
3D Modellierung des Spannungsfeldes im Umfeld der GeneSys-Bohrung

Rüdiger Schellschmidt¹, Jörn Löhken¹,
Projektgruppe GeneSys²

¹LIAG, Geozentrum Hannover, ²BGR

4. Norddeutsche Geothermietagung / Hotspot Hannover
26.-27. Oktober 2011

Inhalt

- Ziele des Projektes
- Geologisches Modell Groß Buchholz
- Spannungsfeld-Modellierung
 - Vergleich mit In-Situ Messungen aus der Bohrung GT 1
 - Spannungsfeld im Umkreis der Bohrung
 - Einfluss des Porendruckes
 - Einfluss des Salzes
 - Einfluss tektonischer Spannungen
- Zusammenfassung und Ausblick

Ziele des Projektes

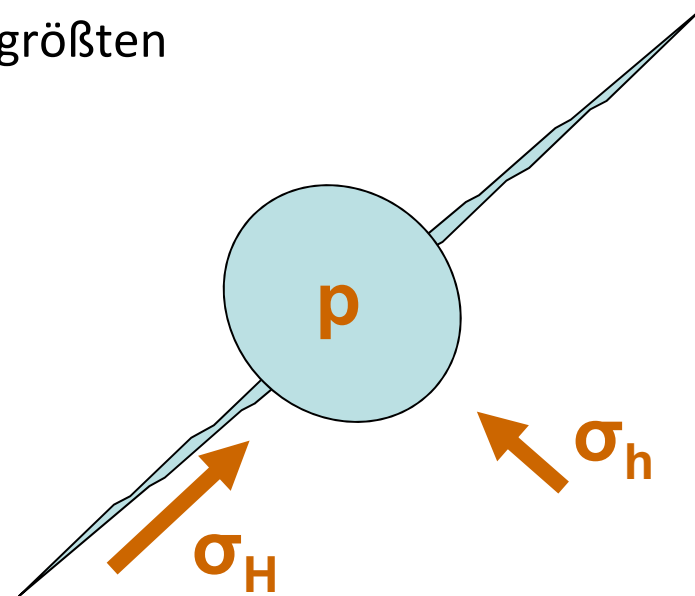
Hydromechanisches Verhalten geothermischer Reservoirire im Spannungsfeld geologischer Strukturen

Ziel dieses Teilprojektes ist der Erkenntnisgewinn über das hydromechanische Reservoirverhalten während und nach den Bohr- und Stimulationsmaßnahmen, um Nutzungskonzepte zu optimieren.

- *Modellierung der Spannungsverteilung für 3D Untergrundmodelle*
- *Simulation einer hydraulischen Stimulation und des hydromechanischen Rissverhaltens*
- *Modellierung zur Optimierung bekannter Nutzungskonzepte*

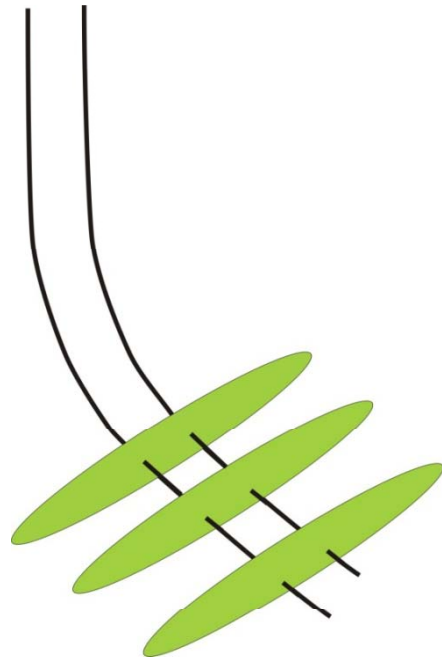
Hydraulische Risserzeugung

- Ist die hydraulische Leitfähigkeit zu niedrig, müssen künstlich Wärmeaustauschflächen erzeugt werden.
- Rissbildung z. B. wenn der Wasserdruck p im Bohrloch die kleinste Horizontalspannung σ_h übersteigt.
- Ausbreitung des Risses in Richtung der größten horizontalen Hauptspannung σ_H .

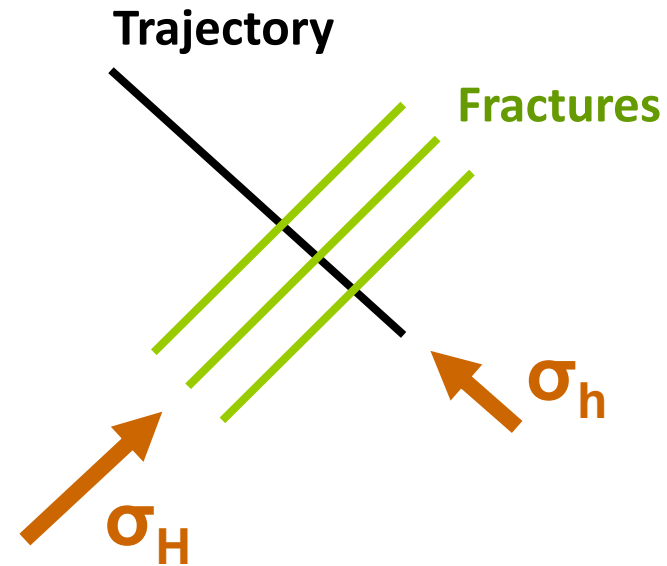


Bohrlochablenkung und Spannungsfeld

Multiple Fracs



Aufsicht:



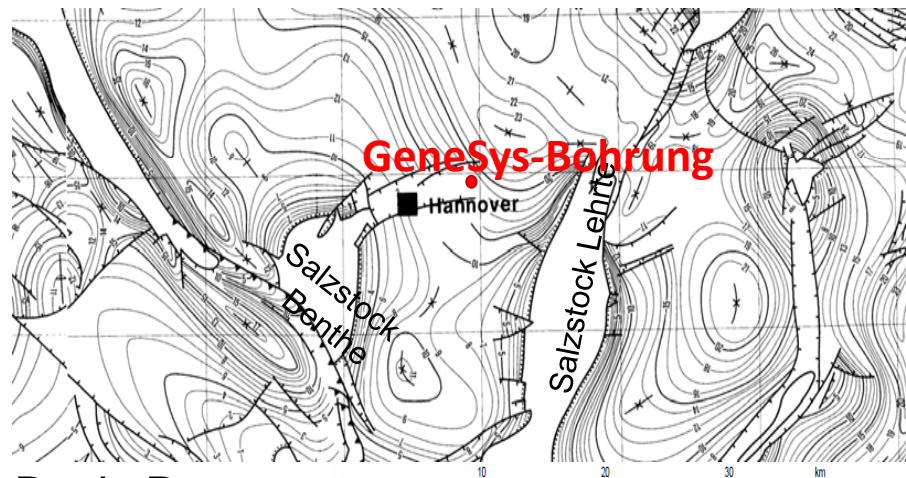
Spannungsfeld wichtig:

- Möglichkeit für Tiefenzirkulation oder die Erzeugung von Multi-Fracs
- Bohrlochstabilität

Abbildungen von T. Tischner, BGR

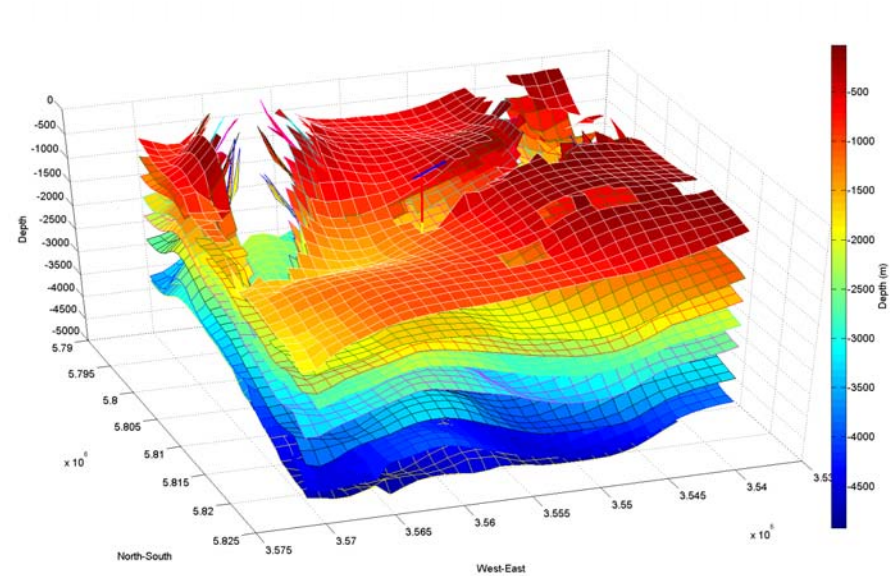
Untergrundmodelle

- Groß Buchholz - Modell mit Einfluss benachbarter Salzstöcke
 - Viele Daten, aktuelle Bohrung
 - Geologie aus Geotektonischem Atlas
- Datenbearbeitung
 - Interpolieren von Datenlücken
 - Modellierung der Salzstöcke
 - Anpassung an Bohrungsdaten



Basis Dogger

Copyright (c) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1998) / Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland

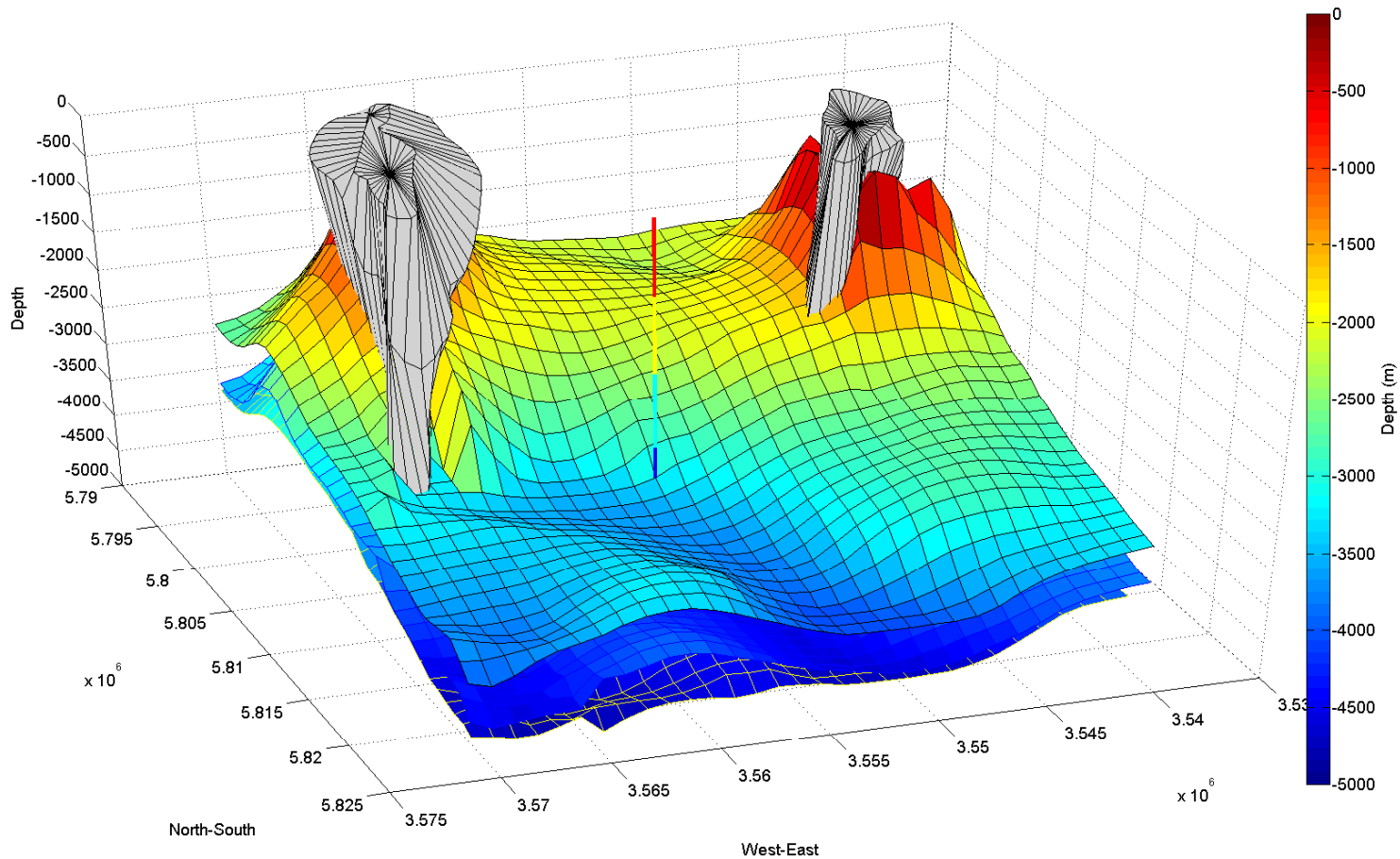


Modell Groß Buchholz (Rotliegend bis Röt), mit Salzstöcken

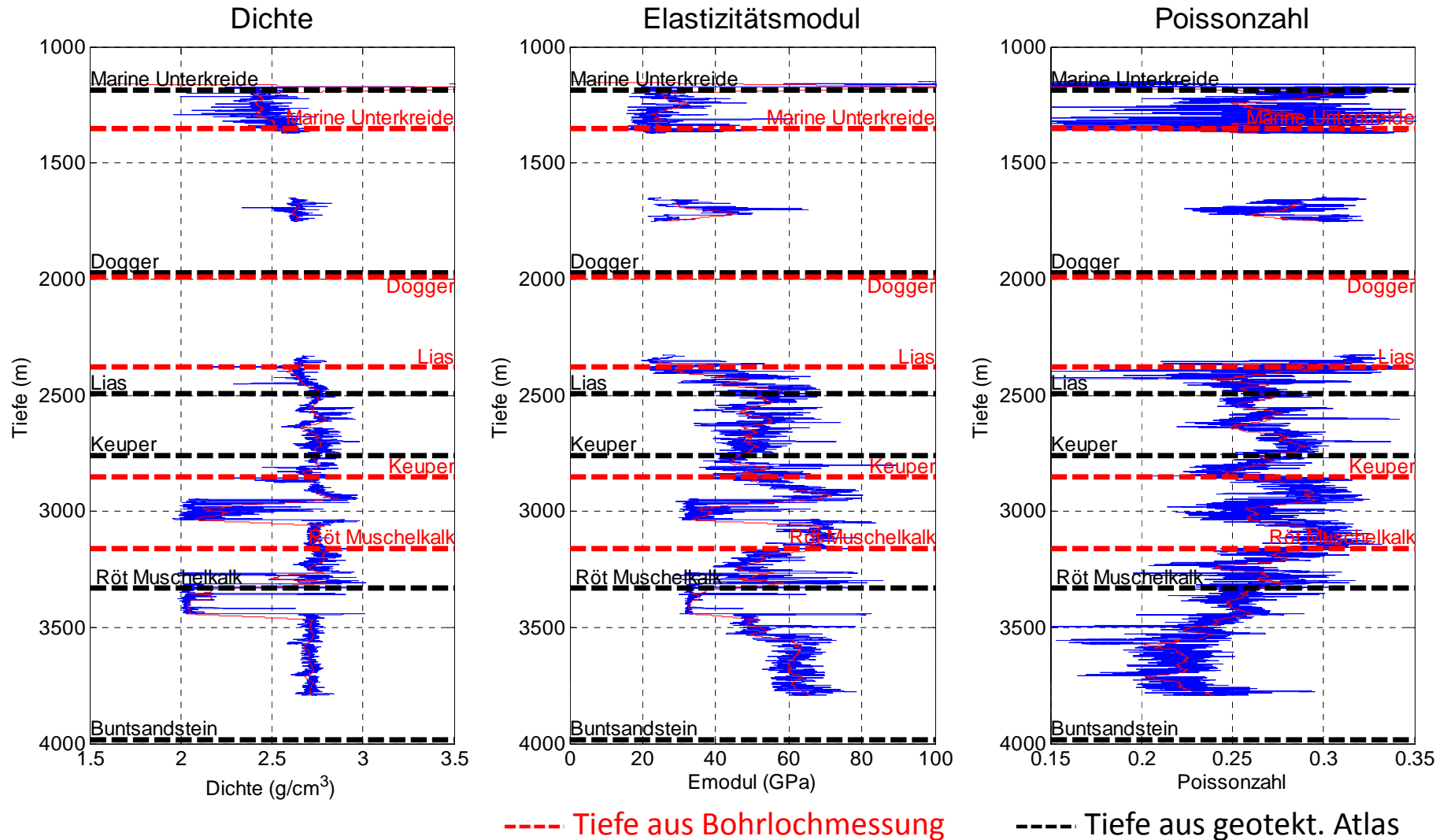
- xy view
- xyz view
- yz view
- xz view

4km zoom

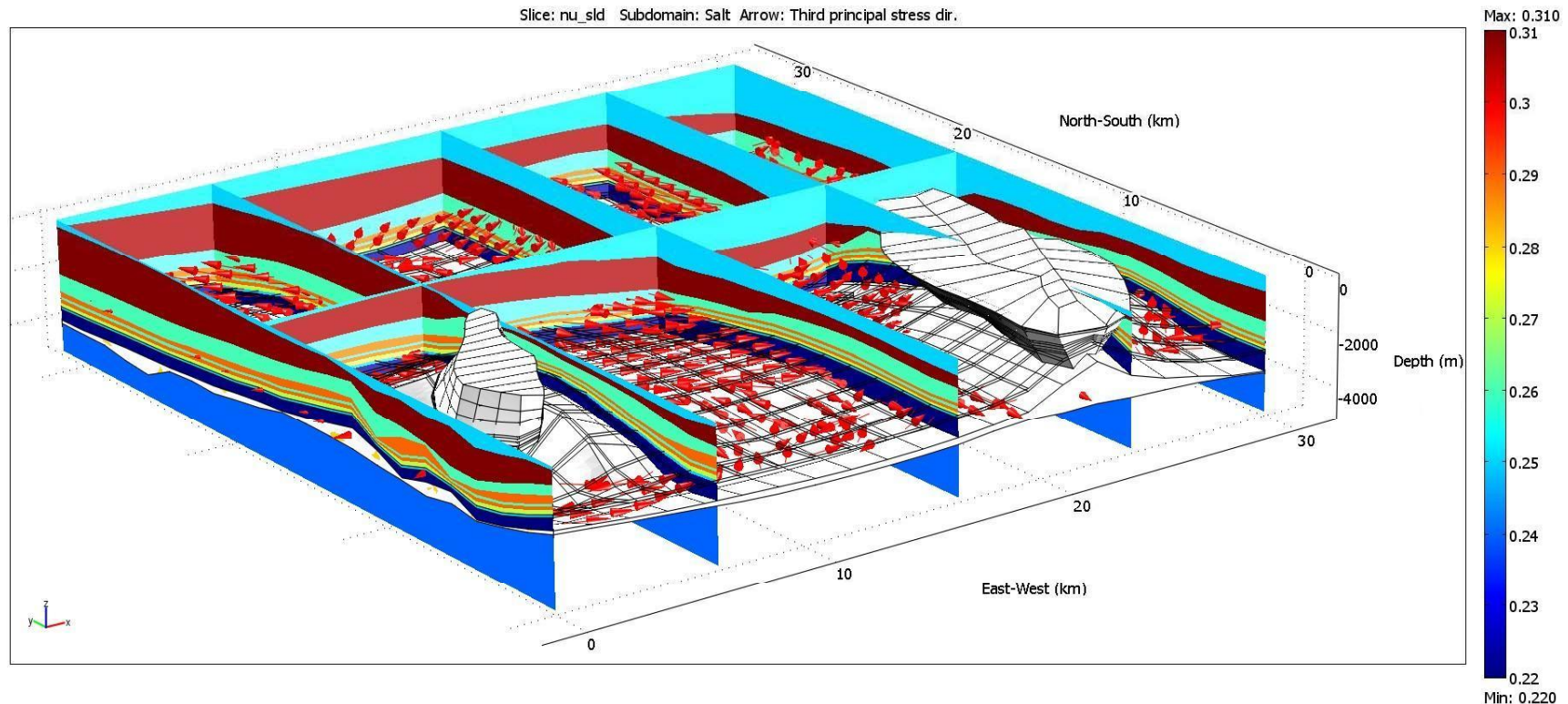
- Salzstock 1
- Salzstock 2
- Oberjura Wealden
- Oberpaläozän
- Marine Unterkarbons
- Röt Muschelkalk
- Mittellias Obe
- Unterer BS
- Obertrias
- Buntsandstein
- Lias
- Keuper
- Dogger



Mechanische Parameter aus Bohrlochmessungen

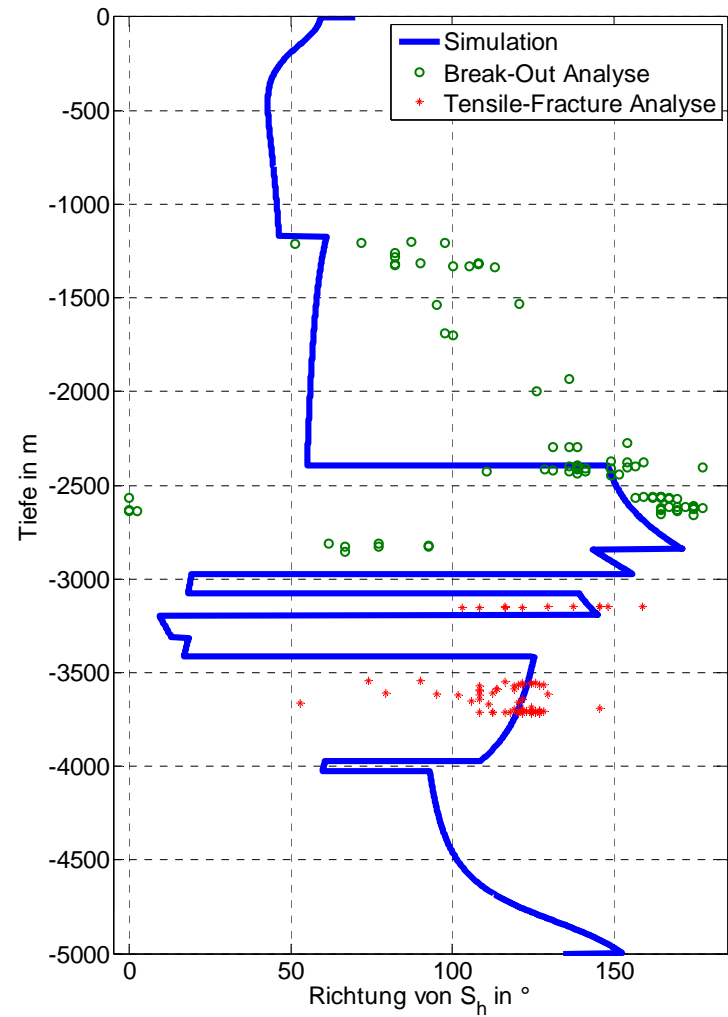
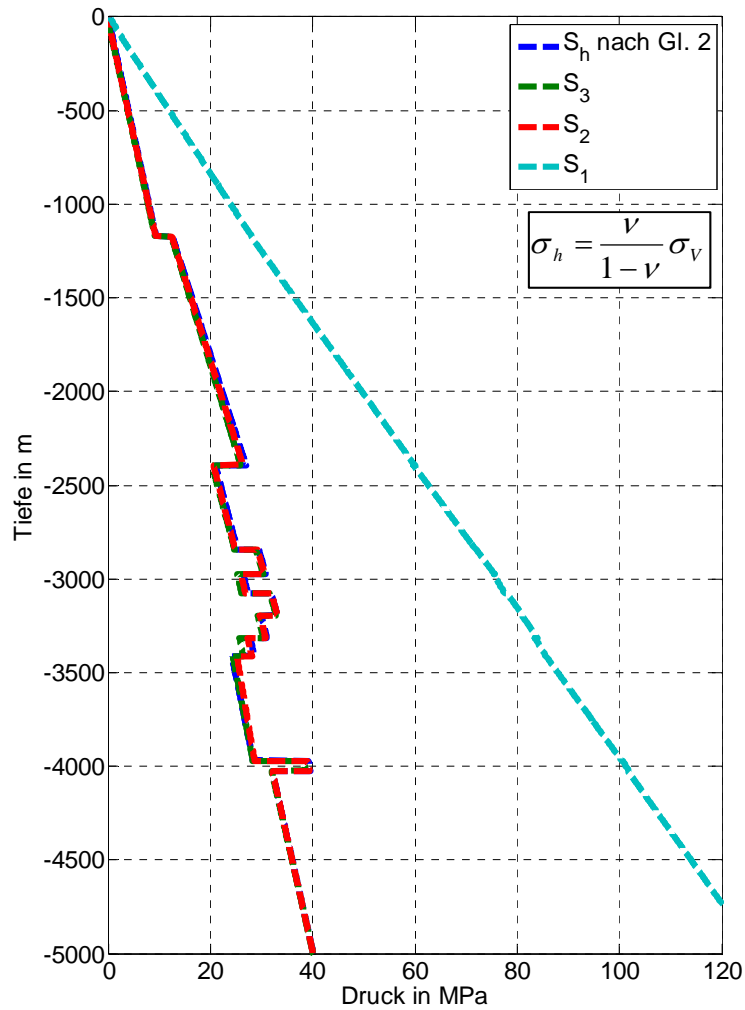


3D-Modellierung des Spannungsfeldes

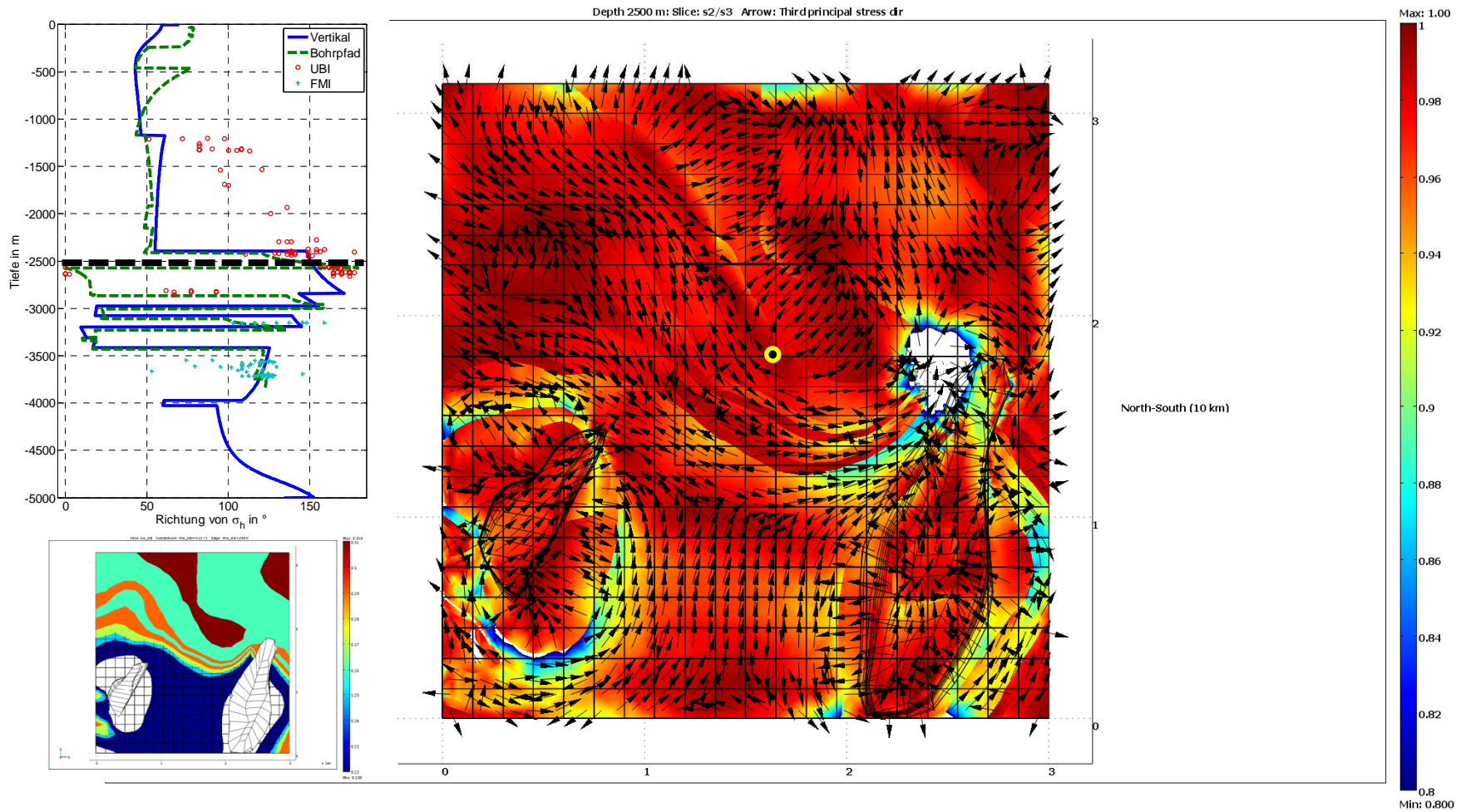


- Zunächst Spannungsfeld nur aus Auflast, Modell seitlich und am Boden ortsfest.
- Spannungsverteilung durch Topologie, Salzstöcke & Variation der mech. Parameter.
- Modellraum 31,5 x 30 x 5 km³

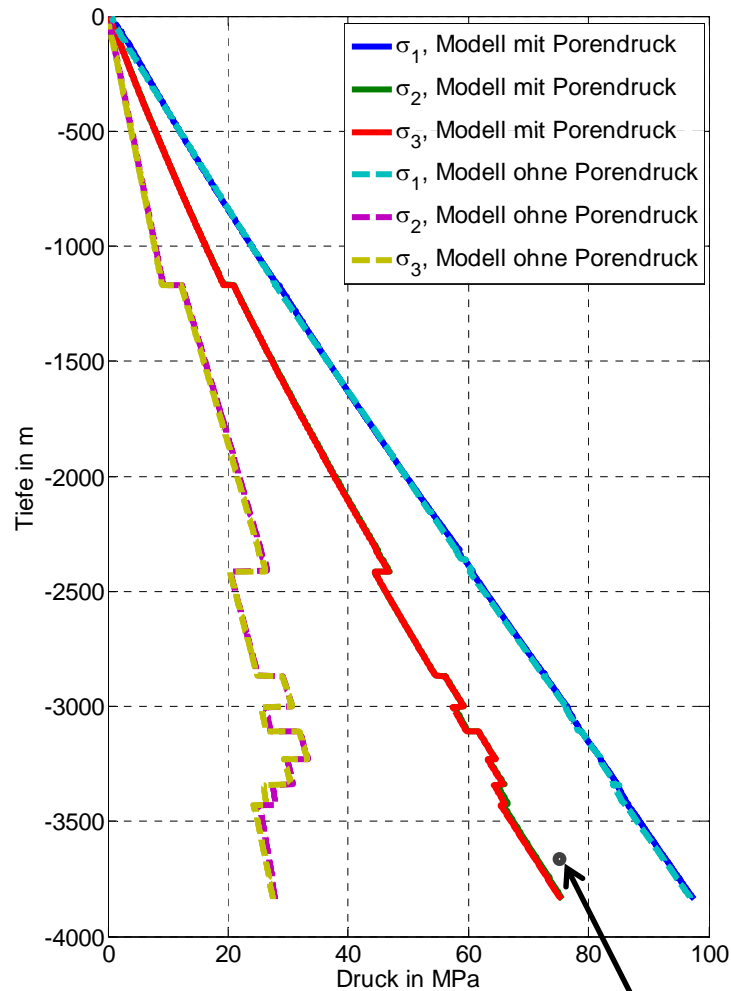
Hauptspannungen aus der Modellierung



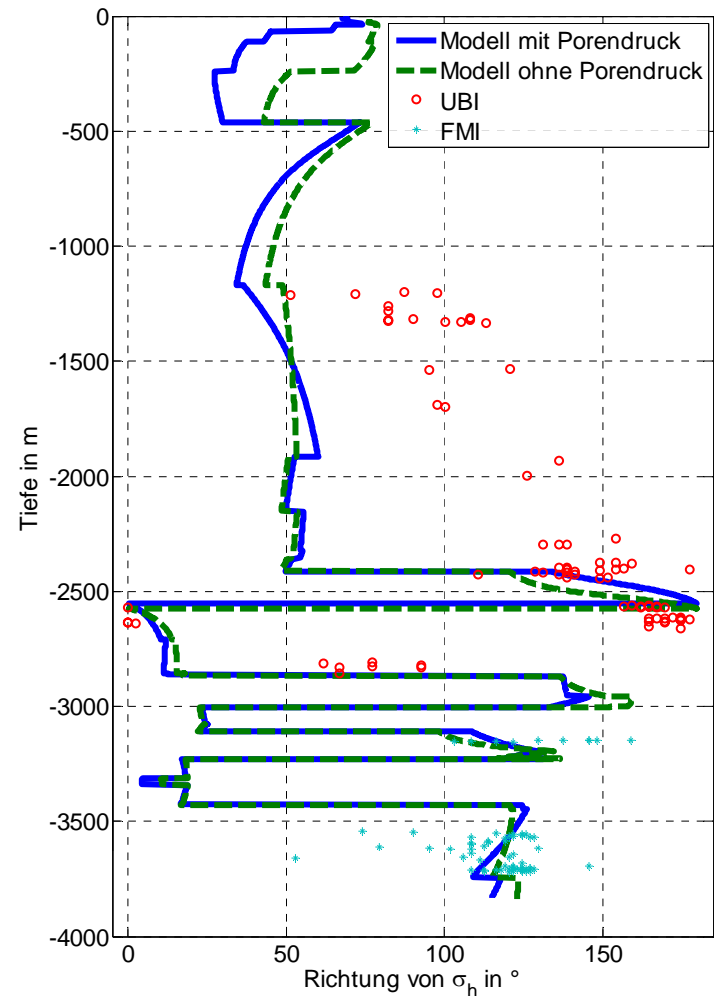
Spannungsfeld in 2500 m Tiefe



Der Einfluss des Porendruckes



Spannungswert aus Mini-Frac-Versuch



Einfluss der Rheologie des Salzes

Salzschichten im Muschelkalk, im Röt, der Zechstein und die beiden Salzstöcke

Bisher mit den mechanischen Parametern (Bohrlochmessungen):

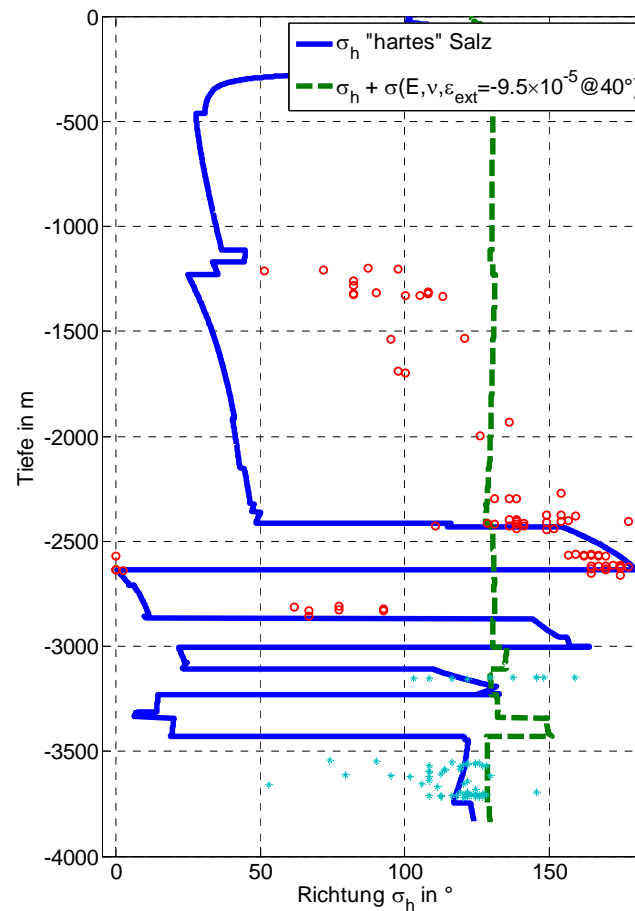
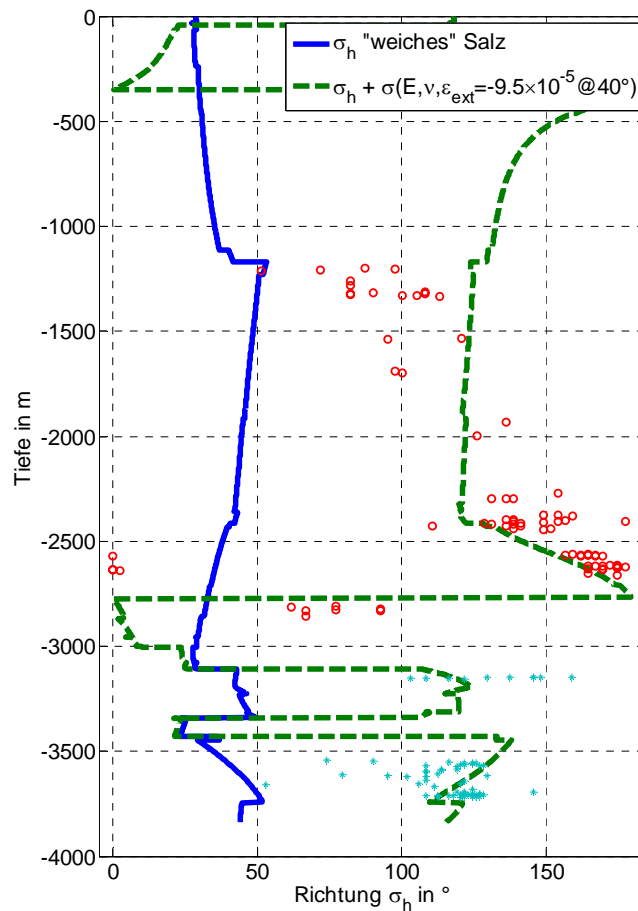
- geringere Dichte,
- ein niedrigeres Elastizitätsmodul,
- sowie eine geringfügig kleinere Poissonzahl

Salz ist fließfähig (Kriechverhalten):

- Verkleinern des Elastizitätsmoduls („weiches“ Salz)
- Poissonzahl von 0.5 (in allen drei Hauptspannungsrichtungen)
- Beschreibung durch Norton-Kriechen

Ein „weiches“ Salz könnte einen Unterschied von 50 bar erklären, allerdings auf Kosten der Richtungsinformation in den oberen Schichten!

Einfluss tektonischer Spannungen



Es zeigt sich, dass die Richtung des Spannungsfeldes in der Modellierung stark von der Art und Weise abhängt, wie das rheologische Verhalten des Salzes beschrieben wird!

Ergebnisse

- Hauptspannungsrichtungen lassen sich im Zielbereich allein durch das Geologische Modell und die gemessenen mechanischen Parameter erklären.
- Spannungsfeldrichtung variiert innerhalb weniger Kilometer laterale und mit der Tiefe.
- Spannungsfeld oberhalb von 2400 m (Lias und Dogger) konnte ohne externe Spannungen nicht zufriedenstellend reproduziert werden.
- Der Einfluss der Salzstöcke ist nicht zu vernachlässigen.
- Porendruck hat wesentlichen Einfluss auf die Spannungsamplitude.

Ausblick

- Daten weiterer Frac-Versuche
- Einfluss der Grabenstruktur im Dogger und Lias
- Modellierung der Spannungsfelder in Grundlegenden Geometrien, z. B. einfallende Schichten oder Becken

- „Fracen“ simulieren
- Modellierung der Deformationen während der Stimulation
- Untersuchung des hydromechanischen Rissverhaltens

Das Projekt wird vom Niedersächsischen MWK und Baker Hughes gefördert.