

**efzn**

Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen

**MAGS**

## **MAGS EP6:**

THM:C gekoppelte Untersuchungen zu Mechanismen und freigesetzten Deformationsenergien der seismischen Ereignisse in der Reservoirstimulations- und Betriebsphase

-

### Stand der Arbeiten

Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Z. Hou

M.Sc. Yang Gou

**Dipl.-Geow. Tobias Kracke**

M.Sc. Lei Zhou

München, 21. März 2012

# Inhalt

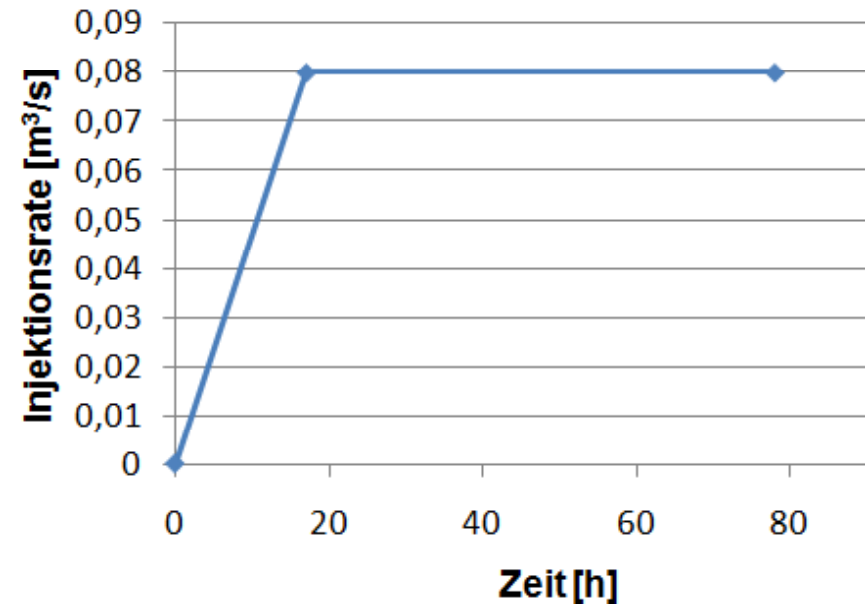
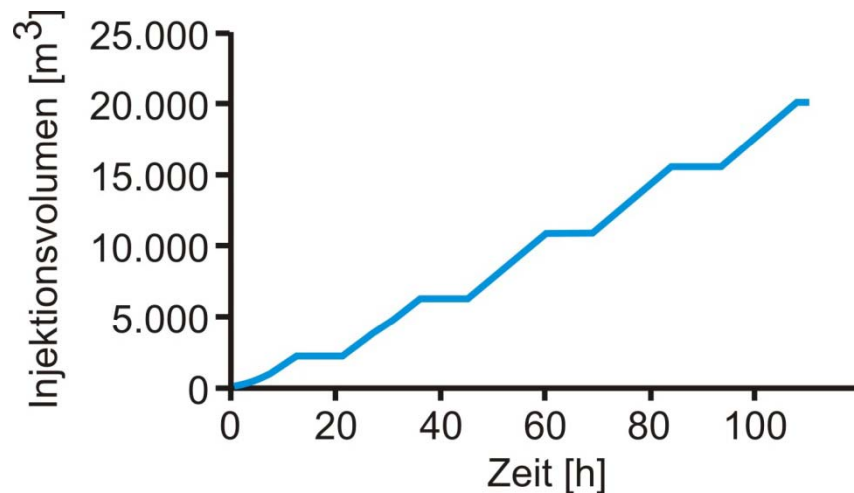
- Modellanpassung für die Simulation der GeneSys-Stimulation anhand realer Operationsdaten
- Status und Ausblick

# GeneSys - Stimulation

Grundlagen für die Berechnung der hydraulischen Stimulationsmaßnahme (Mai 2011), nach Vorgabe der BGR:

Planung:

- maximale Injektionsrate: 80 l/s
- Injektionsvolumen insgesamt: 20.000 m<sup>3</sup>
- Injektionsdauer: 78 h

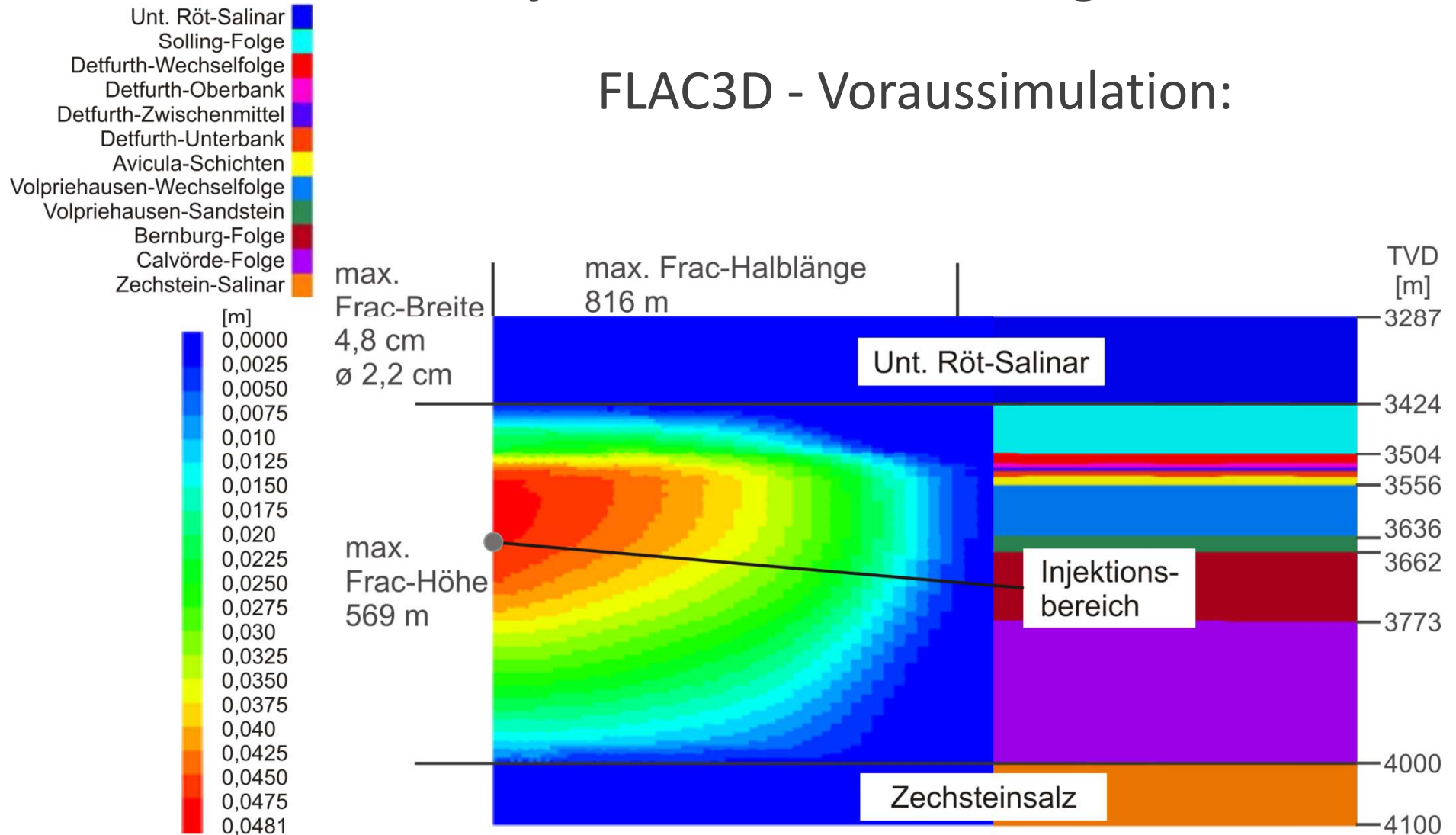


Durchführung:

- ~20.000 m<sup>3</sup>
- max. 90 l/s
- 109 h, da nächtliche Ruhephasen

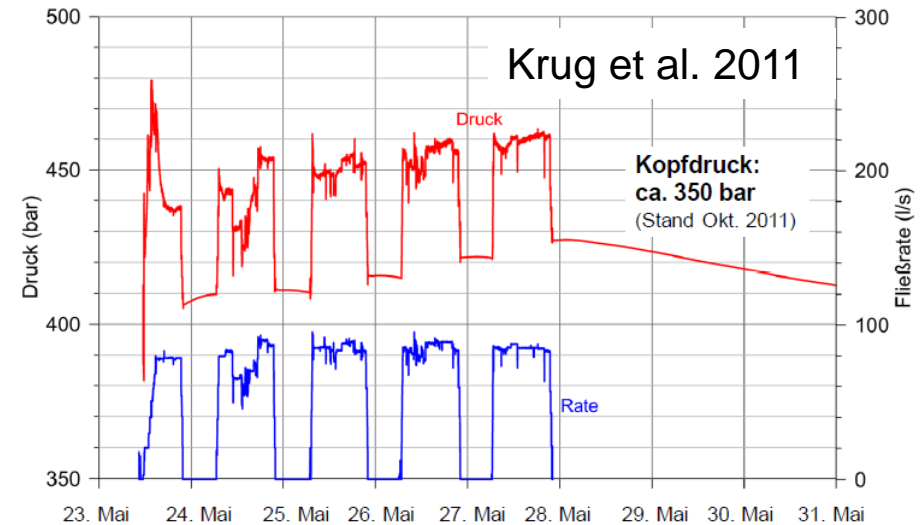
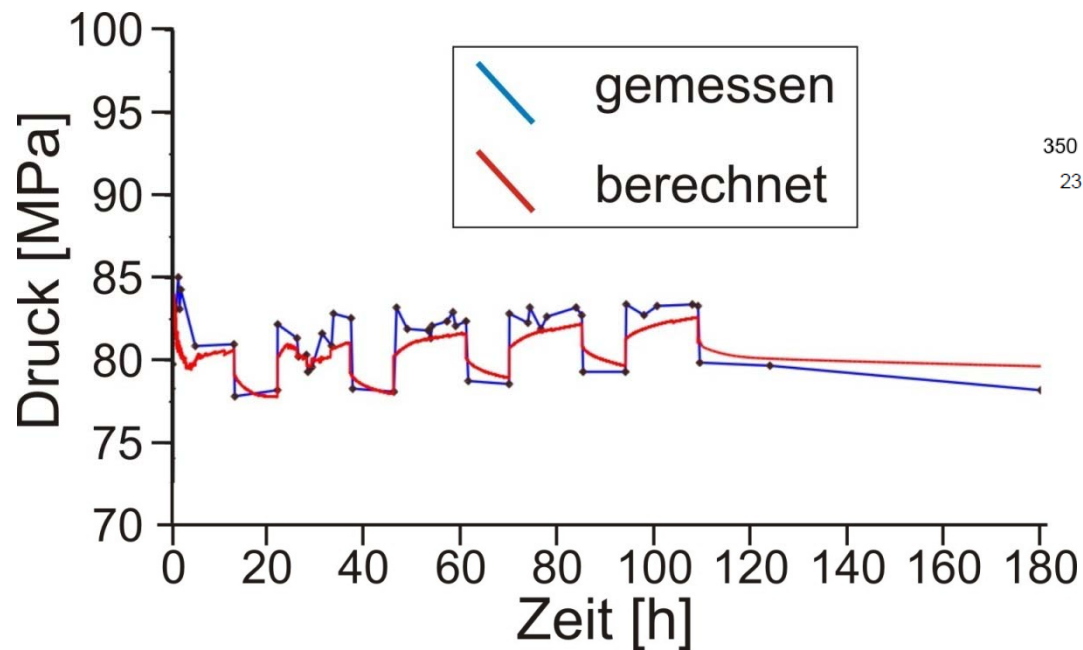
# GeneSys – Frac-Ausbreitung

FLAC3D - Voraussimulation:



# GeneSys - Stimulation

Druckkurve der GeneSys-Stimulation und mittels FLAC3D simulierter Verlauf

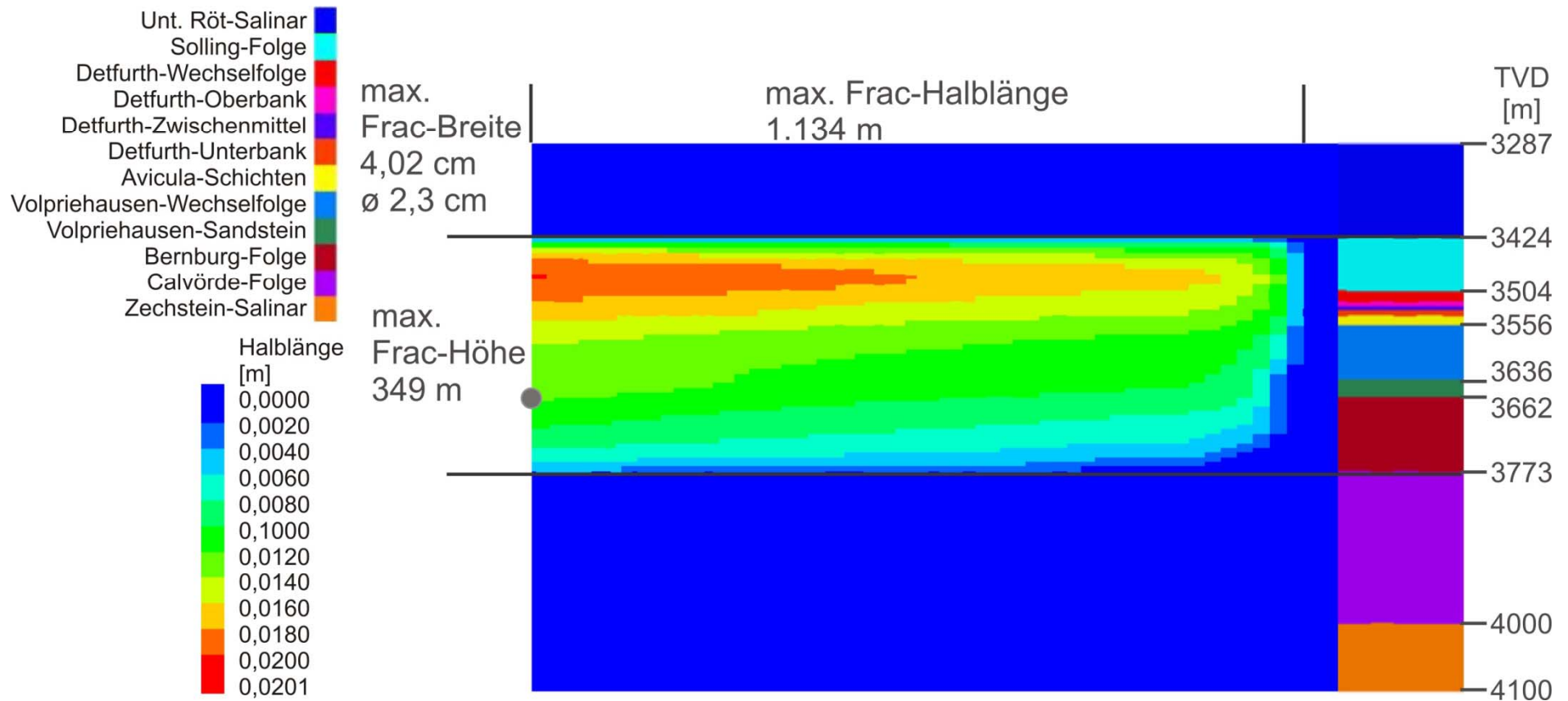


## Anpassungen:

Permeabilität: ↓ Faktor 0,1  
 tekt. Spannung  $\sigma_{tec}$ : ↑ auf 25,3 MPa  
 (vorher 21,7 MPa)

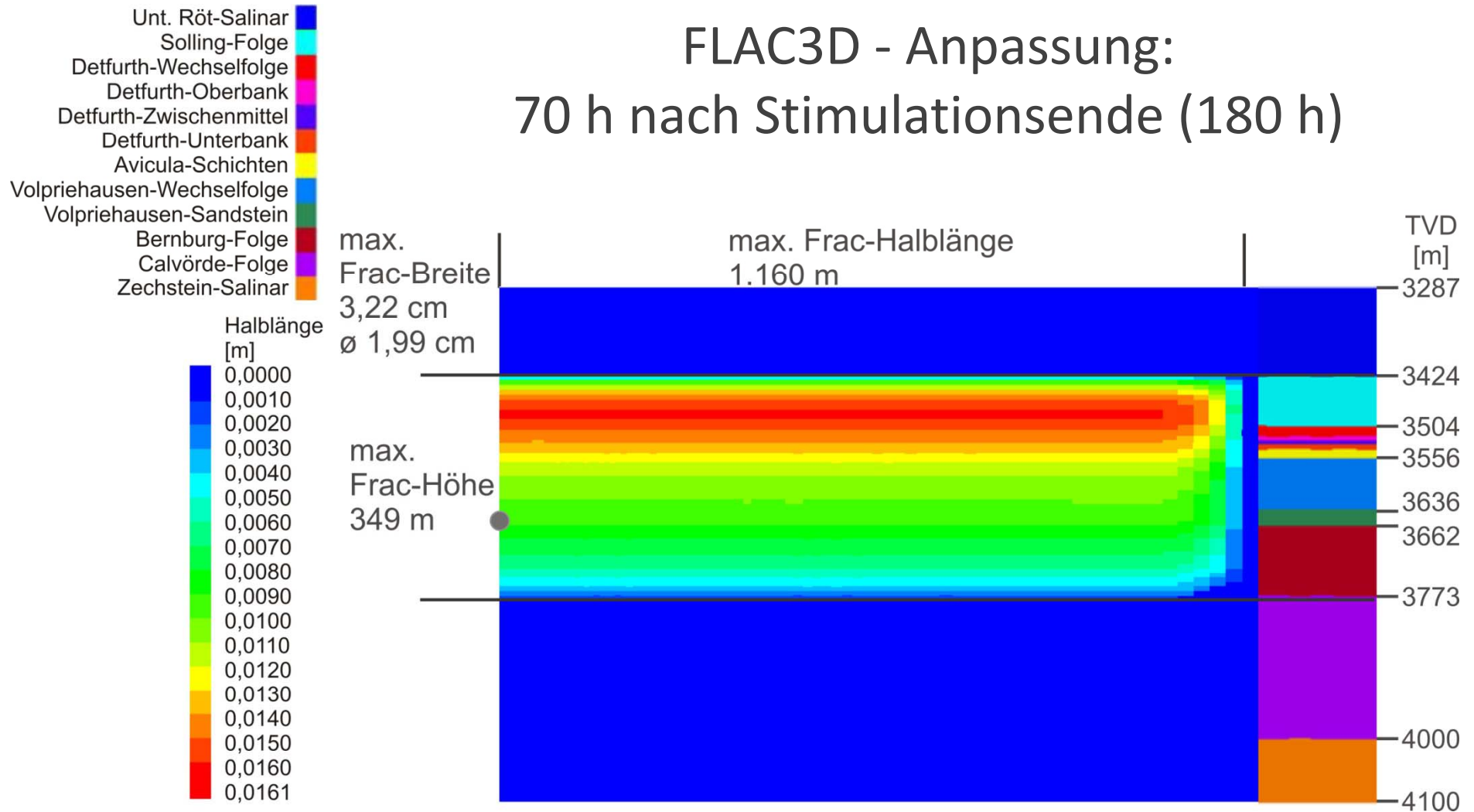
# GeneSys – Frac-Ausbreitung

FLAC3D - Anpassung:  
Stimulationsende (109 h)



# GeneSys – Frac-Ausbreitung

FLAC3D - Anpassung:  
70 h nach Stimulationsende (180 h)

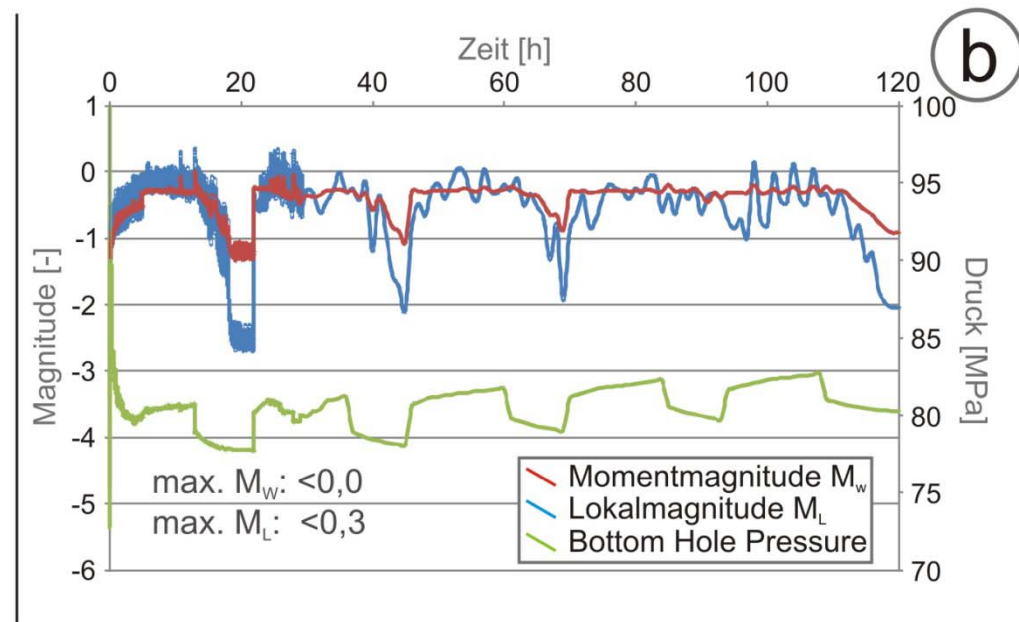
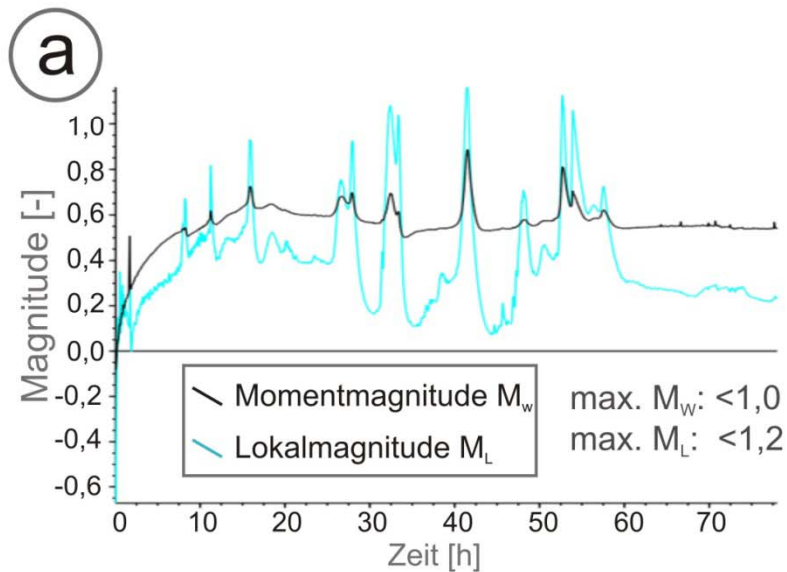


# GeneSys - Seismizität

Berechnung seismischer Magnituden für das GeneSys-Projekt im Reservoirbereich:

vorher:  $M_L < 1,2$      $M_w < 1,0$

Anpassung:  $M_L < 0,3$      $M_w < 0,0$





# GeneSys - Ergebnisvergleich

Berechnung des GeneSys-Fracs mittels FLAC3D im Vergleich zu den Berechnungen von Krug et al. 2010 mittels FracPro

	Frac-Länge [m]	Umrechnung auf Ellipsoid [m]	Frac-Höhe [m]	max. Frac- Breite [cm]	Ø-Breite [cm]	Bruchfläche [km <sup>2</sup> ]
FLAC3D (Vorausbe- rechnung)	1.631	1915	569	4,8	2,2	0,83
FLAC3D (Anpassung; t=109h)	2.268	-	349	4,02	2,3	0,79
FLAC3D (Anpassung; t=180h)	2.320	-	349	3,22	1,99	0,83
FracPro (BGR)	-	2160	510 (?)	2,4	2,1	0,86

# GeneSys - Zwischenfazit

- die Modellanpassungen an den realen Stimulationsverlauf haben einen positiven Einfluss auf die Seismizitätsprognose
- die Frac-Ausbreitung variiert in ihrer Form stark:
  - Höhenreduzierung um ca. 220m
  - Längenausdehnung um ca. 700m
  - Breite und Bruchfläche aber etwa konstant
- der Frac breitet sich auch nach Stimulationsende in der Länge noch weiter aus (Maximum nach 2h)
- bis 70h nach Stimulationsende keine Längenänderung mehr, aber Reduzierung der Öffnungsweite

# Status, Probleme, Ausblick

aktuell:

- Modellkalibrierung GeneSys
- Untersuchung der Barriereintegrität der überliegenden Salzformation
- Modellerstellung für Soultz-sous-Forêts

demnächst:

- Bearbeitung des Datensatzes aus Unterhaching
- numerische Analysen zu induzierter Seismizität bei Zirkulationsprozessen anhand Unterhaching

Ausblick:

- Arbeiten entsprechend weiterer Betreiberdaten (Landau, Bernried etc.)

# Veröffentlichung

- Hou, M.Z., Zhou, L. & Kracke, T. 2012: Gebirgsmechanische Auswirkungen von Fracs im tiefen Untergrund des Norddeutschen Becken: geologische Steinsalzbarriereintegrität und maximale Magnitude induzierter Mikrobeben anhand der GeneSys-Stimulation im Mai 2011. Vortrag und Tagungsband, DGMK Frühjahrstagung 2012 in Celle, 19.-20.04.2012.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Danke dem BMU und dem Pt-J für die  
Finanzierung und Begleitung des  
MAGS-Projektes!