

# ***Projekt Erdbebenfrühwarnung im WiSe 2010/11***



## ***Entwicklung verteilter eingebetteter Systeme***

Prof. Dr. Joachim Fischer  
Dipl.-Inf. Ingmar Eveslage  
Dipl.-Inf. Frank Kühnlenz

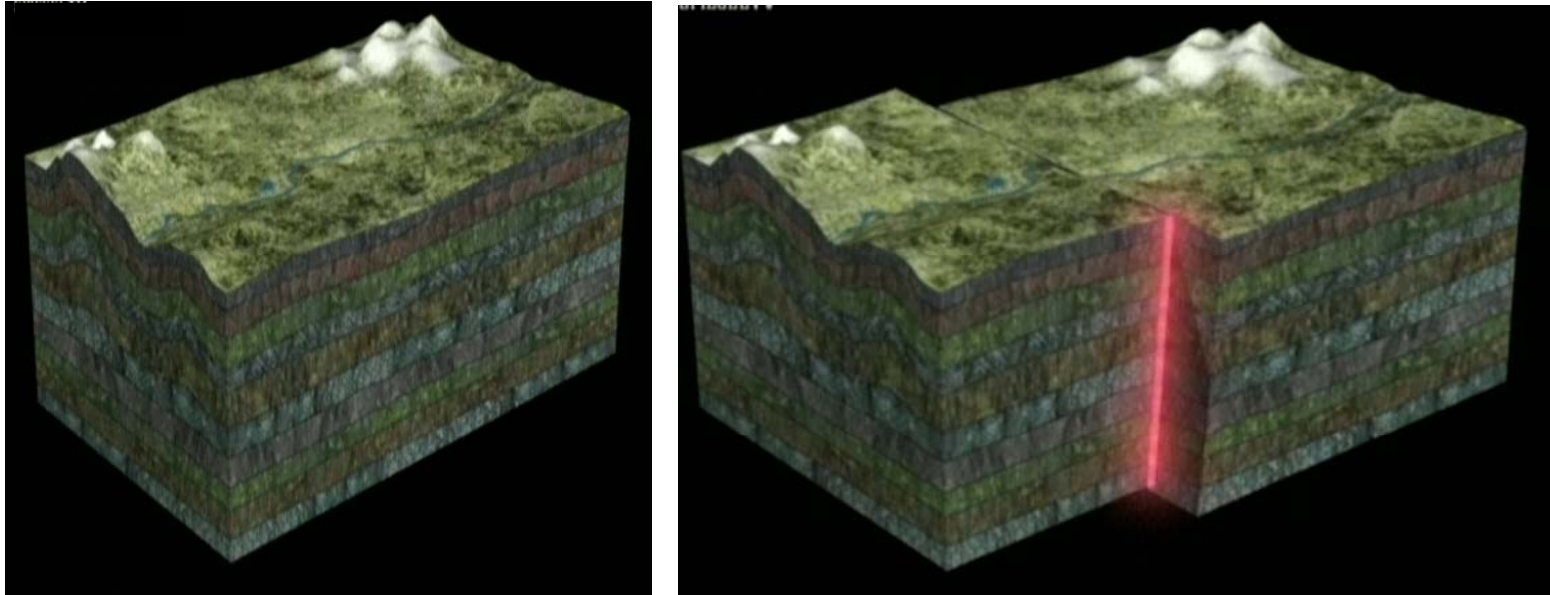
[fischer|eveslage|kuehnlenz@informatik.hu-berlin.de](mailto:fischer|eveslage|kuehnlenz@informatik.hu-berlin.de)

## 2. Kleine Erdbebenkunde

Quelle: <http://www.seismo.uni-koeln.de/edu/index.htm>

- Plattentektonik
- Klassifikation von Beben
- Messgeräte
- Erdbebenwellenklassifikation
- Beben in Norditalien

# Auslöser von Erdbeben

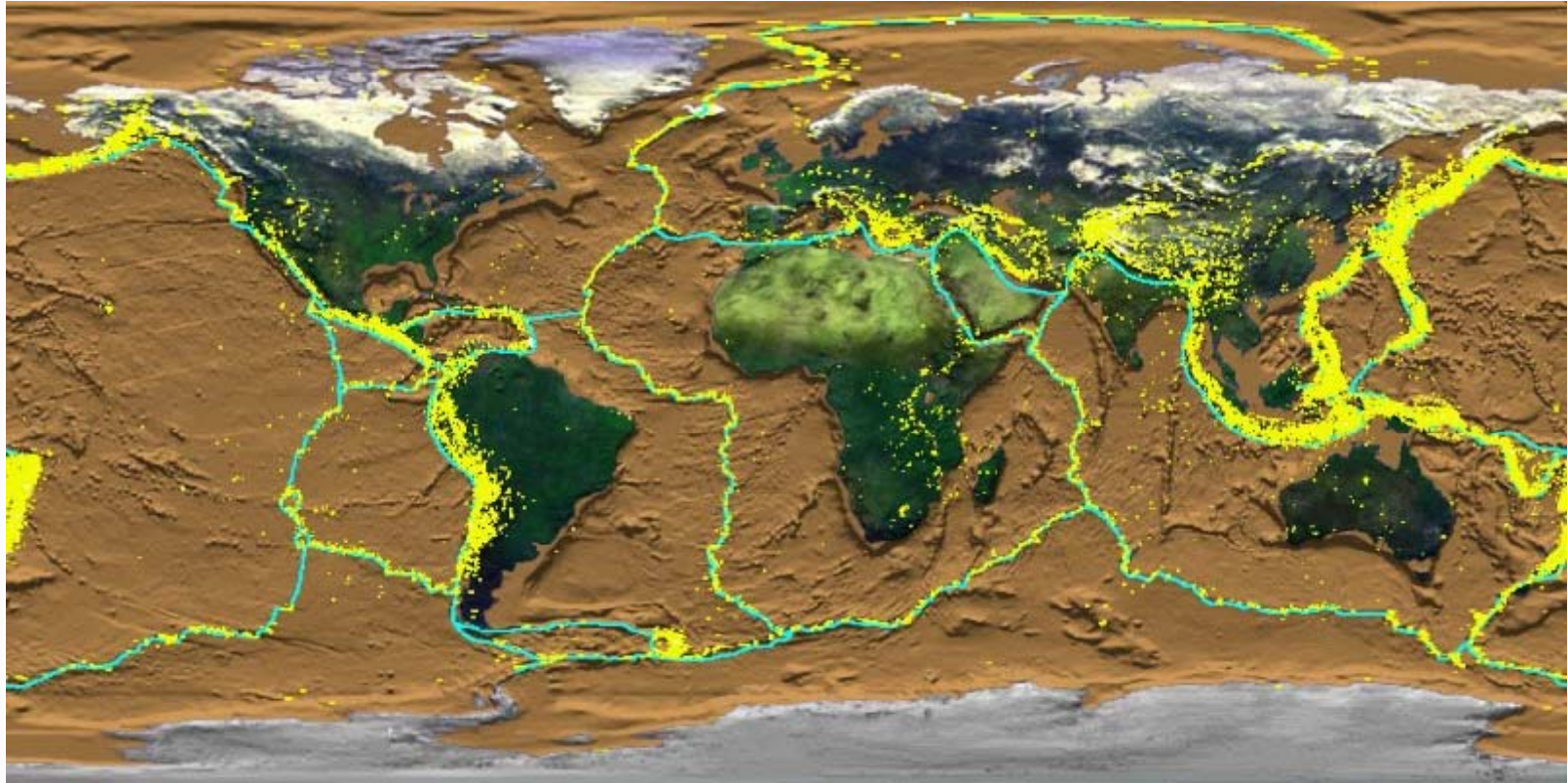


(Quelle: USGS)

langsamer Aufbau und  
plötzliche Freisetzung von Spannungen  
an der Grenze tektonischer Platten,  
die sich aneinander vorbeischieben.

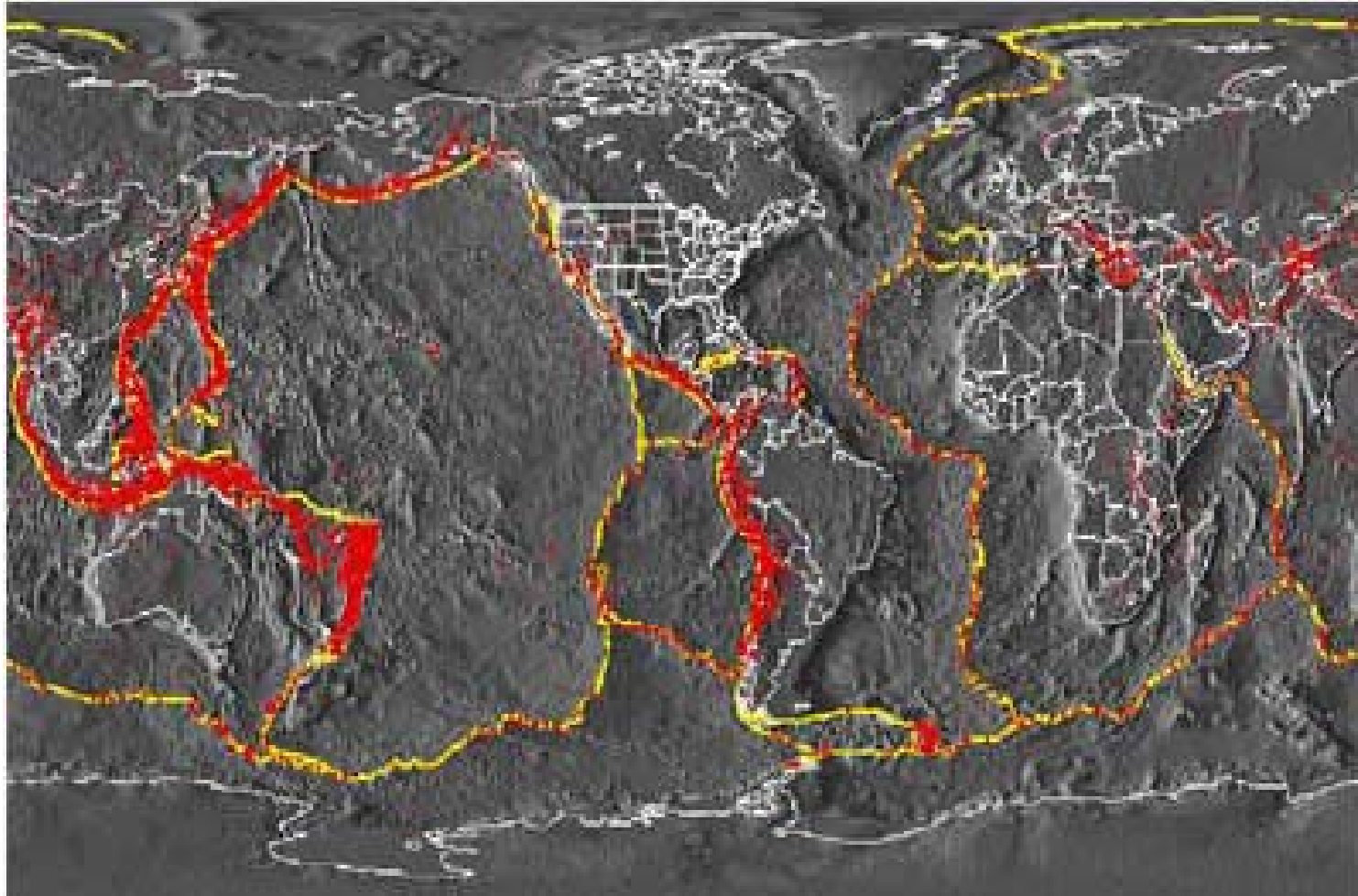


# ***Erdbeben im Laufe der Jahre***





# Erdbeben im Laufe der Jahre



(Quelle: USGS)

rot: die Lage der Beben zwischen 1980 und 1990 mit Magnituden größer 5  
gelb: die Grenzen der Erdkrustenplatten

# Verwerfungsarten



(Quelle: Tessloff-Verlag)

Japan hat ca 1500  
aktive Verwerfungen:  
400 schwere Beben  
in den letzten 1000 Jahren

## Abschiebungen

- sind Risse, bei denen ein Gesteinsblock nach unten rutscht und sich von dem anderen wegbewegt
- existieren meist in Gegenden, in denen eine Platte langsam zerrissen wird oder wo zwei Platten auseinanderdriften

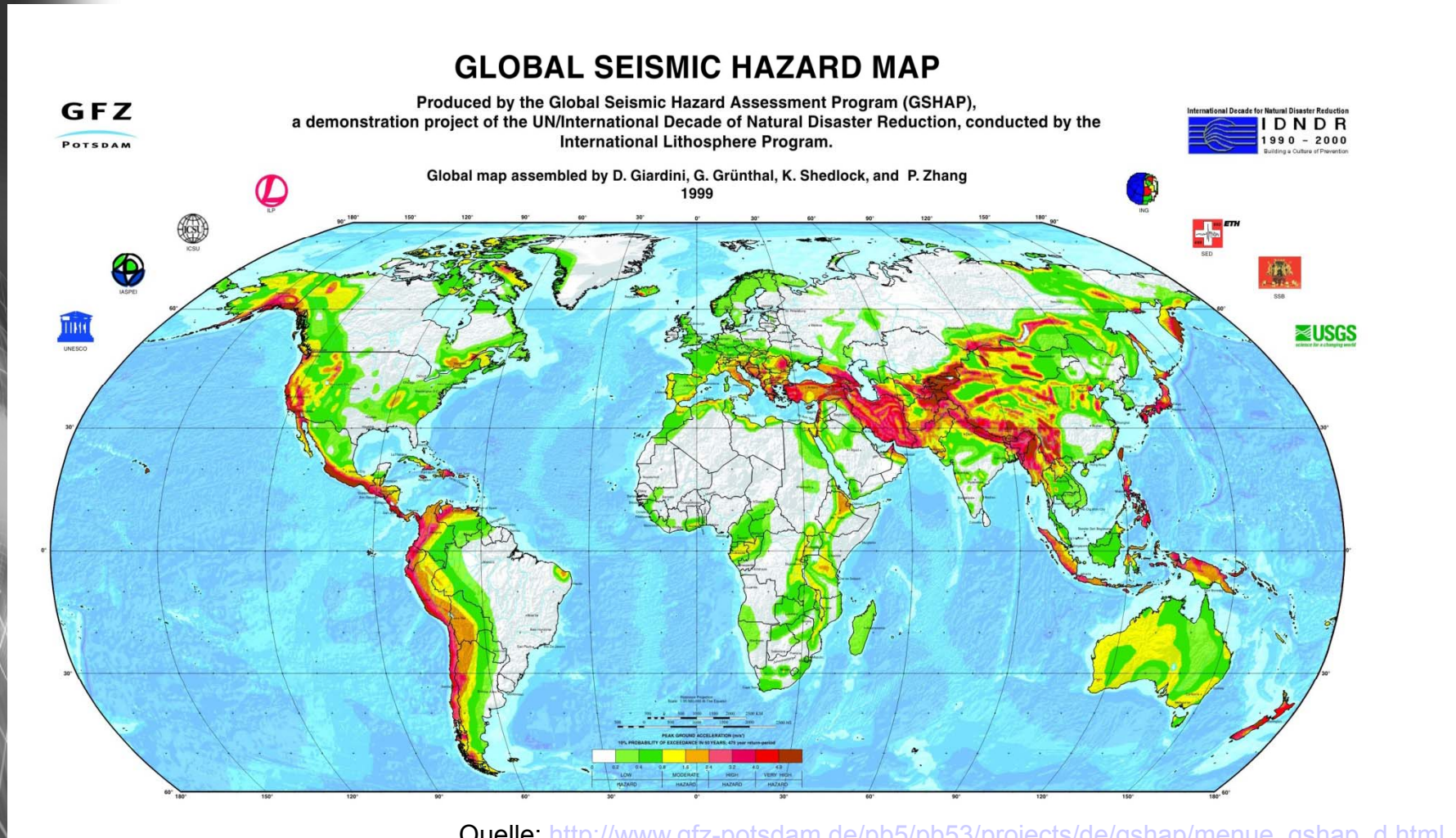
## Horizontalverschiebungen

- sind Verwerfungen bei denen zwei Gesteinsblöcke horizontal aneinander vorbeigleiten.
- z.B.: St. Andreas Verwerfung in Kalifornien und die Nord-Anatolische Verwerfung in der Türkei

## Überschiebungen

- sind Verwerfungen bei denen ein Block auf einen anderen aufgleitet.
- kommen meist in Gegenden vor, wo zwei Platten gegeneinander geschoben werden

# Erdbeben-bedrohte Gebiete





## 2. Kleine Erdbebenkunde

Quelle: <http://www.seismo.uni-koeln.de/edu/index.htm>

- Plattentektonik
- Klassifikation von Beben
- Messgeräte
- Erdbebenwellenklassifikation
- Beben in Norditalien

# Erdbebenstärken (Intensität)



12-stufige Mercalli-Skala  
(1883 Guiseppe Mercalli)  
*Intensitätsskala*



logarithmische Skala  
(1935 Charles Richter)  
*Magnitudenskala*

## Stärke 1-3

- 1: wird kaum bemerkt
- 2: man spürt leichte Bewegungen
- 3: hängende Gegenstände schaukeln

## Stärke 6-7

- 6: das Gehen ist schwierig
- 7: Scheiben zerbrechen, Hausputz reißt

## Stärke 4-5

- 4: Gegenstände wackeln
- 5: Flüssigkeiten schwappen

## Stärke 8-9

- 8: Autos sind kaum zu lenken, Wände stürzen ein
- 9: Gebäude stürzen ein, Erde reißt auf, Leitungen bersten

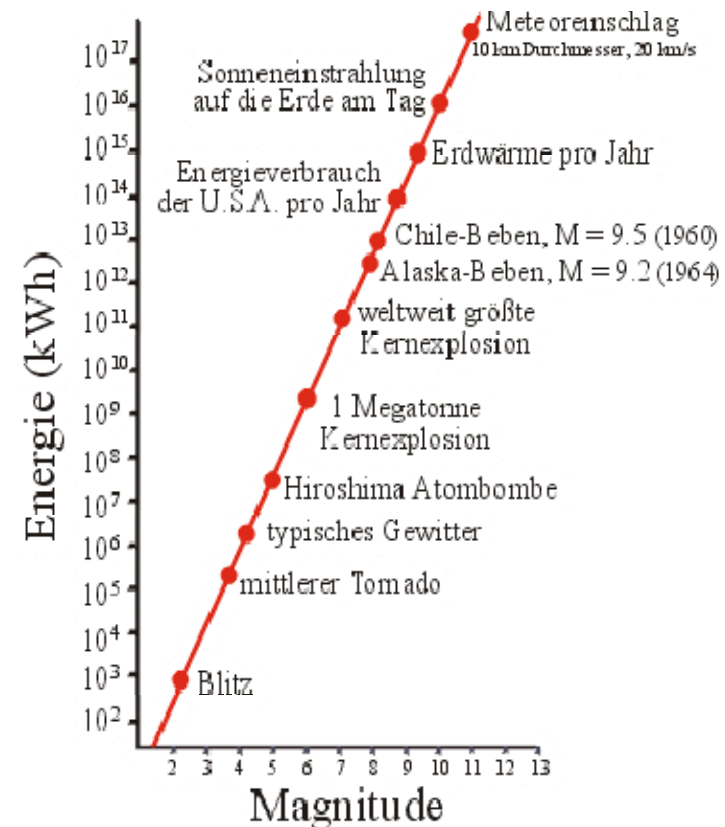
## Stärke 10-12

Gebäude stürzen ein, Erdrutsche

# Erdbebenintensität und Energiezusammenhang

(Quelle: Bolt)

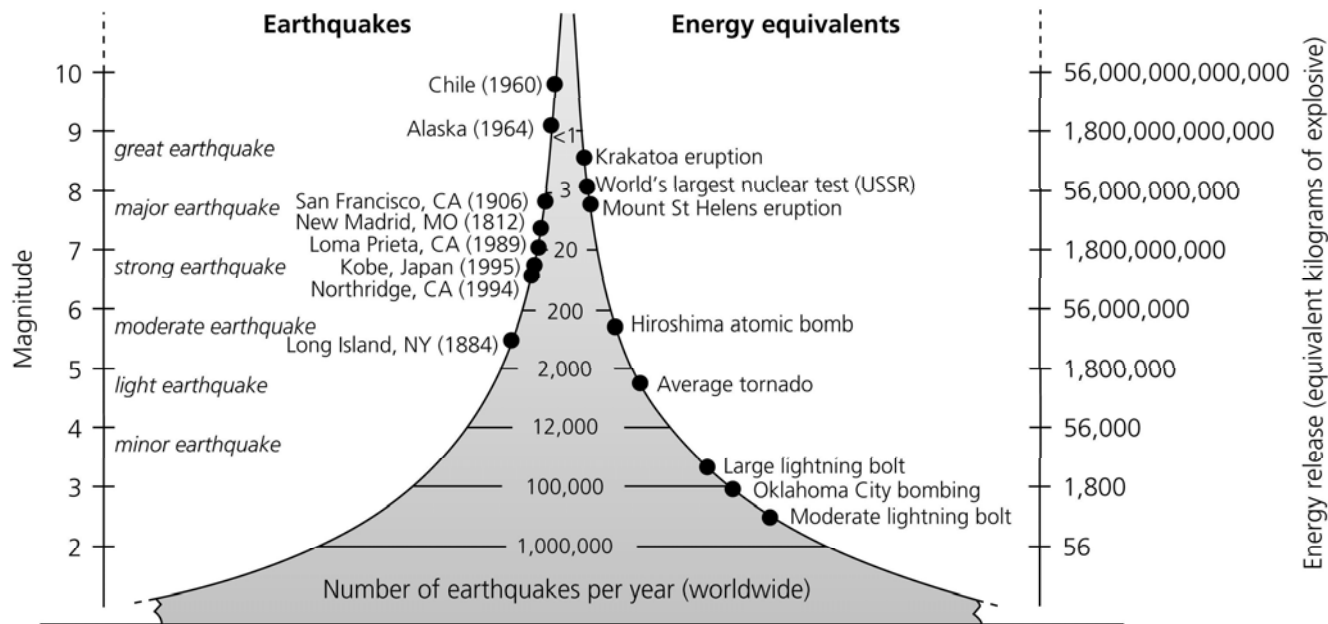
Mittlere maximale Geschwindigkeit [cm /s]	Erdbebenstärke (Mercalli) I .. XII	Mittlere maximale Beschleunigung [m/s <sup>2</sup> ]
1- 2	I .. IV	0015g – 0.02g
2 - 5	V	0.03g – 0.04g
5 - 8	VI	0.06g – 0.07g
8 - 12	VII	0.10g – 0.15g
20 - 30	VIII	0.25g – 0.30g
45 - 55	IX	0.50g – 0.55g
> 60	X - XII	> 60g



(Quelle: <http://www.seismo.uni-koeln.de>)



# Energie und Häufigkeit von Erdbeben



Earthquake magnitude (Ms)	Number/year	Energy released $10^{15}$ J/yr
$\geq 8.0$	0-1	0-1.000
7-7.9	12	100
6.6-6.9	110	30
5.5-5.9	1,400	5
4-4.9	13,500	1
3-3.9	>100,000	0.2

(Stein & Wysession, 2003)

# Schwere Erdbeben

Datum	Stärke	Ort	Tote (Besonderheit)
1.11. <b>1755</b>	8,7 (geschätzt)	Lissabon, Portugal	60.000 (Tsunami)
21.-30.5. <b>1960</b>	8,3	Valdivia, Chile	1.200 (riesiger Tsunami)
27.3. <b>1964</b>	8,4	Anchorage, Alaska	131 (Tsunami)
28./29.7. <b>1976</b>	8,2	Tangschan, China	24.2000 (11 km unter der Stadt)
19.-20.9. <b>1985</b>	8,1 (7,6)	Mexico City, Mexico	10.000
17.1. <b>1995</b>	7,2	Kobe, Japan	5.000 (150.000 zerstörte Gebäude, 500 Brände)
17.4. <b>1999</b>	7,4	Izmet, Türkei	17.000

Beben- stärke	Anzahl pro Jahr
5	1200
6	155
7	11
8	1-2

leichte Beben (z.B. Kalifornien):

- ca 10.000 pro Jahr
- nur 1 von 1000 richtet Schäden an

## Earthquake Classification

### Magnitude Classification

0 – 3	Micro
3 - 3.9	Minor
4 - 4.9	Light
5 - 5.9	Moderate
6 - 6.9	Strong
7 - 7.9	Major
8 and higher	Great

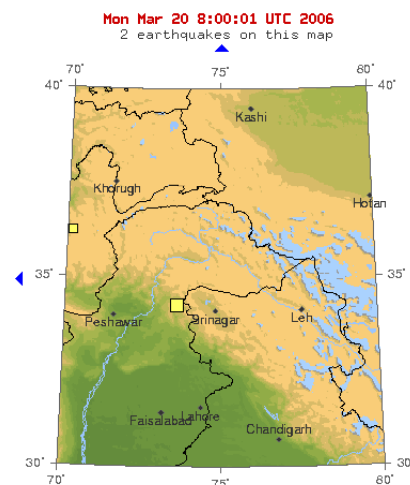
<2	Micro	Not felt	8000/day
2 to 2.9	Minor	Generally not felt but recorded	1000/day
3 to 3.9	Minor	Often felt, but rarely cause damage.	49000/year
4 to 4.9	Light	Noticeable shaking, damage unlikely.	6200/year
5 to 5.9	Moderate	Can cause damage to poor quality buildings	800/year
6 to 6.9	Strong	Destructive in areas up to ca.160 km.	120/year
7 to 7.9	Major	Serious damage over larger areas.	18/year
8 to 8.9	Great	Serious damage over areas of 100's km.	1/year
9 to 9.9	Great	Serious damage over areas of 1000' s km.	1/20 years



# Weltweite Beben: 19.3.2006

## MAG UTC DATE-TIME

		y/m/d h:m:s	LAT deg	LON deg	DEPTH km	Region
<a href="#">MAP</a>	3.5	<a href="#">2006/03/19 21:31:36</a>	<a href="#">51.802</a>	<a href="#">-177.752</a>	<a href="#">112.0</a>	ANDREANOF ISLANDS, ALEUTIAN IS., ALASKA
<a href="#">MAP</a>	2.6	<a href="#">2006/03/19 21:27:49</a>	<a href="#">61.669</a>	<a href="#">-150.289</a>	<a href="#">100.0</a>	SOUTHERN ALASKA
<a href="#">MAP</a>	4.7	<a href="#">2006/03/19 20:02:02</a>	<a href="#">-14.448</a>	<a href="#">167.177</a>	<a href="#">184.3</a>	<b>VANUATU</b>
<a href="#">MAP</a>	2.5	<a href="#">2006/03/19 17:57:38</a>	<a href="#">53.614</a>	<a href="#">-164.892</a>	<a href="#">70.0</a>	UNIMAK ISLAND REGION, ALASKA
<a href="#">MAP</a>	4.2	<a href="#">2006/03/19 16:26:44</a>	<a href="#">-21.133</a>	<a href="#">33.373</a>	<a href="#">13.5</a>	<b>MOZAMBIQUE</b>
<a href="#">MAP</a>	4.6	<a href="#">2006/03/19 16:24:08</a>	<a href="#">-21.163</a>	<a href="#">33.660</a>	<a href="#">10.0</a>	<b>MOZAMBIQUE</b>
<a href="#">MAP</a>	4.8	<a href="#">2006/03/19 16:23:44</a>	<a href="#">-21.434</a>	<a href="#">33.196</a>	<a href="#">11.0</a>	<b>MOZAMBIQUE</b>
<a href="#">MAP</a>	4.8	<a href="#">2006/03/19 13:32:50</a>	<a href="#">-21.112</a>	<a href="#">-176.674</a>	<a href="#">133.5</a>	<b>FIJI REGION</b>
<a href="#">MAP</a>	4.8	<a href="#">2006/03/19 12:55:03</a>	<a href="#">-16.828</a>	<a href="#">-173.756</a>	<a href="#">88.3</a>	<b>TONGA</b>
<a href="#">MAP</a>	5.4	<a href="#">2006/03/19 10:56:41</a>	<a href="#">-22.277</a>	<a href="#">170.482</a>	<a href="#">28.6</a>	<b>SOUTHEAST OF THE LOYALTY ISLANDS</b>
<a href="#">MAP</a>	2.8	<a href="#">2006/03/19 07:21:49</a>	<a href="#">46.195</a>	<a href="#">-122.194</a>	<a href="#">0.1</a>	MOUNT ST. HELENS AREA, WASHINGTON
<a href="#">MAP</a>	4.3	<a href="#">2006/03/19 06:42:27</a>	<a href="#">-11.077</a>	<a href="#">178.952</a>	<a href="#">47.6</a>	<b>RAT ISLANDS, ALEUTIAN ISLANDS, ALASKA</b>
<a href="#">MAP</a>	5.8	<a href="#">2006/03/19 04:37:00</a>	<a href="#">-13.536</a>	<a href="#">172.410</a>	<a href="#">64.2</a>	<b>VANUATU REGION</b>
<a href="#">MAP</a>	5.2	<a href="#">2006/03/19 04:36:27</a>	<a href="#">2.968</a>	<a href="#">93.959</a>	<a href="#">28.6</a>	<b>OFF THE WEST COAST OF NORTHERN SUMATRA</b>
<a href="#">MAP</a>	5.4	<a href="#">2006/03/19 04:24:32</a>	<a href="#">4.101</a>	<a href="#">96.006</a>	<a href="#">49.9</a>	<b>NORTHERN SUMATRA, INDONESIA</b>
<a href="#">MAP</a>	3.7	<a href="#">2006/03/19 04:08:54</a>	<a href="#">58.703</a>	<a href="#">-155.038</a>	<a href="#">133.7</a>	ALASKA PENINSULA
<a href="#">MAP</a>	3.1	<a href="#">2006/03/19 03:12:17</a>	<a href="#">63.392</a>	<a href="#">-151.561</a>	<a href="#">1.0</a>	CENTRAL ALASKA
<a href="#">MAP</a>	5.1	<a href="#">2006/03/19 02:48:57</a>	<a href="#">34.527</a>	<a href="#">73.549</a>	<a href="#">20.8</a>	<b>PAKISTAN</b>



# Informationen zu einem Beben

- Magnitude 2.7 (Micro)
- Date-Time **Saturday, March 18, 2006 at 01:12:01 (UTC)**  
= Coordinated Universal Time
- **Friday, March 17, 2006 at 4:12:01 PM**  
= local time at epicenter
- Location 52.616°N, 168.473°W
- Depth 80 km (49.7 miles) set by location program
- Region FOX ISLANDS, ALEUTIAN ISLANDS, ALASKA
- Distances
  - 45 km (28 miles) SE (144°) from **Nikolski, AK**
  - 192 km (119 miles) SW (223°) from **Unalaska, AK**
  - 246 km (153 miles) SW (227°) from **Akutan, AK**
  - 1474 km (916 miles) WSW (238°) from **Anchorage, AK**
- Location Uncertainty Error estimate not available
- Parameters Nst=007, Nph=007, Dmin=44.6 km, Rmss=0 sec, Gp=281°,  
M-type=local magnitude (ML), Version=5
- Source Alaska Earthquake Information Center  
Geophysical Institute, University of Alaska Fairbanks
- Event ID ak00058447

## 2. Kleine Erdbebenkunde

Quelle: <http://www.seismo.uni-koeln.de/edu/index.htm>

- Plattentektonik
- Klassifikation von Beben
- Messgeräte
- Erdbebenwellenklassifikation
- Beben in Norditalien

# Typen von Messinstrumenten

(Quelle: Tessloff-Verlag)

seismos:	Erschütterung	
logos:	Wissensgebiet	→ Seismologie
metron:	Messen	→ Seismometer
gramma:	Geschriebene	→ Seismogramm



## GPS

Globale Positionssatelliten (GPS) übermitteln Signale an eine Beobachtungsstation. Aus den Signalen geht die genaue Position der GPS hervor. Eine Änderung deutet auf eine Verschiebung der Erdkruste hin.

## SEISMOMETER

Seismometer zeichnen Bodenerschütterungen auf. Moderne Instrumente sind so empfindlich, dass sie schon leichteste Vibrationen registrieren. Wie das hier abgebildete werden viele Seismometer mit Sonnenenergie betrieben.



## KRIECHMESSER

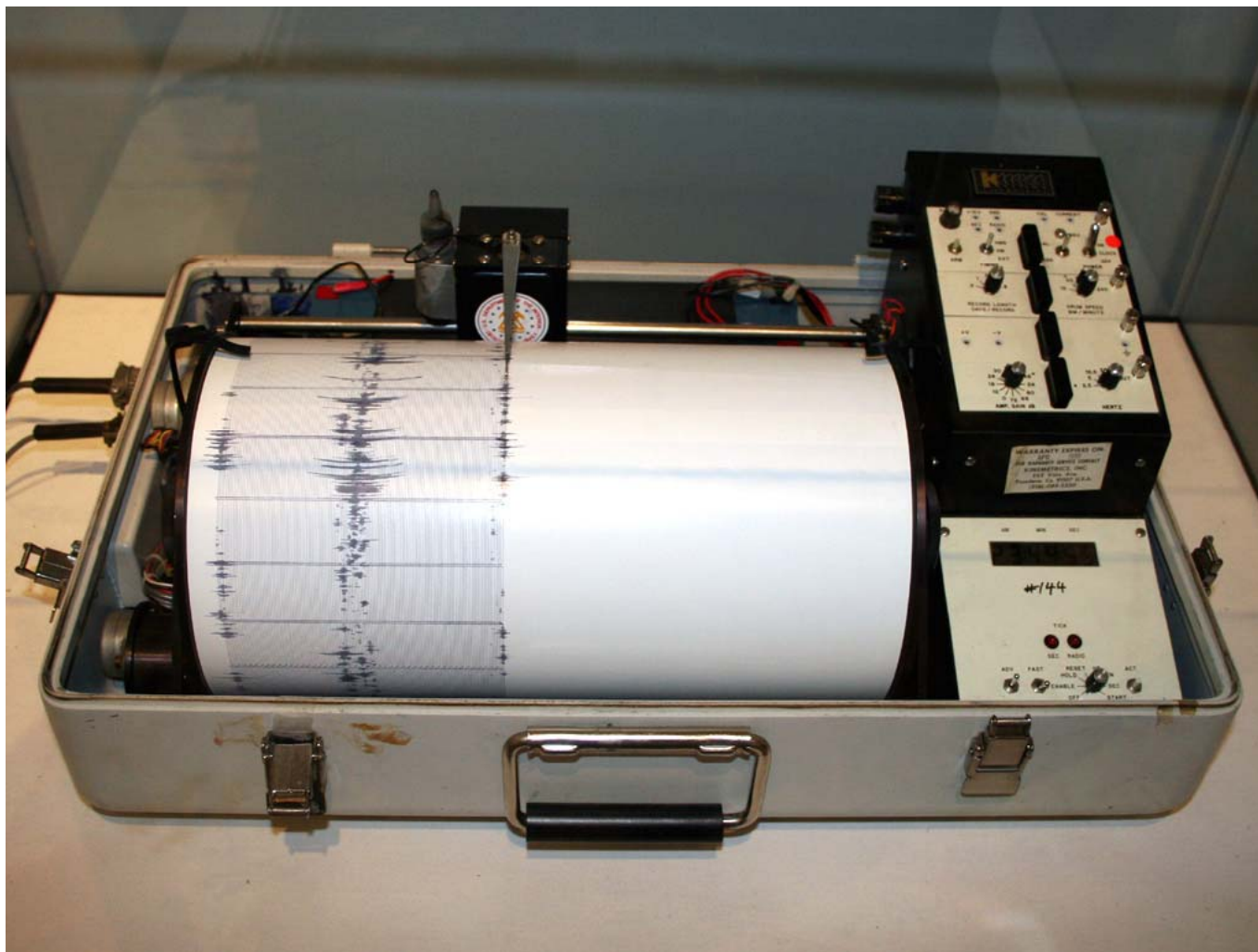
Ein Kriechmesser registriert Bewegungen an einer Verwerfung. Er besteht aus einem Draht zwischen zwei Stangen zu beiden Seiten der Verwerfung. Ein Gewicht an einem Ende des Drahtes ist mit einer Skala verbunden.

## MAGNETOMETER

Das Magnetfeld der Erde verändert sich, wenn sich der Druck im Gestein ändert. Deshalb kann ein veränderter Magnetismus auf Plattenbewegungen hindeuten. Magnetismus wird mit einem Magnetometer gemessen, das zwischen normalen Veränderungen und solchen, die von Plattenbewegungen bewirkt werden, unterscheiden kann.



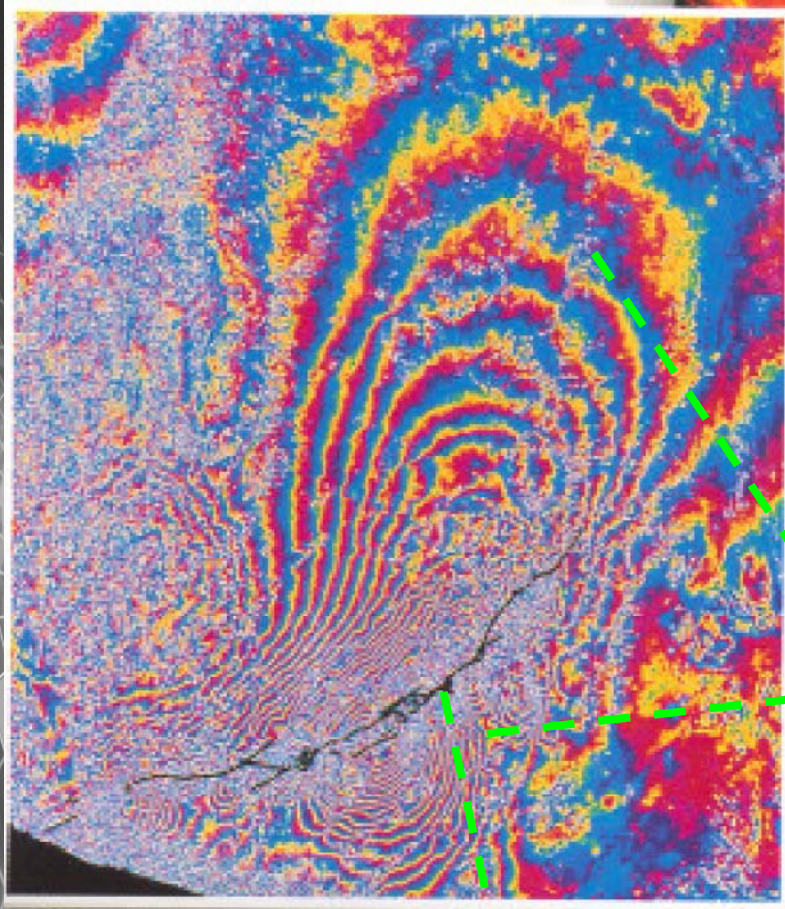




# ***Strong Motion-Seismometer***



# Fernerkundung: Satellit



Verwerfung



(Quelle: Tessloff-Verlag)

vertikale Bodenbewegungen  
(je dichter, umso stärker die Bodenbewegung)

Juni 1992 Beben der Stärke 7,5  
(Landers Verwerfung in Ostkalifornien:

Radaraufzeichnung eines Satelliten

## 2. Kleine Erdbebenkunde

Quelle: <http://www.seismo.uni-koeln.de/edu/index.htm>

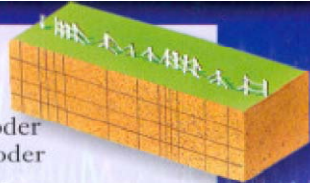
- Plattentektonik
- Klassifikation von Beben
- Messgeräte
- Erdbebenwellenklassifikation
- Beben in Norditalien



# Erdbeben: Arten seismischer Wellen

## P-WELLEN

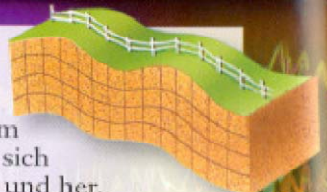
Die ersten Wellen, die während eines Erdbebens eintreffen, werden Primär- oder P-Wellen genannt. P-Wellen stauchen oder dehnen das Gestein, das sie durchlaufen.



*Primär-Welle*

## S-WELLEN

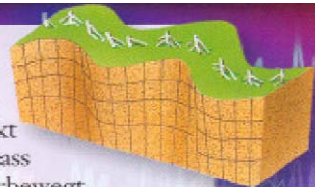
Sekundär- oder S-Wellen bewegen sich langsamer als P-Wellen. Auf ihrem Weg durch den Untergrund bewegen sich Gesteinsschichten auf und ab und hin und her.



*Sekundär-Welle*

## LOVE-WELLEN

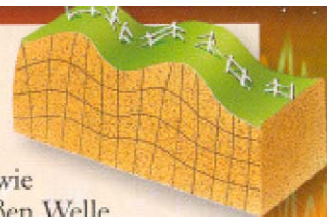
Auf P- und S-Wellen folgen Oberflächenwellen, die auf die Erdoberfläche beschränkt sind. Ein Typ, die Love-Wellen, bewirkt, dass sich die Erdoberfläche seitlich hin- und herbewegt.



*Love-Welle*

## RAYLEIGH-WELLEN

Der zweite Typ von Oberflächenwellen, die Rayleigh-Wellen, bewirkt, dass sich die Erde auf und ab bewegt wie die Meeresoberfläche unter einer großen Welle.

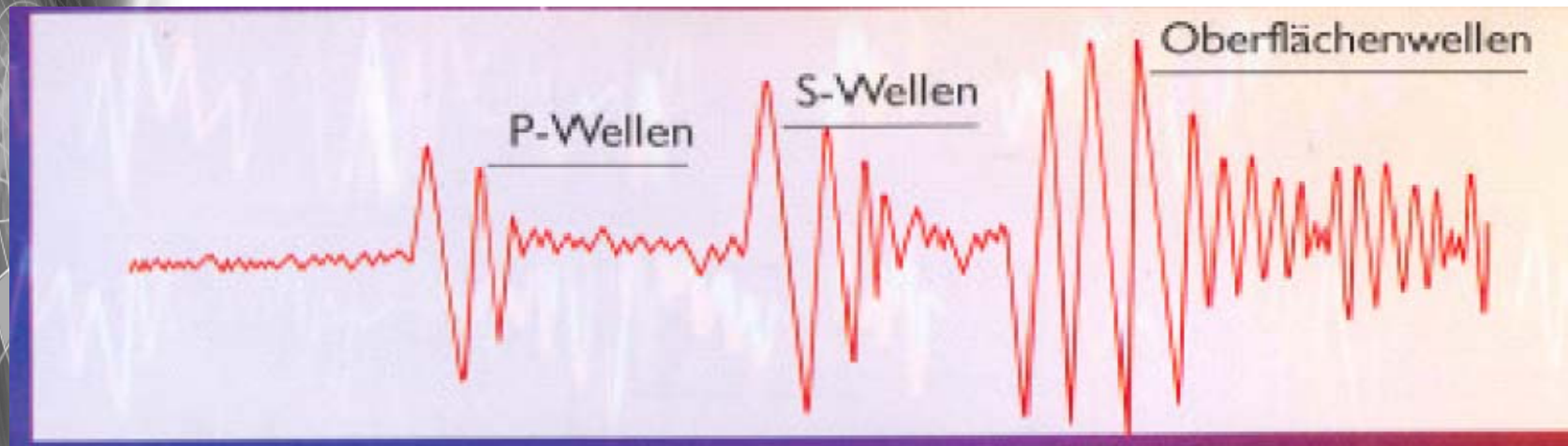


*Rayleigh-Welle*

(Quelle: Tessloff-Verlag)

# Ein (idealisiertes) Seismogramm

...Aufzeichnung eines Erdbebens



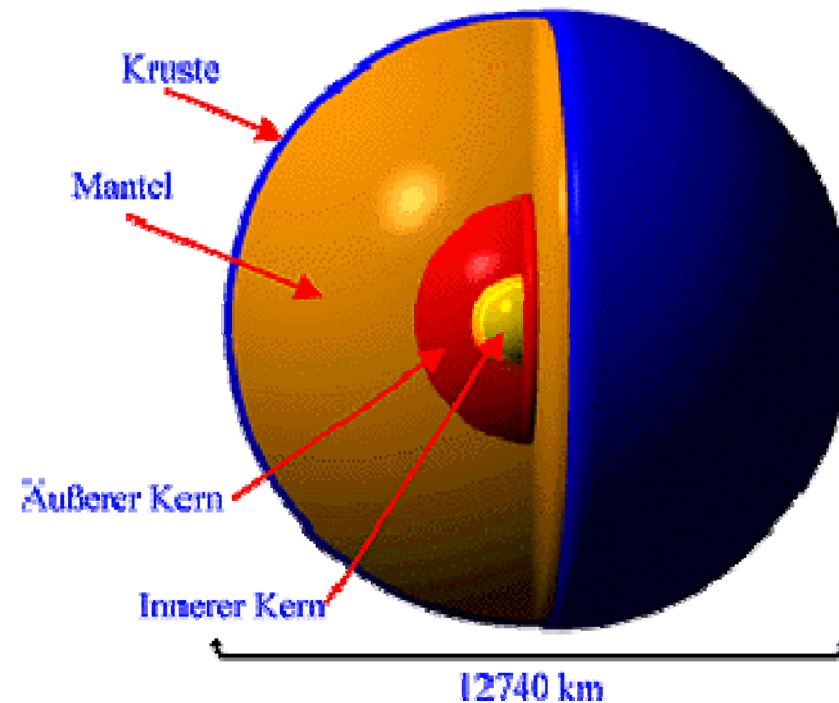
Frequenzen: 0,01 ..10 Hz

Abtasttheorem: Abtastfrequenz  $> 2 \cdot$  höchste Frequenzkomponente

# ***Einfluss auf die Wellenausbreitung***

Der Erdkörper besteht aus Schalen mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften, welche die Ausbreitung von Wellen verschiedenartig beeinflussen.

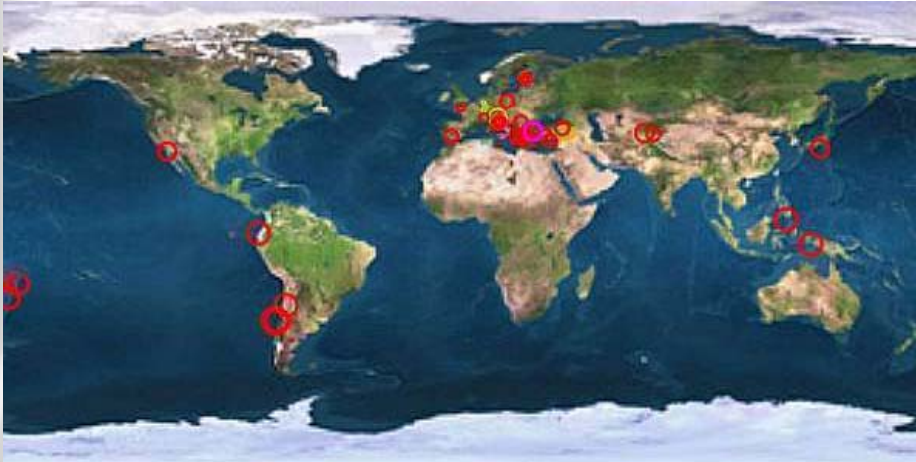
Entscheidend für die Seismologie sind die unterschiedlichen Geschwindigkeiten, mit denen sich die Wellen im Erdkörper fortpflanzen.



<b>Die Kruste</b>	Kontinentale Kruste (Obere Kruste)	Tiefe: 10 -30 km P-Wellen Geschwindigkeit: <5,6 - 6,3 km/s Dichte: 2,7 g/cm <sup>3</sup> Die Conrad-Diskontinuität bildet die Grenze zur unteren Kruste
	Ozeanische Kruste (Untere Kruste)	Tiefe: 6-10 km P-Wellen Geschwindigkeit: 6,4 - 7,4 km/s Dichte: 3,0 g/cm <sup>3</sup> Die Mohorovicic-Diskontinuität grenzt die Kruste nach unten hin zum Mantel ab
<b>Der Mantel</b>	Oberer Mantel	Tiefe : bis 400km P-Wellen Geschwindigkeit: 8,0 - 8,3 km/s im Bereich von 60 km bis 250 km liegt eine Zone mit geringerer Geschwindigkeit ( <i>Gutenberg-Zone</i> ), unterhalb dieser Zone nimmt die Geschwindigkeit wieder bis auf 8,5 km/s zu Dichte: 3,3 g/cm <sup>3</sup>
	Mittlerer Mantel	Tiefe: bis 900km P-Wellen Geschwindigkeit: bis 11 km/s Dichte: 4,6 g/cm <sup>3</sup>
	Unterer Mantel	Tiefe: bis 2900 km P-Wellen Geschwindigkeit: bis 13,6 km/s Dichte: 5,7 g/cm <sup>3</sup> Die Wiechert-Gutenberg-Diskontinuität stellt die untere Grenze des Mantels dar
<b>Der Kern</b>	Äußerer Kern	Tiefe: bis 5100 km P-Wellen Geschwindigkeit: von 8,1 km/s ( <i>W.G.-Disk.</i> ) bis 9,4 km/s Dichte : 9,4 g/cm <sup>3</sup>
	Innerer Kern	Tiefe: bis 6370 km P-Wellen Geschwindigkeit: 11,3 km/s Dichte: 11-13,5 g/cm <sup>3</sup>



# Beben der letzten Tage



21.10.2010 12:22:01	Breite	Länge	Stärke	Ort
21.10.2010 09:48:45.2	38.92 N	26.19 O	3.7	<a href="#">Near the coast of western turkey</a>
21.10.2010 09:18:58.3	59.71 N	23.34 O	2.4	<a href="#">Estonia</a>
21.10.2010 09:02:47.0	42.55 N	13.14 O	2.0	<a href="#">Central italy</a>
21.10.2010 08:34:49.0	42.52 N	13.14 O	2.5	<a href="#">Central italy</a>
21.10.2010 07:25:45.4	25.78 S	177.53 W	5.0	<a href="#">South of fiji islands</a>
21.10.2010 07:11:01.6	38.31 N	24.28 O	2.1	<a href="#">Aegean sea</a>
21.10.2010 07:03:49.3	4.66 N	124.62 O	4.7	<a href="#">Celebes sea</a>
21.10.2010 06:39:55.3	50.98 N	16.18 O	3.3	<a href="#">Poland</a>
21.10.2010 05:47:36.0	42.54 N	13.15 O	2.2	<a href="#">Central italy</a>
21.10.2010 05:09:42.0	36.97 N	5.53 W	2.6	<a href="#">Strait of gibraltar</a>
21.10.2010 04:56:26.7	36.20 N	22.88 O	2.6	<a href="#">Southern greece</a>
21.10.2010 04:45:40.2	34.76 S	73.29 W	4.8	<a href="#">Off coast of o'higgins, chile</a>
21.10.2010 04:35:02.0	42.55 N	13.15 O	2.1	<a href="#">Central italy</a>
21.10.2010 04:30:42.0	42.54 N	13.14 O	2.3	<a href="#">Central italy</a>
21.10.2010 04:23:44.3	32.59 N	137.71 O	4.4	<a href="#">Izu islands, japan region</a>
21.10.2010 03:56:03.0	4.78 S	134.16 O	4.7	<a href="#">Near s coast of papua, indonesia</a>
21.10.2010 03:40:24.8	37.35 N	20.00 O	2.6	<a href="#">Ionian sea</a>
21.10.2010 02:49:56.6	34.65 S	73.76 W	5.8	<a href="#">Off coast of o'higgins, chile</a>
21.10.2010 02:40:37.0	42.54 N	13.15 O	2.1	<a href="#">Central italy</a>
21.10.2010 02:05:40.1	35.95 N	23.30 O	2.1	<a href="#">Crete, greece</a>
21.10.2010 00:21:22.5	37.51 N	73.09 O	3.2	<a href="#">Tajikistan</a>
21.10.2010 00:19:38.8	38.84 N	23.82 O	2.3	<a href="#">Greece</a>
20.10.2010 23:36:20.5	44.59 N	7.26 O	2.3	<a href="#">Northern italy</a>
20.10.2010 23:01:54.6	31.36 N	116.06 W	4.3	<a href="#">Baja california, mexico</a>
20.10.2010 22:57:07.6	36.86 N	21.34 O	2.7	<a href="#">Southern greece</a>
20.10.2010 22:50:12.2	37.59 N	22.60 O	2.1	<a href="#">Southern greece</a>
20.10.2010 21:32:44.0	28.79 S	69.40 W	4.6	<a href="#">San juan, argentina</a>
20.10.2010 19:59:28.6	38.45 N	69.80 O	4.3	<a href="#">Tajikistan</a>
20.10.2010 19:58:40.1	34.49 N	23.89 O	2.4	<a href="#">Crete, greece</a>
20.10.2010 19:38:55.0	42.54 N	13.16 O	2.2	<a href="#">Central italy</a>
20.10.2010 19:22:25.0	42.54 N	13.22 O	2.9	<a href="#">Central italy</a>
20.10.2010 18:02:20.8	37.07 N	31.25 O	3.4	<a href="#">Western turkey</a>
20.10.2010 16:05:57.7	0.32 S	80.69 W	4.6	<a href="#">Near coast of ecuador</a>
20.10.2010 15:10:00.0	35.22 N	32.91 O	3.5	<a href="#">Cyprus region</a>

## 2. Kleine Erdbebenkunde

Quelle: <http://www.seismo.uni-koeln.de/edu/index.htm>

- Plattentektonik
- Klassifikation von Beben
- Messgeräte
- Erdbebenwellenklassifikation
- Beben in Norditalien

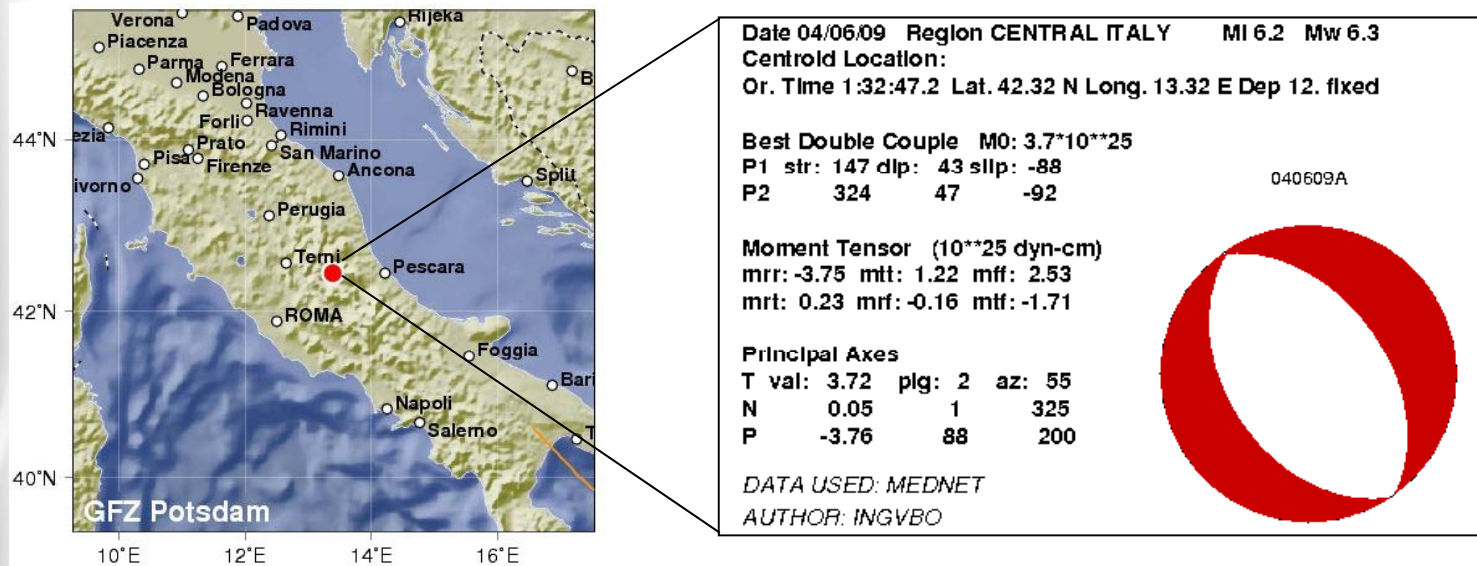


# GFZ Task Force

## Earthquake in Central Italy



## Mw 6.3 Central Italy Earthquake of 6 April 2009 (01:32 UTC)



According to the INGV, the mainshock occurred between 10-12 km depth along an extensional fault system in direction NO-SE.

### Aim of the mission

Provide scientific support to the Italian colleagues in the investigation of site effects, and monitoring of buildings





L'Aquila  
72.948 inhabitants

# M 6.3, CENTRAL ITALY

Origin Time: Mon 2009-04-06 01:32:39 UTC  
 Location: 42.33°N 13.33°E Depth: 8 km

**PAGER**  
**Version 7**

Created: 3 days, 22 hrs after earthquake

## Estimated Population Exposed to Earthquake Shaking

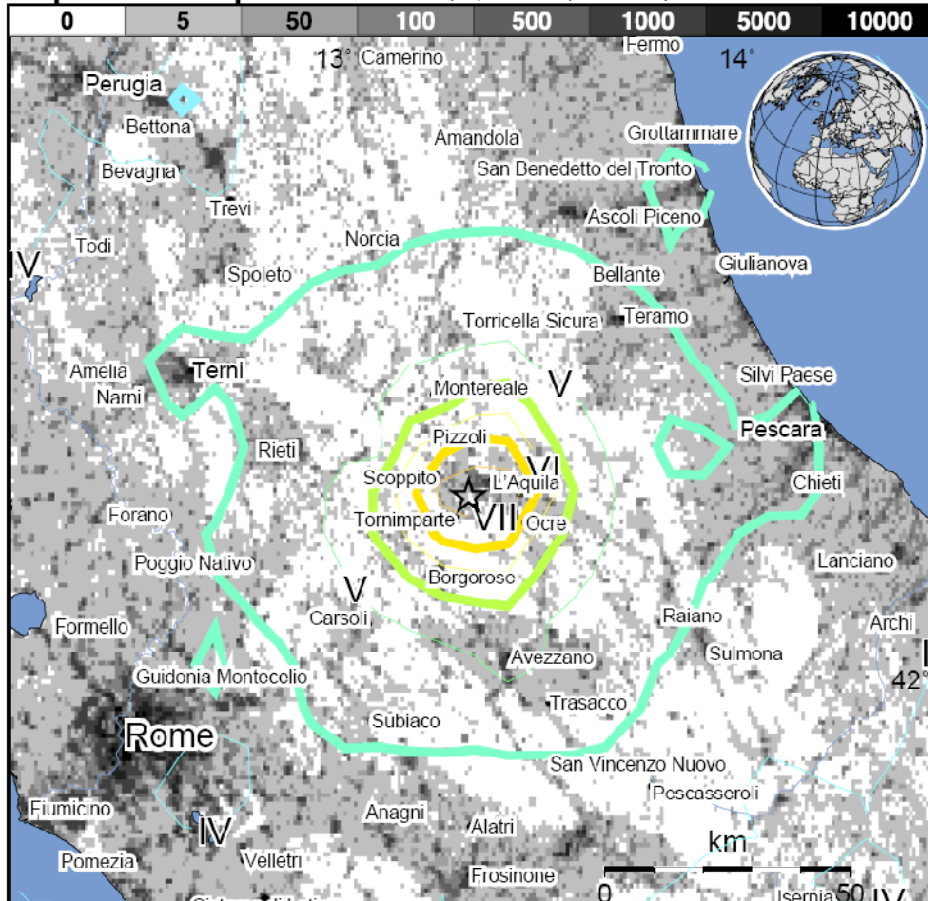
ESTIMATED POPULATION EXPOSURE (k = x1000)		-_*	3k*	5,310k*	989k	28k	79k	4k	0	0
ESTIMATED MODIFIED MERCALLI INTENSITY		I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
PERCEIVED SHAKING		Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	Resistant Structures	none	none	none	V. Light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy
	Vulnerable Structures	none	none	none	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	V. Heavy	V. Heavy

\*Estimated exposure only includes population within the map area.

### Population Exposure

population per ~1 sq. km from Landsat 2006

### Selected City Exposure

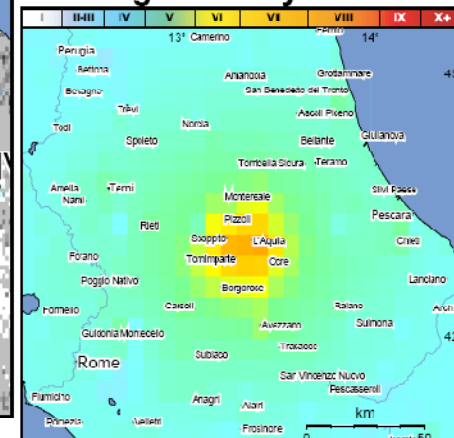


MMI City	Population
VII L'Aquila	68k
VII Tornimparte	2k
VII Scoppito	2k
VII Pizzoli	3k
VI Ocre	1k
VI Poggio Picenze	1k
V Terni	105k
IV Pescara	116k
IV Guiconia	75k
IV Rome	2,503k
IV Perugia	149k

bold cities appear on map (k = x1000)

### Shaking Intensity

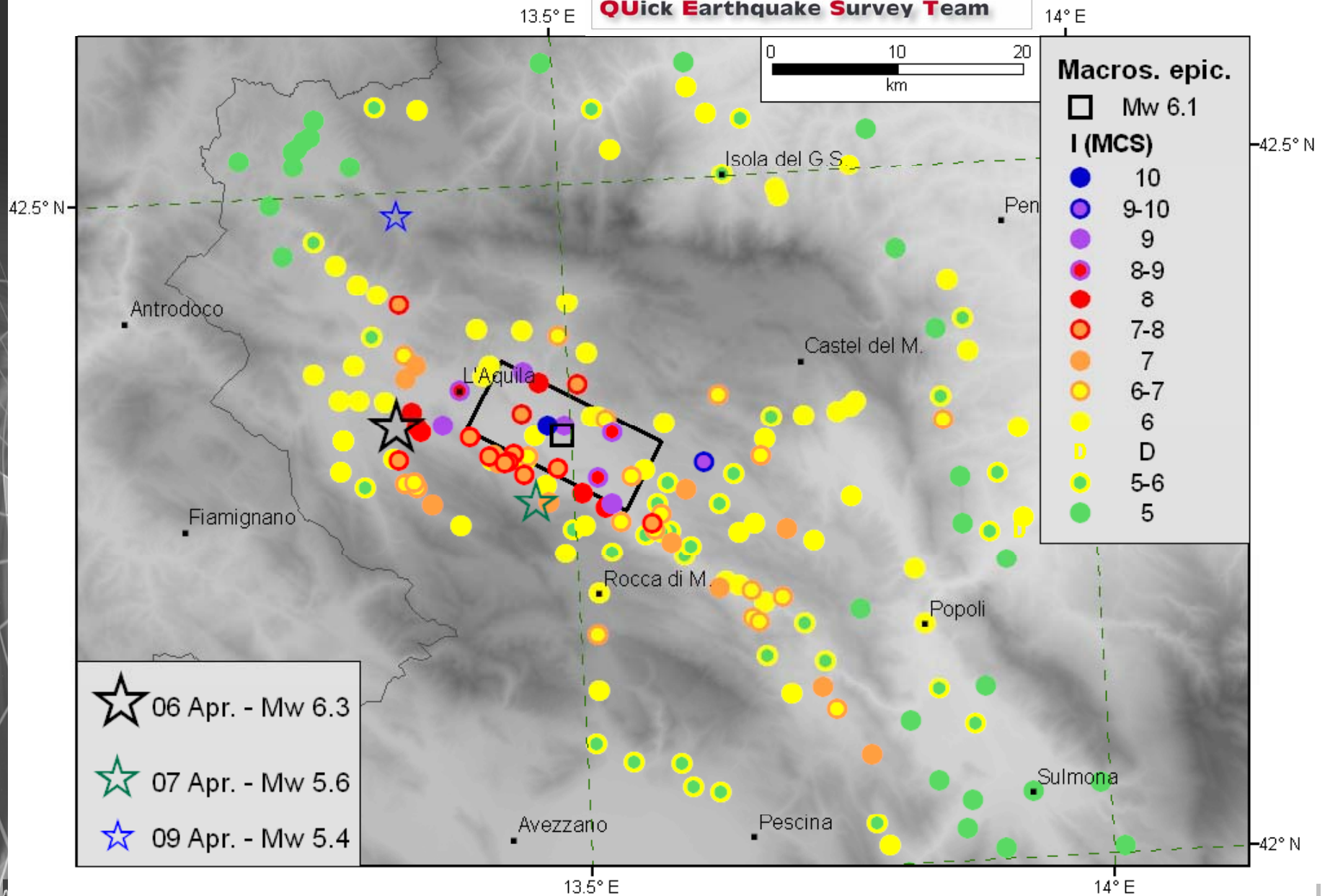
MMI



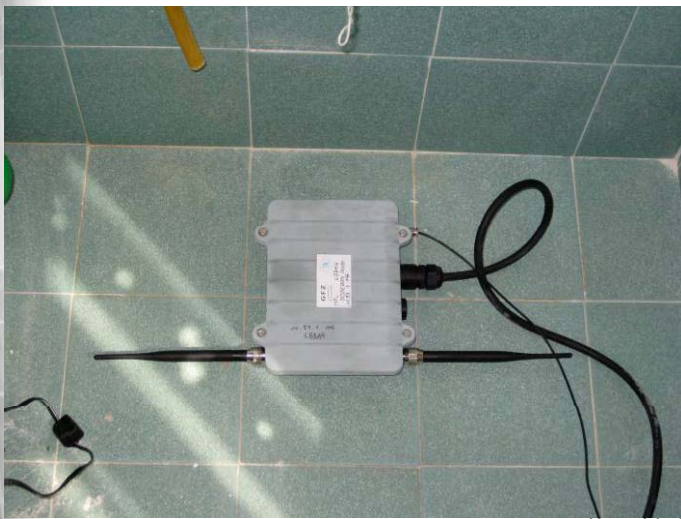


# Macroseismic survey by **QUEST**

**QUICK Earthquake Survey Team**

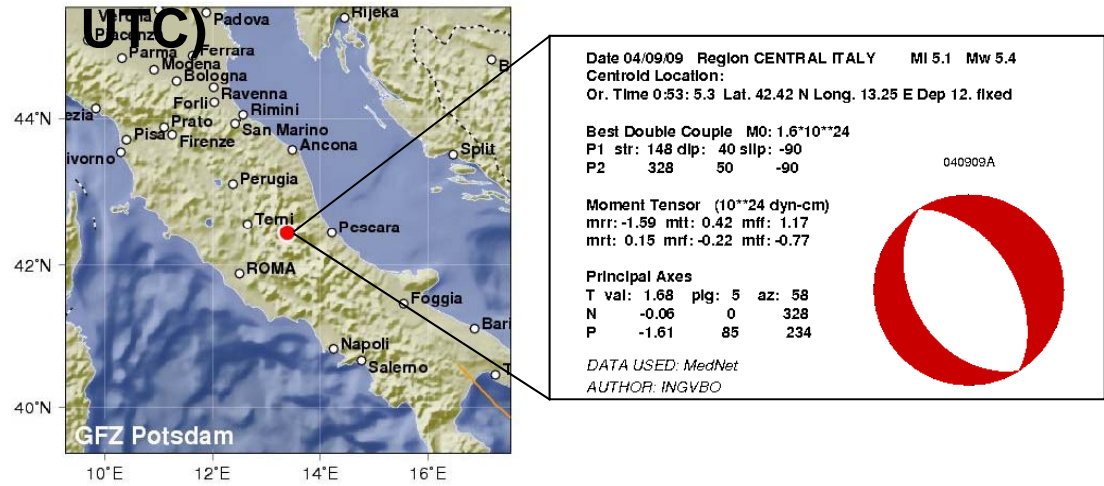




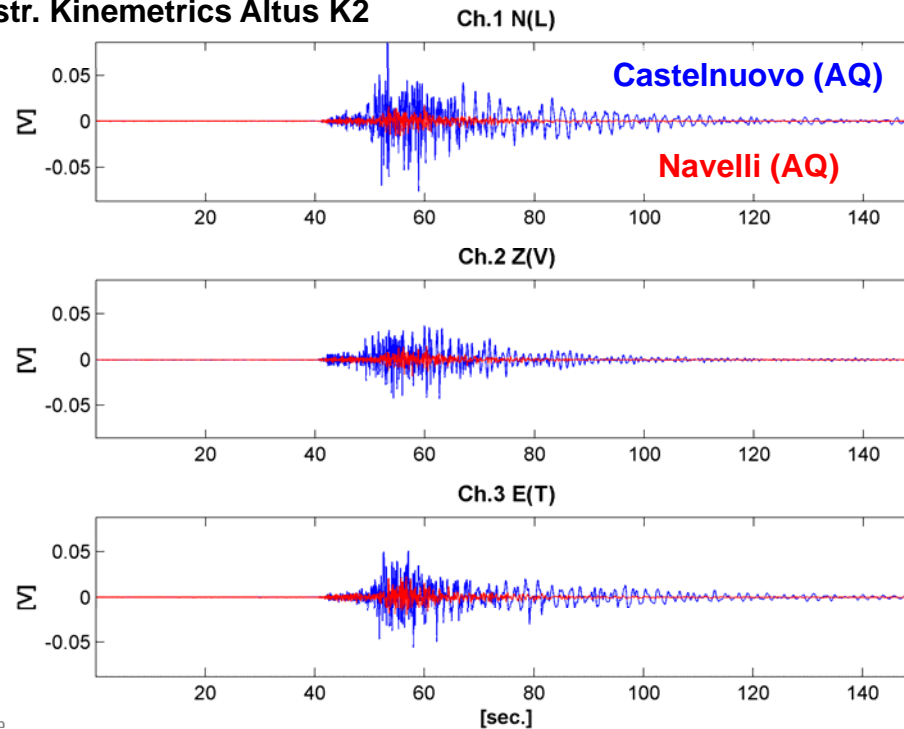




# Mw 5.4 aftershock of 9 April 2009 (00:53)



Instr. Kinematics Altus K2





Soon after the Mw 6.3 Central Italy Earthquake of 6 April 2009, the German Earthquake Task Force supported Italian teams there

Navelli municipality's center



# Mw 5.4 aftershock of 9 April 2009 (00:53



(TC)

Date 04/09/09 Region CENTRAL ITALY MI 5.1 Mw 5.4  
 Centroid Location:  
 Or. Time 0:53: 5.3 Lat. 42.42 N Long. 13.25 E Dep 12. fixed

Best Double Couple  $M_0: 1.6 \cdot 10^{24}$

P1 str: 148 dlp: 40 sllp: -90

P2 328 50 -90

040909A

Moment Tensor ( $10^{24}$  dyn-cm)

mrr: -1.59 mlt: 0.42 mlf: 1.17

mrl: 0.15 mrl: -0.22 mlf: -0.77

Principal Axes

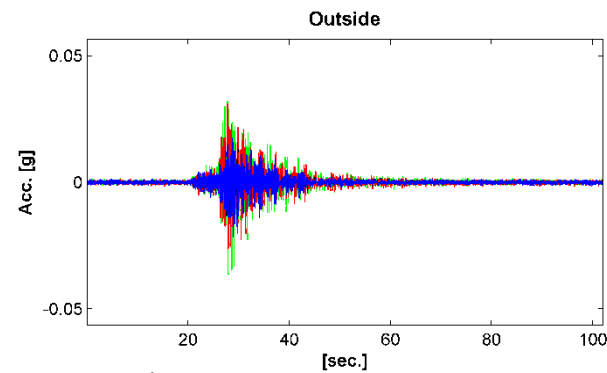
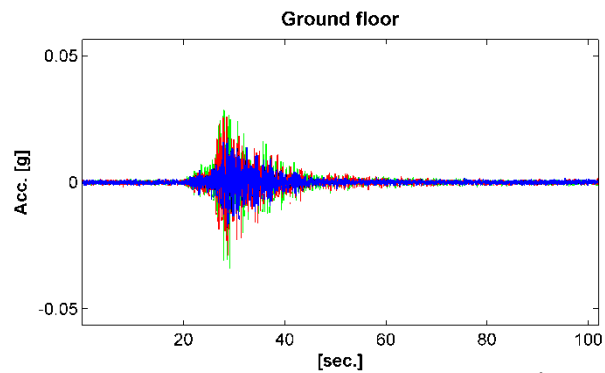
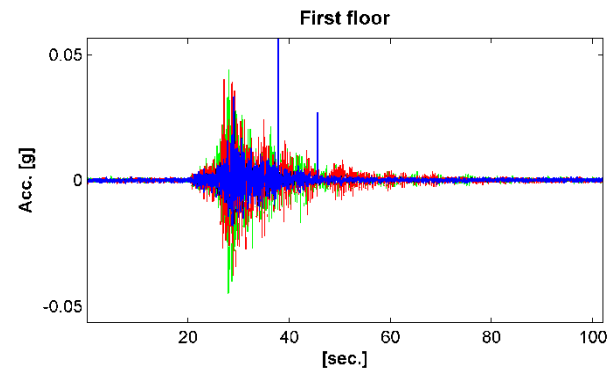
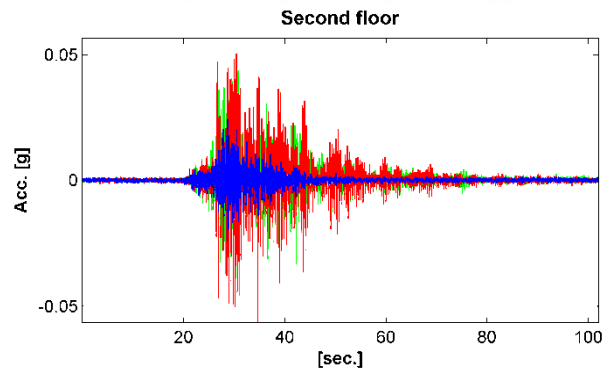
T val: 1.68 plg: 5 az: 58

N -0.06 0 328

P -1.61 85 234

DATA USED: MedNet

AUTHOR: INGVBO

























































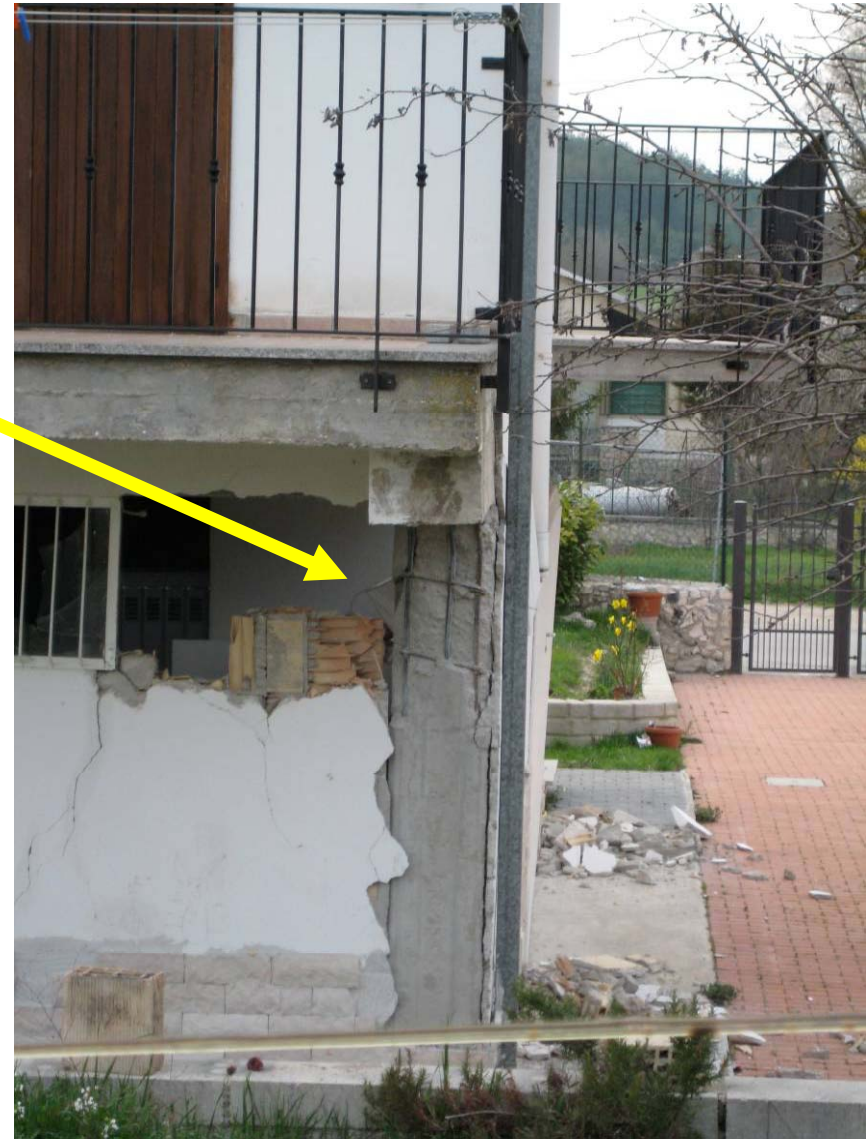
# Castelnuovo





# Fossa





## Castelnuovo



# Paganica



# Paganica





# San Gregorio



Directional effects ???







# Pianola MCS= VII-VIII

**QUEST**

**QUICK Earthquake SURVEY TEAM**







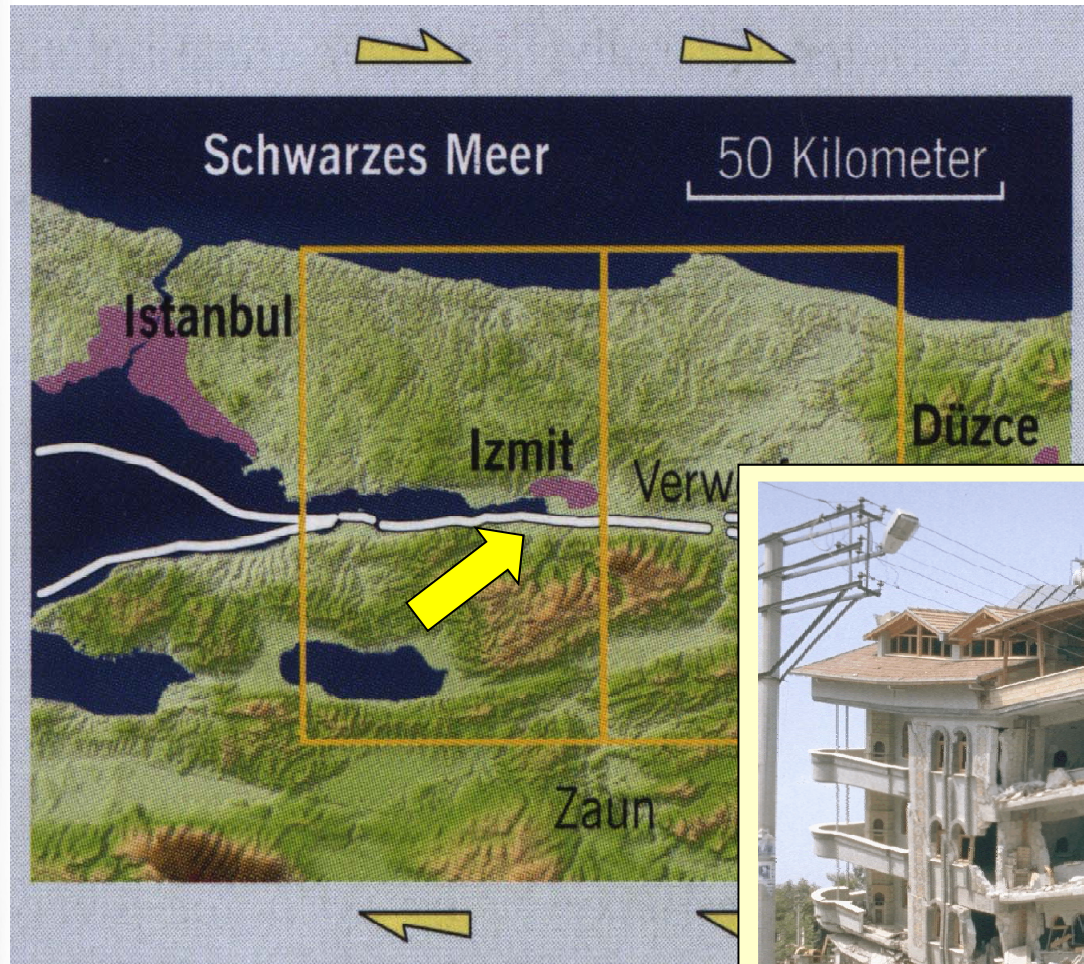


## 2. Kleine Erdbebenkunde

Quelle: <http://www.seismo.uni-koeln.de/edu/index.htm>

- Plattentektonik
- Klassifikation von Beben
- Messgeräte
- Erdbebenwellenklassifikation
- Beben in Norditalien
- Die nord-antolische Verwerfung

# Plattentektonik in der Türkei

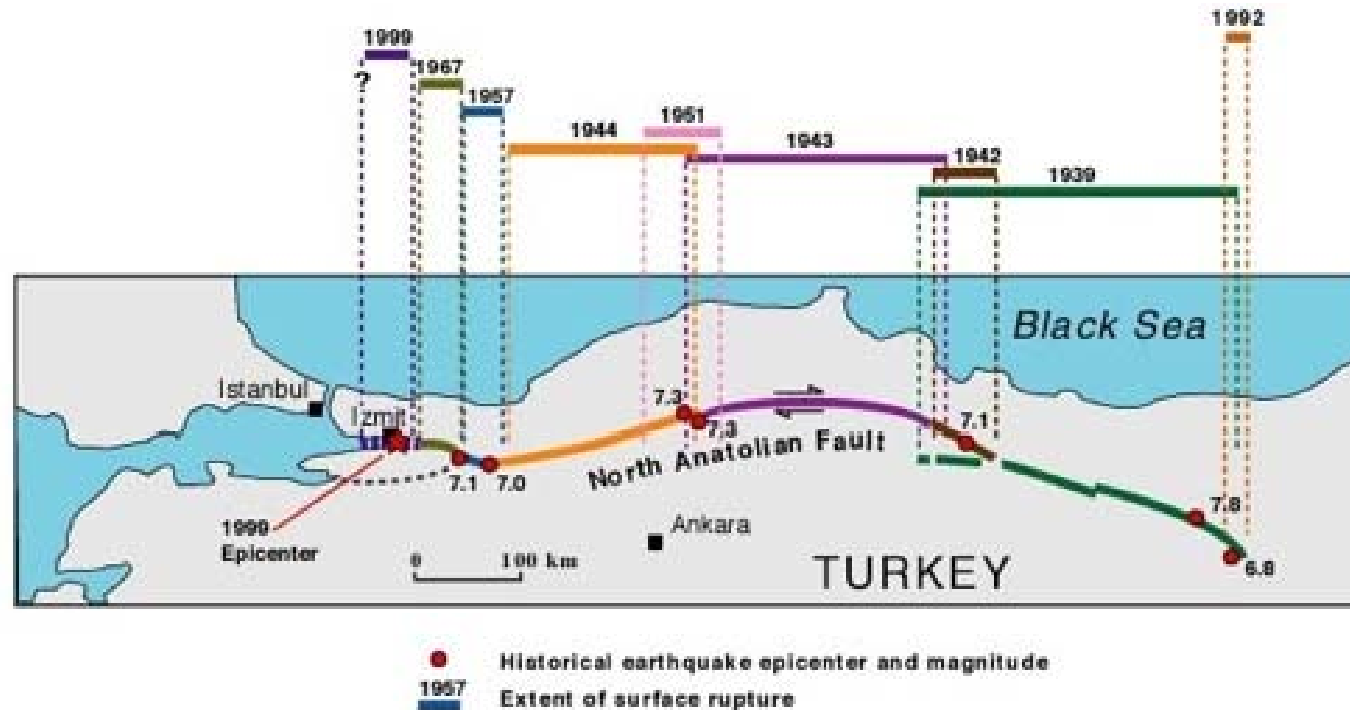


80 km  
Entfernung





# Wandernder Auf- und Abbau von Spannungen in der Erdkruste



Note the progression of earthquakes toward Istanbul. Image provided by the [USGS](#). Following the Izmit earthquake the [Kandilli Observatory](#) of Bogazici University installed a strong motion seismic network throughout Istanbul on the northern shores of the Marmara Sea.

One goal of the network is to provide earthquake early warning to the population of Istanbul. Here we show the results of applying the ElarmS methodology to data from three earthquakes recorded by the strong motion network in Istanbul.

# Letzte Warnung 1999: Izmit-Beben

- M 7,4 ~ 125 fache Energie der Hiroschima-Bombe
- 20.000 Häuser werden zerstört
- 24.000 Tote
- 40.000 Verletzte
- Häuser mit 4-7 Etagen waren besonders gefährdet



Bauweise mit der in Palms Springs vergleichbar  
(The Big One, LA-Beben Simulation)



# Marmarameer: Analyse mikro-seismischer Aktivitäten



Langjährige  
GFZ-Scandili-  
Kooperation

30.000 €/  
Unterwasser-  
Seismometer

# Katastrophen-Management-Zentrale AKOM







Do you want a 20-second warning? If we adopted UC Berkeley seismologist Richard Allen's breakthrough earthquake alarm system, your cell phone and laptop could alert you to the Big One before the shaking begins.  
 By Erik Vance  
 Photographs by Alex Fradkin

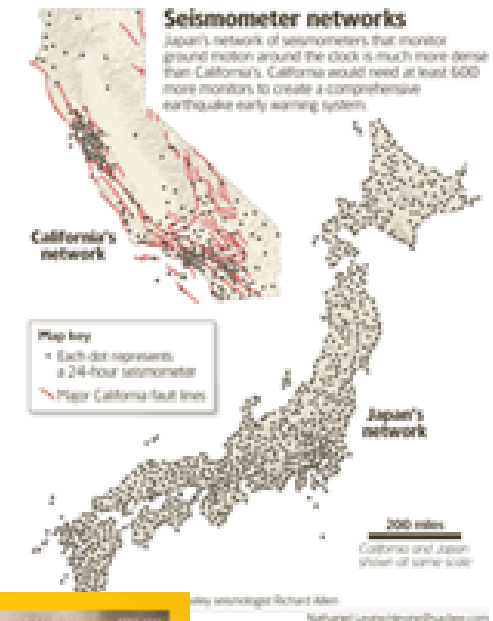
Published in *San Francisco*  
 November 2008

Read the article at [San Francisco](#) magazine or download a [pdf](#).

# Frühwarnsysteme

## Earthquake early warning around the world, but not yet in California

In December 2007 at the Fall Meeting of the American Geophysical Union a special session was convened on earthquake early warning around the world. While several countries - Japan, Taiwan, Turkey, Mexico and Romania - now have earthquake early warning, the seismic networks in California are still lacking for such systems. Here is some of the resulting coverage.

### **What is earthquake early warning?**

Earthquake early warning systems can provide a few to a few tens of seconds warning prior to damaging ground shaking. Earthquake early warning systems are currently operational in Mexico, Taiwan and Japan but not in the United States.

### **Why do we need earthquake early warning?**

Current earthquake mitigation strategies focus on long-term ground shaking forecasts that can be used in building design and rapid post-event notification used for emergency response.

Early warning systems allow for short-term mitigation including slowing and stopping of transportation systems, switching industrial and utility systems to a safe mode, and taking personal protective measures. Early warning would reduce the number of casualties and the cost of earthquakes in California.

### **How much warning?**

A few seconds to a few tens of seconds. The amount depends on how far from an earthquake you are. A study of warning times for the city of San Francisco shows that it is likely that the city would receive more than 20 sec for the most damaging earthquakes.

### **What is ElarmS?**

ElarmS, or Earthquake Alarm Systems, can provide warning of ground shaking during an earthquake. The objective is to rapidly detect the initiation of an earthquake, estimate the level of ground shaking to be expected, and issue a warning before significant ground shaking starts. This can be done by detecting the first energy to radiate from an earthquake, the P-wave energy, which rarely causes and damage. Using the arrival time of the P-wave at the surface and the frequency content, ElarmS estimates the location and the magnitude of the earthquake. The anticipated ground shaking across the affected region is then estimated using empirical attenuation relations. The methodology can provide warning before the S-wave arrival which usually causes most of the damage.

### **Why ElarmS?**

Feasibility studies of the ElarmS methodology show that the amount of warning time would range from a few seconds to a few tens of seconds depending on your distance from the epicenter of the earthquake. This is enough time to slow and stop transportation such as trains, taxiing planes and cars entering bridges and tunnels; to move away from dangerous machines or chemicals at work, and take cover under a desk; to automatically shut down and isolate industrial systems. Taking these actions before shaking starts can reduce damage and casualties during an earthquake. It can also prevent cascading failures in the aftermath of an event. For example, isolating utilities before shaking can reduce the number of fire initiations.

### **Implementation across California**

Seismologists across California are currently planning real-time testing of earthquake early warning across the state. We want to hear from companies, institutions, government agencies and individuals about how a few seconds to a few tens of seconds warning could be used to reduce the casualties and damage caused by an earthquake in the state.

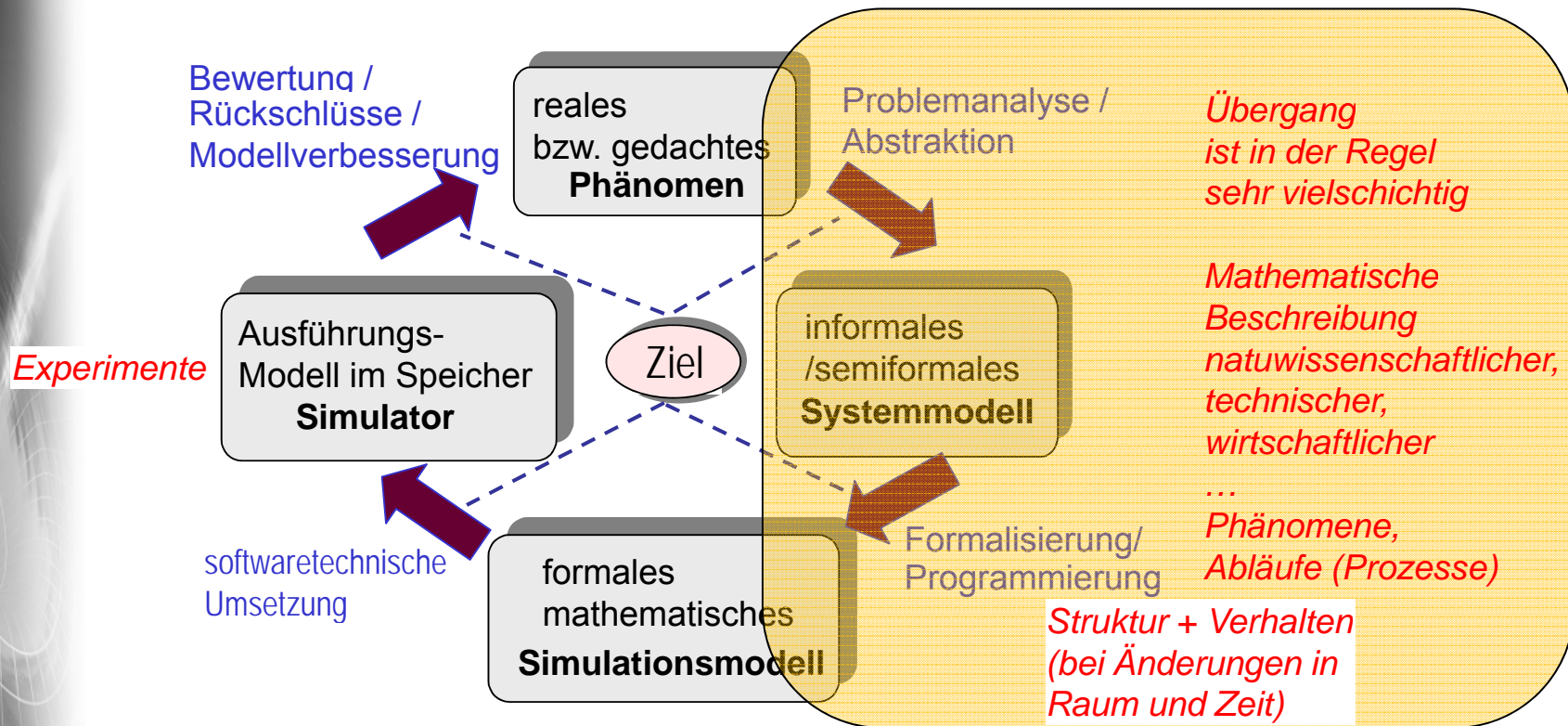


## 3. Grundlagen der Systemmodellierung

1. Systemsimulation – was ist das?
2. Ein Blick zurück in die Anfänge
3. Modelle und Originale
4. Modellierungssprachen, Simulationsumgebungen
5. Beispiele aus der aktuellen Forschung
6. Klassifikation dynamischer Systeme

# Vorgehensweise bei der Systemsimulation

Experimentieren mit ausführbaren Modellen auf dem Computer  
- anstatt mit Originalen -



## Besonderheit:

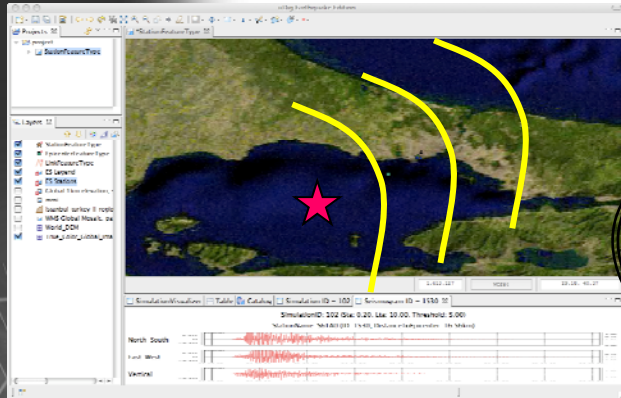
Zustandsgrößen ändern sich zeitabhängig  
(kontinuierlich, diskret / ereignishaft)



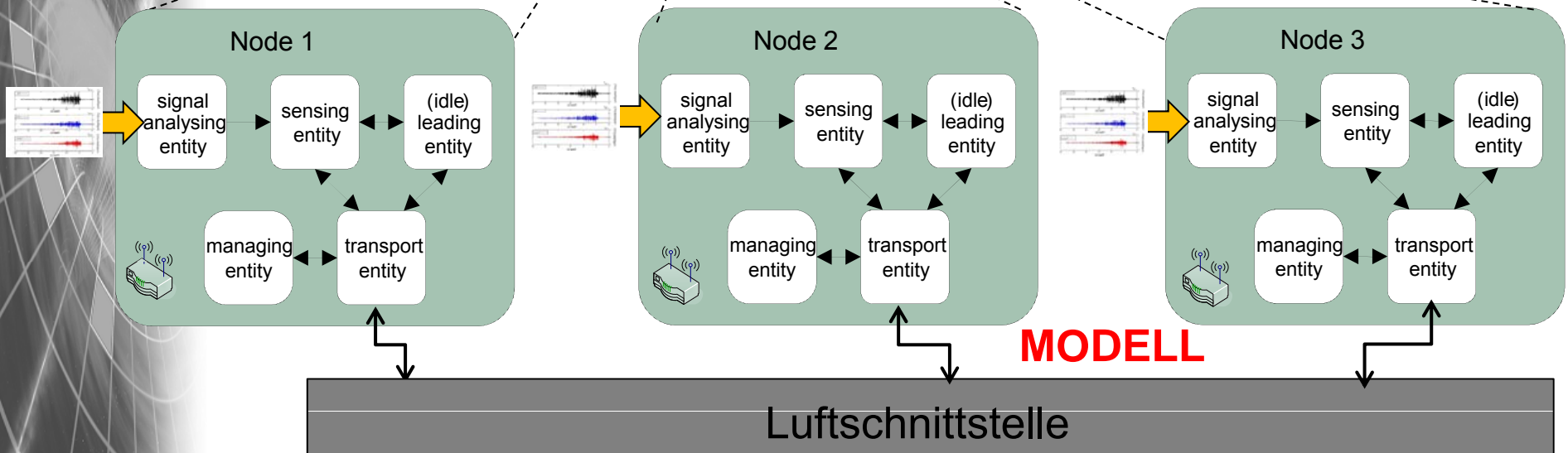
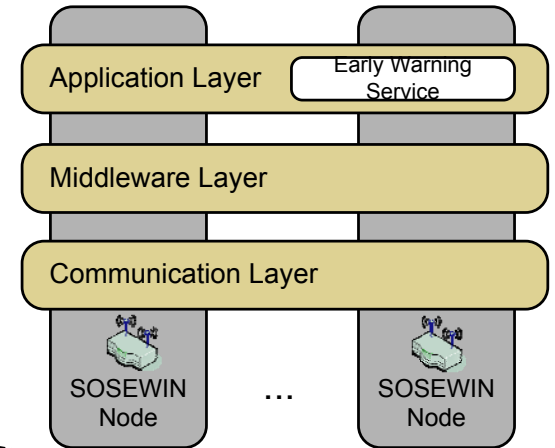
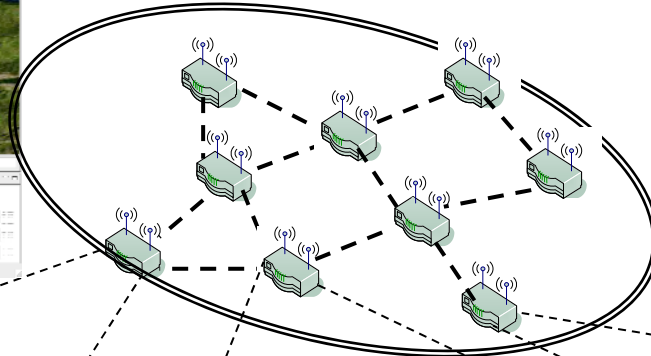
dynamische Systeme



# Reales/gedachtes Original – abstraktes Modell



**ORIGINAL**



**MODELL**

Luftschnittstelle

# Simulationsbegriff

**Computersimulation** ist

- eine **experimentelle** Untersuchungsmethode
- von realen oder gedachten **Systemen**,
- unter Verwendung von formalen **Modellen**,
- die als ausführbare Softwarekomponenten das Verhalten dieser Modelle **näherungsweise**
- im Hinblick auf ein bestimmtes **Untersuchungsziel** nachbilden.

weitere Aspekte

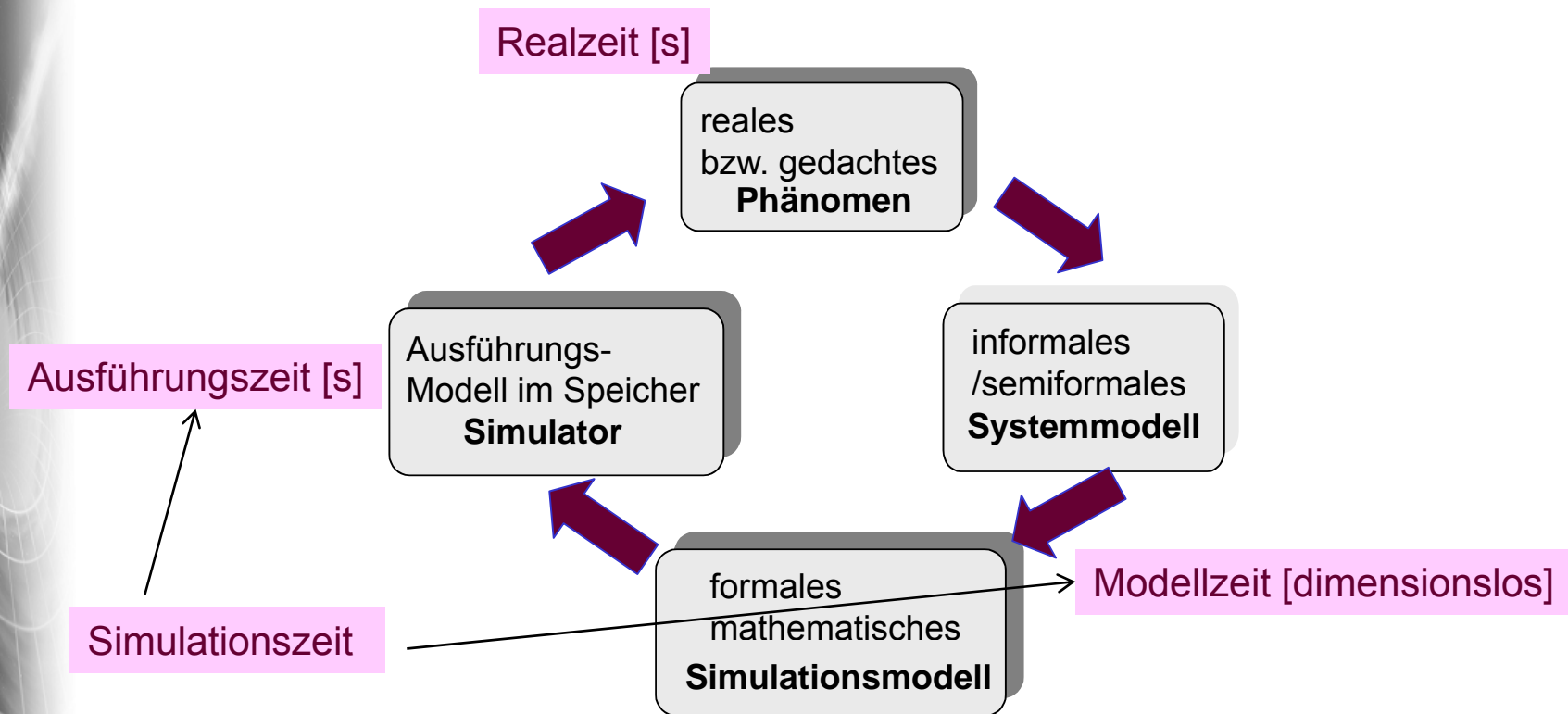
- ➔ überwiegend: Untersuchung dynamischer Systeme
- ➔ Modellierung ist prinzipielle Voraussetzung einer Simulation
- ➔ Einsatz von Rechnern  
(Simulator= programmierte Maschinenkonfiguration)



# Zeitkonzepte

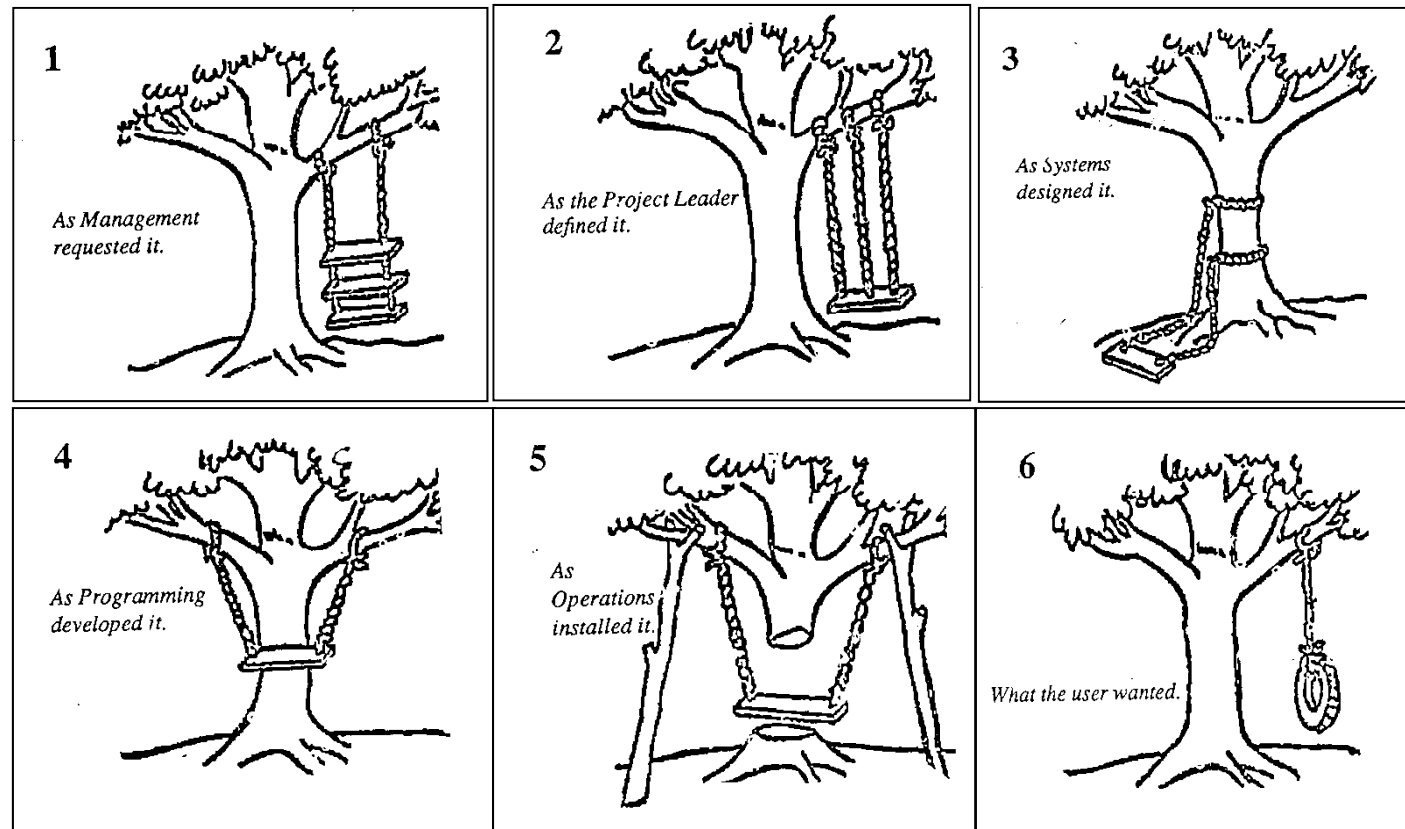
Unterscheidung unterschiedlicher Zeitkonzepte  
für die Dauer einer Aktivität oder  
die Distanz zweier Ereignisse

**Spezialfall:** Echtzeitsimulation  
Ausführungszeit  $\leq$  Realzeit  
i.allg aber: Zeitlupen oder Zeitraffer



# Entwicklung komplexer Systeme

## Wozu Modellierung ?

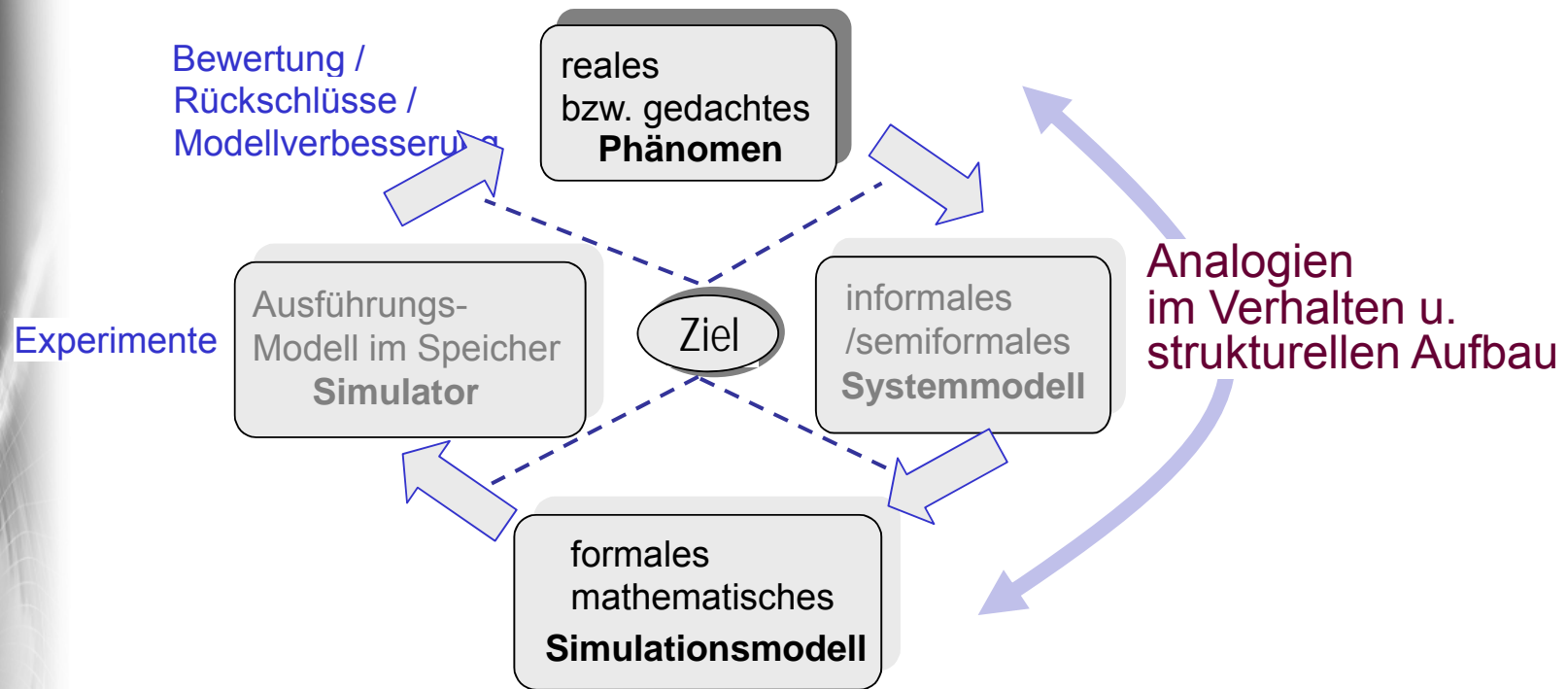




## ***Modelle (in erste Näherung)***

- ... sind vereinfachte Abbilder der Realität
- ... helfen, die zu entwickelnden Systeme besser zu verstehen
- ... ermöglichen die Spezifikation von Struktur und Verhalten komplexer Systeme
- ... dienen als Vorlagen zum Bau realer Systeme
- ... dokumentieren getroffene Entwurfsentscheidungen

# Bedeutung von Analogien



## Besonderheit:

Zustandsgrößen ändern sich zeitabhängig  
(kontinuierlich, diskret / ereignishaft)



dynamische Systeme



? / !

