

# MAGS2

## Mikroseismische Aktivität Geothermischer Systeme – Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung

Förderung:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



FKZ 0325662A-G

Laufzeit: 10/2013 – 09/2016

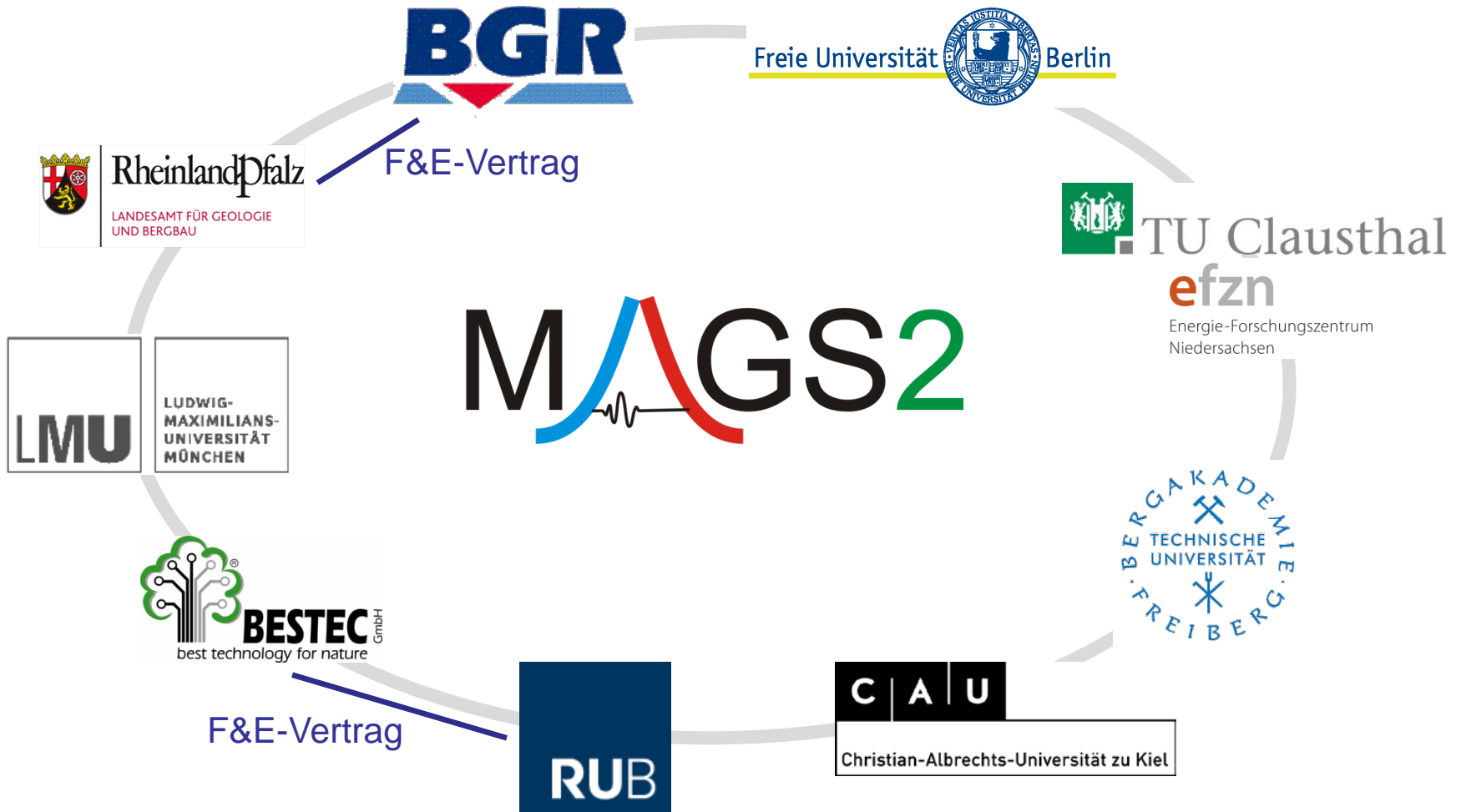
Koordination: BGR (Wegler)



Bundesanstalt für  
Geowissenschaften  
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER

# Projektpartner



**M/AGS2**

**BGR** Bundesanstalt für  
Geowissenschaften  
und Rohstoffe  
**GEOZENTRUM HANNOVER**

# Mikroseismische Aktivität Geothermischer Systeme – Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung

- A) Monitoringkonzepte für Geothermiefelder,  
Öffentlichkeitsarbeit
- B) Fluidinduzierte Seismizität in Geothermiefeldern
- C) Seismizitätsabschätzung vor dem Bohren

# Industriepartner

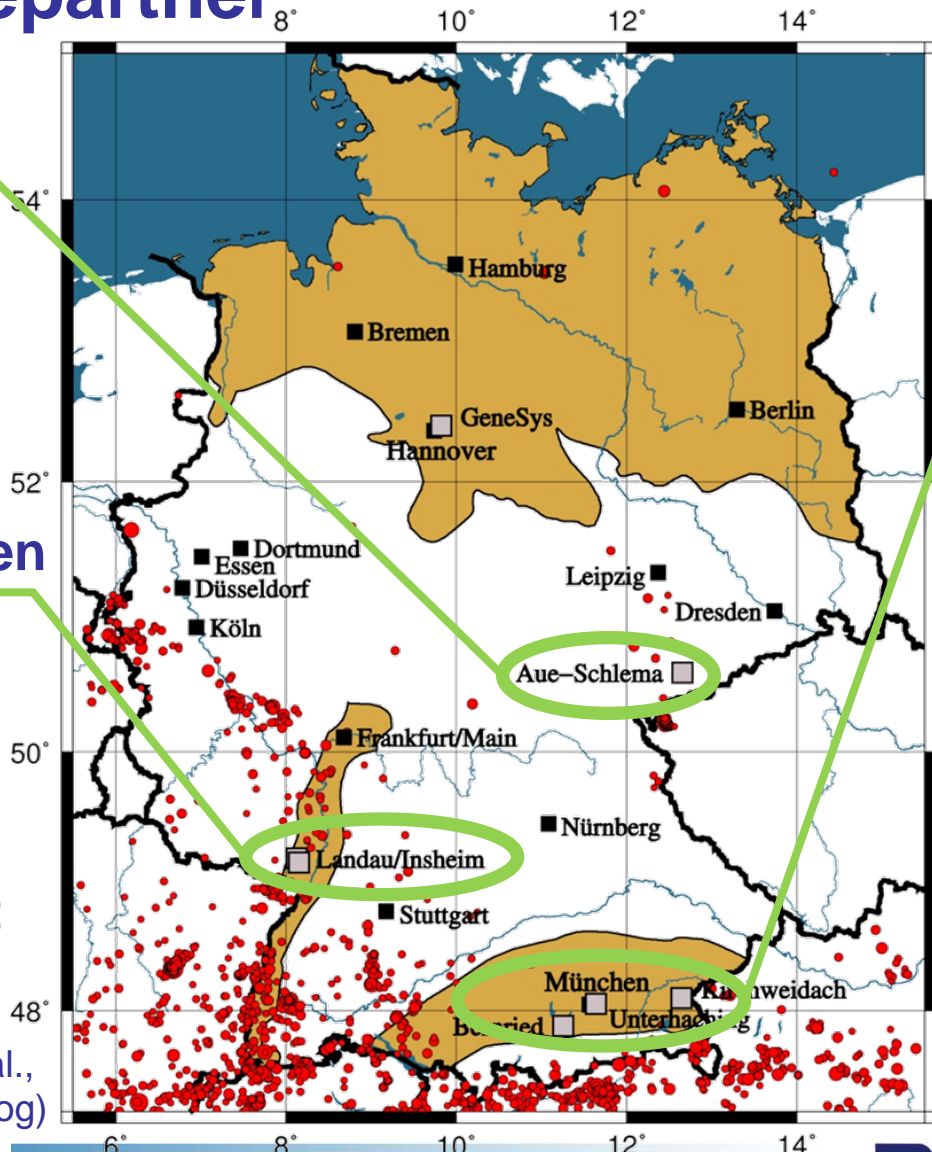
**Kristallin**  
Aue-Schlema



**Oberrrheingraben**



(Quellen: Schulz et al.,  
BGR-Erdbebenkatalog)



**Molasse**



# Themenfeld A

## A) Monitoringkonzepte, Öffentlichkeitsarbeit

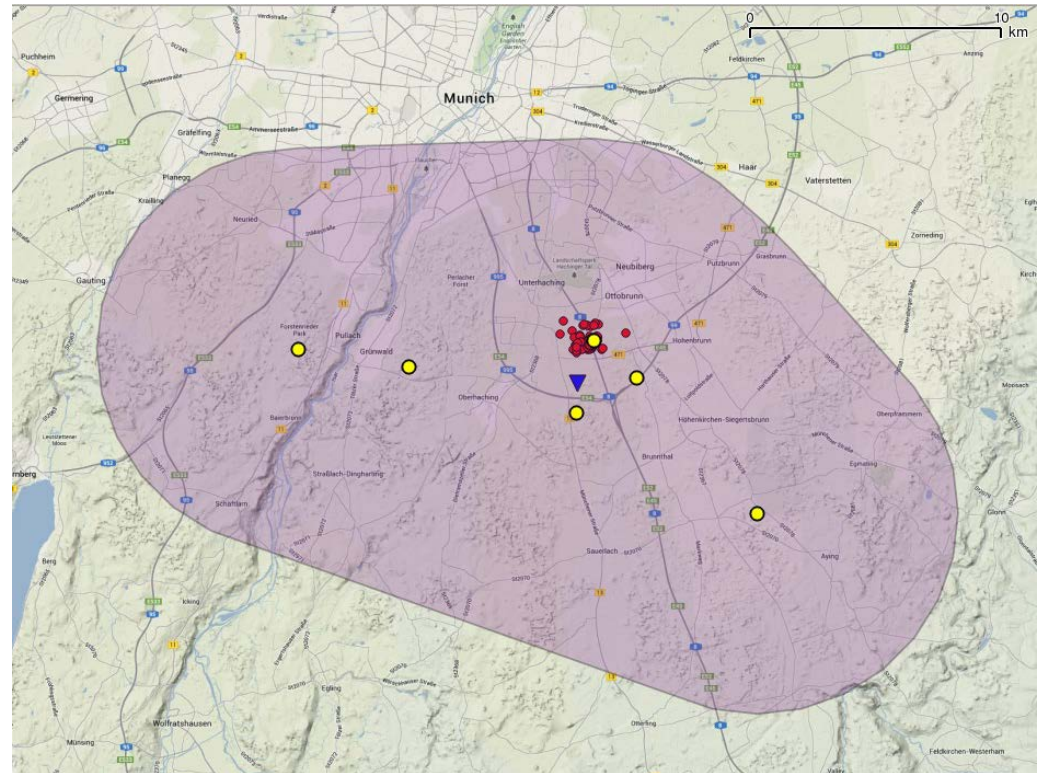
- Leitfaden seismisches Monitoring Geothermiefelder
- Erschütterungskarten
- Erschütterungsszenarien, deterministische Gefährdungsanalyse
- Programmpaket zur Seismogrammauswertung
- Visualisierung

## B) Fluidinduzierte Seismizität in Geothermiefeldern

## C) Seismizitätsabschätzung vor dem Bohren

# Leitfaden zum seismischen Monitoring in komplexen Geothermiefeldern

- Gemeinsames Netz
- Netzwerkoptimierung
- Datenaustausch und Zugriffsrechte
- Informationskette Fachbehörden

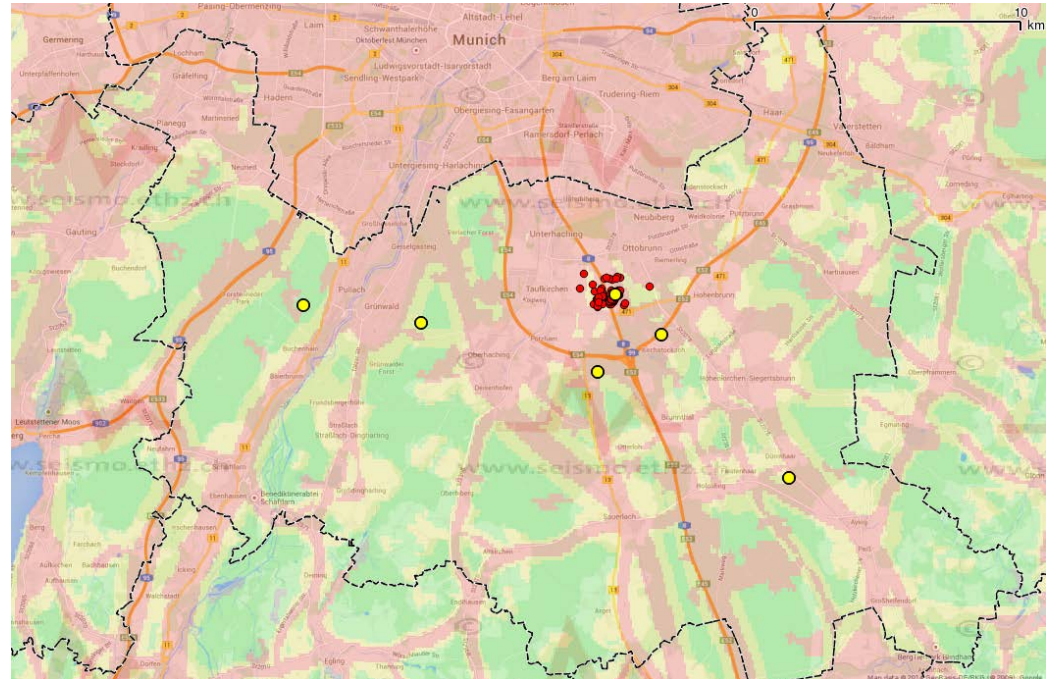


- ▼ flache Bohrlochstation (geplant)
- Mikrobeben Unterhaching (MAGS1)
- Landepunkte der Dubletten/Tripletten
- Bereich der Netzwerkoptimierung, ca. 8 km Umkreis um die Landepunkte



# Leitfaden zum seismischen Monitoring in komplexen Geothermiefeldern

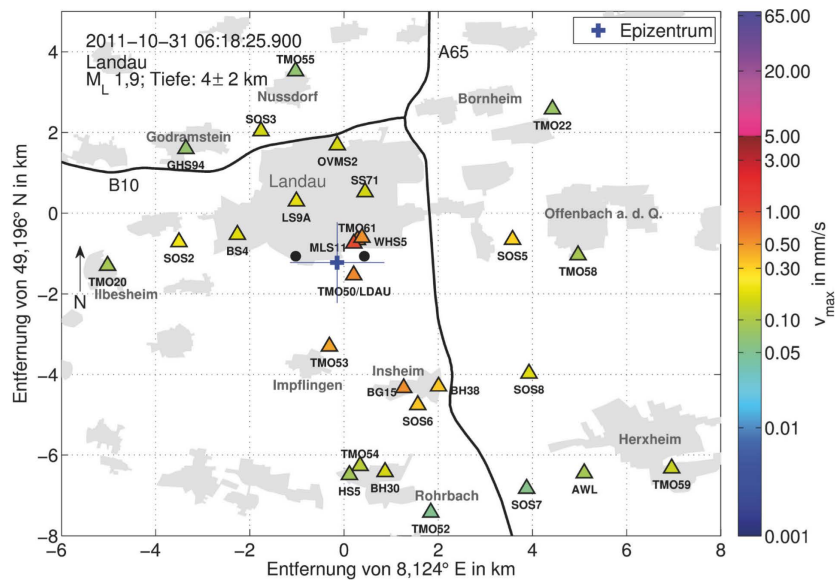
- Gemeinsames Netz
- Netzwerkoptimierung
- Datenaustausch und Zugriffsrechte
- Informationskette Fachbehörden



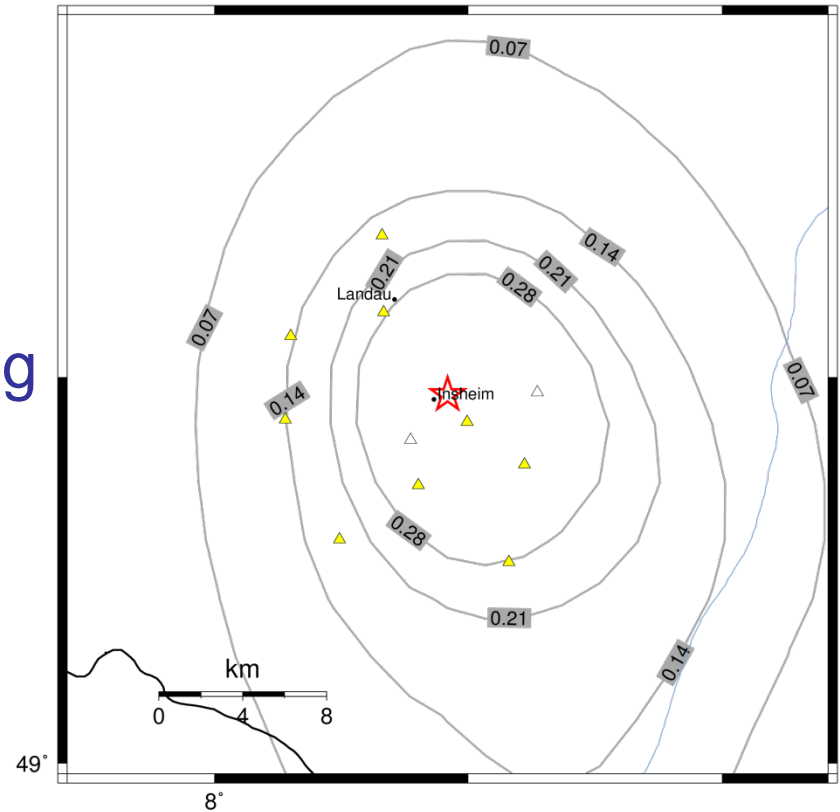
- ▼ flache Bohrlochstation (geplant)
- Mikrobeben Unterhaching (MAGS1)
- Landepunkte der Dubletten/Tripletten
- ▶ Bereich der Netzwerkoptimierung, ca. 8 km Umkreis um die Landepunkte

# Erschütterungskarten

- Flächenhafte Auswertung der PGVs (Echtzeit)
- Berücksichtigung von Unsicherheiten
- Simulation Wellenausbreitung



BGR Peak Velocity Map (in cm/s) : mags2013wpma / 49.159 / 8.153  
18.11.2013 13:54:15 CET M 1.5 N49.16 E8.15 Depth: 5.0km ID:20131118125415\_14\_49159\_008153\_20131118125432



Shakemap für Insheim-Ereignis 18.11.2013

13:54:15 CET,  $M_L$  1,8

Detektiert mit Echtzeitkreuzkorrelationsdetektor

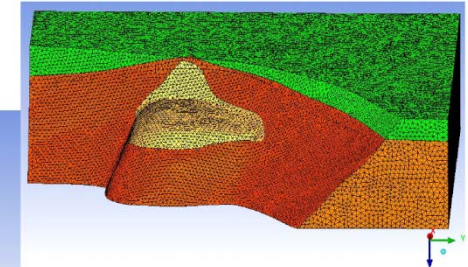
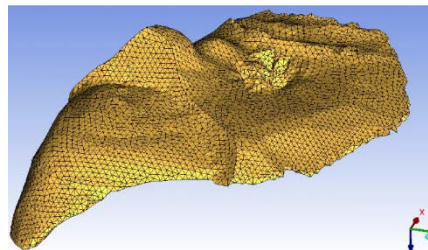
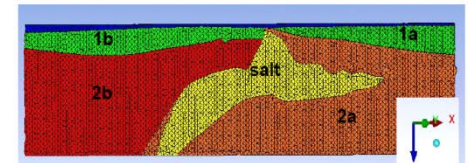
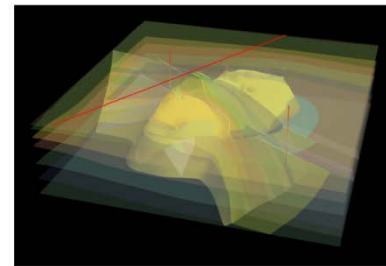


# Erschütterungsszenarien, deterministische Gefährdungsanalyse

- Wellenfeldsimulation für ein Ereignis mit gegebene Magnitude zur Beschreibung der Erschütterungswirkung an der Erdoberfläche
- deterministische Gefährdungsanalyse: Erschütterungsszenario für  $M_{\max}$

## Input

- Geschwindigkeitsmodell
- seismische Dämpfung
- Abstrahlcharakteristik
- Eigenschaften des oberflächennahen Untergrunds (Mikrozonierung)



SEG Salt Dome Model

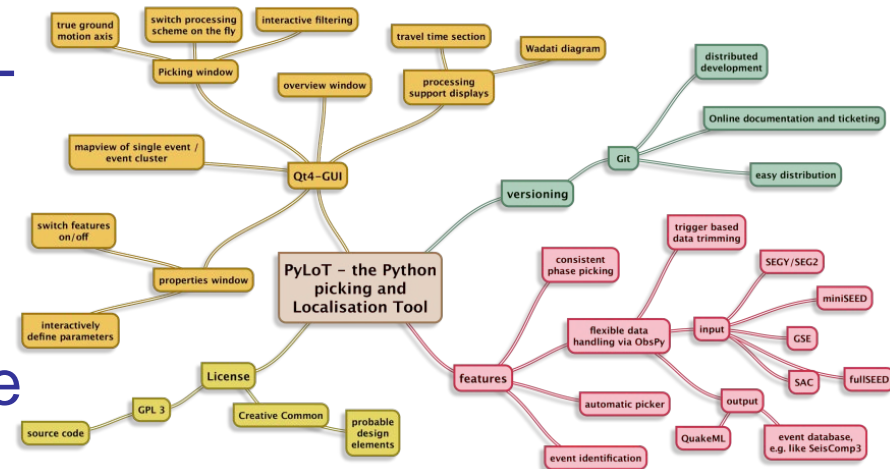
KÄSER et al, 2010. Wavefield modeling in exploration seismology using discontinuous Galerkin finite-element method on HPC infrastructure. The Leading Edge, Jan. 2010

# Programmpaket zur Seismogrammauswertung

Seismische Daten (offline)

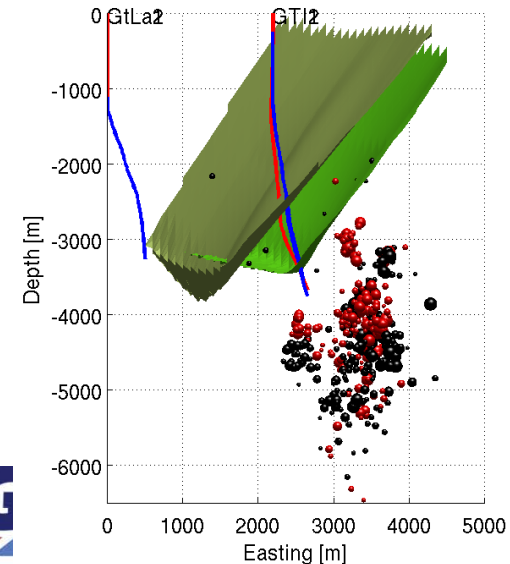
PyLoT, autoPILOT und VELST

- Weiterentwicklung für komplexe Geothermiefelder
- Verknüpfung der Programme



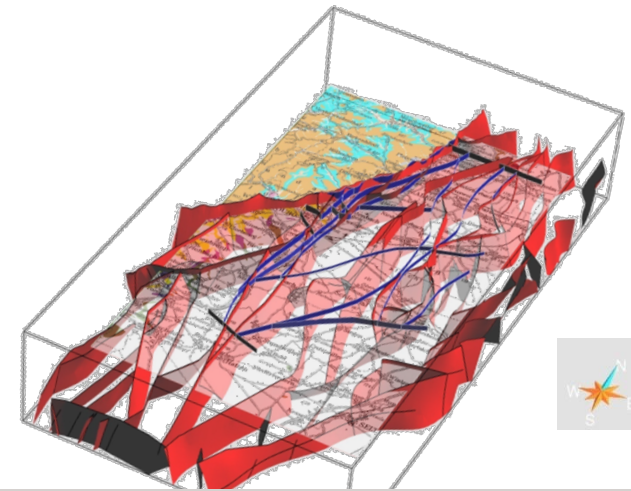
Automatische Charakterisierung seismischer Ereignisse:

- Detektion
- Lokalisierung
- Magnitude
- Herdmechanismen
- Herdradius
- Spannungsabfall
- Minimum-1D-Modell

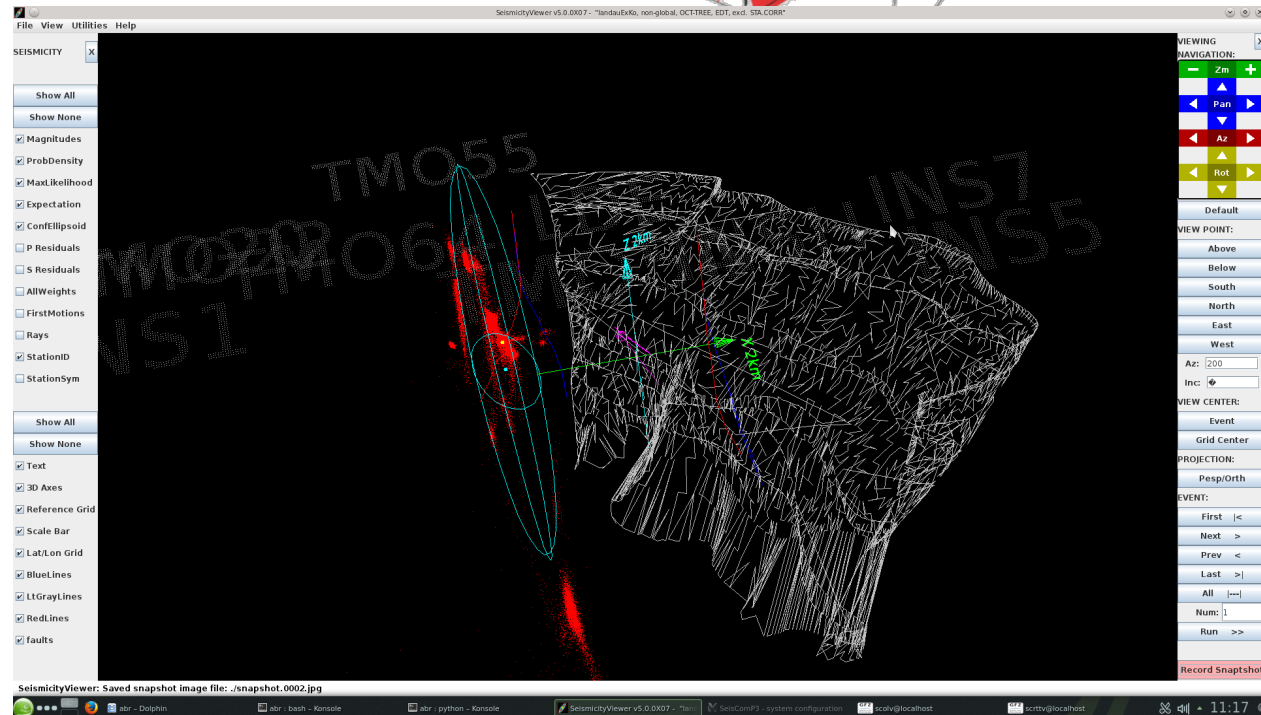


# Visualisierung

- Bereitstellung geologischer Informationen
- strukturgeologische Interpretation



- Ort und Art der Ereignisse mit geologischen Strukturen verschneiden

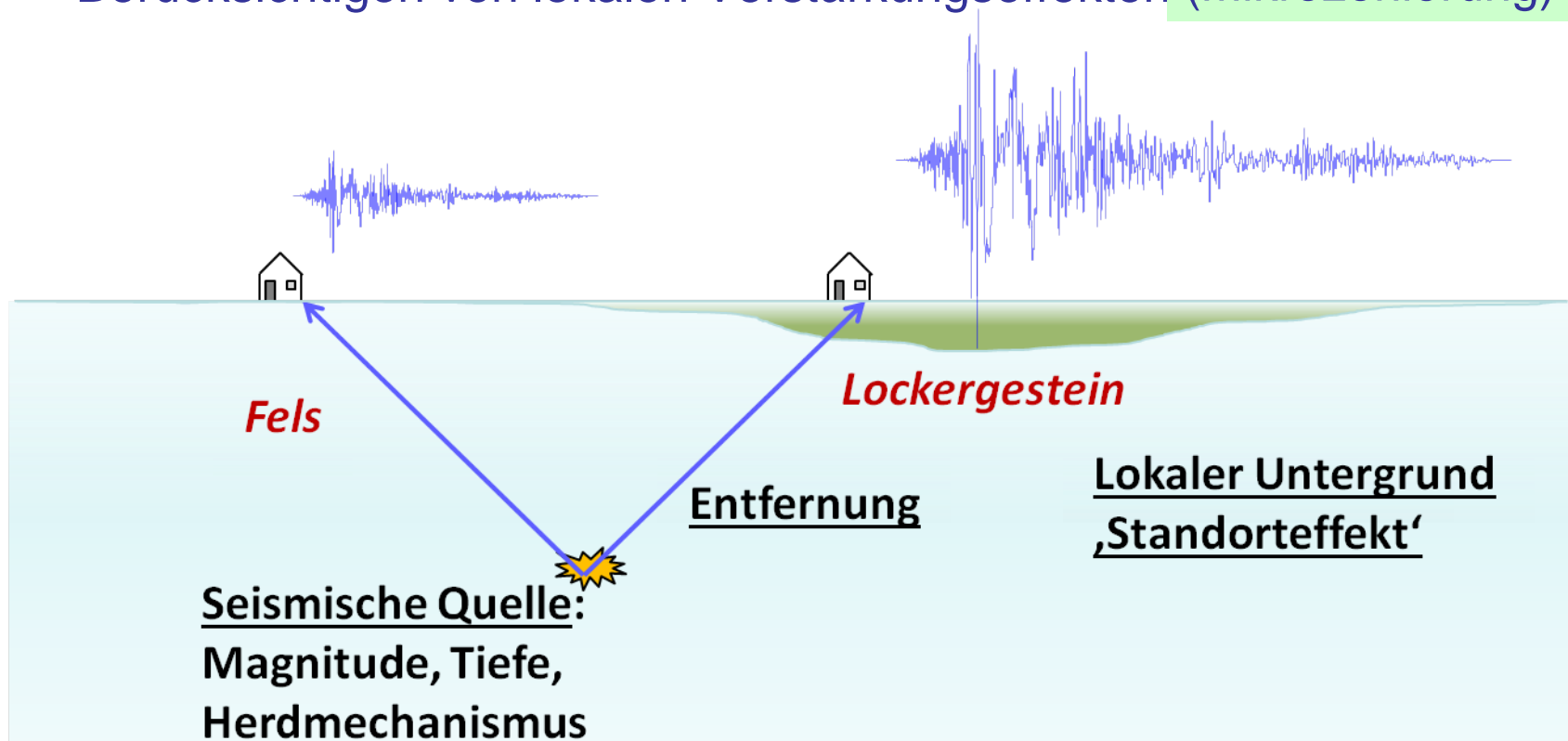


# Themenfelder und Arbeitsziele

- A) Monitoringkonzepte, Öffentlichkeitsarbeit
- B) Fluidinduzierte Seismizität in Geothermiefeldern
  - Probabilistische Gefährdungsanalyse
  - Erfassung von Veränderung der seismischen Gefährdung
  - Methoden zur Reduktion der seismischen Gefährdung
- C) Seismizitätsabschätzung vor dem Bohren

# Probabilistische Gefährdungsanalyse

- Auftretenswahrscheinlichkeit für Ereignisse mit gegebener Magnitude/PGV/Intensität
- Berücksichtigen von lokalen Verstärkungseffekten (Mikrozonierung)





# Probabilistische Gefährdungsanalyse

EP4: AP1 – Mikrozonierung

Mikrotremor-Messanlage - Tests

10 Lennartz LE-3D 5s Seismometer

10 Omnirecs Cube Datenlogger

Entwicklung der Transport-Box für Datenlogger + mobile Stromversorgung  
zusammen mit Omnirecs

Aufrüstung mit WLAN-Datenübertragung in Entwicklung



=> Übergabe der 10 Stationen Anfang Juli 2014

# Probabilistische Gefährdungsanalyse

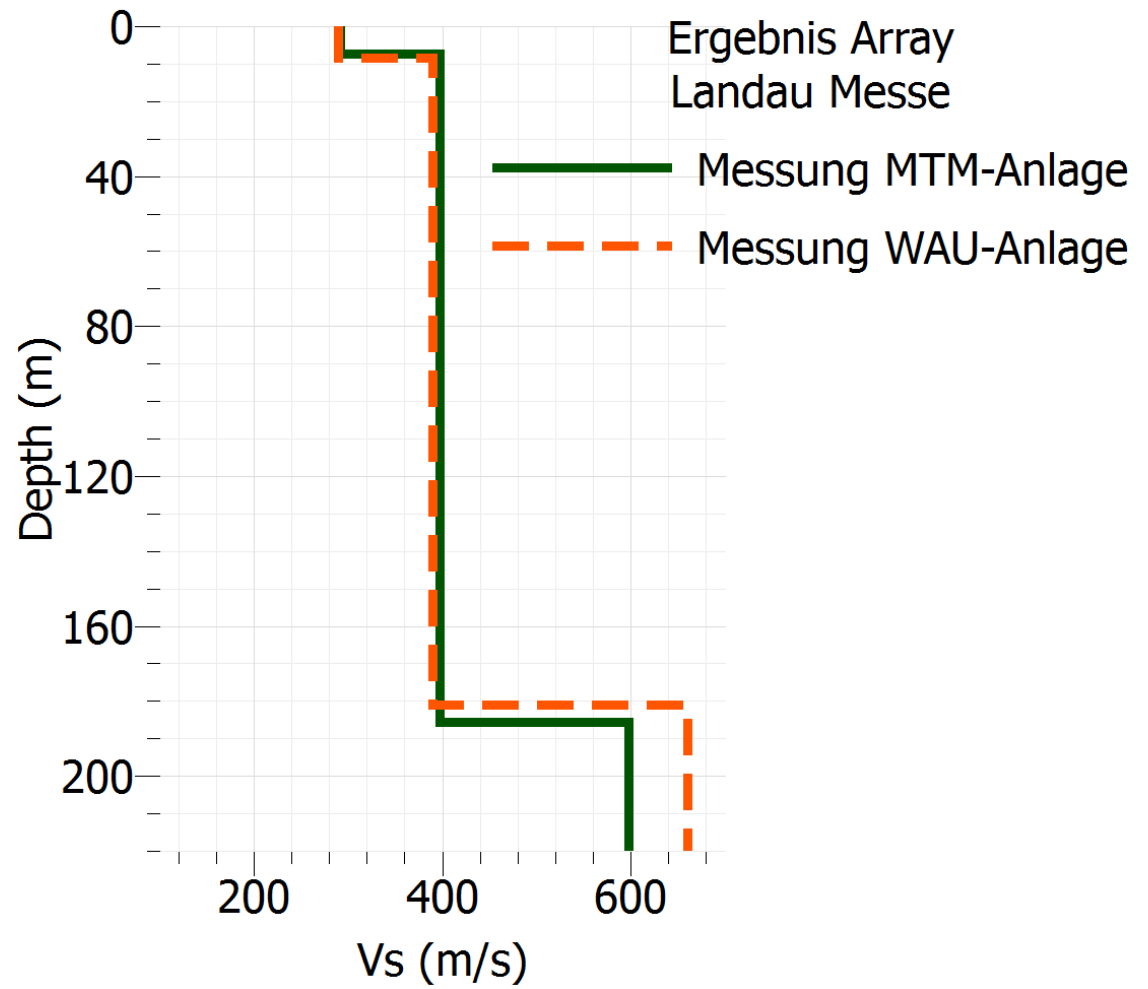
EP4: AP1 – Mikrozonierung

Mikrotremor-Messanlage - Tests

## Vergleichsmessung

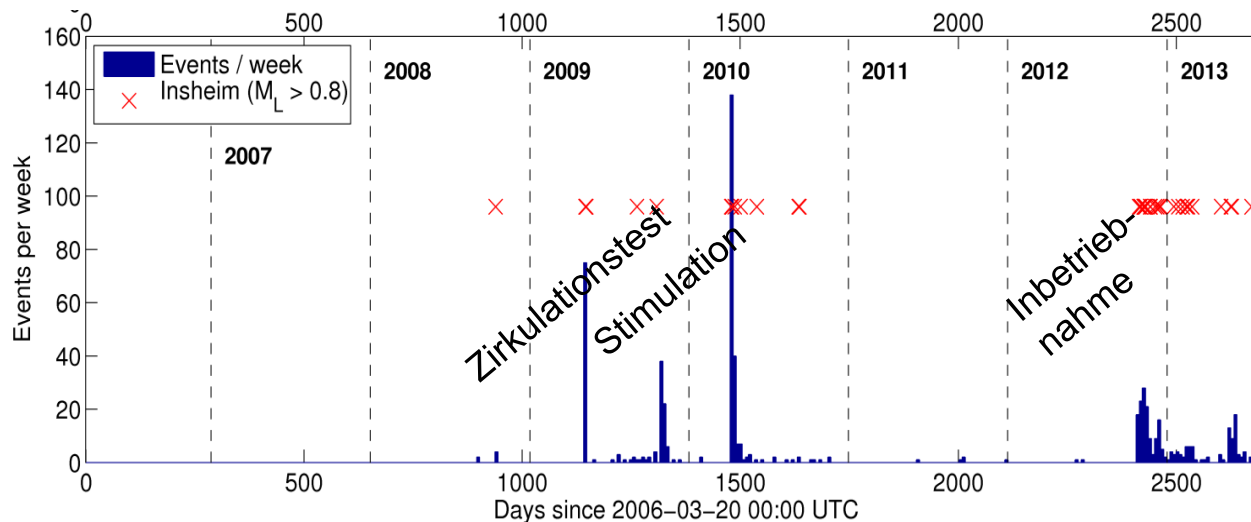
WAU-Anlage Potsdam

BGR-Anlage Hannover



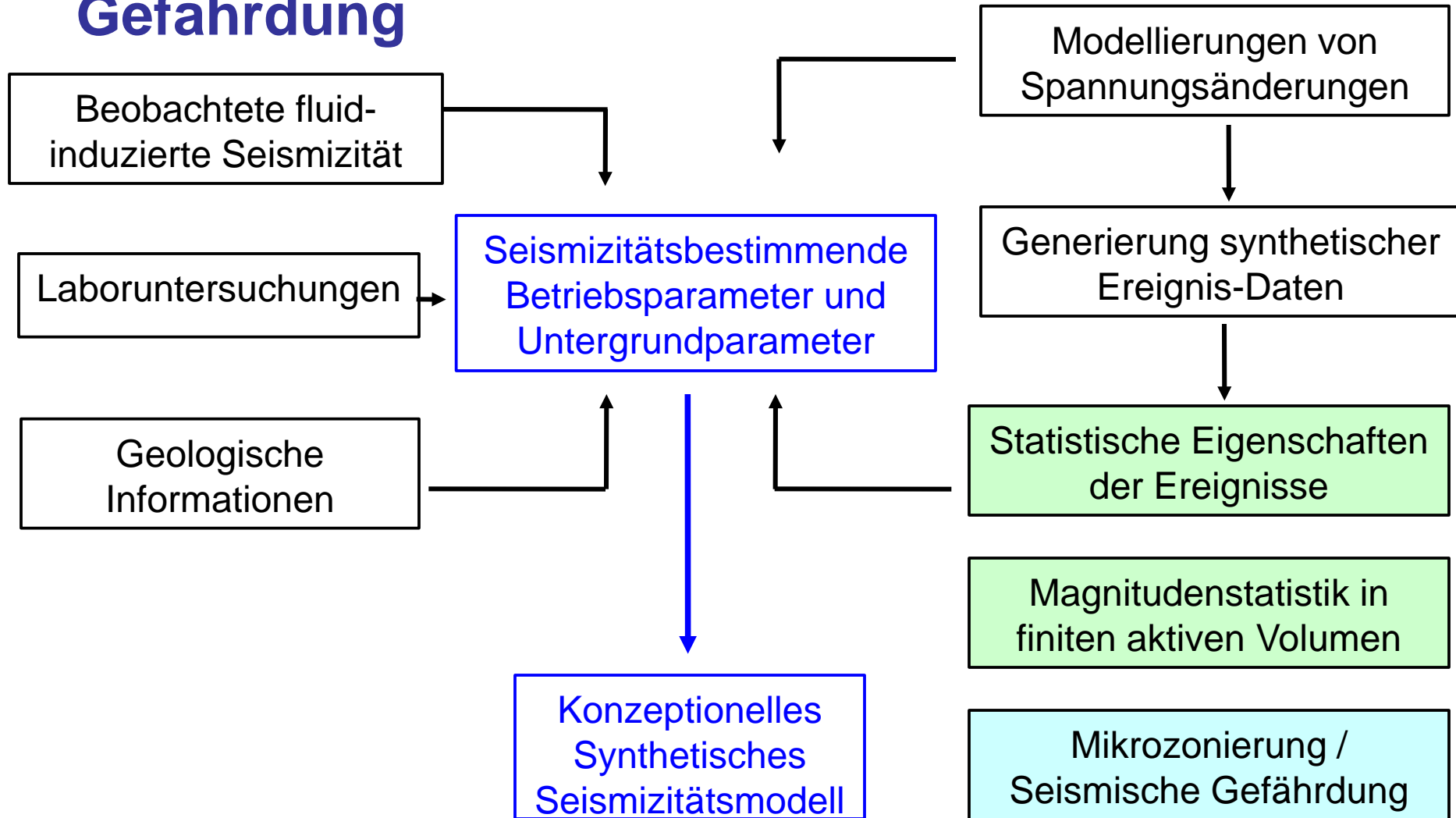
# Erfassung von Veränderungen der seismischen Gefährdung

- Induzierte Seismizität zeitlich nicht konstant



- Bestimmung der seismischen Gefährdung anhand der aktuellen Seismizitätsparameter: Variationen der Magnituden-Häufigkeits-Kurve und der Lokalisierungen
- Integration in Ampelsysteme

# Methoden zur Reduktion der seismischen Gefährdung

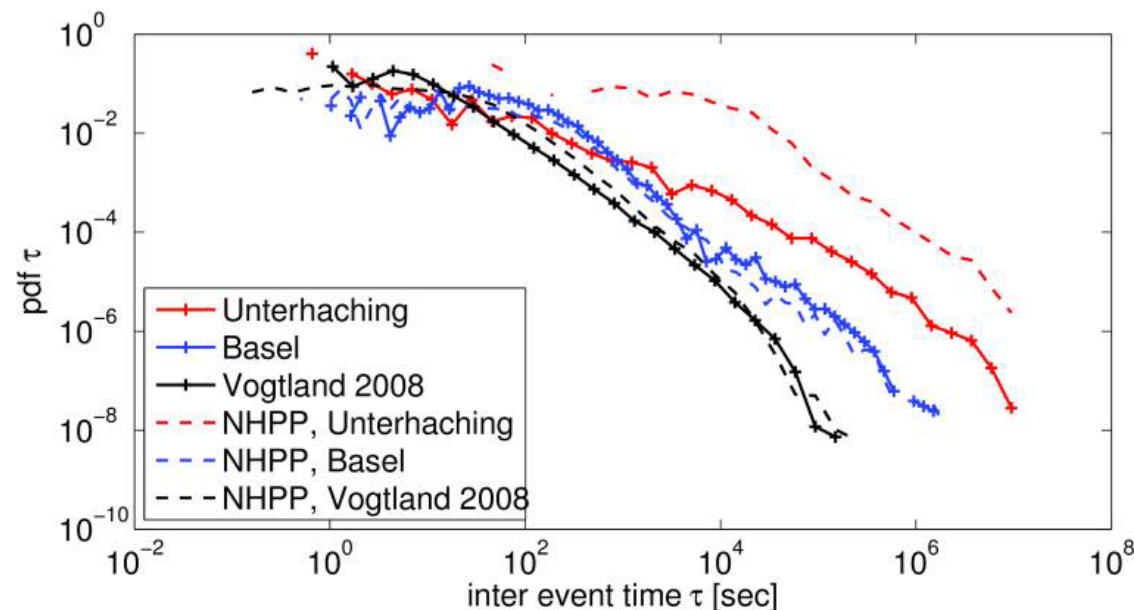


# Methoden zur Reduktion der seismischen Gefährdung

Statistische Eigenschaften



Analyse der Ereignisse  
in Unterhaching



Vergleich mit Ergebnissen für  
Basel (Stimulation) und Vogtland  
(Schwarmerdbeben)



Indizien für Kombination von  
induzierter und getriggelter  
Seizmität (aftershock sequences)

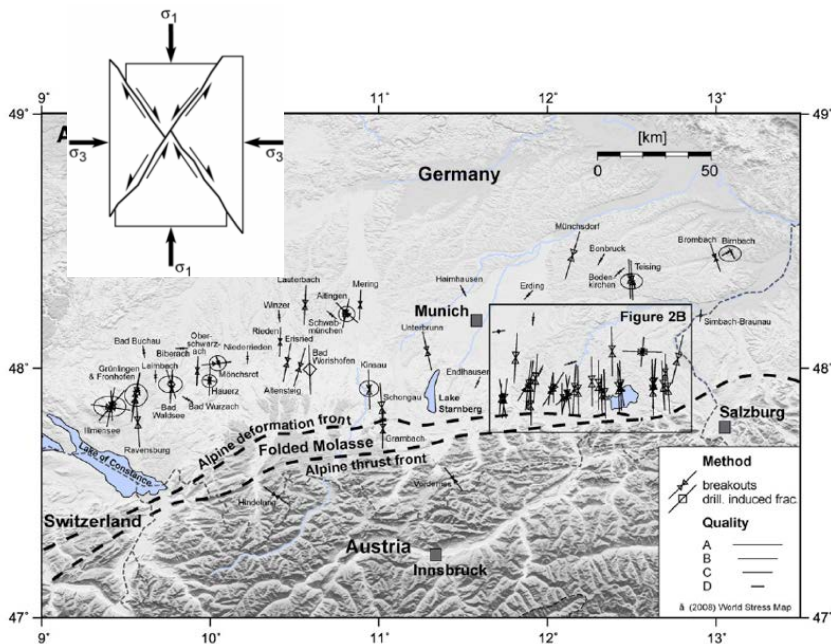


# Themenfelder und Arbeitsziele

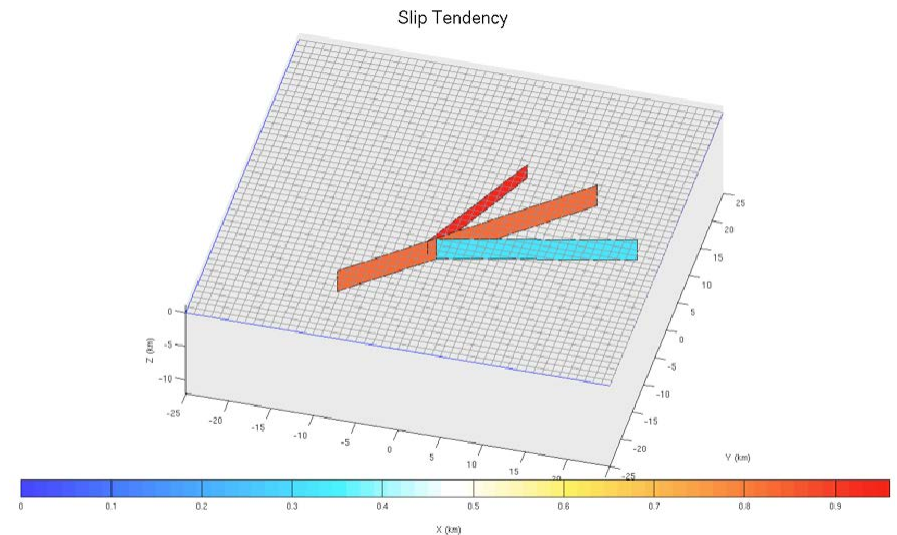
- A) Monitoringkonzepte, Öffentlichkeitsarbeit
- B) Fluidinduzierte Seismizität in Geothermiefeldern
- C) Seismizitätsabschätzung vor dem Bohren
  - Slip Tendency
  - Methoden zur Abschätzung der Seismizität vor Bohrbeginn

# Slip Tendency

- Orientierung der Klüfte zum Spannungsfeld
- Vorzugsrichtung bezüglich seismischer Aktivierbarkeit

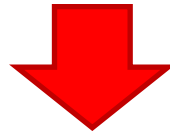


Reinecker et al., 2009



# Methoden zur Abschätzung der Seismizität vor Bohrbeginn

standortbezogenes Prozessverständnis  
(MAGS1, eigene Labordaten bzgl. Gesteinscharakteristika)



Erdbebenstatistik  
(natürliche + synthetische)



**Abschätzung der  
Seismizität  
vor Bohrbeginn**



Slip Tendency  
Analyse



numerische Analysen:

zeitliche Entwicklung v. Spannungen, Gutenberg-Richter & aktivem Volumen  
(Parameterstudien + Sensitivitätsanalysen für Untergrundparameter in Abhängigkeit  
definierter Stimations- und Betriebsszenarien)

# Zusammenfassung

## **Mikroseismische Aktivität Geothermischer Systeme** – Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung

### Themenfelder

A - Monitoringkonzepte für komplexe Geothermiefelder

B - Fluidinduzierter Seismizität in komplexen Geothermiefeldern

C - Übertragbarkeit auf neu zu erschließende Standorte

Das Verbundprojekt **MAGS2** - Mikroseismischen Aktivität geothermischer Systeme - **Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung** wird finanziert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie nach einem Beschluss des Deutschen Bundestages und betreut vom Projektträger Jülich.

Förderkennzeichen: 0325662A-G



Projektträger für



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



Bundesanstalt für  
Geowissenschaften  
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER