



# Die Alpen von unten beleuchtet - das *AlpArray* Experiment



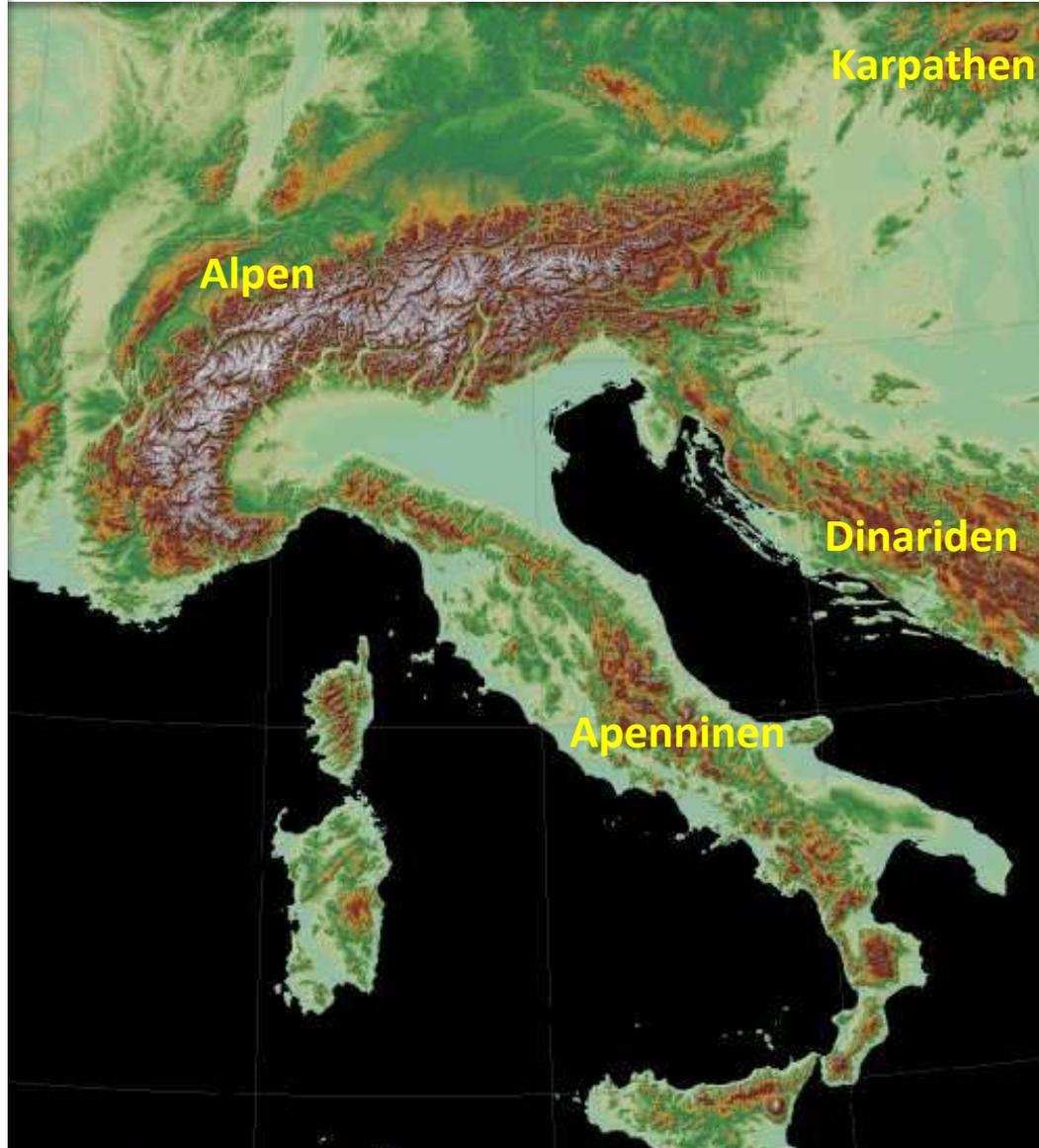
**DFG** Deutsche  
Forschungsgemeinschaft

Mark R. Handy (Berlin)  
sowie viele anderen Kolleginnen und Kollegen  
In 17 Ländern und 64 Institutionen

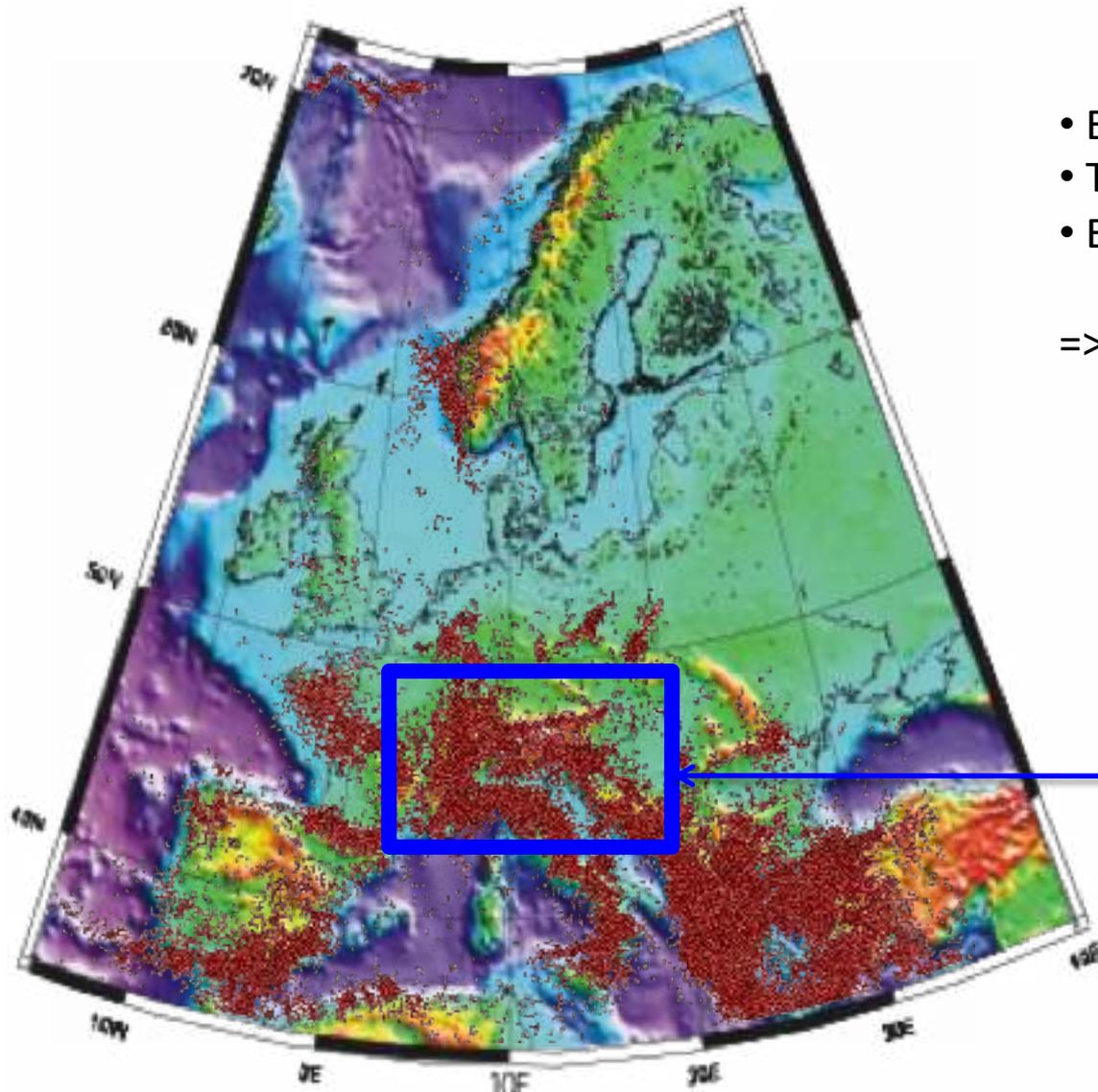
# Alpen-Himalaya Kette



# Die Alpen und ihre Nachbarn



# Warum ist ihre Untersuchung wichtig?

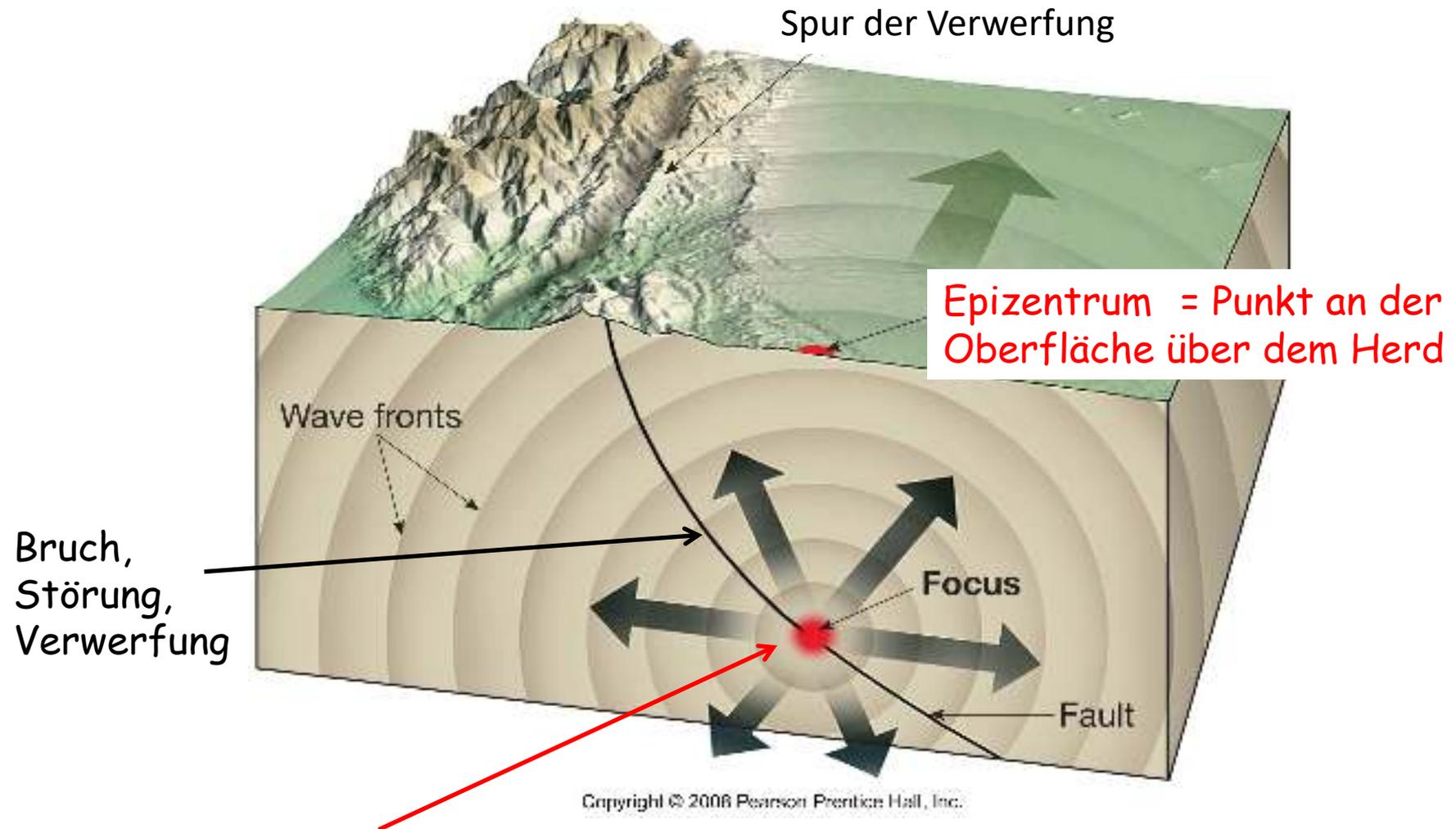


- Erdbeben
- Tsunamis
- Erdrutsche

=> Verbesserte Risikoabschätzung

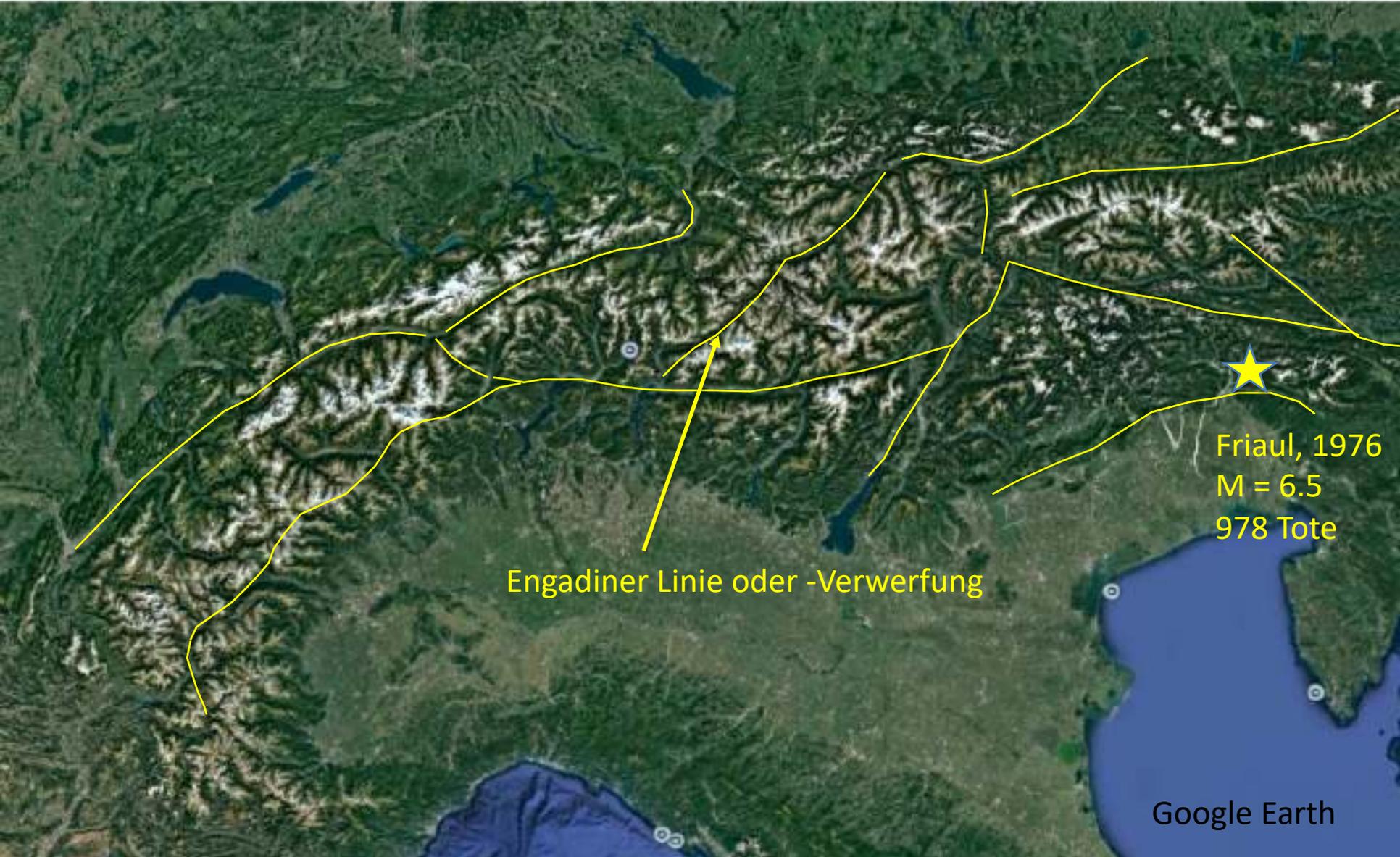
Zielgebiet von  
AlpArray

# Wo entstehen Erdbeben?



Herd, Hypozentrum = Ort entlang der Störung wo Erdbeben entsteht

# Verwerfungen in den Alpen



Engadiner Linie oder -Verwerfung

Friul, 1976  
M = 6.5  
978 Tote

Google Earth

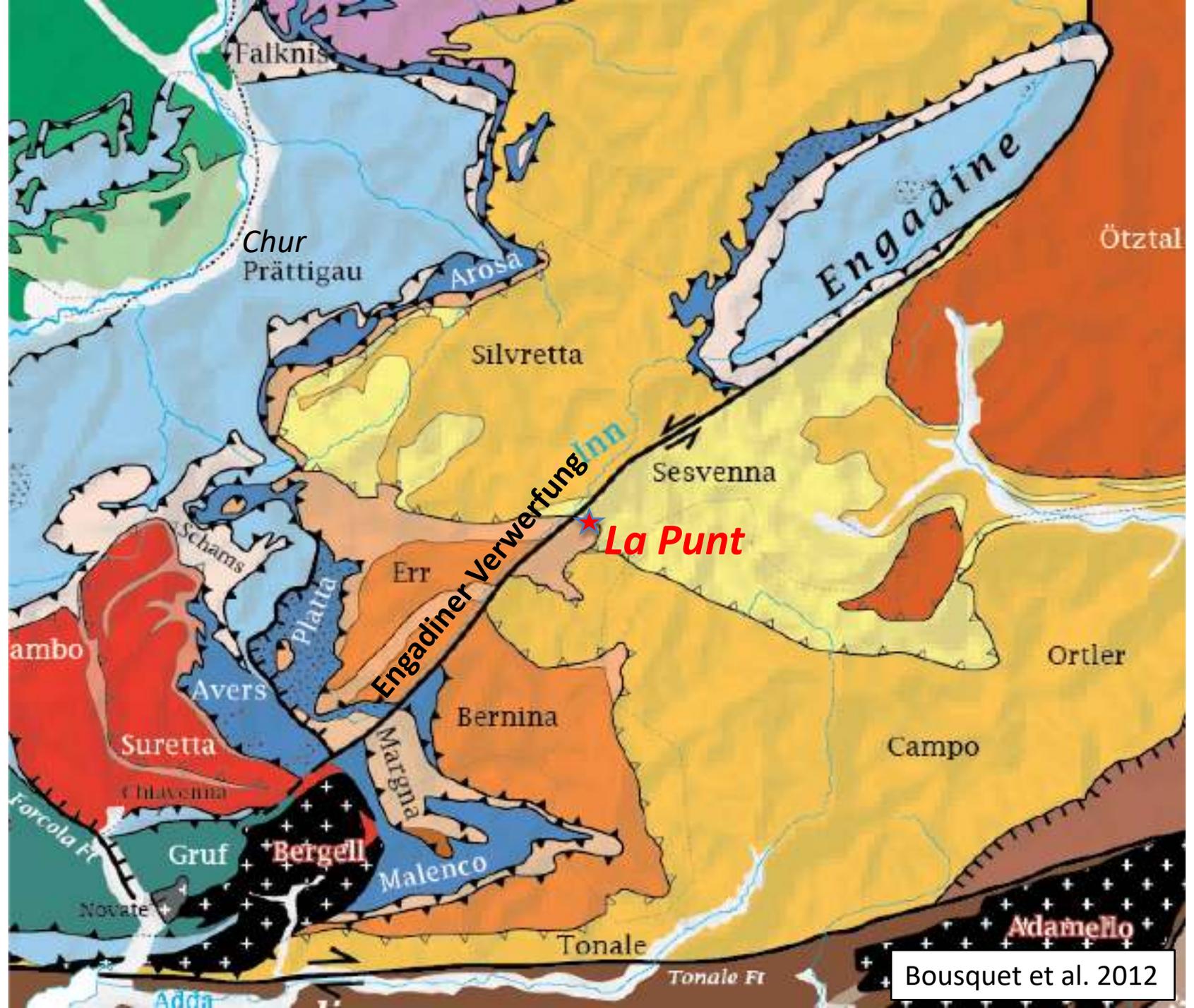
# Engadin – Beispiel einer Verwerfung

★ La Punt

Google Earth

Comersee





# Wie entstehen Berge? Wie sieht's im Inneren aus?

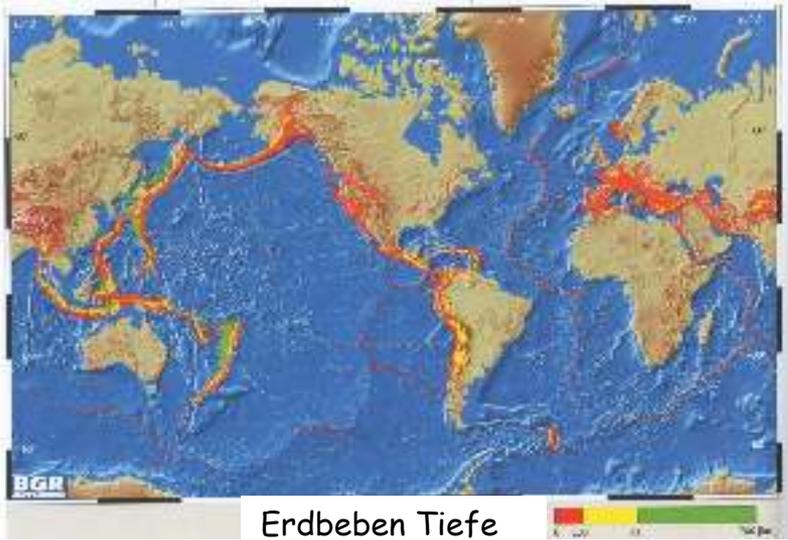
## **Drei Ansätze:**

1. Geophysik

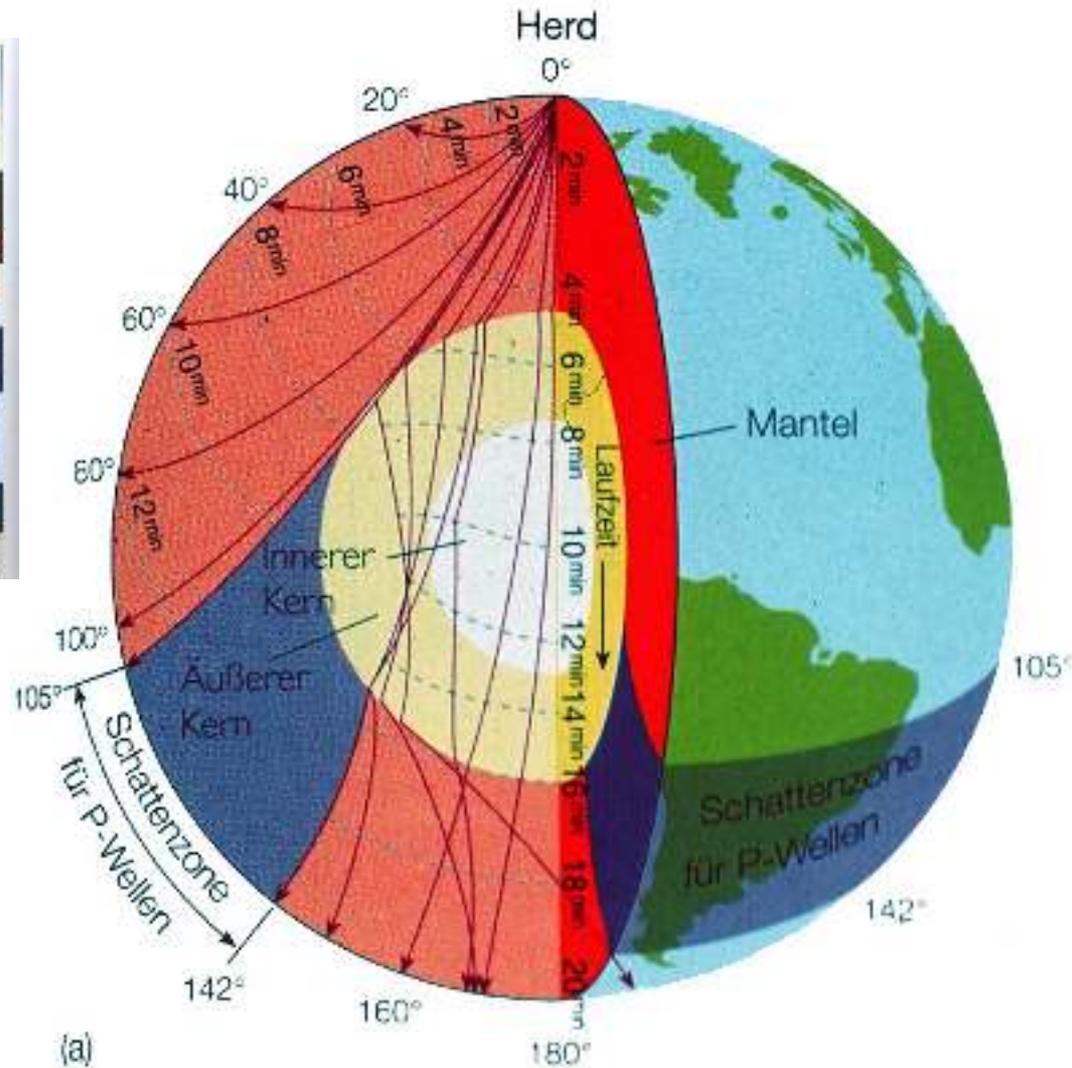
2. Geologie

3. Modellierung

# Geophysik - Erdbeben & -Schwingungen

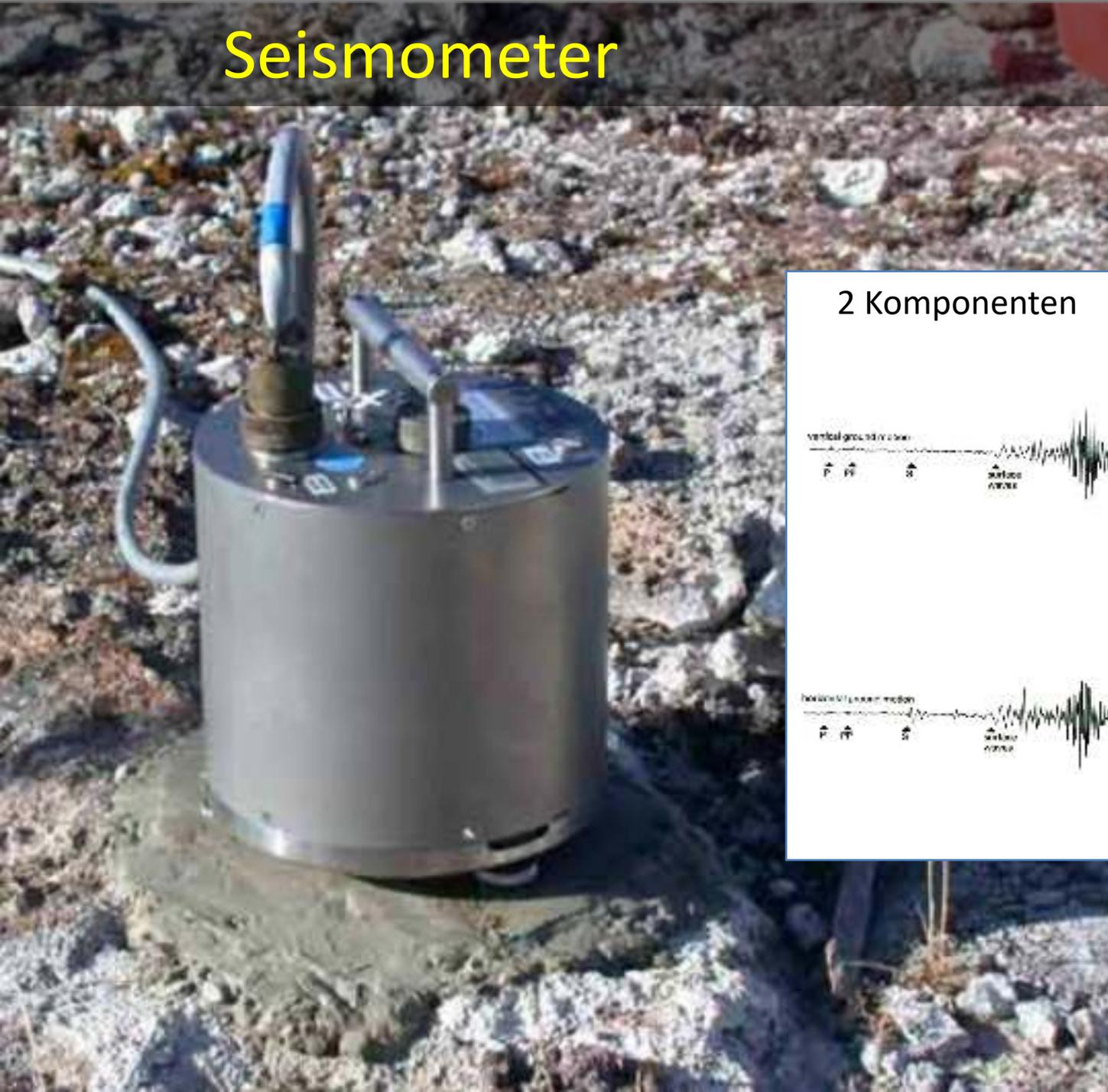


Erdbeben Tiefe  
in km

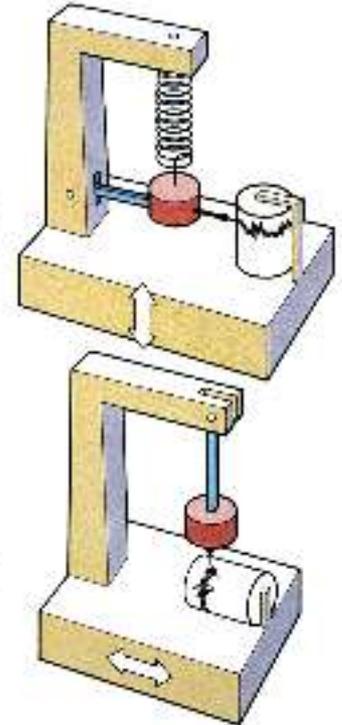
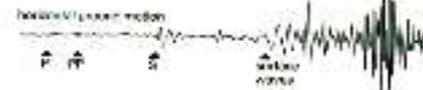


Herd

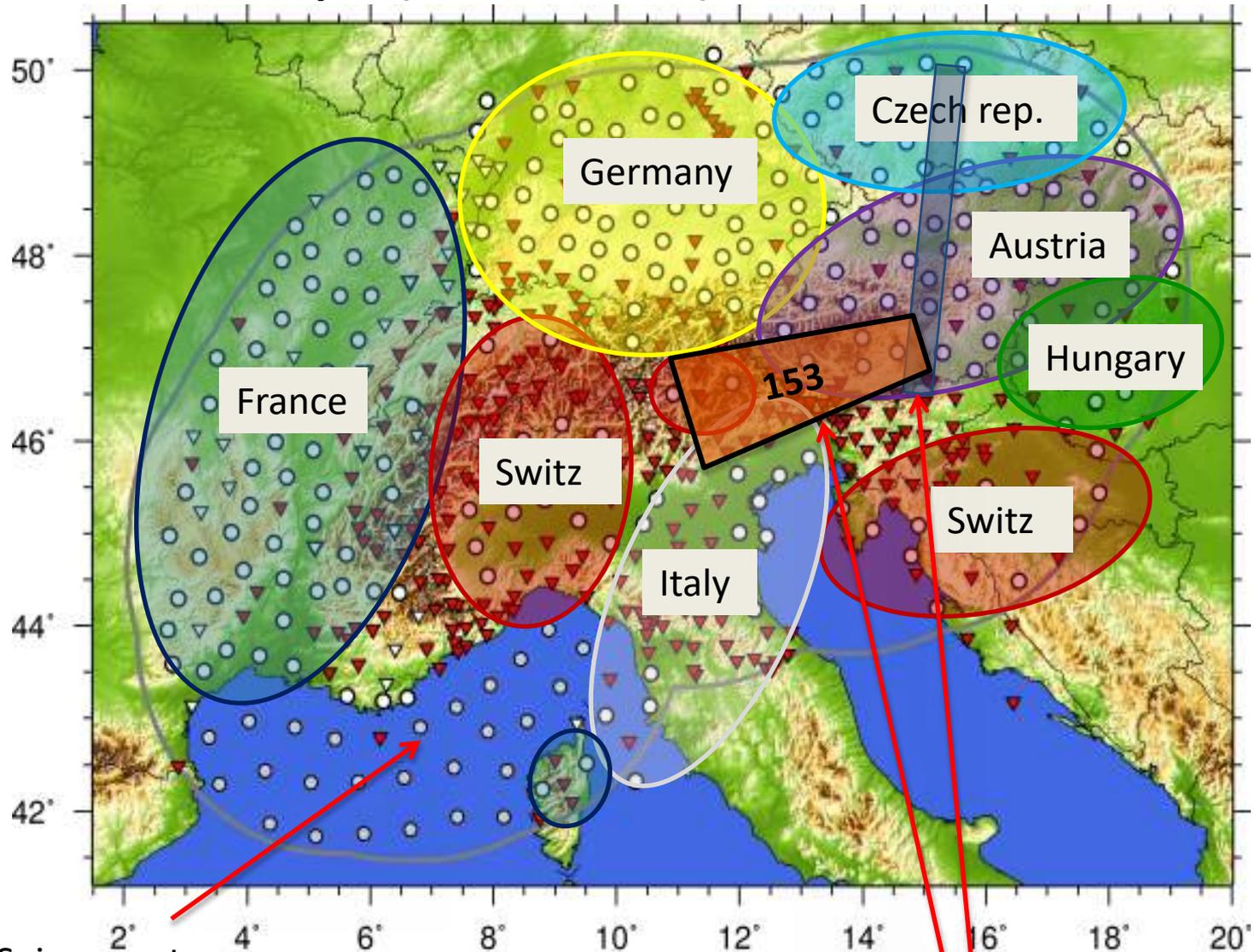
# Seismometer



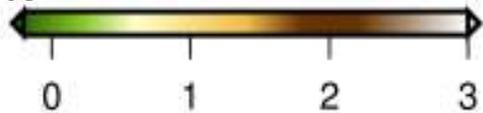
## 2 Komponenten



# Das "Array" (Netzwerk) von Seismometern



Marine Seismometer  
(D und F)



Topography (km)

Verdichtete Netzwerke  
(D und CH-CZ-A)

# Seismometer auf dem Boden des ligurischen Meers

OBS  
"Ocean Bottom Seismometer"



*FS Meteor*

# Besondere Herausforderung - Datenverarbeitung

## 1. Datenzentren - European Integrated Waveform Data Archives (EIDA)

- Zentren in CH, D, F, I, NL 
- Andere 12 Teilnehmer haben ein "partner EIDA node", Daten sind via virtuelles Netzwerk zugänglich

## 2. Datenbeauftragter

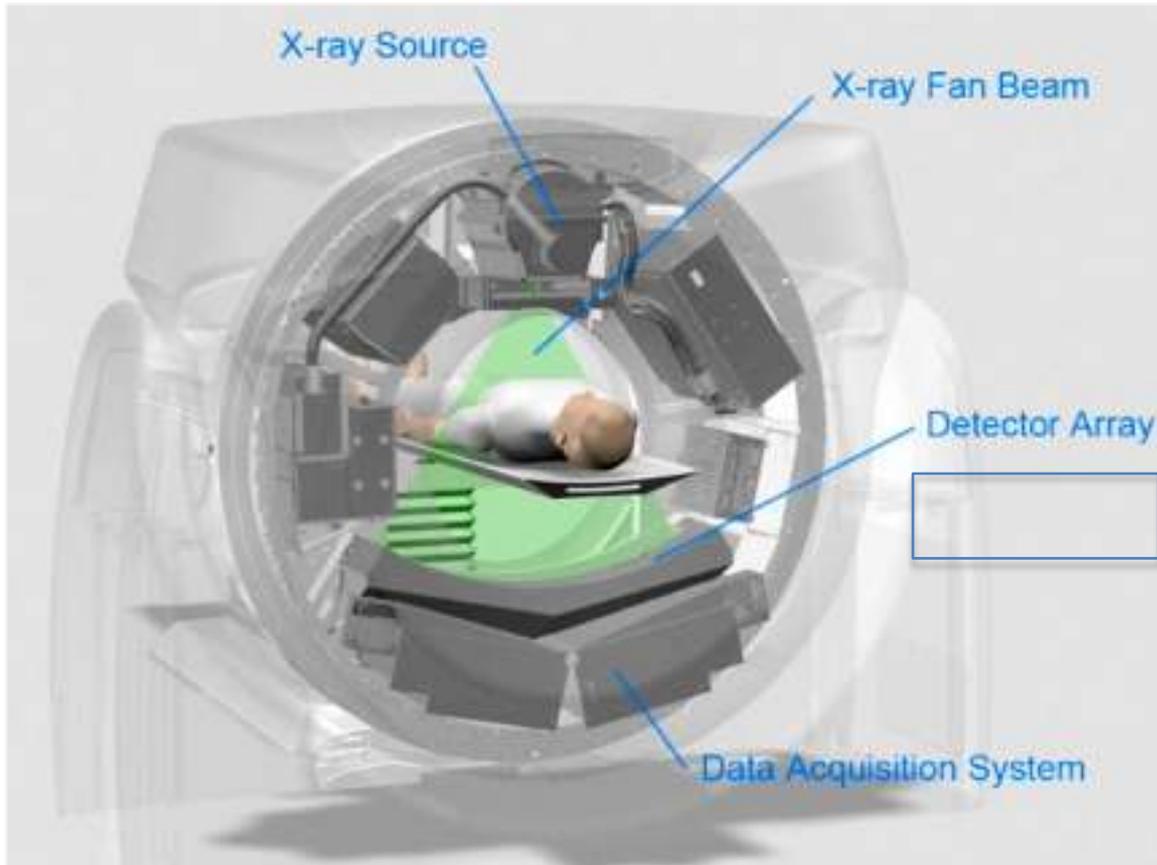
(ETH-Zürich)

- Prüft Datenqualität, koordiniert Datenzugang



# Prinzip der Tomographie

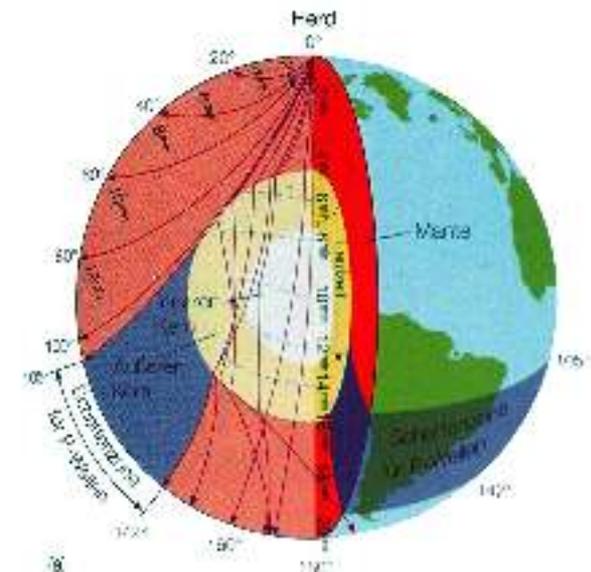
## Röntgentomographie



=> Bei medizinischem Einsatz drehen die Röntgendetektoren

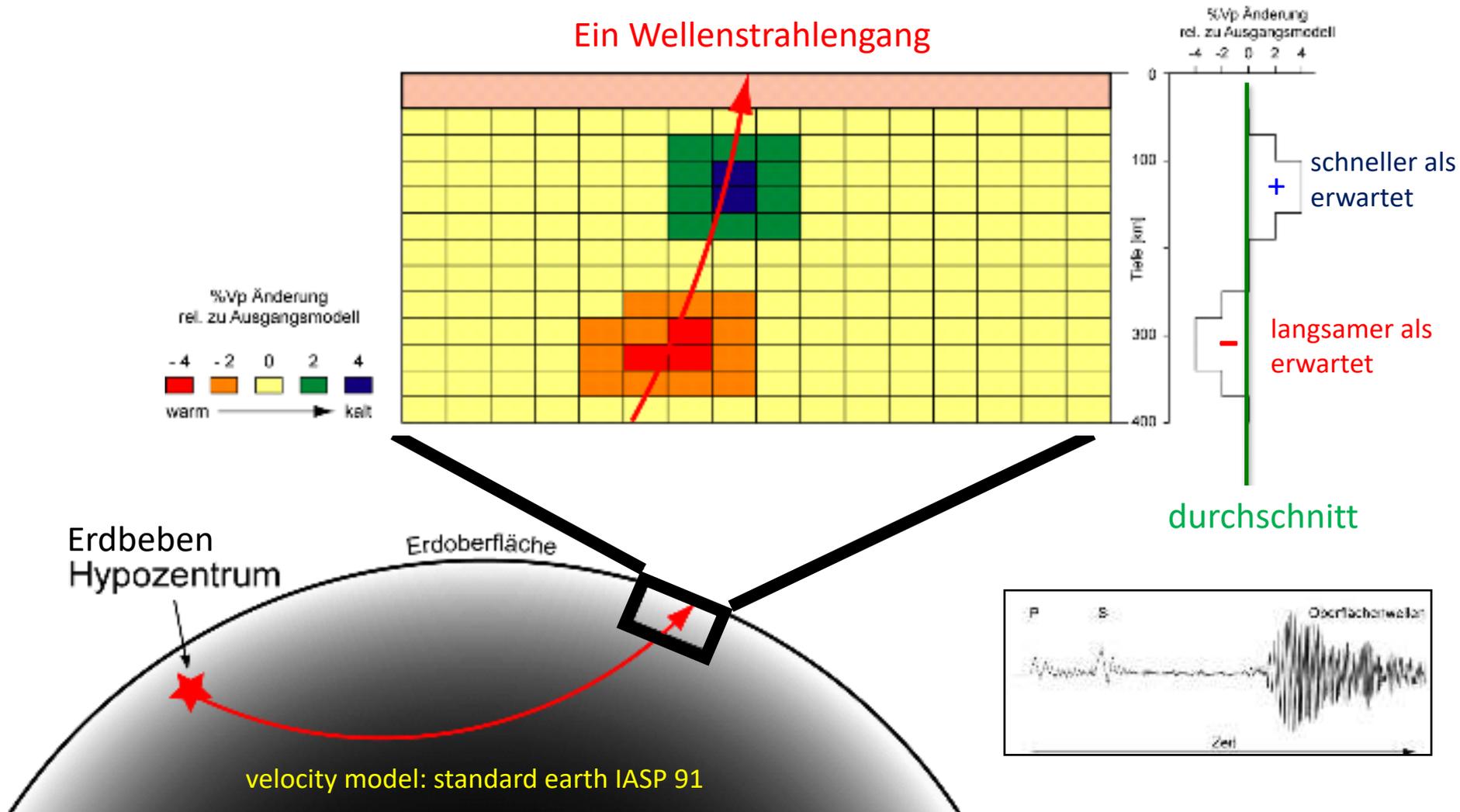
=> Auf Erde, sind die Detektoren (Seismometer) stationär

## Scheibenschnitte



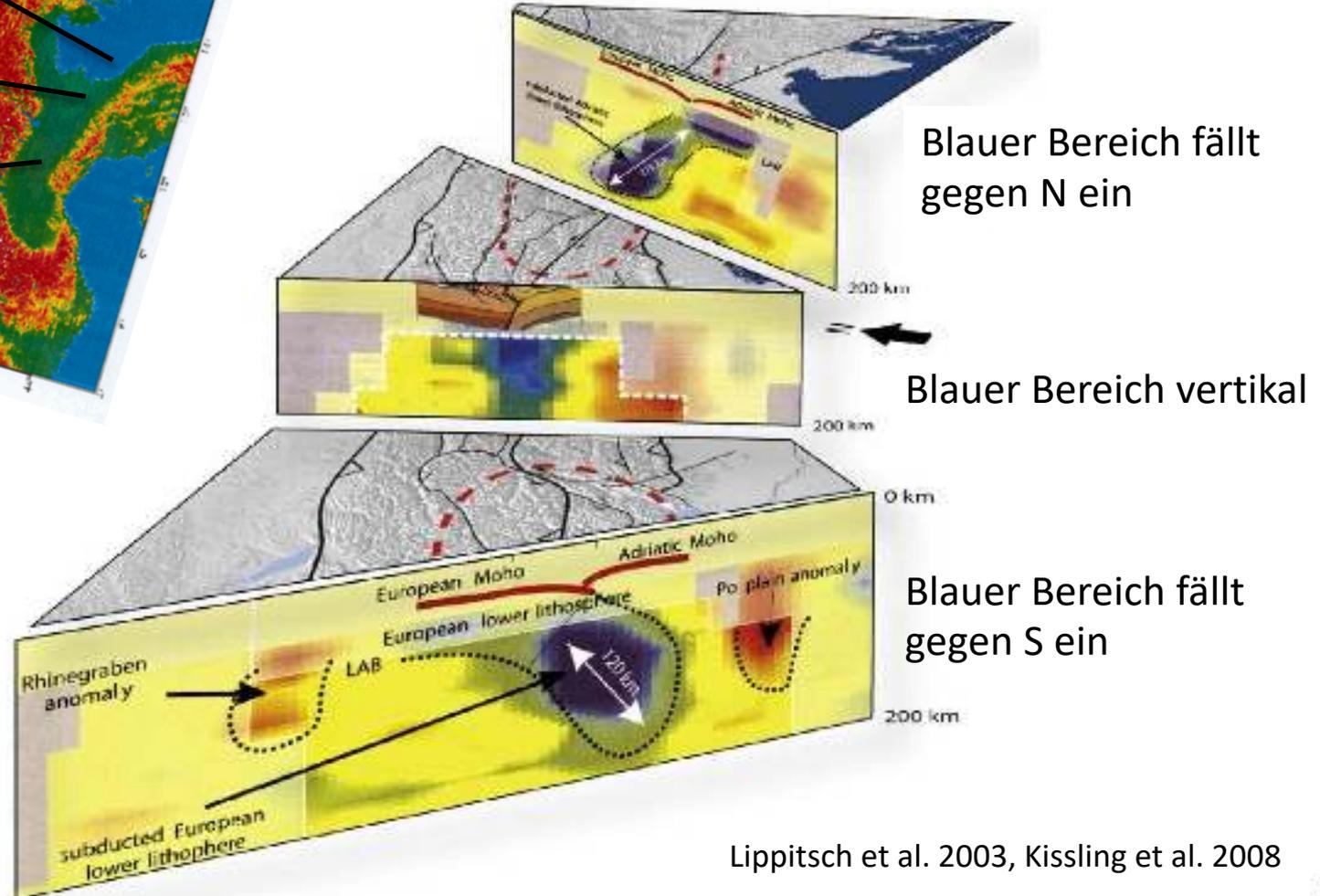
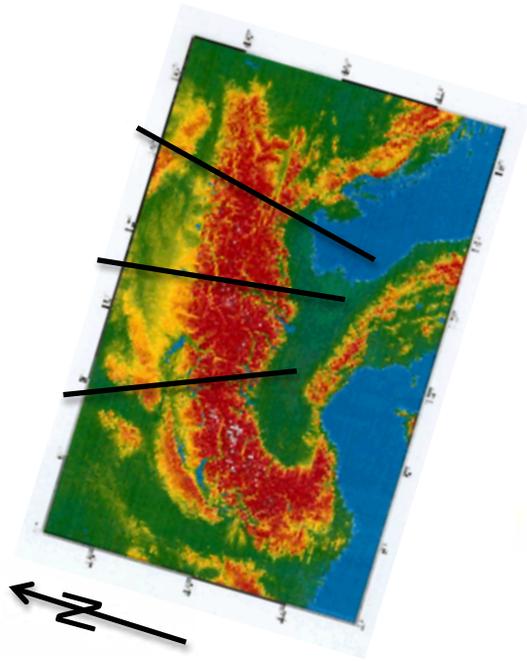
# Seismische Tomographie

Edi Kissling

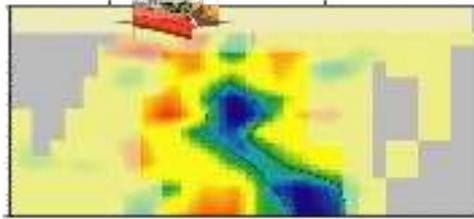


# Erdbebenaufzeichnungen werden zu Bilder des Erdinnern

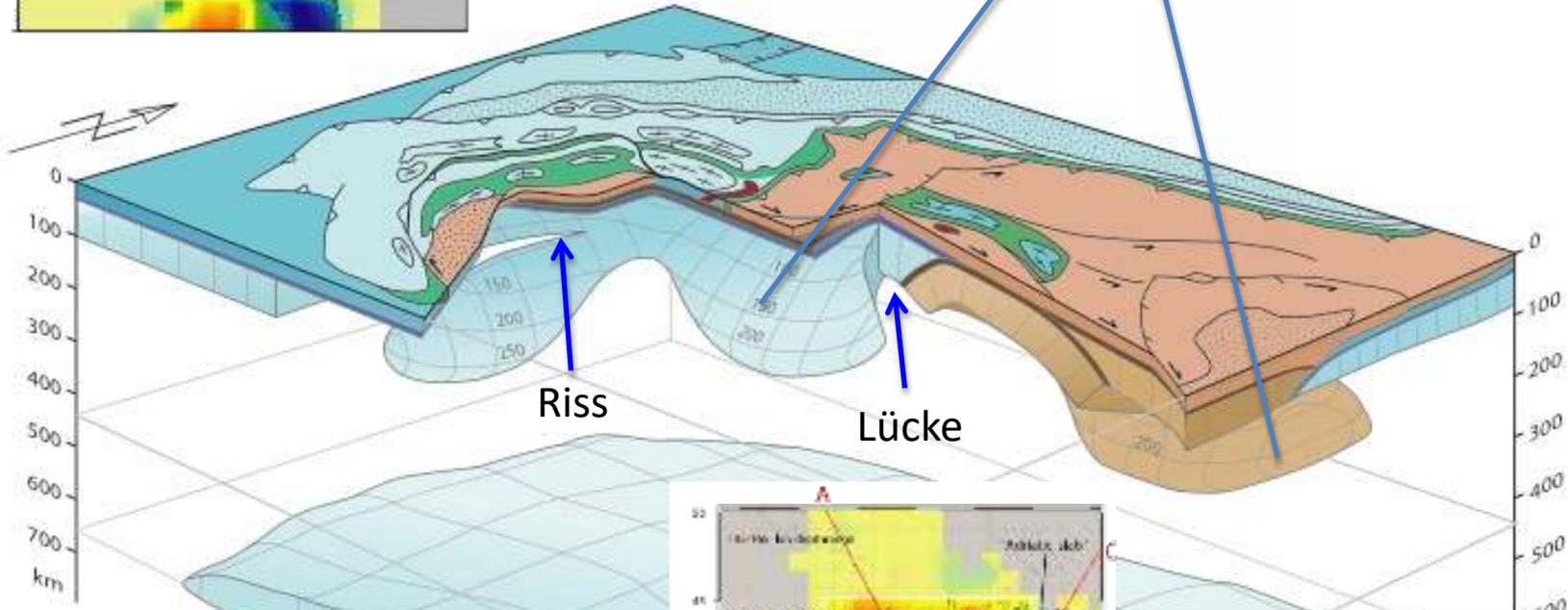
## Schnitte durch die Alpen



# 3-D Bild des Erdinnern unter den Alpen



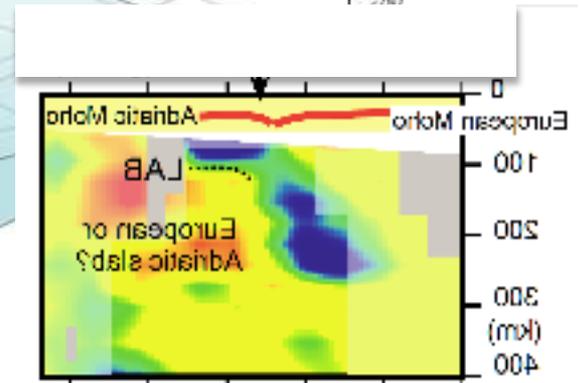
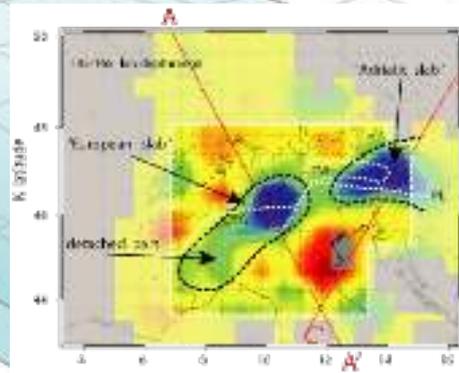
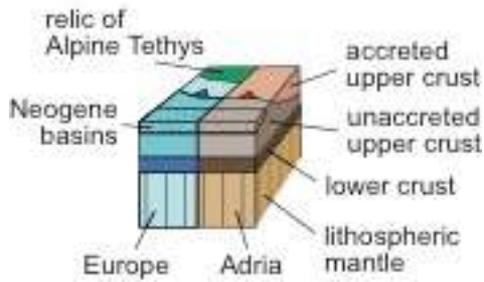
Suduzierte Lithosphäre bzw. "Slabs"



Riss

Lücke

## Legend



# Geologie - Blick in die Zeit zurück durch Erkundung der Oberfläche



# Erfassung der Zeit – die 4. Dimension

Diskordante Gesteinsstrukturen



Schichtung

granitischer Gang

# Erfassung der Zeit – die 4. Dimension

Diskordante Gesteinsstrukturen

Gang

Schieferung

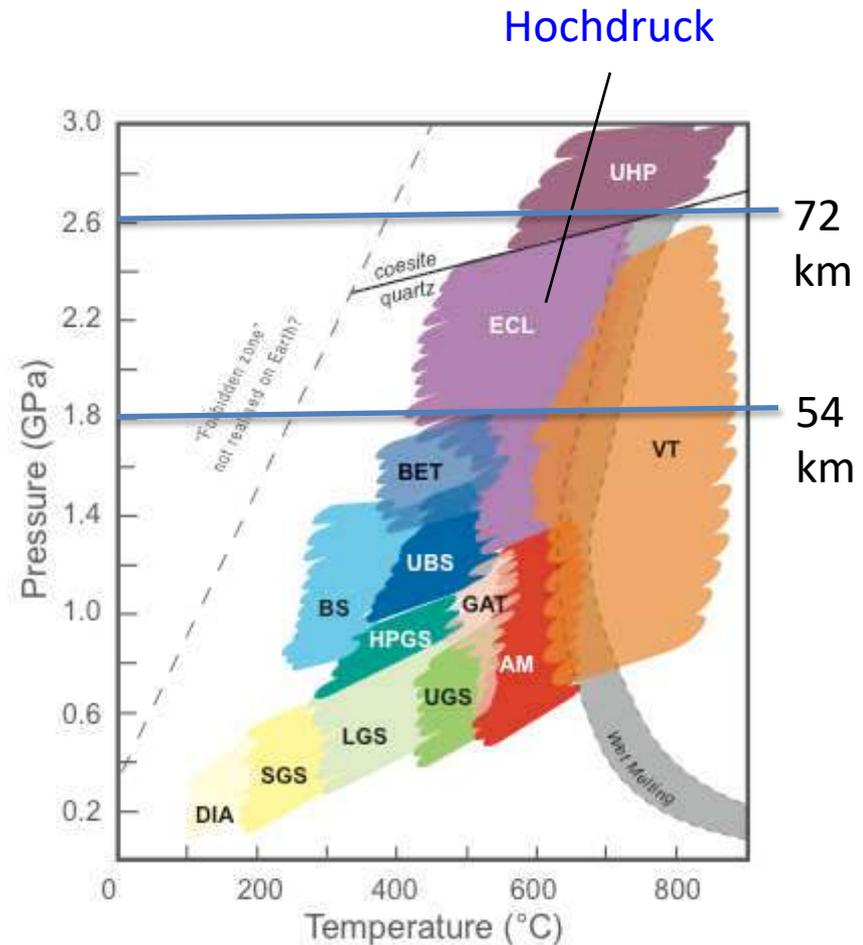


# Ermittlung von Druck (Tiefe) und Temperatur

*Disthen parallel zur Schieferung eingeregelt und gestreckt  
=> Scherrichtung während Mineralbildung*



*Fasern aus Carpholit + Quarz*



# Erfassung der Zeit – die 4. Dimension



Sediment – Archiv liefert Info über Herkunft und Alter des Gesteins und ihr Liefergebiet

Nummulit => Paläogen, c. 45 Ma



# Absolute Zeit - Massenspektrometer

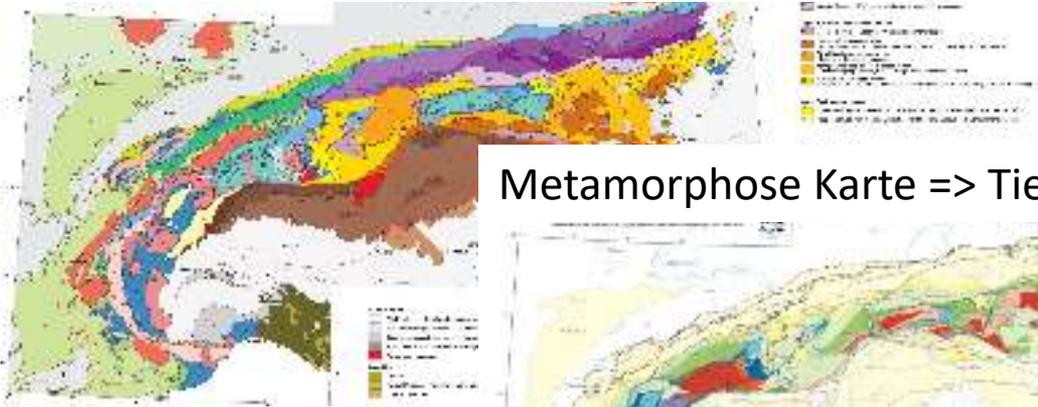


# Studenten bei der Auswertung



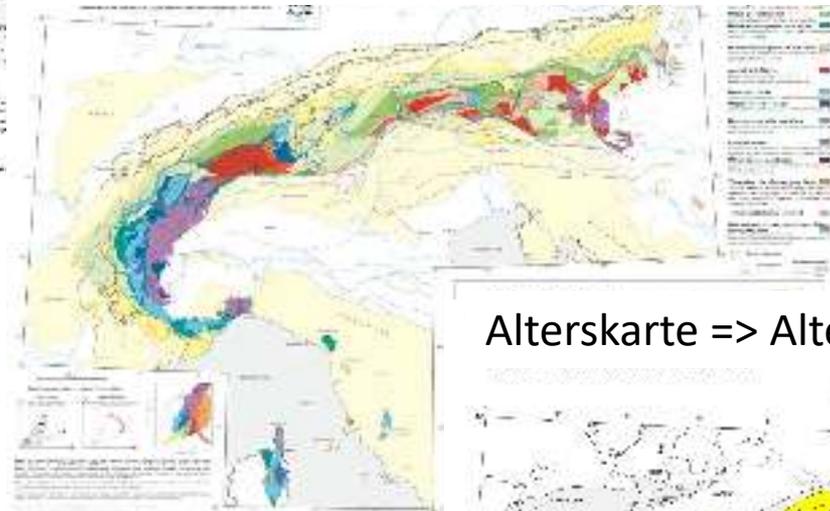
# Karten erstellen

Tektonische Karte => Herkunft & Bewegung



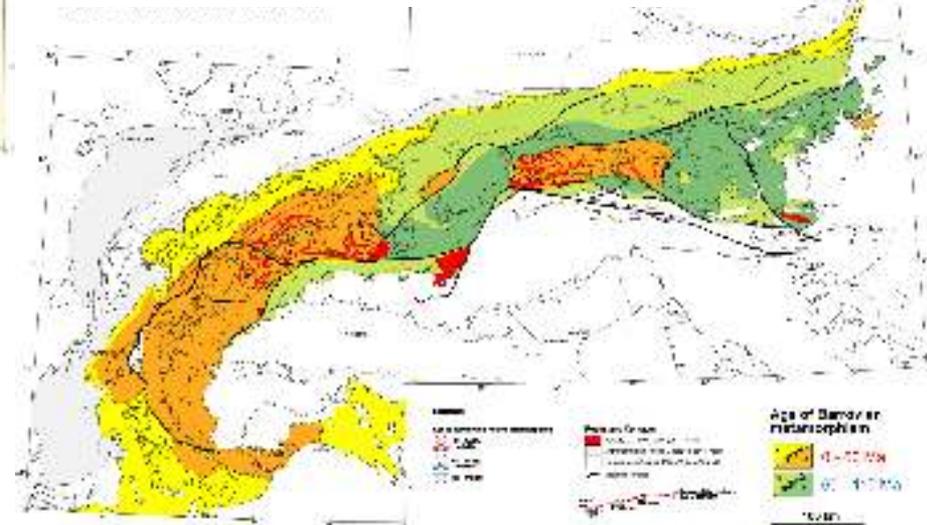
Schmid et al. 2004

Metamorphose Karte => Tiefe & Wärme



Bousquet et al. 2012

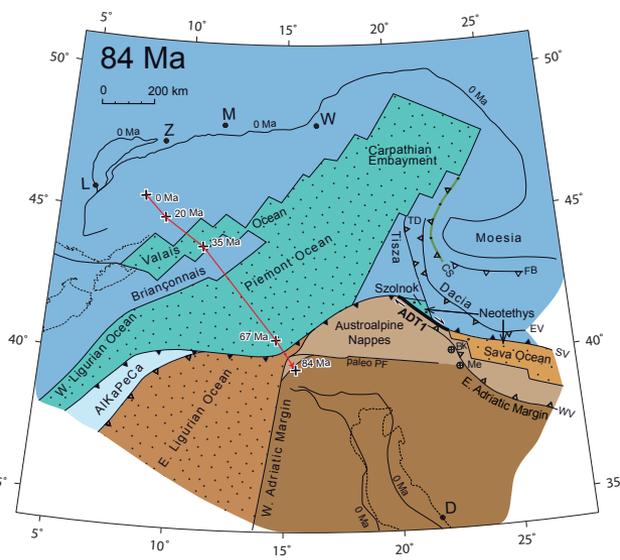
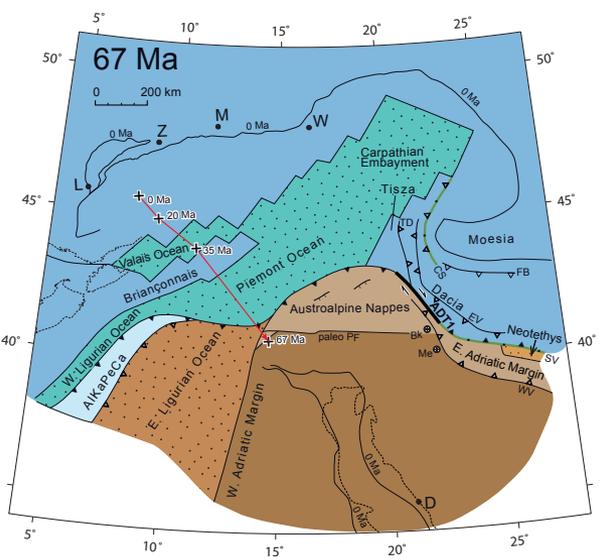
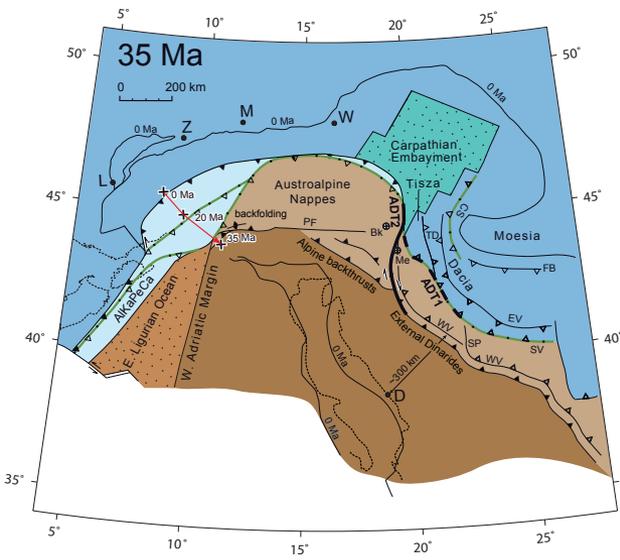
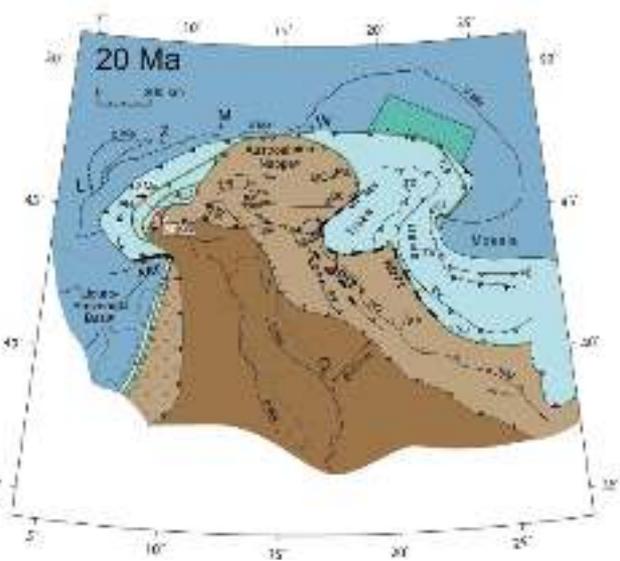
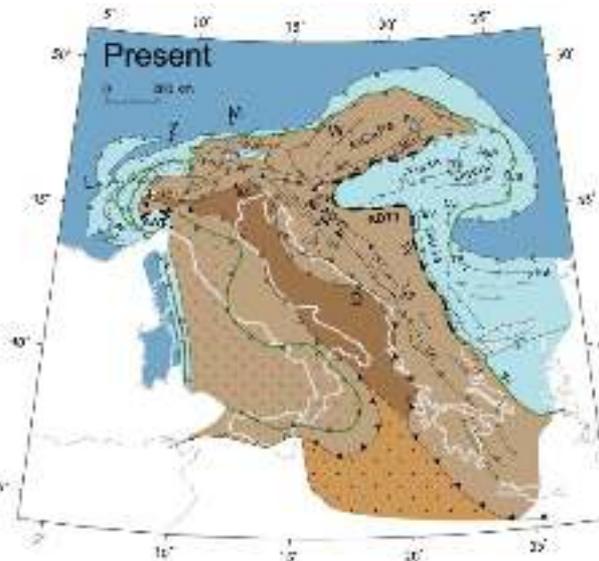
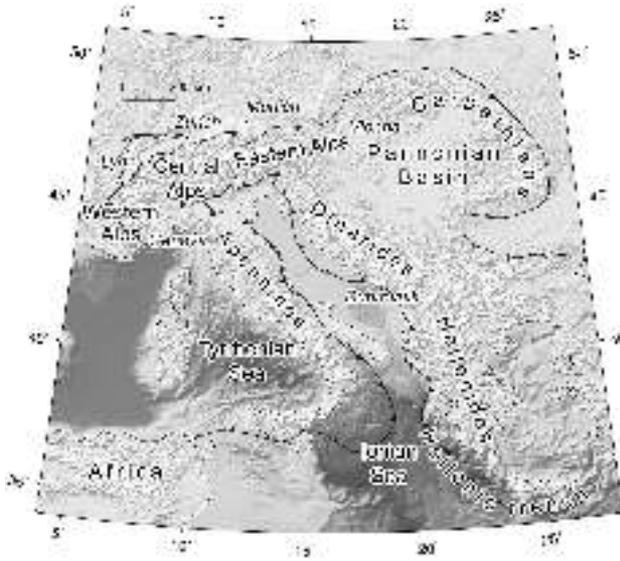
Alterskarte => Alter der Bewegungen



Handy & Oberhänsli 2004

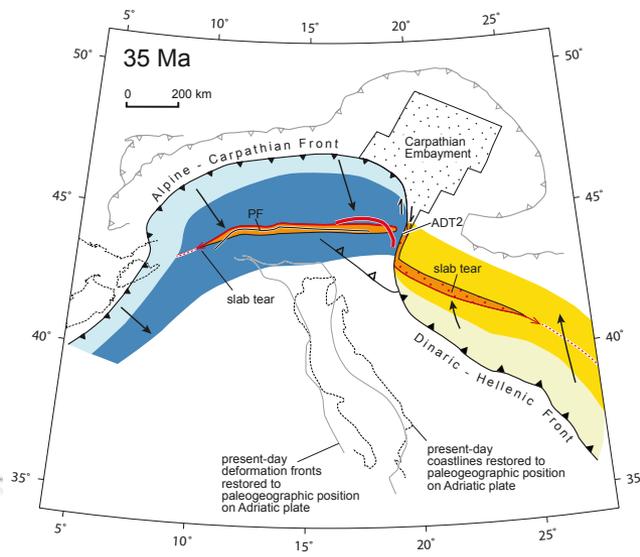
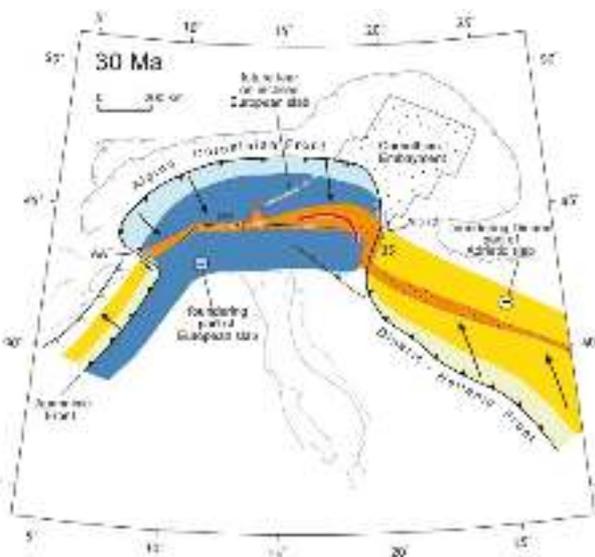
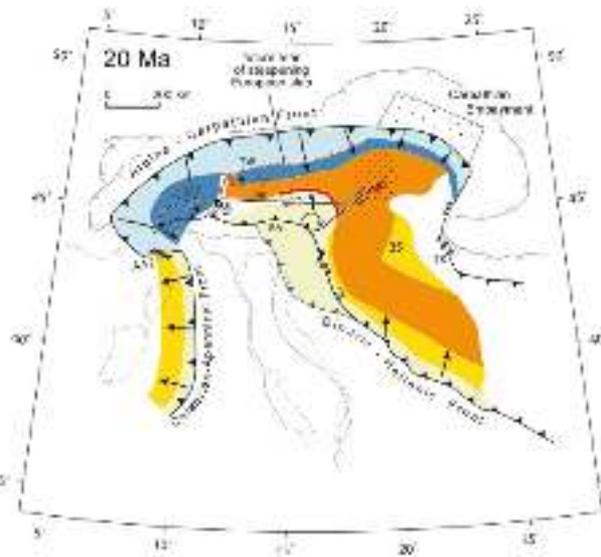
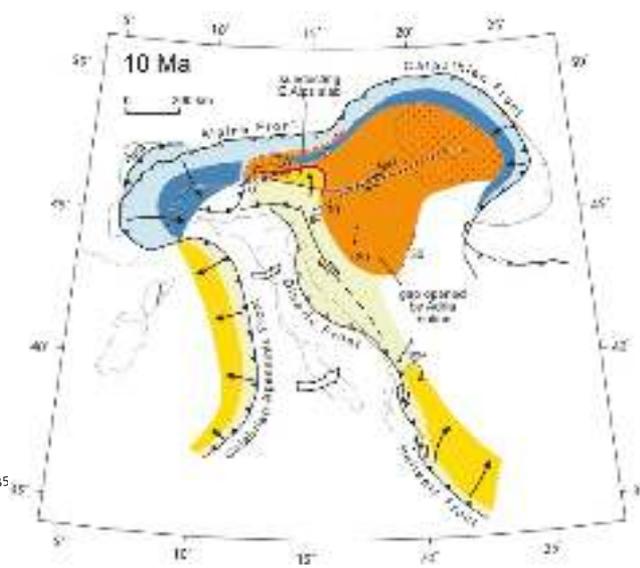
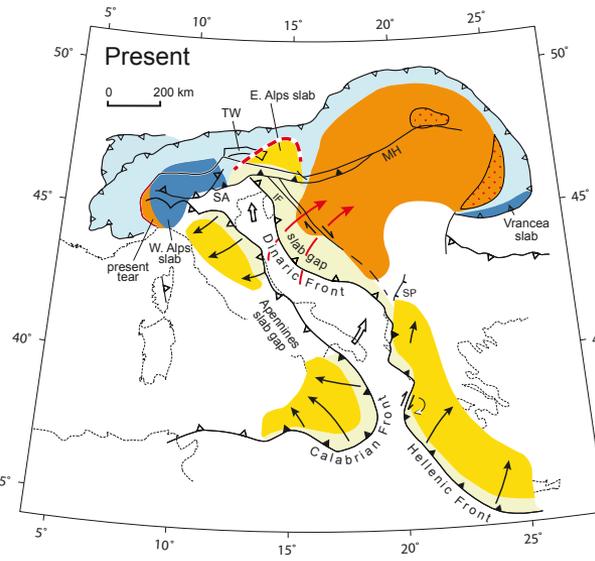
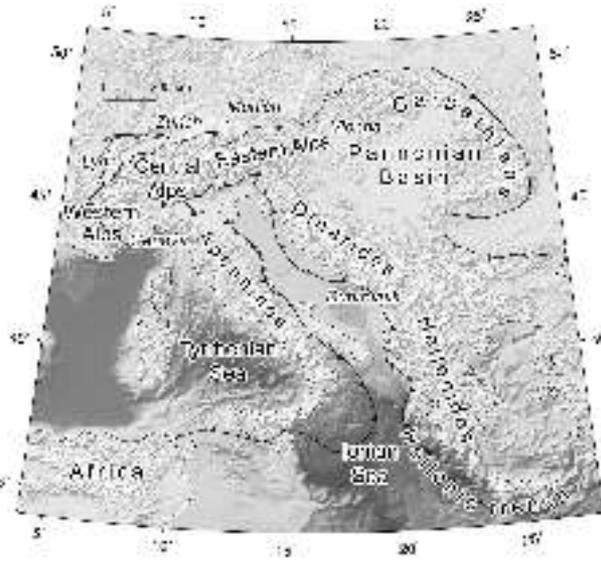
# Zeitscheiben durch den alpinen Raum – die Oberfläche

Handy, Ustaszewski, Kissling 2015



# Zeitscheiben durch den alpinen Raum – der Mantel

Handy, Ustaszewski, Kissling 2015

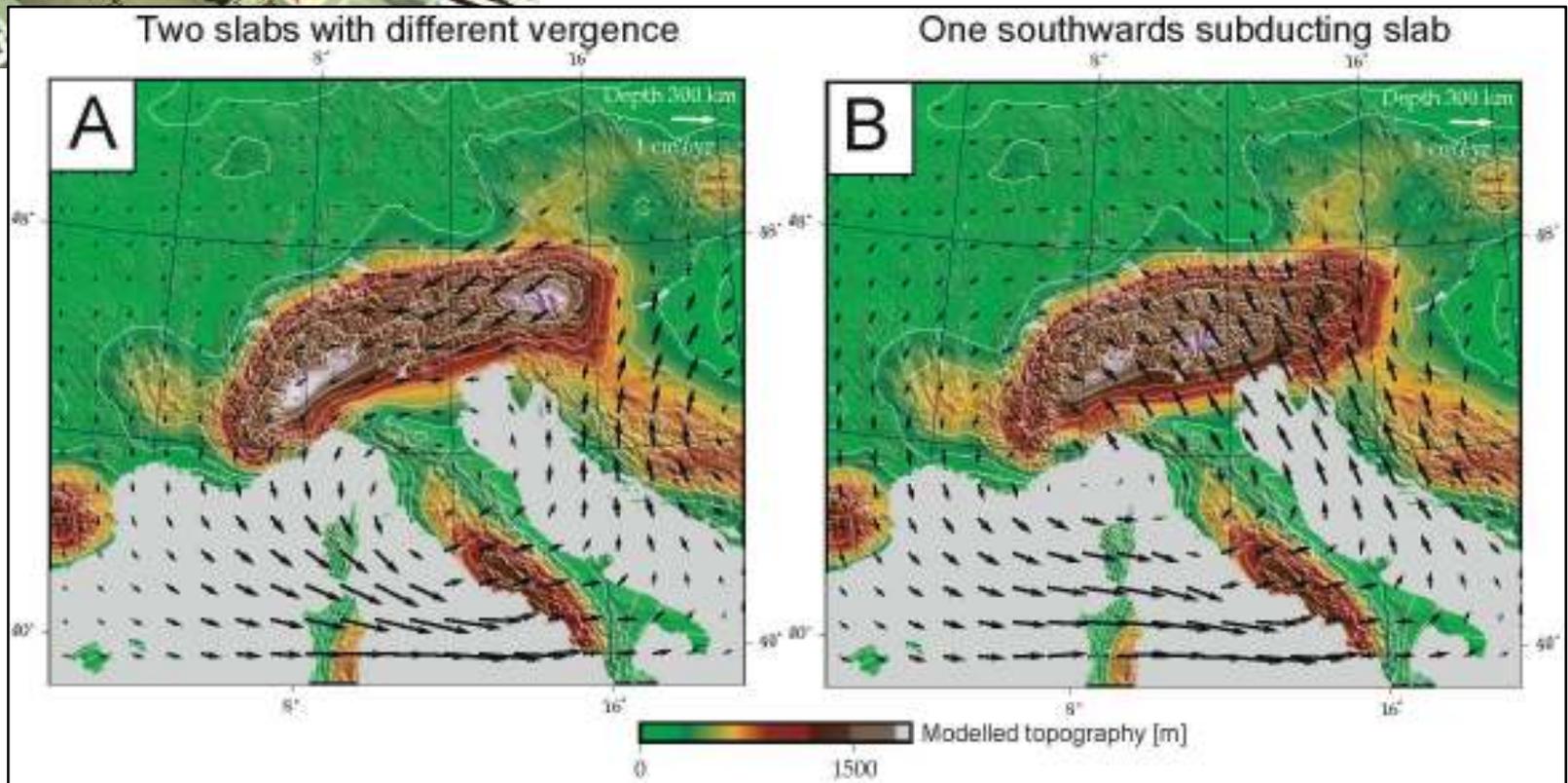


# Rechnergestützte Modellierung



z.B. Boris Kaus, Univ . Mainz

Hypothesen prüfen =>  
Lithosphärenstruktur hat  
auf Topographie Einfluß



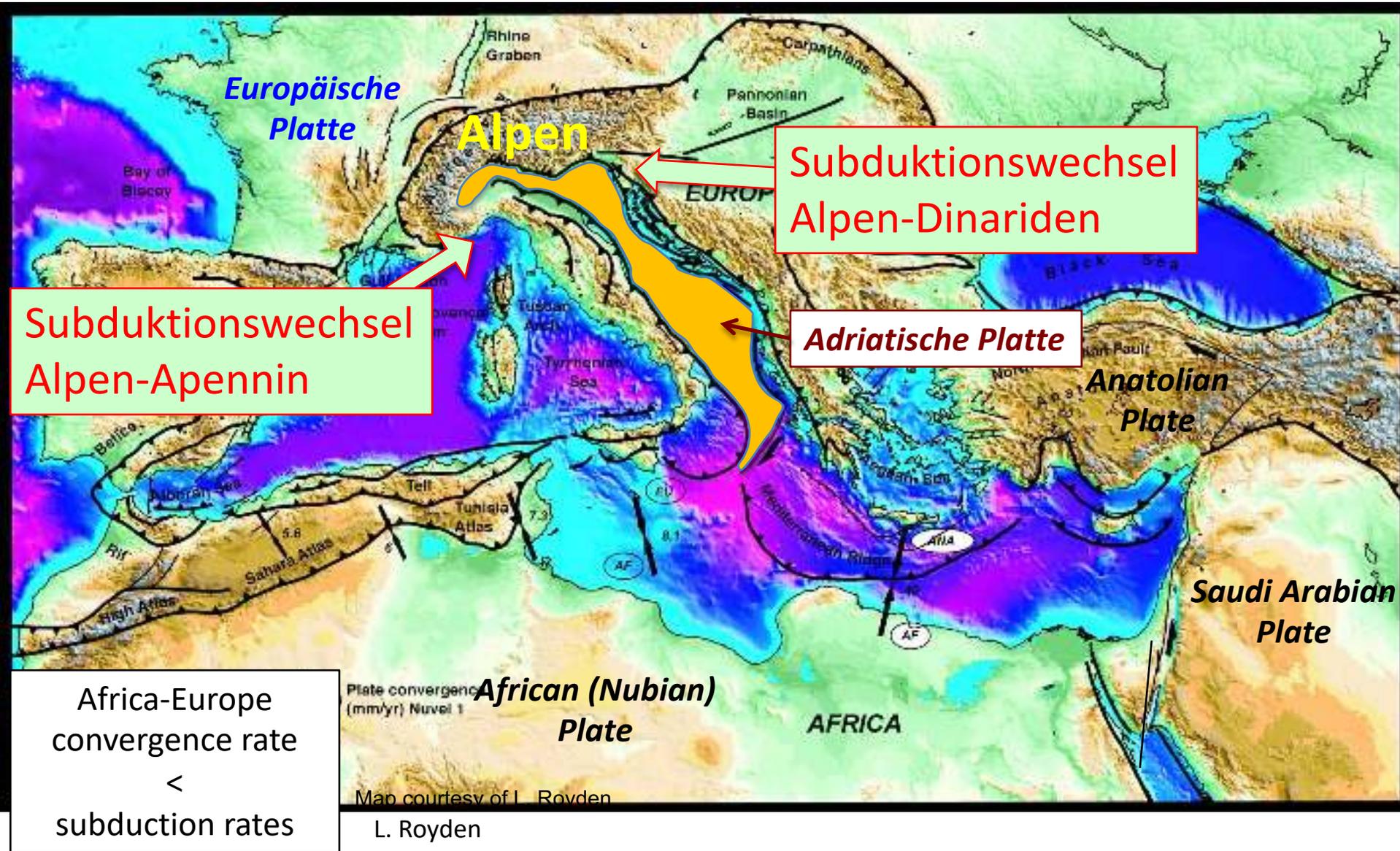
# Rechnergestützte Modellierung



Wozu das ganze?



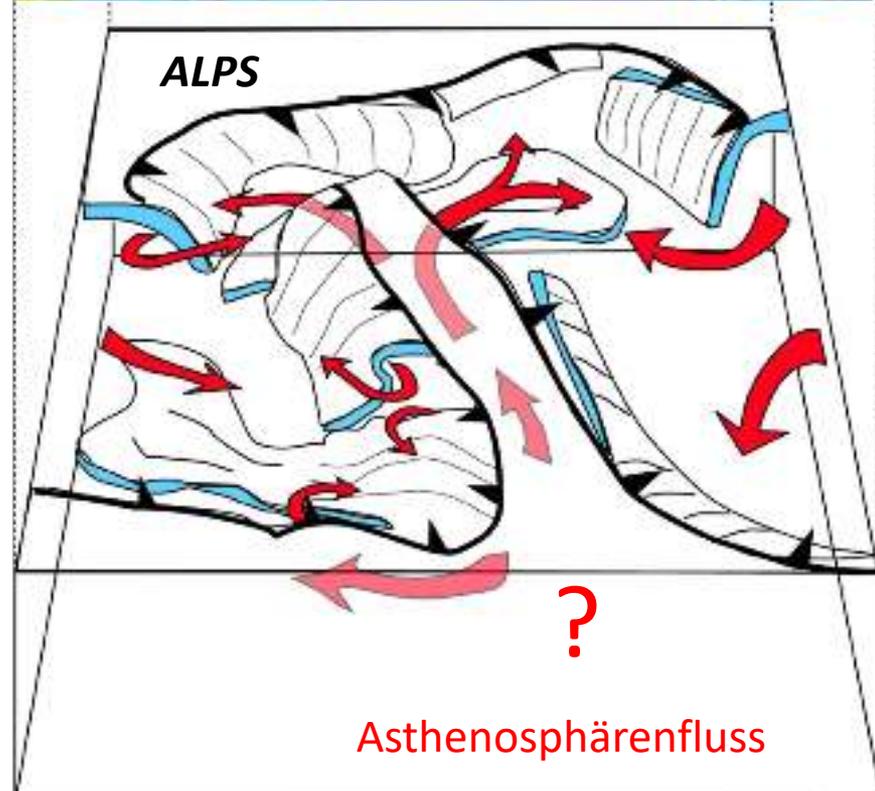
# Prozesse im Mittelmeer-Gebirgssystem



# Wechselwirkung der Kräfte im Erdinnern & an der Oberfläche



Subduzierte Platten



Asthenosphärenfluss

# Warum sind Berge & Täler in den West- und Ostalpen so verschieden?



Wenige Täler in W. Alpen entlang von Verwerfungen

Lineare Täler in E. Alpen entlang von Verwerfungen

Westalpen  
Relief: 2000-3000 m  
Höhe: c. 2000 m

Ostalpen  
Relief: 1000-2000 m  
Höhe: c. 1000 m

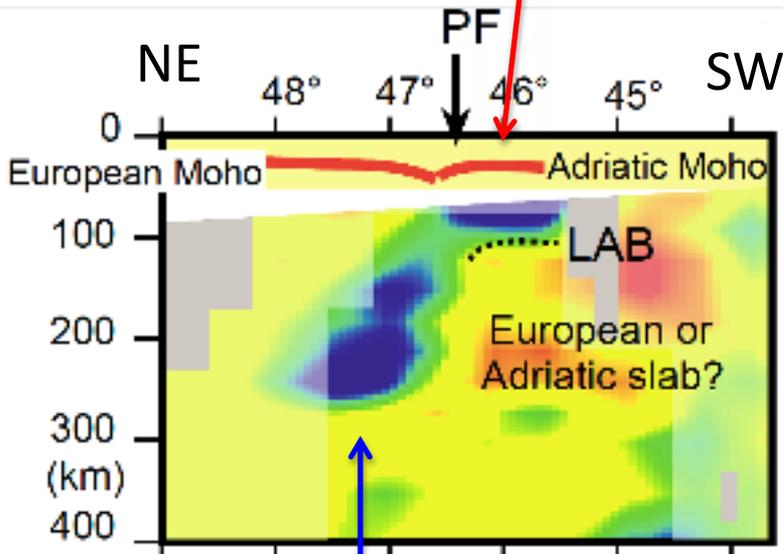
Radial Täler entlang von Gletscherrinnen



# Erdbeben und Verwerfungen in den Süd- und Ostalpen

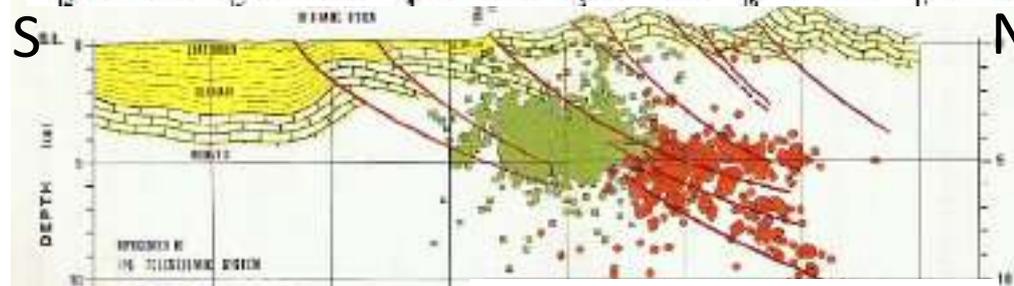
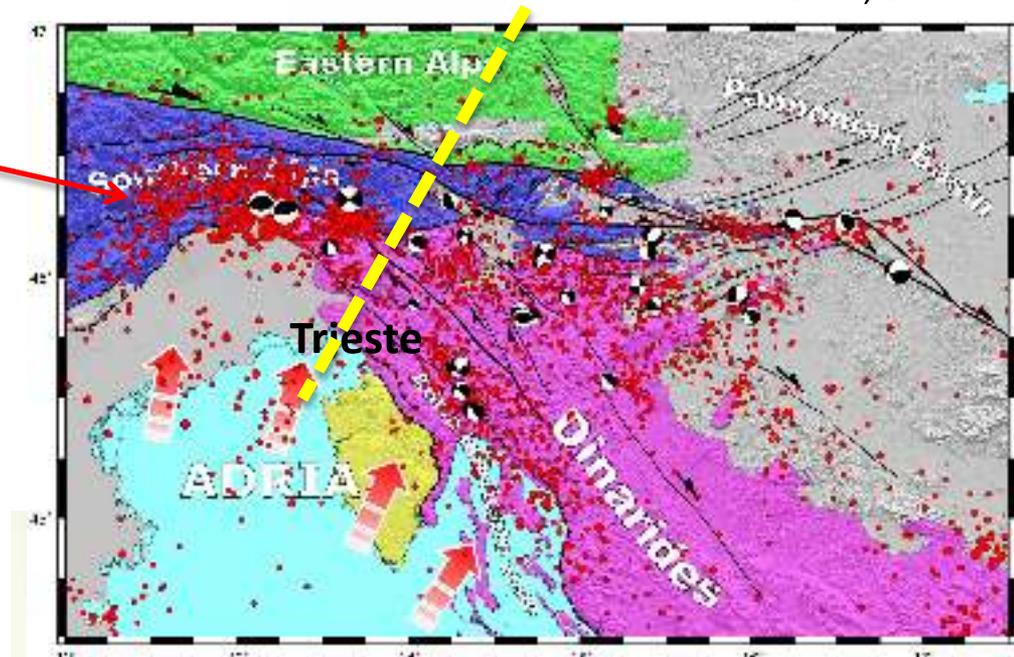
Vrabec et al. 2005, 2006

Erdbeben in der Kruste



Lippitsch et al. 2003

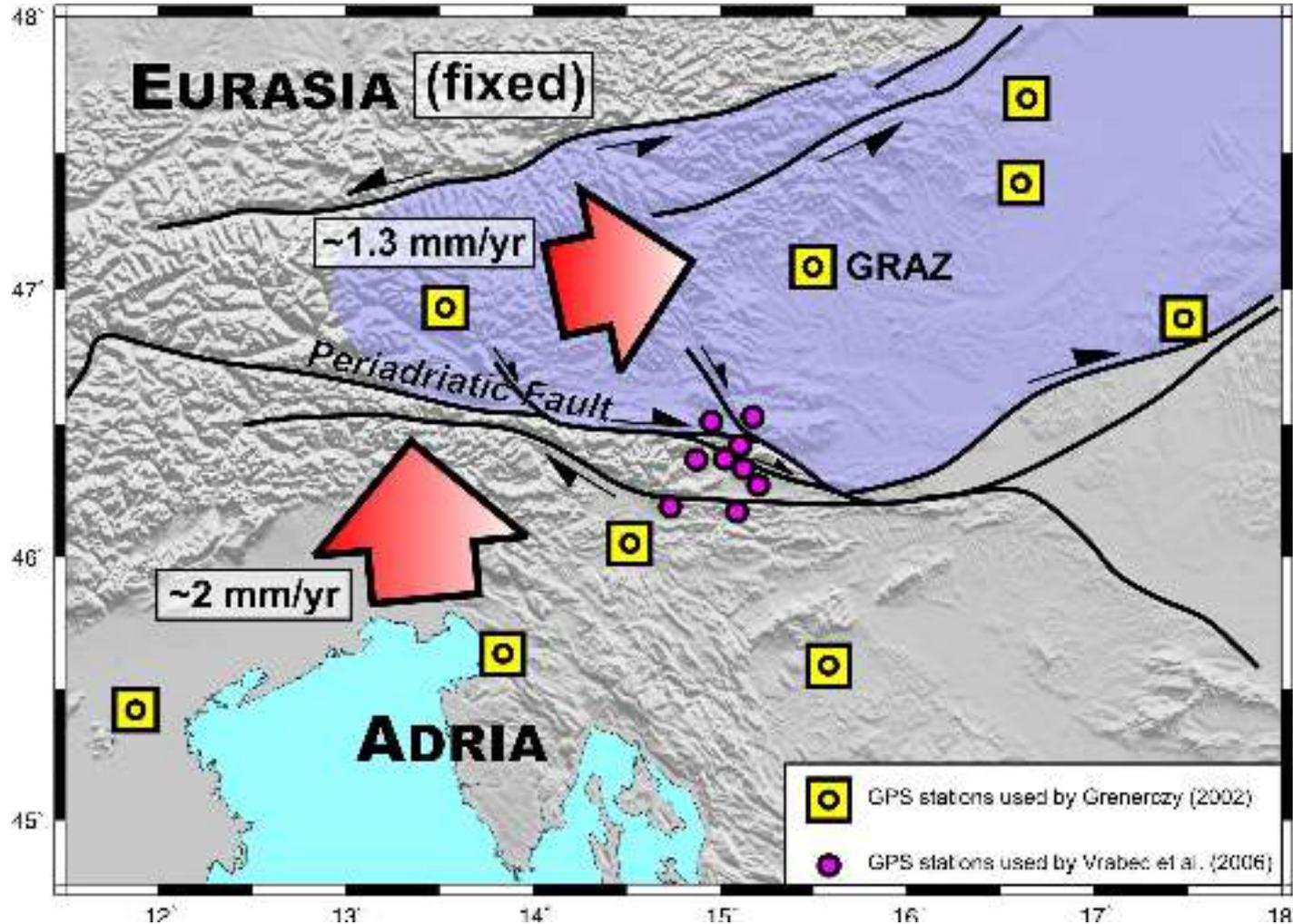
Keine Erdbeben im Mantel



Erdbebenschwarm entlang von alten reaktivierten Verwerfungen

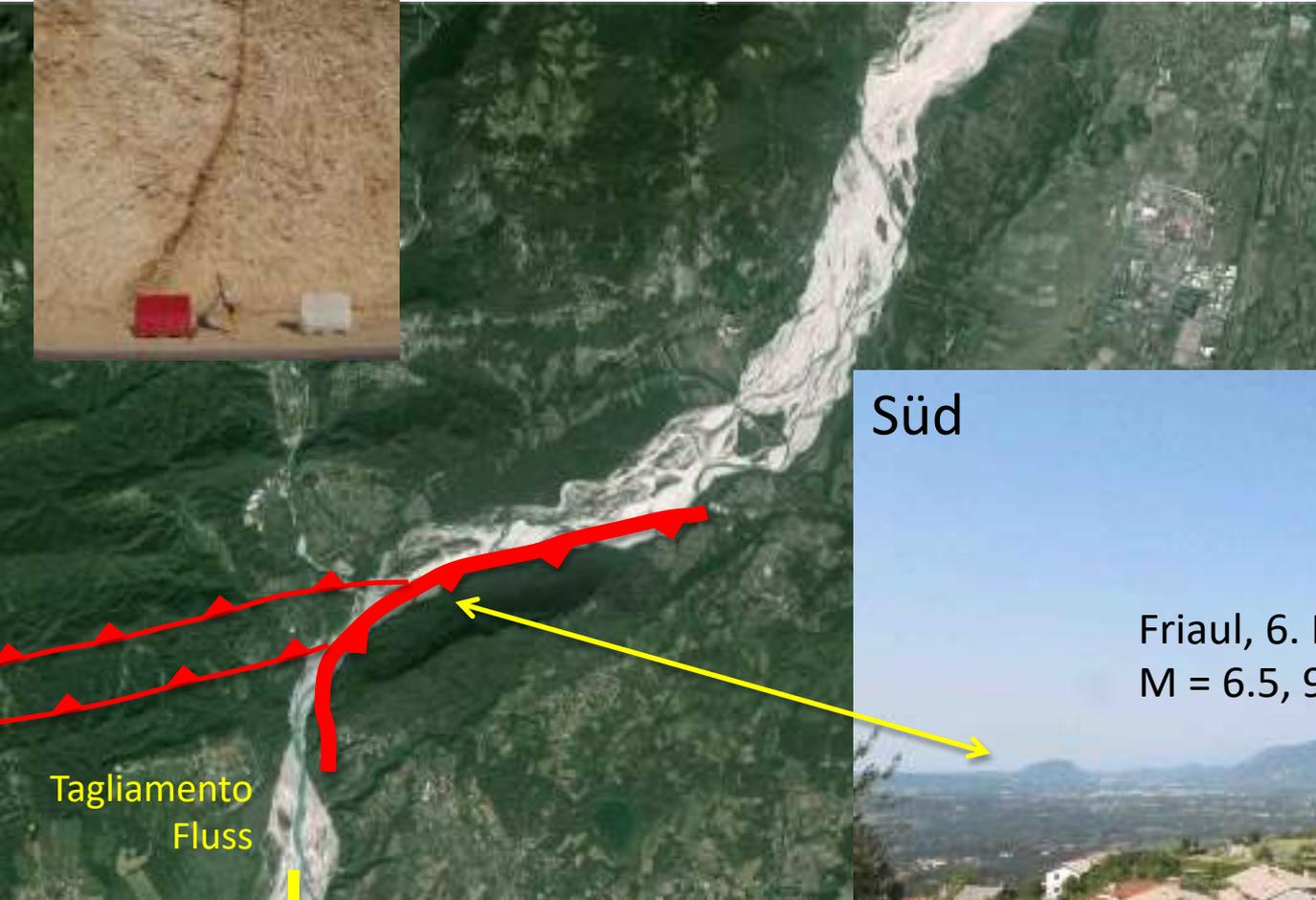
Merlini et al. 2002

# Indentation – die Kruste der Gebirge weicht seitlich aus



# Tektonik & Landschaftsveränderung

Verwerfung von eiszeitlichen Schichten (Pleistozän)



Tagliamento  
Fluss

Süd

Nord

Friaul, 6. Mai, 1976  
M = 6.5, 989 Tote

N



Wie sieht's unter den Wolken aus?

