

## MAGS2 – EP2

# Untersuchungen zur optimierten seismischen Überwachung hydrogeothermaler Systeme bei dichter räumlicher Lage der Bohrerlaubnisfelder am Beispiel der Situation im Süden Münchens

Tobias Megies, Joachim Wassermann

Department für Geo- and Umweltwissenschaften (Geophysik)  
Ludwig-Maximilians-Universität München

MAGS2 kick-off  
2013-12-03

# Überblick

- Motivation
- MAGS2-EP2: Arbeitspakete
- Zusammenfassung

# Motivation

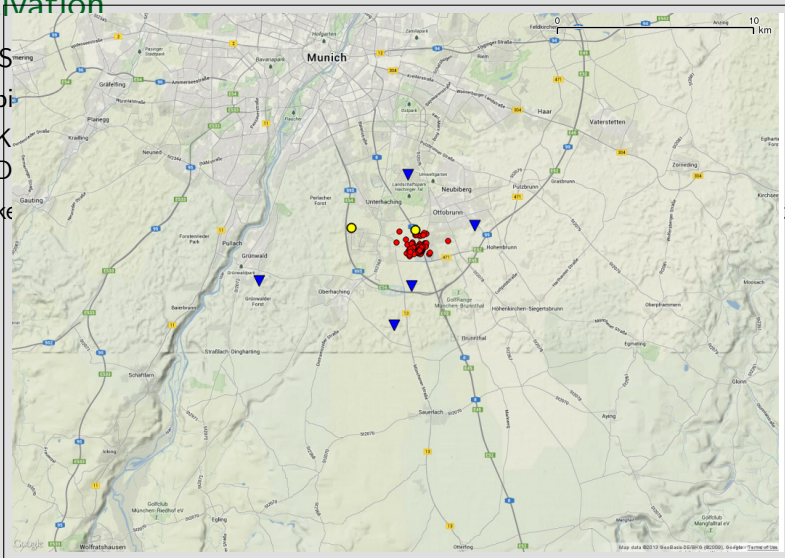
## MAGS1:

- bisher Betrachtung einzelner, isolierter Geothermieprojekte
- Konzentration auf Standort Unterhaching als einziges Kraftwerk im Dauerbetrieb
- keine Vergleichsmöglichkeit mit ähnlichem Betrieb an anderen Standorten

# Motivation

MAGS

- bi
- K
- D
- ke

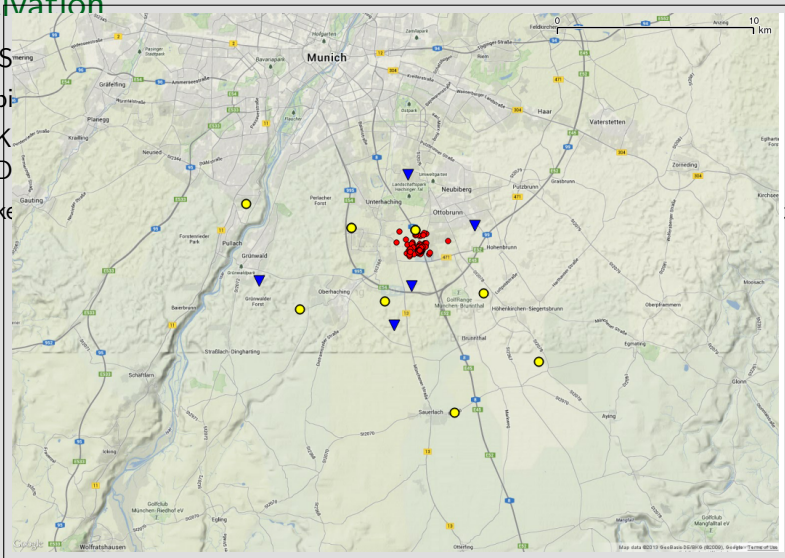


en

# Motivation

MAGS

- bi
- K
- D
- ke



en

# Motivation

## MAGS1:

- bisher Betrachtung einzelner, isolierter Geothermieprojekte
- Konzentration auf Standort Unterhaching als einziges Kraftwerk im Dauerbetrieb
- keine Vergleichsmöglichkeit mit ähnlichem Betrieb an anderen Standorten

## MAGS2:

- Betrachtung komplexer Geothermiesysteme
- Strategien zu effizientem gemeinschaftlichem Monitoring
- Untersuchung möglicher seismischer Interaktion räumlich eng angeordneter Bohrungen
- weitergehende Forschungsarbeit auf Basis der in MAGS1 gewonnenen Daten und Erkenntnisse

## Arbeitspakete

- AP1: Netzwerkauslegung, seismische Messung/Auswertung, Datenaustausch
  - ▶ Motivation: Besondere Anforderungen durch enge räumliche Lage einzelner Standorte in komplexen geothermischen Systemen
  - ⇒ optimierte gemeinschaftliche Überwachung, klare Regelung von Datenaustausch und Informationskette
- AP2: VSP Messung, Modellverbesserung, Relokalisierung
  - ▶ Motivation: Unsicherheiten in der Tiefenbestimmung der auftretenden Mikroseismizität und Identifikation des seismogenen geologischen Horizonts
  - ⇒ klare Identifizierung von aktiviertem Tiefenhorizont und seismogener Struktur
- AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten
  - ▶ Motivation: komplizierte Geologie bewirkt räumlich stark heterogene lokale Erschütterungswirkung, durch Messungen nur punktuell belegt
  - ⇒ Flächige Einschätzung der maximalen Erschütterungswerte für verschiedene Ereignisszenarien
- AP4: Spannungsfeldanalyse, slip-tendency Analyse
  - ▶ Motivation: Einschätzung des Risikos für induzierte Seimizität a priori derzeit kaum möglich
  - ⇒ Angabe einer Tendenz zu induzierter Seimizität im Vorfeld des Betriebs

## Arbeitspakete

- AP1: Netzwerkauslegung, seismische Messung/Auswertung, Datenaustausch
  - ▶ Motivation: Besondere Anforderungen durch enge räumliche Lage einzelner Standorte in komplexen geothermischen Systemen
  - ⇒ optimierte gemeinschaftliche Überwachung, klare Regelung von Datenaustausch und Informationskette
- AP2: VSP Messung, Modellverbesserung, Relokalisierung
  - ▶ Motivation: Unsicherheiten in der Tiefenbestimmung der auftretenden Mikroseismizität und Identifikation des seismogenen geologischen Horizonts
  - ⇒ klare Identifizierung von aktiviertem Tiefenhorizont und seismogener Struktur
- AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten
  - ▶ Motivation: komplizierte Geologie bewirkt räumlich stark heterogene lokale Erschütterungswirkung, durch Messungen nur punktuell belegt
  - ⇒ Flächige Einschätzung der maximalen Erschütterungswerte für verschiedene Ereignisszenarien
- AP4: Spannungsfeldanalyse, slip-tendency Analyse
  - ▶ Motivation: Einschätzung des Risikos für induzierte Seimizität a priori derzeit kaum möglich
  - ⇒ Angabe einer Tendenz zu induzierter Seimizität im Vorfeld des Betriebs



## Arbeitspakete

- AP1: Netzwerkauslegung, seismische Messung/Auswertung, Datenaustausch
  - ▶ Motivation: Besondere Anforderungen durch enge räumliche Lage einzelner Standorte in komplexen geothermischen Systemen
  - ⇒ optimierte gemeinschaftliche Überwachung, klare Regelung von Datenaustausch und Informationskette
- AP2: VSP Messung, Modellverbesserung, Relokalisierung
  - ▶ Motivation: Unsicherheiten in der Tiefenbestimmung der auftretenden Mikroseismizität und Identifikation des seismogenen geologischen Horizonts
  - ⇒ klare Identifizierung von aktiviertem Tiefenhorizont und seismogener Struktur
- AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten
  - ▶ Motivation: komplizierte Geologie bewirkt räumlich stark heterogene lokale Erschütterungswirkung, durch Messungen nur punktuell belegt
  - ⇒ Flächige Einschätzung der maximalen Erschütterungswerte für verschiedene Ereignisszenarien
- AP4: Spannungsfeldanalyse, slip-tendency Analyse
  - ▶ Motivation: Einschätzung des Risikos für induzierte Seimizität a priori derzeit kaum möglich
  - ⇒ Angabe einer Tendenz zu induzierter Seimizität im Vorfeld des Betriebs

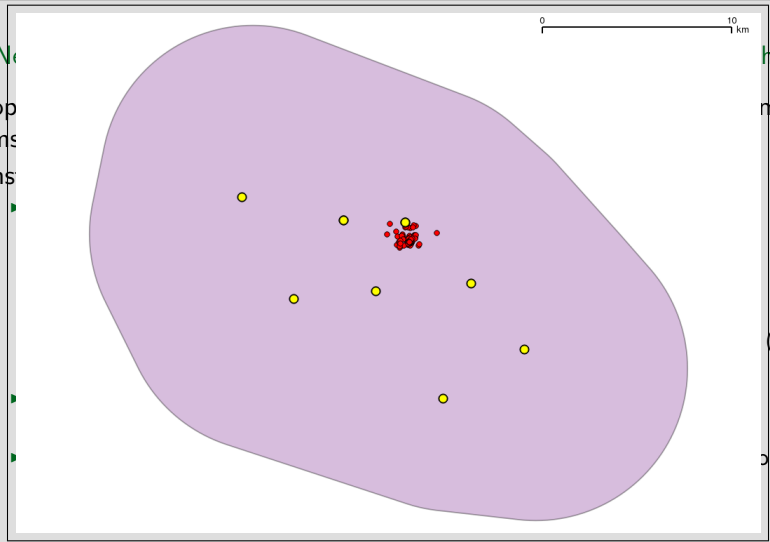
## Arbeitspakete

- AP1: Netzwerkauslegung, seismische Messung/Auswertung, Datenaustausch
  - ▶ Motivation: Besondere Anforderungen durch enge räumliche Lage einzelner Standorte in komplexen geothermischen Systemen
  - ⇒ optimierte gemeinschaftliche Überwachung, klare Regelung von Datenaustausch und Informationskette
- AP2: VSP Messung, Modellverbesserung, Relokalisierung
  - ▶ Motivation: Unsicherheiten in der Tiefenbestimmung der auftretenden Mikroseismizität und Identifikation des seismogenen geologischen Horizonts
  - ⇒ klare Identifizierung von aktiviertem Tiefenhorizont und seismogener Struktur
- AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten
  - ▶ Motivation: komplizierte Geologie bewirkt räumlich stark heterogene lokale Erschütterungswirkung, durch Messungen nur punktuell belegt
  - ⇒ Flächige Einschätzung der maximalen Erschütterungswerte für verschiedene Ereignisszenarien
- AP4: Spannungsfeldanalyse, slip-tendency Analyse
  - ▶ Motivation: Einschätzung des Risikos für induzierte Seimizität a priori derzeit kaum möglich
  - ⇒ Angabe einer Tendenz zu induzierter Seimizität im Vorfeld des Betriebs

## AP1: Netzwerkauslegung, seismische Messung/Auswertung, Datenaustausch

Ziel: optimierte gemeinschaftlichen Überwachung eines komplexen geothermalen Systems

- Installation eines optimierten seismologischen Messnetzes
  - ▶ Verschneidung verschiedener Datensätze
    - ▶ potentielle Quellregionen (Definition der Überwachungsaufgabe)
    - ▶ bestehende Infrastruktur (wo sind Stationen realisierbar)
    - ▶ lokal vorherrschenden noise Bedingungen (wie effektiv sind Stationen an potentiellen Standorten)
    - ▶ im weiteren Projektverlauf: (Zwischen-)Ergebnissen zu Mikrozonierung (EP4) und Dämpfungsparametern (EP1)
  - ▶ Inversion der optimalen Netzwerkkonfiguration in Hinblick auf die Lokalisierungs Genauigkeit
  - ▶ möglichst exakte Nachbildung der modellierten, optimalen Konfiguration in der Praxis



AP1: N

Ziel: op  
Systems

● Ins

h  
malen

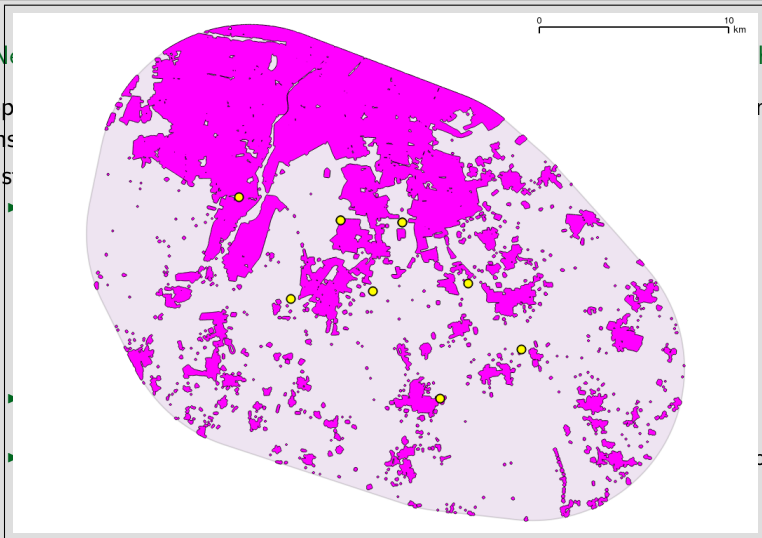
(EP4)

on in

AP1: N

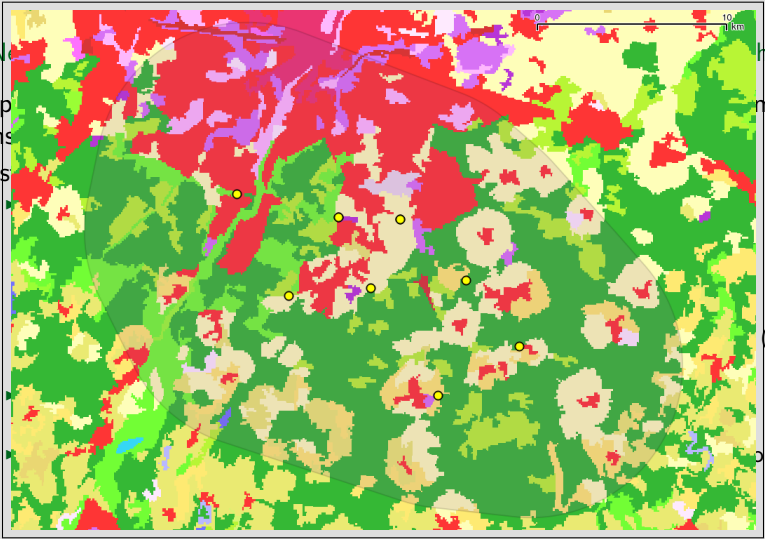
Ziel: op  
Systems

- Ins

h  
malen

(EP4)

on in



AP1: Na  
Ziel: op  
Systems  
• Ins

h  
malen  
(EP4)  
on in

## AP1: Netzwerkauslegung, seismische Messung/Auswertung, Datenaustausch

Ziel: optimierte gemeinschaftlichen Überwachung eines komplexen geothermalen Systems

- Regelung von Datenaustausch, Datenzugriff und Informationskette
  - ▶ Integration bestehender Immissionsmessungen in Datenacquisition und Eventdetektion des neu erstellten Messnetzes
  - ▶ Regelung des Datenzugriffs der einzelnen beteiligten Geothermiestandorte (z.B. wer hat Zugriff auf welche Wellenformdaten, die für detaillierte Auswertung verwendet werden können)
  - ▶ Regelung der Informationskette
    - ▶ Detektion, Lokalisierung
    - ▶ Zuordnung zu einem Standort
    - ▶ Wer (betreffender Betreiber/Bergbehörden/benachbarte Betreiber/Öffentlichkeit) wird in welchem Detailgrad (Magnitude/Zuordnung/Hypozentrum/Wellenformen) informiert in Abhängigkeit von Lage/Zuordnung und Stärke des Ereignisses

## AP2: VSP Messung, Modellverbesserung, Relokalisierung

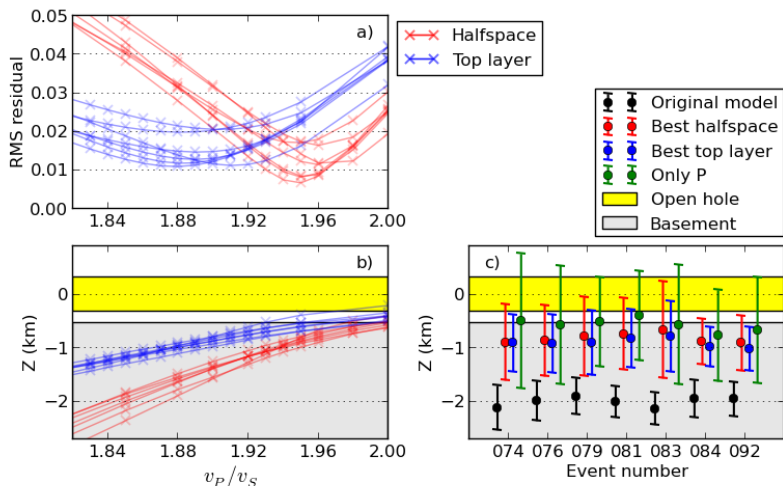
Ziel: klare Zuordnung zu geologischer Formation und Störungsstruktur

- MAGS1: teilweise widersprüchliche Informationen bezüglich Scherwellengeschwindigkeiten /  $v_p/v_s$  Modell
  - ▶ konvertierte Phasen bei 3D Seismik
  - ▶ Clusteranalyse im Hypozentralbereich
  - ▶ Scherwellenseismik Traunreut
  - ▶ Minimierung von Residuen in der Lokalisierung



## AP2: VSP Messung, Modellverbesserung, Relokalisierung

Ziel ●



## AP2: VSP Messung, Modellverbesserung, Relokalisierung

Ziel: klare Zuordnung zu geologischer Formation und Störungsstruktur

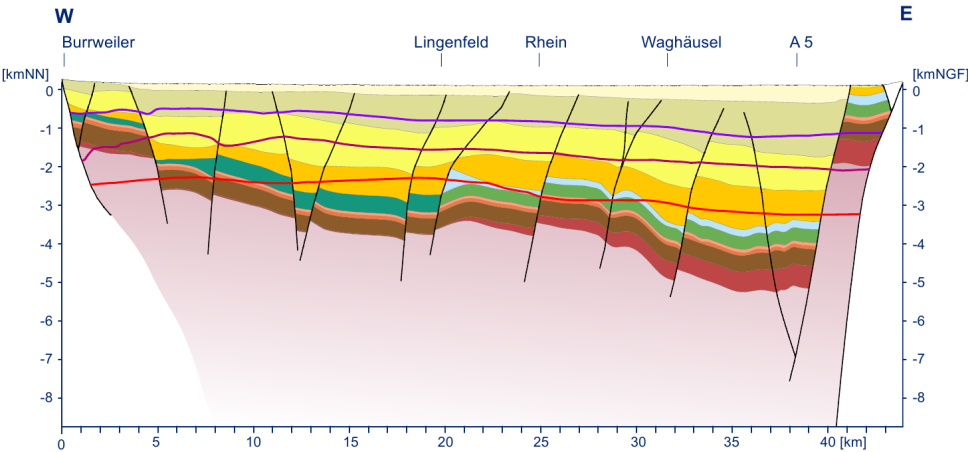
- MAGS1: teilweise widersprüchliche Informationen bezüglich Scherwellengeschwindigkeiten /  $v_p/v_s$  Modell
  - ▶ konvertierte Phasen bei 3D Seismik
  - ▶ Clusteranalyse im Hypozentralbereich
  - ▶ Scherwellenseismik Traunreut
  - ▶ Minimierung von Residuen in der Lokalisierung
- VSP Messung mit Scherwellenanregung an der Oberfläche
  - ▶ belastbare, direkte Informationen zu Scherwellengeschwindigkeiten südlich Münchens
  - ▶ Kooperation mit LIAG (sehr gute Expertise)
- Verbesserung des Untergrundmodells das der Lokalisierung zu Grunde liegt
- Verbesserung der Absolutlokalisierungen für bereits bestehenden Bebenkatalog
- Relativlokalisierung und klare Identifizierung von seismogenem Tiefenhorizont/Störungsstrukturen

## AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten

Ziel: verlässliche, flächige Erschütterungskarten für verschiedene Ereignisszenarien

- Erstellung von unstrukturierten 3D Modellen, die die Komplexität des Untergrundes und der Topographie nachbilden können
  - ▶ "SeisSol" ein weltweit führendes Tool für diese Problemstellung
  - ▶ Durchführung der aufwändigen Berechnungen am "SuperMUC"

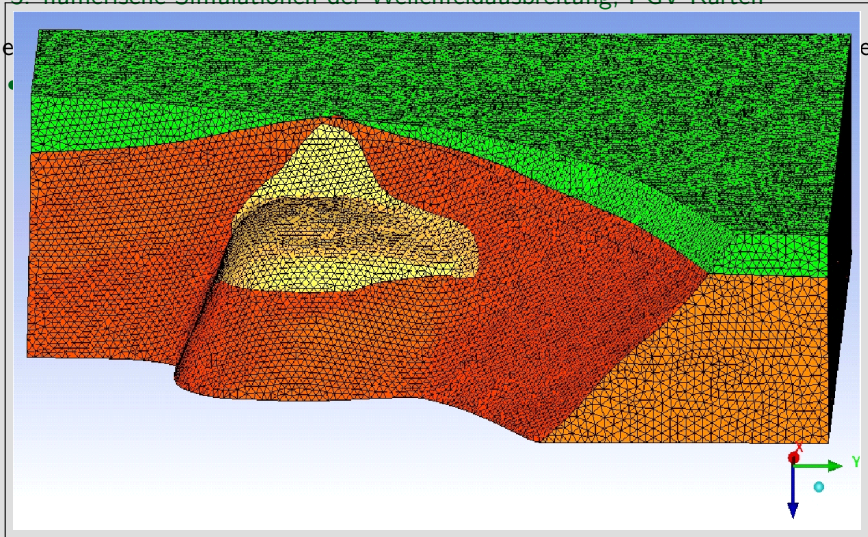
# AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten



### AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten

Ziel

en



## AP3: numerische Simulationen der Wellenfeldausbreitung, PGV Karten

Ziel: verlässliche, flächige Erschütterungskarten für verschiedene Ereignisszenarien

- Erstellung von unstrukturierten 3D Modellen, die die Komplexität des Untergrundes und der Topographie nachbilden können
  - ▶ "SeisSol" ein weltweit führendes Tool für diese Problemstellung
  - ▶ Durchführung der aufwändigen Berechnungen am "SuperMUC"
- Einarbeitung der Ergebnisse von..
  - ▶ Herdmechanismen (MAGS1)
  - ▶ optimierten Geschwindigkeitsmodellen (MAGS1/2)
  - ▶ Mikrozonierung (EP4)
  - ▶ Dämpfungsparametern (EP1)
- Abgleich mit in MAGS1 dokumentierten Messwerten
- Erstellung von 2D Erschütterungskarten für verschiedene Bebenszenarien

## AP4: Spannungsfeldanalyse, slip-tendency Analyse

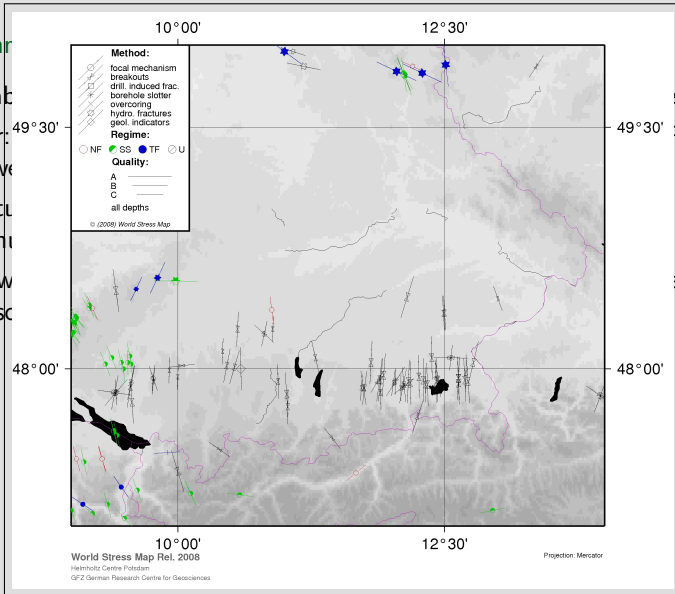
Ziel: Angabe einer Tendenz zu induzierter Seimizität im Vorfeld des Betriebs

- bisher: Oberflächendeformation in der Molasse aus Daten des SAPOS GPS Netzwerks abgeleitet
- Ableitung regionaler Inhomogenitäten im großräumigen voralpinen Spannungsfeld
- Inwieweit lassen oberflächennahe Inhomogenitäten im Spannungsfeld Rückschlüsse auf den Spannungszustand im Reservoir zu?

AP4: Spannungs

Ziel: Angabe

- bisherige Spannungsnetzwerke
- Ableitung von Spannungsregimen
- Inwiefern Rückschlüsse



etriebs  
POS GPS

eld



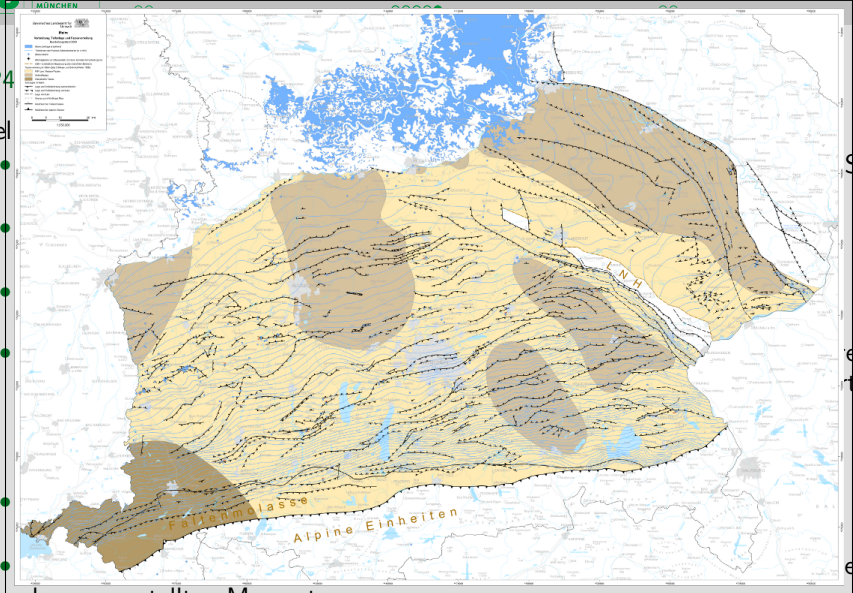
## AP4: Spannungsfeldanalyse, slip-tendency Analyse

Ziel: Angabe einer Tendenz zu induzierter Seimizität im Vorfeld des Betriebs

- bisher: Oberflächendeformation in der Molasse aus Daten des SAPOS GPS Netzwerks abgeleitet
- Ableitung regionaler Inhomogenitäten im großräumigen voralpinen Spannungsfeld
- Inwieweit lassen oberflächennahe Inhomogenitäten im Spannungsfeld Rückschlüsse auf den Spannungszustand im Reservoir zu?
- enge Zusammenarbeit LIAG Projekt "Wissenschaftstransfer für den weiteren Ausbau der tiefen Geothermie im Süddeutschen Molassebecken" (gefördert von BMU)
  - ▶ Auswertung von bestehenden image log Daten geplant
  - ▶ Untersuchung des Spannungszustand am einzelnen Standort
- slip tendency Analyse im Molassebecken basierend auf den vorliegenden Kartierungen der Störungszonen im Malm
- Abgleich der Ergebnisse mit den in MAGS2 auflaufenden Mikrobeben Daten des neu erstellten Messnetzes

AP4

Ziel



des neu erstellten Messnetzes

## Zusammenfassung

- Untersuchung der zunehmend wichtigen Problematik komplexer Geothermiefelder
- konsequente Verwertung der in MAGS1 bereits gewonnenen Daten und Erkenntnisse
- enge Kooperation und Vernetzung mit anderen EPs im MAGS2 Verbund

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Das Verbundprojekt **MAGS2** - Mikroseismischen Aktivität geothermischer Systeme - **Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung** wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und betreut vom Projektträger Jülich.

**Förderkennzeichen:** 0325662A-G



Projektträger für

