

**efzn**

Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

**MAGS2**

## **MAGS2 EP6:**

Entwicklung numerischer Analysemodelle zur lokalen seismischen Gefährdungseinschätzung vor Bohrbeginn und langfristige Bewertung von Geothermiefeldern unter Berücksichtigung THM:C gekoppelter Prozesse

-  
Kick-Off

**Michael Z. Hou**, Tobias Kracke, Lei Zhou

Hannover, 03. Dezember 2013

**efzn**

Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

**MAGS2**

**ite**  
rock mechanics

 **TU Clausthal**

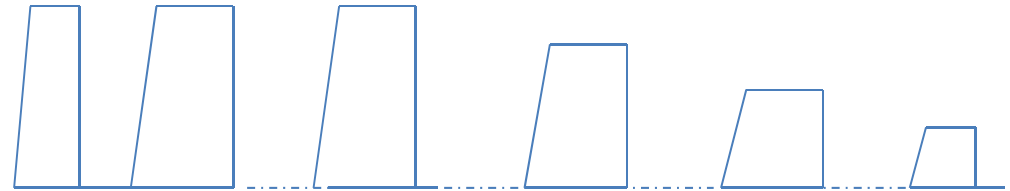
# Inhalt

- Stand der Empfehlung nach **MAGS1**
- Arbeitsplanung
  - AP1: Vorarbeiten
  - AP2: Laborarbeiten
  - AP3: methodische Weiterentwicklung
  - AP4: komplexe Geothermiefelder (Produktion)
  - AP5: Einschätzung vor Bohrbeginn (Stimulation & Produktion)
  - AP6: Maßnahmen-/ Kriterienkatalog

# Empfehlungen aus MAGS1

## 1. Optimierte Injektionsstrategie

- ✓ zyklische Injektionsstrategie
- ✓ je mehr Injektionsvolumen bzw. je später, desto länger die Pause
- ✓ schnelle Injektion in der Anfangsphase
- ✓ langsame und langdauernde Reduzierung der Injektionsrate
- ✓ Reduzierung der max. Momentmagnitude



## 2. Multifrac-Erschließungskonzept

- ✓ Reduzierung der max. Momentmagnitude, zwar je mehr desto deutlicher
- ✓ Erhöhung der Frac-Fläche und damit auch Schüttung und Wirtschaftlichkeit

# Arbeitsplanung MAGS2 – EP6

Die geplanten Arbeiten verteilen sich auf 6 Arbeitspakete:

**AP1** Ergänzung der bestehenden Datensätze bzgl. THM:C-Modellierung und Evaluation von Literaturdaten bzgl. geplanter Labormessungen

**AP2** Laborversuche: Bestimmung Biot-/ Skemptonkoeffizienten

**AP3** Methodische Weiterentwicklung von Programmcodes sowie deren Integrierung

**AP4** numerische Gefährdungseinschätzung komplexer Geothermiefelder: Südpfalz, Großraum München

**AP5** numerische Gefährdungseinschätzung vor Bohrbeginn

**AP6** gemeinsame Entwicklung eines Kriterien-/ Maßnahmenkatalogs f. Betreiber u. Behörden, Veröffentlichung von Ergebnissen

## AP1: Recherchen, Vergleichsparameter

- Ausweitung und Verbesserung der Datenlage aus MAGS1 bzgl. der Standortregionen **Südpfalz** (Landau/ Insheim) u. **Großraum München**
- Evaluation von Vergleichsparametern bzgl. eigener Labormessungen sowie Ergänzung von Datensätzen aus der Literatur

## AP2: Laborversuche

Zielgebiet ist die Süddeutsche Molasse

-> Karbonat des Malmaquifers bzw. kristallines Grundgebirge

- Beschaffung von Probenmaterial:
  - Analogmaterial mittels EP7
  - Analog zu Unterhaching vergleichbares Bohrkernmaterial über LfU
- petrophysikalische Charakterisierung
- Laborative Ermittlung von gesteins- und hydromechanischen Parametern:
  - Elastische Parameter
  - Festigkeitsparameter in Abhängigkeit von Porendruck
  - Biot-/ Skemptonkoeffizient

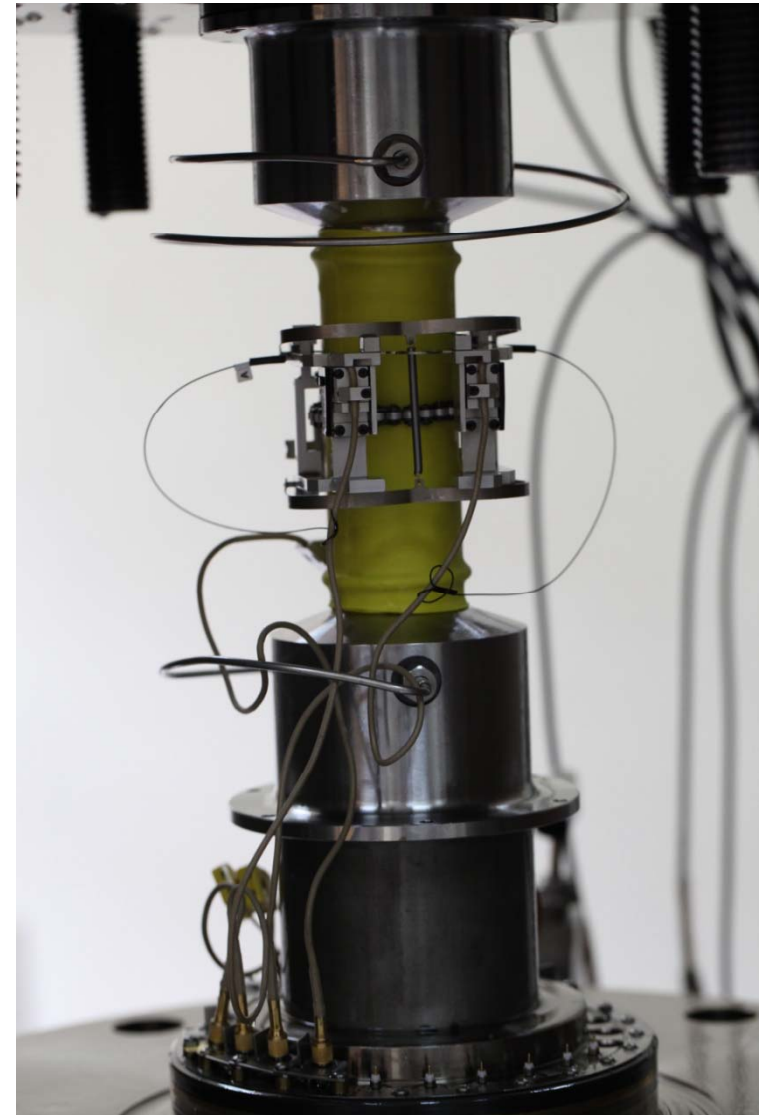
## AP2: Laborversuche

- HM-Analysen mittels Triaxialversuchen

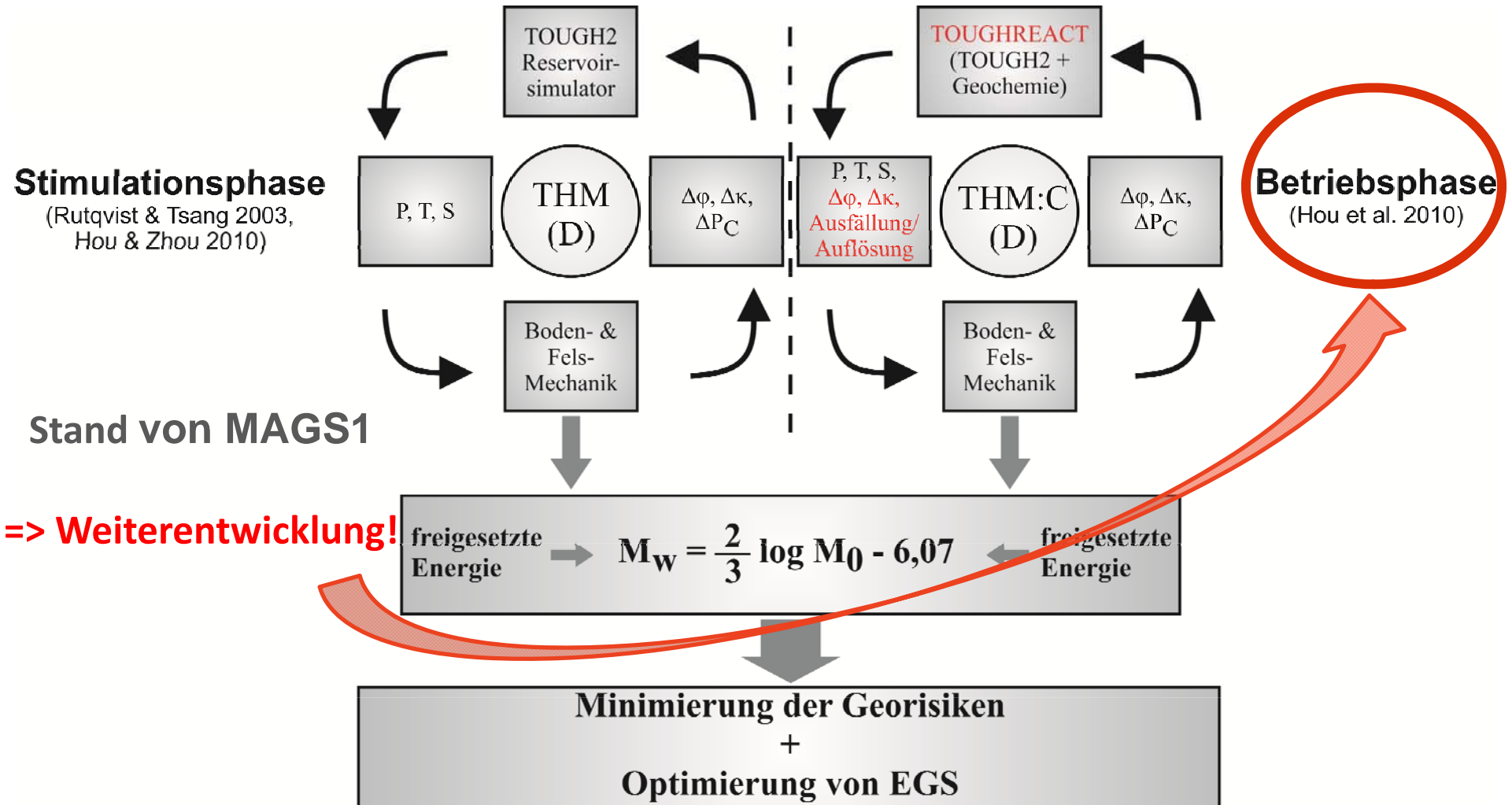
**=> Input für numerische Berechnungen**

in Kooperation mit EP7

**=> zur Verifizierung numerischer Modelle**

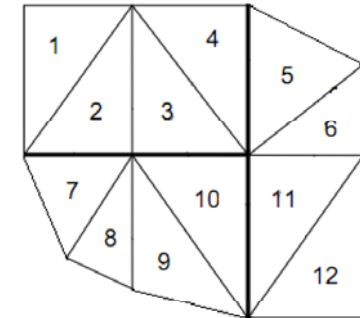
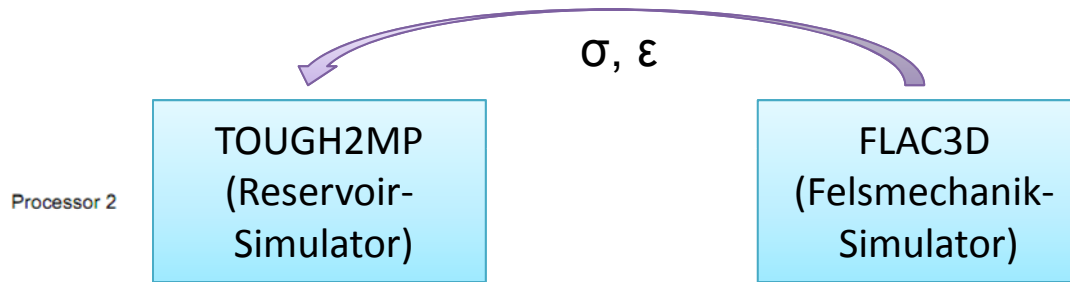
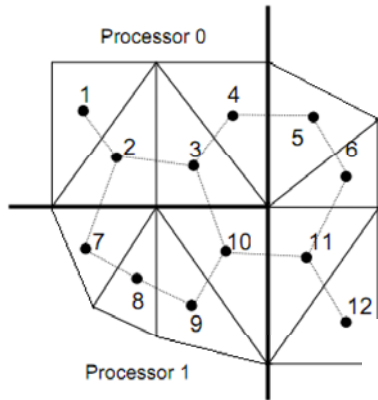


# AP3: THM- bzw. THM:C-Kopplung





# AP3: THM:C-gekoppelter Simulator TOUGHREACT-MP/FLAC3D



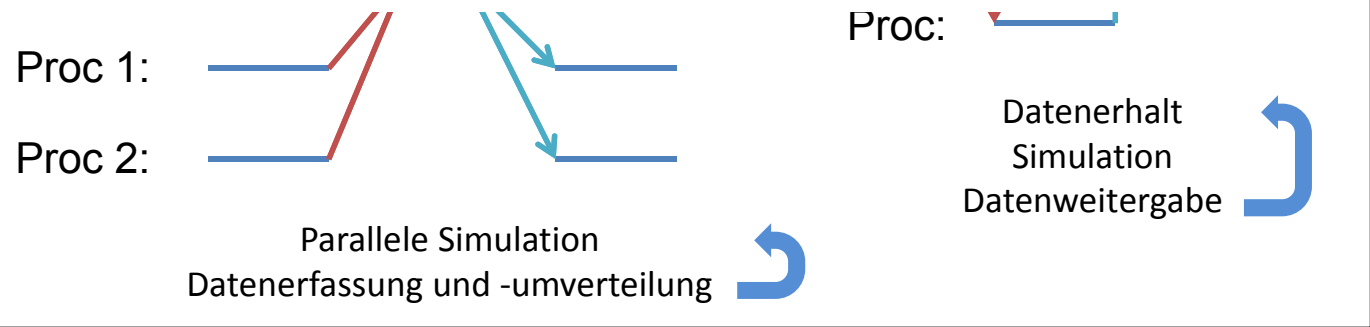
**Anwendung des Konzepts für die  
Entwicklung u. -integration**

**von**

**TOUGHREACT-MP/FLAC3D**

Konzept MAGS1

Daten-  
austausch



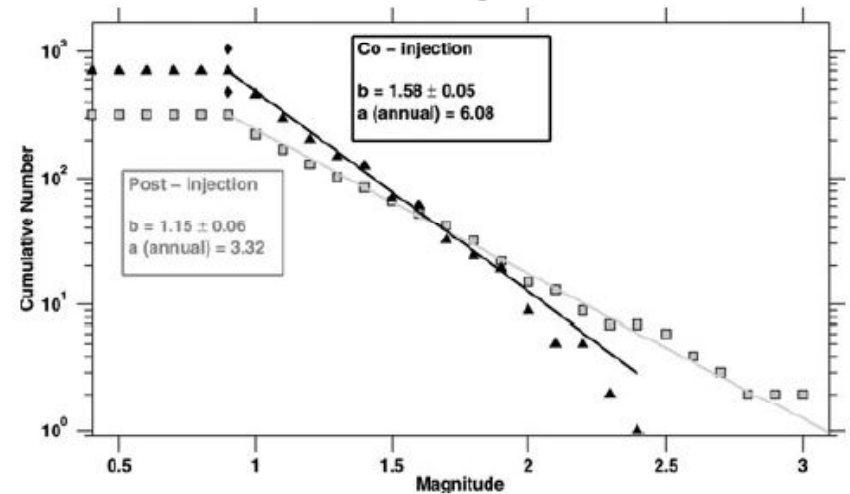
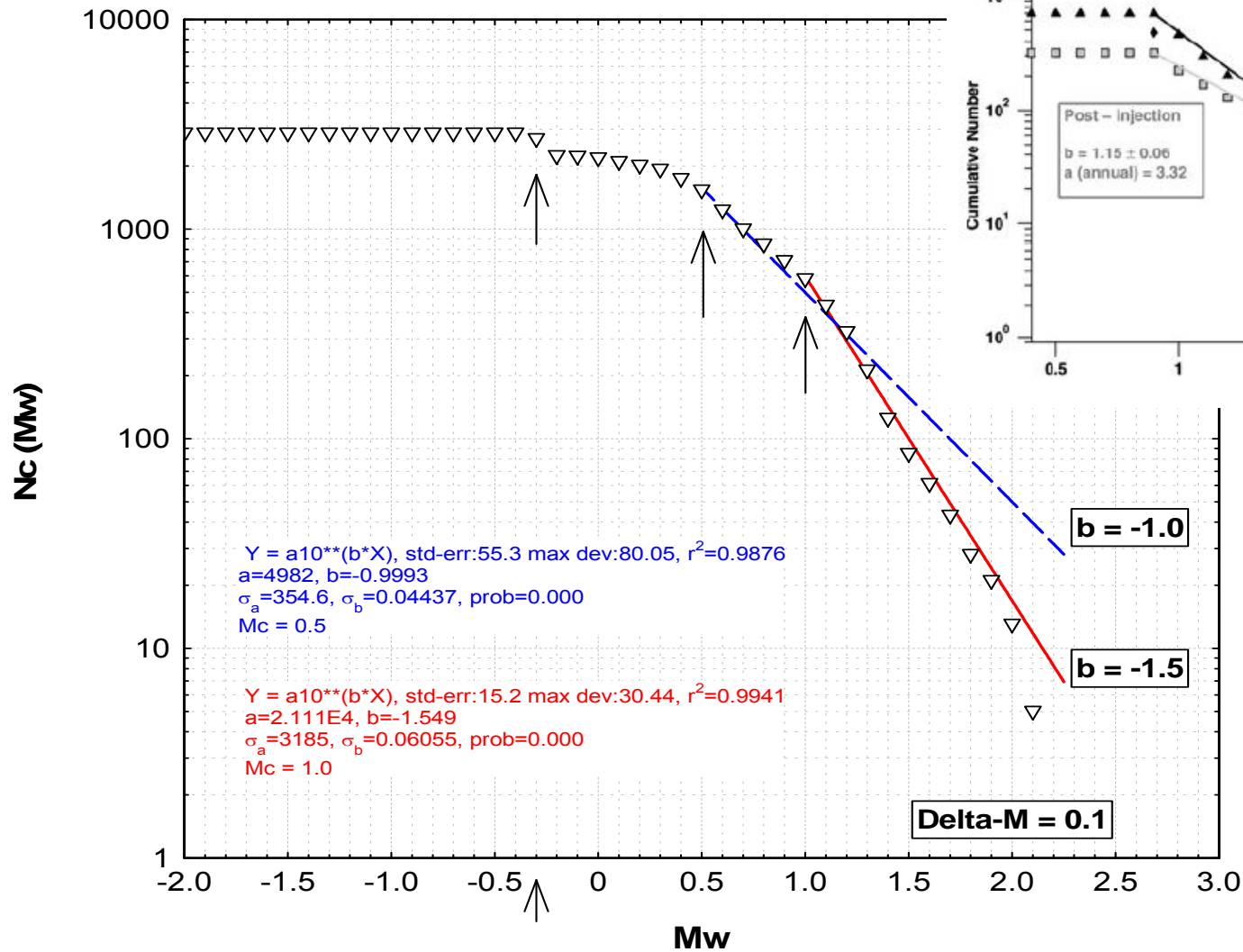
## AP3: synthetischer seismischer Katalog

wichtige Ergebnisse:

- b-Wert
- Maximalmagnitude ( $M_{Wmax}$ )
- Aktives Reservoirvolumen

=> Fortführung der Kooperation mit EP4

# AP3: synthetischer seismischer Katalog



Bachmann et al. (2011)

Bsp:  
 Seismizität  
 Deep Heat Mining  
 (Basel)

# AP4: Seismizitätseinschätzung für komplexe Geothermiefelder (Produktion)

Beeinflussungsmöglichkeiten als Gegenmaßnahmen zur Kontrolle der seismischen Gefährdung:

- **ausschließlich Änderung einzelner Betriebsparameter**

Zielgebiete:

- Südpfalz (Landau, Insheim)
- Großraum München (Unterhaching, Bernried, Kirchweidach, Taufkirchen etc.)

notwendige Datengrundlage (soweit erhältlich):

- natürliche Seismizität (Katalog: EP4)
- THM-Daten des Untergrundes (GeotIS, Betreiberdaten, Archive)
- Reservoirstruktur (Betreiberdaten, Archive, Seismik)
- Strukturgeologie/ Spannungsfeld (Archivdaten , World Stress Map)
- Gesteinsparameter der Zielformationen (Labordaten/ ggf. regionale Referenzstandorte)

## AP4: Seismizitätseinschätzung für komplexe Geothermiefelder (Produktion)

1. Kalibrierung der Modelle für Produktions-induzierte Seismizität anhand bekannter Standorte (Landau und Unterhaching)

**history matching => THM:C-Modelle verifiziert, Mechanismen,  $b$  &  $M_{Wmax}$ , Spannungsänderung, Bedingungen einer Triggerung => Prognose (zeitlich:  $b$  &  $M_{Wmax}$ )**

2. Einzelstandortbetrachtung (Landau und Unterhaching)

**Parameterstudien & Sensitivitätsanalyse => Identifizierung und Klassifizierung von einzelnen Betriebsparametern und ihren Änderungsraten,  $b$  &  $M_{Wmax}$ , Spannungsänderung, Bedingungen einer Triggerung, Maßnahmen-/ Kriterienkatalog als Empfehlung**

3. Betrachtung komplexer Geothermiefelder (Südpfalz & Großraum München)

**Anwendung auf benachbarte Standorte & modelltechnisch sukzessiver Anstieg der Standorte in einer Region =>  $b$  &  $M_{Wmax}$ , Spannungsänderung, gegenseitige Beeinflussung, minimaler Abstand, Optimierung für Geothermiefelder, Maßnahmen-/ Kriterienkatalog als Empfehlung**

# AP5: Seismizitätseinschätzung vor Bohrbeginn (Stimulation & Produktion)

Beeinflussungsmöglichkeiten als Gegenmaßnahmen zur Kontrolle der seismischen Gefährdung:

- **Untergrundparameter** durch Auswahl von geeigneten Standorten
- Optimierung geplanter **Betriebsparameter**

Zielgebiete: Südpfalz & Großraum München, ggf. neue Standortregionen

notwendige Datengrundlage (soweit erhältlich):

- natürliche Seismizität (Katalog)
- THM-Daten des Untergrundes (GeotIS, ggf. Übertragung regionaler Referenzstandorte)
- Reservoirstruktur (ggf. 2D oder 3D Seismik)
- Strukturgeologie/ Spannungsfeld (Archivdaten, World Stress Map)
- Gesteinsparameter der Zielformationen (ggf. Labordaten & regionale Referenzstandorte)

# AP5: Seismizitätseinschätzung vor Bohrbeginn (Stimulation & Produktion)

## Stimulation:

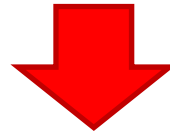
- Identifizierung und Klassifizierung von **Untergrundparametern** anhand Parameterstudien und Sensibilitätsanalysen unter vorgegebenen Injektionsszenarien (basiert auf unserer Empfehlung aus MAGS1)  
**=> Mechanismen,  $b$  &  $M_{Wmax}$ , Spannungsänderung, Bedingungen einer Triggerung => Ausschluss- und Auswahlkriterienkatalog als Empfehlung**

## Produktion:

- Identifizierung und Klassifizierung von **Untergrund- und Betriebsparametern** anhand Parameterstudien und Sensibilitätsanalysen unter vorgegebenen Betriebsszenarien  
**=>  $b$  &  $M_{Wmax}$ , Spannungsänderung, Bedingungen einer Triggerung => Auswahlkriterienkatalog und Maßnahmenkatalog als Empfehlung**

# AP5: Seismizitätseinschätzung vor Bohrbeginn

standortbezogenes Prozessverständnis  
(MAGS1, eigene Labordaten bzgl. Gesteinscharakteristika)  
EP1, EP2, EP3, EP6, EP7



Erdbebenstatistik  
(natürliche & synthetische)  
EP4, EP5, EP6

seismische  
Gefährdungseinschätzung  
vor Bohrbeginn

Slip Tendency Analyse  
EP2



numerische Analysen:  
zeitliche Entwicklung v. Spannungen, Gutenberg-Richter & aktivem Volumen  
(Parameterstudien und Sensitivitätsanalysen für Untergrundparameter in Abhängigkeit  
definierter Stimulations- und Betriebsszenarien)  
EP5, EP6, EP7

=> **MAGS2**-interne fachliche Koordination



# Verknüpfungen und Beiträge zum Gesamtprojekt

Beiträge zum Themenfeld A: Monitoringkonzepte und Öffentlichkeitsarbeit

- $M_{wmax}$
- **Maßnahmen-/ Kriterienkatalog als Empfehlung**

Beiträge zum Themenfeld B: Fluidinduzierte Seismizität in Geothermiefeldern

- **synthetischer Katalog**
- **Identifizierung sensibler Betriebsparameter, Mechanismenbestimmung**
- **zeitliche Entwicklung Gutenberg-Richter,  $M_{wmax}$  & b-Wert, Spannungen, aktives Volumen, Bedingungen Triggerung**
- **Maßnahmen-/ Kriterienkatalog als Empfehlung**

Beiträge zum Themenfeld C: Seismizitätsabschätzung vor dem Bohren

- **Identifizierung & Klassifizierung sensibler Untergrund- und Betriebsparameter, Mechanismenbestimmung**
- **Gutenberg-Richter,  $M_{wmax}$  & b-Wert, Spannungen, aktives Volumen, Bedingungen Triggerung**
- **Maßnahmen-/ Auswahlkriterienkatalog als Empfehlung**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Danke dem BMU und dem Pt-J für die  
Finanzierung bzw. Begleitung des MAGS2-  
Projektes!**

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



**Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit**