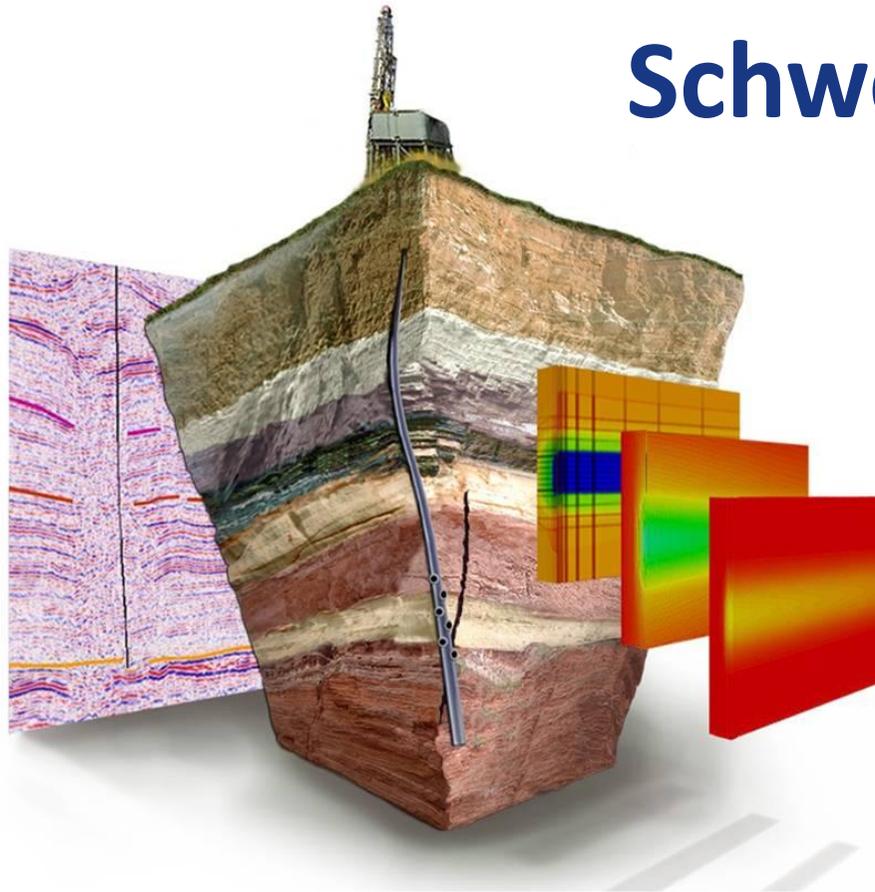


Ergebnisse des gebo- Schwerpunkts Geosystem

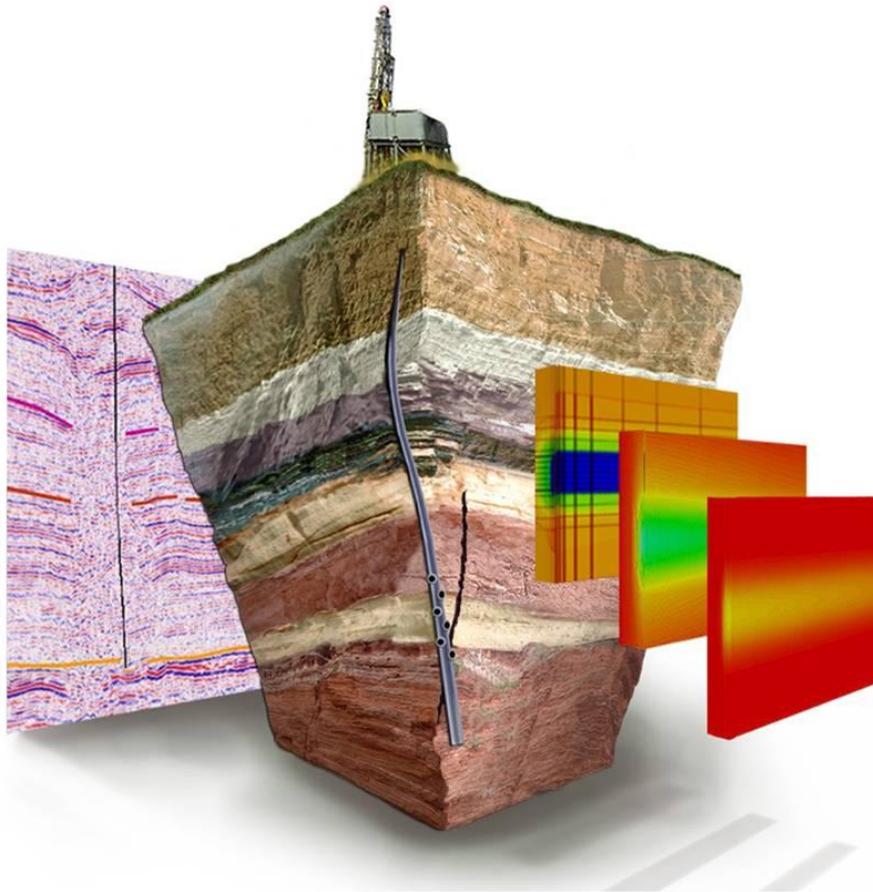


Dr. Barbara Hahne*
Dr. Rüdiger Thomas*
Team gebo-Geosystem

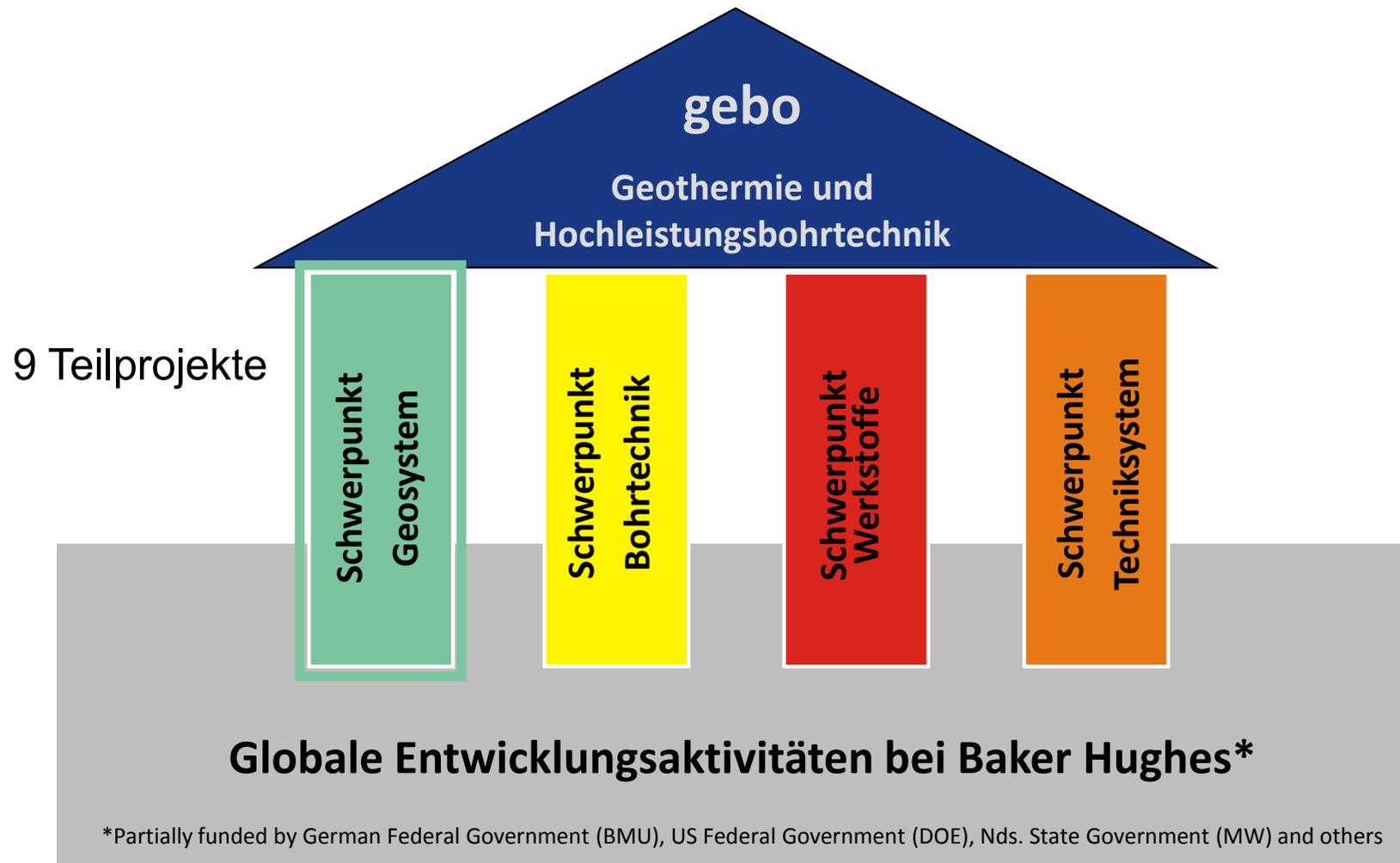
*LIAG, Hannover

7. Norddeutsche Geothermietagung, 15.-16. Oktober 2014, Geozentrum Hannover

➤ Tiefe Geothermie in Niedersachsen durch innovative Ansätze wirtschaftlicher machen



- neue Konzepte für Bohrtechnik
- Entwicklung neuer Werkstoffe
- Entwicklung von Elektronikbauteilen für Temperaturen bis 250 °C
- Verringerung des Bohr- und Fündigkeitsrisikos

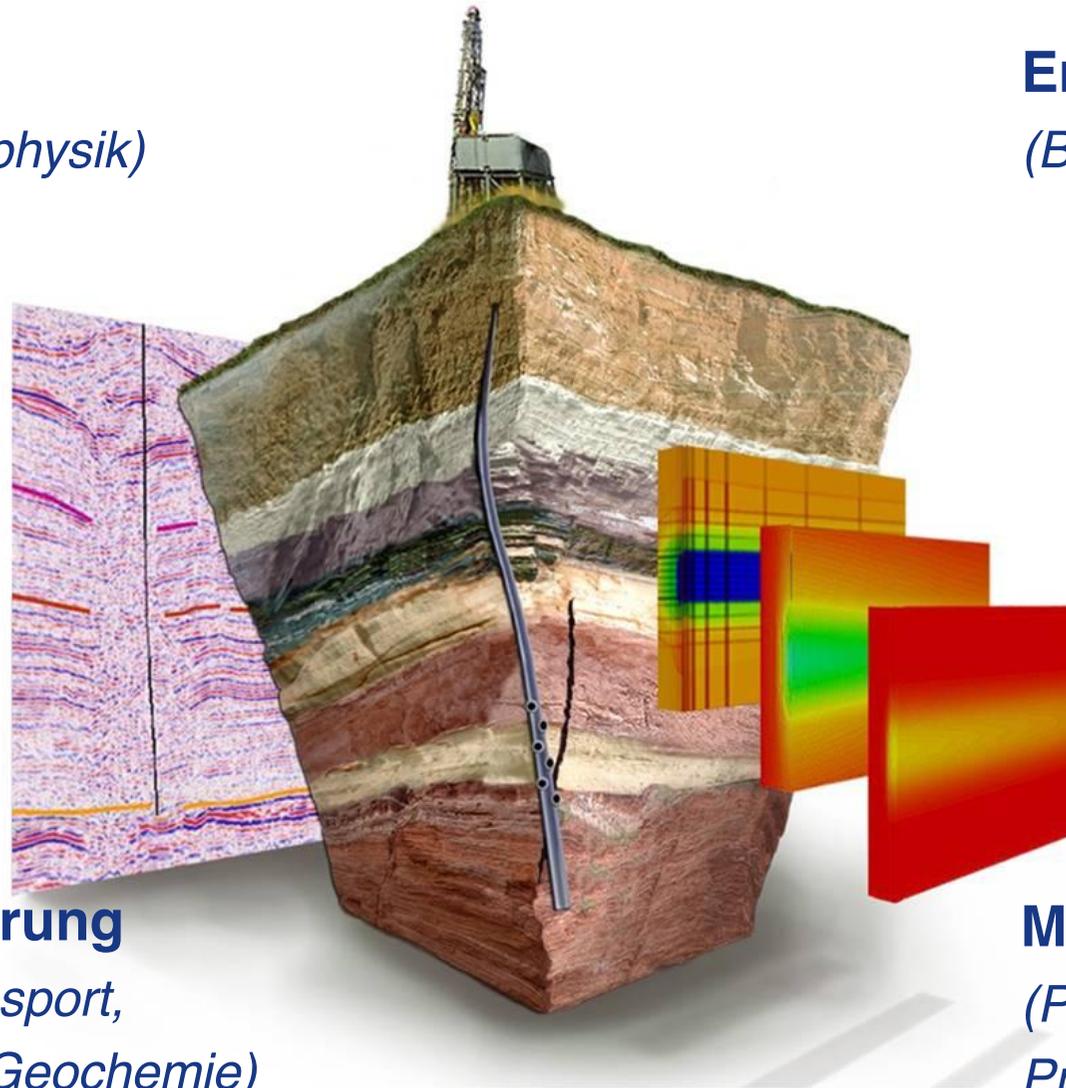


Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Erschließung

(Bohren, Stimulation)



Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik, Geochemie)*

Modellierung

*(Prozesssimulation,
Prognose)*

Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Seismische Methoden

Elektrische und elektromagnetische Methoden

Elektrische Impedanztomographie

Erschließung

(Bohren, Stimulation)

Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik,
Geochemie)*

Modellierung

*(Prozesssimulation,
Prognose)*

Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Seismische Methoden

Elektrische und elektromagnetische Methoden

Elektrische Impedanztomographie

Erschließung

(Bohren, Stimulation)

Heterogene Gesteinseigenschaften

Charakterisierung des stimulierten Reservoirs

Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik,
Geochemie)*

Modellierung

*(Prozesssimulation,
Prognose)*

Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Seismische Methoden

Elektrische und elektromagnetische Methoden

Elektrische Impedanztomographie

Erschließung

(Bohren, Stimulation)

Heterogene Gesteinseigenschaften

Charakterisierung des stimulierten Reservoirs

Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik,
Geochemie)*

Hydromechanisches Verhalten

Hydraulik-, Wärme-, Tracertests

Hydrogeochemische Prozesse

Modellierung

*(Prozesssimulation,
Prognose)*

Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Seismische Methoden

Elektrische und elektromagnetische Methoden

Elektrische Impedanztomographie

Erschließung

(Bohren, Stimulation)

Heterogene Gesteinseigenschaften

Charakterisierung des stimulierten Reservoirs

Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik,
Geochemie)*

Hydromechanisches Verhalten

Hydraulik-, Wärme-, Tracertests

Hydrogeochemische Prozesse

Modellierung

*(Prozesssimulation,
Prognose)*

Thermohydraulisch-mechanische Prozesse

Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Seismische Methoden

Elektrische und elektromagnetische Methoden

Elektrische Impedanztomographie

Erschließung

(Bohren, Stimulation)

Heterogene Gesteinseigenschaften

Charakterisierung des stimulierten Reservoirs

Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik,
Geochemie)*

Hydromechanisches Verhalten

Hydraulik-, Wärme-, Tracertests

Hydrogeochemische Prozesse

Modellierung

*(Prozesssimulation,
Prognose)*

Thermohydraulisch-mechanische Prozesse

G1: Seismische Erkundung von geologischen Störungszonen

B. Wawerzinek, H. Bunes, R. Thomas

Ziele:

- P- und S-Wellen-Messungen, Processing und Interpretation
- Gemeinsame Analyse von P- und S-Wellendaten

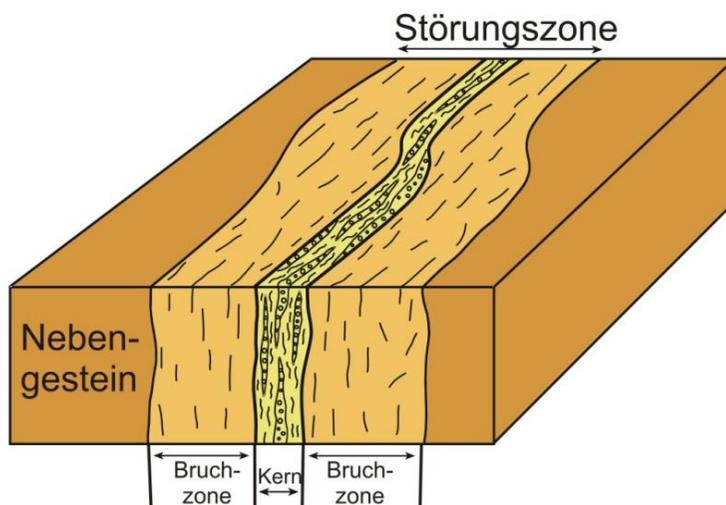


S-Wellen-Messungen mit Landstreamer



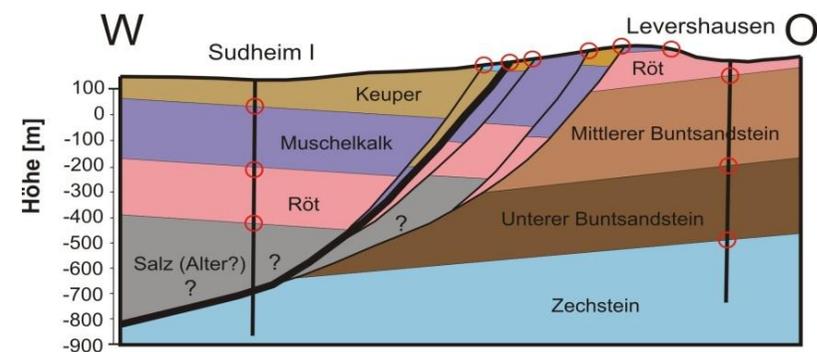
Motivation: Erkundung von Störungszonen als potenzielles Ziel der geothermischen Nutzung

Architektur von Störungszonen



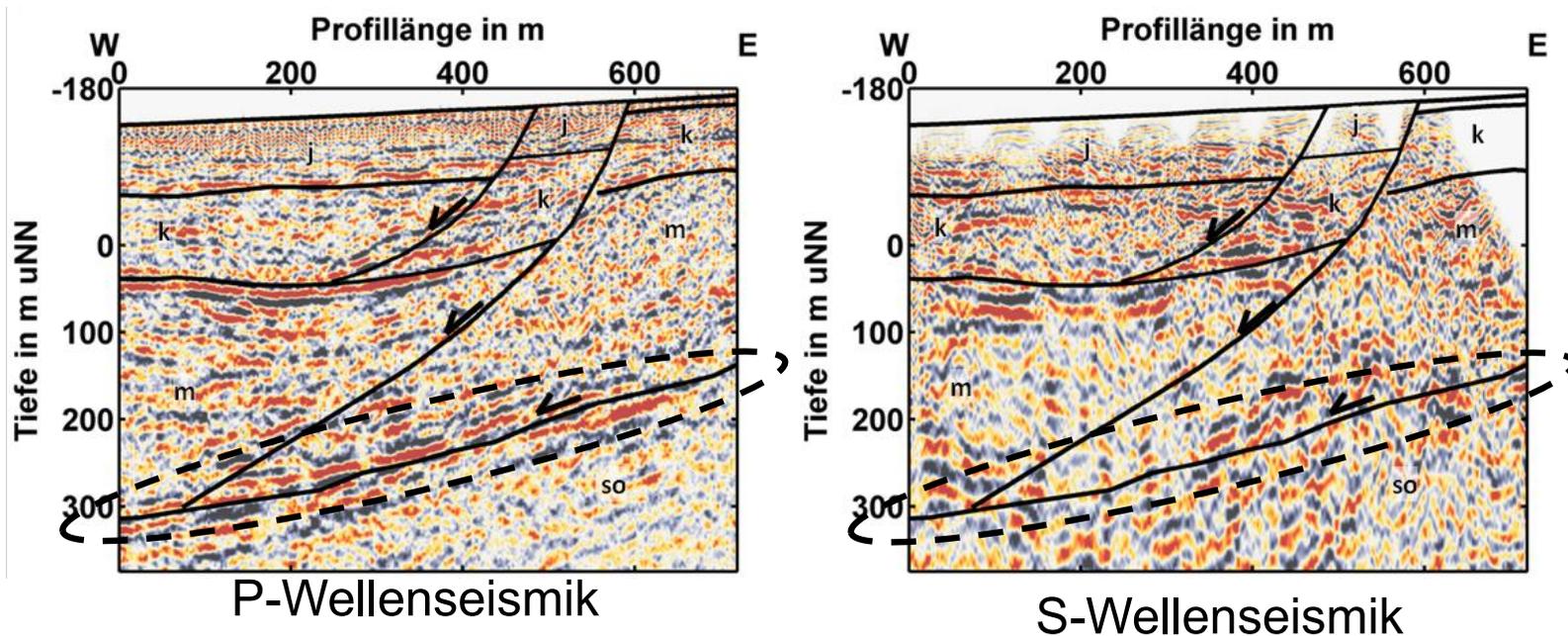
- können erhöhte Permeabilität aufweisen
- bisher kein Standard in der Erkundung

Ostrandstörung Leinetalgraben



verändert nach Grube 1909

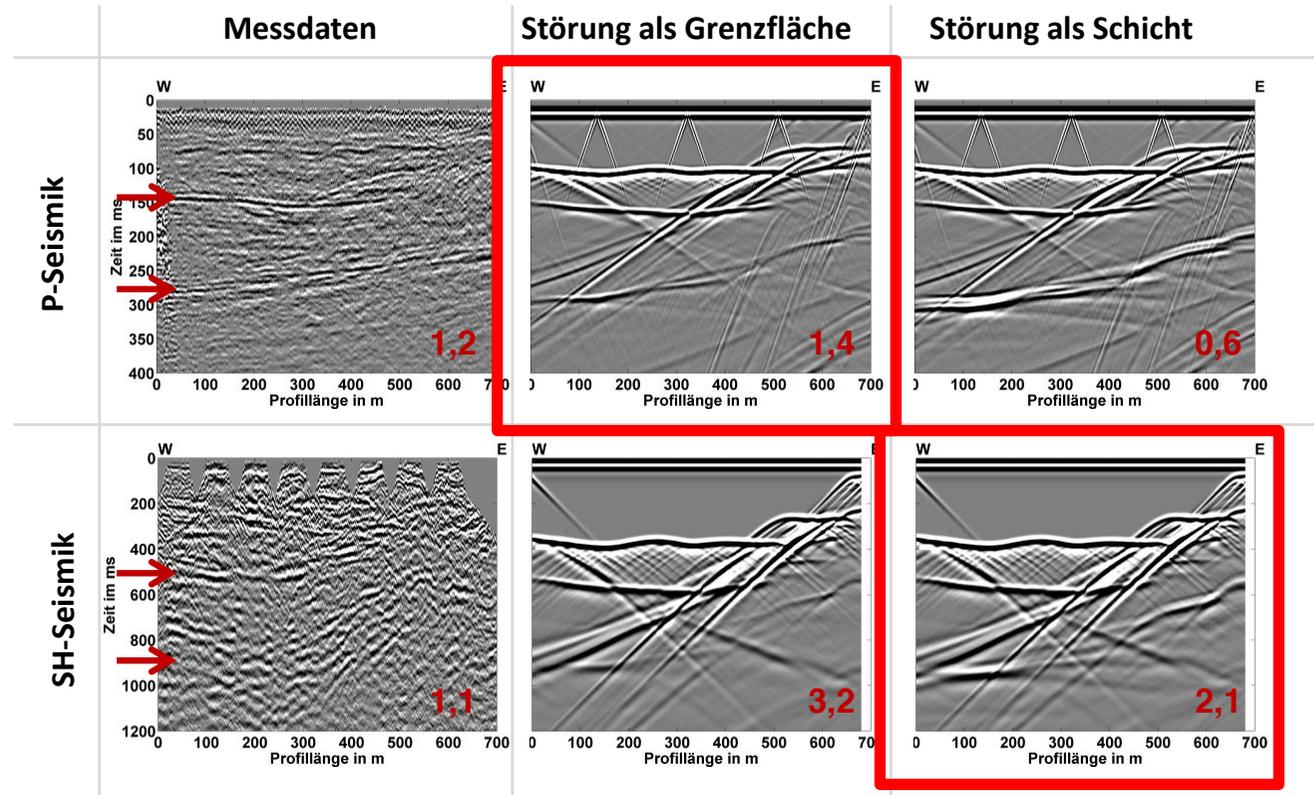
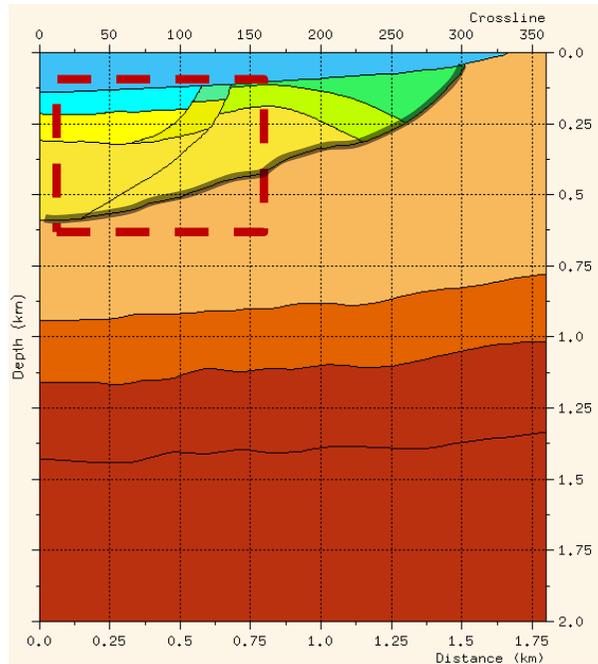
G1: Seismische Erkundung von geologischen Störungszonen



- oberflächennah gute Korrelation von P- und SH-Seismik
- in 300-550 m Tiefe unter GOK unterschiedliches Reflexionsverhalten:
 - P-Seismik zeigt nach Westen einfallenden Reflektor (interpretiert als Störung)
 - SH-Seismik zeigt die Störungszone nur abschnittsweise

G1: Seismische Erkundung von geologischen Störungszonen

Modellierung (in Arbeit)



- P-Seismik: Amplitudenverhältnisse realistischer, wenn Störungszone als **Grenzfläche** modelliert
- SH-Seismik: Amplitudenverhältnisse realistischer, wenn Störungszone als **Schicht** modelliert

Ergebnisse

- ❖ hochauflösende Abbildung des strukturellen Aufbaus des Grabenrandsystems im Leinetalgraben mit Hilfe der P-Wellenseismik
→ Störungszone für die weiteren Untersuchungen mit SH-Wellen identifiziert
- ❖ SH-Wellenseismik bildet die Störungszone nicht deutlich ab
- ❖ vorläufig: einfaches Grenzflächenmodell bildet die Amplitudenverhältnisse nicht korrekt ab, Störungszone muss als Schicht modelliert werden

Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Seismische Methoden

Elektrische und elektromagnetische Methoden

Elektrische Impedanztomographie

Erschließung

(Bohren, Stimulation)

Heterogene Gesteinseigenschaften

Charakterisierung des stimulierten Reservoirs

Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik,
Geochemie)*

Hydromechanisches Verhalten

Hydraulik-, Wärme-, Tracertests

Hydrogeochemische Prozesse

Modellierung

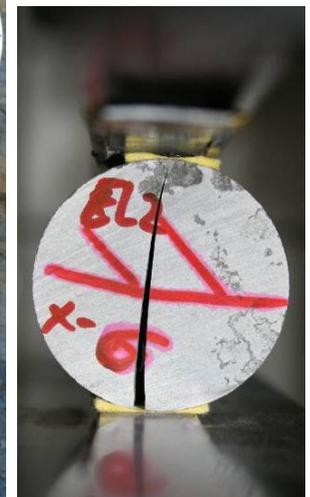
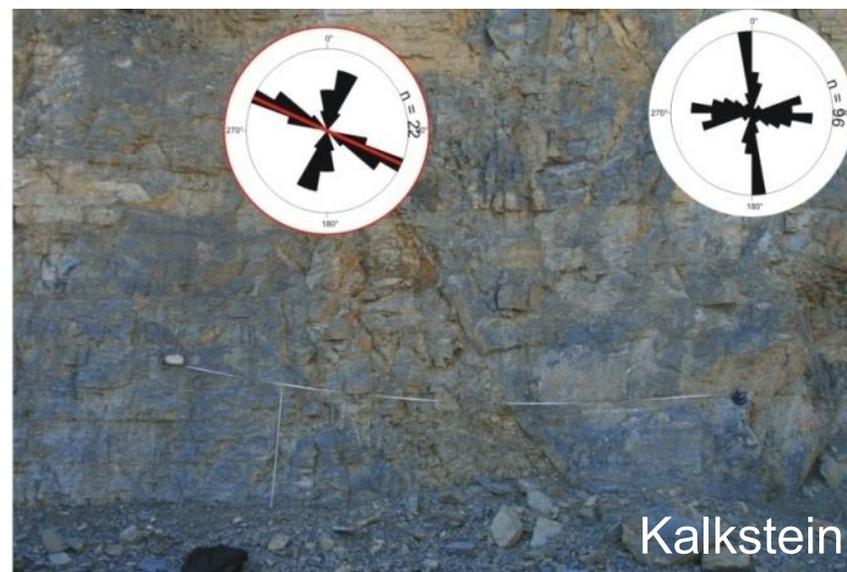
*(Prozesssimulation,
Prognose)*

Thermohydraulisch-mechanische Prozesse

G3: Heterogene Gesteinseigenschaften, Bohreffizienz und Bruchausbreitung

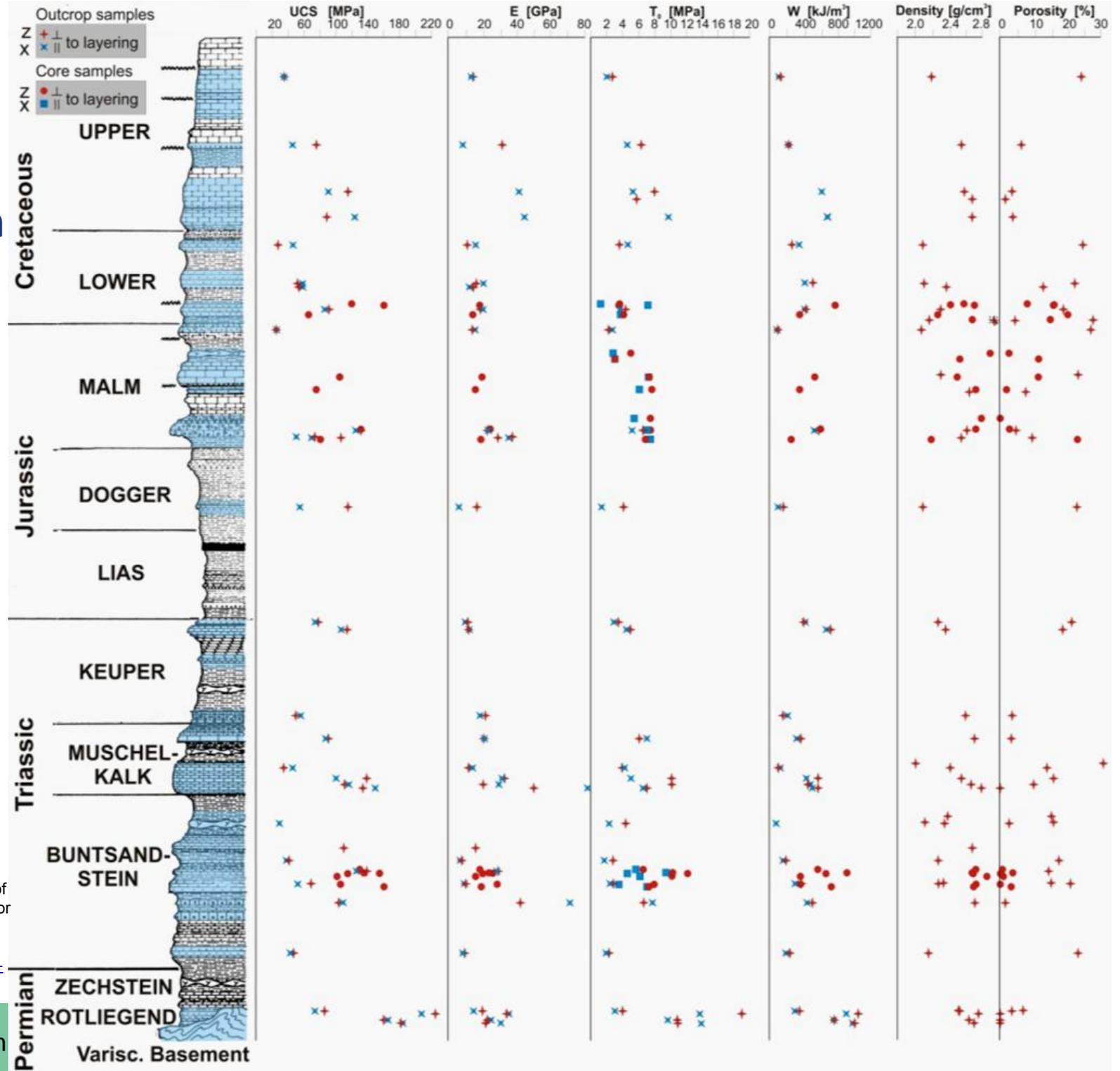
D. Reyer, S.L. Philipp  GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

- Gesteine sind heterogen (Schichtung, Störungszonen)
- Kenntnis heterogener mechanischer Gesteinseigenschaften trägt dazu bei, Bohrkosten zu verringern
- Heterogenitäten beeinflussen auch die Bruchausbreitung (natürliche Bruchsysteme sowie Stimulation)



Reyer et al. (2012): Fracture systems in normal fault zones crosscutting sedimentary rocks, Northwest German Basin. J Struct Geol 45, 38-51.

G3: Heterogene Gesteins- eigenschaften



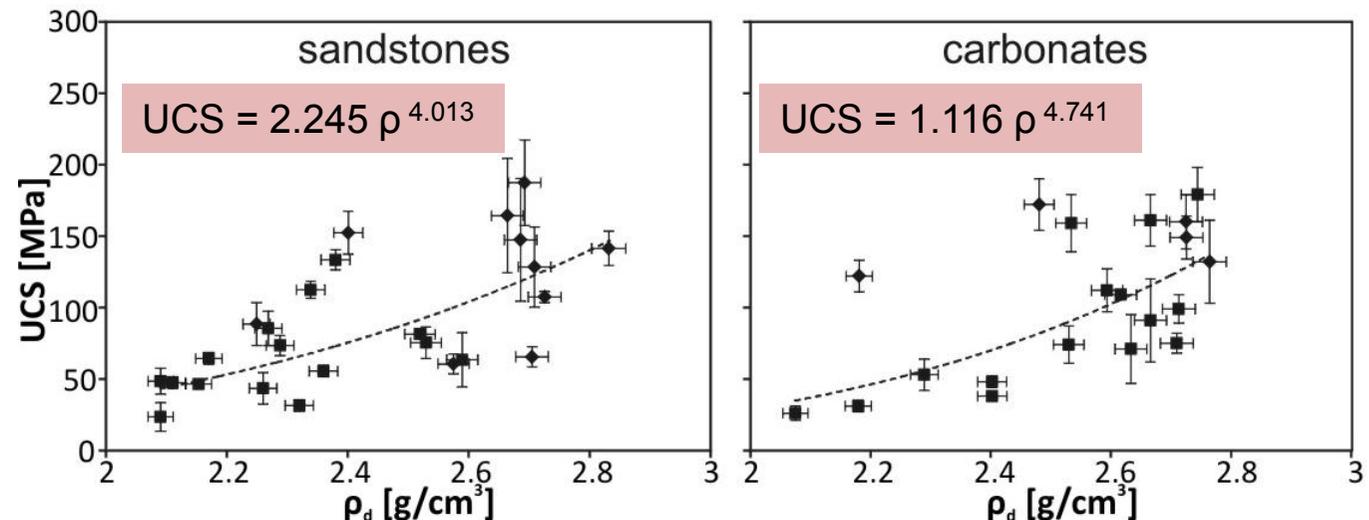
Reyer (2013): Outcrop analogue studies of rocks from the Northwest German Basin for geothermal exploration and exploitation. PhD thesis, University of Göttingen, <http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-0023-98FA-1>

G3: Heterogene Gesteinseigenschaften, Bohreffizienz und Bruchausbreitung

Empirische Beziehungen zwischen einachsialer Druckfestigkeit (UCS) und Parametern, die während des Bohrens gemessen werden können:

- **Dichte**

NGB-dens

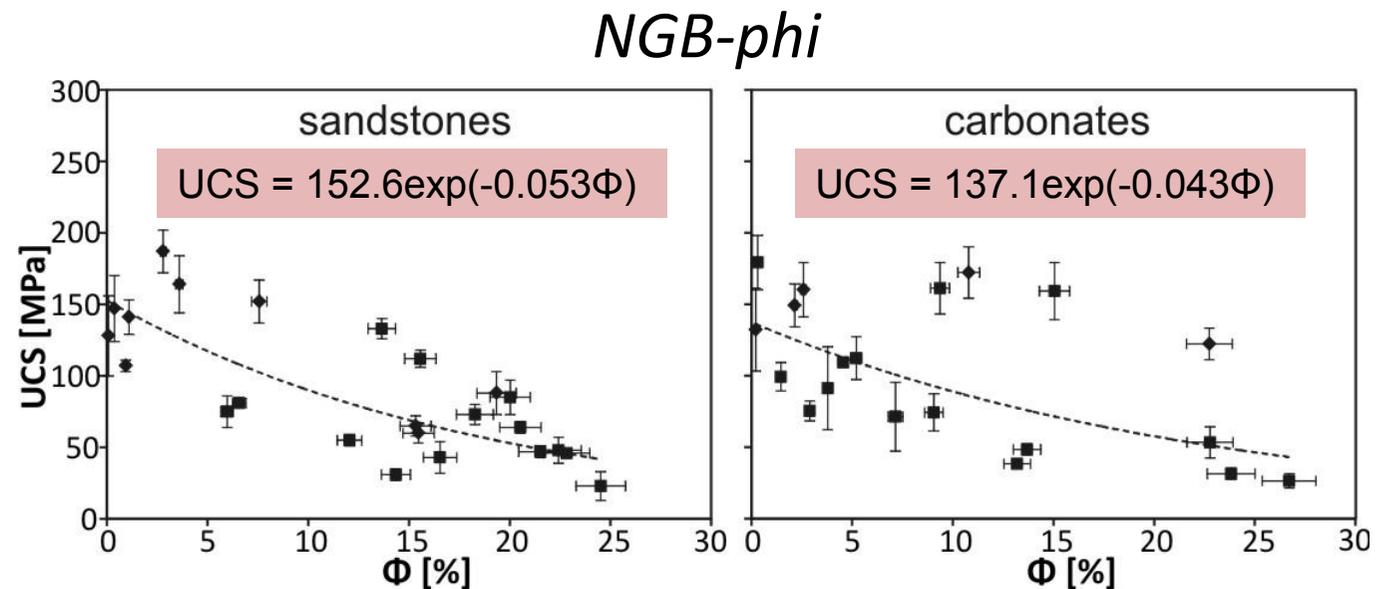


Reyer & Philipp (2014): Empirical relations of rock properties of outcrop and core samples from the Northwest German Basin for geothermal drilling. Geoth Energy Sci 2, 21-37.

G3: Heterogene Gesteinseigenschaften, Bohreffizienz und Bruchausbreitung

Empirische Beziehungen zwischen einachsialer Druckfestigkeit (UCS) und Parametern, die während des Bohrens gemessen werden können:

- Dichte
- **Porosität**

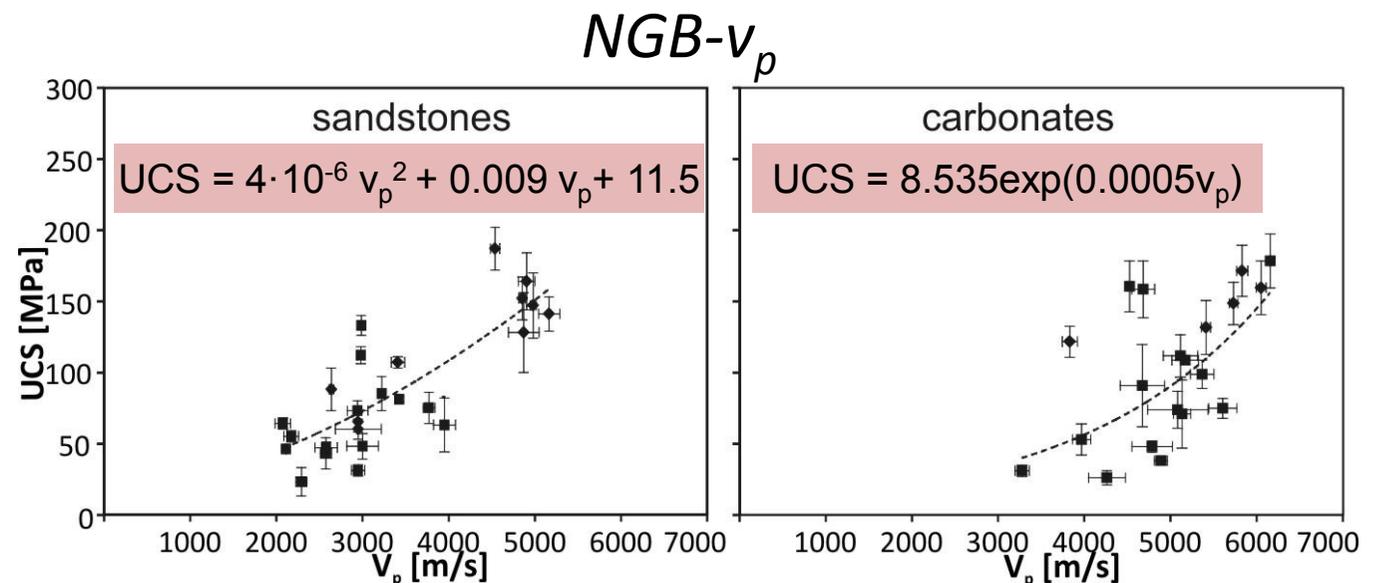


Reyer & Philipp (2014): Empirical relations of rock properties of outcrop and core samples from the Northwest German Basin for geothermal drilling. Geoth Energy Sci 2, 21-37.

G3: Heterogene Gesteinseigenschaften, Bohreffizienz und Bruchausbreitung

Empirische Beziehungen zwischen einachsialer Druckfestigkeit (UCS) und Parametern, die während des Bohrens gemessen werden können:

- Dichte
- Porosität
- v_p

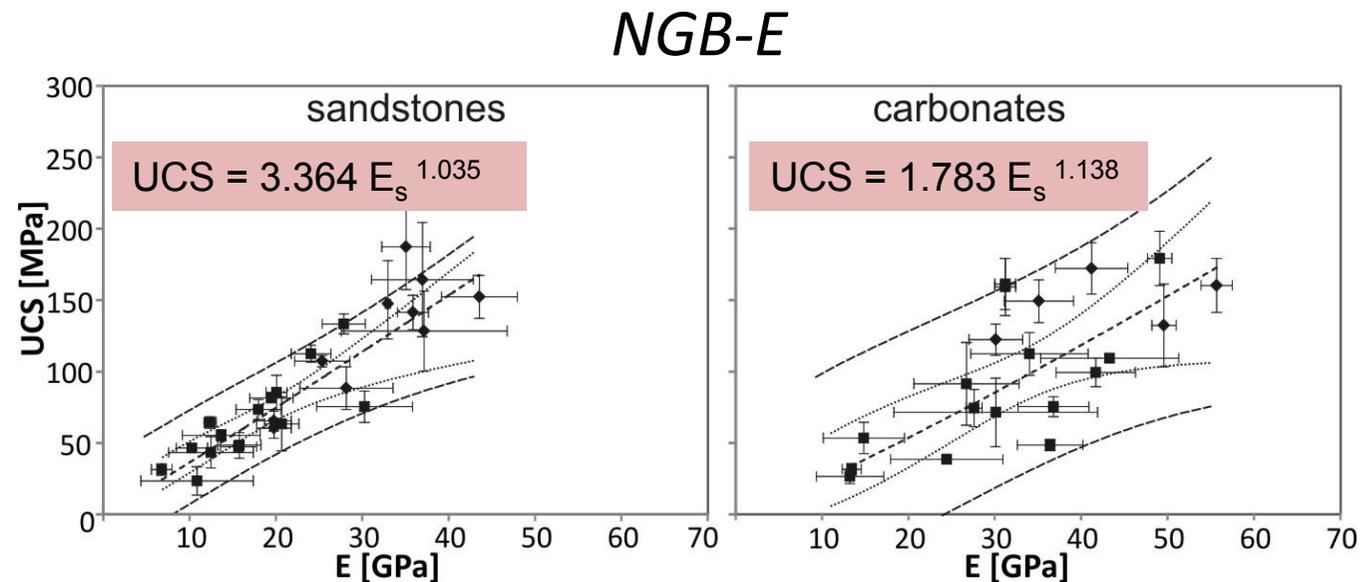


Reyer & Philipp (2014): Empirical relations of rock properties of outcrop and core samples from the Northwest German Basin for geothermal drilling. Geoth Energ Sci 2, 21-37.

G3: Heterogene Gesteinseigenschaften, Bohreffizienz und Bruchausbreitung

Empirische Beziehungen zwischen einachsialer Druckfestigkeit (UCS) und Parametern, die während des Bohrens gemessen werden können:

- Dichte
- Porosität
- V_p
- **E-Modul**



Reyer & Philipp (2014): Empirical relations of rock properties of outcrop and core samples from the Northwest German Basin for geothermal drilling. Geoth Energ Sci 2, 21-37.

Ergebnisse

- ❖ Umfassendes Inventar zu gesteinsphysikalischen Eigenschaften für alle zugänglichen Lithologien des Norddeutschen Beckens
- ❖ Untersuchungen zu Störungsinfrastruktur in Sand- und Kalkstein:
Bruchzone von Kalksteinen weist höhere Bruchdichte auf; Ausbreitung von Rissen über Schichtgrenzen hinweg hängt vom Steifigkeitskontrast ab
- ❖ Empirische Beziehungen zwischen Gesteinsparametern speziell für das Norddeutsche Becken entwickelt
→ bessere Vorhersage von UCS aus Log-Daten möglich

Erkundung

(Geologie, Geophysik)

Seismische Methoden

Elektrische und elektromagnetische Methoden

Elektrische Impedanztomographie

Erschließung

(Bohren, Stimulation)

Heterogene Gesteinseigenschaften

Charakterisierung des stimulierten Reservoirs

Charakterisierung

*(Hydraulik, Transport,
Geomechanik,
Geochemie)*

Hydromechanisches Verhalten

Hydraulik-, Wärme-, Tracertests

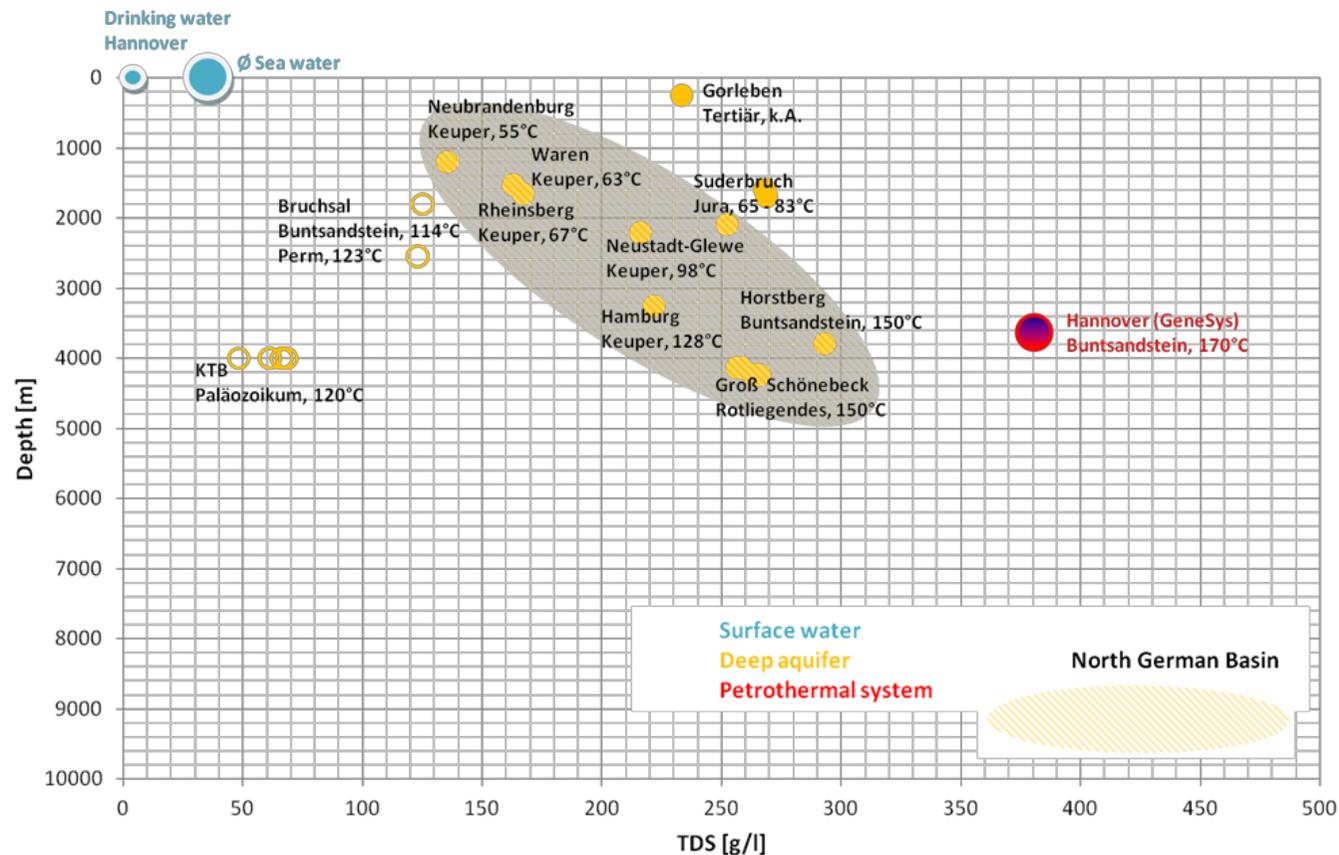
Hydrogeochemische Prozesse

Modellierung

*(Prozesssimulation,
Prognose)*

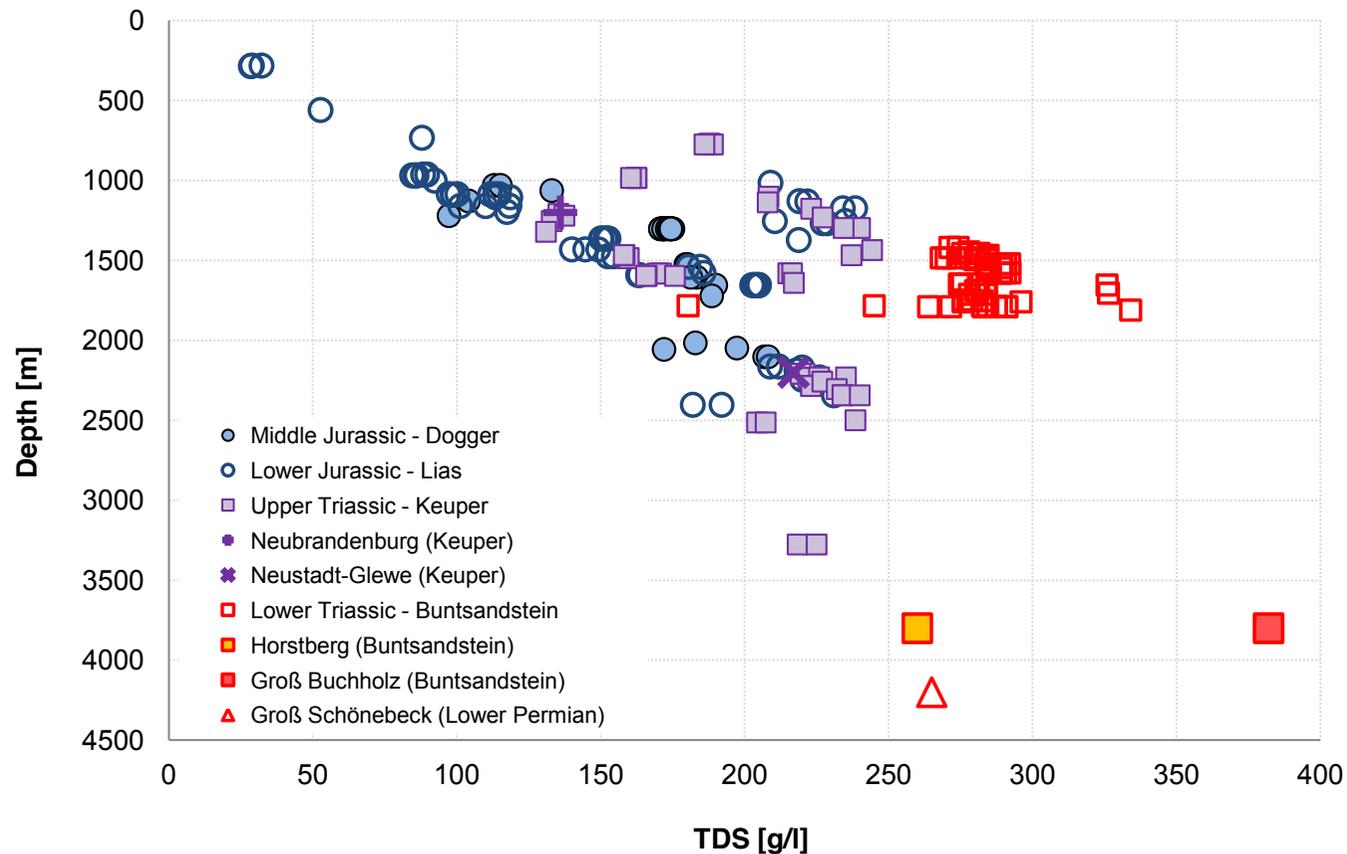
Thermohydraulisch-mechanische Prozesse

G9: Hydrogeochemische Prozesse im geothermischen System



Gesamtgehalt gelöster Minerale (TDS) in norddeutschen Formationswässern, in der KTB sowie im Meer- und Trinkwasser

G9: Hydrogeochemische Prozesse im geothermischen System

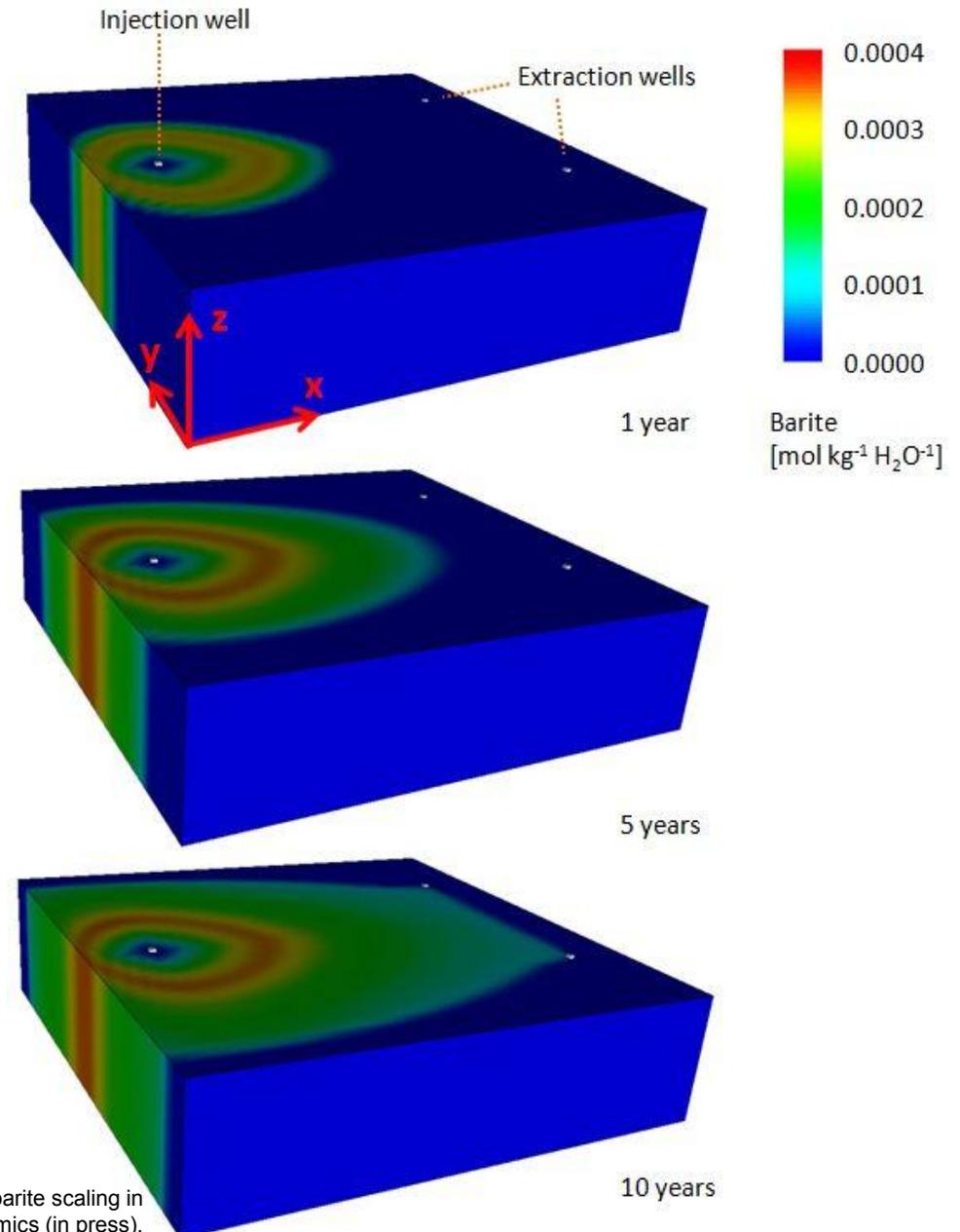


Tiefe Reservoirs verschiedener stratigraphischer Einheiten zeigen typische hydrogeochemische Bildungsprozesse an (z.B. Salzlösung: Jura - Keuper, Feldspatumwandlung: Buntsandstein, Rotliegendes).

G9: Hydrogeochemische Prozesse im geothermischen System

Verteilung von Barytausfällungen bei Injektion eines sulfathaltigen Oberflächenwassers in ein Formationswasser des Typs „Groß Schönebeck“

- Porosität 15 %
- konstante Pumpraten an Injektions- und Extraktionsbohrungen
- Temperaturunterschiede nicht berücksichtigt



Bozau, E., Häußler, S., van Berk, W.: Hydrogeochemical modelling of corrosion effects and barite scaling in deep geothermal wells of the North German Basin using PHREEQC and PHAST. Geothermics (in press).

Ergebnisse

- ❖ Erstellung einer Datenbank zur chemischen Zusammensetzung norddeutscher Formationswässer
- ❖ Erstellung eines für PHREEQC und PHAST nutzbaren thermodynamischen Datensatzes zur Modellierung von hochsalinaren Wässern bis 200 °C
- ❖ Erfolgreiche Modellierung von Korrosionsprozessen, Ausfällungen und Entgasungen bei hohen Temperaturen und Drücken in Geothermie-Brunnen des Norddeutschen Beckens
- ❖ Modellierung der 3D Ausbreitung von Ausfällungen für homogenen, isotropen Grundwasserleiter

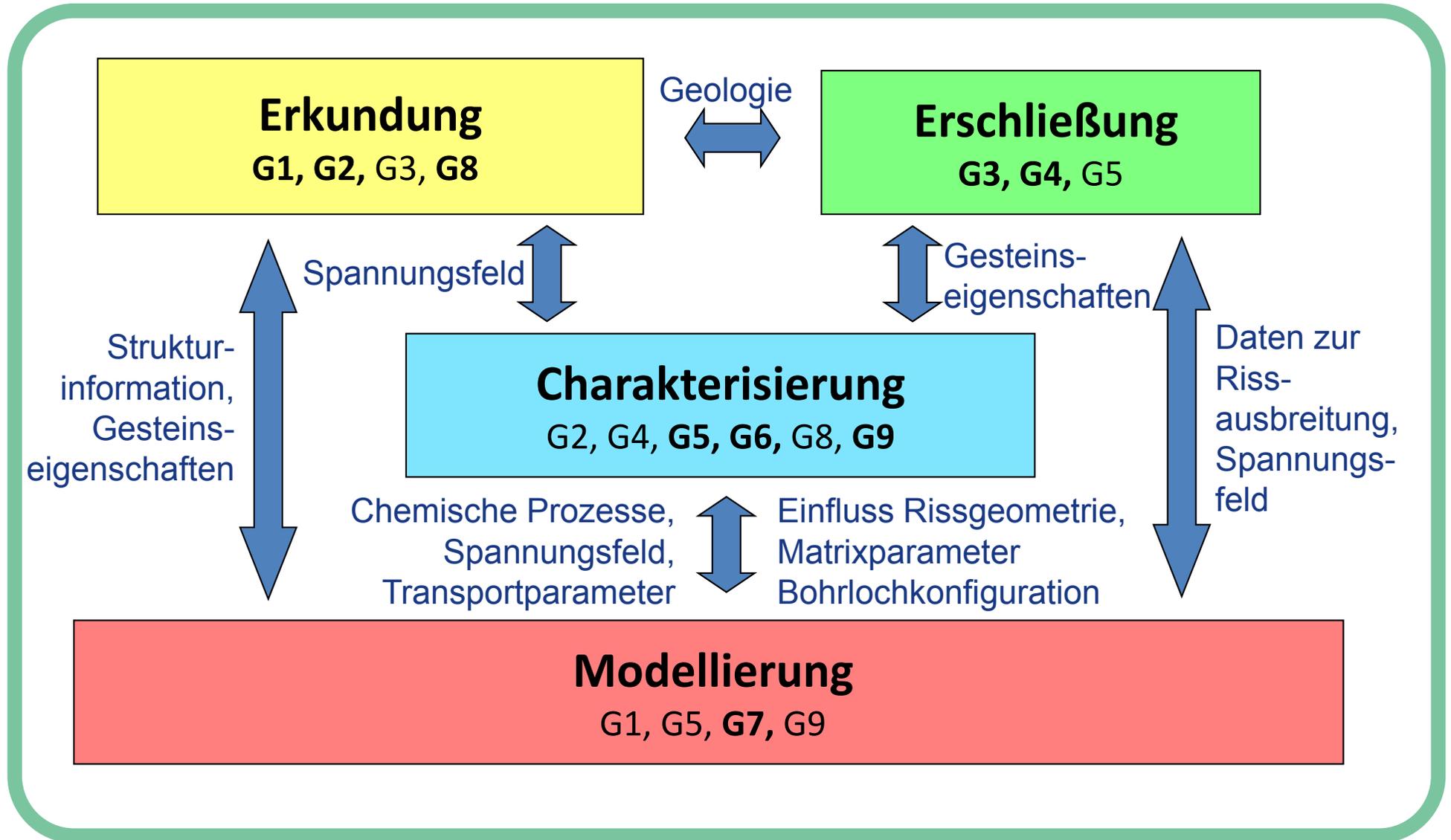
Datenquellen / weitere Informationen:

Bozau, E. (2013): Prozessmodellierung hochsalinärer Wässer mit einem erweiterten PHREEQC-Datensatz. Grundwasser, 18, 93-98.

Bozau, E., van Berk, W. (2013): Hydrogeochemical modeling of deep formation water applied to geothermal energy production. Procedia Earth and Planetary Science, 7, 97-100.

Bozau, E., van Berk, W. (2012): Geothermische Nutzung tiefer Gesteinsreservoire: Ist eine Prognose der chemischen Wasserzusammensetzung möglich? Advanced Mining Solutions 4, 8-13

Benchmarkmodelle



Team gebo-Geosystem

LIAG: H. Bunes, M. Grinat, T. Günther, B. Hahne, E. Meneses Rioseco,
G. Schaumann, R. Schellschmidt, R. Thomas, B. Wawerzinek

Uni Göttingen: I. Ghergut, E. Holzbecher, S. Philipp, D. Reyer (jetzt LBEG), M. Sauter

BGR: D. Fielitz, U. Wegler

TU Braunschweig: K. Bairlein, A. Hördt

TU Clausthal: E. Bozau, W. van Berk

Daten

GeotIS

GeneSys

KTB

GFZ (Groß Schönebeck)

Uni Göttingen

Finanzierung

Niedersächsisches MWK, Baker Hughes (Celle)

