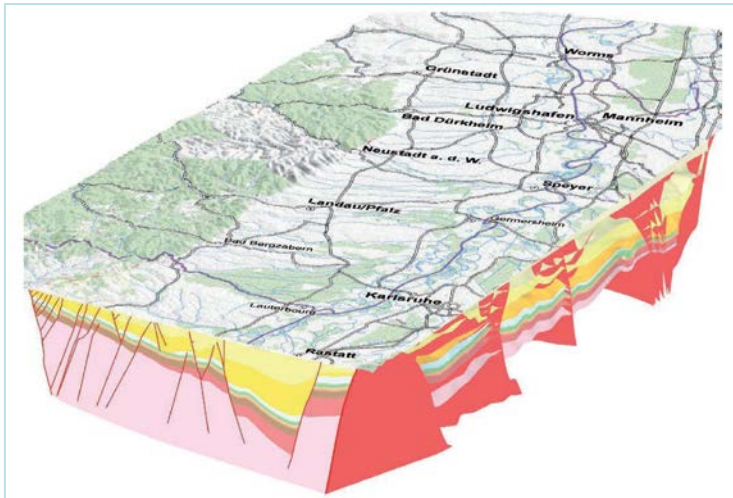


# MAGS2 Einzelprojekt EP 4: Ermittlung der seismischen Gefährdung bei tiefer geothermischer Energiegewinnung unter Berücksichtigung der regionalen und lokalen tektonischen Strukturen

Antragsteller

Thomas Spies & Jörg Schlittenhardt (BGR)

Bernd Schmidt (LGB)



# Arbeitsplan EP4: 5 Arbeitspakete und ihr Bezug zu den Zielen von MAGS2

Themenfeld „Fluidinduzierte Seismizität in Geothermiefeldern“

**AP 1: Mikrozonierung**

**AP 2: Weiterentwicklung der Berechnungen zur Ermittlung und Bewertung der Gefährdung der induzierten Seismizität**

Themenfeld „Seismizitätsabschätzung vor dem Bohren“

**AP 3: Einschätzung der Gefährdung im Vorfeld**

Themenfeld „Monitoringkonzepte und Öffentlichkeitsarbeit“

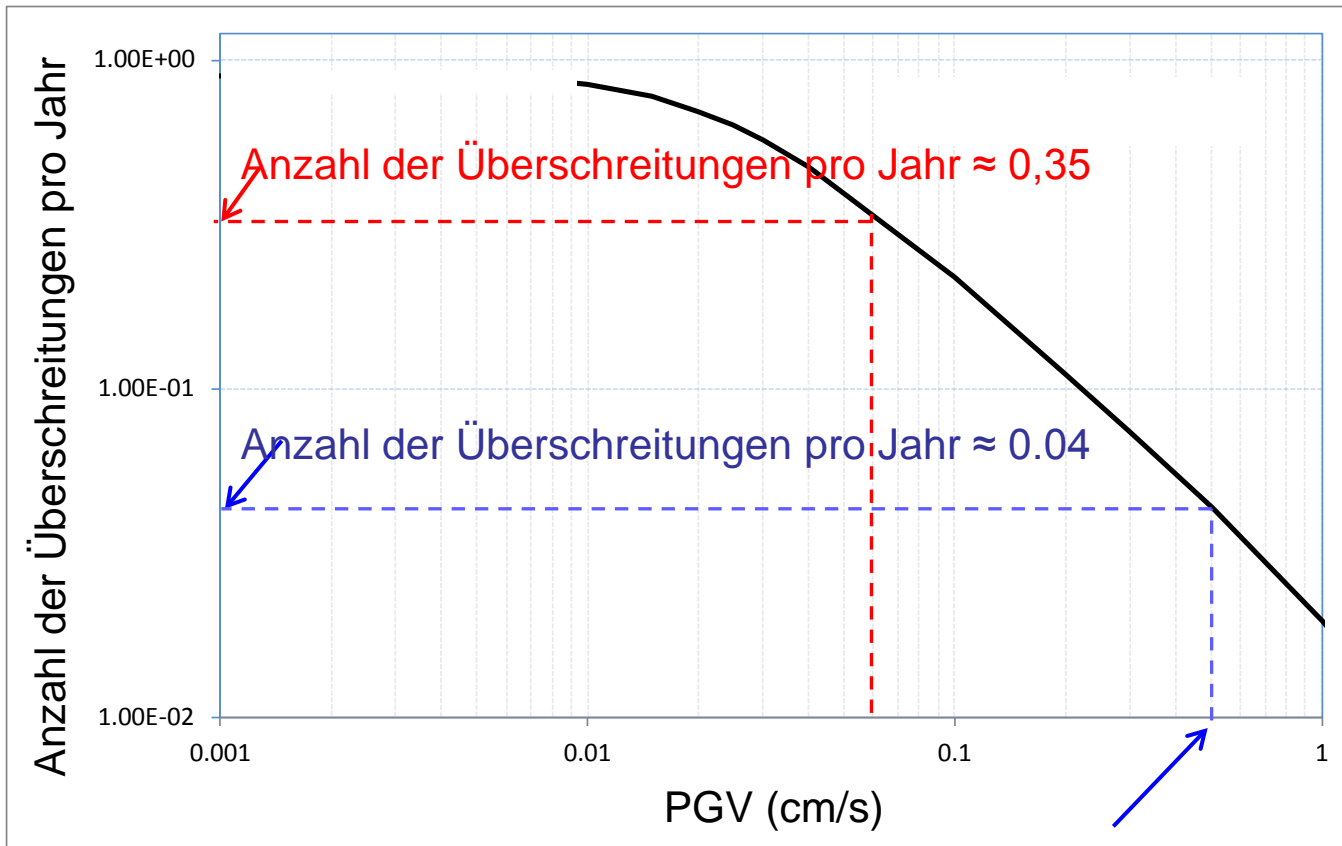
**AP 4: Erfassung von Veränderungen der seismischen Gefährdung in Monitoring-Strategien**

**AP 5: Dokumentation und Empfehlungen**

## AP 1: Mikrozonierung

- Test der Methodik und Anpassung
- Kombination von Mikrotremormessungen und Verwendung vorliegender geologischer/geotechnischer Daten zur Bestimmung des lokalen Untergrunds/Baugrunds
- Erstellung eines Leitfadens für die Durchführung der Mikrozonierung bei tiefen Geothermie-Projekten
- Technische Betreuung

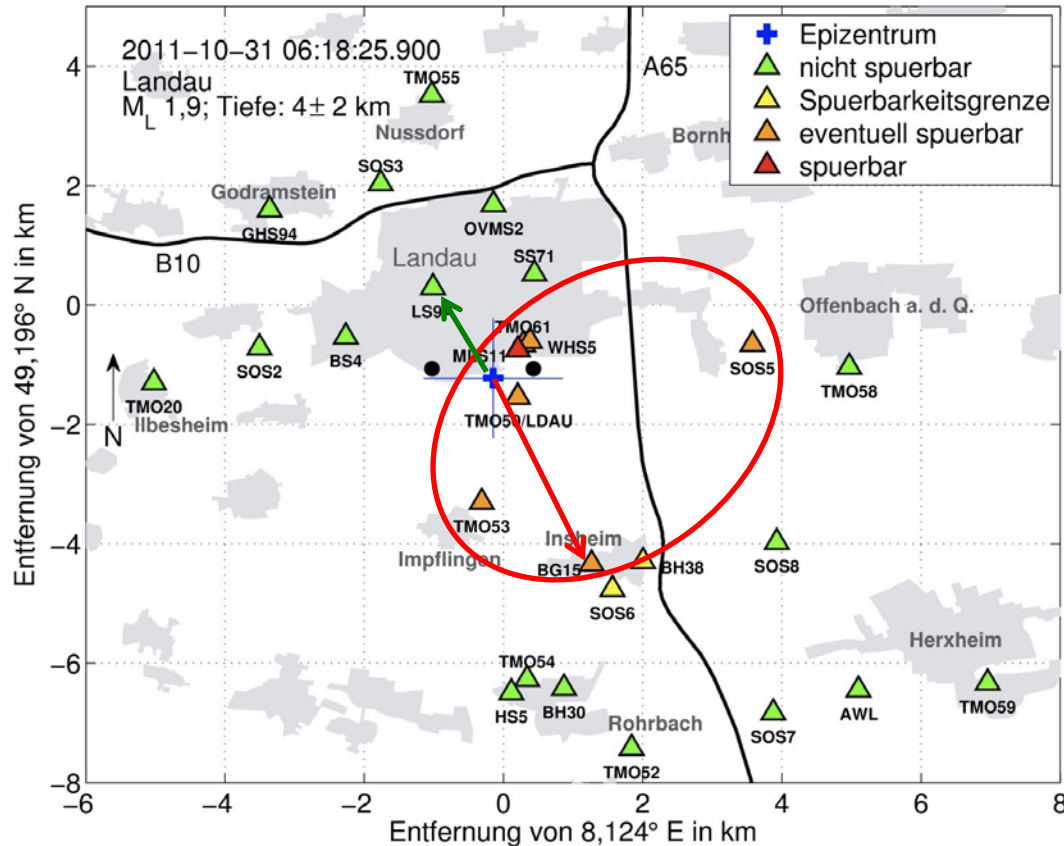
# Rückblick MAGS 1: Probabilistische Gefährdungsanalyse mit Input-Daten für Unterhaching, hier die Gefährdungskurve des Standorts



PGV = 0.5 cm/s:  
Schwellenwert für Schäden an  
Wohngebäuden nach DIN 4150

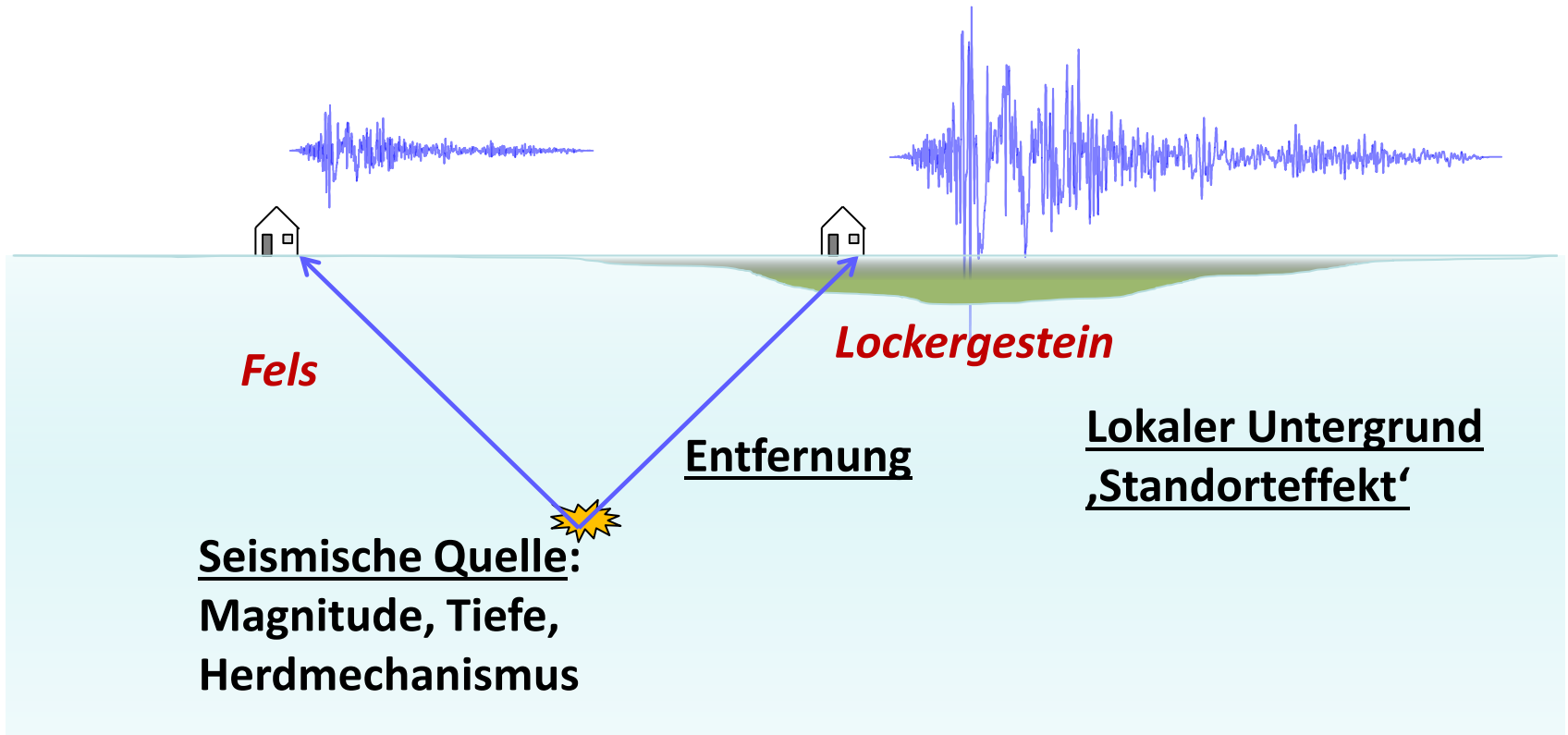
## Rückblick MAGS 1: Einfluss des Standorteffekts

Siehe hier: Ergebnisse für Netzwerk Landau von EP 1 (Groos et al., 2013) mit Bewertung der möglichen Spürbarkeit eines Ereignisses (ML = 1.9)



- Standorteffekt kann sehr starken Einfluss auf Gefährdung haben.
- Zur Bewertung der Standorteffekte müssen detaillierte Informationen über lokalen Untergrund vorliegen.
- **MAGS 2:** Mikrozonierung für die Ermittlung der lokalen Untergrundstruktur und Berücksichtigung in Gefährdungsanalyse.

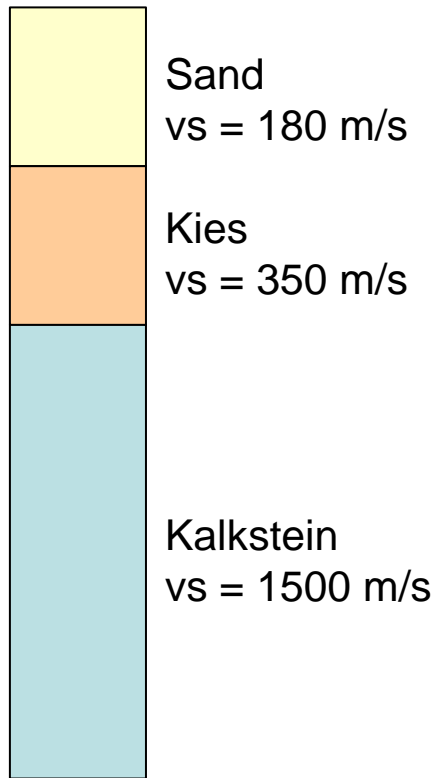
# Der Standorteffekt: Verstärkung der seismischen Bodenbewegung



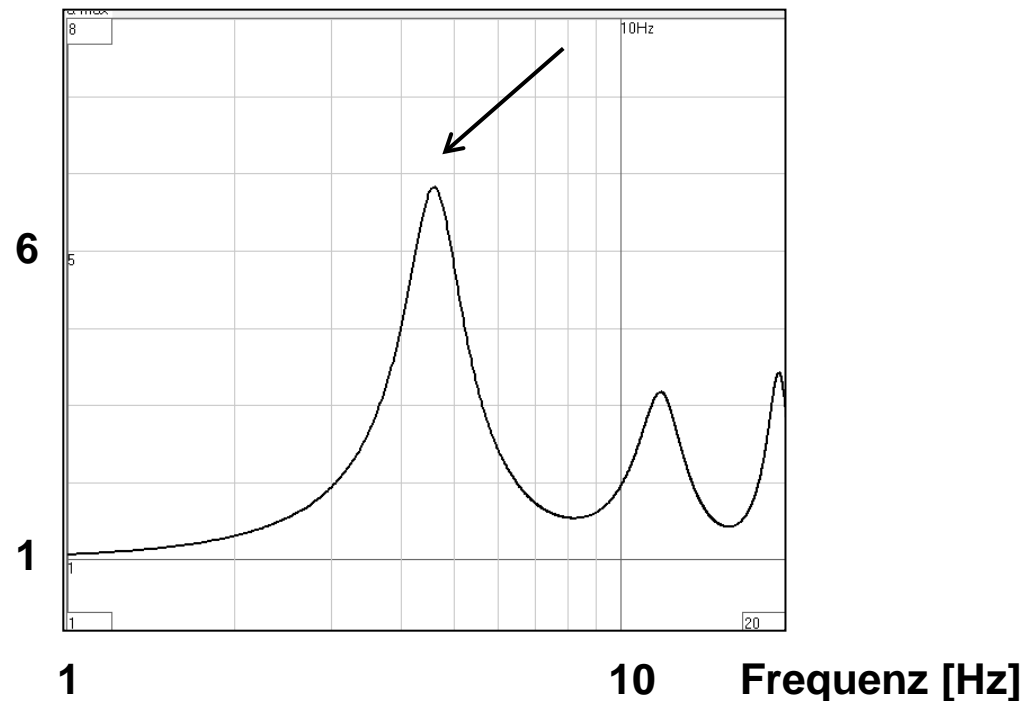
# Beispiel für ausgeprägten Standorteffekt: Weserterrassen zwischen Hameln und Bodenwerder

15 m mächtige Flussablagerungen über Festgestein mit starkem Kontrast der seismischen Geschwindigkeiten

## Lithologisches Profil mit seismischen Geschwindigkeiten



## Verstärkung der seismischen Bodenbewegung





Seit Juli sind an verschiedenen Stellen in der Stadt in der Wiehre und der Oberau Bohrteams im Einsatz. Sie untersuchen zusammen mit Geologen und Ingenieuren den Untergrund, um seine Beschaf-

fenheiten besser kennenzulernen. Denn danach wird die weitere Planung des Stadttunnelbaus ausgerichtet. Bis hin zur Frage, was für einen Tunnelbohrer man für die Erdschichten verwenden muss.



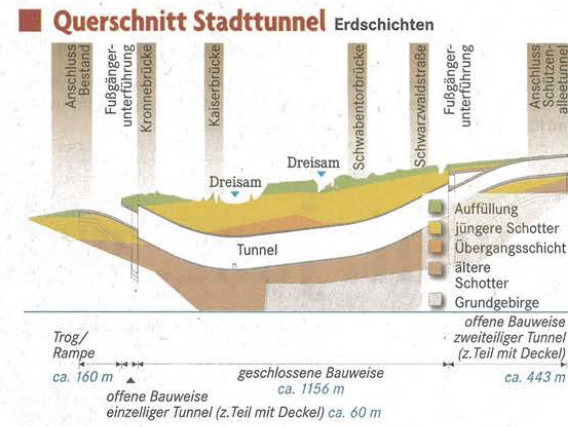
Lockergesteine bis in 32 m Tiefe

Festgestein Gneis

wurde am oben der werden



Matsch, Kies, Geröll und Steine holen die Bohrteams aus dem Erdreich.



FOTOS: INGÖ SCHNEIDER / INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK / DULE64 (FOTOLIA.COM)

Beispiel für erwarteten Standorteffect: Stadttunnel Freiburg mit 32 m mächtigen Flussablagerungen über Gneis



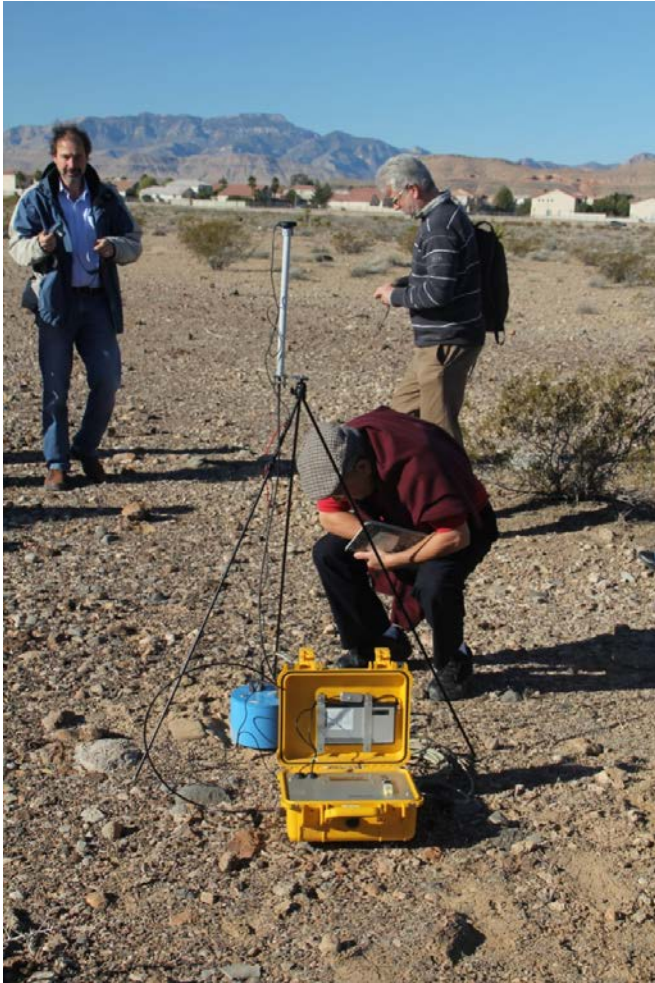
## Vorgeschlagene Vorgehensweise zur Minimierung von Bohrarbeiten in EP 4: Mikrozonierung mit Mikrotremormessungen

- Erkundung des lokalen geologischen Untergrunds unter Verwendung effektiver geophysikalischer Messungen und Nutzung bestehender Kenntnisse zur Geologie
- Mikrozonierung: Detaillierte Erfassung des Untergrunds auf der Skala einer Gemeinde oder eines Stadtteils, dichtes Raster der Messpunkte
- Registrierung der seismischen Bodenunruhe (Mikrotremormessungen): Messungen mit einer Station (3 Komponenten) und mit Arrays von 4 bis 10 Stationen



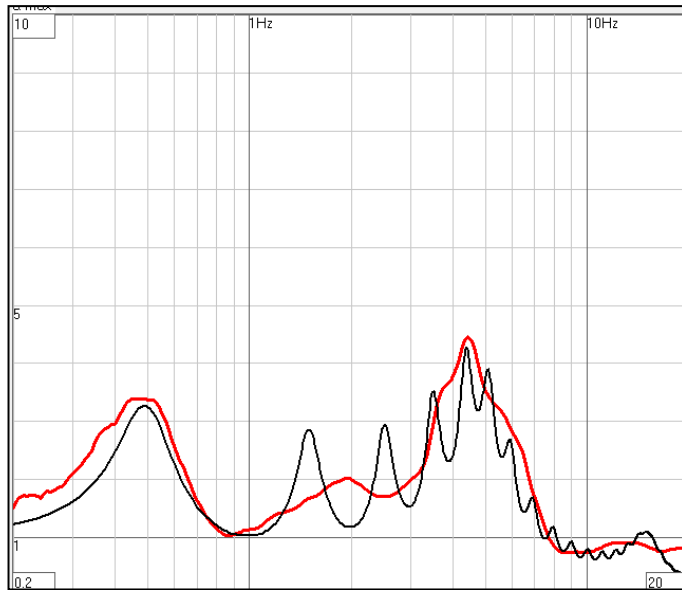
# Mikrotremor Messmethoden: Einzelstation und Array

- Methoden aufgrund der Effizienz oft genutzt, aber Verlässlichkeit war fraglich
- Umfangreiche Forschungsprojekte haben Methoden optimiert und neue Hardware- und Software-Systeme entwickelt: EU-Projekte SESAME (2006) und NERIES (2012)
- Adaption für geotechnische Zwecke wird in EP4 geleistet



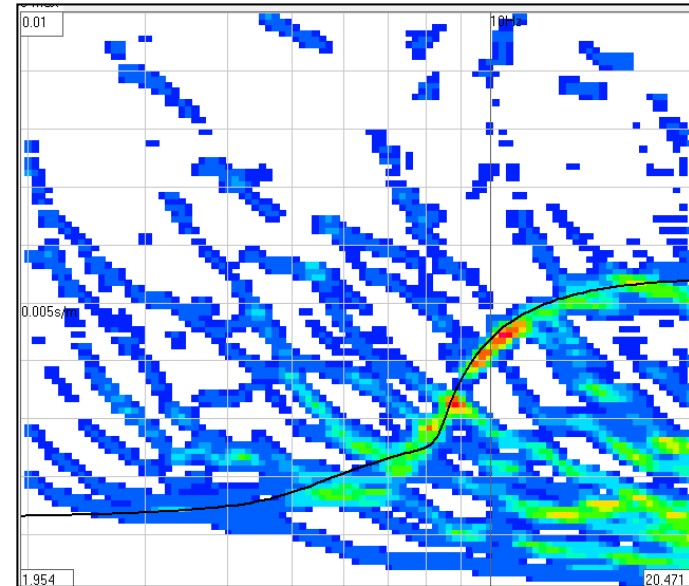
# Beispiel: BGR Messungen mit Einzelstation und mit Array an einem Standort (Ibs von Seth, 2013)

## Einzelstation



- Spektrenquotient H/V: Resonanz-Frequenz(en)
- Schnelle Messung an allen Messpunkten im engräumigen Raster

## Array mit 4 Stationen

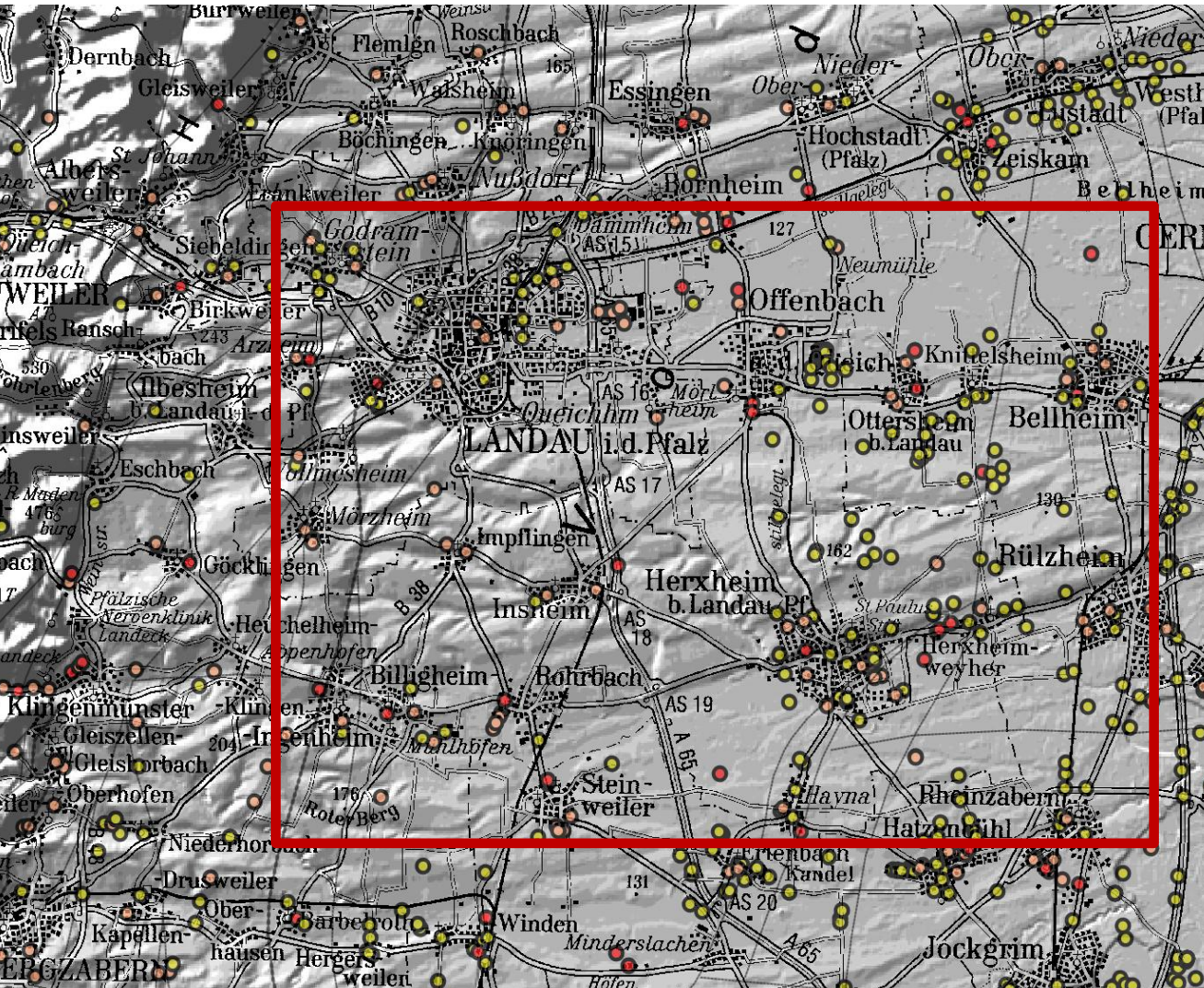


- Dispersionskurve von Oberflächen-Wellen: Seismische Geschwindigkeiten
- Aufwändigere Messung an wenigen Messpunkten





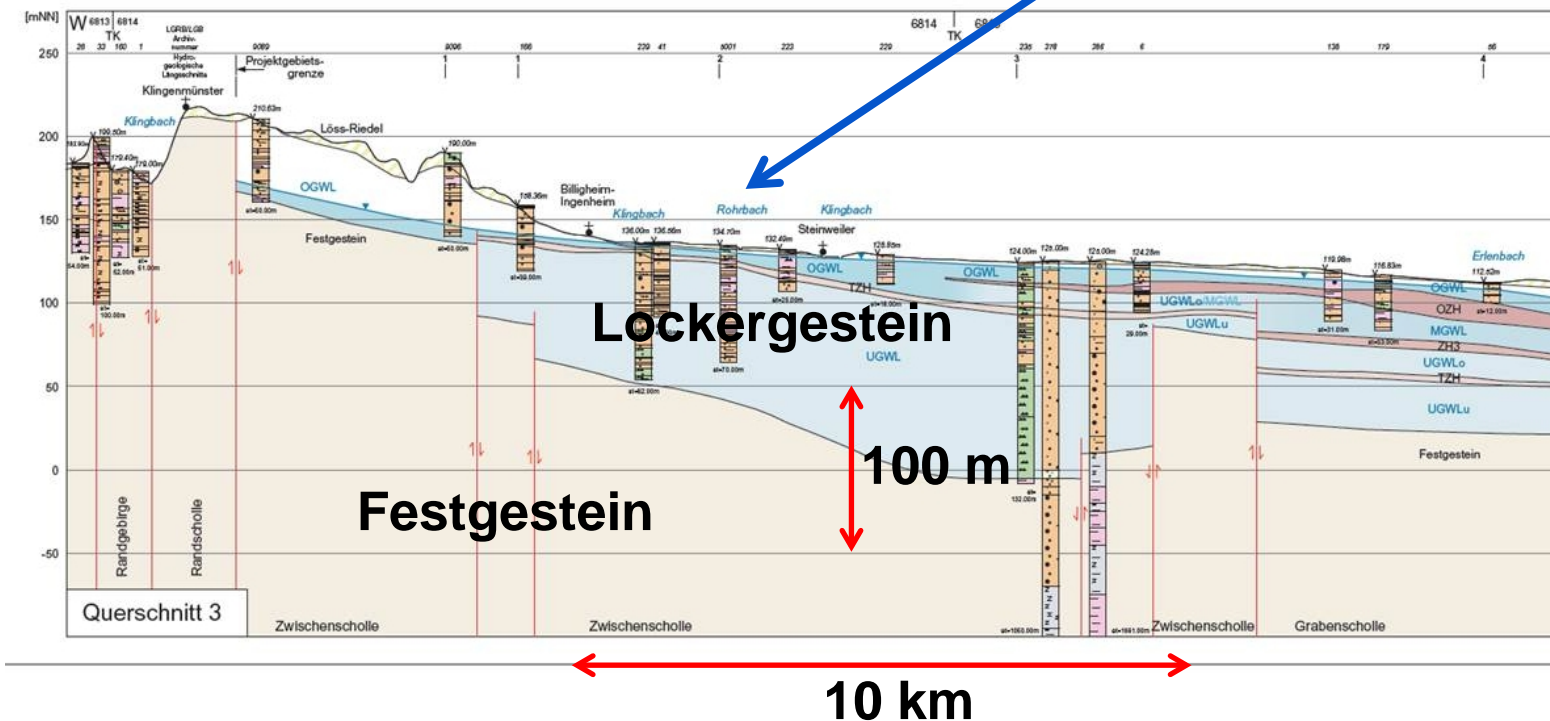
## Verwendung vorliegender geologischer Informationen: Bohrpunktkarte LGB



Projektgebiet MAGS 2  
um Landau i.d. Pfalz

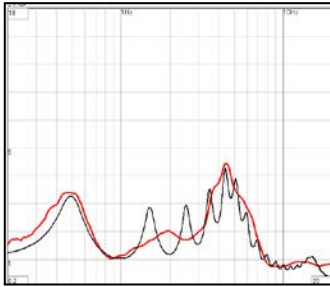
# Verwendung vorliegender geologischer Informationen des LGB: Schnitt mit Bohrprofilen

Ortschaft Rohrbach bei Landau



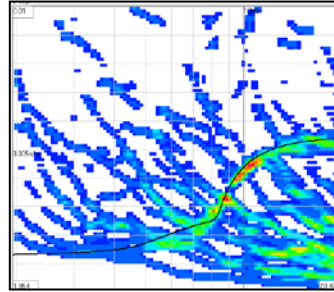


## Einzelstation



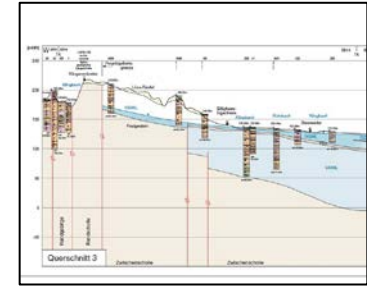
Räumlich dichtes  
Messraster:  
Ermittlung Sediment-  
mächtigkeiten

## Array

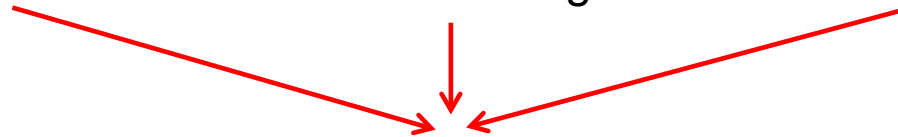


Wenige Messungen:  
Ermittlung Tiefenprofile  
der seismischen  
Geschwindigkeiten

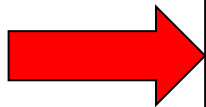
## Geologie



Kalibration der  
seismischen  
Messungen mit  
vorliegenden  
Informationen



Strategie EP 4 zur Mikrozonierung: Kombination von Messungen und geologischen Informationen zur effektiven Ermittlung des Tiefenprofils der seismischen Geschwindigkeiten an vielen Messpunkten



- Untergrundstruktur an allen Messpunkten
- Bodenklassen nach EC 8 und DIN 4149
- Berücksichtigung der Verstärkung in Gefährdungsanalysen

## AP 2: Weiterentwicklung der Modellberechnungen zur Bewertung der induzierten Seismizität in Zusammenarbeit mit andern EPs von MAGS

- Weiterentwicklung von probabilistischen Verfahren
- Integrierte Bewertung von Ergebnissen von Simulationsrechnungen und probabilistischen Analysen
- Erfassung des Einflusses unter den Standorten

## AP 3: Einschätzung der Gefährdung im Vorfeld

- Übertragung von Ergebnissen bekannter Standorte (Ermittlung von Kriterien)
- Entwicklung der Methodik zur Prognose
- Test der Methodik

## AP 4: Online-Erfassung von Veränderungen der seismischen Gefährdung

- Konzepterstellung
- Erstellung eines Katalogs von Gefährdungsszenarien für variable Seismizitätsparameter
- Anwendung auf Datensätze
- Integration in Monitoring-Strategien



Rheinland-Pfalz  
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE  
UND BERGBAU



## AP 5: Dokumentation und Empfehlungen

- Zusammenfassung der Ergebnisse von MAGS Identifikation wichtiger Ergebnisse für die Formulierung von Empfehlungen
- Anwendung auf Datensätze
- Erstellung eines Kurzberichts mit den Empfehlungen
- Zwischenbericht
- Abschlussbericht



## Zusammenfassung

- EP 4 hat 5 AP in den drei Themenfeldern von MAGS 2 und ist mit anderen EP gut vernetzt
- Thematische Schwerpunkte:
  - Standorteffekt: Mikrozonierung, lokale Verstärkung in Gefährdungsanalysen berücksichtigen
  - Weiterentwicklung der probabilistischen Verfahren
  - Gefährdung vor Projektbeginn abschätzen
  - Gefährdung in Monitoring-Konzepte einbeziehen