

# Tatort Plattengrenze

6

Berühmte Fälle

# "The Great 1906 San Francisco Earthquake" 18. April 1906

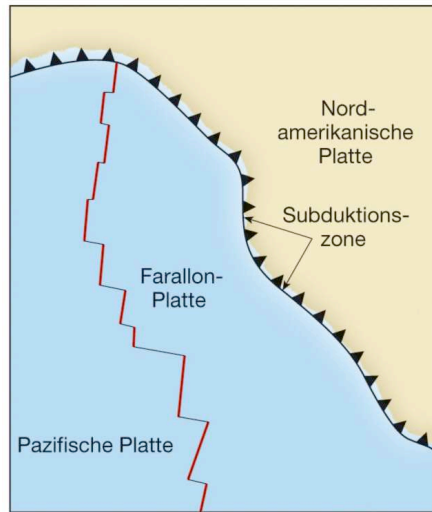
# The Great 1906 San Francisco Earthquake



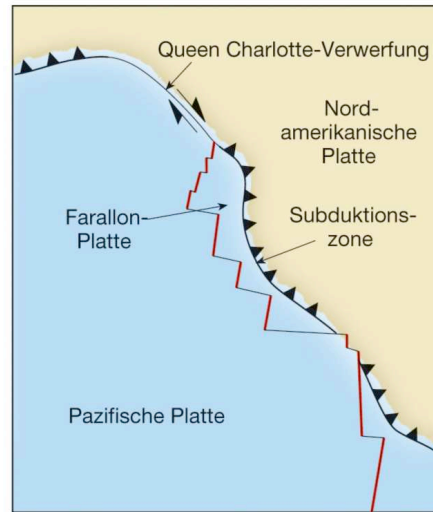
Photograph by Arnold Genthe: Sacramento Street and approaching fire.  
(Steinbrugge Collection of the UC Berkeley Earthquake Engineering  
Research Center)

Magnitude:  $M_L = 8.3$  (Richter),  $M_w = 7.9$  (Momenten),  $M_s = 7.7$  (Oberflächenwellen)  
Intensität: MMIVII - 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)

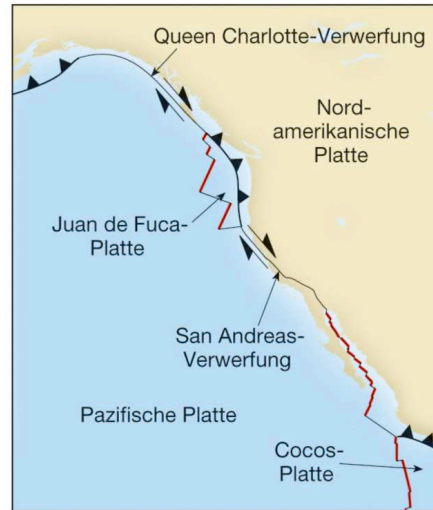
# Die San Andreas Verwerfung



A. Vor 56 Millionen Jahren

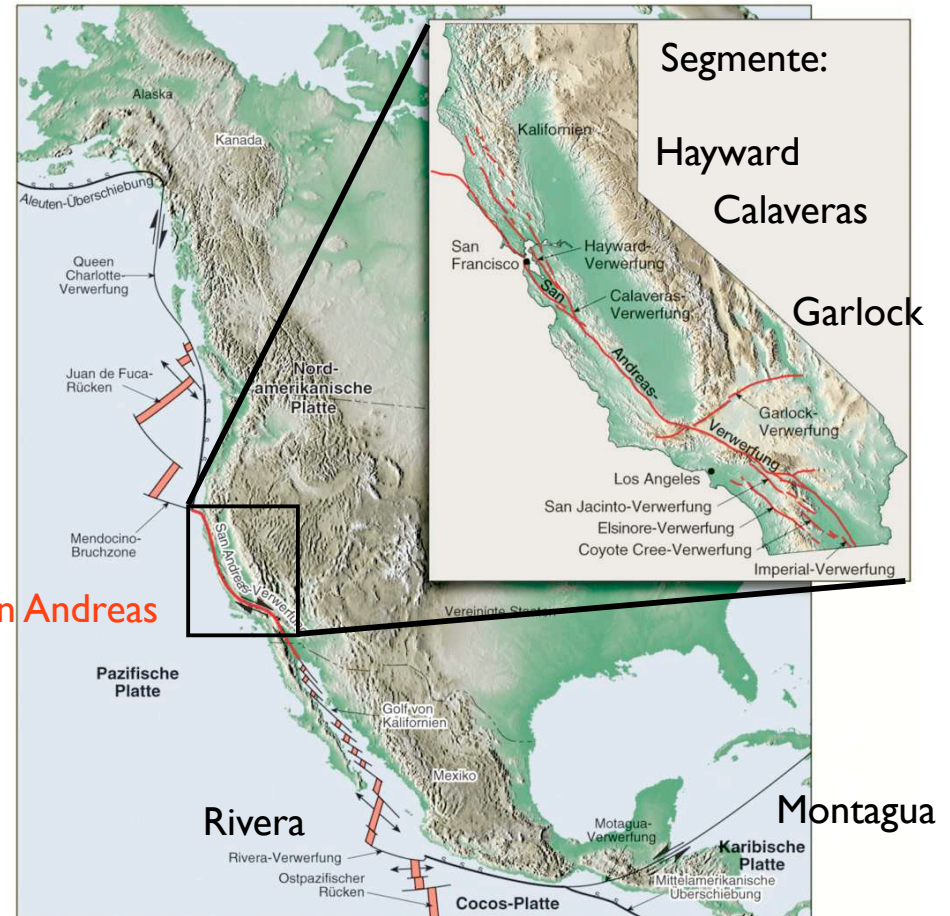


B. Vor 37 Millionen Jahren



C. Heute

Segmente:  
Queen Charlotte



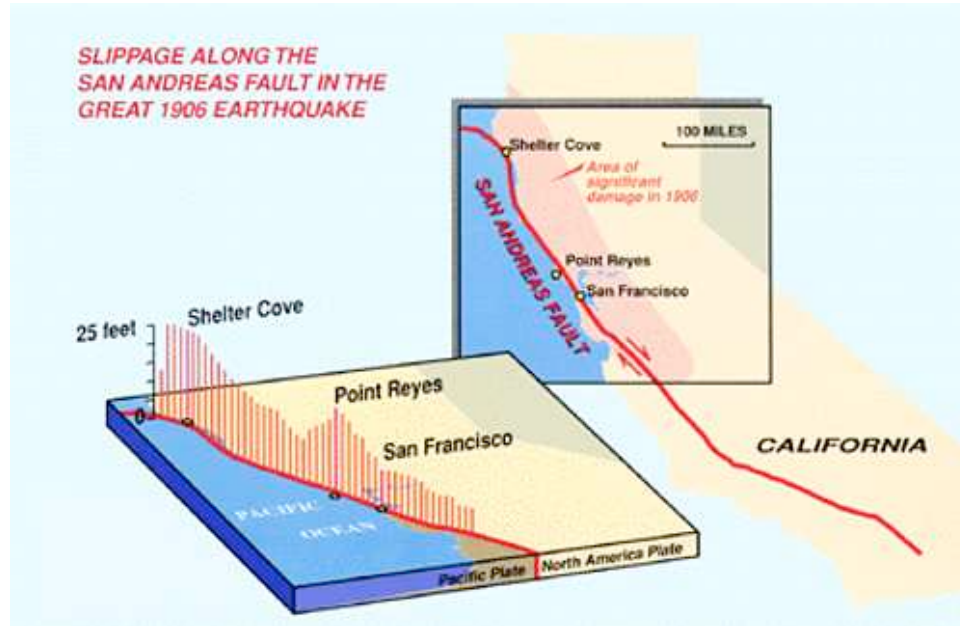
Segmente:  
Hayward  
Calaveras  
Garlock

San Andreas

Rivera

Montagua

# Die Bruchfläche



Ausbreitungsgeschwindigkeit  
des Bruches (rupture speed)  
Geschwindigkeit der  
Gesteinskörper (slip velocity)  
maximaler Versatz  
Dauer des Hauptbebens  
Länge der Bruchfläche

2.7 km/s

5 km/h

8.4 m

45 - 60 s

477 km

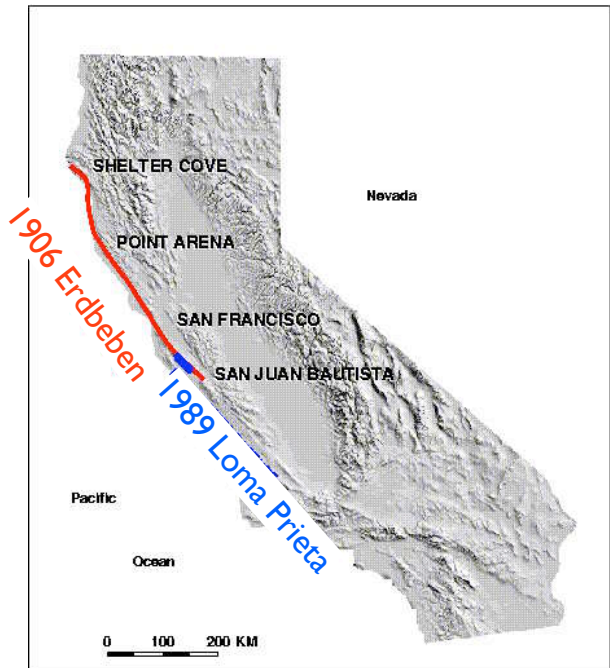
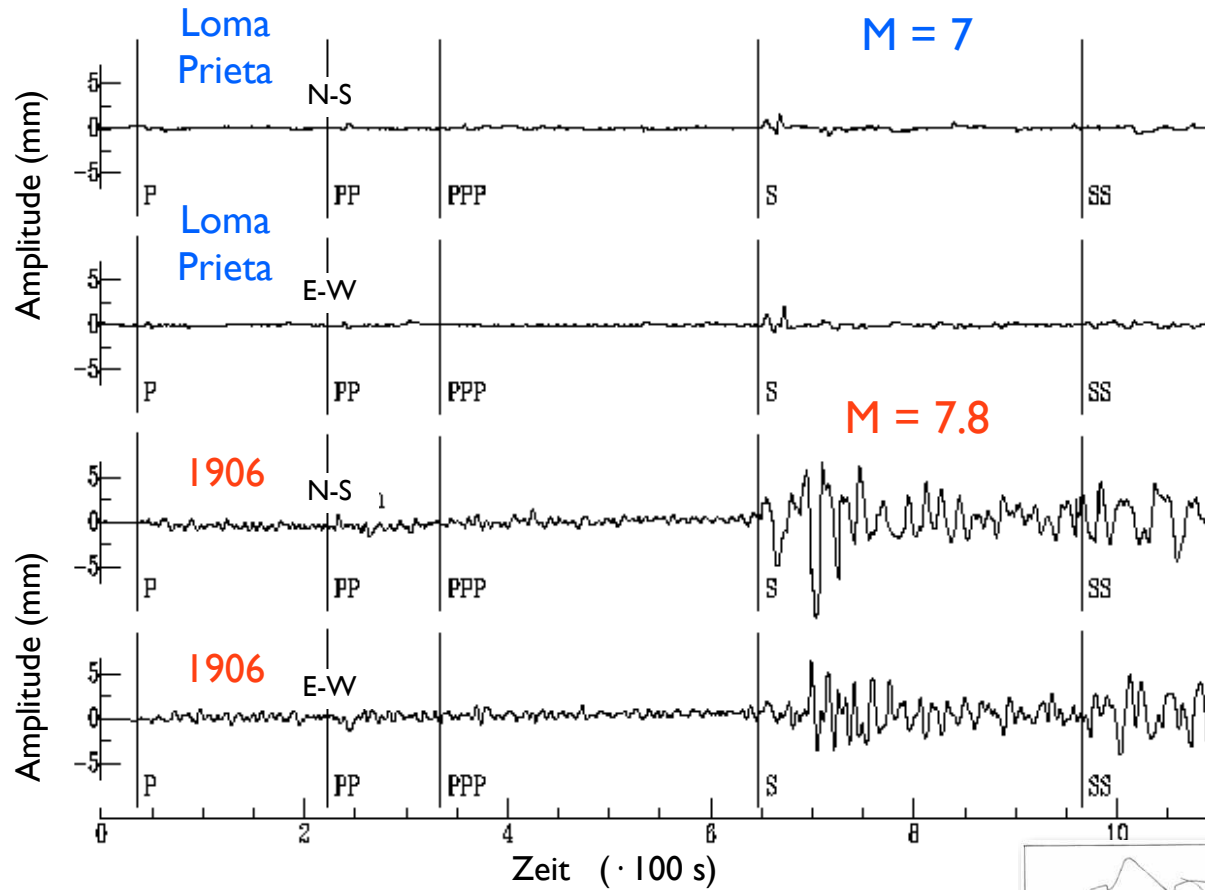
super-shear → sonic boom



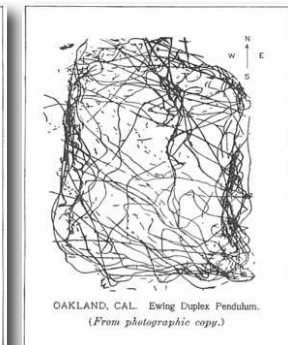
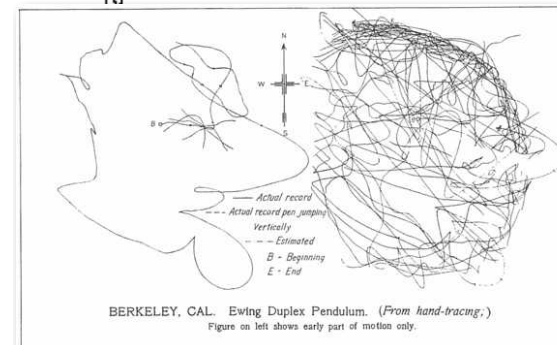
Near Bolinas in Marin County.  
Picture by G.K. Gilbert showing a fence that  
was offset about 8.5 feet along the trace of  
the fault (from Steinbrugge Collection of the  
UC Berkeley Earthquake Engineering  
Research Center)

# Aufzeichnungen des 1906 Erdbebens

Seismogramme, in Göttingen aufgenommen



Pendelbewegungen,  
in Kalifornien aufgezeichnet

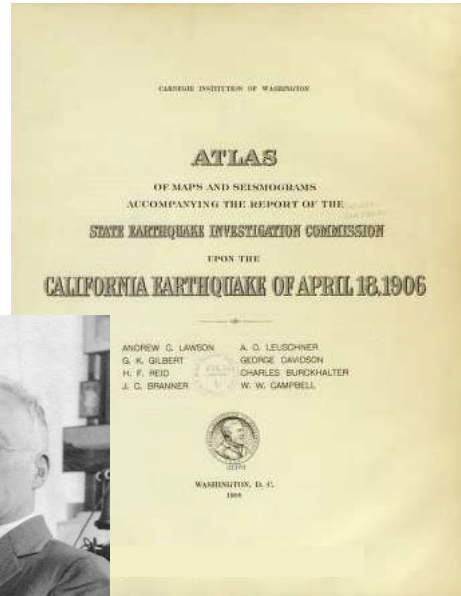




# Lawson Report 1908



Andrew Cowper Lawson  
1861-1952



"At Point Reyes Station at the head of Tomales bay the 5:15 train for San Francisco was just ready. The conductor had just swung himself on when the train gave a great lurch to the east, followed by another to the west, which threw the whole train on its side. The astonished conductor dropped off as it went over, and at sight of the falling chimneys and breaking windows of the station, he understood that it was the Temblor. The fireman turned to jump from the engine to the west when the return shock came. He then leaped to the east and borrowing a kodak he took the picture of the train here presented." (From "The 1906 California Earthquake", David Starr Jordan, Editor, 1907, A.M. Robertson, San Francisco.)

# Bodenbewegung



Cemetery, Santa Rosa. - R.S.H., plate 80B, Carnegie Report. (J. B. Macelwane Archives, Saint Louis University)



Fault trace a mile northwest of Olema. Looking northwest. Illustrates ridge phase. -G.K.G., plate 40A, Carnegie Report. (J. B. Macelwane Archives, Saint Louis University)



A cobblestone street, which was split down the middle after the Great Earthquake in San Francisco, California, in 1906



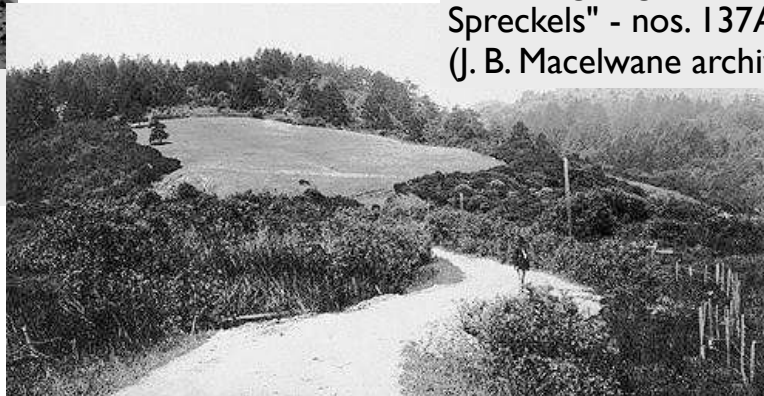
# Horizontaler und vertikaler Versatz



"Roadbed and rails of electric railway, on marsh west of San Bruno" - Pl. 97A  
(J. B. Macelwane archives, Saint Louis University)



"Lurching of ground toward Salinas River near Spreckels" - nos. 137A  
(J. B. Macelwane archives, Saint Louis University)



Road to Inverness, California, which had been straight before the earthquake of April 18, 1906, offset twenty-one feet where it was crossed by the earthquake fault. - H.O.W., California Earthquake Investigation Commission.  
(J. B. Macelwane Archives, Saint Louis University)

# Lawson's (1908) Descriptions of Shaking and Damage

1	Not felt
2	Felt by people at rest, but not miners in works, lamps and open doors swing, some pendulum clocks stopped
2-3	Slight shock
3	Felt by most people, usually for a short duration (< 20 s), direction of motion described
4	Light shaking, most sleepers awakened, doors and windows rattled, longer duration (>30 s) and variability of motion described, <a href="#">water thrown from horse-troughs</a> , water tanks, and canals
5	Moderate shaking, objects shifted, <a href="#">milk spilled from pans</a> , houses rocked with slight plaster cracking, some water tanks thrown down
5-6	Trees strongly shaken, grassland and fields appear to move in waves
6	Heavy shaking, objects moved and thrown from shelves, plaster cracked, windows broken, some chimneys and poorly braced walls damaged, bricks thrown from parapets, tall monuments shifted
6-7	Ground cracks on roads and hillsides, some chimneys damaged
7	Most chimneys thrown down or damaged, some masonry but no frame buildings damaged, piles of cordwood overthrown, some headstones overturned, small landslides and earth-slumps
7-8	<a href="#">Liquefaction</a> and large lateral spreads, all chimneys thrown down
8	Well-built masonry damaged, some frame buildings shifted on their foundations, <a href="#">headstones and cemetery monuments overturned</a> , extensive ground failure and settlement, foundations, water and gas pipes broken, railway tracks twisted
8-9	<a href="#">Men, horses, and cattle thrown off their feet</a> , bridges wrecked, frame buildings thrown from their foundations
9	Masonry and frame buildings destroyed, massive landslides, pervasive ground failure, <a href="#">limbs broken from healthy trees</a>
9-10	<a href="#">Trees topped</a> , almost all headstones and cemetery monuments thrown down

Intensitäten -  
"gefühlte Magnituden"

# Intensitäten

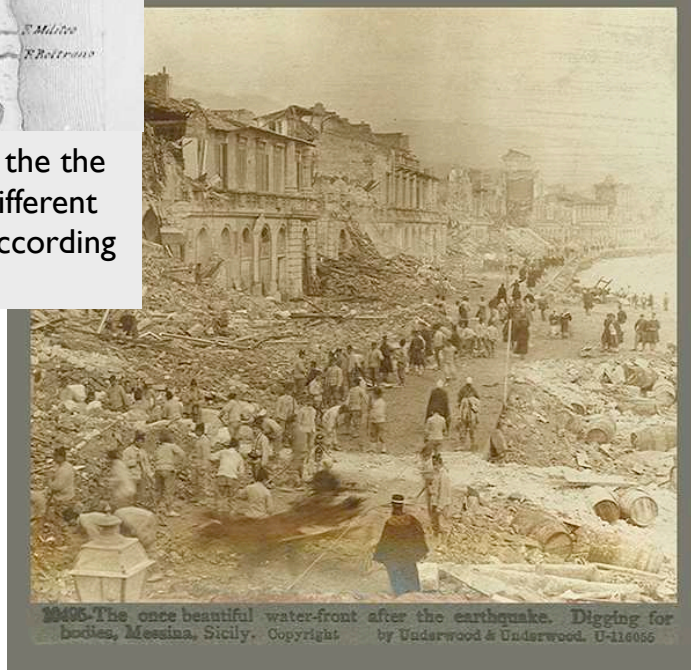


Detail of Schiantarelli's map of the the 1783 Calabrian earthquake - different symbols are used for villages according to the amount of damage



*Prof. G. Mercalli*  
*p. 2. recordo a sinogrammi*  
*G. Mercalli*

Giuseppe Mercalli  
 1850-1924



1908-The once beautiful water-front after the earthquake. Digging for bodies, Messina, Sicily. Copyright by Underwood & Underwood. U-116086

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 Marcel 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 late 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!"

The New York Times  
 Published: March 20, 1914  
 Copyright © The New York Times

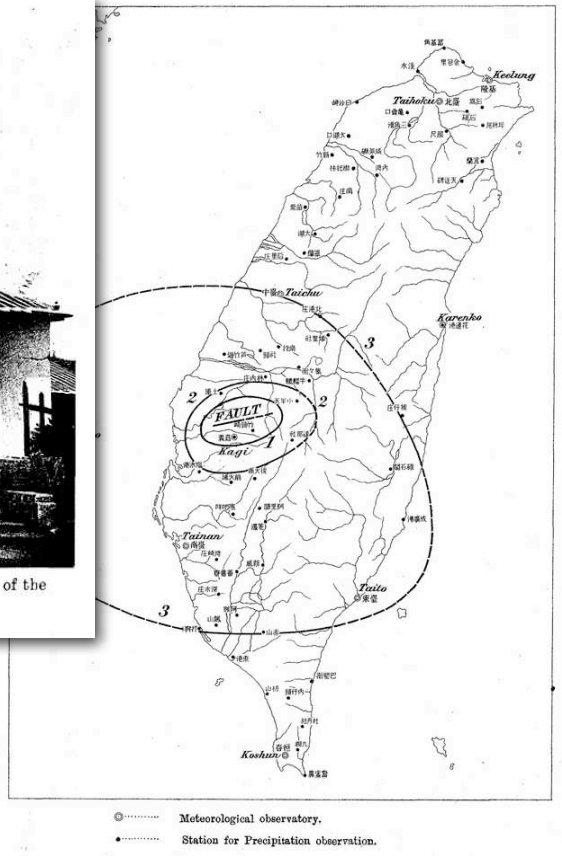


# Intensitäten



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.



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** R. 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 Earth for Japan. The report was on May 16 and during the way discussed his course from reaching the country from Chosen, the southern part where the first report on the greatest point, north to Peter Aiken, where the force was continued out into the Pacific. In speaking of his travels across he said: "I have been interested in the work for many years and from my observations I can state that large earthquakes which cause a great instability in the earth's crust never happen simultaneously at one and the same place."

**SEISMOGRAPH RECORDS.**  
One of the special features in the investigation of the state of California is a special department where the records in San Francisco and other places are being examined. The value of the records from San Francisco and other places is being examined. This department will have been formed in the future. It will be a great help to the study of the earth's crust. It will be a great help to the study of the earth's crust. It will be a great help to the study of the earth's crust.

**PROFESSOR OMORI PREDICTS LONG QUIESCENCE.**  
By F. Omori.  
THE effect of earthquakes never been observed in the history of the world.

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. Fabrikshlote) fallen um. <b>Bäume erzittern sichtbar und das Wasser in Teichen und Tümpeln wird schlammig.</b>
II	900	Wandrisse an normalen Holzhäusern, alte Holzhäuser werden schief. <b>Manche japanischen Grabsteine und andere aufragende Objekte wie Steinlaternen fallen um, manche Thermal- und Mineralquellen ändern ihr Verhalten.</b> 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. <b>Japanische papierbespannte Türen gehen zu Bruch,</b> 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. <b>Holzschiebetüren springen aus ihren Führungen,</b> 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. <b>Einige buddhistische Tempel stürzen ein.</b> 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. <b>Das Wasser aus Bächen und Flüssen schwappt ans Ufer,</b> Brunnenwasser trübt sich. Erdbeben kommen vor.
VI	4000	<b>Die meisten buddhistischen Tempel stürzen ein.</b> 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 <b>der Verkehr mittels Reittieren oder Fahrzeugen auf ihnen verhindert wird.</b> <b>Eisenbahngleise werden stark verbogen,</b> 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. <b>Alle niedrig gelegenen Ebenen werden horizontal und vertikal solchermaßen geschüttelt, dass manchmal alle Bäume und Pflanzen absterben,</b> 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. <b>Große Erdbeben stürzen von den Bergflanken</b> und große Abrisse entstehen im Boden.

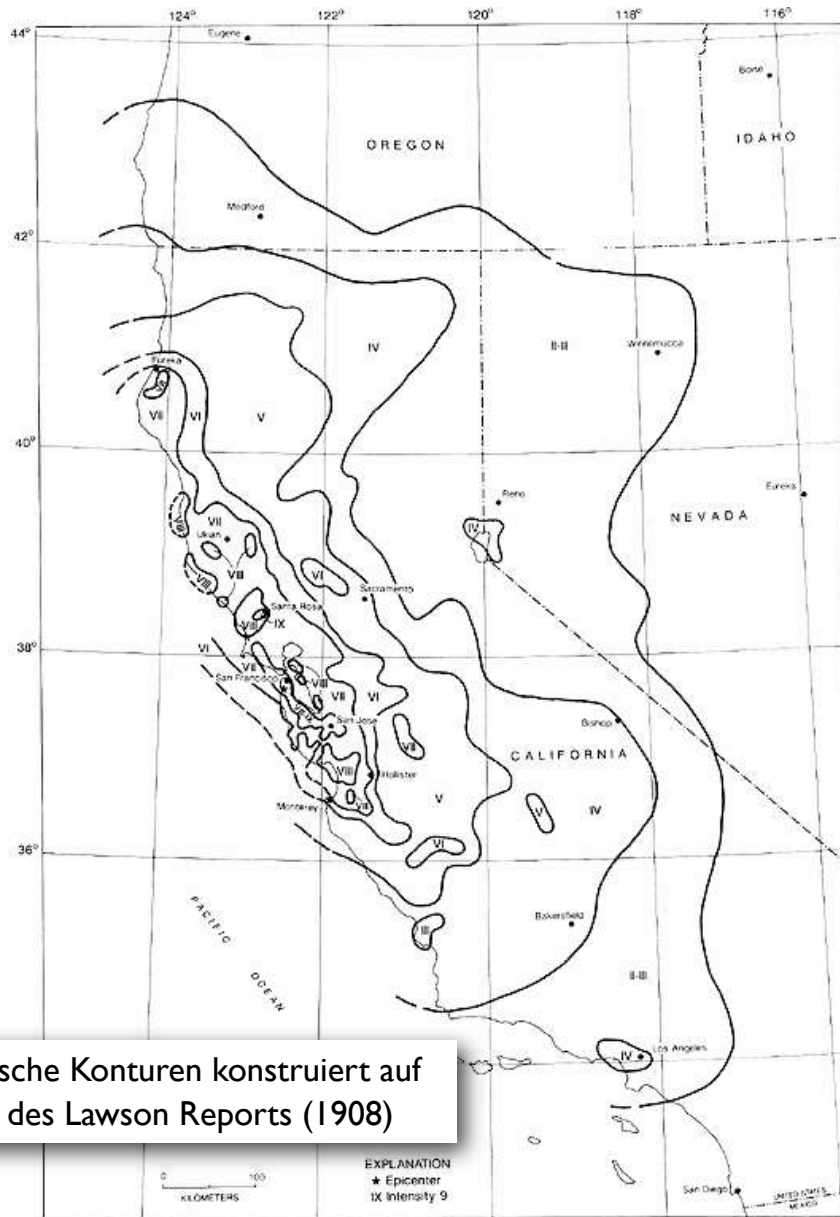
# JMA (Japan Meteorological Agency) 1951

Shindo (Intensität)	Menschen	Situation in Gebäuden	Situation im Freien
0	nicht wahrnehmbar		
1	für manche Menschen spürbar		
2	für viele Menschen spürbar, kann Schlafende wecken	Deckenlampen und andere hängende Objekte können etwas pendeln	
3	für die meisten Menschen spürbar, löst bei manchen Menschen Angst aus	Geschirr in Regalen kann scheppern	Stromleitungen schwingen etwas
4	löst verbreitet Angst aus, manche Menschen suchen Schutz, die meisten Schlafenden erwachen	hängende Objekte pendeln erheblich, Geschirr scheppert, instabil aufgestellte Schmuckgegenstände können umfallen	Stromleitungen schwingen stark, auch für gehende Menschen spürbar, einige Autofahrer bemerken das Beben
5弱 5-jaku („schwache 5“)	viele Menschen suchen Schutz, manche Menschen haben Mühe sich fortzubewegen	hängende Objekte pendeln erheblich, Geschirr und Bücher können aus Regalen fallen, viele instabil aufgestellte Schmuckgegenstände fallen um, Möbel können verrutschen	Fensterscheiben können zerbrechen, herunterfallen, Telegraf- und Strommasten wackeln sichtbar, unverstärkte Steinmauern können zusammenbrechen, gelegentlich Straßenschäden
5強 5-kyō („starke 5“)	löst Panik aus, viele Menschen haben Mühe sich fortzubewegen	Geschirr und Bücher fallen aus Regalen, Fernseher können vom Gestell fallen, schwere Möbel wie Kommoden können umfallen, gelegentlich lassen sich verzogene Türen nicht mehr öffnen, Schiebetüren können herausfallen	viele unverstärkte Steinmauern brechen zusammen, schlecht aufgestellte Automaten können umfallen, viele Grabsteine stürzen um, Fahrzeuge zu steuern wird schwierig und viele bleiben stehen
6弱 6-jaku („schwache 6“)	aufrechtes Stehen ist erschwert	ungesicherte schwere Möbel verrutschen oder fallen um, viele Türen lassen sich nicht mehr öffnen	oft werden Fensterscheiben und Ziegel beschädigt und fallen herunter
6強 6-kyō („starke 6“)	Stehenbleiben wird unmöglich, nur noch krabbelnde Fortbewegung ist möglich	fast alle ungesicherten schweren Möbel verrutschen oder fallen um, Türen können herausspringen und weggeschleudert werden	verbreitet werden Fensterscheiben und Ziegel beschädigt und fallen herunter, unverstärkte Steinmauern brechen verbreitet zusammen
7	gezielte Fortbewegung wird durch das Beben unmöglich	fast alle Möbel werden bewegt, einige fliegen durch die Luft	fast alle Fensterscheiben und Ziegel werden beschädigt und fallen herunter, auch verstärkte Steinmauern können einstürzen

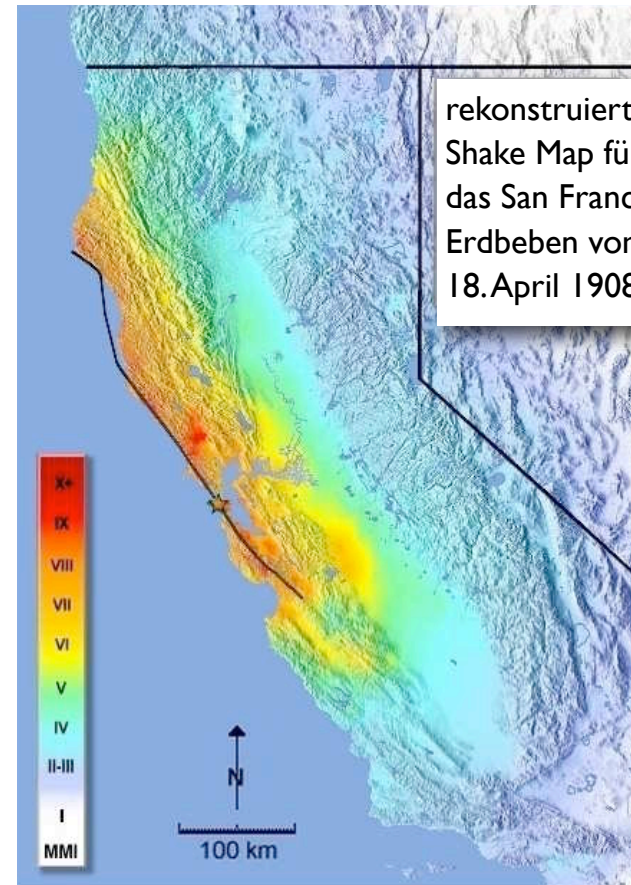
# Europäische Makroseismische Skala (EMS) 1998

Intensität		Beschreibung (Quelle: <a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Europäische_Makroseismische_Skala">http://de.wikipedia.org/wiki/Europäische_Makroseismische_Skala</a> )	≈ 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	zerstörernd	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 zerstörernd	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

# Shake maps für das 1906 San Francisco Erdbeben



Isoseismische Konturen konstruiert auf der Basis des Lawson Reports (1908)





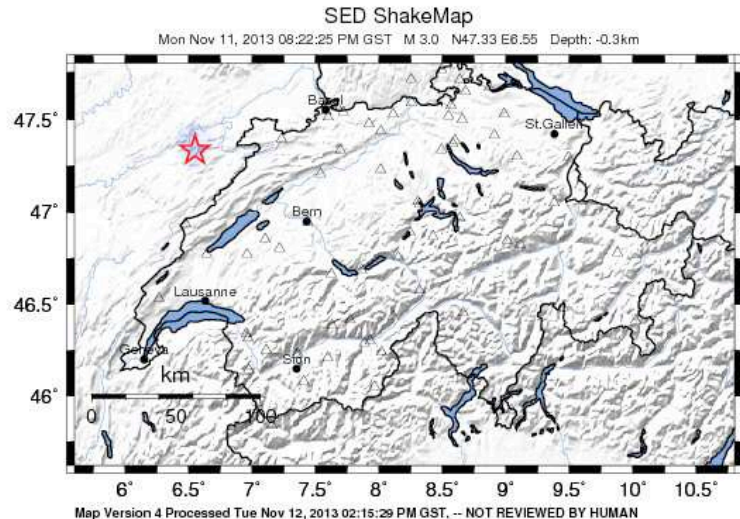
# Ground shaking





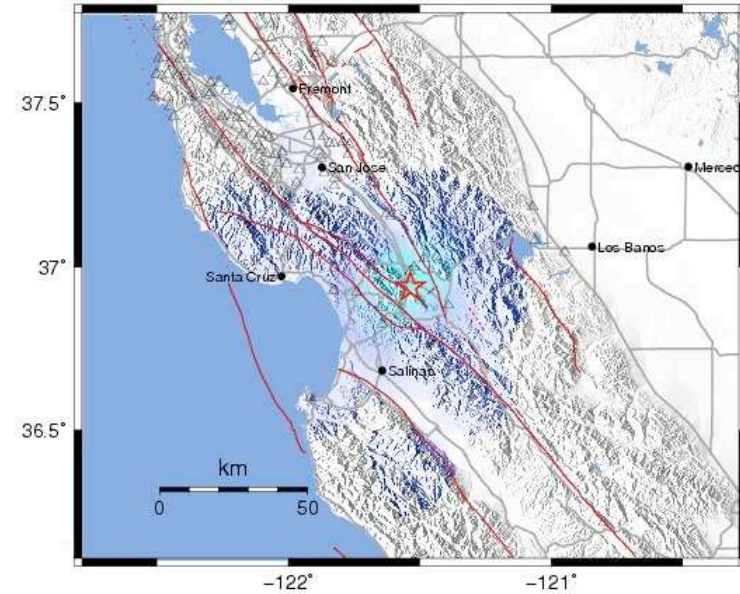
**gemessene Intensitäten**

# Shake Maps von SED und USGS



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	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	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

USGS ShakeMap : 7.9 km (4.9 mi) SSE of Gilroy, CA  
 Mon Dec 2, 2013 10:05:21 AM GMT M 3.6 N36.94 W121.54 Depth: 7.9km ID:72113080



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy	
PEAK ACC. (%g)	<0.1	0.5	2.4	6.7	13	24	44	83	>156
PEAK VEL. (cm/s)	<0.07	0.4	1.9	5.8	11	22	43	83	>160
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Wald, et al., 1999

Instrumental Intensity	Acceleration (% g)	Velocity (cm/s)	Perceived Shaking	Potential Damage
I	< 0.17	< 0.1	Not Felt	None
II-III	0.17 - 1.4	0.1 - 1.1	Weak	None
IV	1.4 - 3.9	1.1 - 3.4	Light	None
V	3.9 - 9.2	3.4 - 8.1	Moderate	Very light
VI	9.2 - 18	8.1 - 16	Strong	Light
VII	18 - 34	16 - 31	Very Strong	Moderate
VIII	34 - 65	31 - 60	Severe	Moderate to Heavy
IX	65 - 124	60 - 116	Violent	Heavy
> X	> 124	> 116	Extreme	Very Heavy

most recent earthquakes:

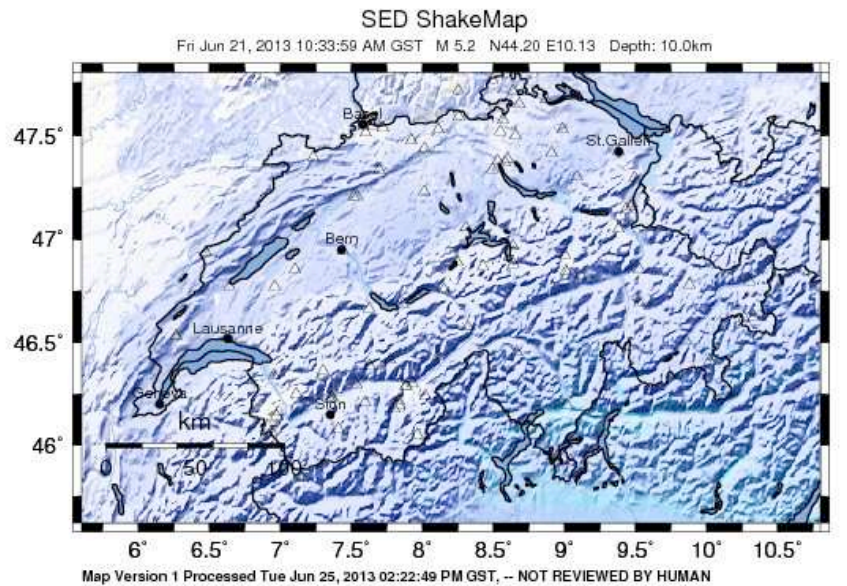
SED: 11. Nov. 2013

<http://rzshakemap.ethz.ch/archive/>

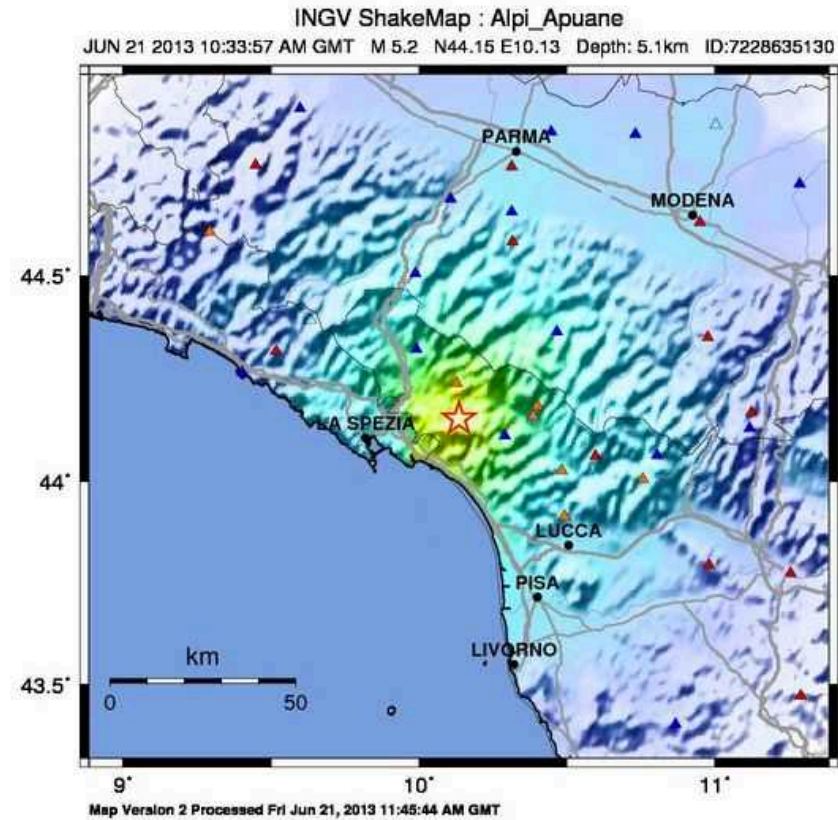
USGS: 2. Dez. 2013

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap/nc/shake/72113080/>

# Shake Maps von SED und INGV

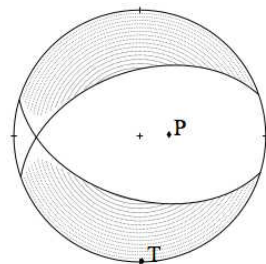


PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.1	0.5	2.4	6.7	13	24	44	83	>156
PEAK VEL.(cm/s)	<0.07	0.4	1.9	5.8	11	22	43	83	>160
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

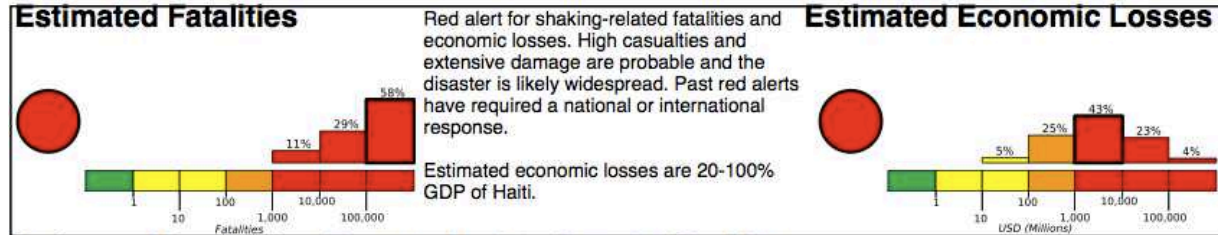
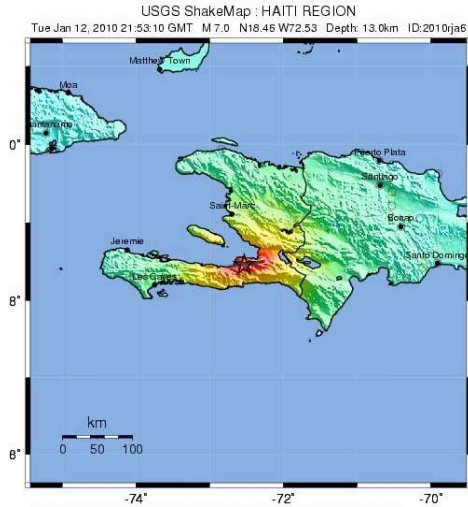
Scale based upon Wald, et al., 1999



Erdbeben von Massa, 21. Juni 2013

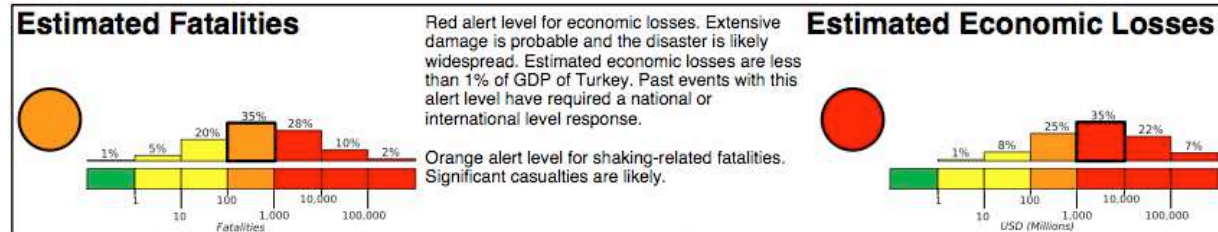
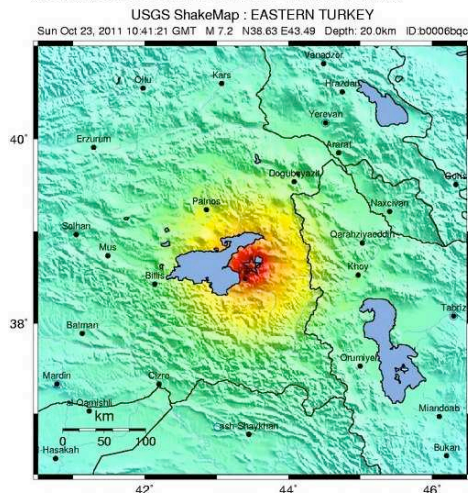


# gross ≠ tödlich



## Estimated Population Exposed to Earthquake Shaking

ESTIMATED POPULATION EXPOSURE (k = x1000)		--*	50k*	7,468k*	6,361k	926k	598k	2,030k	908k	118k
ESTIMATED MODIFIED MERCALLI INTENSITY		I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
PERCEIVED SHAKING		Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very Strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	Resistant Structures	none	none	none	V. Light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy
	Vulnerable Structures	none	none	none	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy	V. Heavy

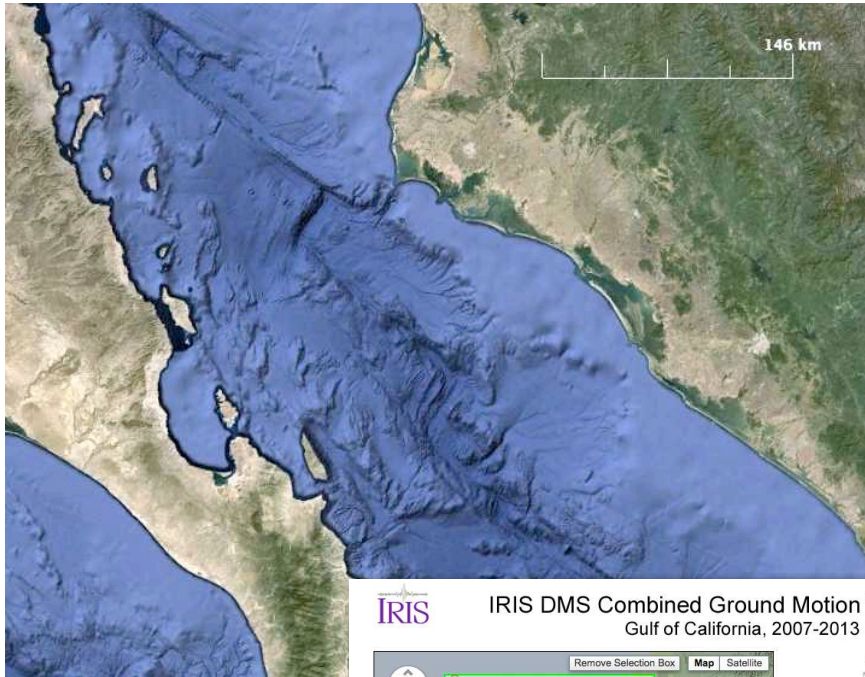


## Estimated Population Exposed to Earthquake Shaking

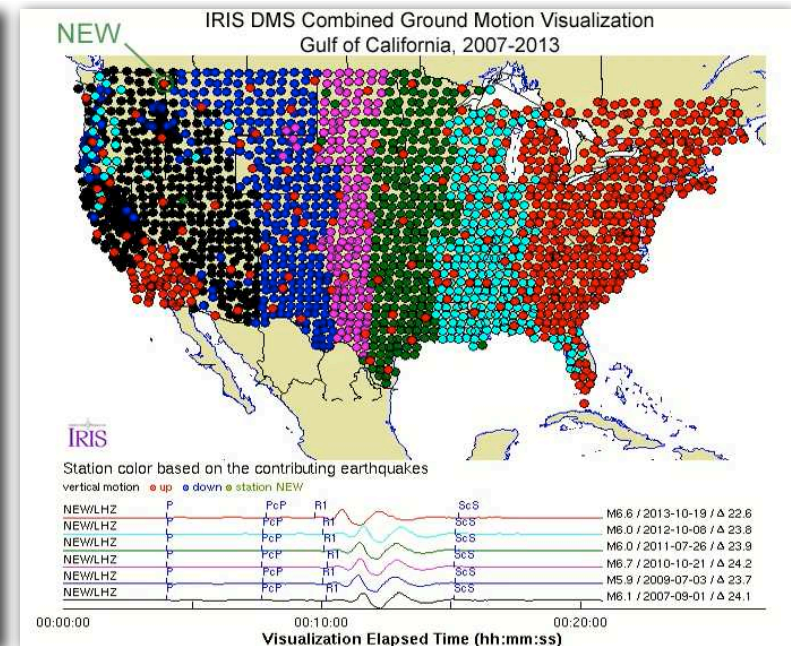
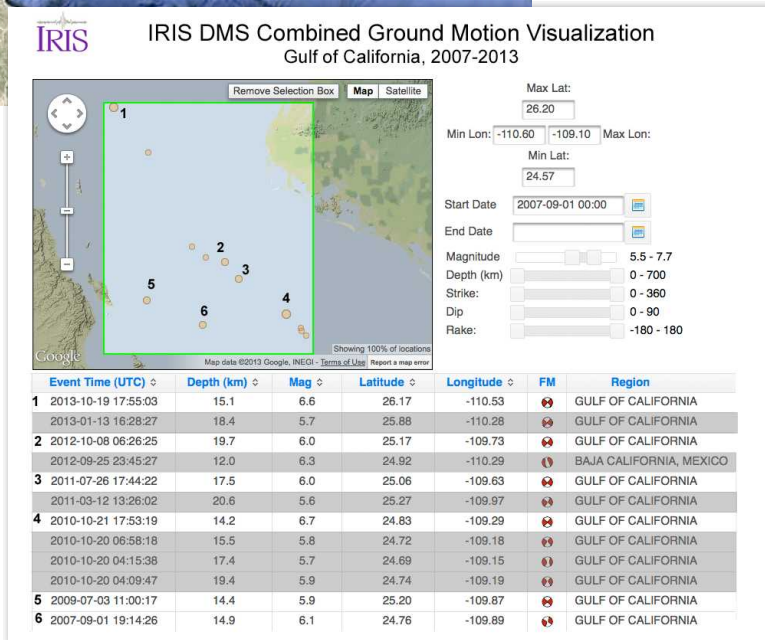
ESTIMATED POPULATION EXPOSURE (k = x1000)		--*	34k*	5,685k*	10,462k*	2,311k	298k	463k	0	0
ESTIMATED MODIFIED MERCALLI INTENSITY		I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
PERCEIVED SHAKING		Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very Strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	Resistant Structures	none	none	none	V. Light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy
	Vulnerable Structures	none	none	none	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy	V. Heavy

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy	
PEAK ACC (g)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-9.1	9.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
PEAK VEL (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-9.1	9.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

# Transportable Array

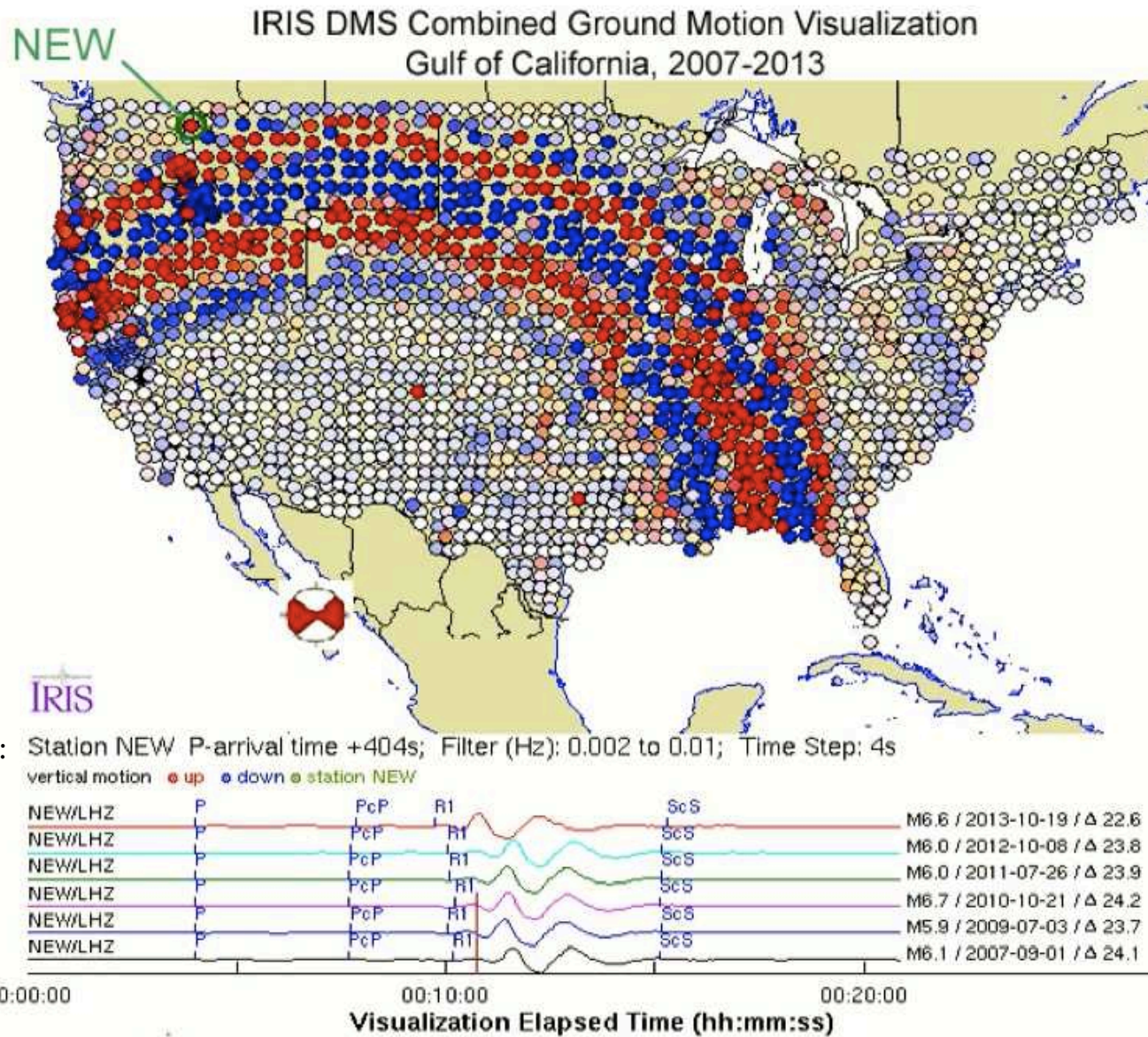


6 Erdbeben mit  $\pm$  identischem Herd  
(innerhalb 100 km)  
(sinistraler strike slip)





# Bodenbewegung



Komniniertes Resultat für 6 Erdbeben 2007-2013

東北地方太平洋沖地震

Tohoku Erdbeben

11. März 2011

# Magnitude 9.0 NEAR THE EAST COAST OF HONSHU, JAPAN

Friday, March 11, 2011 at 05:46:23 UTC

Japan was struck by a magnitude 9.0 earthquake off its northeastern coast Friday. This is one of the largest earthquakes that Japan has ever experienced.

In downtown Tokyo, large buildings shook violently and there is severe flooding due to a tsunami generated by the earthquake.

Tsunami waves swept away houses and cars in northern Japan and pushed ships aground.

The tsunami waves traveled far inland, the wave of debris racing across the farmland, carrying boats and houses with it.



Houses were washed away by tsunami in Sendai, Miyagi Prefecture in eastern Japan, after Japan was struck by a magnitude 9.0 earthquake off the northeastern coast. *New York Times*



Part of houses swallowed by tsunami burn in Sendai, Miyagi Prefecture (state) after Japan was struck by a strong earthquake off its northeastern coast Friday, March 11, 2011. *New York Times*

The tsunami, seen crashing into homes in Natori, Miyagi prefecture. *AP*





# Magnitude 9.0 NEAR THE EAST COAST OF HONSHU, JAPAN

Friday, March 11, 2011 at 05:46:23 UTC

Shaking intensity scales were developed to standardize the measurements and ease comparison of different earthquakes.

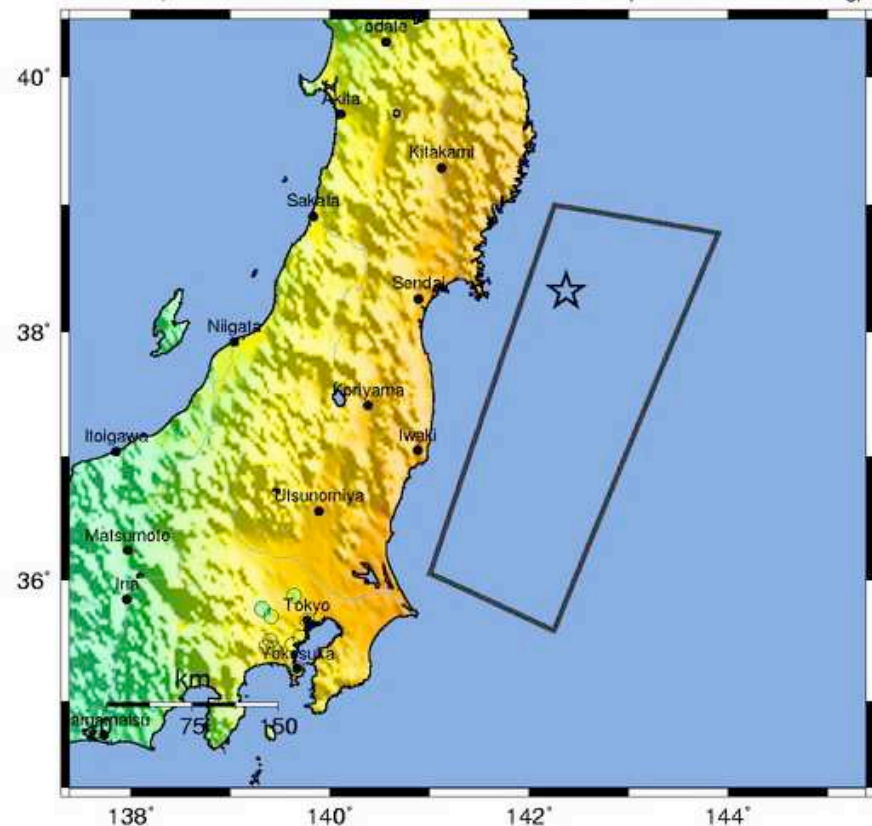
The Modified-Mercalli Intensity scale is a twelve-stage scale, numbered from I to XII. The lower numbers represent imperceptible shaking levels, XII represents total destruction. A value of IV indicates a level of shaking that is felt by most people.

### Modified Mercalli Intensity

X	Perceived Shaking
IX	Extreme
VIII	Violent
VII	Severe
VI	Very Strong
V	Strong
IV	Moderate
III	Light
II	Weak
I	Not Felt

Image courtesy of the US Geological Survey

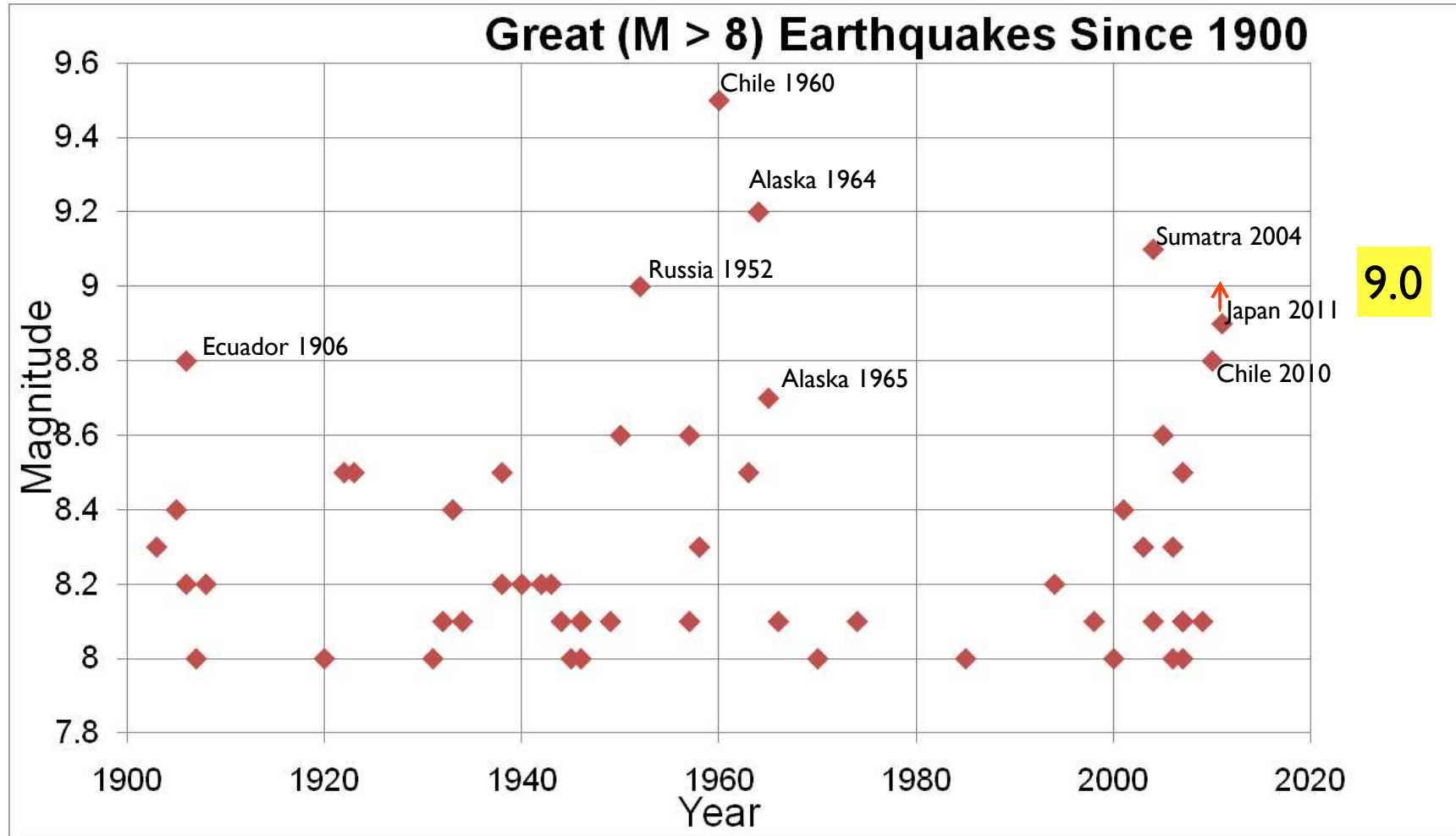
This earthquake occurred 130 km (80 miles) east of Sendai, Honshu, Japan and 373 km (231 miles) northeast of Tokyo, Japan.



USGS Estimated shaking Intensity from M 9.0 Earthquake

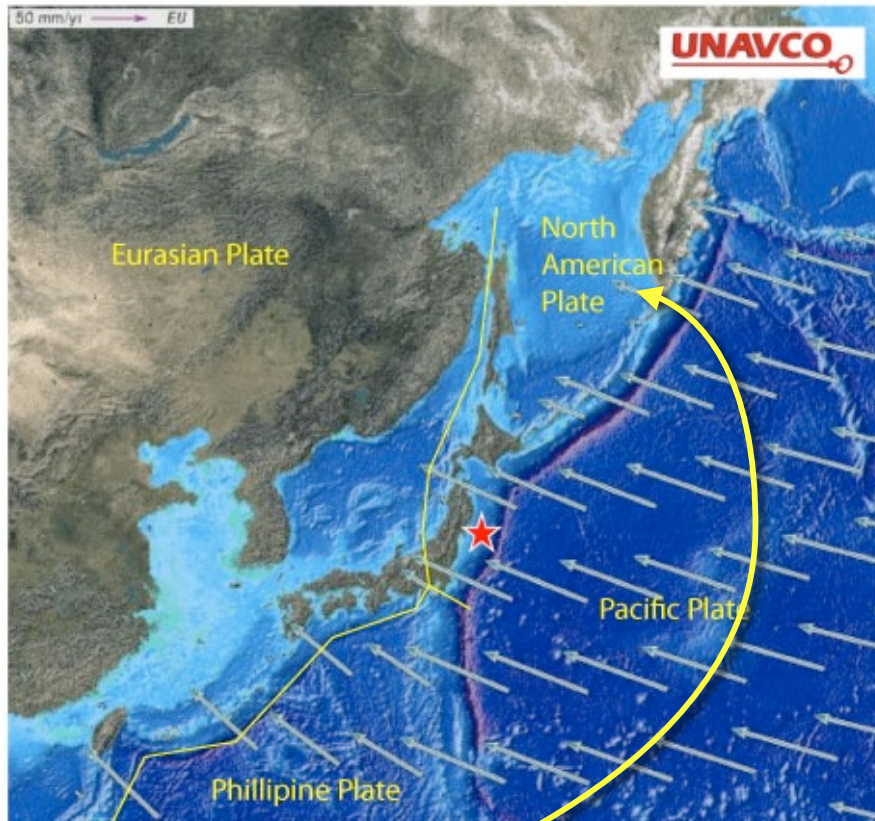


Globally, this is the 4th largest earthquake since 1900.



# Magnitude 9.0 NEAR THE EAST COAST OF HONSHU, JAPAN

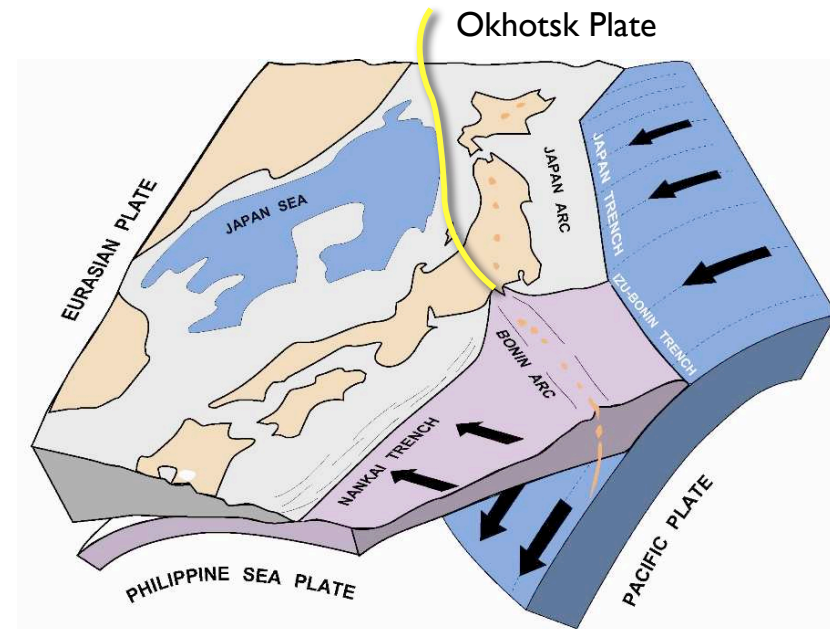
Friday, March 11, 2011 at 05:46:23 UTC



Okhotsk-Platte

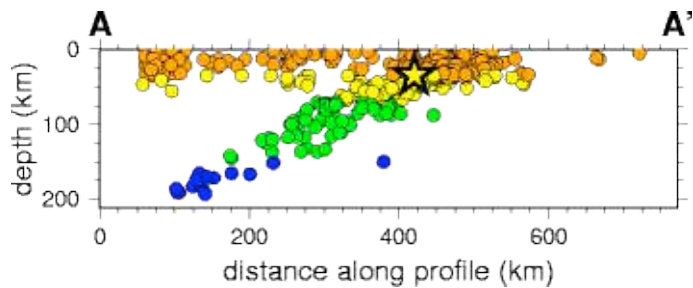
This earthquake was the result of thrust faulting along or near the convergent plate boundary where the Pacific Plate subducts beneath Japan.

This map also shows the rate and direction of motion of the Pacific Plate with respect to the Okhotsk Plate near the Japan Trench. The rate of convergence at this plate boundary is about 83 mm/yr (8 cm/year). This is a fairly high convergence rate and this subduction zone is very seismically active.



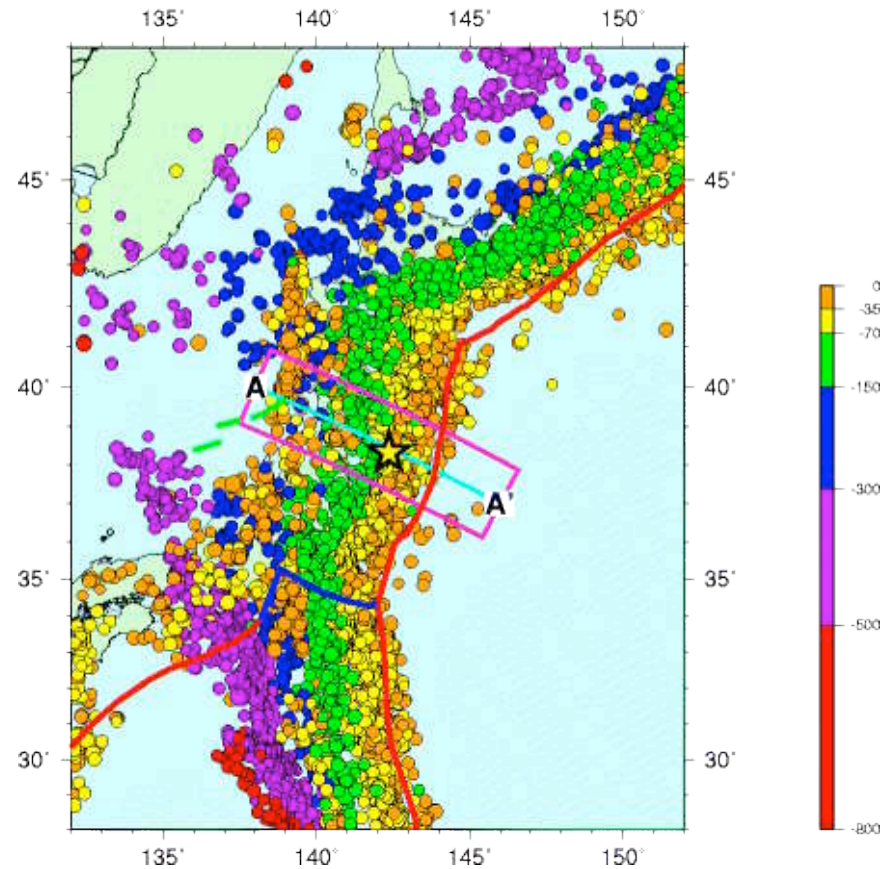
The map on the right shows historic earthquake activity near the epicenter (star) from 1990 to present.

As shown on the cross section, earthquakes are shallow (orange dots) at the Japan Trench and increase to 300 km depth (blue dots) towards the west as the Pacific Plate dives deeper beneath Japan.



*Seismicity Cross Section across the subduction zone showing the relationship between color and earthquake depth.*

Seismicity Cross Section



*Images courtesy of the US Geological Survey*



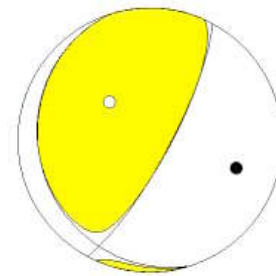
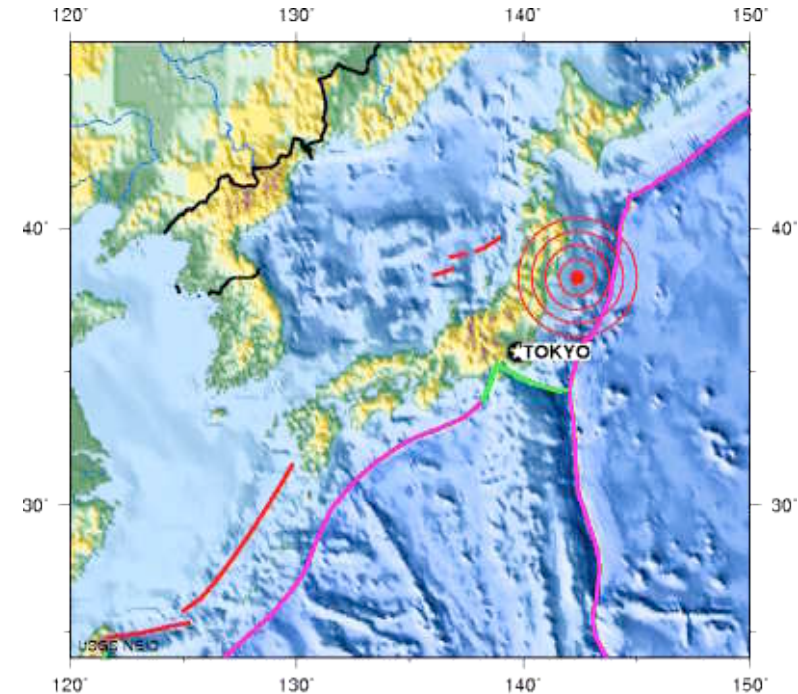
# Magnitude 9.0 NEAR THE EAST COAST OF HONSHU, JAPAN

Friday, March 11, 2011 at 05:46:23 UTC

At the latitude of this earthquake, the Pacific plate moves approximately westwards with respect to the Eurasian plate at a velocity of 83 mm/yr. The Pacific plate thrusts underneath Japan at the Japan Trench, and dips to the west beneath Eurasia. (= Okhotsk Plate)

The location, depth, and focal mechanism of the March 11 earthquake are consistent with the event having occurred as thrust faulting associated with subduction along this plate boundary.

Shaded areas show quadrants of the focal sphere in which the P-wave first-motions are away from the source, and unshaded areas show quadrants in which the P-wave first-motions are toward the source. The dots represent the axis of maximum compressional strain (in black, called the "P-axis") and the axis of maximum extensional strain (in white, called the "T-axis") resulting from the earthquake.



USGS Centroid Moment Tensor Solution



Large earthquakes involve slip on a fault surface that is progressive in both space and time. This “map” of the slip on the fault surface of the M 9.0 Japan earthquake shows how fault displacement propagated outward from an initial point (or focus) about 24 km beneath the Earth’s surface. The rupture extended over 500 km along the length of the fault, and from the Earth’s surface to depths of over 50 km.

*Cross-section of slip distribution. The strike direction of the fault plane is indicated by the black arrow and the hypocenter location is denoted by the red star. The slip amplitude are showed in color and motion direction of the hanging wall relative to the footwall is indicated by black arrows. Contours show the rupture initiation time in seconds.*

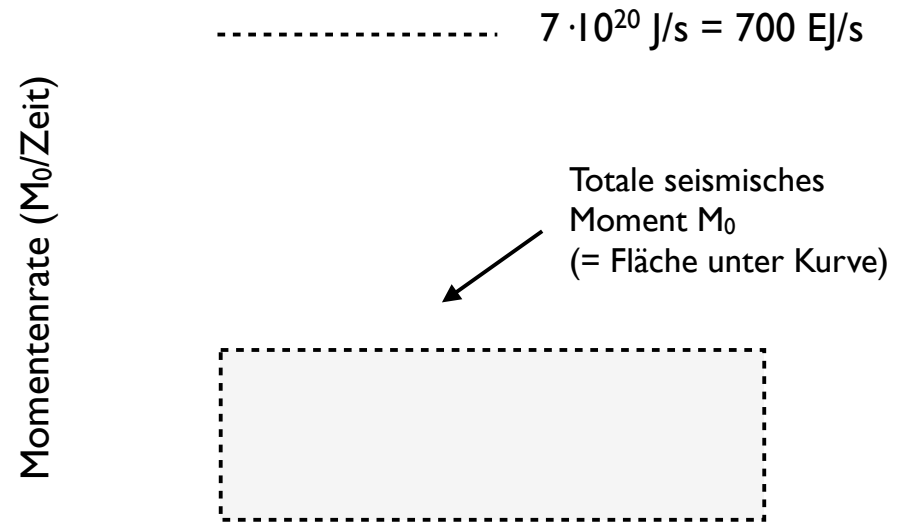
*Image courtesy of the U.S. Geological Survey*

Although magnitude is still an important measure of the size of an earthquake, particularly for public consumption, seismic moment is a more physically meaningful measure of earthquake size.

Seismic moment is proportional to the product of the slip on the fault and the area of the fault that slips.

This graph of the moment rate function describes the rate of moment release with time after earthquake origin.

The largest amounts of rupture occurred over 100 seconds but smaller displacements continued for another 75 seconds after the start of the earthquake.



*Image courtesy of the U.S. Geological Survey*

Integriert über Zeit ergibt seismisches Moment:  
 $M_0 = \sim 250 \text{ EJ} \cdot 175 \text{ s} = 43'750 \text{ EJ}$

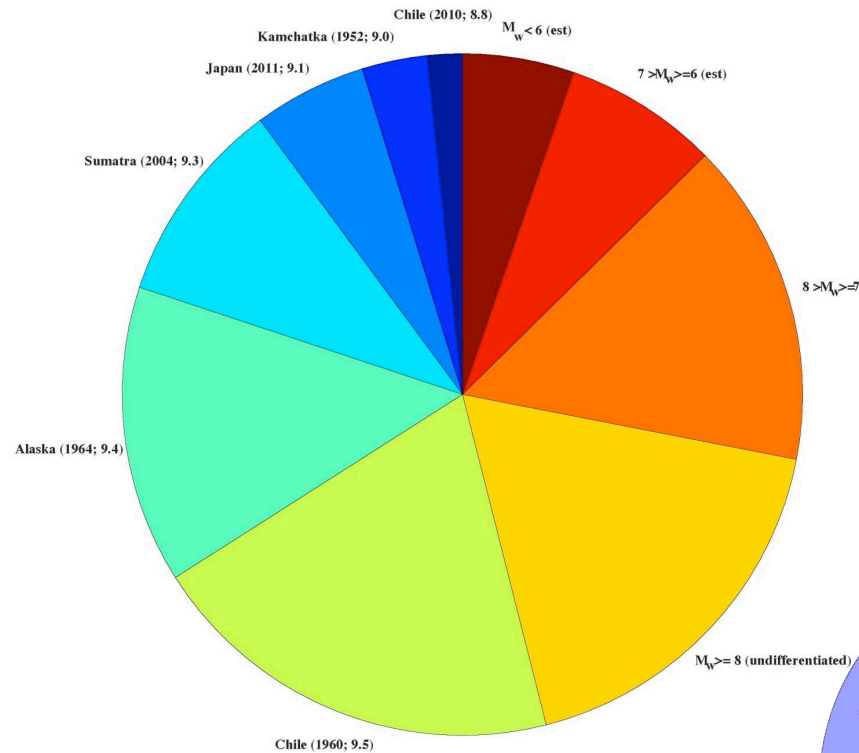
Kanamori Beziehung;  
 $M_0 \approx 20'000 \cdot E_s$  (= seismische Energie)  
 $\Rightarrow E_s \approx 2 \text{ EJ}$

The moment magnitude scale is designed to give an accurate characterization of the true size of an earthquake, but be tied to the original description of magnitude that was developed by Charles Richter.

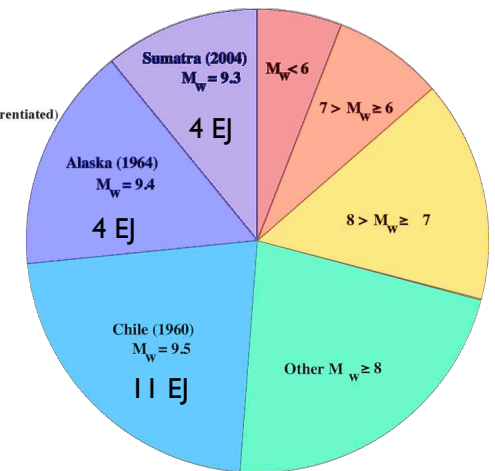
Moment magnitude accounts for earthquake size by looking at all the energy released.

It is striking that only 6 earthquakes over the last 106 years account for over half of the energy released during that time.

106 years of moment release (1906 – 2011;  $1.13 \times 10^{24}$  N-m)

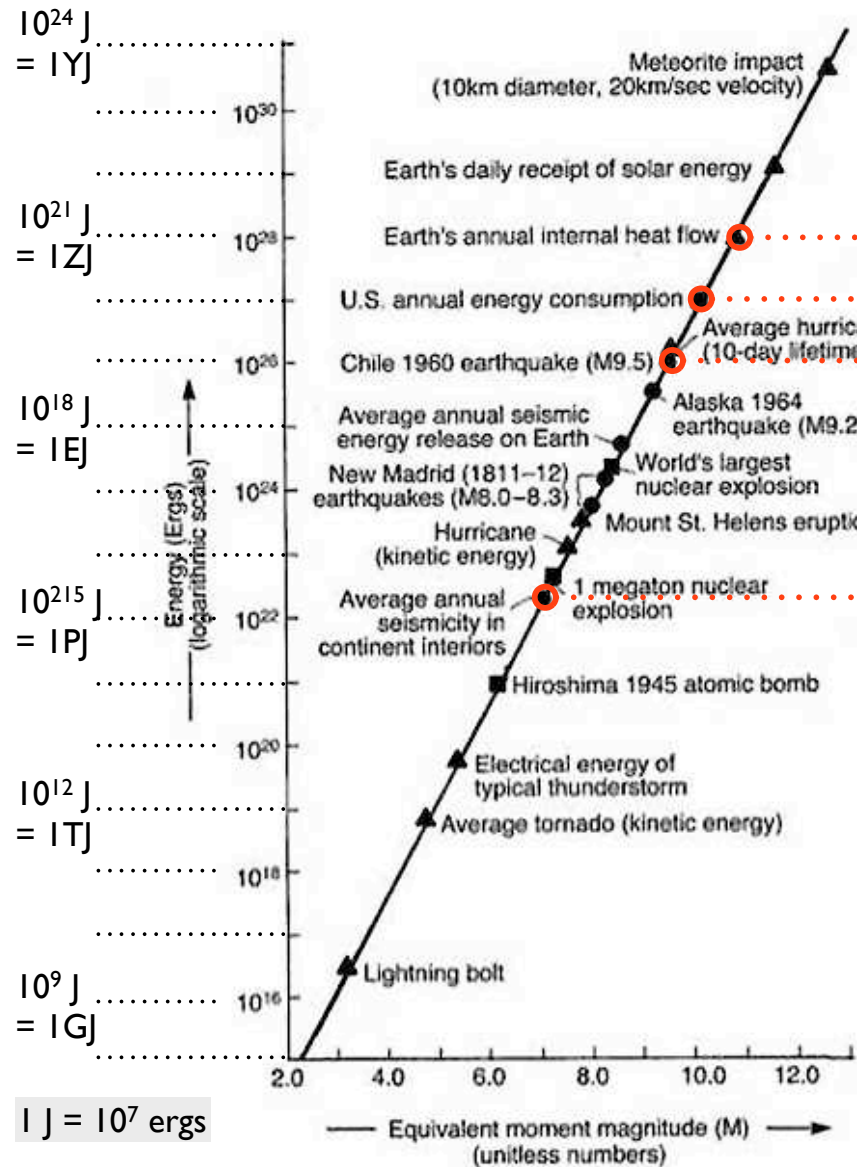


Seismisches Moment  
1906 - 2011  
 $M_0 \approx 10^{24}$  Nm = 1.13 YJ



Seismisches Moment  
1906 - 2005  
 $M_0 \approx 10^{24}$  Nm = 1 YJ

# Einschub für LiebhaberInnen grosser Zahlen



jährlicher Wärmefluss:  $\approx 1.2 \text{ ZJ} \approx 40 \text{ TW}$   
 jährlicher Energieverbrauch der USA  $\approx 100 \text{ EJ} \approx 3 \text{ TW}$   
 Erdbeben Chile 1960:  $\approx 10 \text{ EJ} \approx 100 \text{ PW}$   
 (bei 100 s)

Erdbeben im jährlichen Durchschnitt  
 berechnet aus seismischem Moment:  
 $M_0 \approx 1.1 \text{ YJ}$  in 100 Jahren  
 und Kanamori Beziehung:  
 $M_0 = 20'000 \cdot E_s$  (seismische Energie)  
 $E_s \approx 50 \text{ EJ}$  in 100 Jahren

1 Jahr =  $3 \cdot 10^7 \text{ s}$   
 100 Jahre =  $3 \cdot 10^9 \text{ s}$

1 J =  $10^7$  ergs

Johnston (USGS) zitiert aus ETH-script von Nissen Meyer

$10^6$	$10^9$	$10^{12}$	$10^{15}$	$10^{18}$	$10^{21}$	$10^{24}$
Mega	Giga	Tera	Peta	Exa	Zetta	Yotta



# Magnitude 9.0 NEAR THE EAST COAST OF HONSHU, JAPAN

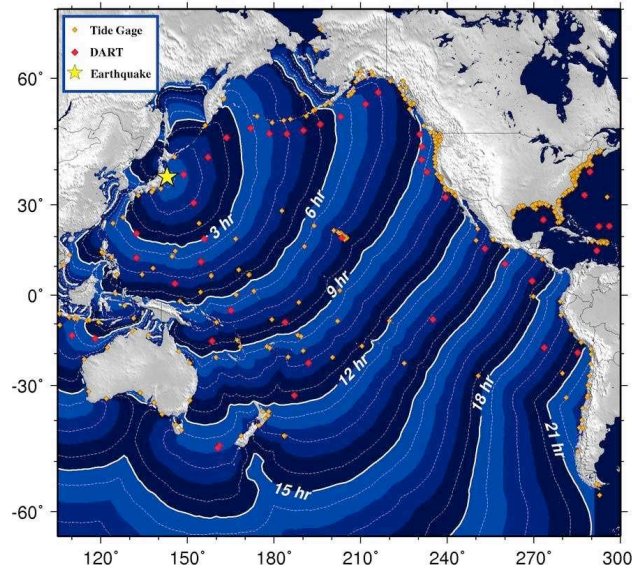
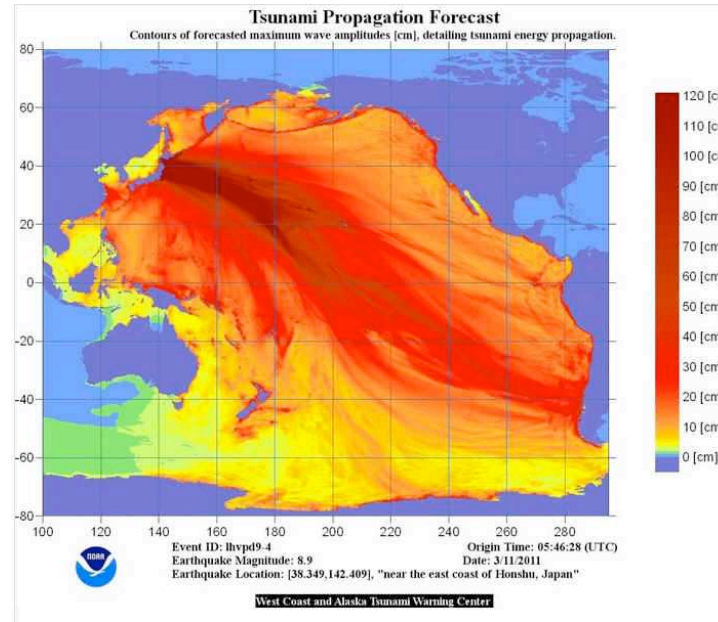
Friday, March 11, 2011 at 05:46:23 UTC

This tsunami propagation forecast model shows the forecast maximum tsunami wave height (in cm). Ocean floor bathymetry affects the wave height because a tsunami moves the seawater all the way to the floor of the ocean.

This led to a Pacific wide tsunami warning being issued.

Projected travel times for the arrival of the tsunami waves across the Pacific.

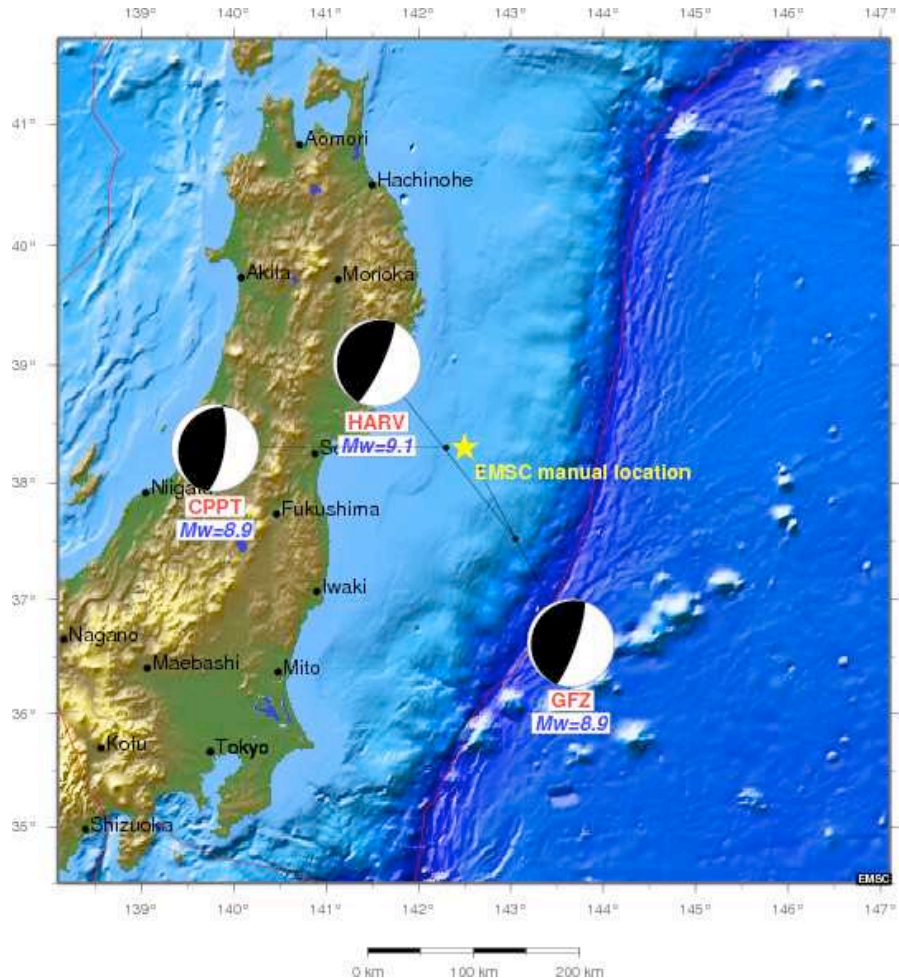
Nearby the earthquake there are only minutes to evacuate. However, in many other regions there is advance warning.



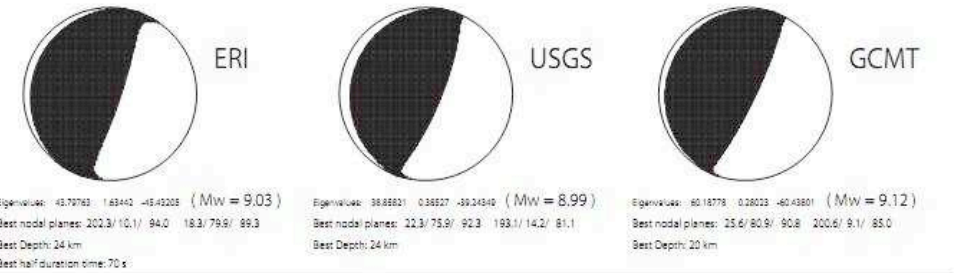
A tsunami map shows projected travel times for the Pacific Ocean. This map indicates forecasted times only, not that a wave traveling those distances has actually been observed..  
NOAA

# Aufarbeitung und Monitoring

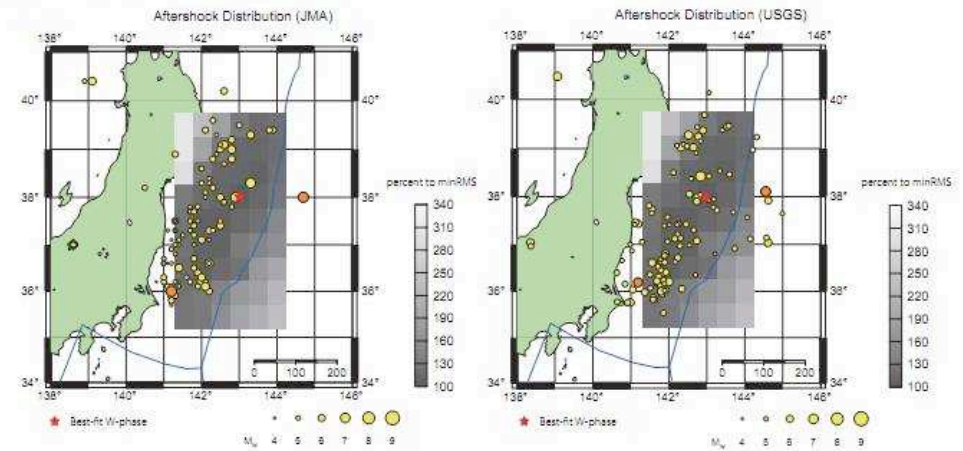
# Herdflächenlösungen



GFZ Geoforschungszentrum Potsdam  
 HARV Harvard  
 CPPT Commissariat à l'Énergie Atomique  
 et aux Énergies Alternatives



Grid search area

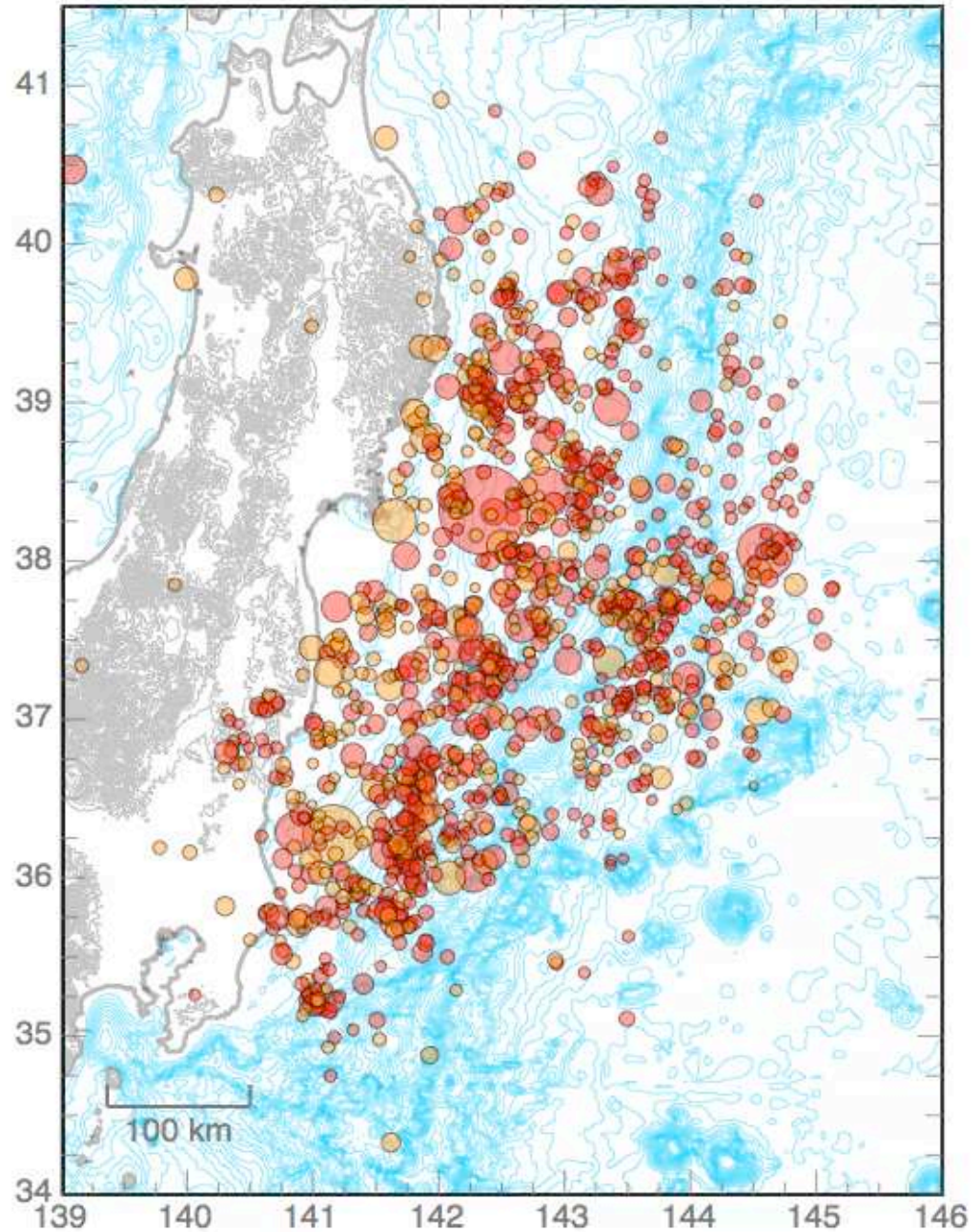


Focal Mechanism derived by W-phase and P-wave using Kanamori and Rivera (2008) method.

Parameters of best fit solution are as follows:  
 slope: 10, halfduration 70 s, depth 24 km.

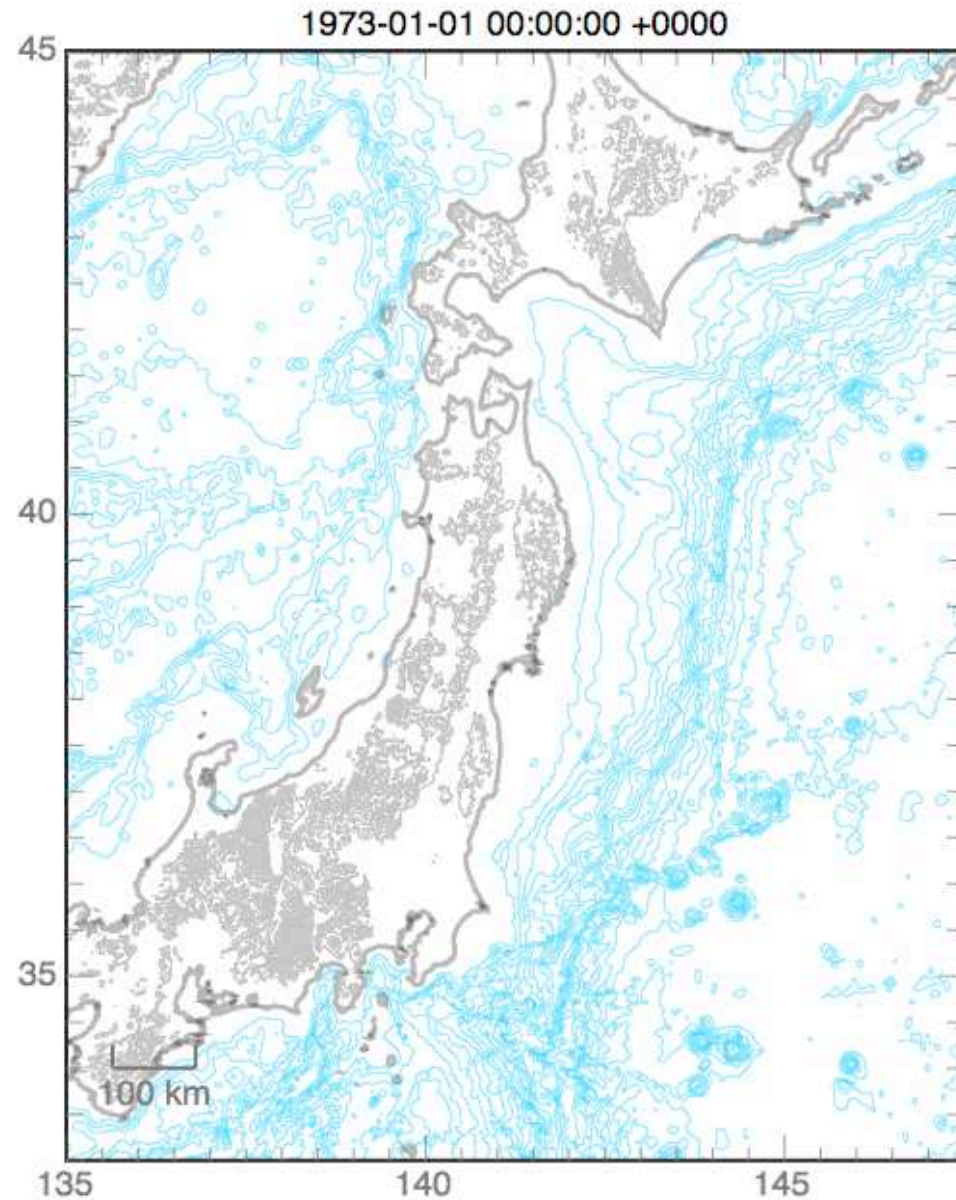
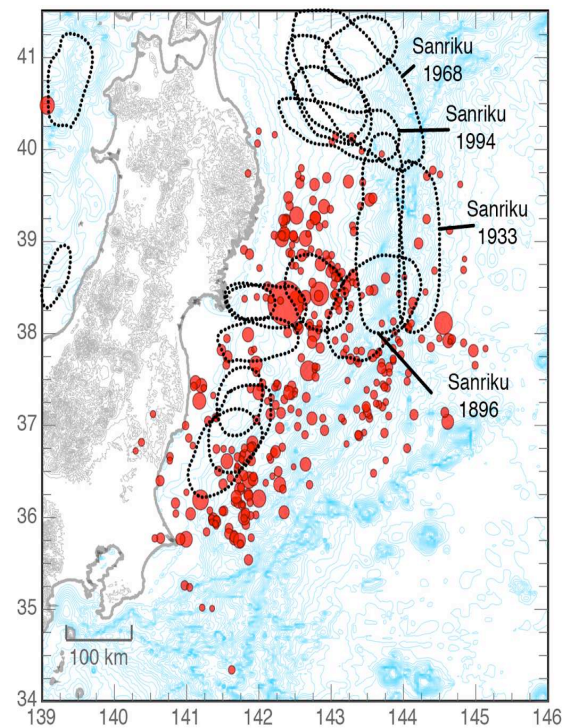


# Vorbeben - Nachbeben 9. März - 7. April

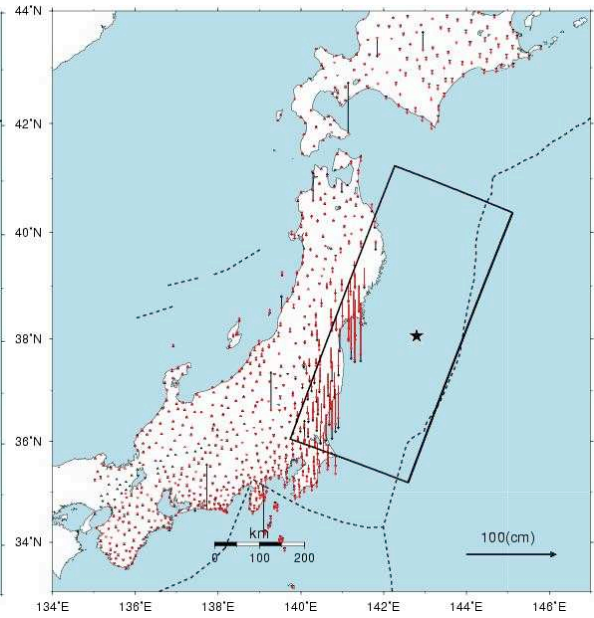
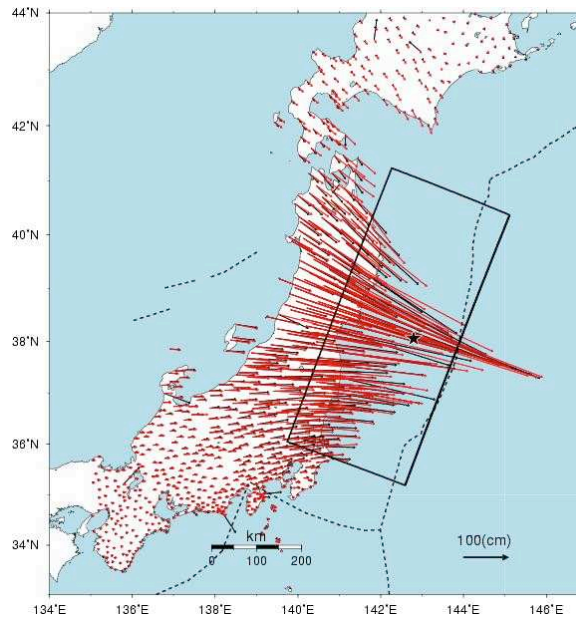
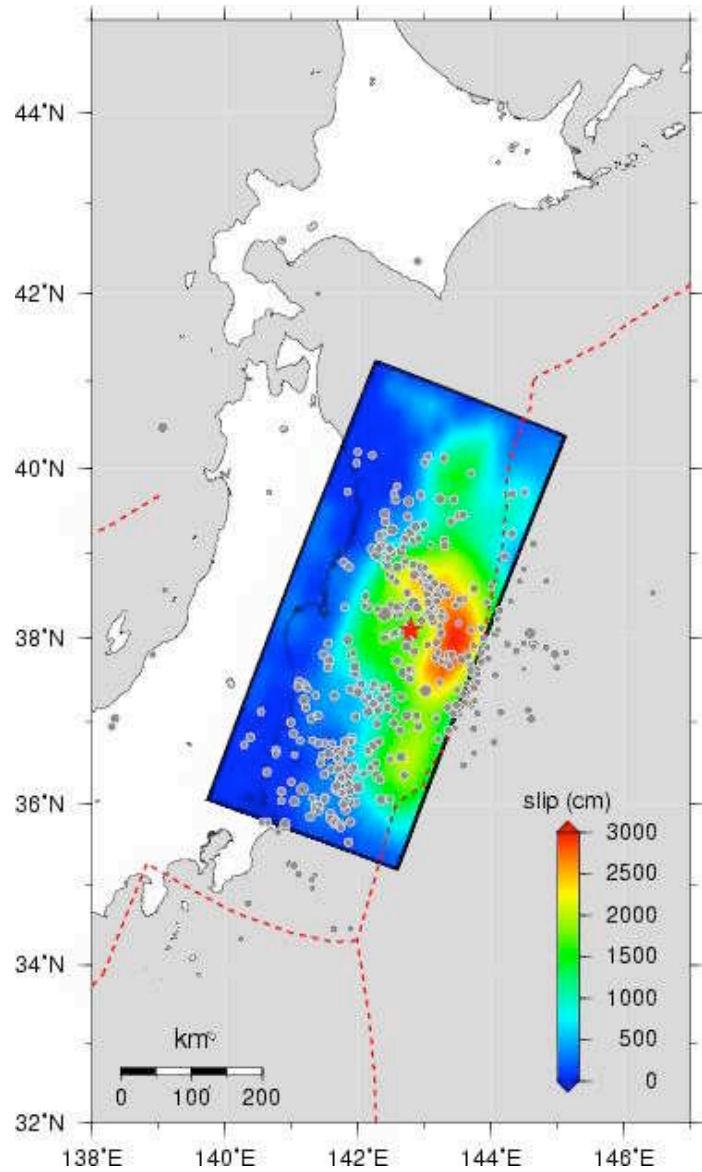




# historische Seismizität I. I. 1973 - 18.4.2011

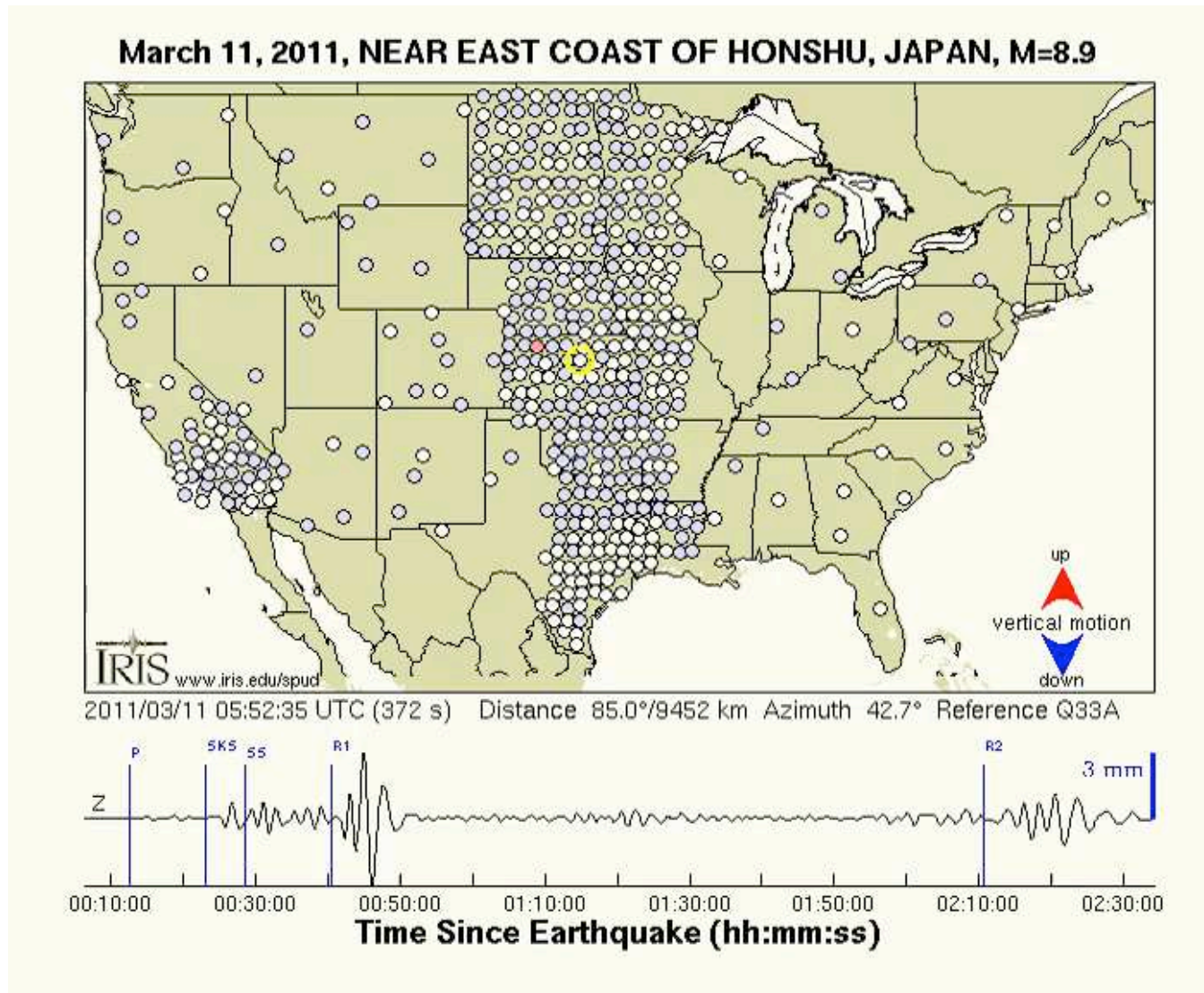


# Bewegungen an der Verwerfung

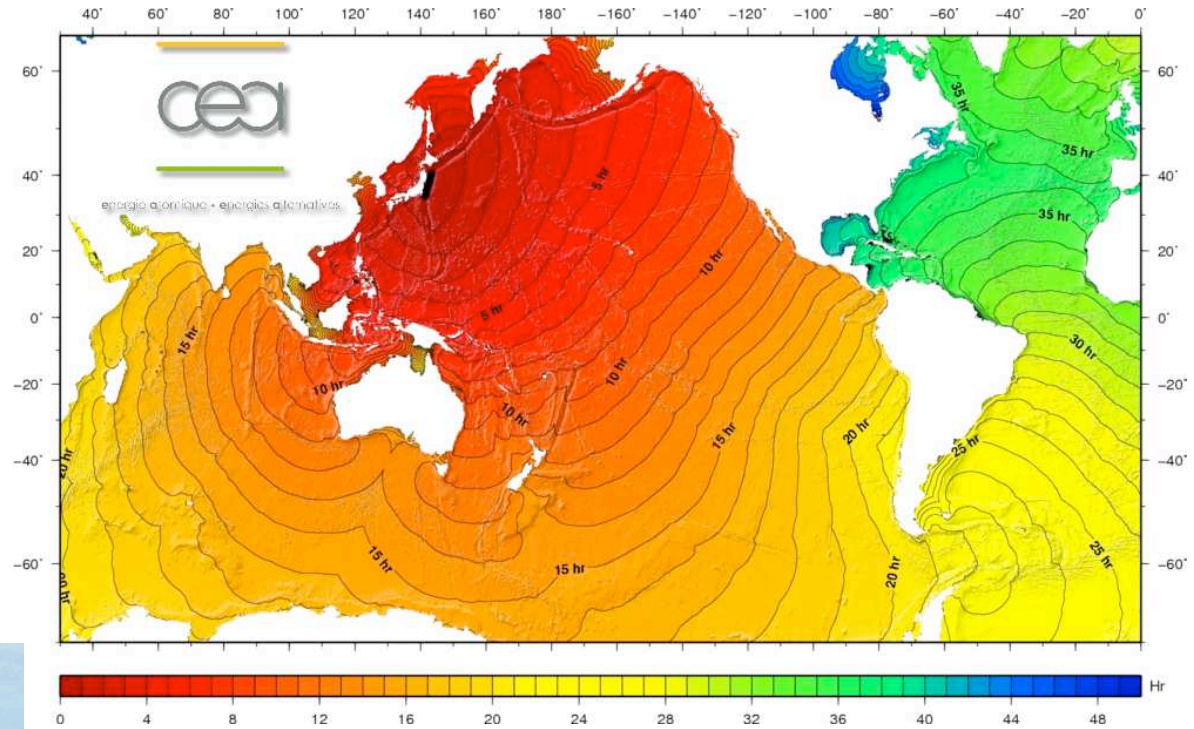
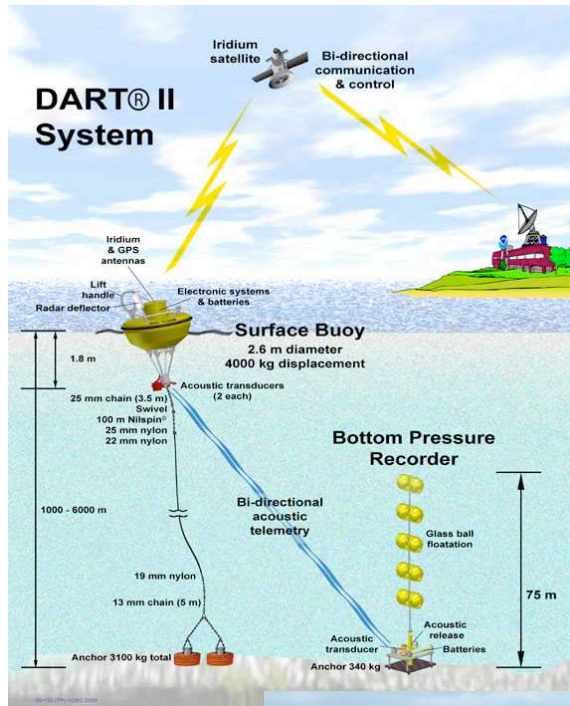




# Effekt des Tohoku Erdbebens in Nordamerika

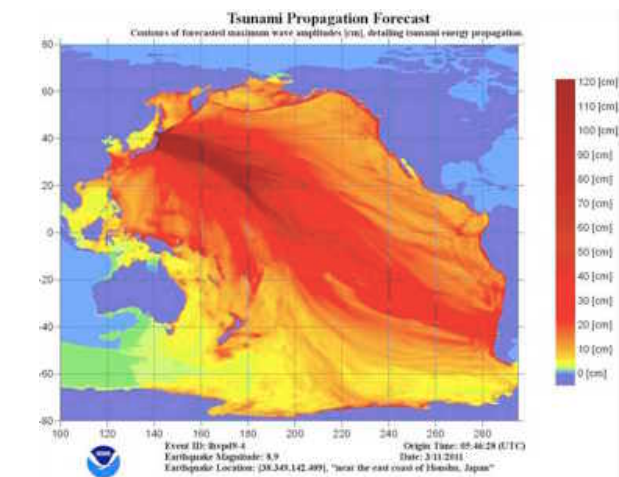
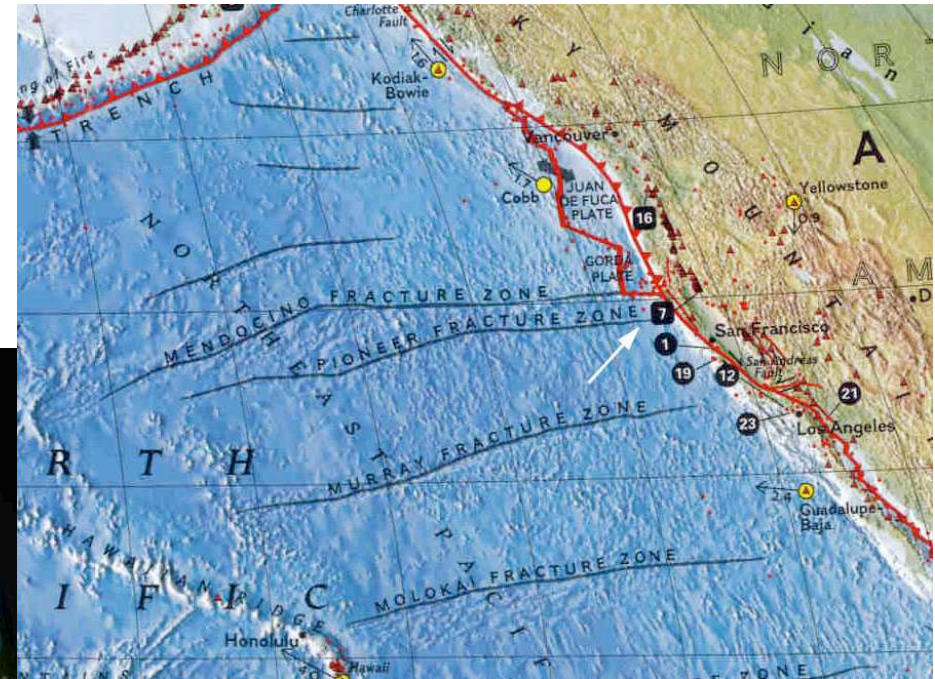
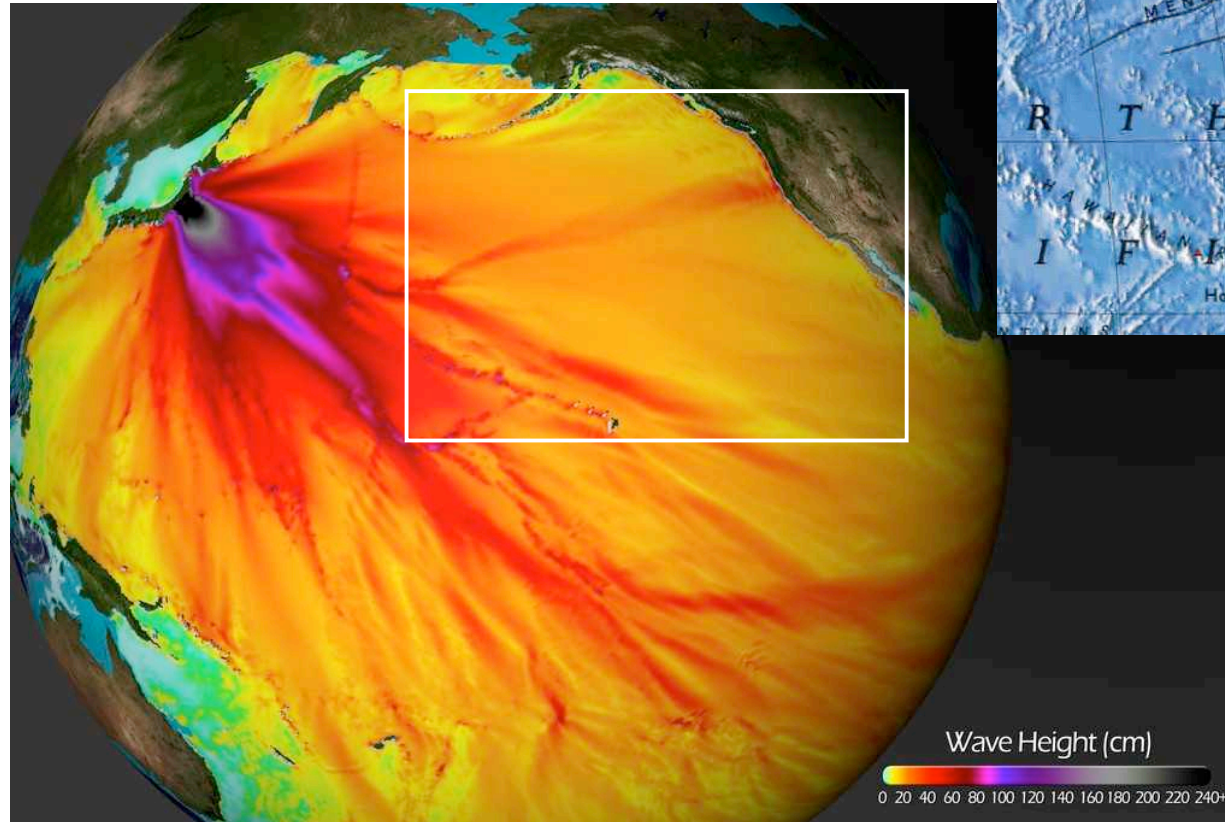


# Tsunami Ausbreitungsgeschwindigkeit



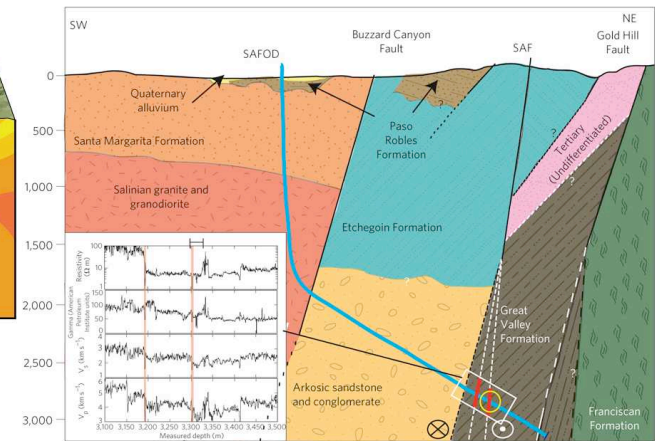
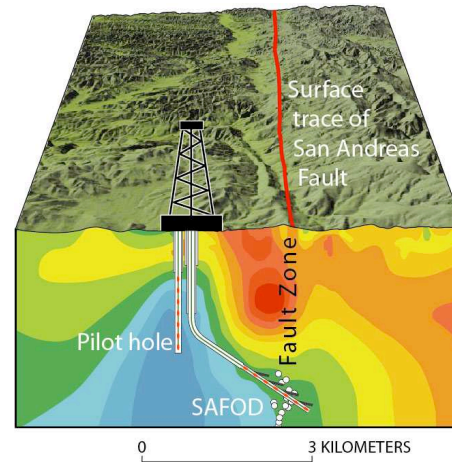
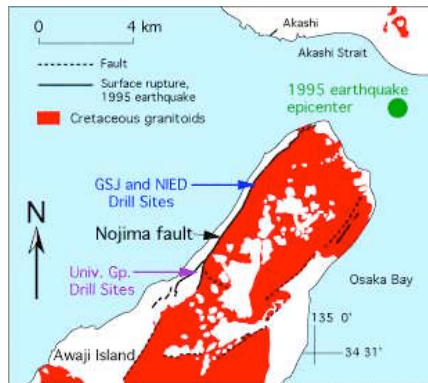


# Tsunami Prognose für Wellenhöhe





# Bohrungen durch aktive Verwerfungen



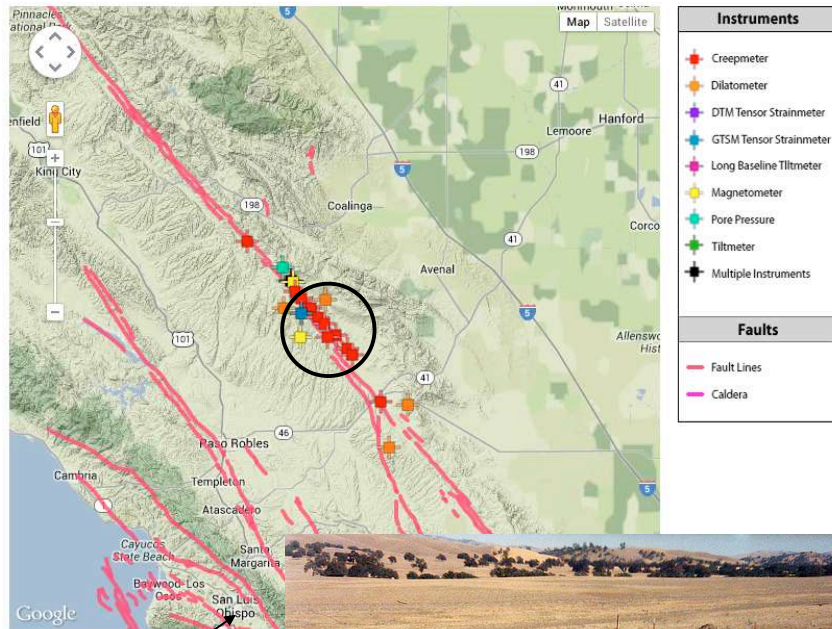
Nojima Fault drillholes  
Nojima Fault Preservation Museum



SAFOD  
San Andreas Fault Observatory at Depth

# Creepmeters

Map of Instrument Sites



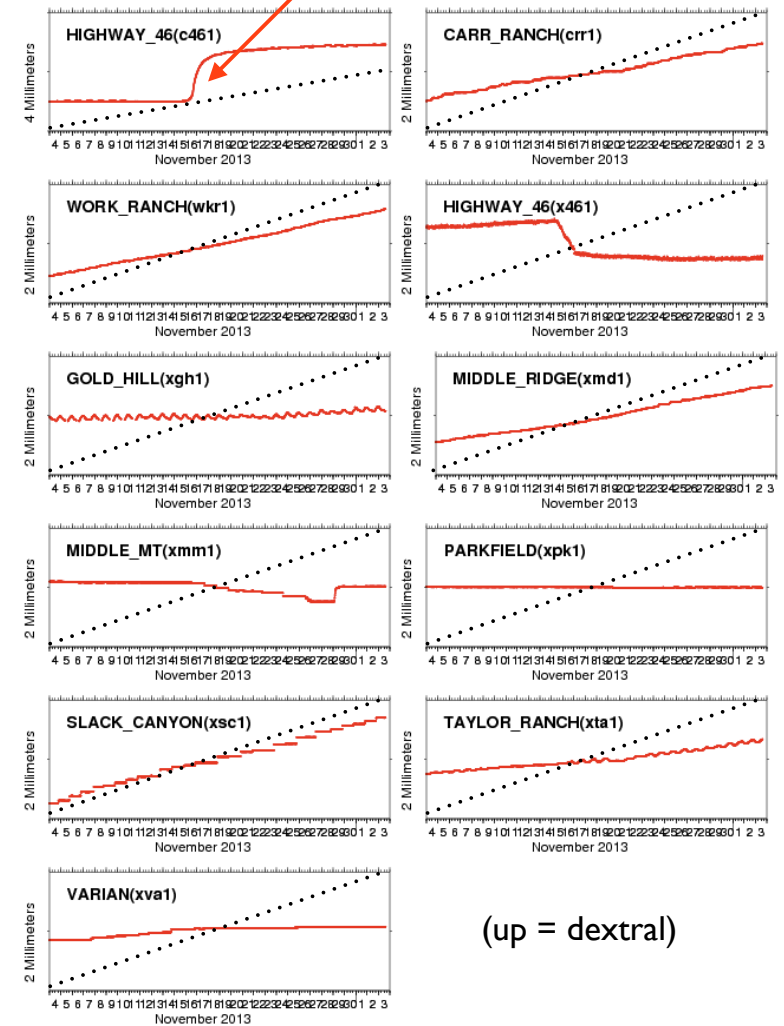
San Luis Obispo



Parkfield creepmeter installation

2 mm / Tag = 70 cm / Jahr !

RED lines display auto-processed data where upward trends indicate right lateral movement.



(up = dextral)

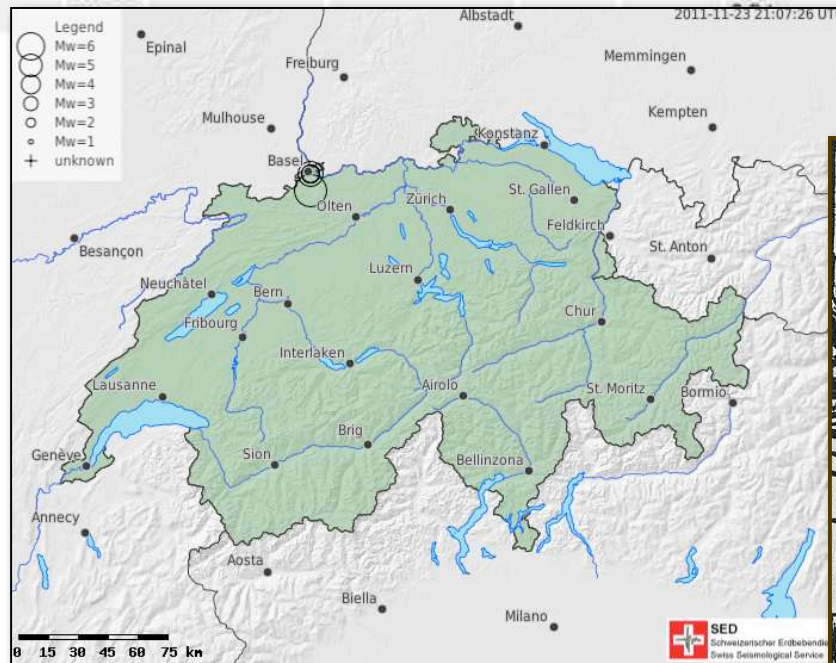
..... 2 mm / Monat = 2.4 cm / Jahr

# Erdbeben in der Schweiz

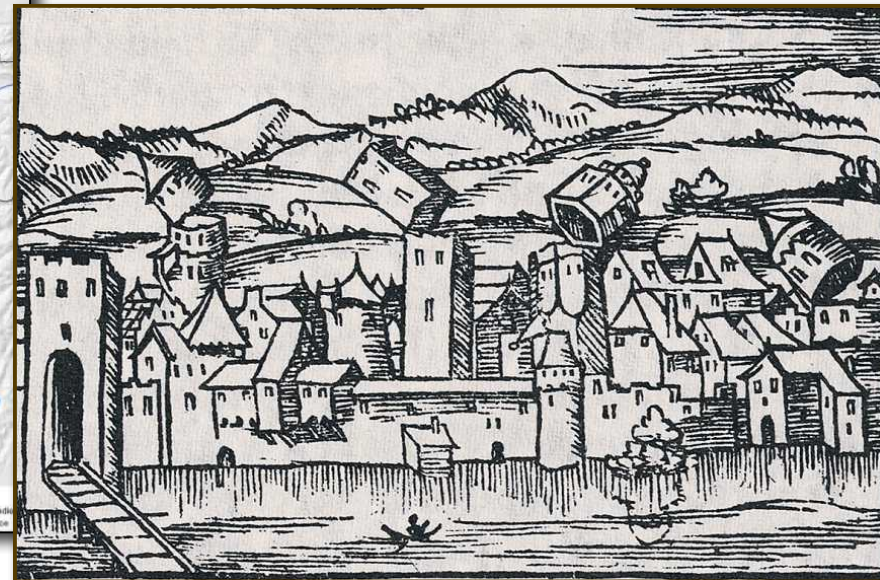


# Basel 18.-19. Oktober 1356

Datum	Zeit	Bewertung	Ereignistyp	Breite °Nord	Länge °Ost	Datenherkunft	Herdtiefe	Mw	MI	Epizentral- intensität	Maximal- intensität	Epizentralgebiet
1356/10/18	12:- -:--	sicher	Erdbeben	47.55	7.6	SED (ECOS-09)		3.9		V	verspürt	Basel
1356/10/18	13:- -4--	sicher	Erdbeben	47.55	7.6	SED (ECOS-09)		3.9		V	verspürt	Basel
1356/10/18	14:- -:--	sicher	Erdbeben	47.55	7.6	SED (ECOS-09)		3.9		V	verspürt	Basel
1356/10/18	16:- -4--	sicher	Erdbeben	47.55	7.6	SED (ECOS-09)		5.4		VII	VII	Basel
1356/10/18	21:- -:--	sicher	Erdbeben	47.47	7.6	SED (ECOS-09)		6.6		IX	IX	Basel
1356/10/19	--:-	sicher	Erdbeben	47.55	7.6	SED (ECOS-		3.9		V	verspürt	Basel

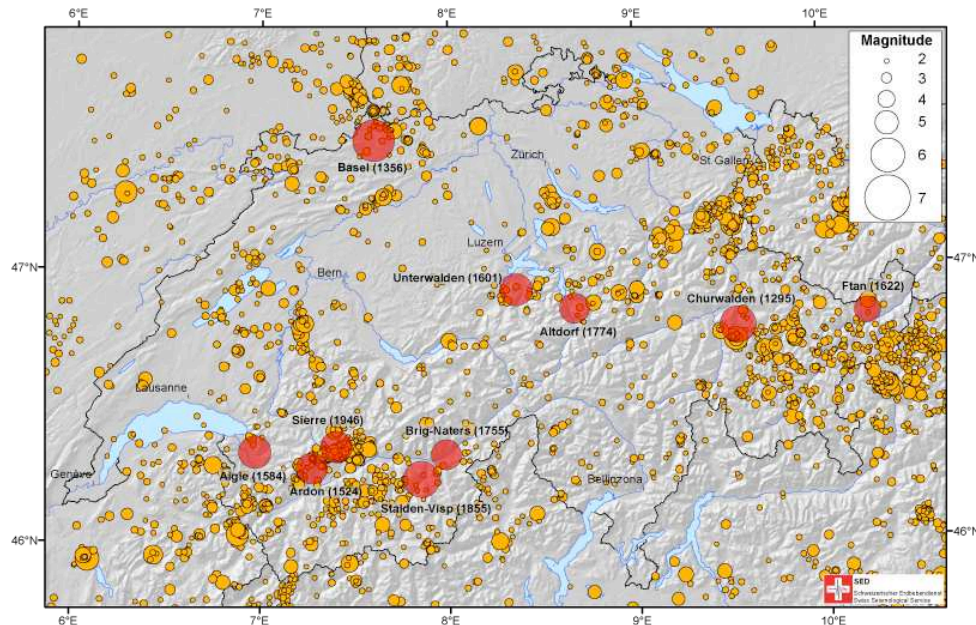


Basel 1356, fiktive Darstellung, 16.Jh., Sebastian Münster.

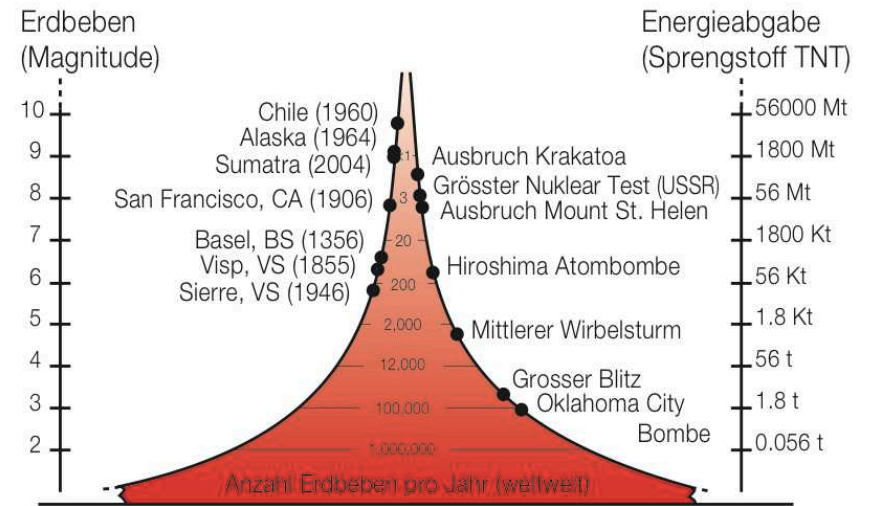




# Grösste (historische) Erdbeben der Schweiz



Karte mit den zehn stärksten Erdbeben in der Schweiz sowie den registrierten Beben zwischen 1975 bis 2012.



Ort	Magnitude	Intensität	Datum
Basel (BS) (Nachbeben)	6.6	IX	18.10.1356
Churwalden (GR)	6.2	VIII	03.09.1295
Stalden-Visp (VS) (Nachbeben)	6.2	VIII	25.07.1855
Aigle (VD) (Nachbeben)	5.9	VIII	11.03.1584
Unterwalden (NW)	5.9	VIII	18.09.1601
Ardon (VS)	5.8	VII	4.1524
Sierre (VS) (Nachbeben)	5.8	VIII	25.01.1946
Brig-Naters (VS)	5.7	VIII	09.12.1755
Atdorf (UR)	5.7	VII	10.09.1774
Ftan (GR)	5.4	VII	03.08.1622



Die meisten Steinniedergänge in der Region wurden mittels geophysikalischer Messungen auf das Jahr 1356 datiert, ausgelöst durch das Erdbeben vom 18. Oktober.

# Grösste (historische) Erdbeben der Schweiz

Rang	Datum	Ort	Magnitude	Intensität
1	18. Okt. 1356	Basel	6.2 - 6.9	XI - X
2	250 n. Chr.	Augusta Raurica (Kaiseraugst)	6.9	XI
3	3. 9. 1295	Churwalden	6.5	VIII
4	April 1524	Ardon VS	6.4	VIII
5	9. Dez. 1755	Brig/Naters	6.1	VIII
6	11. Mär. 1584	Aigle VD	6.4	VII
7	18. Sep. 1601	Unterwalden	6.2	VII
8	10. Sep. 1774	Altdorf UR	5.9	VII
9	6. Dez. 1795	Wildhaus	5.3	VII
10	20. Apr. 1796	Grabs SG	5.3	VII
11	7. Feb. 1777	Wisserlen, Kerns OW	5.1	VII
12	1. Juni 1572	Basel	5.0	VII
13	29. Nov. 1610	Basel	5.0	VII
14	3. Aug. 1622	Fetan	5.0	VII
15	8. Mär. 1685	Oberwallis	6.1	VI
16	20. Mär. 1770	Château-d'Œx	5.7	VI
17	21. 1650	Basel	5.6	VI

# Risiken



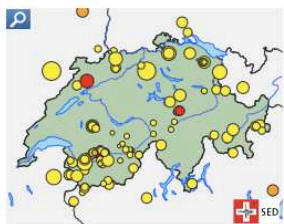
# Schweizerischer Erdbebendienst



## Schweizerischer Erdbebendienst (SED)

Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich ist die Fachstelle des Bundes für Erdbeben. In dessen Auftrag überwacht er die Erdbebenaktivität in der Schweiz sowie im grenznahen Ausland und beurteilt die Erdbebengefährdung in der Schweiz. Im Falle eines Erdbebens informiert der SED Öffentlichkeit, Behörden und Medien über den Ort, die Stärke und mögliche Auswirkungen. Die Aktivitäten des SED sind im [Massnahmenprogramm des Bundes](#) zur Reduktion des Erdbebenrisikos eingebunden.

### Aktuelle Erdbeben: Schweiz / Welt



Date/Time(CH)	Date/Time(UTC)	Mag	Region
2013/12/05 12:29	2013/12/05 11:29	1.3	<a href="#">Unterschaechen UR</a>
2013/12/05 09:31	2013/12/05 08:31	2.1	<a href="#">Tavannes BE</a>
2013/12/05 06:23	2013/12/05 05:23	2.0	<a href="#">Lago di Garda I</a>
2013/12/04 11:35	2013/12/04 10:35	1.7	<a href="#">Colmar F</a>
2013/12/04 01:04	2013/12/04 00:04	1.6	<a href="#">Lago di Garda I</a>
2013/12/03 05:56	2013/12/03 04:56	0.7	<a href="#">Sanetschpass VS</a>
2013/11/29 10:40	2013/11/29 09:40	1.1	<a href="#">Saxon VS</a>
2013/11/29 01:26	2013/11/29 00:26	0.2	<a href="#">Goppenstein VS</a>
2013/11/28 05:29	2013/11/28 04:29	1.0	<a href="#">Sierra VS</a>

[gesamte Liste »](#)

[gesamte Liste UTC »](#)

### Wenn die Erde bebt

[Erdbeben - was tun](#)

### Erdbeben gespürt?

[Melden Sie ein Erdbeben](#)

### @seismoCH\_D

[Folgen Sie uns auf Twitter](#)

### SED informiert:

[Erdbebenmeldungen](#)

### Erdbebeninfo weltweit:

[U.S. Geological Survey](#)

[NINTRAS: Media Reports](#)

[EU-Med. Seismological Centre](#)

»

### Weitere Informationen

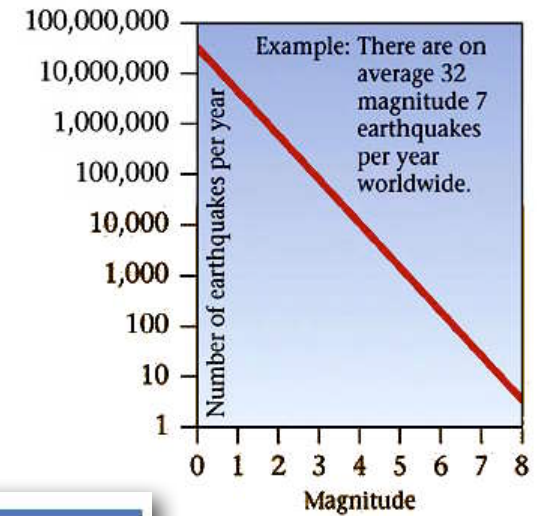
[Massnahmen zur Erdbeben-](#)

[vorsorge \(BAFU\) »](#)

[Seismische Gefährdung »](#)

[Offene Stellen »](#)

[Kontakt »](#)



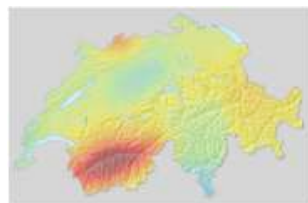
### In der Schweiz verspürte Erdbeben der letzten 72 Stunden:

#### Manuell überprüfte Lokalisierung

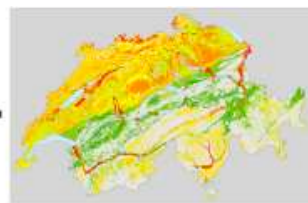
**Region:** [Albstadt D](#), **Datum/Zeit:** 2013/12/04 20:42 (CH) 2013/12/04 19:42 (UTC),

**Magnitude:** 3.1 (Aktualisiert: 05.12.2013 09:13:01 UTC)

[Erdbeben gespürt? »](#)



Seismische Gefährdung



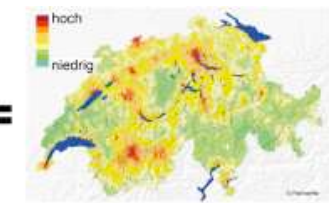
Bodenbeschaffenheit  
des Untergrundes



Betroffene Werte

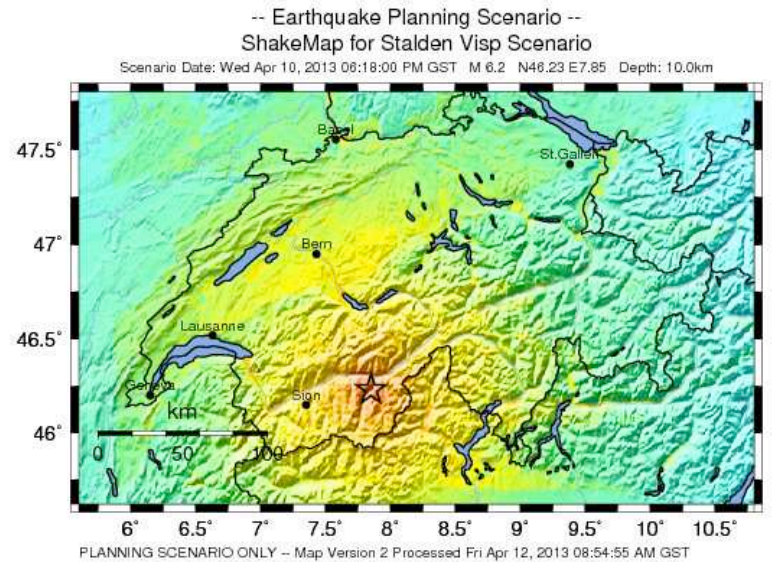


Verletzbarkeit



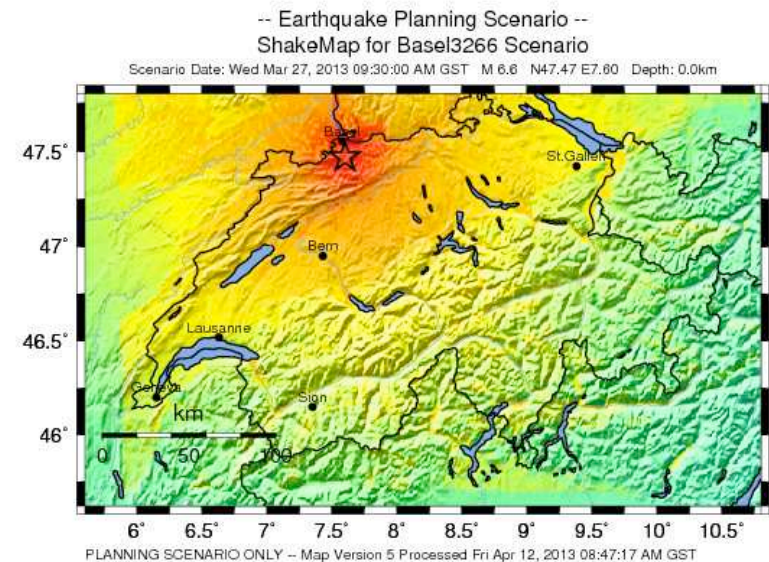
RISIKO

# Erdbebenszenarien (SED)



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	1.4-3.0	3.0-9.2	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	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Erdbeben der Stärke 6.2 bei Visp



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	1.4-3.0	3.0-9.2	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	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Erdbeben der Stärke 6.6 bei Basel



# Mikrozonierung

## Angewandte und Umweltgeologie

### Geoportal Basel

Basel-Stadt GeoPortal geocat.ch

Metadatenkatalog - Komplett

Details zum ausgewählten digitalen Datensatz

Drucken Darstellung: [Einfach](#) / [Erweitert](#) / [Komplett](#)

**Erdbebenmikrozonierung Region Basel**

<http://www.geo-bs.ch/index.cfm>

[http://www.geo-bs.ch/metadaten\\_geodaten-katalog.cfm](http://www.geo-bs.ch/metadaten_geodaten-katalog.cfm)

UNIVERSITÄT BASEL ANGEWANDTE & UMWELT GEOLOGIE

DE EN HOME KONTAKT

AKTUELL MITARBEITER/-INNEN FORSCHUNG LEHRE PROJEKTE PUBLIKATIONEN SERVICES LINKS

**Abteilung Angewandte & Umweltgeologie (AUG) / Kantonsgeologie Basel-Stadt**

In zunehmend dichter besiedelten und industrialisierten Lebensräumen werden fundierte Kenntnisse der oberflächennahen geologischen und hydrogeologischen Prozesse immer wichtiger. Aktuelle umweltrelevante Aufgaben wie die Sanierung von ehemaligen Industriestandorten, die hydrogeologische Begleitung von bedeutenden Bauprojekten oder die Beurteilung von Naturgefahren können ohne dieses Wissen nicht mehr zufrieden stellend gelöst werden. Neben fachlichen Problemen stellen konkurrierende Ziele und Nutzungsinteressen eine zusätzliche Herausforderung dar.

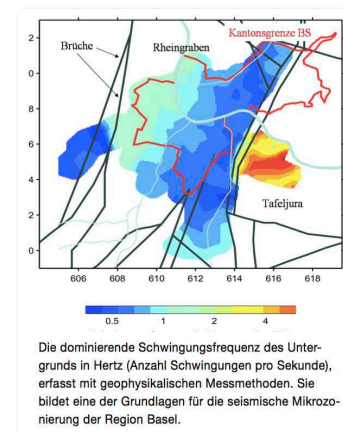
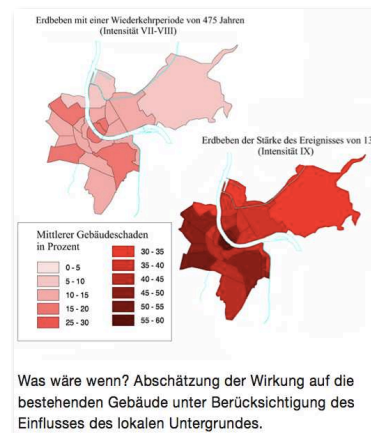
Als Kompetenzzentrum für Urbane Geologie stellen wir uns diesen Aufgaben. Durch unsere Forschung erarbeiten wir umfassendes Wissen und anwendungsorientierte Grundlagen in Geologie, Hydrogeologie und Geotechnik für die Nordwestschweiz und das angrenzende Ausland. Die erworbenen Fachkenntnisse werden durch Lehre und Beratung an Studierende, Kantons- und Bundesfachstellen sowie Praktikern weitervermittelt. Unsere Aktivitäten sind mit Projekten kantons- und fachstellenübergreifend vernetzt. Dadurch entstehen Synergien für die optimale Umsetzung neuer Erkenntnisse in die Praxis.

Willkommen bei der AUG  
 Angewandte & Umweltgeologie  
 Kantonsgeologie Basel-Stadt  
 Departement  
 Umweltwissenschaften  
 Universität Basel  
 Leitung:  
 Prof. Dr. Peter Huggenberger  
 Bernoullistrasse 32  
 CH-4056 Basel  
 Schweiz  
 Tel: ++41 61 267 34 45  
 Fax: ++41 61 267 29 98  
 Email: info-aug@unibas.ch

Projektabschluss "GeORG"  
 mehr Informationen

<http://aug.duw.unibas.ch/>

### Schweizerischer Erdbebendienst



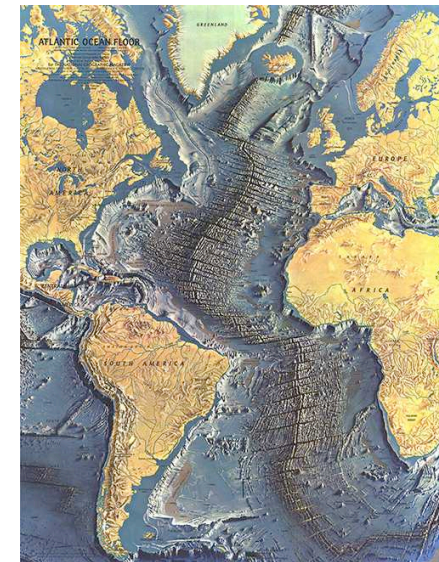
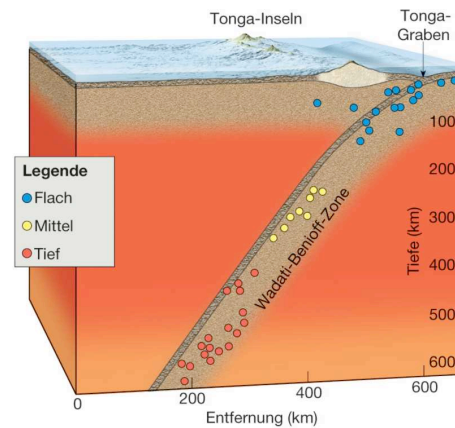
[http://www.seismo.ethz.ch/edu/Info\\_SED/flyers/basel.pdf](http://www.seismo.ethz.ch/edu/Info_SED/flyers/basel.pdf)

# Zusammenfassung



# Smoking Guns

- dienen der "Entlarvung" der Plattentektonik
  - Vulkanismus
    - Pillow Lava - Spreading Centers
    - Hotspots - Starre Bewegung
  - Erdbeben
    - Tiefbeben - Wadati Benioffzonen - Subduktionszonen
  - Topographie des Ozeanbodens
    - Ozeanrücken - Transform Plattengrenzen



# Smoking Guns

- werden weiterhin observiert

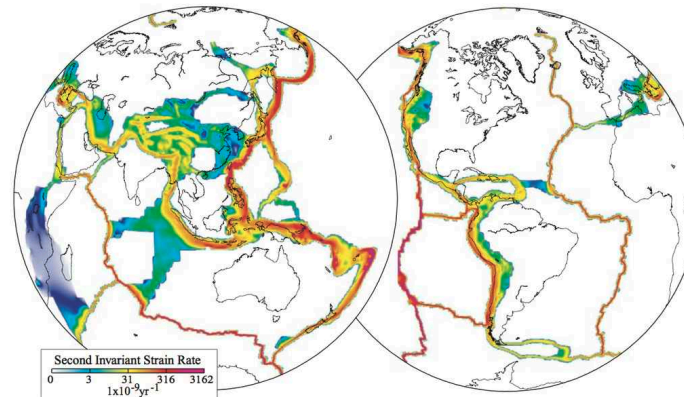
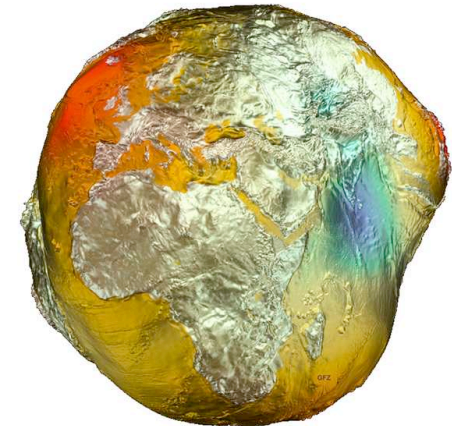
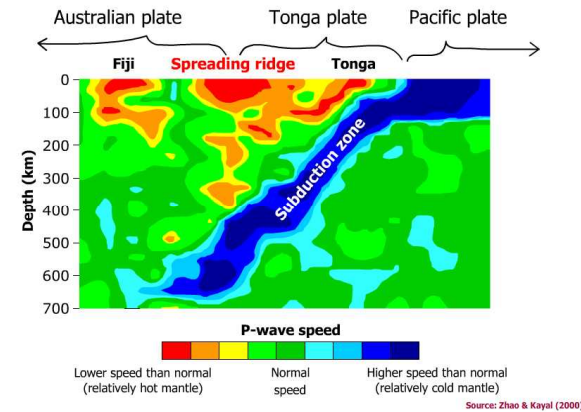
- Seismologie
  - Erdbeben
  - Tomographie

- Geophysik
  - Wärmefluss

- Remote Sensing
  - GPS - Topographie der Erde
  - Bewegung - Deformation der Erdoberfläche
  - Schwerefeld - Geoid
  - Magnetfeld

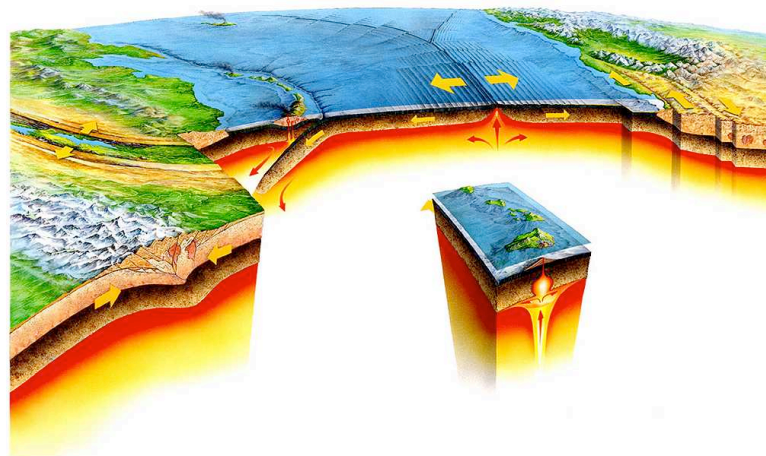
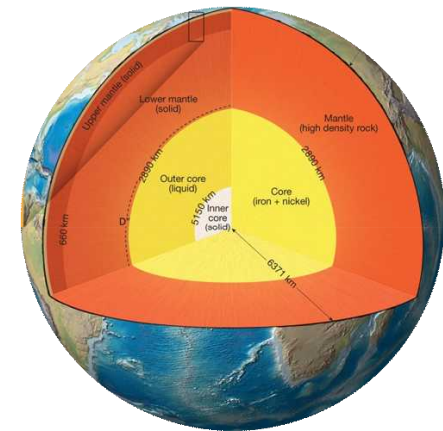
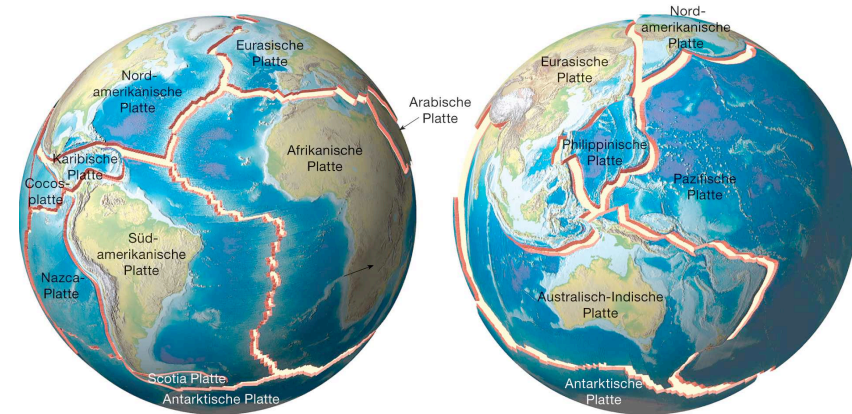
- Bohrungen

....



# Plattentektonisches Modell der Erde

- Aufbau der Erde
- Platten
- Plattengrenzen
- Dynamik der Erde
- Prozesse an Plattengrenzen
  - Wärmefluss
    - hoch - tief
  - Vulkanismus
    - basisch - sauer
  - Deformation
    - spröd - duktil
  - Erdbeben
    - tief - seicht





		Fläche (sr)	Fläche (km <sup>2</sup> )	Fläche (%)
1	Pazifische Platte	2.5769	104,594,960	20.51
2	Afrikanische Platte	1.4407	58,476,332	11.46
3	Antarktische Platte	1.4327	58,152,828	11.40
4	Nordamerikanische	1.3656	55,429,624	10.87
5	Eurasische Platte	1.1963	48,558,108	9.52
6	Australische Platte	1.1329	45,986,312	9.02
7	Südamerikanische	1.0305	41,826,216	8.20
8	Somaliplatte	0.4719	19,155,346	3.76
9	Nazcaplatte	0.3967	16,101,743	3.16
10	Indische Platte	0.3064	12,435,632	2.44
11	Sundaplatte	0.2197	8,916,458	1.75
12	Philippinenseeplatte	0.1341	5,442,745	1.07
13	Amurplatte	0.1307	5,303,521	1.04
14	Arabische Platte	0.1208	4,904,112	0.96
15	Ochotskplatte	0.0748	3,036,962	0.60

