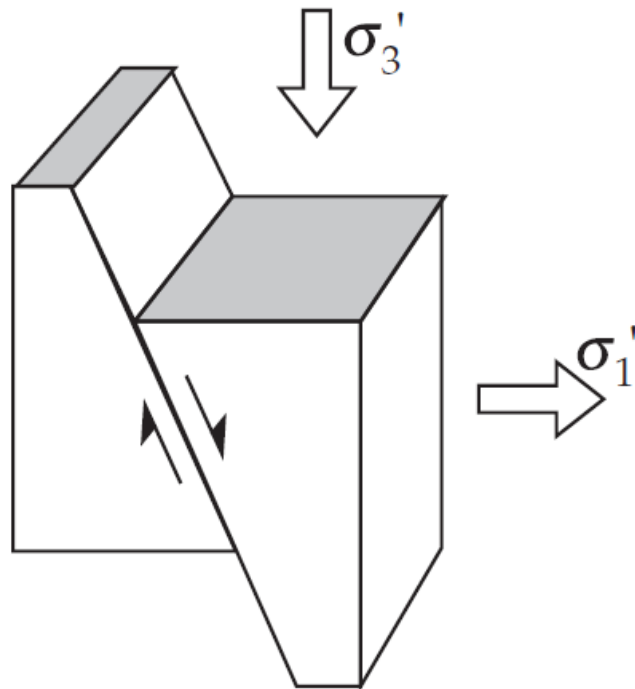
Norton, 2008

Bruchprozesse

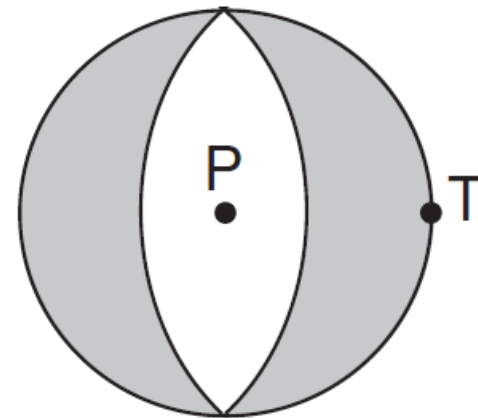


Norton, 2008

Bruchprozesse

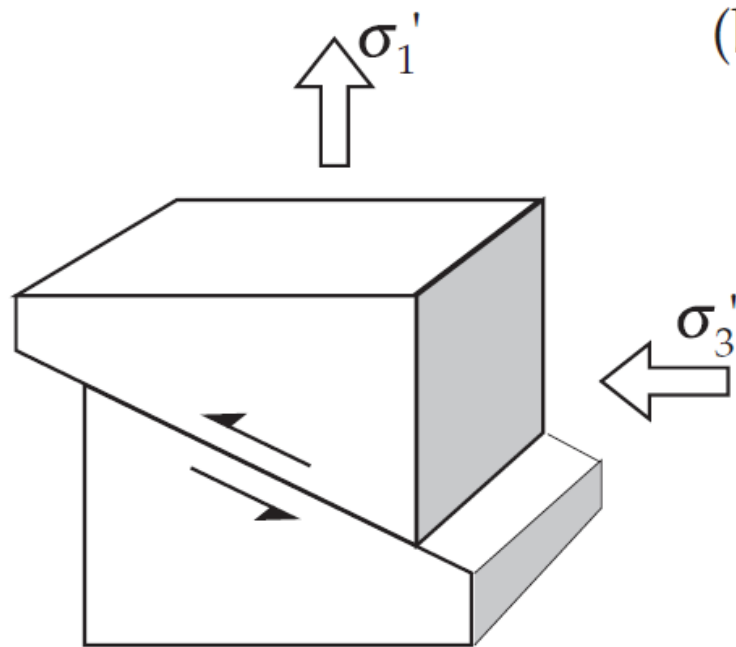


(a) normal fault Abschiebung



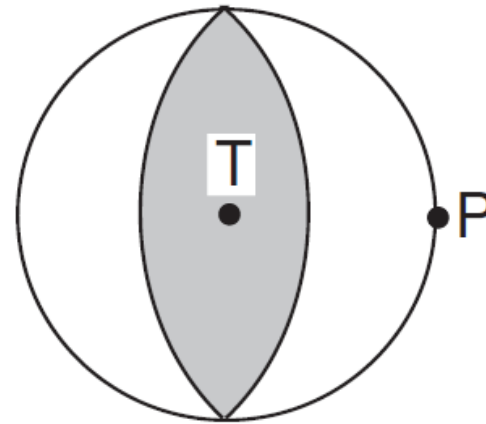
Lowrie, 2007

Bruchprozesse



(b) reverse fault

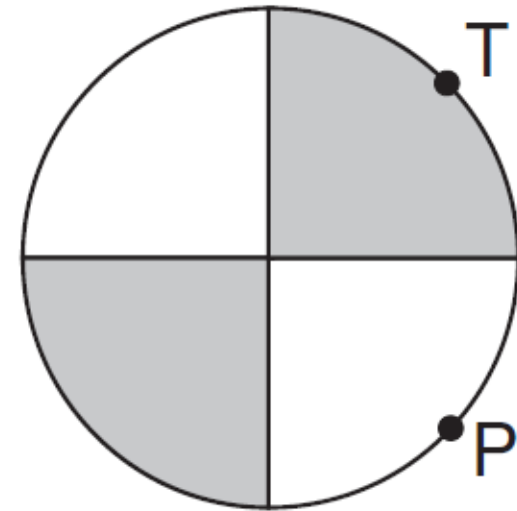
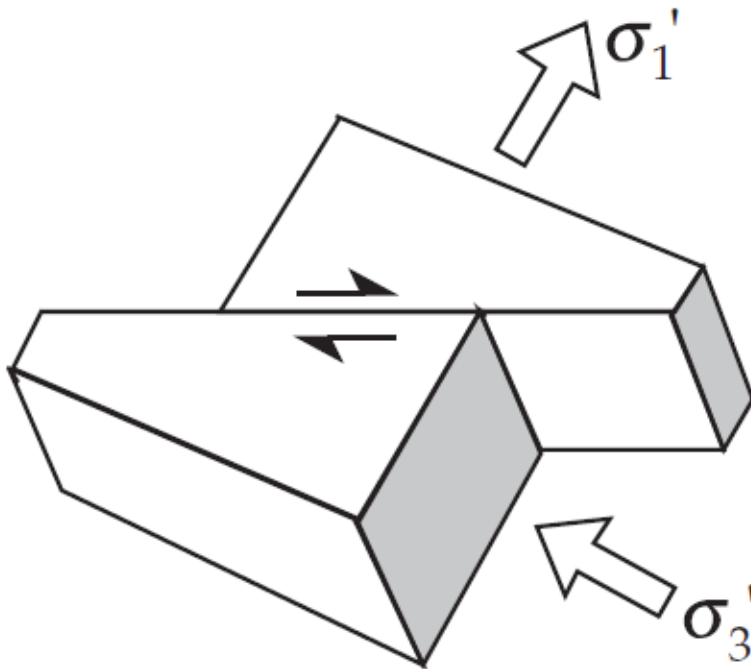
Aufschiebung



Lowrie, 2007

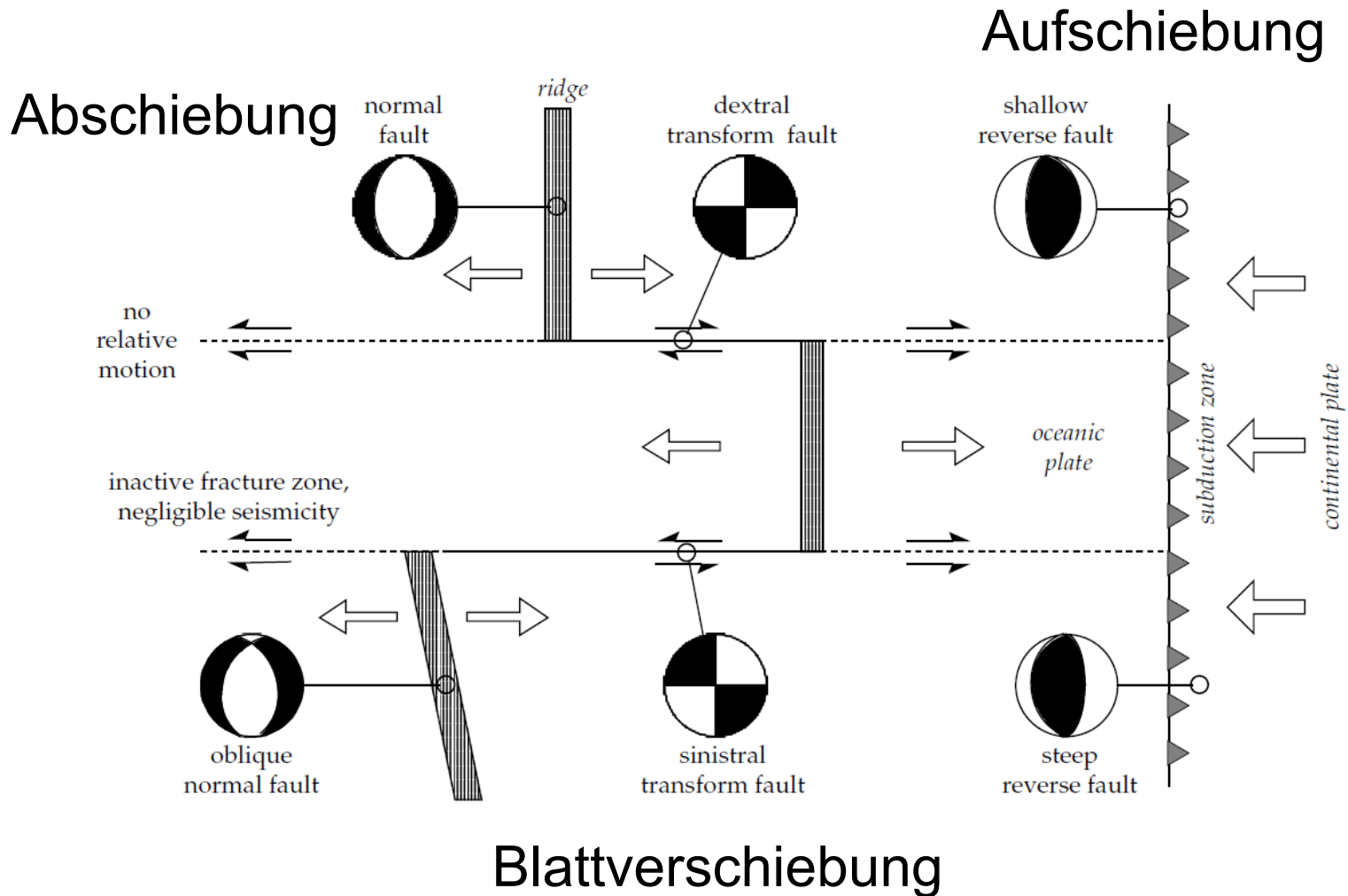
Bruchprozesse

(c) strike-slip fault
Blattverschiebung



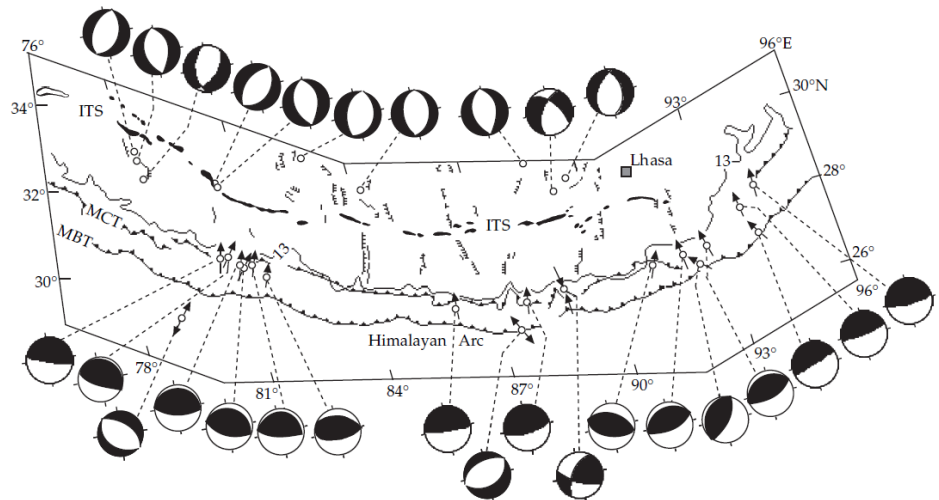
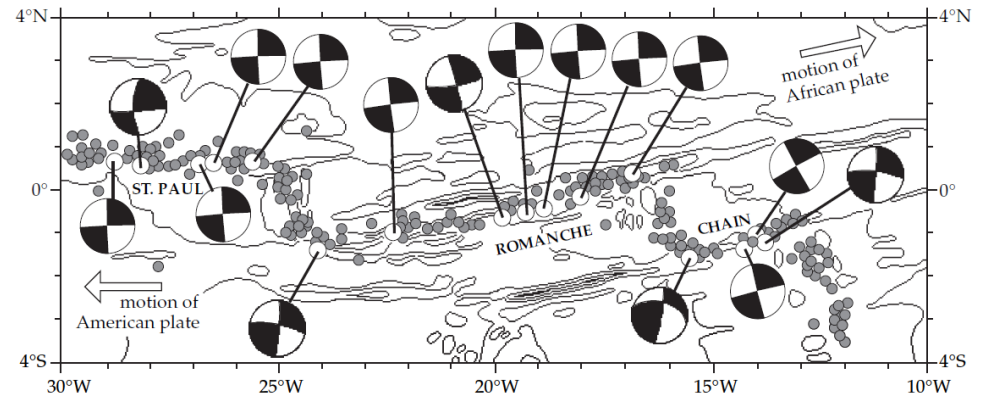
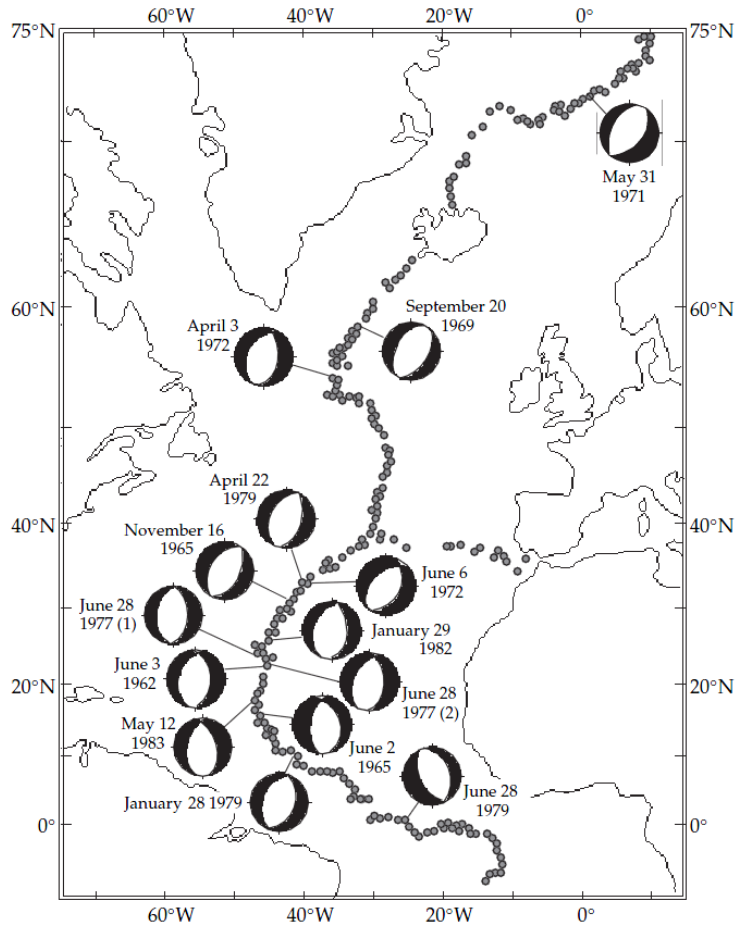
Lowrie, 2007

Bruchprozesse



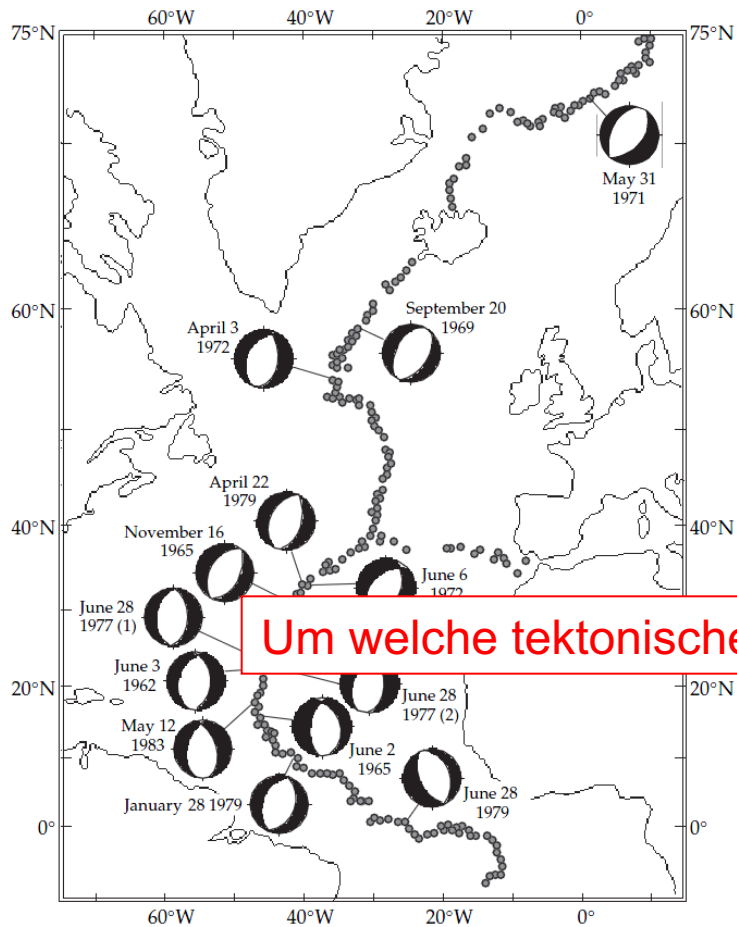
Lowrie, 2007

Bruchprozesse

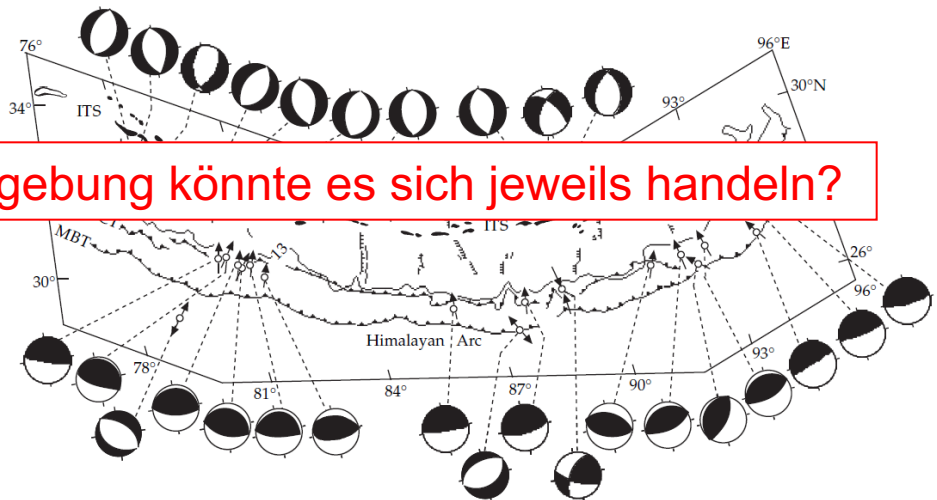
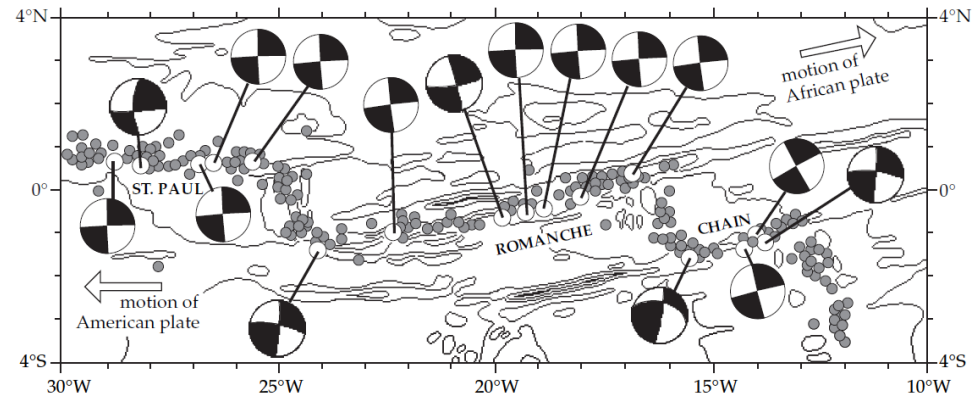


Lowrie, 2007

Bruchprozesse

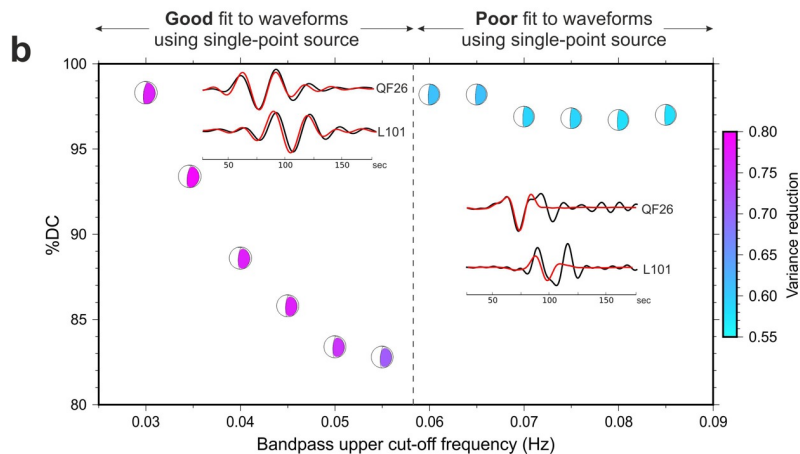
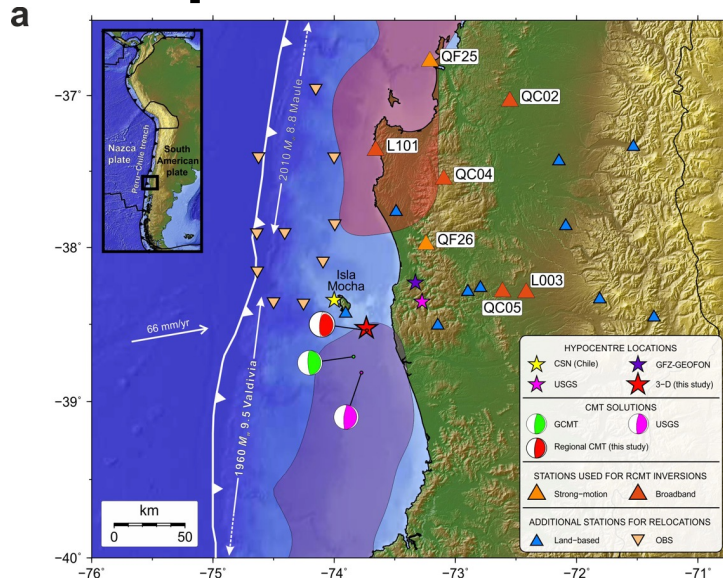


Um welche tektonische Umgebung könnte es sich jeweils handeln?



Lowrie, 2007

Bruchprozesse: aus Inversion

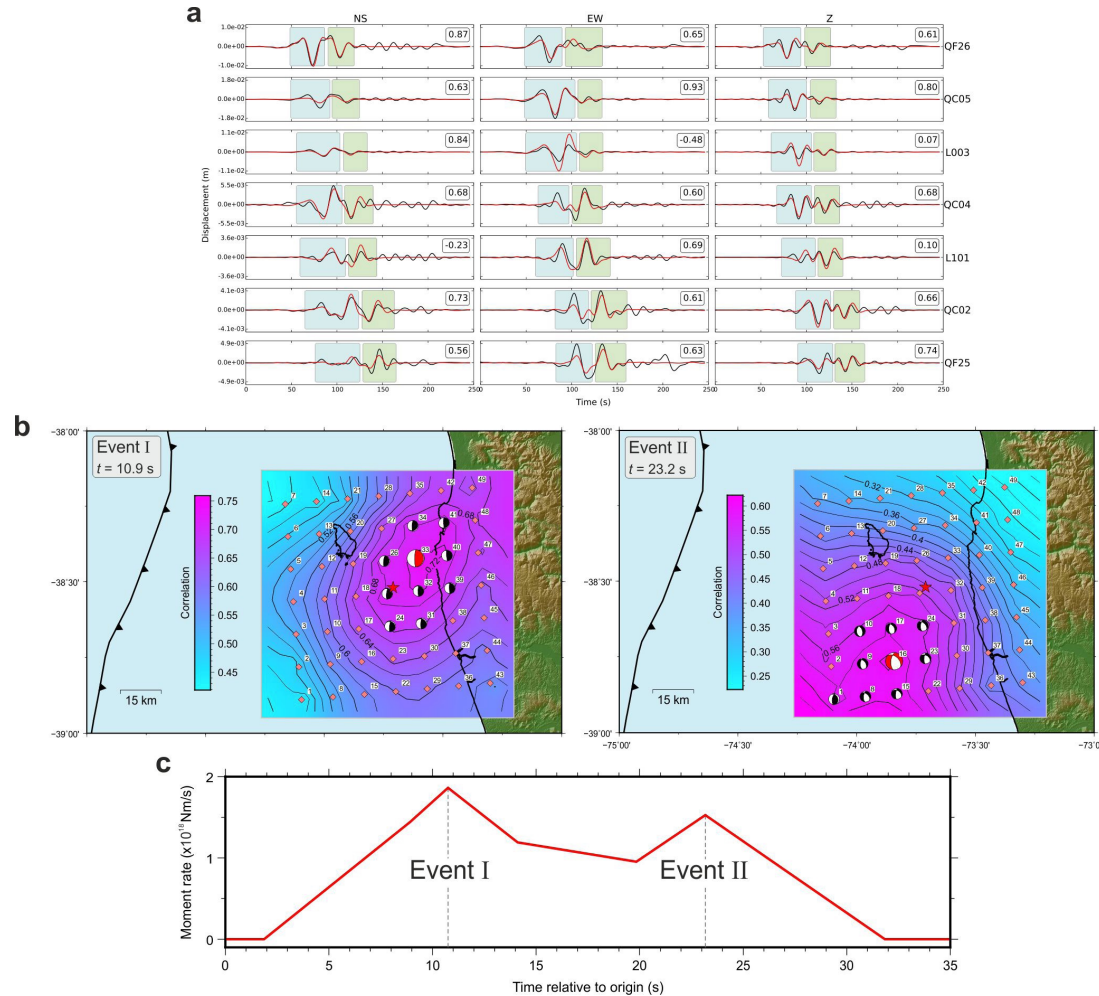


Regional Moment Tensor (RMT) Inversion

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

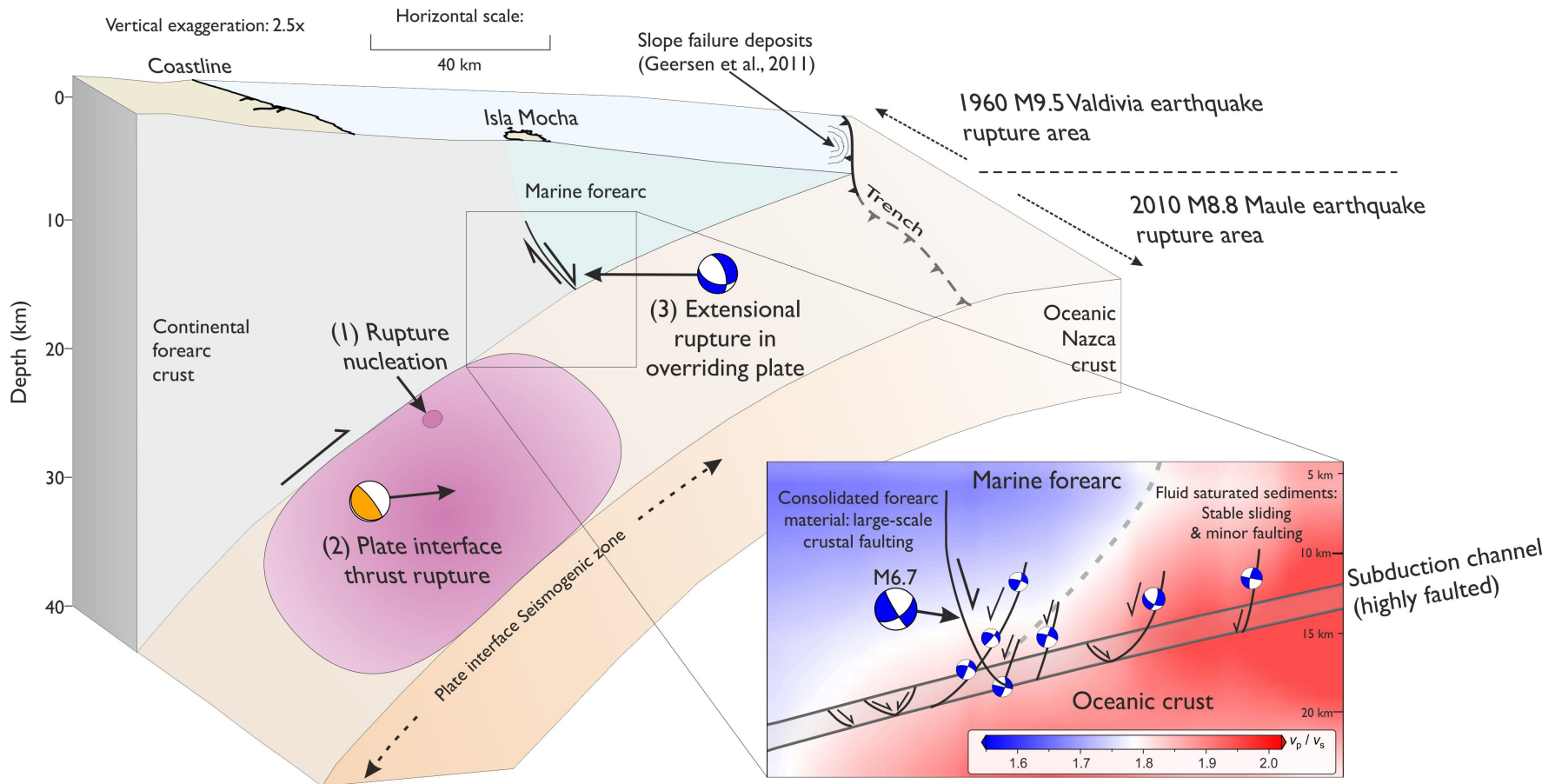
Hicks&Rietbrock, Nat. Geosc., 2015

Bruchprozesse: aus Inversion



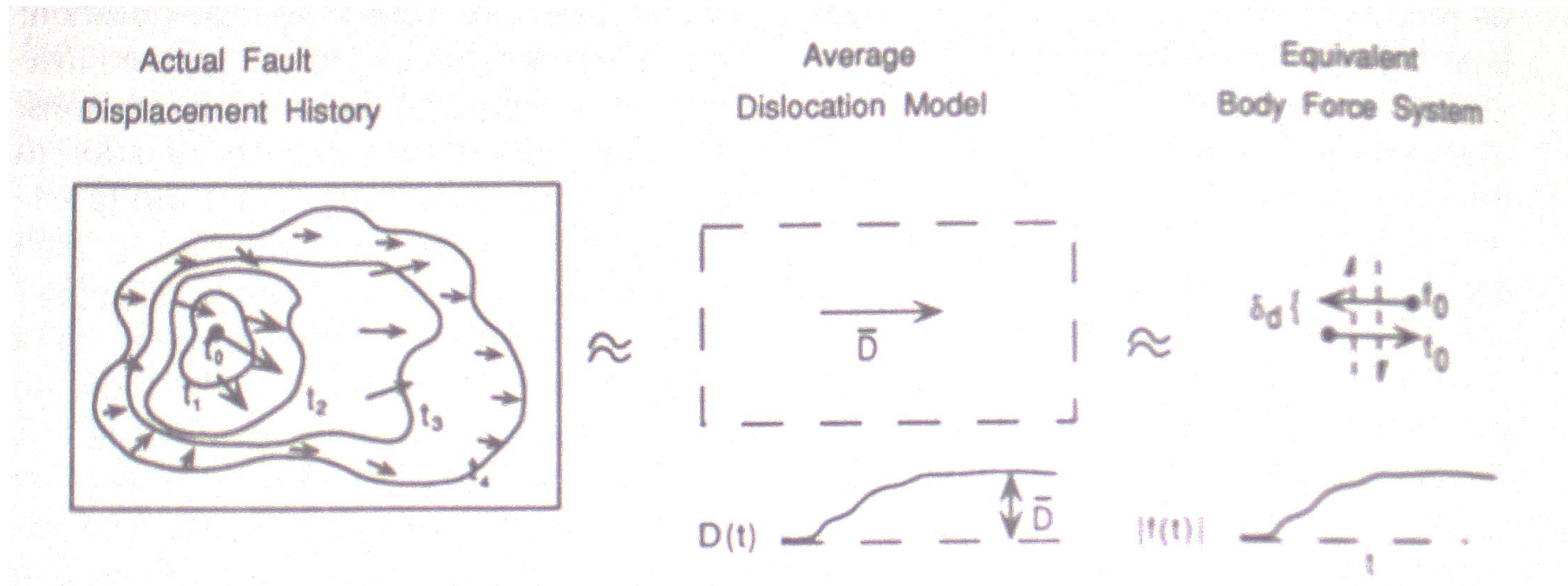
Hicks&Rietbrock, Nat. Geosc., 2015

Bruchprozesse: aus Inversion



Hicks&Rietbrock, Nat. Geosc., 2015

Bruchprozesse: Verschiebungs Inversion (Slip Inversion)



Lay & Wallace, 1995

Bruchprozesse

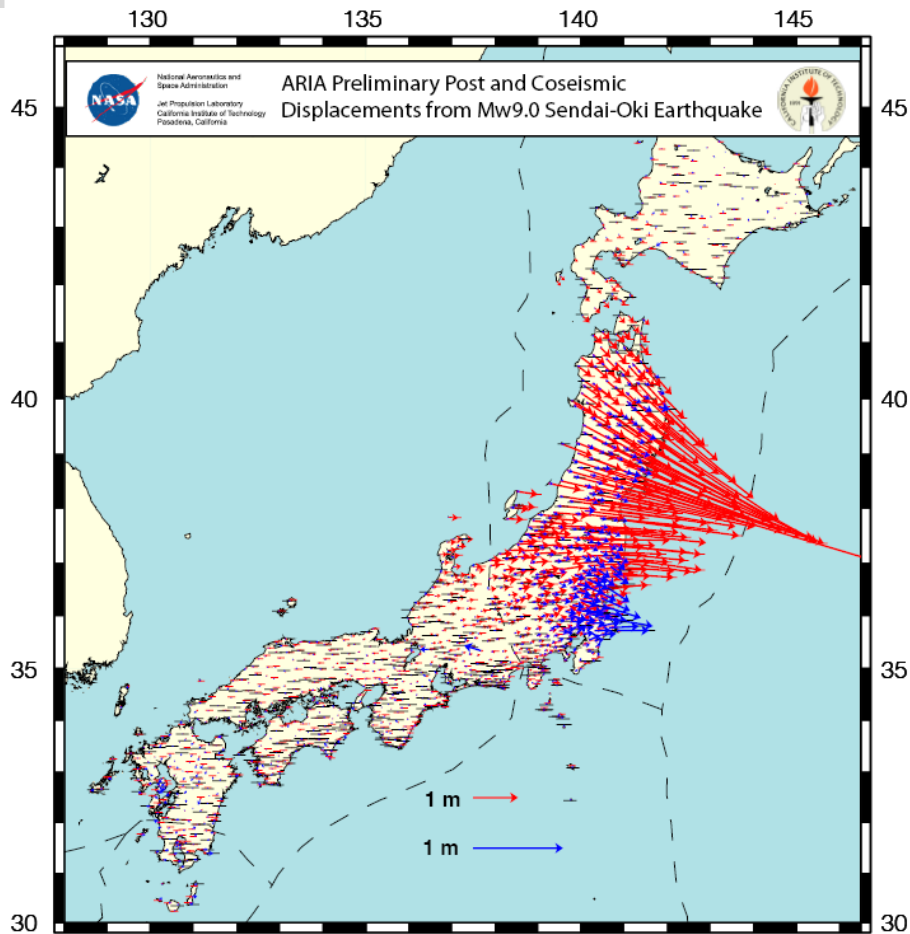
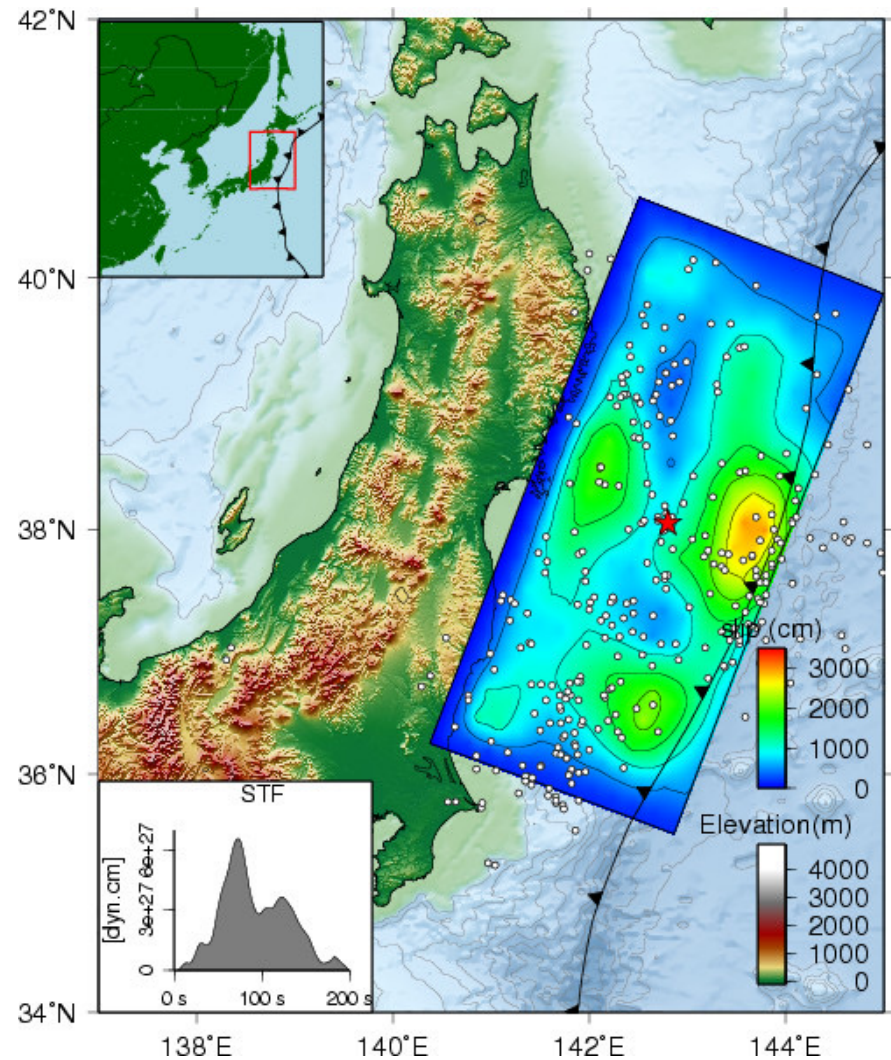
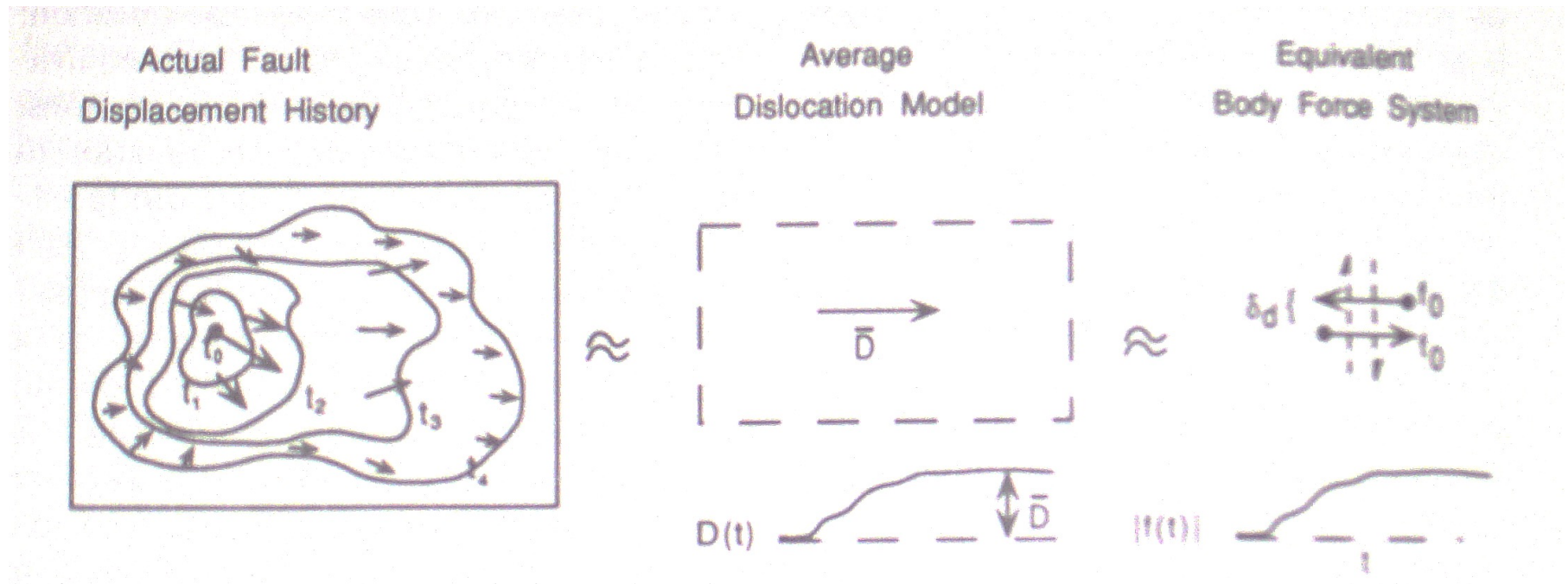


Figure shows horizontal displacements based on ARIA version 0.3 position estimates for GEONET stations. Coseismic displacement is shown in red, and first 8 hours of postseismic motion is shown in blue, including motion caused by aftershocks. Bars at end of vector show 95% error estimate. Solutions courtesy of ARIA team at JPL and Caltech (email aria@jpl.nasa.gov or aria@caltech.edu). All original GEONET RINEX data provided to Caltech by the Geospatial Information Authority (GSI) of Japan.



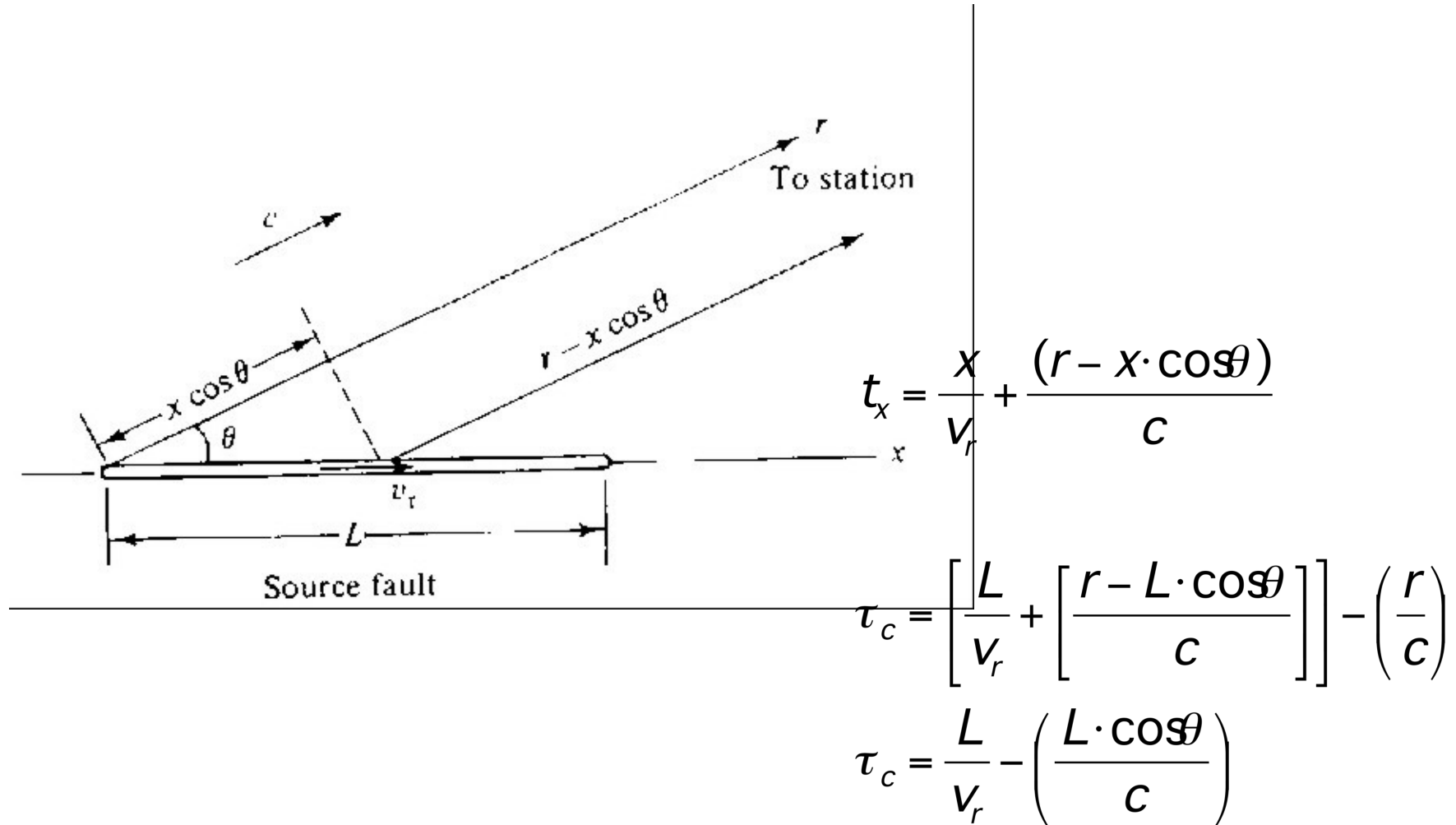
Caltech, 2011

Bruchprozesse: Direktivität



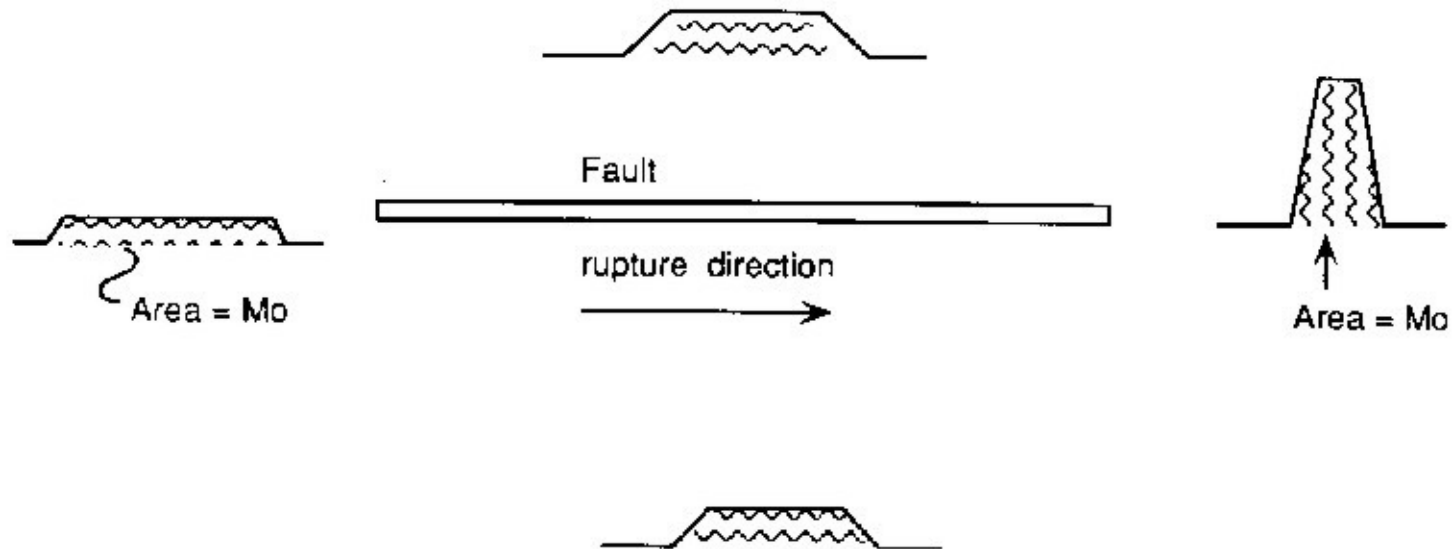
Lay & Wallace, 1995

Direktivität (I)



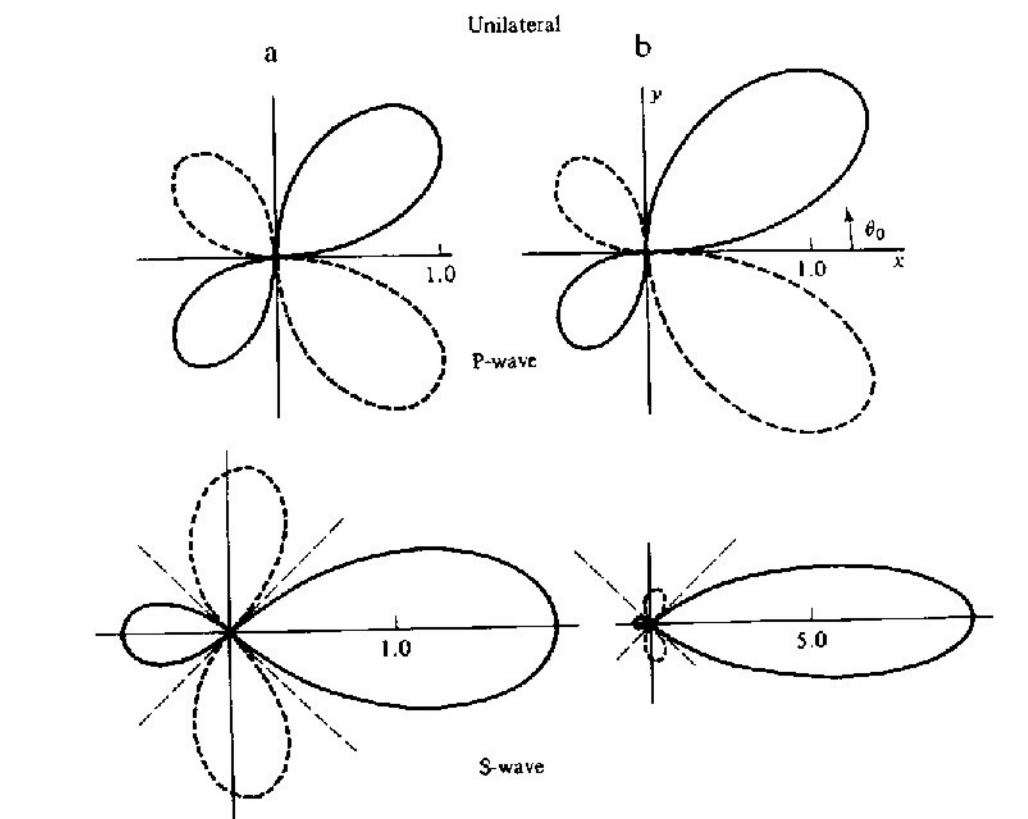
Direktivität (II)

Signaldauer



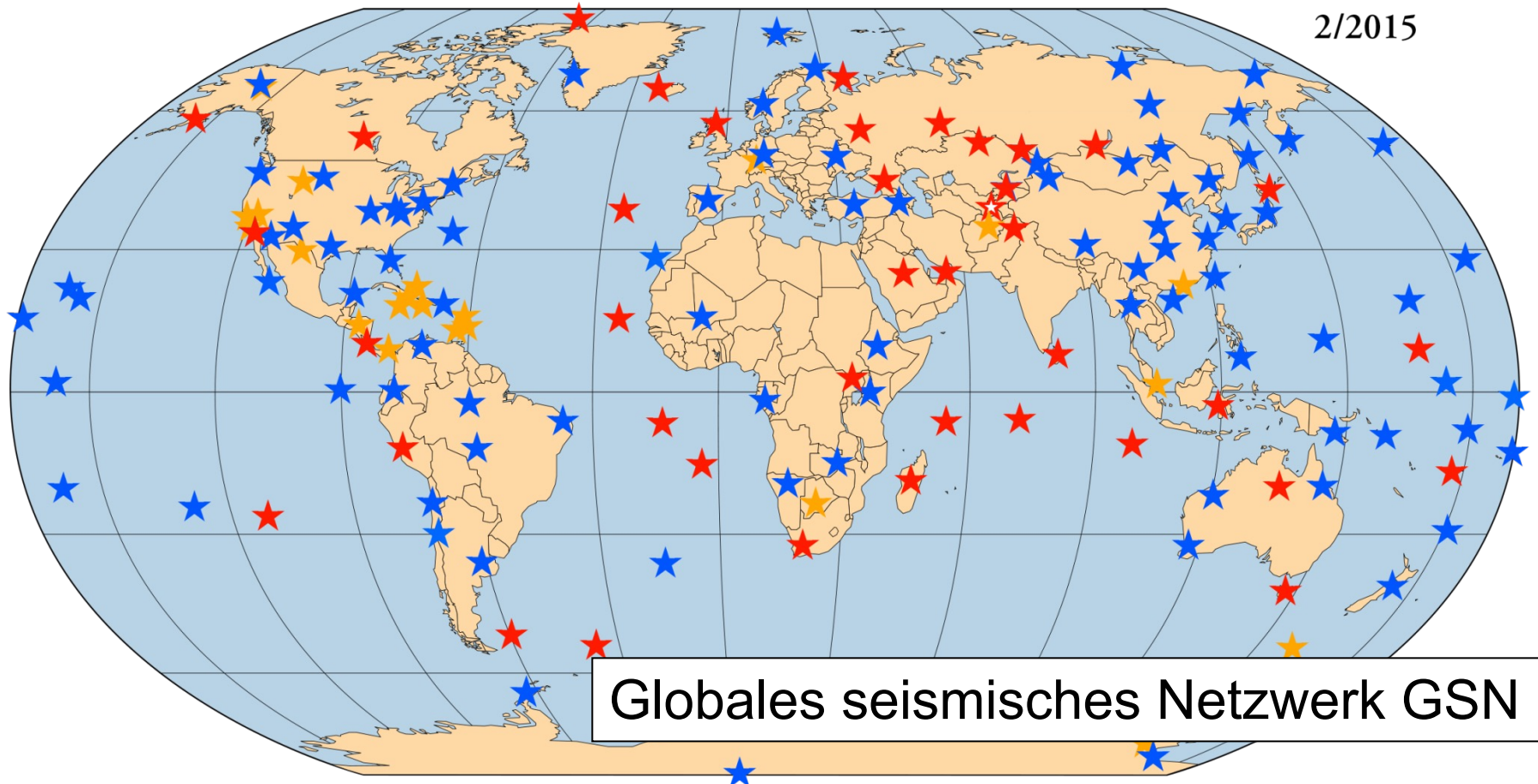
Direktivität (III)

Amplitudenabstrahlung



Messung von Erdbeben

2/2015



Globales seismisches Netzwerk GSN

★ IRIS / IDA Stations

★ IRIS / USGS Stations

★ Affiliate Stations

★ Planned Stations

IRIS, 2015

Messung von Erdbeben



IRIS, 2015

Messung von Erdbeben



Quecksilber-Seismoskop, Cacciatore, Italien, 1818

Quelle: INAF, Palermo

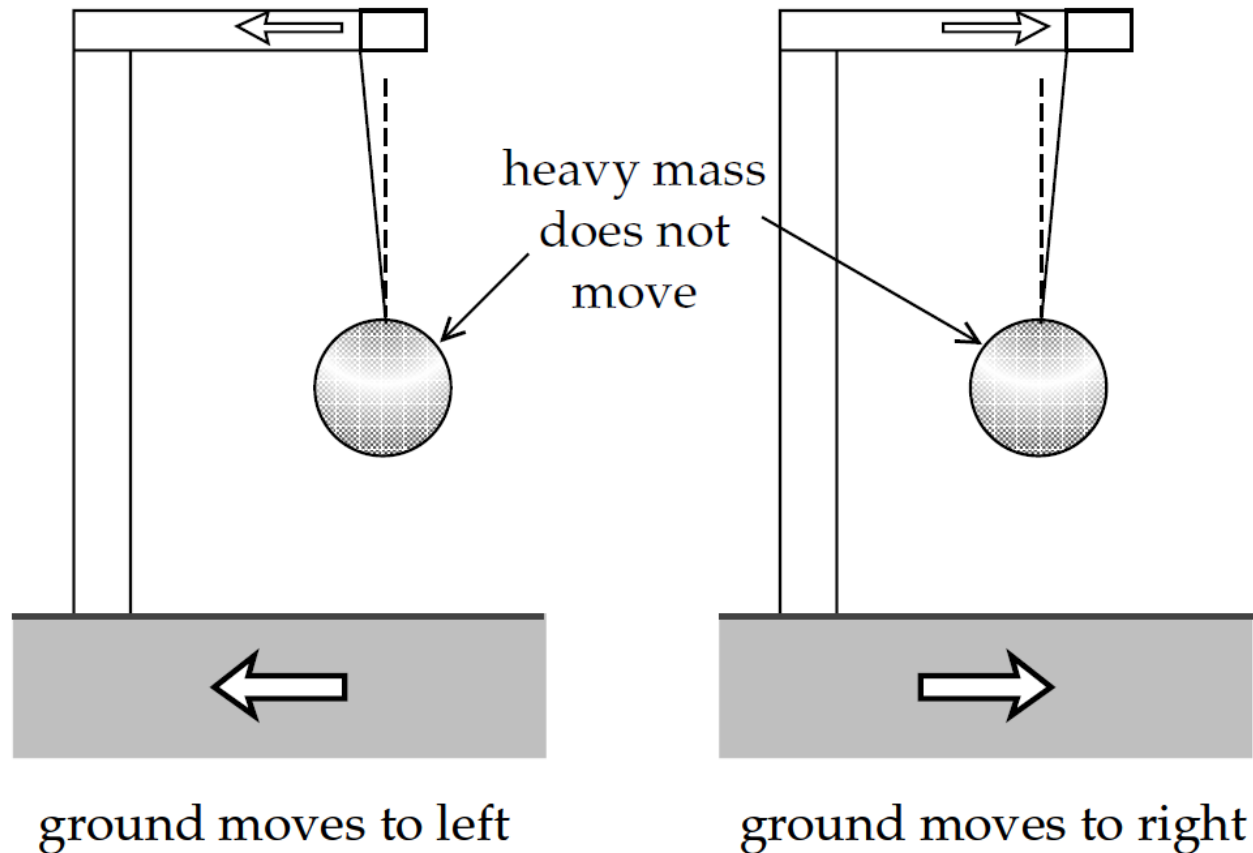
Messung von Erdbeben

Pendel-Seismoskop, Zupo, Italien, 1783

Quelle: Corriere della Sera



Messung von Erdbeben



Quelle: Lowrie, 2007

Messung von Erdbeben

Seismometergleichung:

$$M \frac{\partial^2}{\partial t^2} (u + q) = -ku$$

u : vertikale oder horizontale Bewegung der Masse M

- $k u$: Rückstellkraft

q : Bodenbewegung

Division durch M und $k/M = \omega_0^2$ (= Eigenfrequenz) ergibt $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \omega_0^2 u = -\frac{\partial^2 q}{\partial t^2}$

Dämpfung erforderlich, da sonst starke Resonanz bei ω_0


$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + 2\lambda\omega_0 \frac{\partial u}{\partial t} + \omega_0^2 u = -\frac{\partial^2 q}{\partial t^2}$$

Messung von Erdbeben

Lösung der Seismometergleichung:

$$u = \frac{A\omega^2}{[(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\lambda^2\omega^2\omega_0^2]^{1/2}} \cos(\omega t - \Delta)$$

Antwort des Seismometers hängt stark von der Dämpfung λ ab:

$\lambda = 0$: ungedämpft: Resonanz bei Eigenfrequenz ω_0

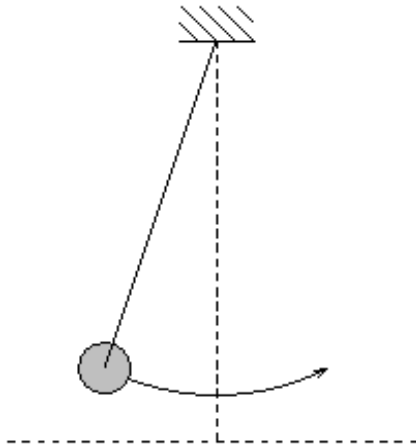
$\lambda < 1$: periodische Dämpfung

$\lambda \geq 1$: aperiodische Dämpfung

$\lambda \gg 1$: überdämpftes System, alle Frequenzen werden unterdrückt

Ziel: möglichst gleichmäßige Dämpfung aller Frequenzen, kein periodisches Nachschwingen

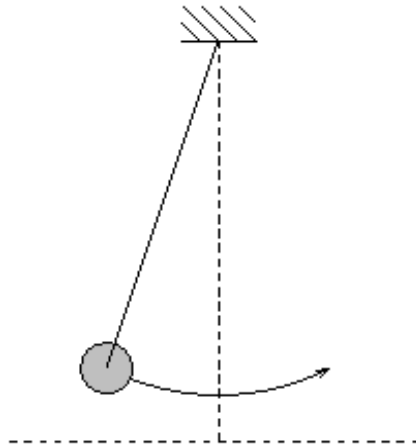
Messung von Erdbeben



$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Quelle: Lehrbuch der Physik, A. Berliner

Messung von Erdbeben



$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

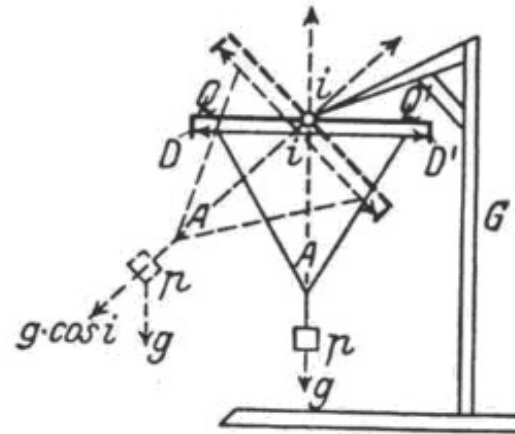
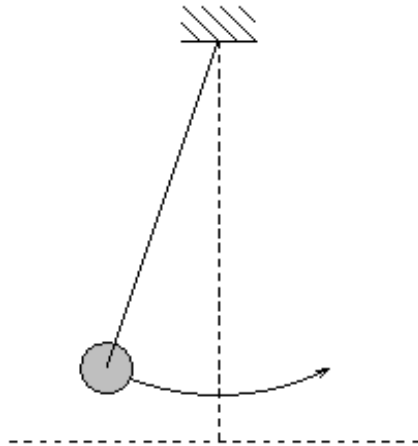


Abb. 141. Horizontalpendel
(schematisch).

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos i}}$$

Quelle: Lehrbuch der Physik, A. Berliner

Messung von Erdbeben



$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

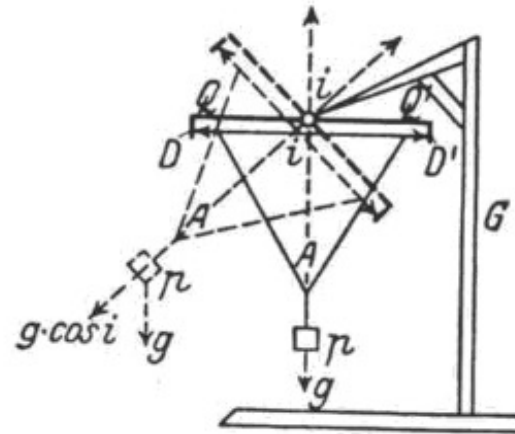


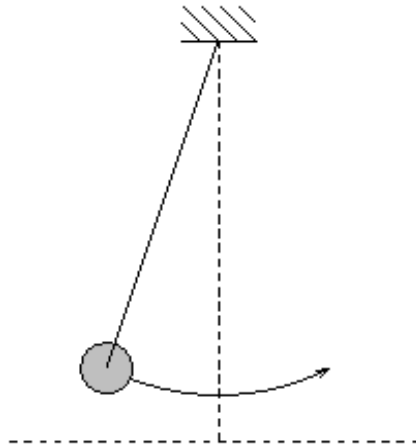
Abb. 141. Horizontalpendel
(schematisch).

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos i}}$$

$$\begin{aligned} i &\rightarrow 90^\circ \\ \cos i &\rightarrow 0 \\ T_0 &\rightarrow \infty \end{aligned}$$

Quelle: Lehrbuch der Physik, A. Berliner

Messung von Erdbeben



$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Quelle: Lehrbuch der Physik, A. Berliner

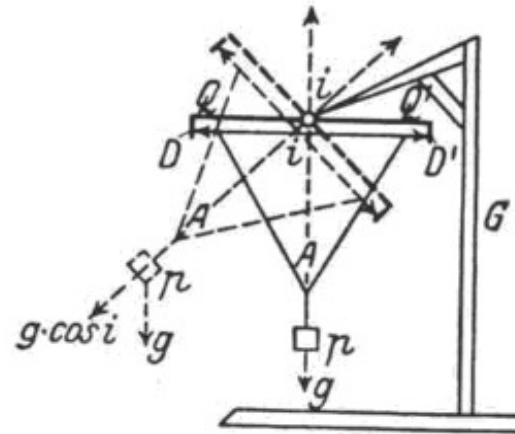


Abb. 141. Horizontalpendel (schematisch).

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos i}}$$

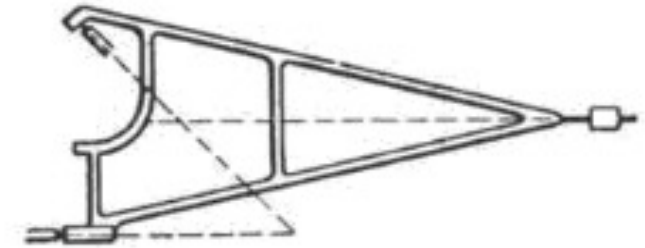


Abb. 142. Horizontalpendel.

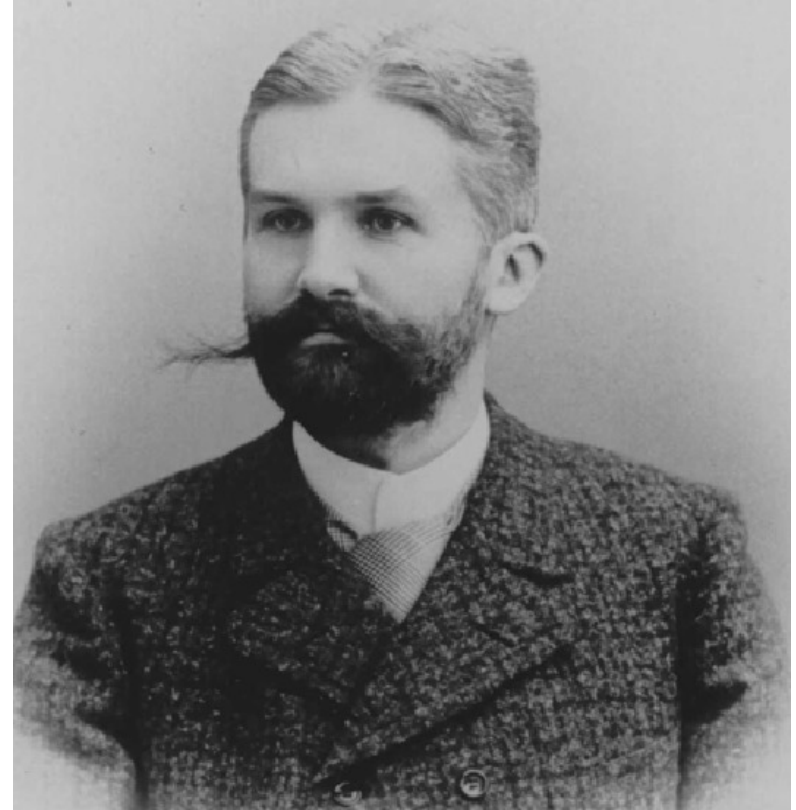
$$\begin{aligned} i &\rightarrow 90^\circ \\ \cos i &\rightarrow 0 \\ T_0 &\rightarrow \infty \end{aligned}$$

Ende des 19. Jh wurden erstmals Horizontalpendel entwickelt, mit denen sich auch Fernbeben aufzeichnen ließen, u.a. von Ernst von Rebeur-Paschwitz in Karlsruhe

Messung von Erdbeben

Ernst von Rebeur-Paschwitz

- 1861 – 1895
- Astronom, Dissertation 1883 in Berlin
- kommt 1884 als Assistent an die Sternwarte Karlsruhe
- beschäftigt sich mit Kometen und Gezeiten
- Forschungsidee: Messung von Lotabweichungen durch gravitativen Einfluss von Himmelskörpern



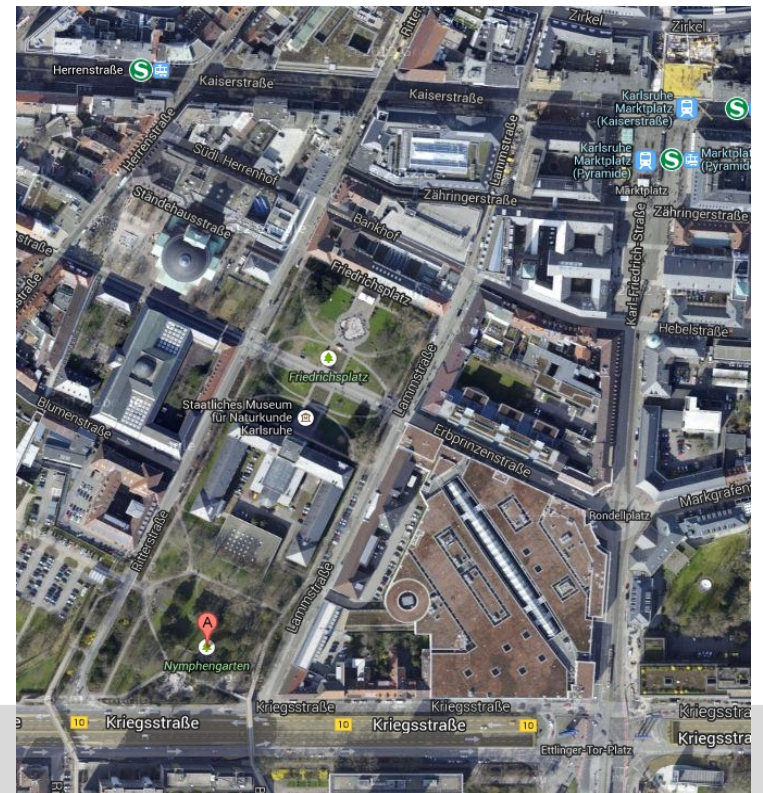
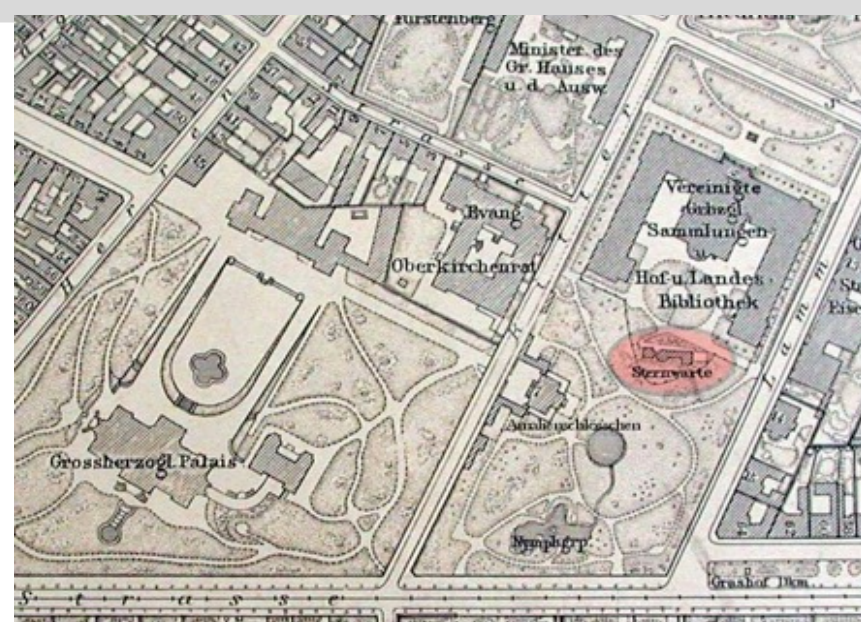
Quelle: Universitätsarchiv Tübingen, Nachdruck: J. Schweizer, 2003

Messung von Erdbeben

Ernst von Rebeur-Paschwitz

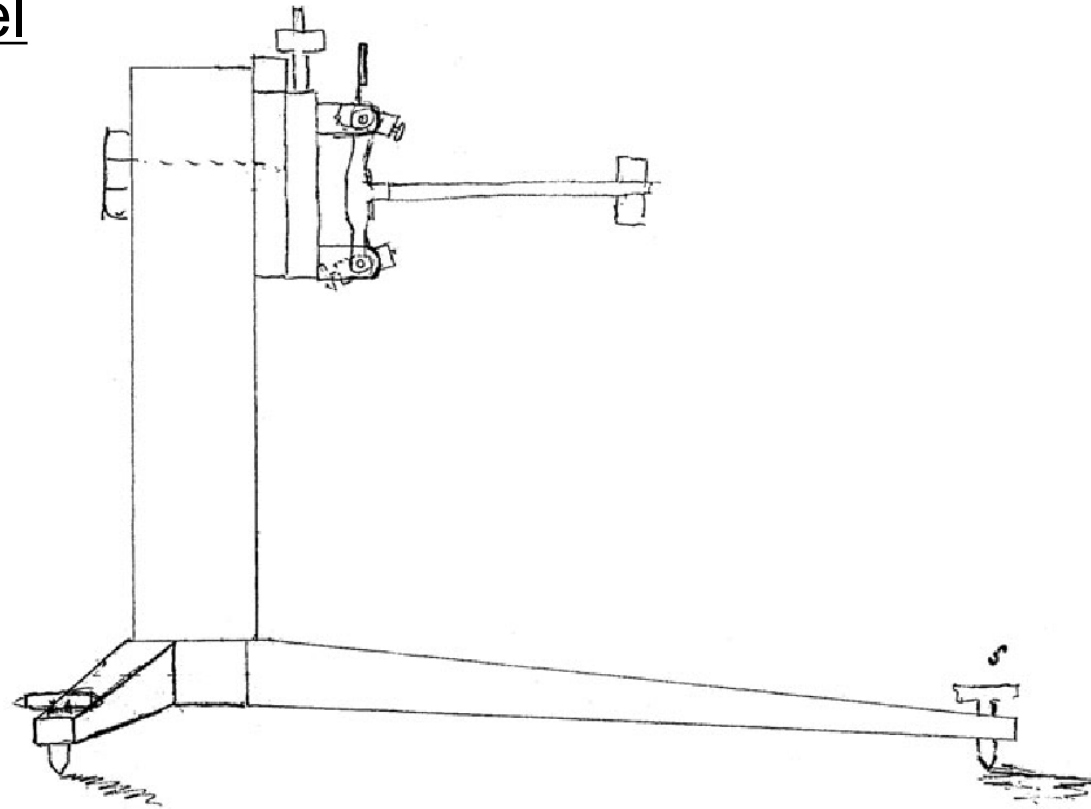
- entwickelt Horizontalpendel
- stellt es 1886 und 1887 dem Naturwissenschaftlichen Verein Karlsruhe vor, erhält 300 Mark zur Umsetzung
- baut damit in Gewölbekeller der Universität Podest, auf das er Horizontalpendel stellt
- Gerät ist auch sensitiv auf horizontale Bodenbewegungen
- DGG: Ernst-von-Rebeur-Paschwitz-Medaille

Quelle: Bürgerverein Stadtmitte, Google Maps



Messung von Erdbeben

Horizontalpendel

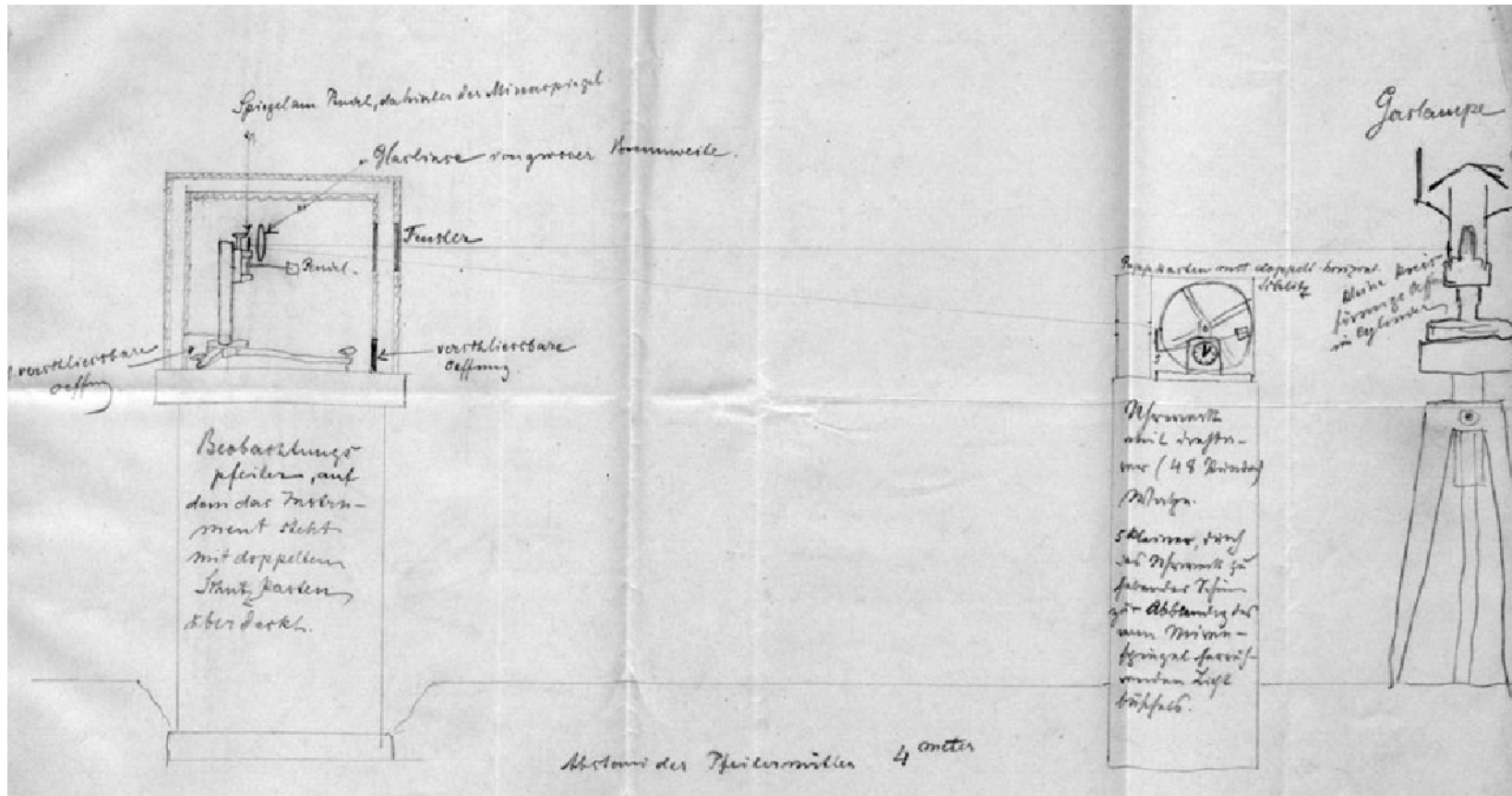


Seitenansicht des Pendelapparats.

Quelle: Fréchet & Riviera, J. Seismol., 2012

Messung von Erdbeben

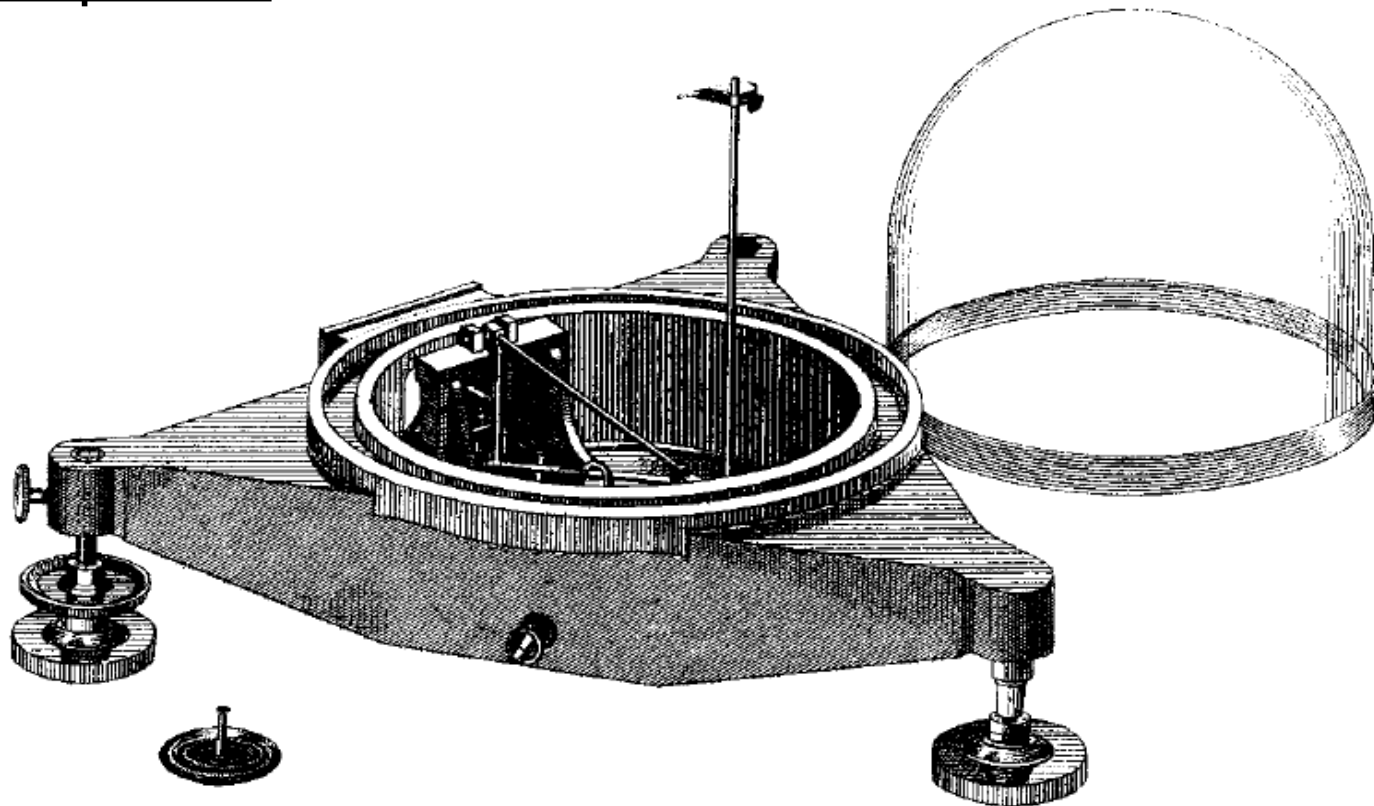
Horizontalpendel



Quelle: Fréchet & Riviera, J. Seismol., 2002

Messung von Erdbeben

Horizontalpendel



Horizontal-Pendel.

Quelle: E. v. Rebeur-Paschwitz, 1892, Nachdruck: J. Schweizer, 2003

Messung von Erdbeben

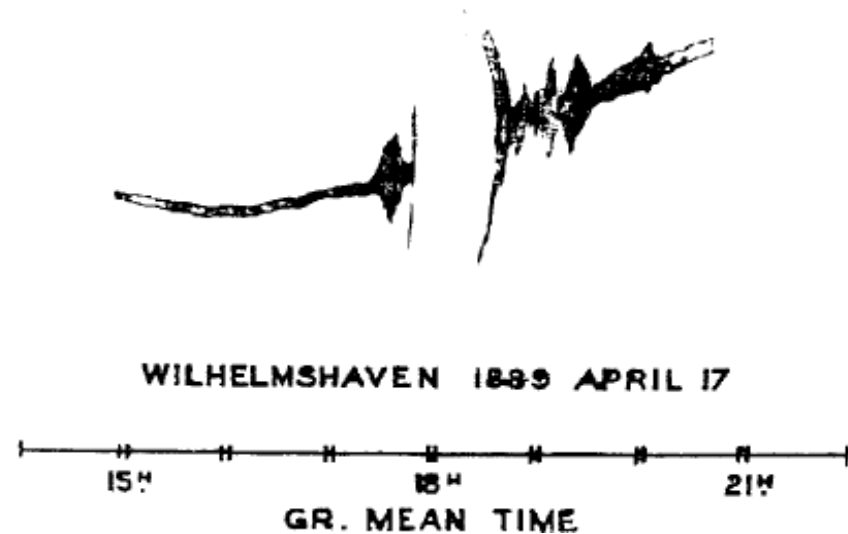
Horizontalpendel



Quelle: E. Gottschämmer, 2014

Messung von Erdbeben

Registrierung mit dem Horizontalpendel



Quelle: E. v. Rebeur-Paschwitz, 1889, Nachdruck: J. Schweizer, 2003

Messung von Erdbeben

The Earthquake of Tokio, April 18, 1889.

READING the report on this earthquake in NATURE (June 13, p. 162), I was struck by its coincidence in time with a very singular perturbation registered by two delicate horizontal pendulums at the Observatories of Potsdam and Wilhelmshaven. These instruments, which represent, with some modification, Prof. Zöllner's horizontal pendulum, were established in March 1889, for studying the slight movements of the ground. The motion of the pendulum, which is left to oscillate freely whenever its equilibrium is disturbed, is registered by the same photographic method as that employed for magnetic observations. The pendulum is in the plane of the meridian, so that any shock, the direction of which is not in this plane, will produce oscillations of the pendulum, diminishing gradually, if it is left undisturbed after the shock. The pillars supporting the instruments are fixed in a depth of 1 metre below the ground of the cellar which was chosen as a suitable place for the erection of the instrument.

During the three months from April to June, the disturbance of April 17, 18h. G.M.T., was the most remarkable which occurred. The following readings of Greenwich mean time, which are best explained by the accompanying figures, are taken from the original photographs; it must, however, be mentioned that the small scale of 11 millimetres per hour does not allow a very accurate determination of time, and that an error of one minute or two is quite probable.

(1) *Potsdam.*—1889, April 17. From 5h. until 17h. 21m., great steadiness of image.

h.	m.	
17	21	First traces of disturbance.
17	39	Beginning of small oscillations.
17	54.3	Motion <i>suddenly</i> increases and reaches its maximum at
18	1	Amplitude of oscillation 154 millimetres. The amplitude then suddenly diminishes.
18	43	Maxima of oscillation.
18	58	
19	45	
20	0	Perfect steadiness of image.

(2) *Wilhelmshaven.*—Here also the image is perfectly steady

Rebeur-Paschwitz, Ernst von (1889): The earthquake of Tokio, April 18, 1889. Nature 40, 294-295:

- Bestimmung einer Durchschnitts-Wellengeschwindigkeit (2 km/s, später korrigiert, lokale Uhrzeit in Tokio nicht richtig berücksichtigt)
- Herd nicht in Tokio selbst, nur Zeitungsberichte aus Tokio bekannt
- unterscheidet Raum- und Oberflächenwellen

Quelle: E. v. Rebeur-Paschwitz, 1889, Nachdruck: J. Schweizer, 2003

Messung von Erdbeben

Rebeur-Ehlert-Seismograph



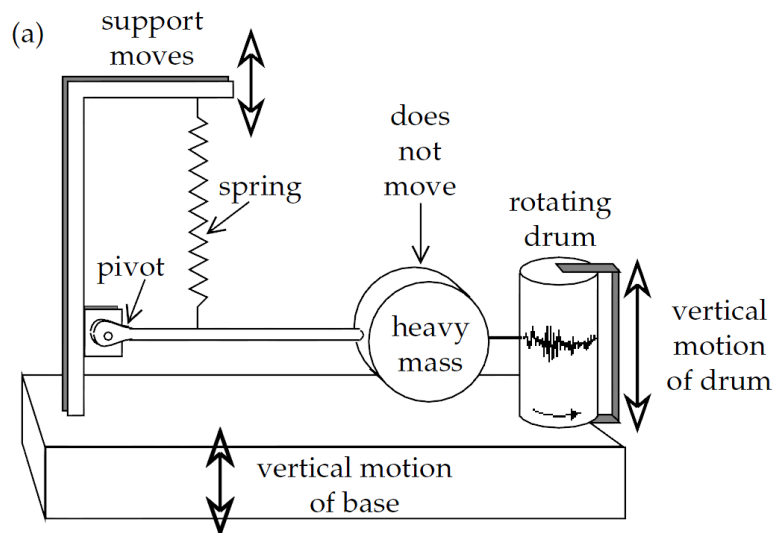
Quelle: Königliches Observatorium von Belgien, Seismologieabtlg.

Messung von Erdbeben

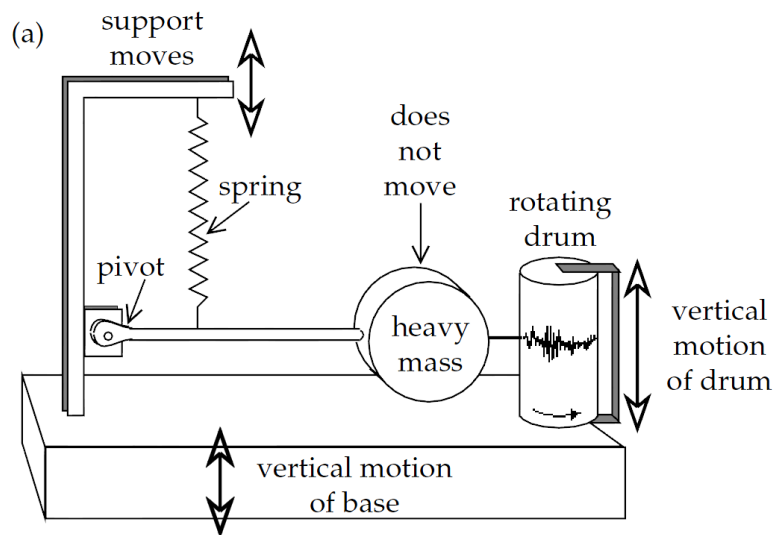
Wiechert-Seismograph

- hergestellt in Göttingen, zwischen 1904 und 1909
- in Betrieb in Strasbourg von 1904 bis 1968.
- Horizontal: Masse 1000 kg, Periode 8 s
- Vertikal: Masse 1200 kg, Periode 5 s
- Dämpfung durch Luftzylinder
- Registrierung auf Rußpapier

Quelle: Universität Straßburg



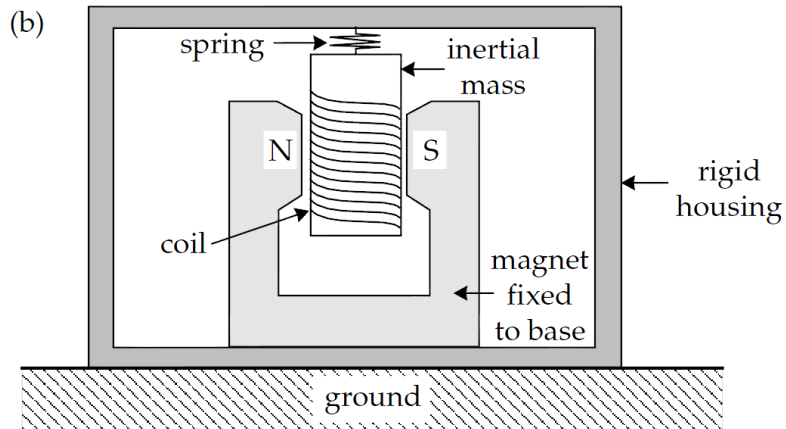
Messung von Erdbeben



Messung von Erdbeben

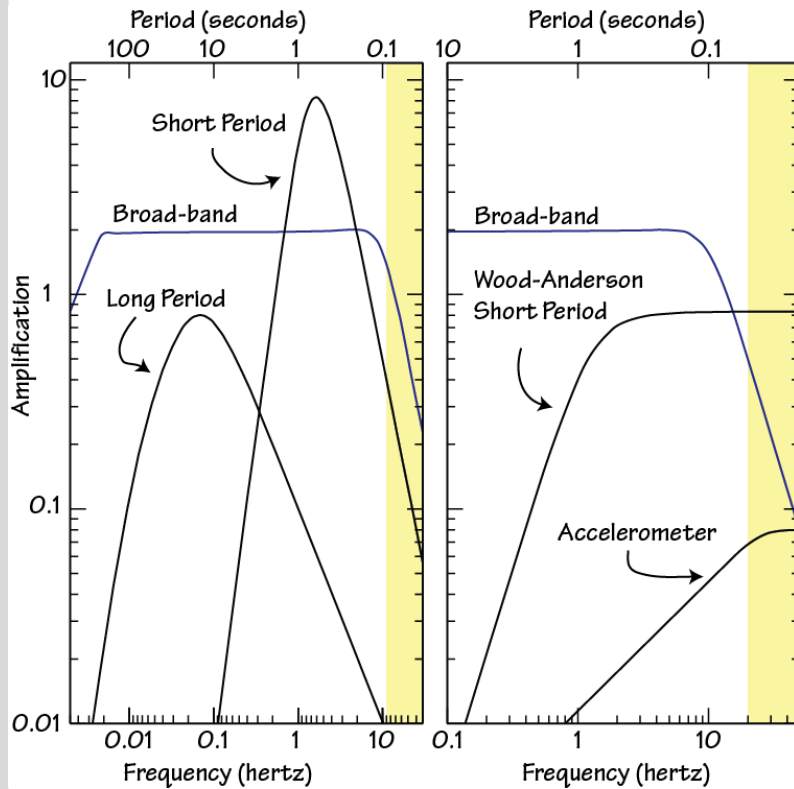
Galitzine-Seismograph

- hergestellt um 1910 in Sankt Petersburg.
- in Betrieb in Strasbourg von 1910 bis 1975.
- elektromagnetisches Seismometer: Prinzip der Induktion
- Horizontal: Masse 7 kg, Periode 12 s
- Vertikal: Masse 10 kg, Periode 24 s
- optische Aufzeichnung



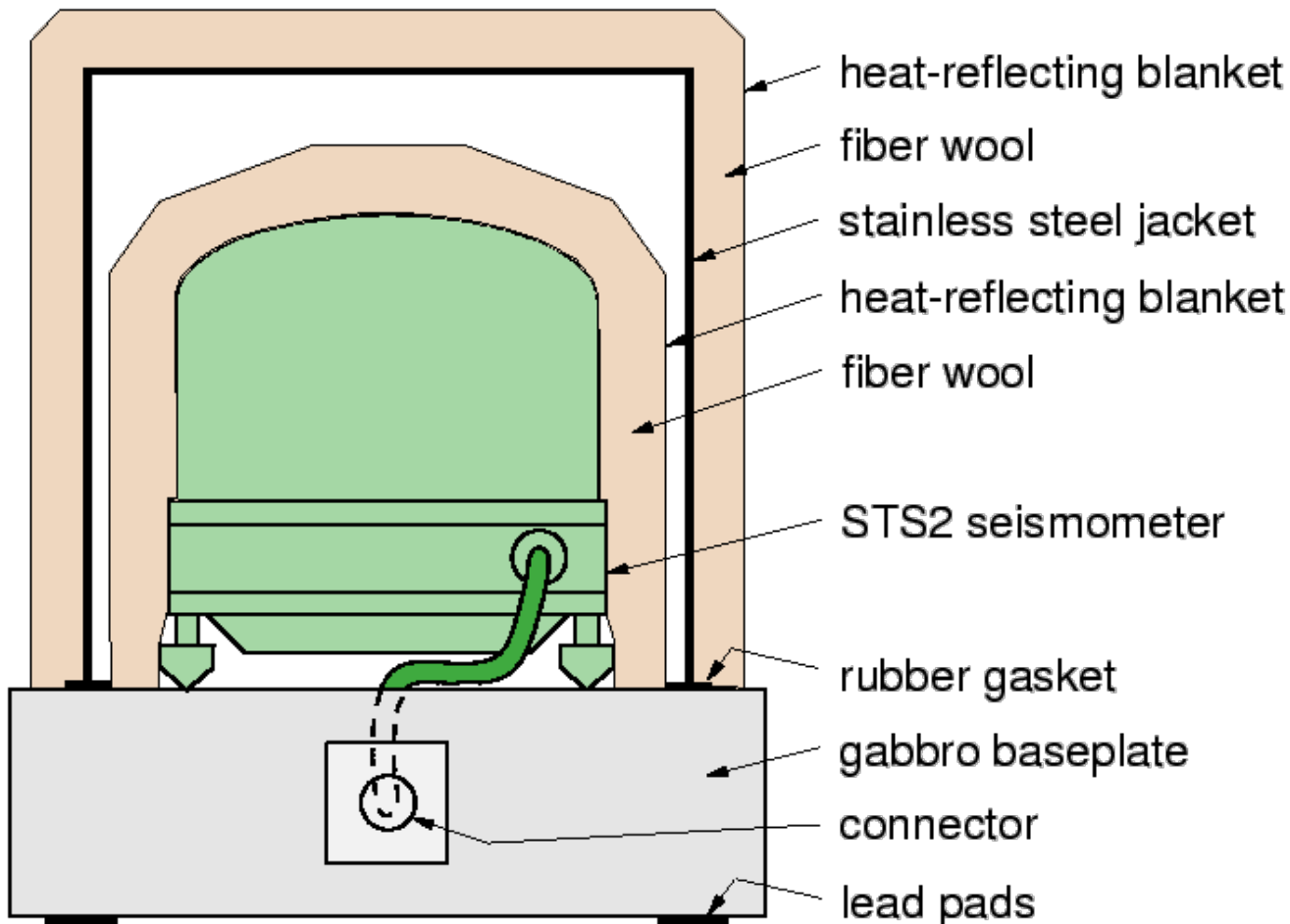
Messung von Erdbeben

Weitere Entwicklungen: Breitbandgeräte



Messung von Erdbeben

Weitere Entwicklungen: Breitbandgeräte



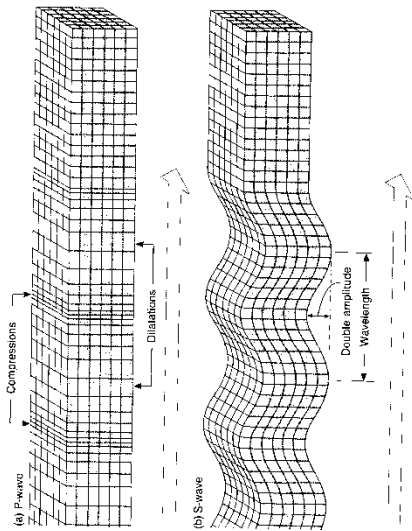
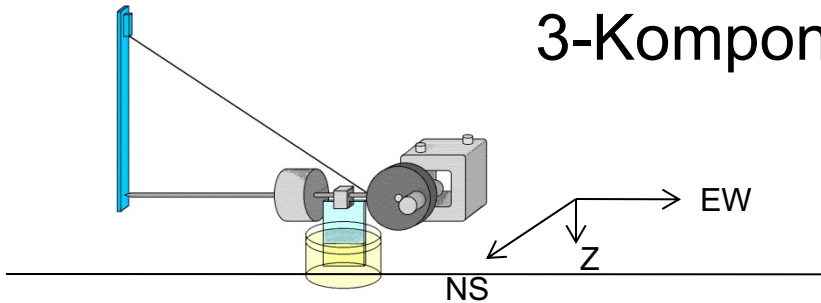
Messung von Erdbeben

Weitere Entwicklungen: Breitbandgeräte



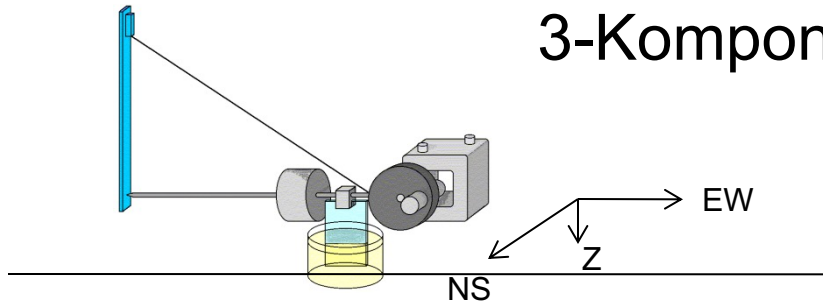
Lokalisierung von Erdbeben

3-Komponenten-Seismometer



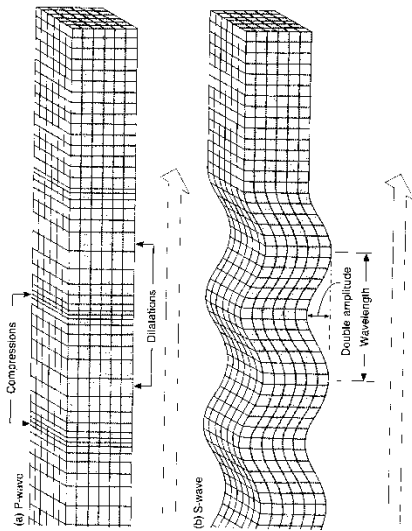
Lokalisierung von Erdbeben

3-Komponenten-Seismometer

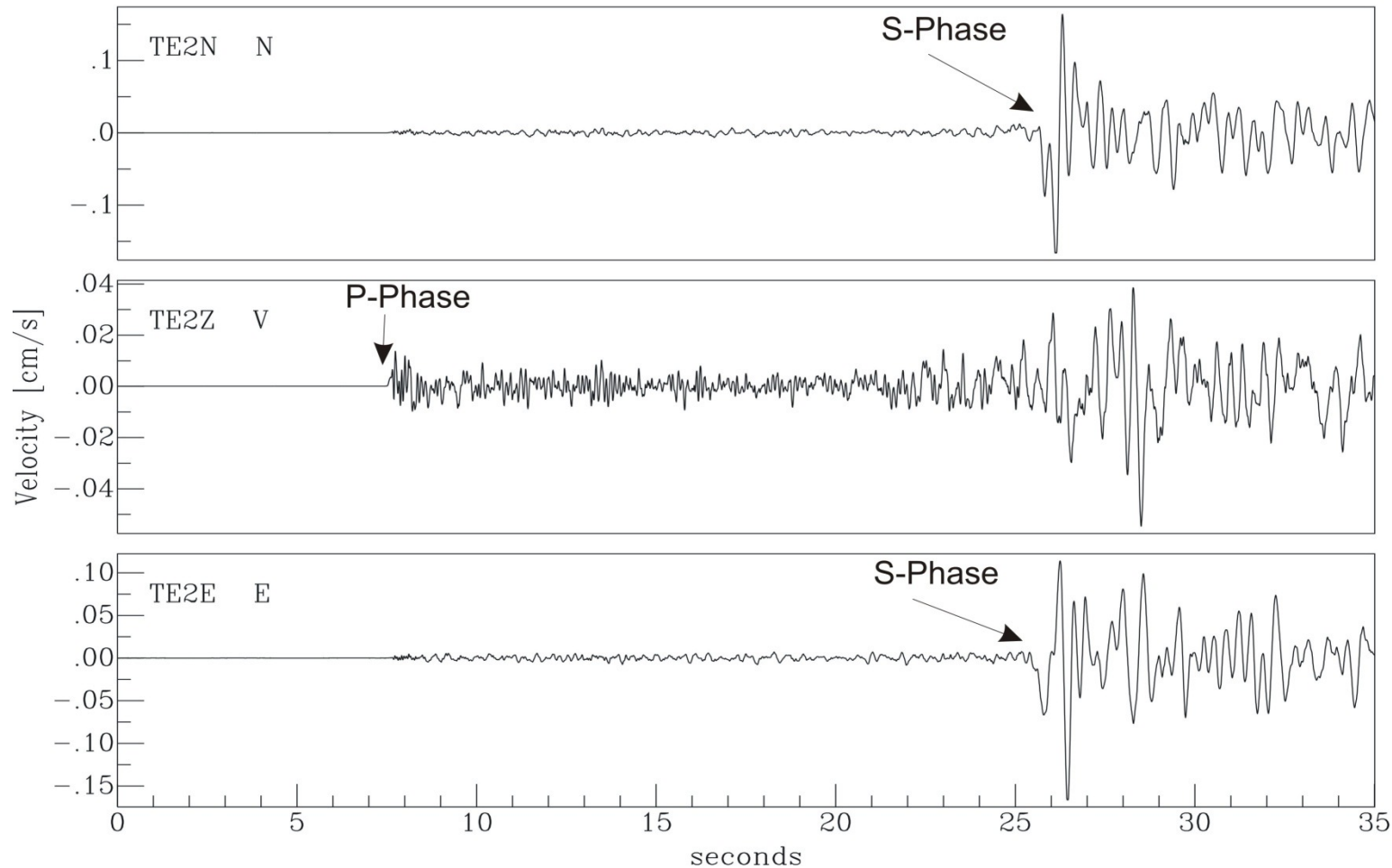


Wenn Welle „von unten“ auf Station trifft:

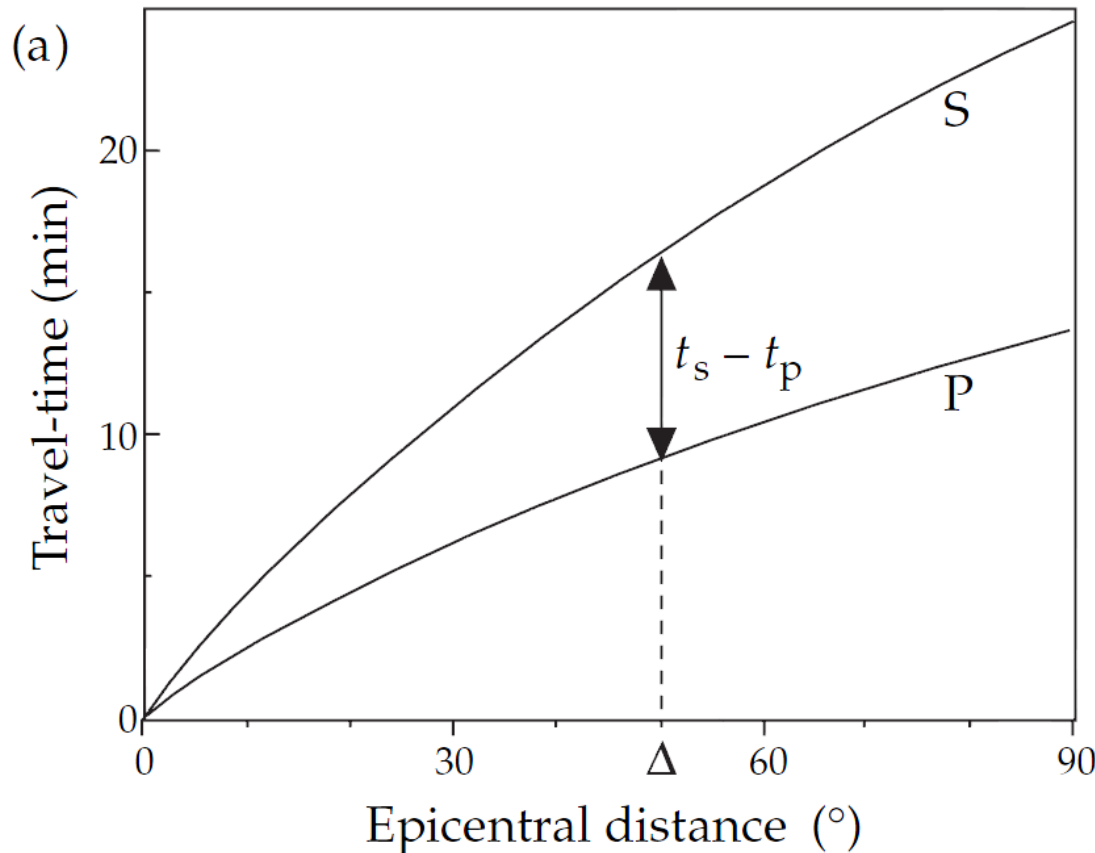
- Bodenbewegung der P-Welle auf vertikaler Komponente
- Bodenbewegung der S-Welle auf horizontalen Komponenten



Lokalisierung von Erdbeben



Lokalisierung von Erdbeben



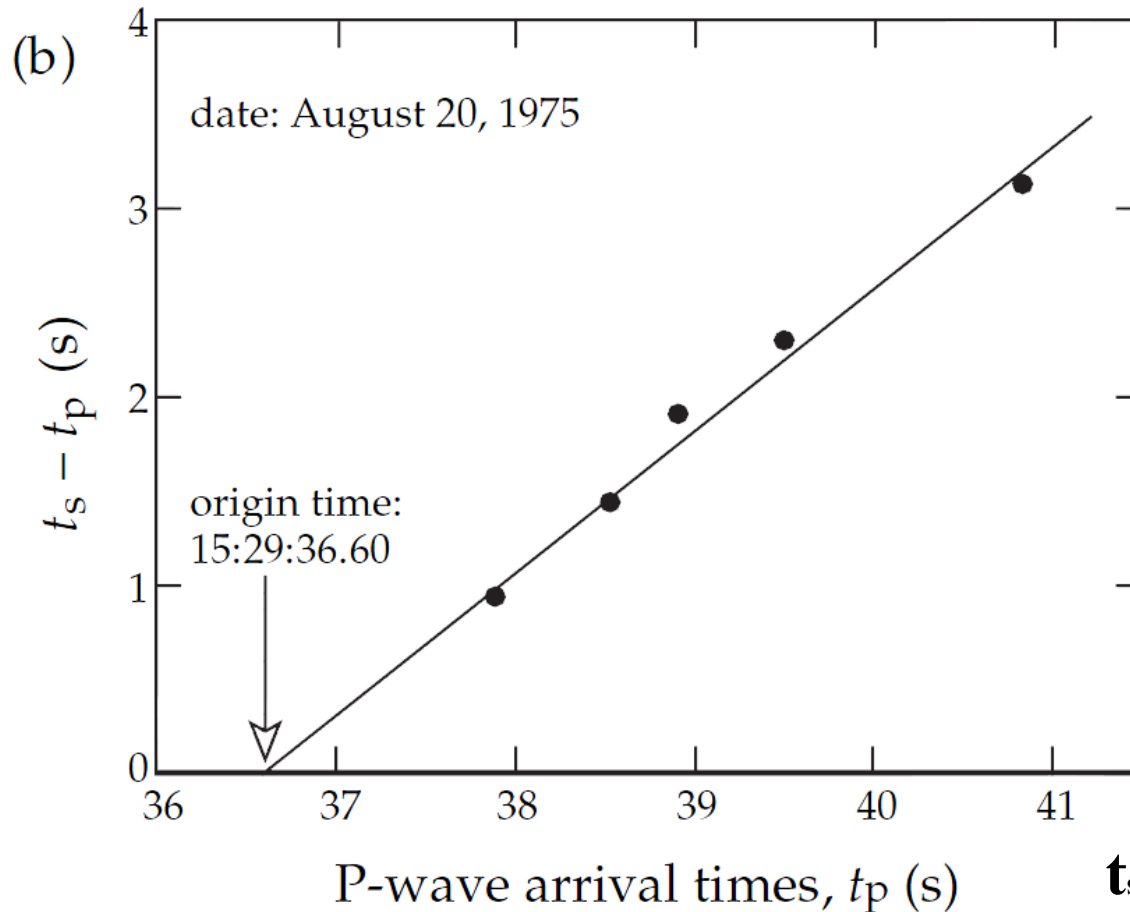
$$t_s = t_0 + D/v_s$$

$$t_p = t_0 + D/v_p$$

$$D = (t_s - t_p) \left(\frac{v_p v_s}{v_p - v_s} \right)$$

Lowrie, 2007

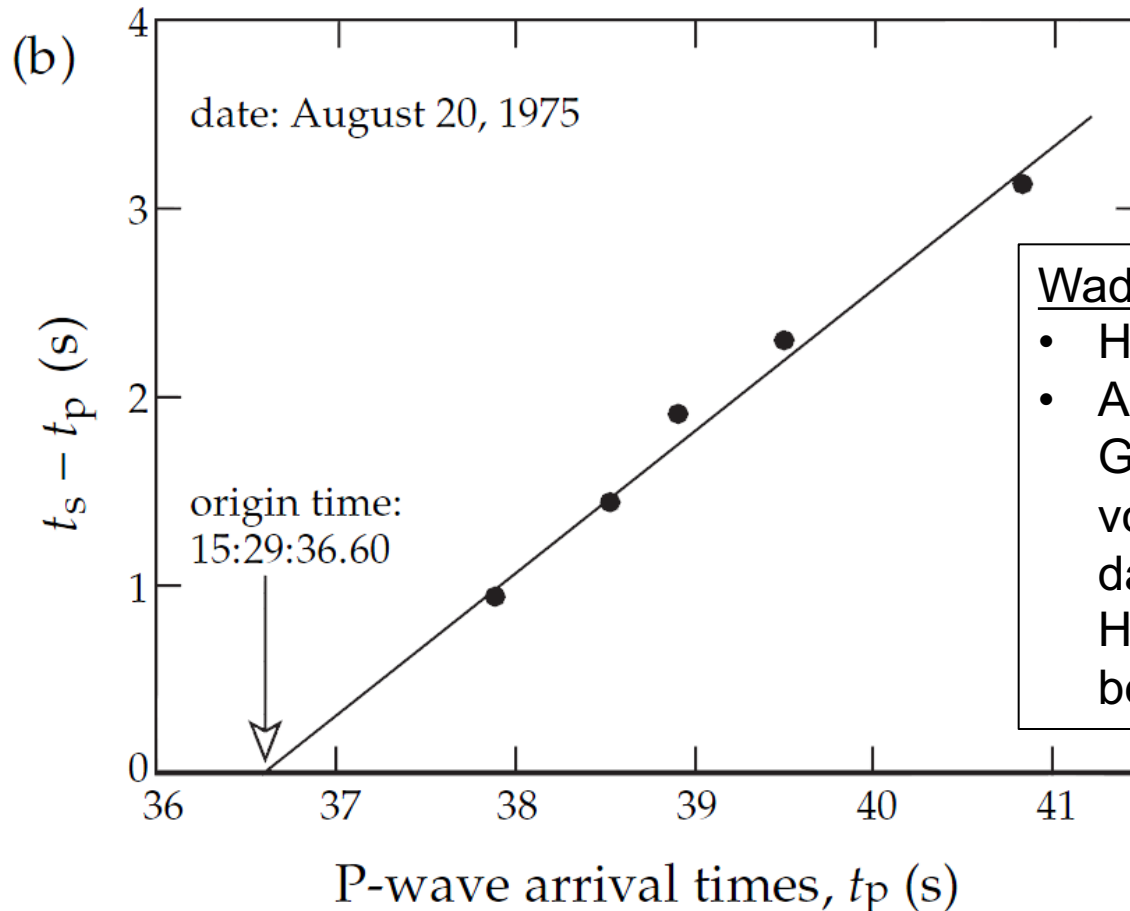
Lokalisierung von Erdbeben



$$t_s - t_p = (v_p/v_s - 1) \times (t_p - t_0)$$

Lowrie, 2007

Lokalisierung von Erdbeben

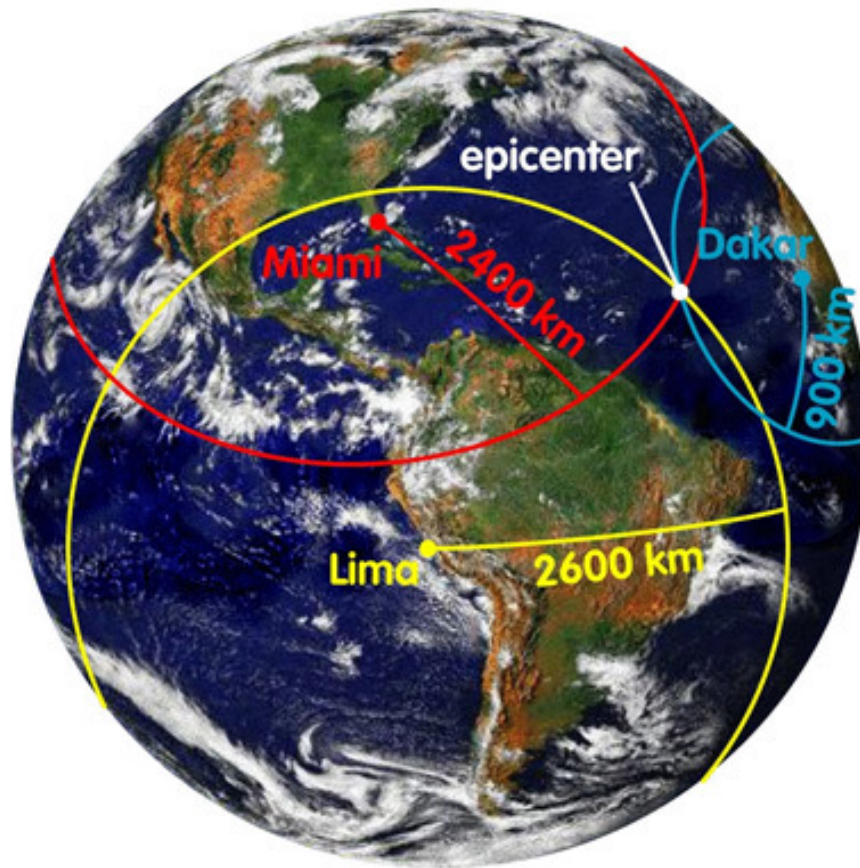


Wadati-Diagramm:

- Herdzeitbestimmung
- Aus Steigung der Geraden unter Annahme von v_p : v_s bestimmen, damit dann Hypozentralentfernung berechnen

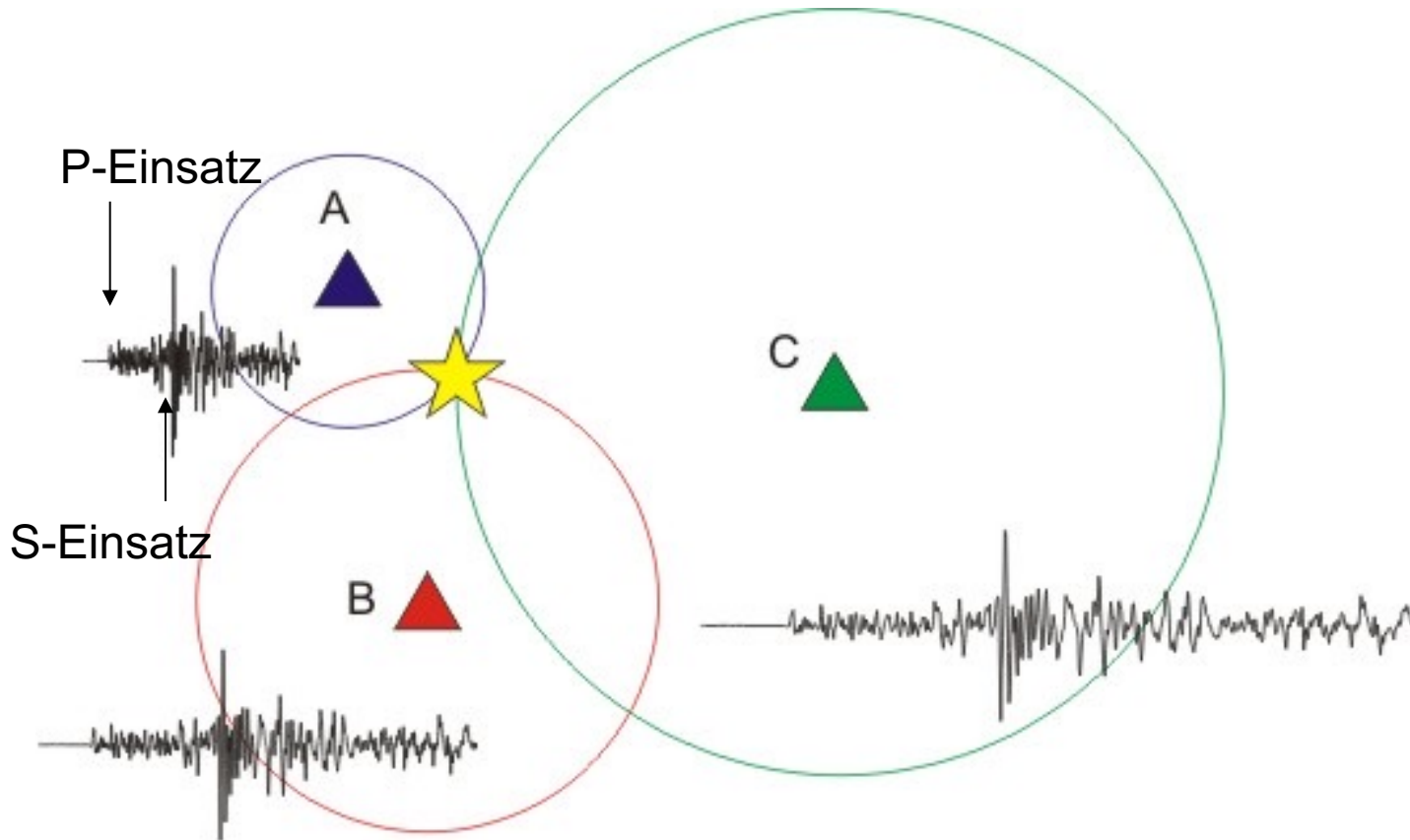
Lowrie, 2007

Lokalisierung von Erdbeben



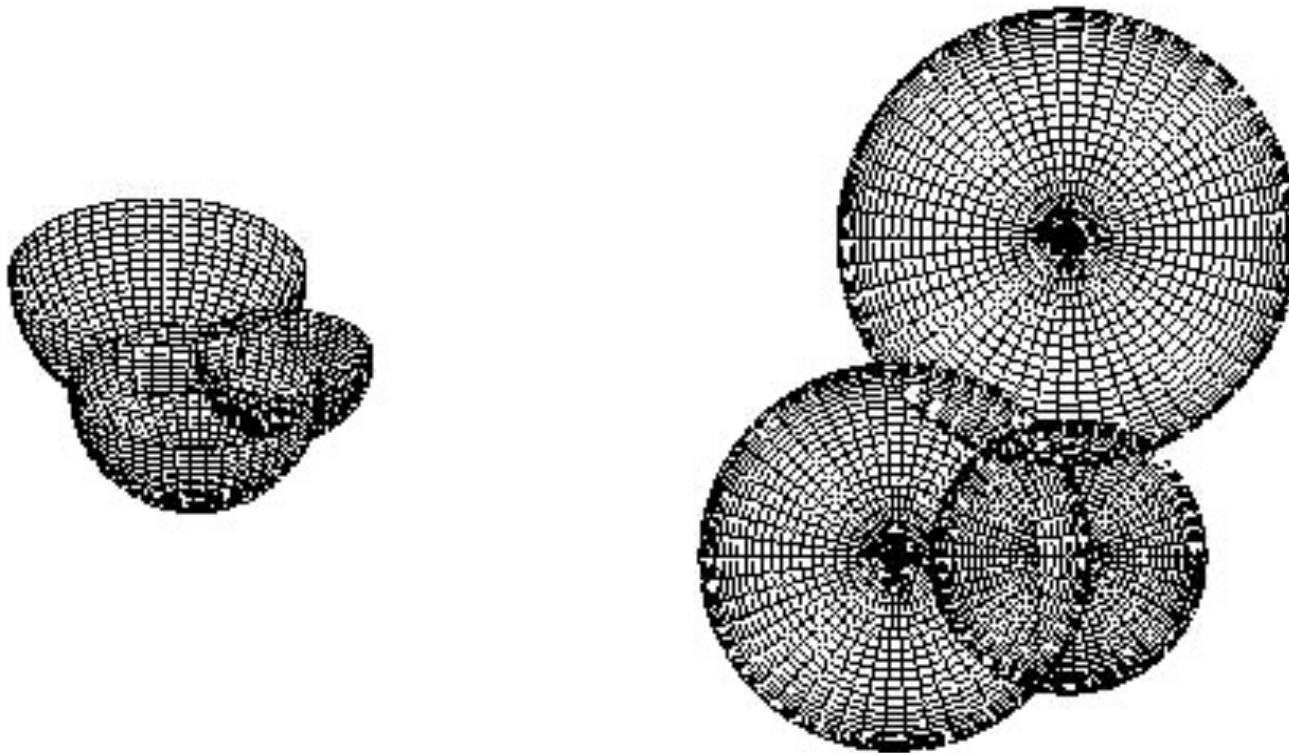
Triangulation, Drei-Kreis-Verfahren

Lokalisierung von Erdbeben



im Nahbereich: Differenz der S- und P-Laufzeiten

Lokalisierung von Erdbeben



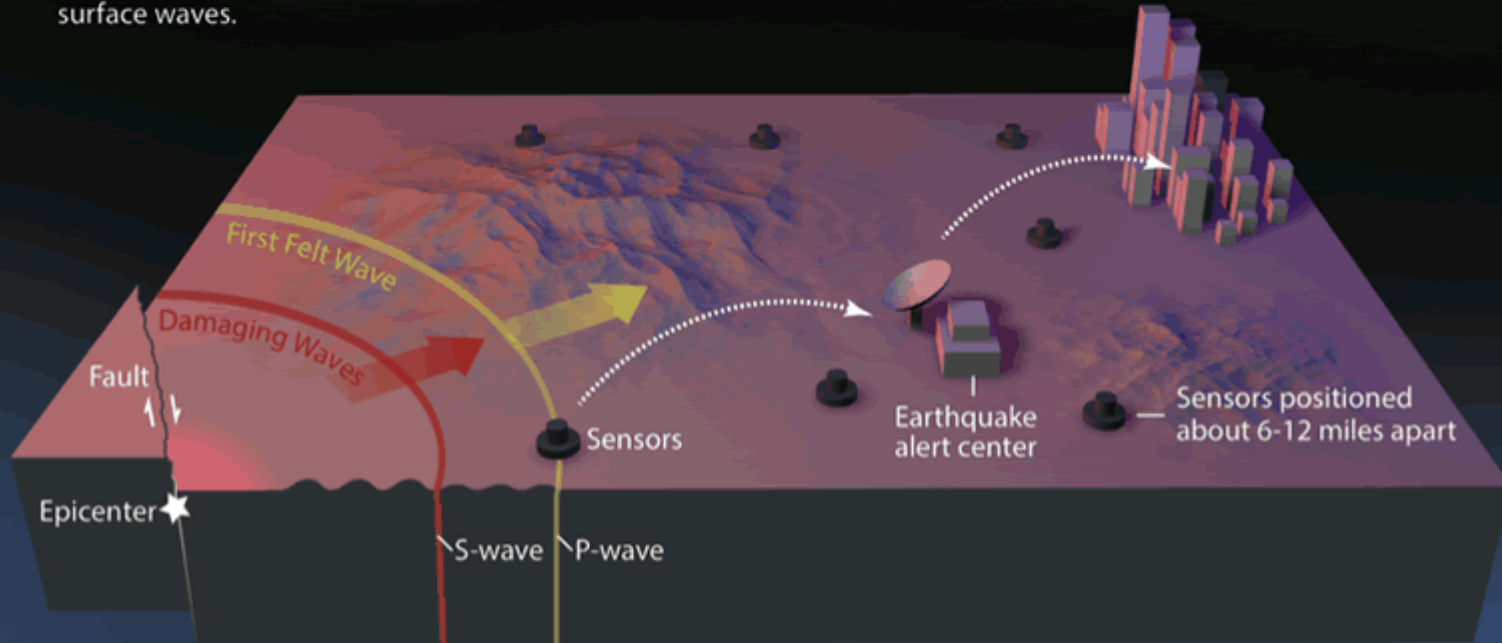
Lokalisierung von Erdbeben: Wo gibt es Infos?

- **GFZ:**
<http://www.gfz-potsdam.de/medien-kommunikation/erdbebeninformationen/>
- **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe:**
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Aktuelle-Beben/aktuelle-beben_node.html
- **Erdbebendienst Südwest:**
<http://www.erdbebendienst-suedwest.de/navi/home/>
- **European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC):**
<http://www.emsc-csem.org/#2>
- **Istituto Nazionale di Geofisica a Vulcanologia**
<http://cnt.rm.ingv.it/en/>
- **United States Geological Survey:**
<https://earthquake.usgs.gov/>
- **Japan Meteorological Agency:**
<http://www.jma.go.jp/en/quake/>

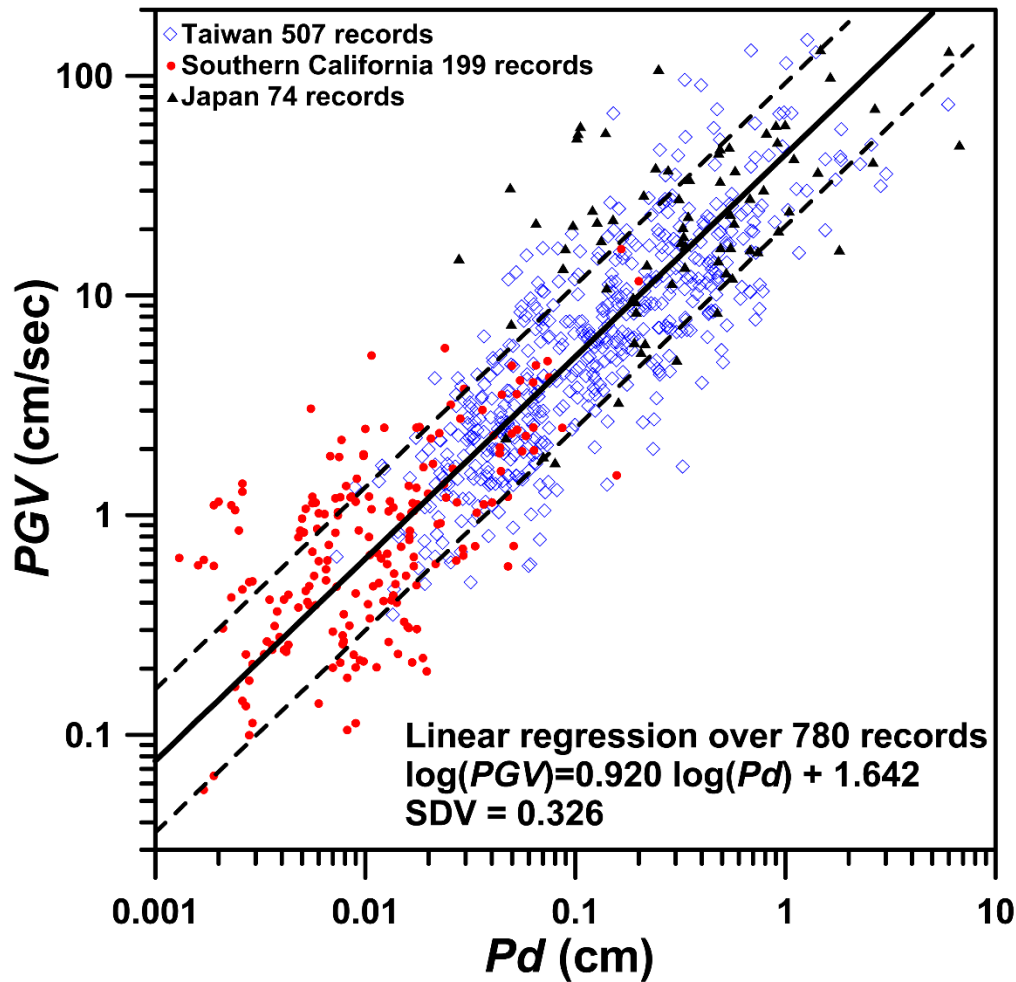
Lokalisierung von Erdbeben: Frühwarnung

Earthquake Early Warning Basics

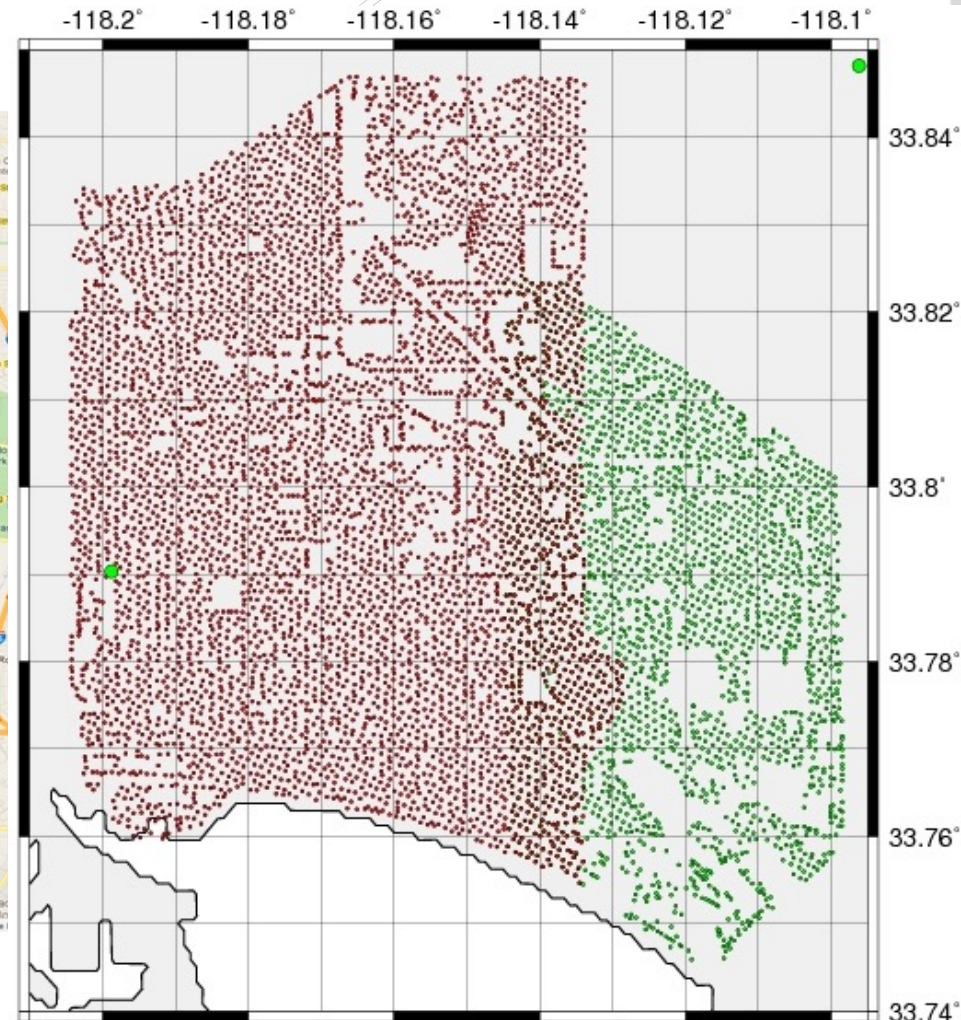
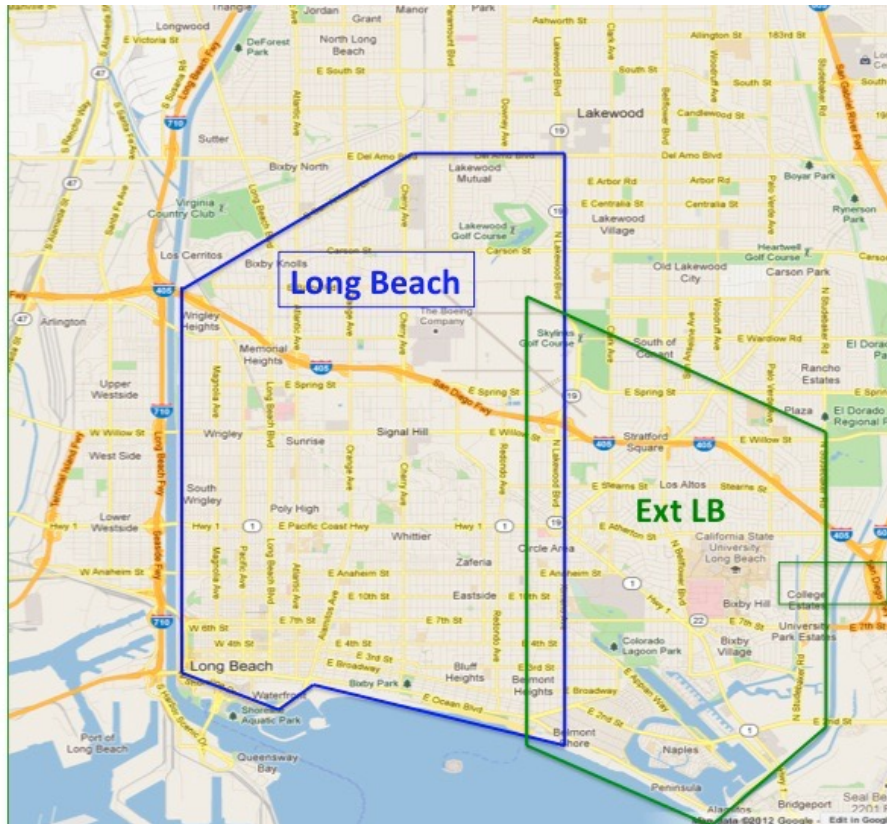
- 1 In an earthquake, a rupturing fault sends out different types of waves. The fast-moving P-wave is first to arrive, but damage is caused by the slower S-waves and later-arriving surface waves.
- 2 Sensors detect the P-wave and immediately transmit data to an earthquake alert center where the location and size of the quake are determined and updated as more data become available.
- 3 A message from the alert center is immediately transmitted to your computer or mobile phone, which calculates the expected intensity and arrival time of shaking at your location.



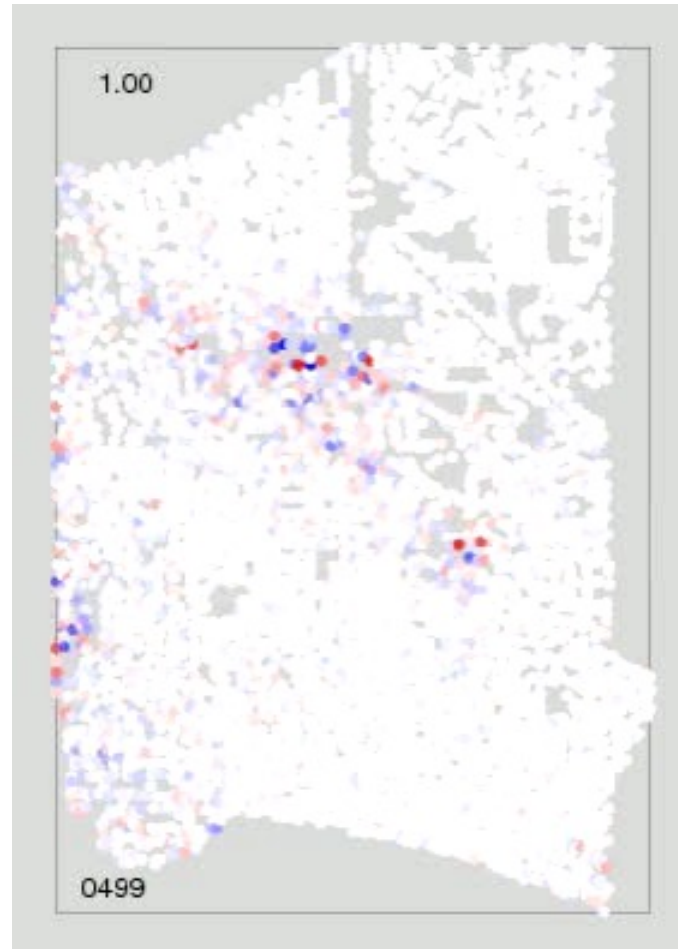
Lokalisierung von Erdbeben: Frühwarnung



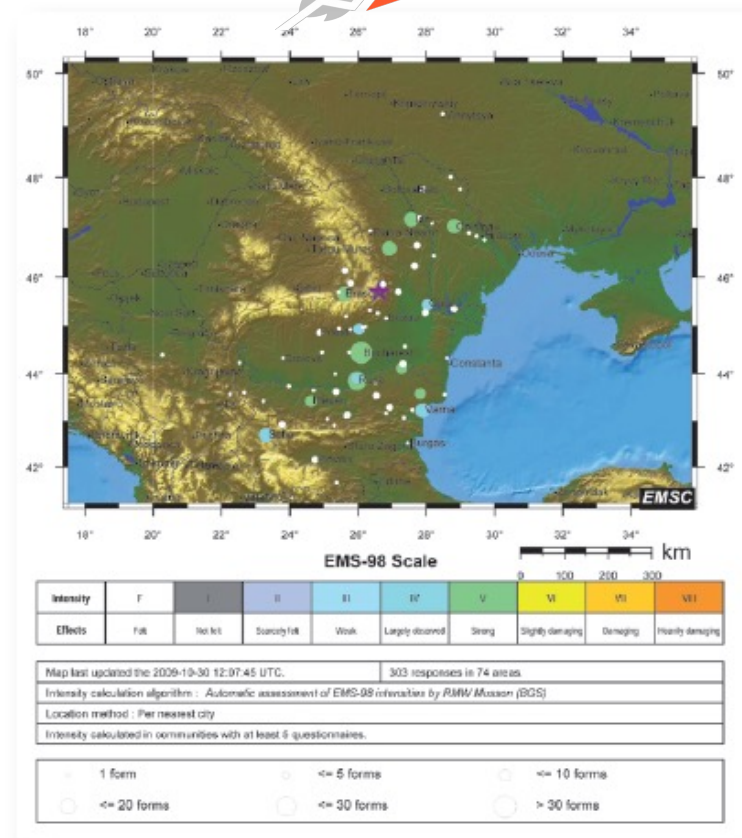
Long Beach array: 5000+ recorders



Dense observations (Large N)



Erdbeben Lokalisierung: Geographical location of IP addresses



Lokalisierung von Erdbeben: Quake Catcher Network



Das Quake-Catcher Netzwerk

Das Quake-Catcher Network ist eine gemeinsame Initiative für die Entwicklung des weltweit größten, kostengünstigen seismischen Netzwerkes für starke Bewegungen durch die Verwendung von Sensoren in und an Computern mit Internetanschluss. Mit deiner Hilfe, kann das Quake-Catcher Netzwerk zum besseren Verständnis von Erdbeben beitragen, als Frühwarnsystem für Schulen dienen, Notfallsysteme unterstützen, und vieles mehr.



Das Quake-Catcher Network bietet auch Lernsoftware an, um über Erdbeben und Erdbebengefahren zu lernen..



Installation



Eine kleiner und wartungsarmer Bewegungssensor wird zusammen mit dem freien QCN-Software installiert.

[mehr Infos →](#)

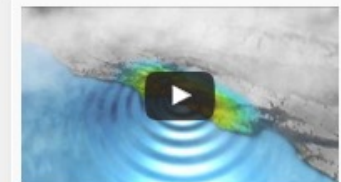
Überwachen



Sensor-Daten zeigen sowohl die Standorte, als auch die Größe von Erdbeben nahezu in Echtzeit.

[mehr Infos →](#)

Teilen



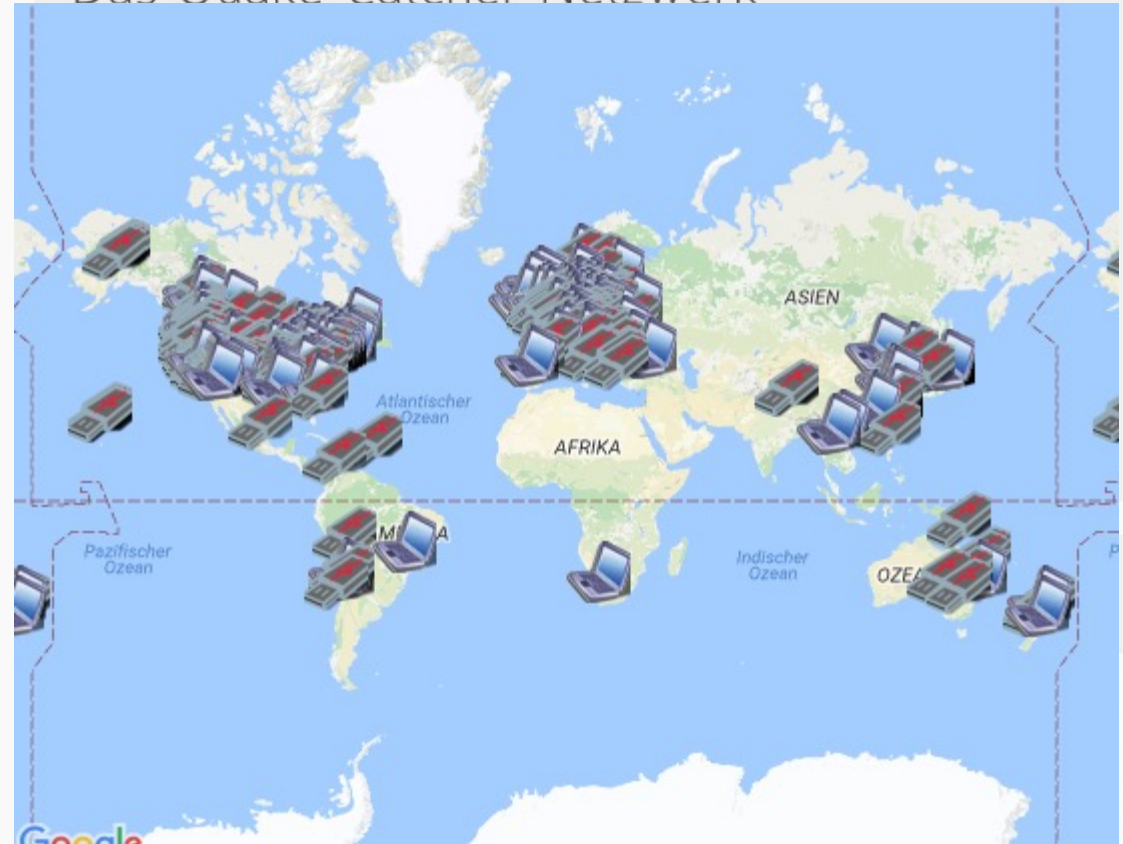
Host-Computer laden ihre Sensor-Daten direkt hoch ins Online-QCN Netzwerk zur Weiterverarbeitung.

[mehr Infos →](#)

Lokalisierung von Erdbeben: Quake Catcher Network



Das Ouake-Catcher Netzwerk



Eine kleiner und wartungsarmer Bewegungssensor wird zusammen mit dem freien QCN-Software installiert.
mehr Infos →

Sensor-Daten zeigen sowohl die Standorte, als auch die Größe von Erdbeben nahezu in Echtzeit.
mehr Infos →

Host-Computer laden ihre Sensor-Daten direkt hoch ins Online-QCN Netzwerk zur Weiterverarbeitung.
mehr Infos →



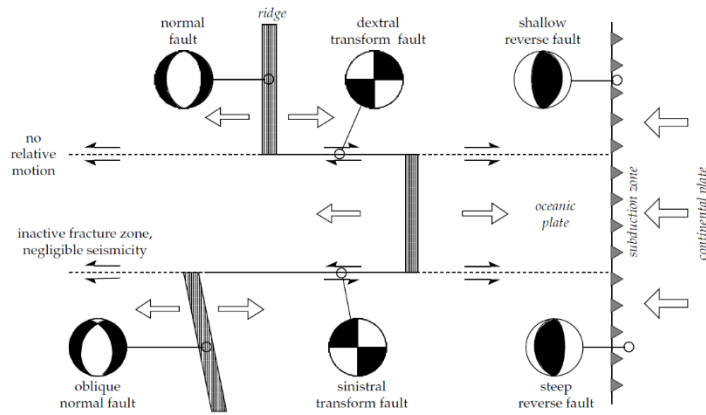
Zusammenfassung – Take-home-message

- Wie lassen sich Bruchprozesse in der Lithosphäre beschreiben und charakterisieren?
- Wie lassen sich Erdbeben messen?
- Wie werden Erdbebenherde lokalisiert?



Zusammenfassung – Take-home-message

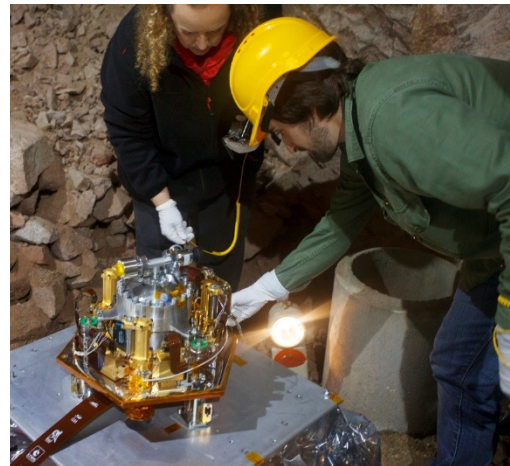
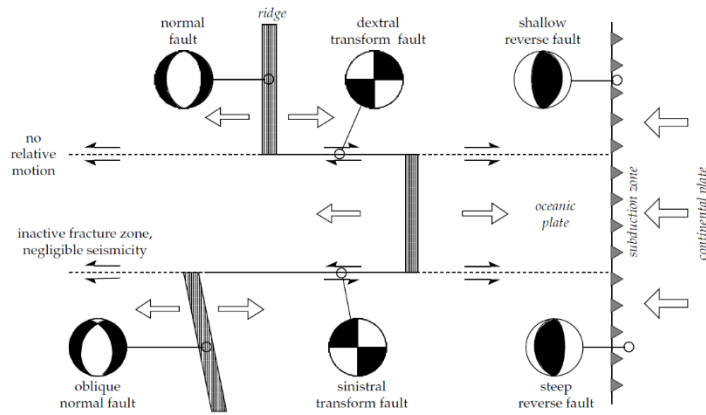
- Wie lassen sich Bruchprozesse in der Lithosphäre beschreiben und charakterisieren?
- Wie lassen sich Erdbeben messen?
- Wie werden Erdbebenherde lokalisiert?





Zusammenfassung – Take-home-message

- Wie lassen sich Bruchprozesse in der Lithosphäre beschreiben und charakterisieren?
- Wie lassen sich Erdbeben messen?
- Wie werden Erdbebenherde lokalisiert?





Zusammenfassung – Take-home-message

- Wie lassen sich Bruchprozesse in der Lithosphäre beschreiben und charakterisieren?
- Wie lassen sich Erdbeben messen?
- Wie werden Erdbebenherde lokalisiert?

