

Geomechanische Simulation der Rissinteraktion bei der hydraulischen Stimulation

Dr. Tobias Backers, Carina Gröhser, Dr. Mandy Duda, Dr. Tobias Meier, geomecon GmbH

Danksagung

Grundlagenuntersuchungen zum Konzept des Multi-Riss-basierten
Aufschlusses geothermischer Lagerstätten im Norddeutschen
Becken,
Teilvorhaben B: Numerische Simulationen und Systemverständnis

Akronym **MultiFrac**

Verbundprojekt, Förderkennzeichen 0324138B

Projektpartner: Ruhr-Universität Bochum, AG Ingenieurgeologie, Prof. M. Alber

Abschluss: 10/2019

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

unser Verbundpartner



Ruhr-Universität Bochum

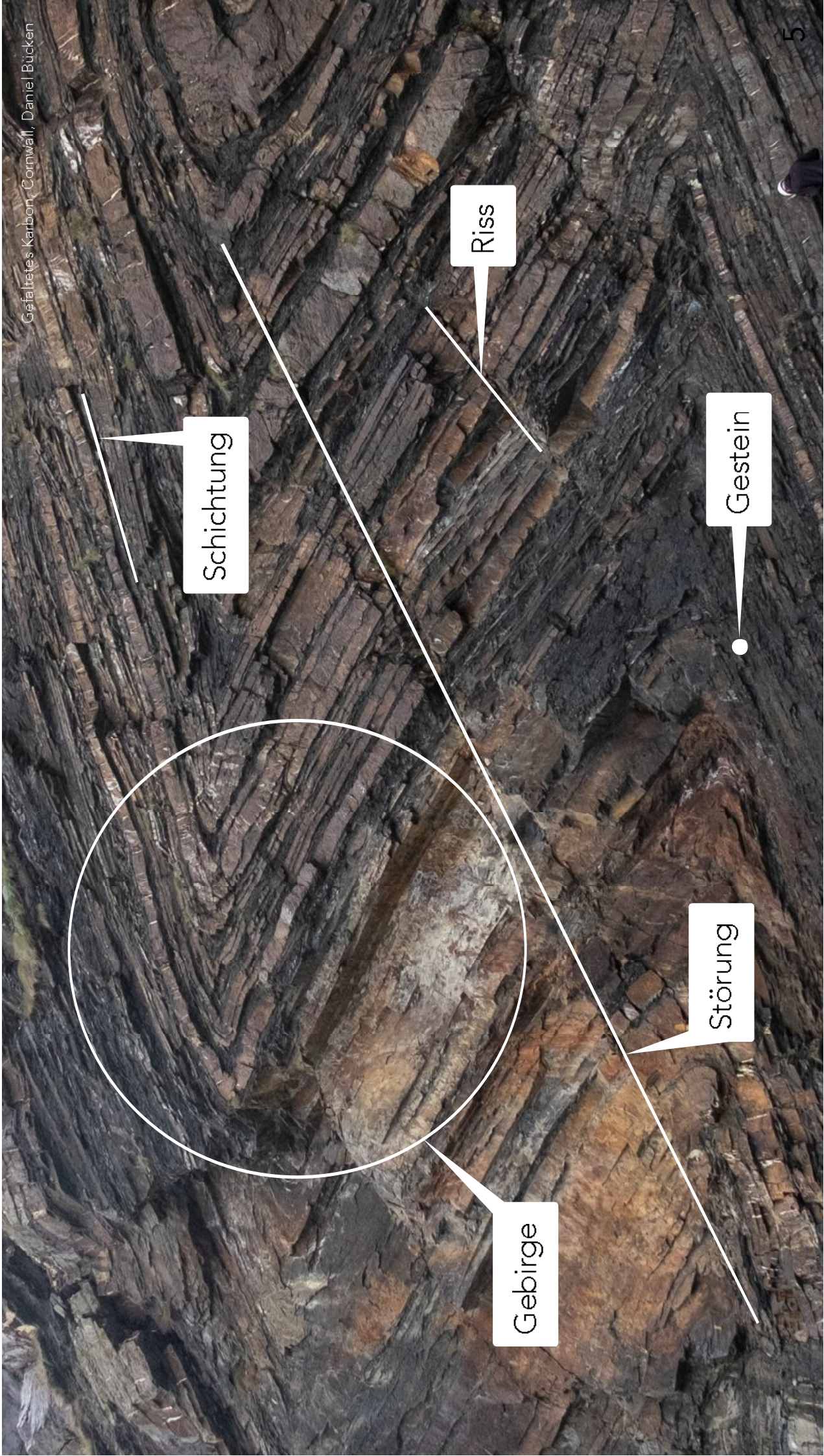
Arbeitsgruppe 'Ingenieurgeologie und Felsbau'

Cedric Solibida, Dr. Ferdinand Stöckhert, Prof. Dr. Michael Alber

Ziel

Simulation des Risswachstums in geschichteten Formationen





Schichtung

Riss

Gestein

Störung

Gebirge

Realität vs. konventionelle Analyse

- Bildung von Homogenbereichen
- > Vereinfachung durch einheitliche, orthotrope Gebirgskennwerte
 - > keine Berücksichtigung der Trennflächen

Realität vs. konventionelle Analyse

- Bildung von Homogenbereichen
- > Vereinfachung durch einheitliche, orthotrope Gebirgskennwerte
- > keine Berücksichtigung der Trennflächen

Aber das mechanische und hydraulische Verhalten des Gebirges wird durch das Trennflächeninventar dominiert.

Daher sollte das Trennflächeninventar abgebildet und die Evolution des Trennflächennetzwerkes berücksichtigt werden.

Arbeitspakete in MultiFrac

- > Erarbeitung der mathematisch-physikalischen Grundlagen
- > Implementation der Routinen
- > Validierung
- > Erarbeitung eines Workflows für die Permeabilitätshomogenisierung
- > Simulation des Risswachstums in geschichteten Formationen
- > Bereitstellung der Routinen für die großmaßstäblichen Simulationen
- > Simulation des geomechanischen Systemverhaltens

Arbeitspakete in MultiFrac

- > Erarbeitung der mathematisch-physikalischen Grundlagen
- > Implementation der Routinen
- > Validierung
- > Erarbeitung eines Workflows für die Permeabilitätshomogenisierung
- > Simulation des Risswachstums in geschichteten Formationen
- > Bereitstellung der Routinen für die großmaßstäblichen Simulationen
- > Simulation des geomechanischen Systemverhaltens

ROXOL

Arbeitspakete in MultiFrac

- > Erarbeitung der mathematisch-physikalischen Grundlagen
- > Implementation der Routinen
- > Validierung
- > Erarbeitung eines Workflows für die Permeabilitätshomogenisierung
- > Simulation des Risswachstums in geschichteten Formationen
- > Bereitstellung der Routinen für die großmaßstäblichen Simulationen
- > Simulation des geomechanischen Systemverhaltens

ROXOL

[heute: Forum F17 / PrognosPermae / 1520]

ROXOL

- > Forschungssoftware der geomecon GmbH
- > basiert auf der Erweiterten Finite Elemente Methode (XFEM)
- > kombiniert die Flexibilität der FEM mit der Möglichkeit ‚Sprünge‘ abzubilden
- > wird für die Simulation von Rissen in Geomaterialien entwickelt

roxol und das roxol Logo sind eingetragene Marken der geomecon GmbH



PROJECT

title: :k-patterns 15grad 0.2m displ neumann
customer: nagra
contract:
description: circular crack pattern around borehole
0.2m 15grad 0.2m displ neumann
bl dm = 2.8m
124 cracks
date: 2012-10-04 16:18
contractor:
supervisor:
path: r:\roxol\projects\Project106_nagra_prop

existing simulations:

last modified ▾ name ▾

Simulation1	
last modified: 2012-10-04 16:39	 
no description	

select active modules:
adding modules might result in reduced computing speeds

- geomaterials
- fracture mechanics ▾
- hydraulics ▾
- thermoelasticity
- chemical

title: Simulation1

description:

date: 2012-10-04 16:25

select dimension:

- 2D
- 3D

select unit:
m ▾

select functionality:

- staged excavation
- sequential boundaries

create simulation

manage simulations

data container

log book

project settings

Funktionalitäten

Mechanik

linear-elastisch, orthotrop
multiple Materialien

Rissmechanik

Risswachstum (mehrere Modelle)
Rissvereinigung
Coulombsche Reibung

Rissimplementierung

Initiierung (mehrere Modelle)
Aktivierung
direkte Modellierung
gekrümmte Risse
mehrere tausend Risse möglich

Strukturgeologie

Import von Rissnetzwerkdaten
Import von paradigm™, Jewel Suite™, COMSOL Multiphysics™ ...
Trennflächenstatistik

Hydromechanik

Matrix Poroelelastizität
Darcy Fluss in der Matrix
Fluidfluss entlang Rissen
Fluidfluss ins Material
Abbildung einer Rissprozesszone

Randbedingungen

Neumann, Dirichlet
function-based pumping on fractures

Verschiedenes

Gravitation
Export in vtk, cvs
automatisierte Parameterstudien

Plattformen

MacOS
Ubuntu

Funktionalitäten

Mechanik

linear-elastisch, orthotrop
multiple Materialien

Rissmechanik

Risswachstum (mehrere Modelle)
Rissvereinigung
Coulombsche Reibung

Rissimplementierung

Initiierung (mehrere Modelle)
Aktivierung
direkte Modellierung
gekrümmte Risse
mehrere tausend Risse möglich

Strukturgeologie

Import von Rissnetzwerkdaten
Import von paradigm™, Jewel Suite™, COMSOL Multiphysics™ ...
Trennflächenstatistik

Hydromechanik

Matrix Poroelelastizität
Darcy Fluss in der Matrix

Fluidfluss entlang Rissen
Fluidfluss ins Material
Abbildung einer Rissprozesszone

Randbedingungen

Neumann, Dirichlet
function-based pumping on fractures

Verschiedenes

Gravitation
Export in vtk, cvs
automatisierte Parameterstudien

Plattformen

MacOS
Ubuntu

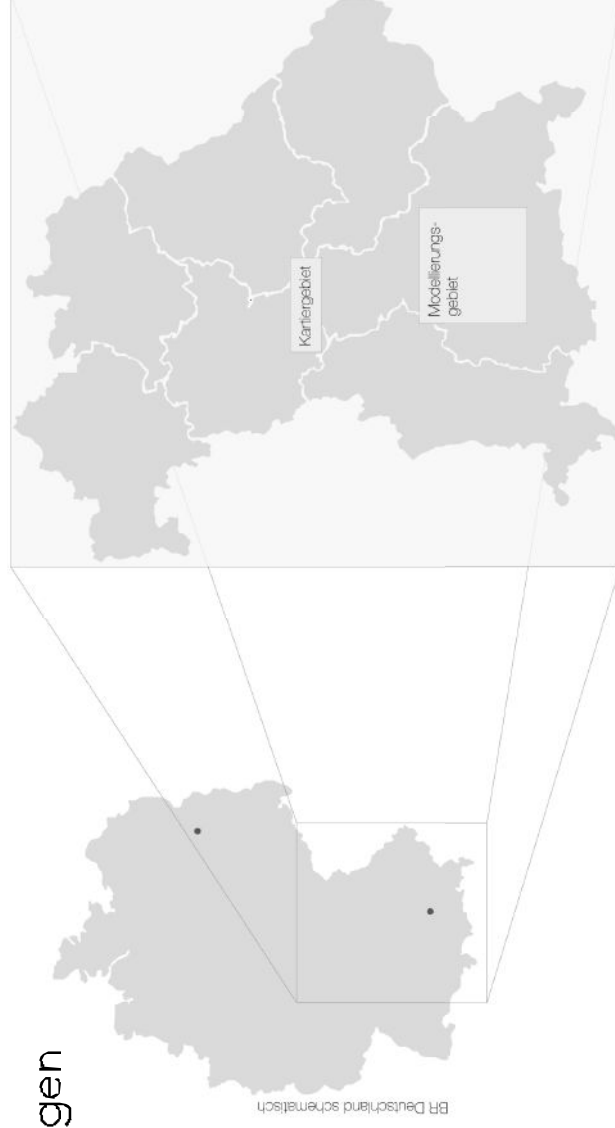
Verbundprojekt MAFA (BMW i Fkz: 032567 3B)

- > Kartierung im Altmühltal
- > regionale Spannungsmodellierung Großraum München
- > Simulation der Spannungsumlagerungen durch Störungen im Malm

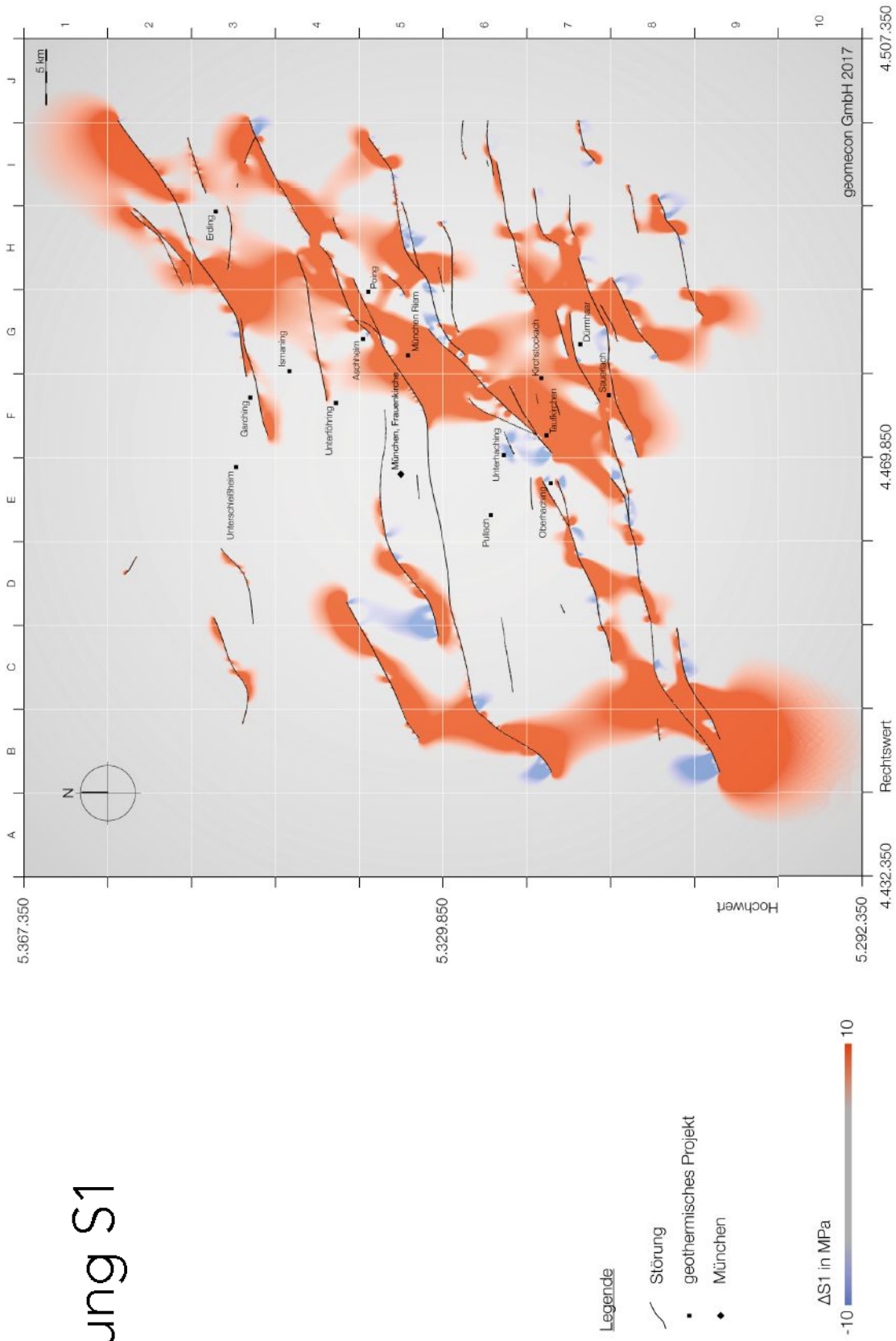
Gefördert durch:



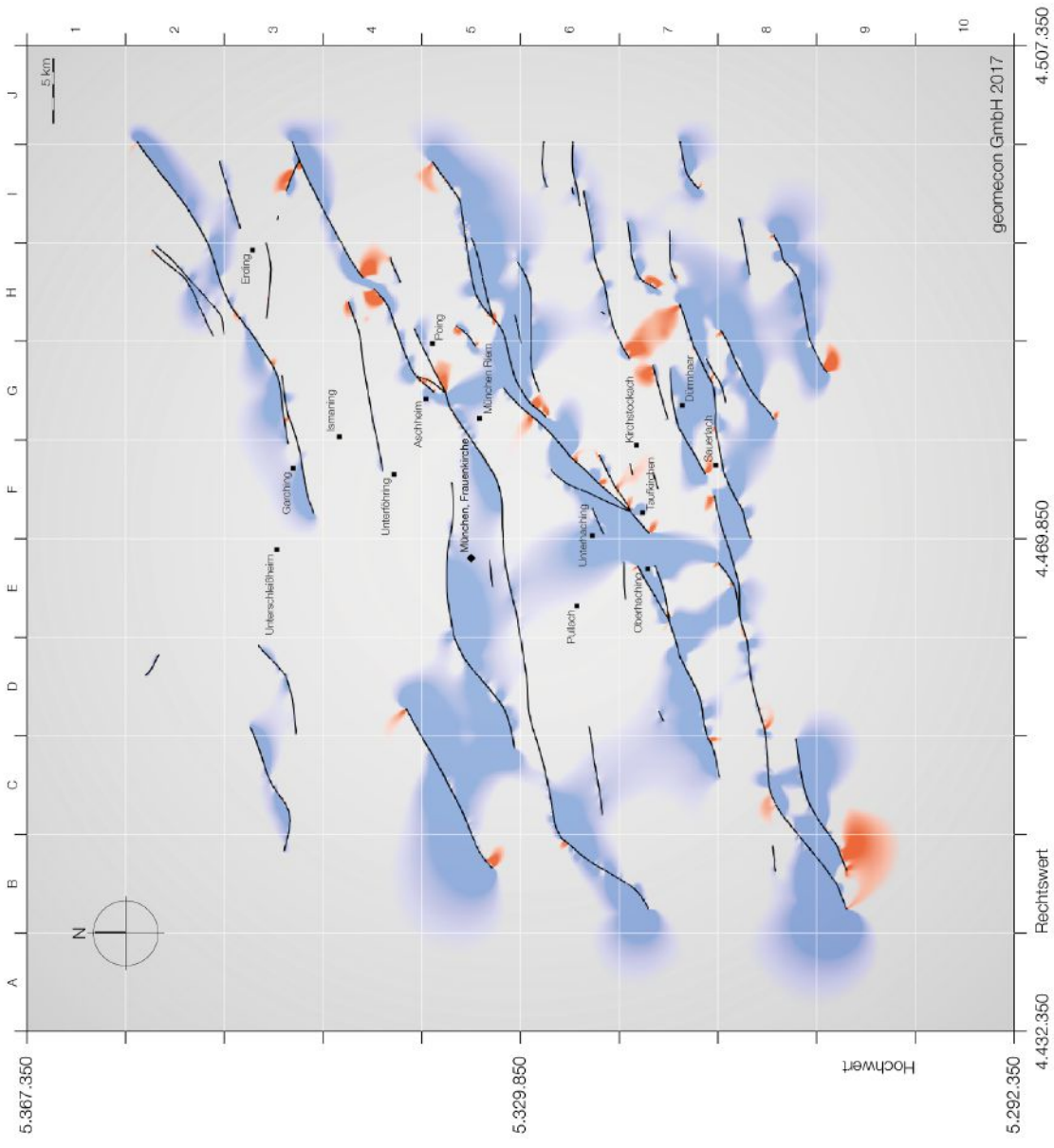
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Veränderung S1



Veränderung S3

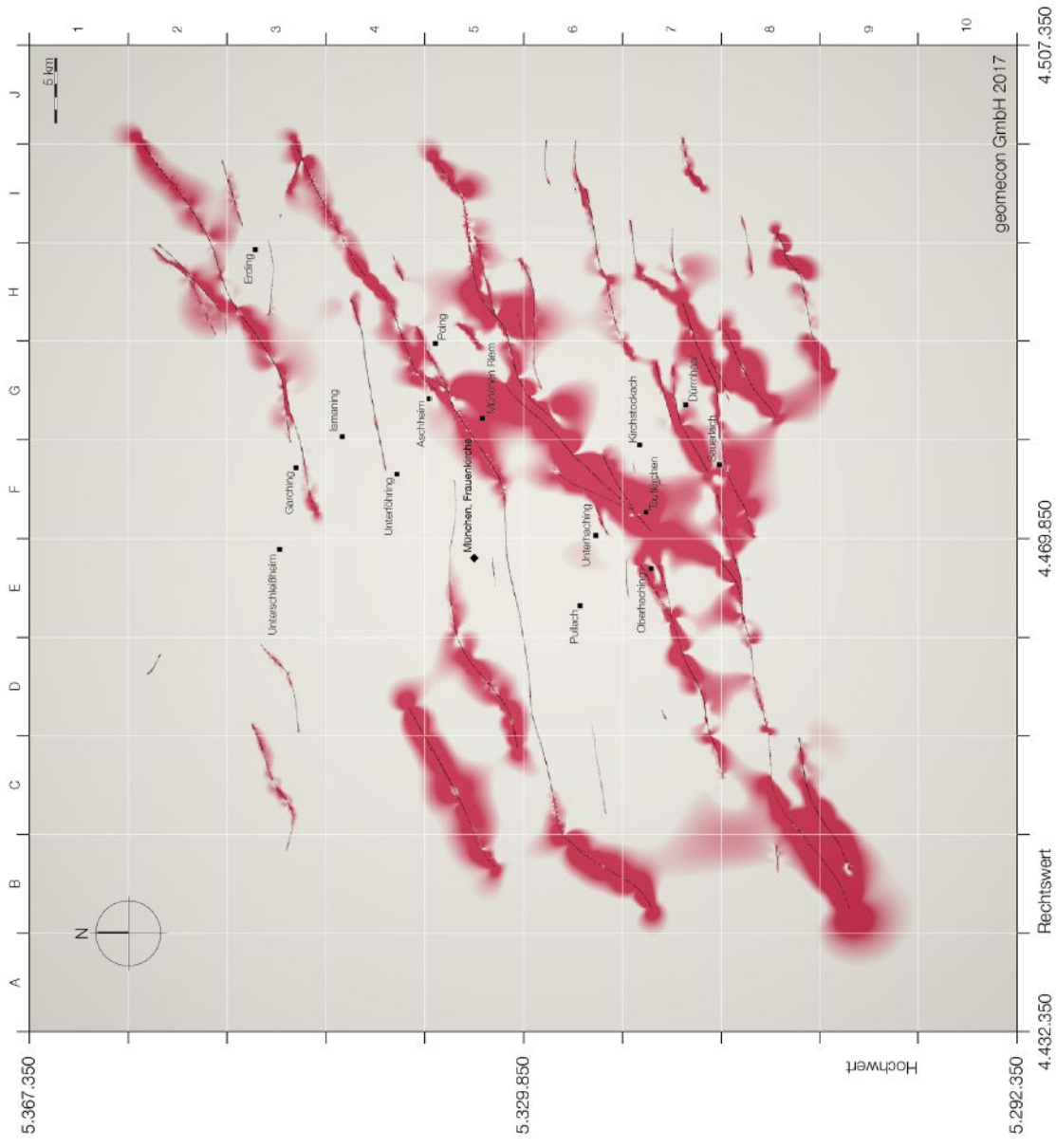


Legende

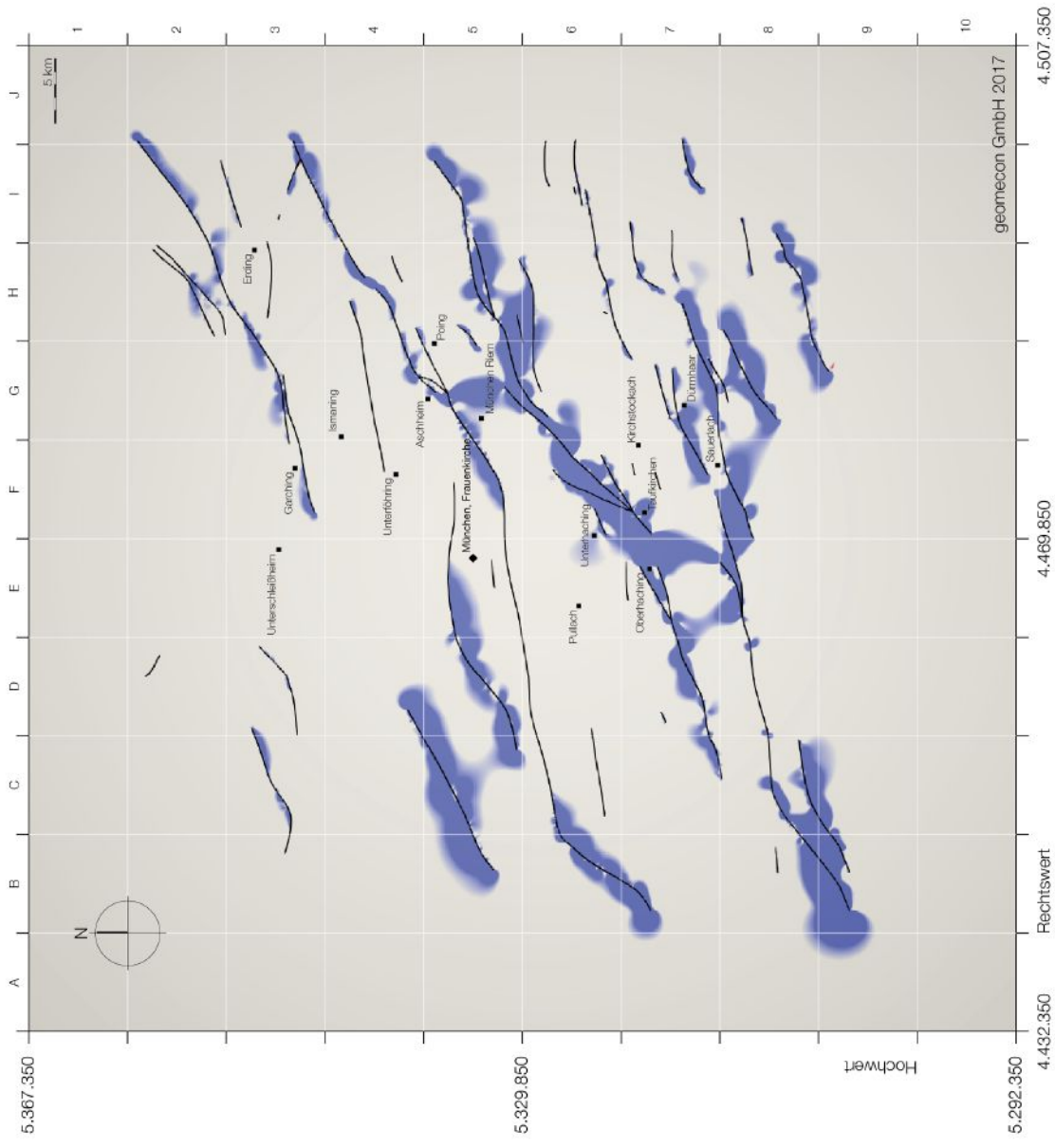
- Störung
- geothermisches Projekt
- ◆ München



Veränderung maximale Scherspannung



Veränderung minimale Tangentialspannung



Schlussfolgerungen

Durch die geomechanische Analyse der Interaktion von Störungen mit subregionalem Spannungsfeld lassen sich lokale Alterationen der Spannungen an Störungen ableiten. Hieraus lassen sich Bereiche

- > erhöhter Konduktivität,
 - > reduzierter Störungsstabilität oder
 - > Bohrungsstabilität
- identifizieren.

Schlussfolgerungen

Durch die geomechanische Analyse der Interaktion von Störungen mit subregionalem Spannungsfeld lassen sich lokale Alterationen der Spannungen an Störungen ableiten. Hieraus lassen sich Bereiche

- > erhöhter Konduktivität,
- > reduzierter Störungsstabilität oder
- > Bohrungsstabilität identifizieren.

Vorstellung an der TU München, 08. Februar 2019

Beispiel: Sleeve Frac

- > Simulation der Rissaktivierung und des -wachstums um eine Bohrung
- > Vergleich mit Labormessung
- > zeigt den Einfluss auf das Risswachstum ohne hydraulische Interaktion

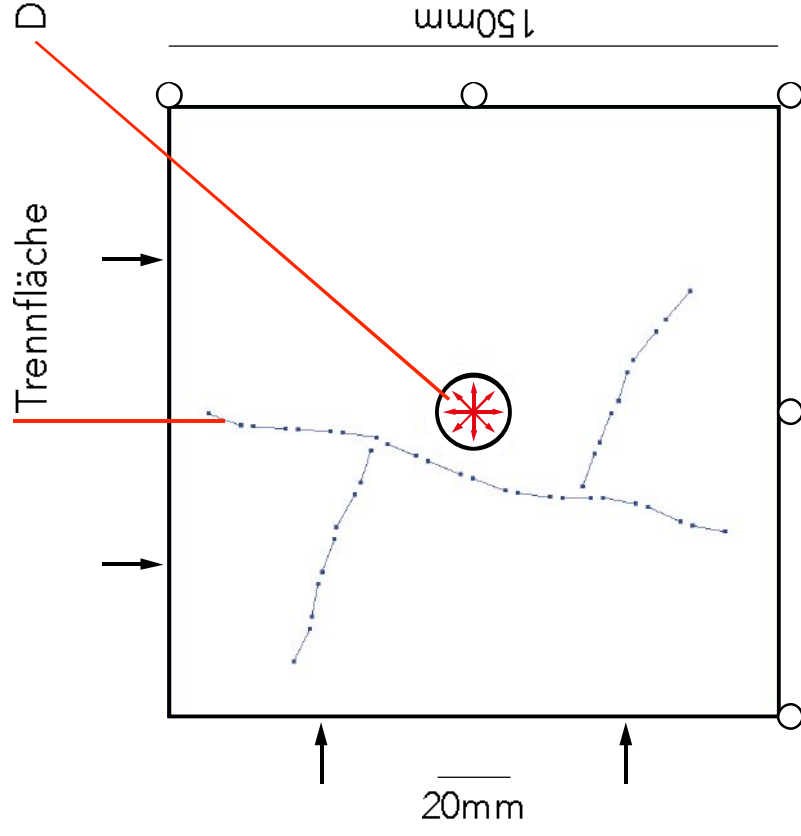
Gefördert durch:



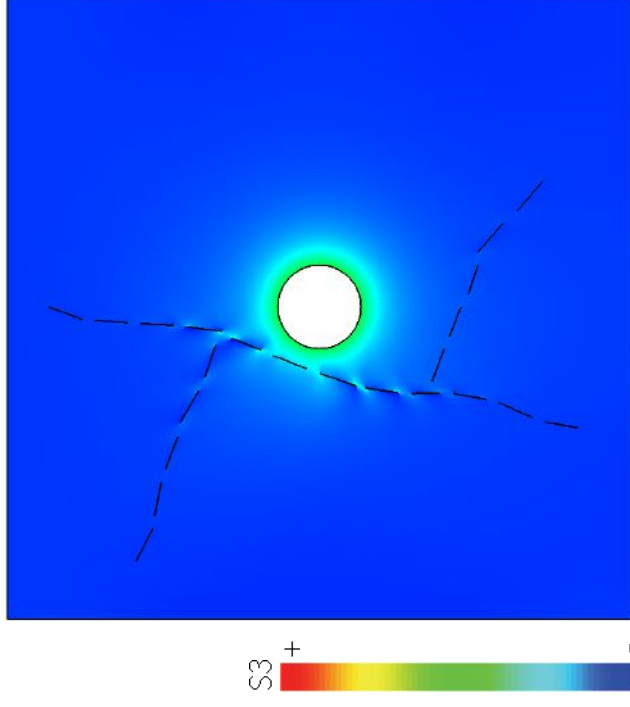
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

HydroStim; BMWi Fkz: 0325279A

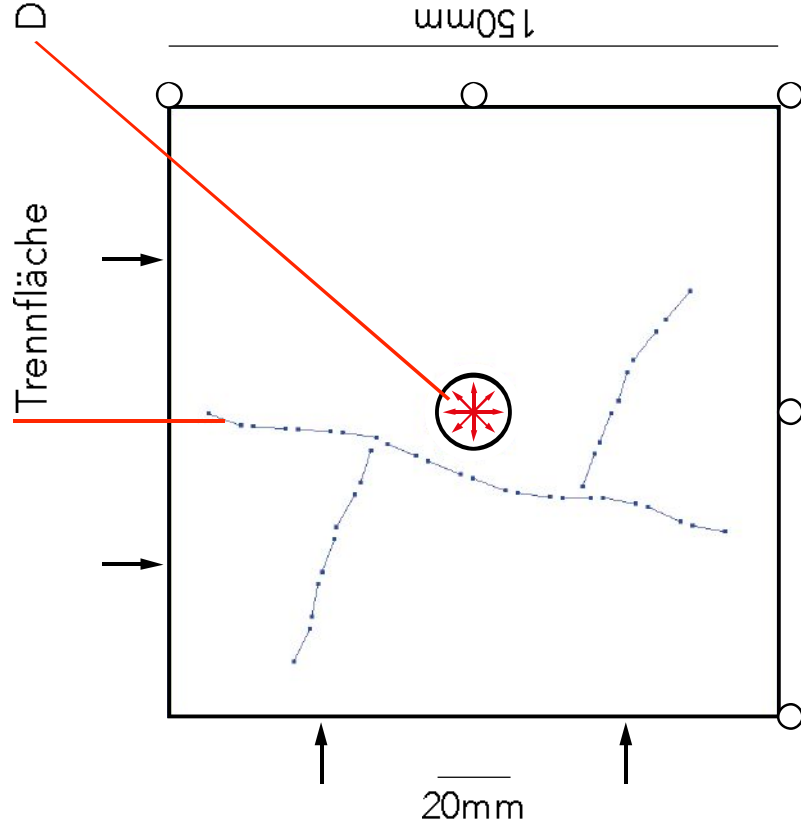
Beispiel: Sleeve Frac



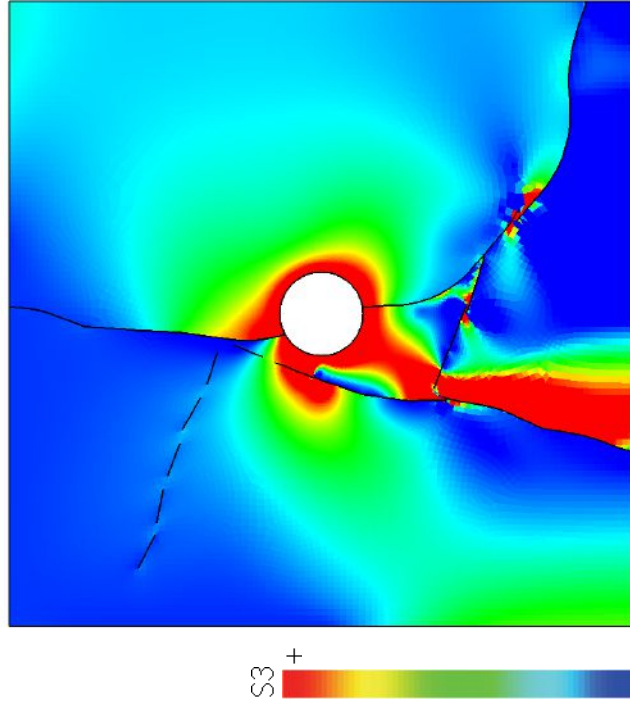
Druckerhöhung; kein leak-off



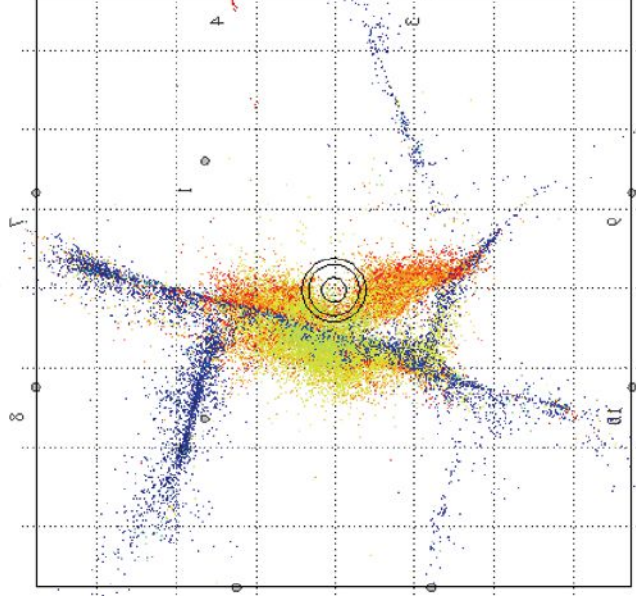
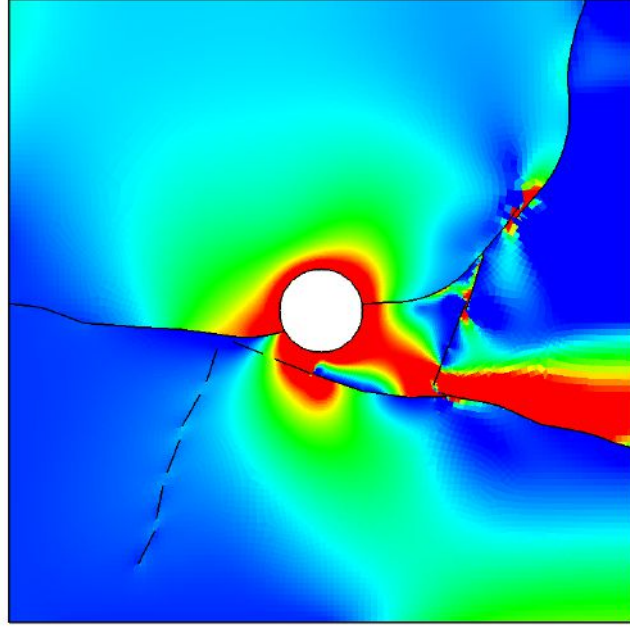
Beispiel: Sleeve Frac



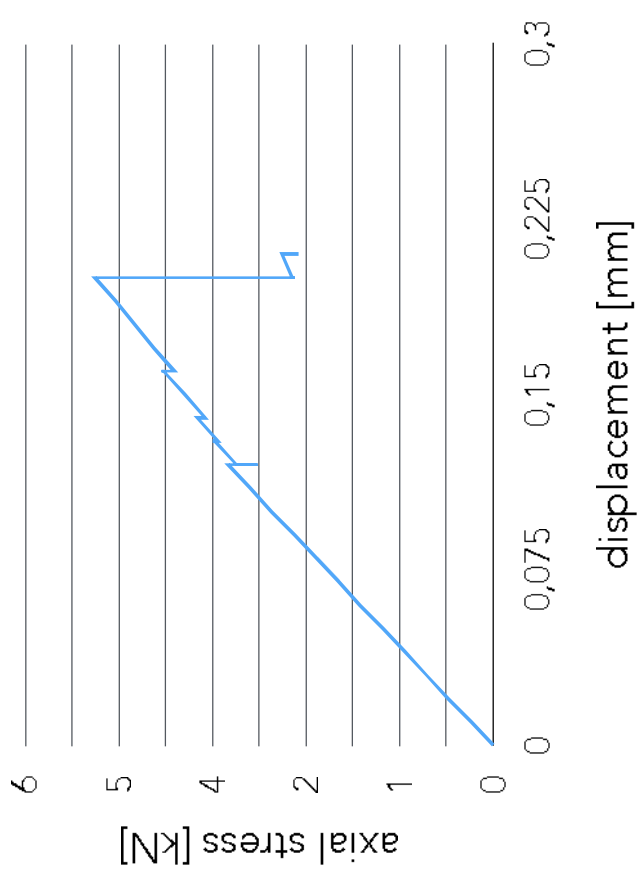
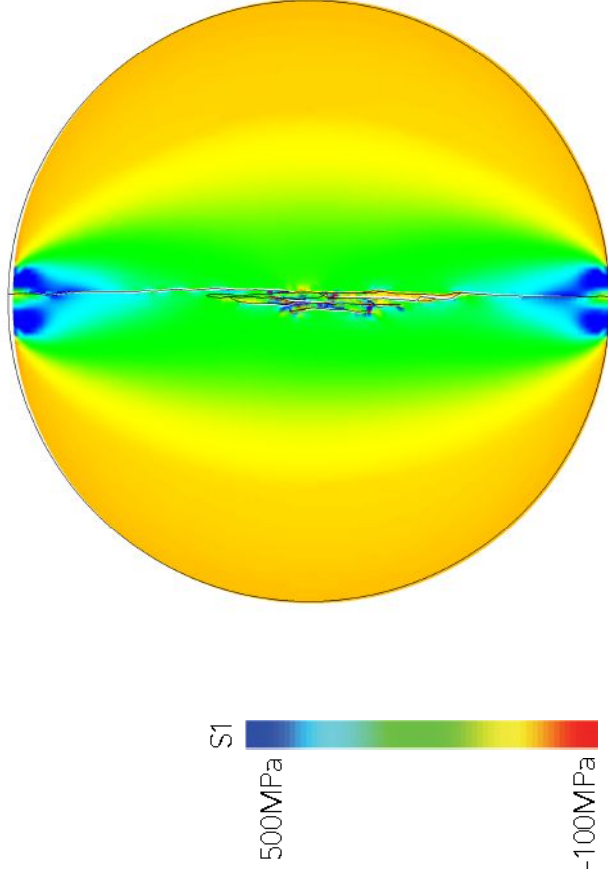
Druckerhöhung; kein leak-off



Beispiel: Sleeve Frac

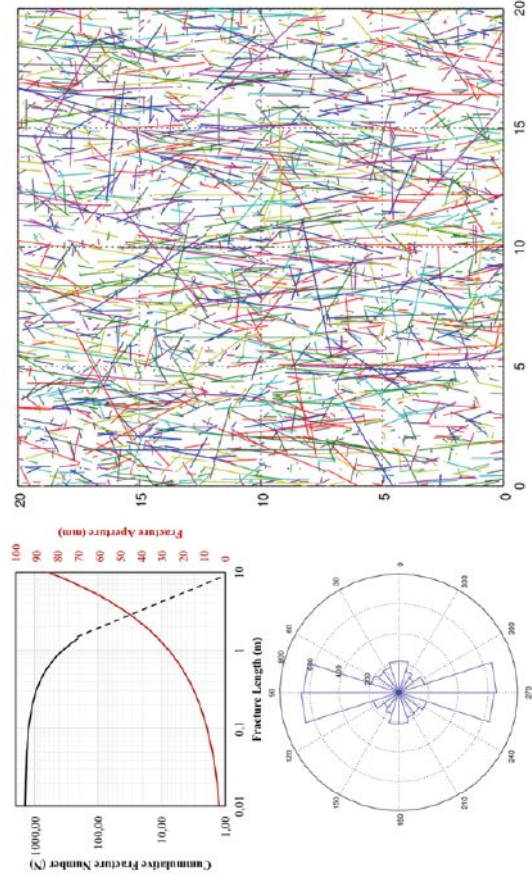


Beispiel: Brazilian Disk Versuch

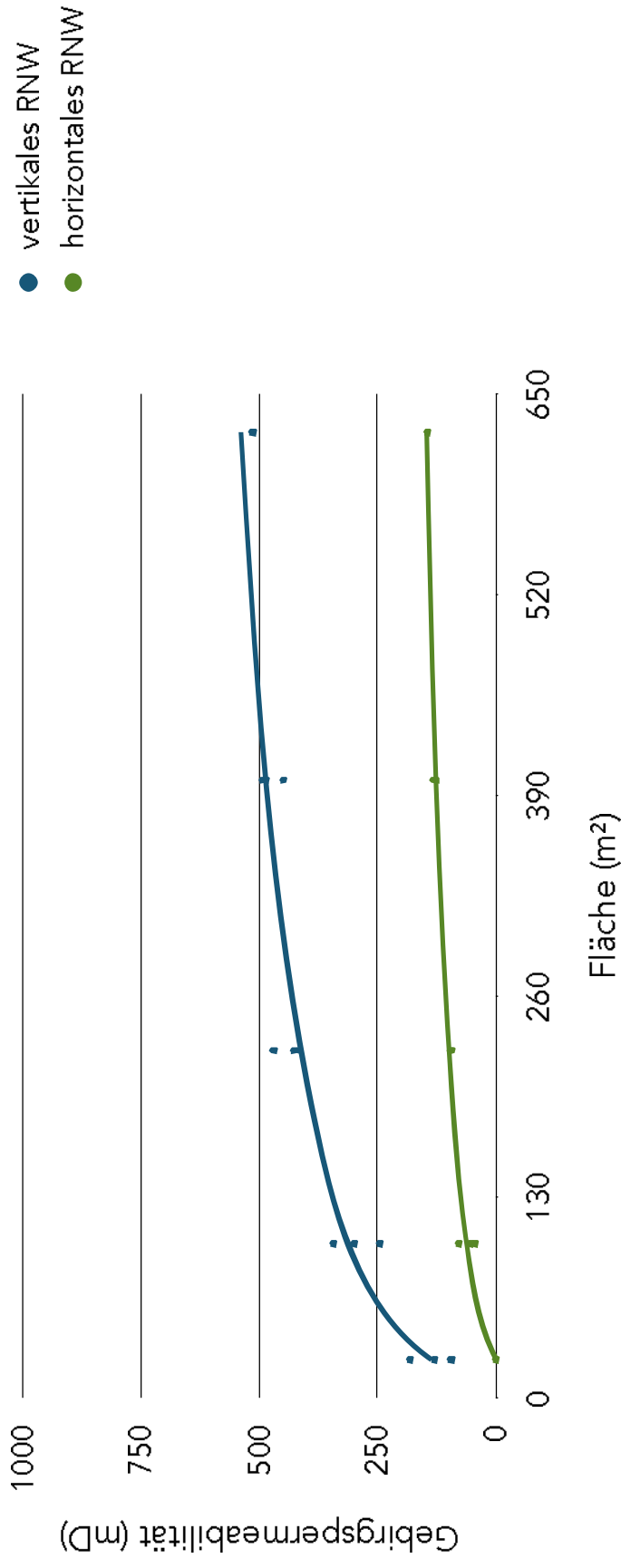


Beispiel Permeabilitätsupscaling

- > Die Trennflächen bilden die Hauptwegsamkeiten für Fluide
- > für großmaßstäbliche Modelle werden belastbare Parameter gebraucht
- > Untersuchung der Veränderung der Permeabilität durch hydraulische Stimulation



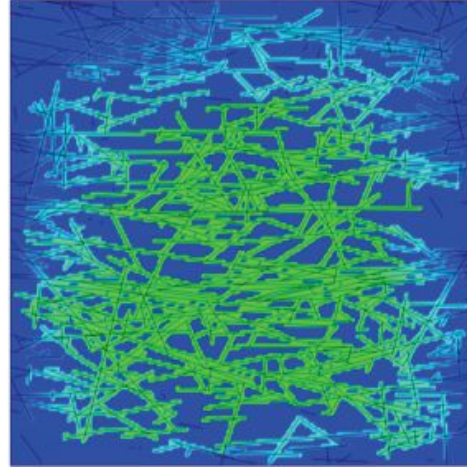
skalenabhängige Permeabilität



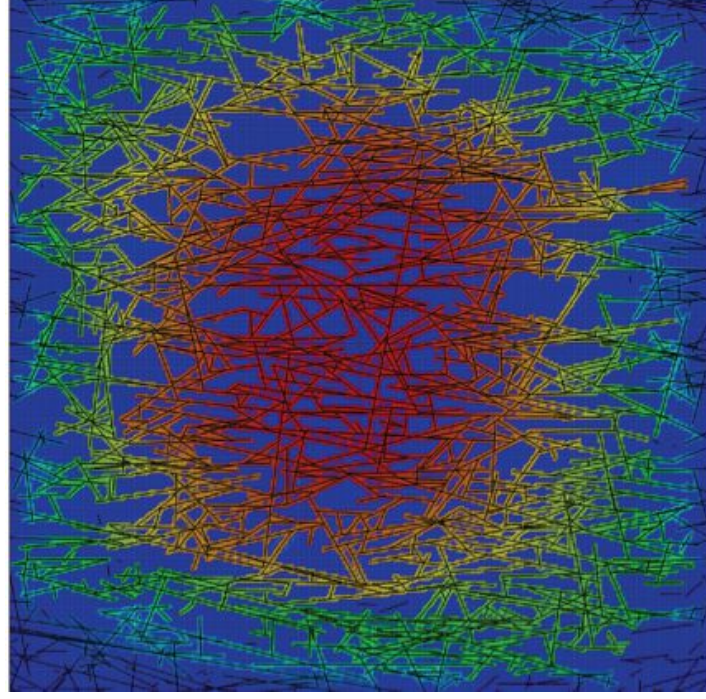
Risswachstum in Gebirge



5x5 m



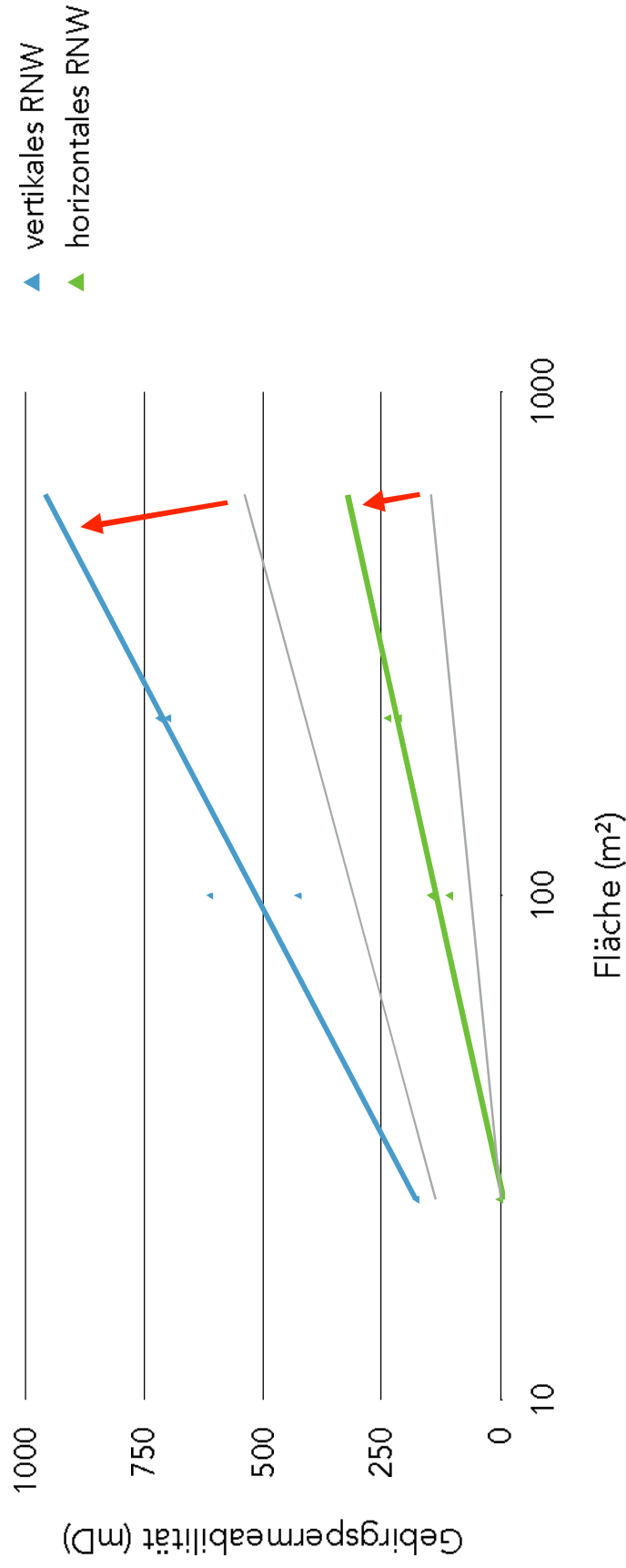
10x10 m



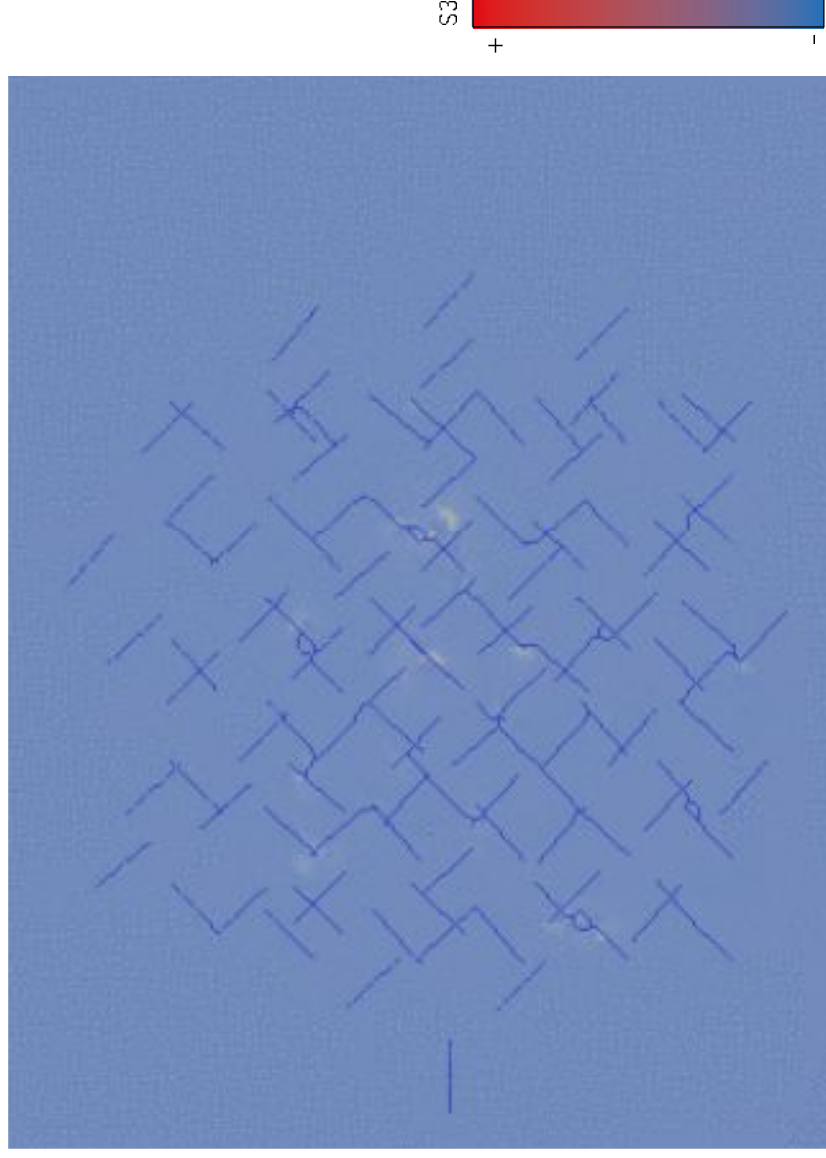
15x15 m

Farbkodierung: Porendruck

Entwicklung durch Stimulation

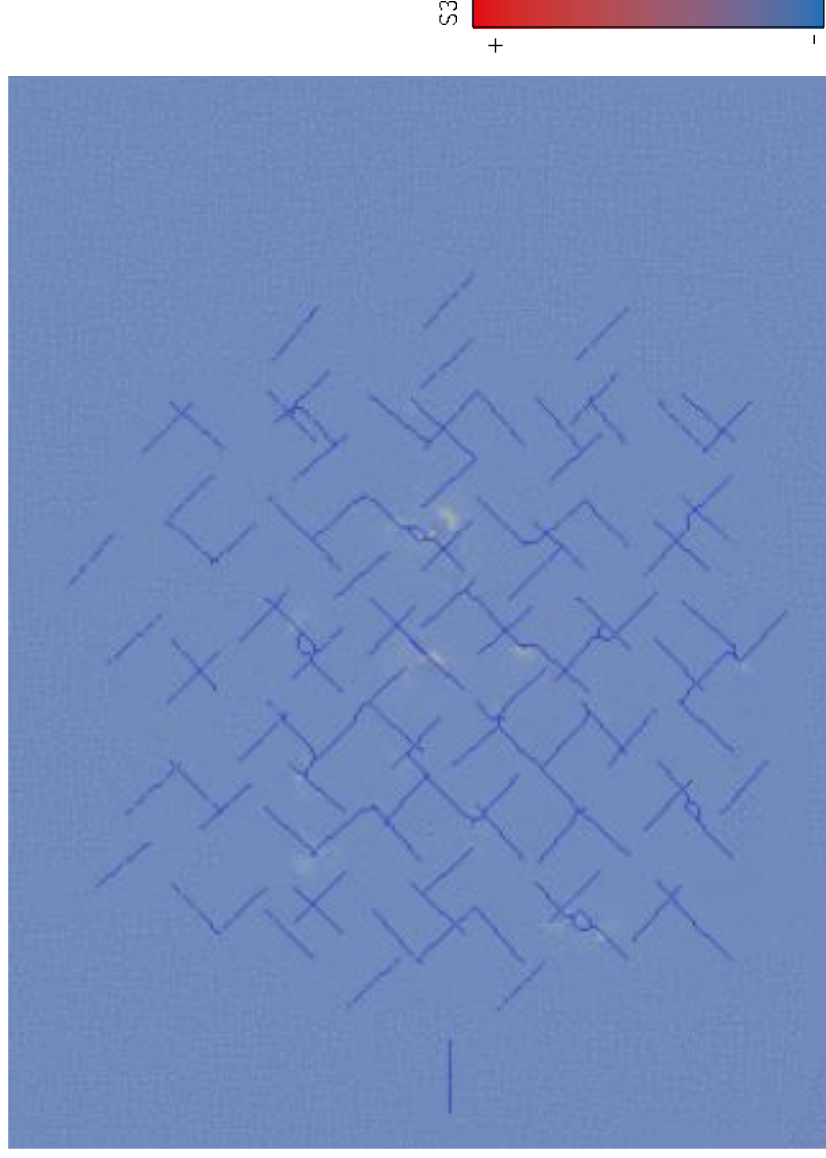


Beispiel hydraulische Stimulation



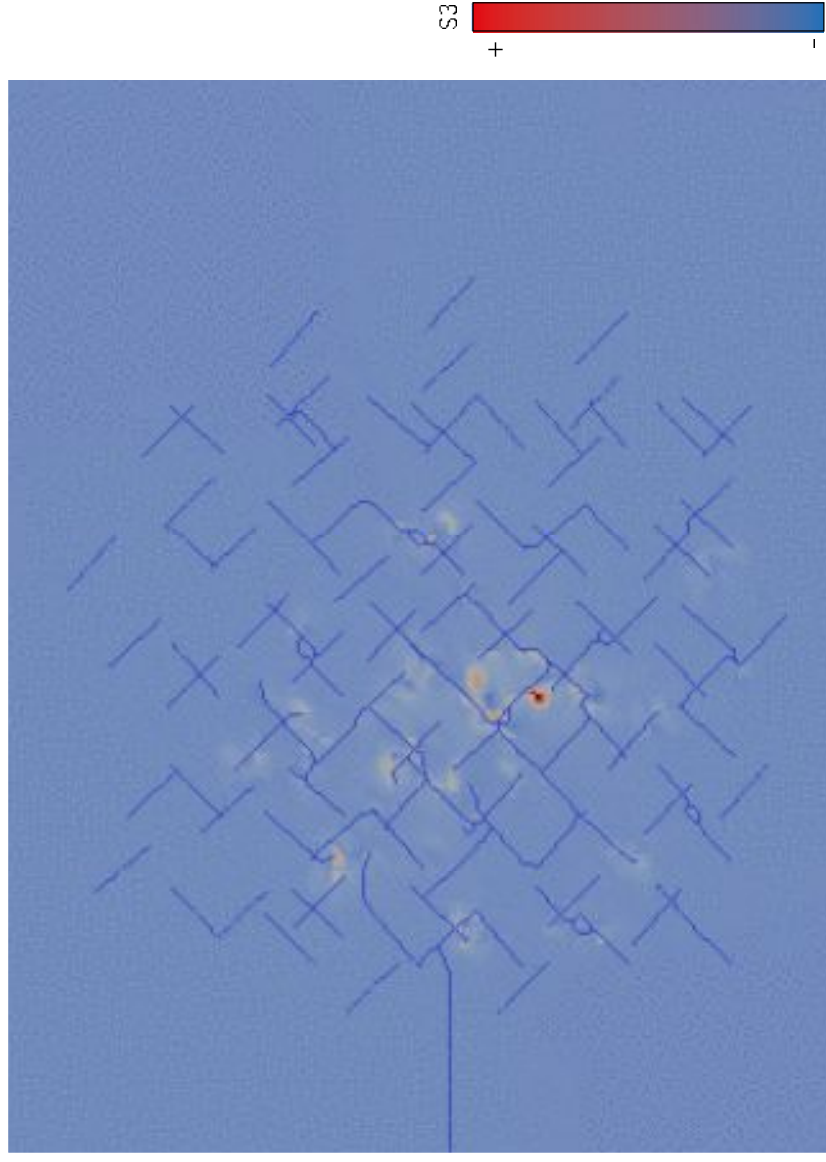
software: roxo™

Beispiel hydraulische Stimulation



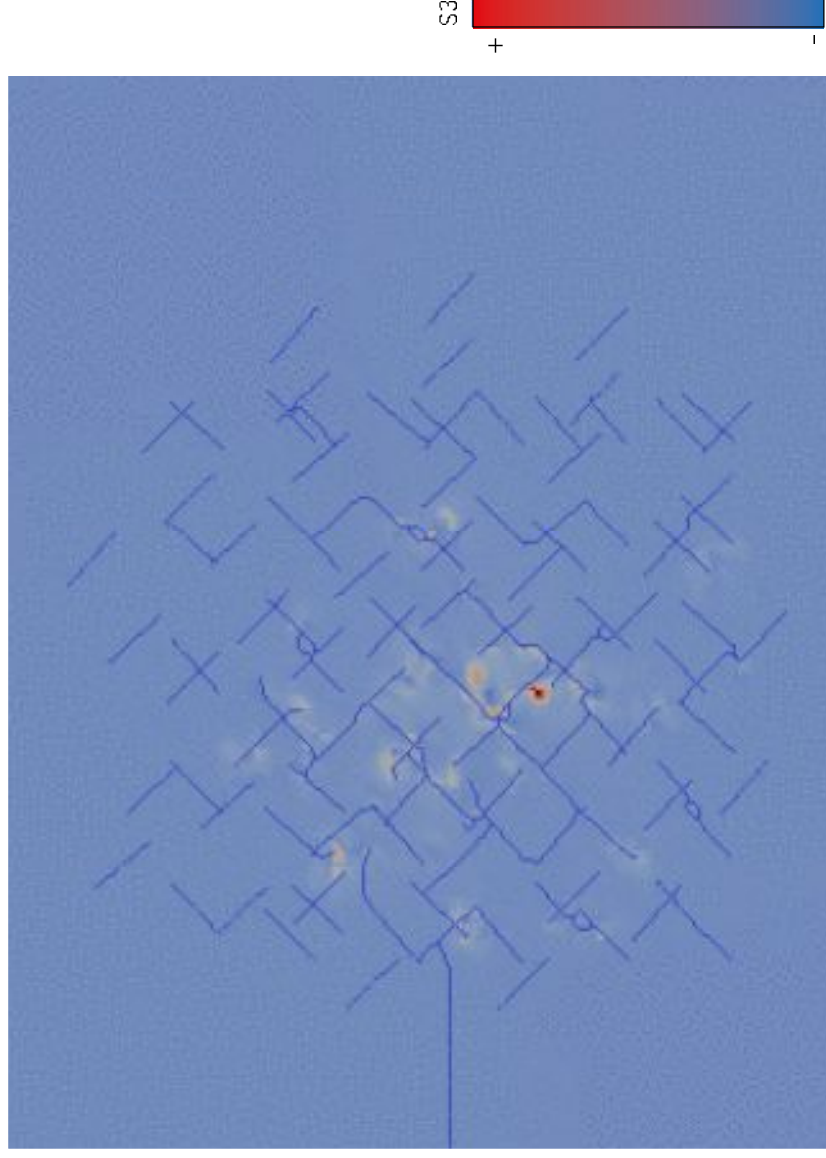
software: roxo™

Beispiel hydraulische Stimulation



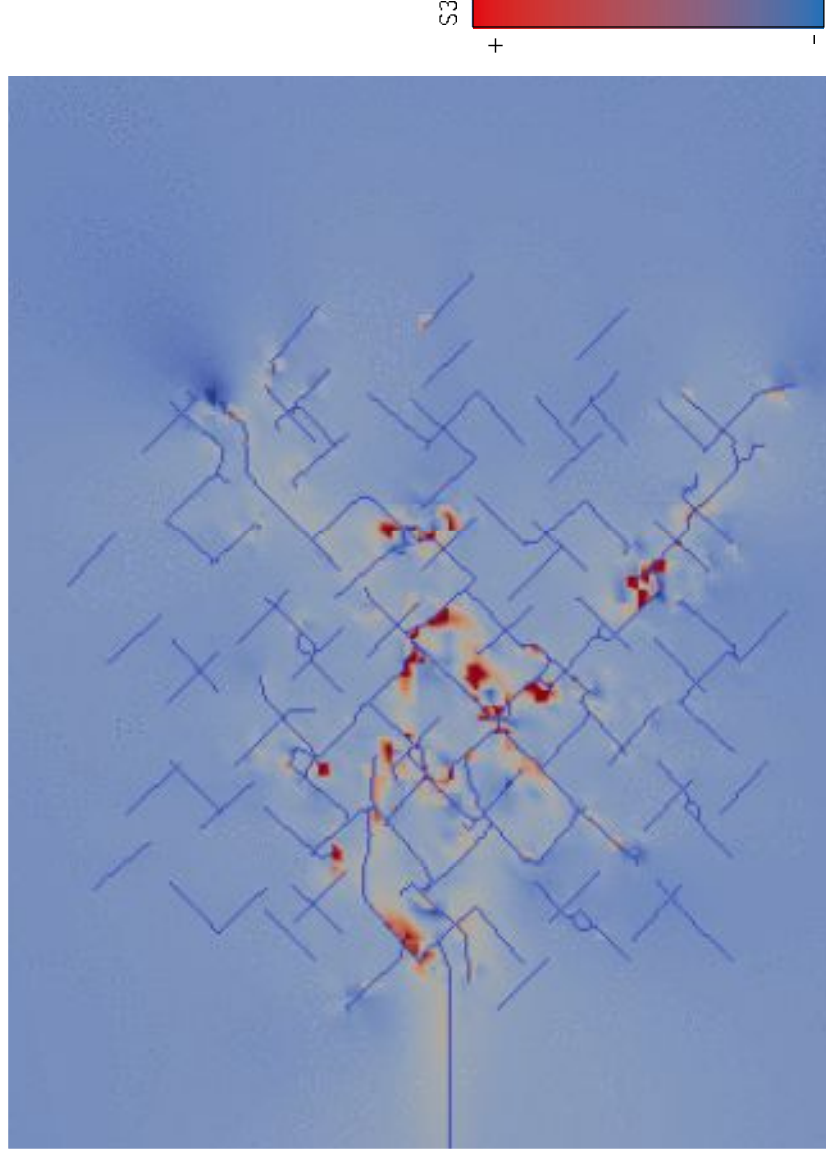
software: roxo™

Beispiel hydraulische Stimulation



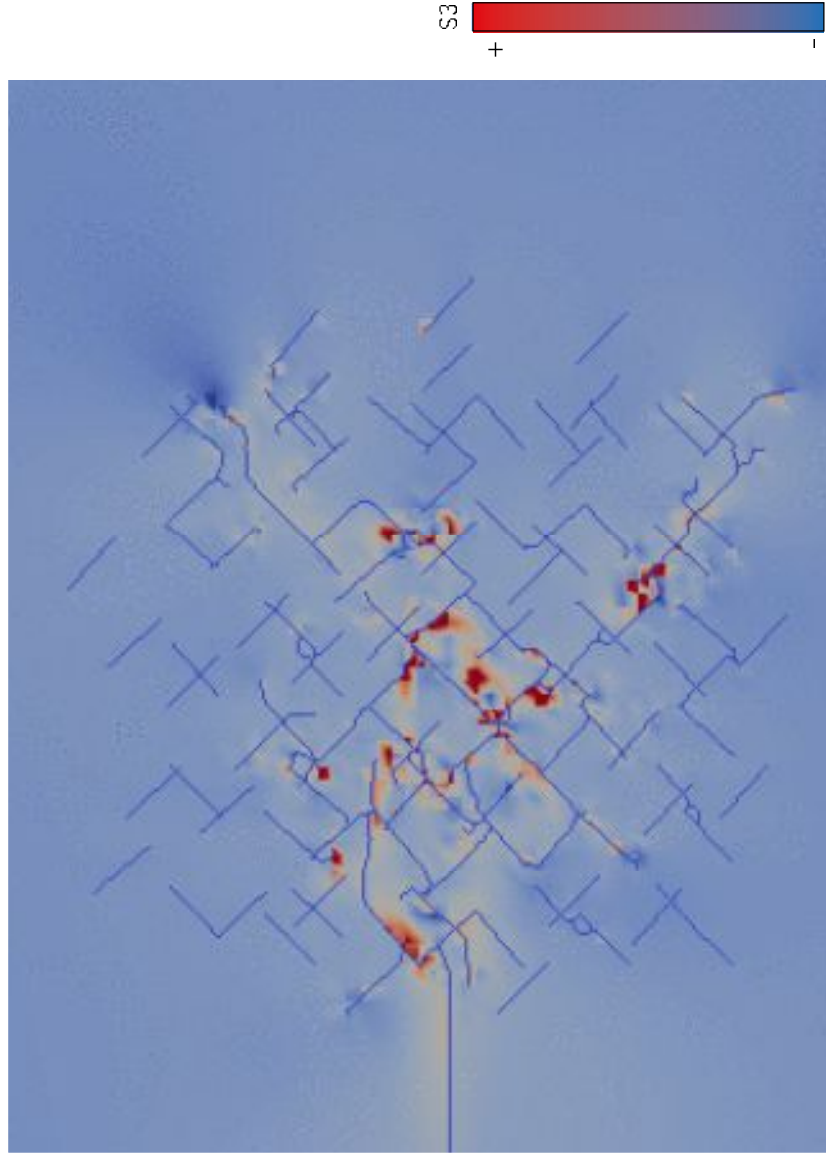
software: roxo™

Beispiel hydraulische Stimulation

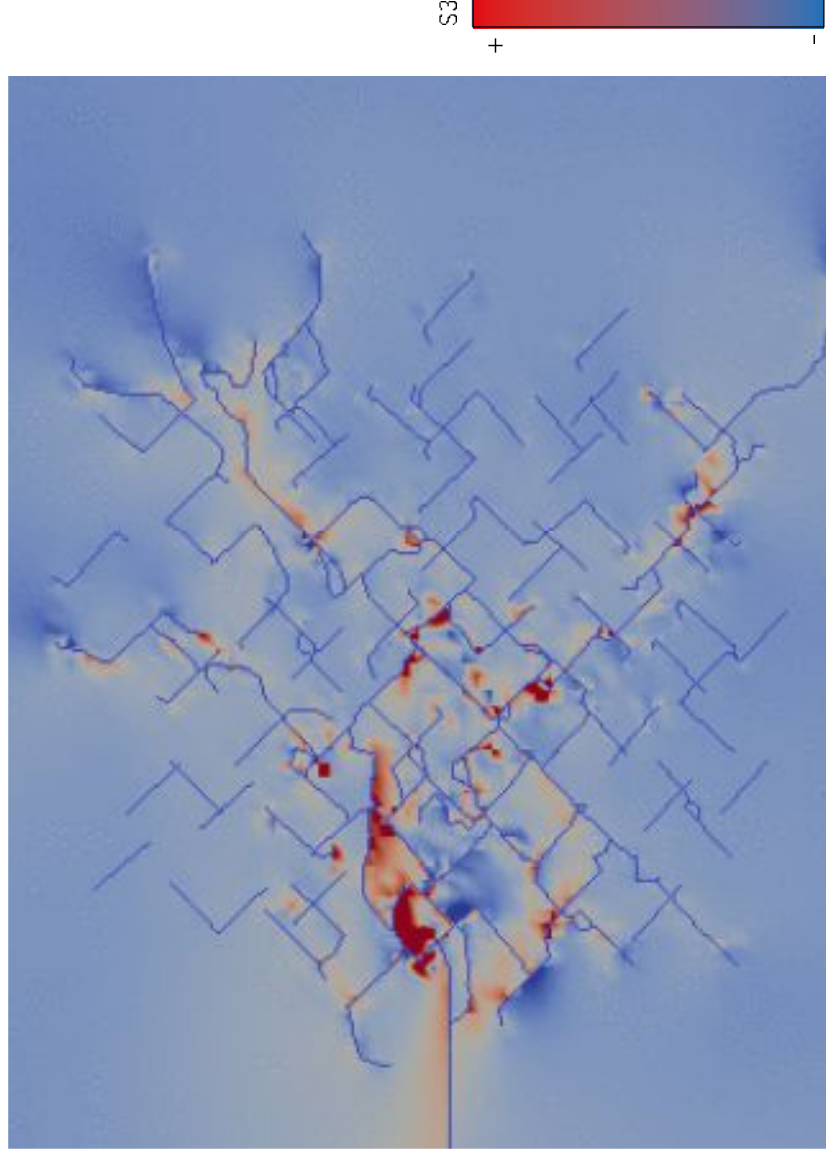


software: roxo|™

Beispiel hydraulische Stimulation



Beispiel hydraulische Stimulation



software: roxo™

Status

Vorarbeiten geleistet

Hauptsimulationen beginnen Q11/2019

Arbeitspakete in MultiFrac

- > Erarbeitung der mathematisch-physikalischen Grundlagen
- > Implementation der Routinen
- > Validierung
- > Erarbeitung eines Workflows für die Permeabilitätshomogenisierung
- > Simulation des Risswachstums in geschichteten Formationen
- > Bereitstellung der Routinen für die großmaßstäblichen Simulationen
- > Simulation des geomechanischen Systemverhaltens

ROXOL

[heute: Forum F17 / PrognosPermae / 1520]

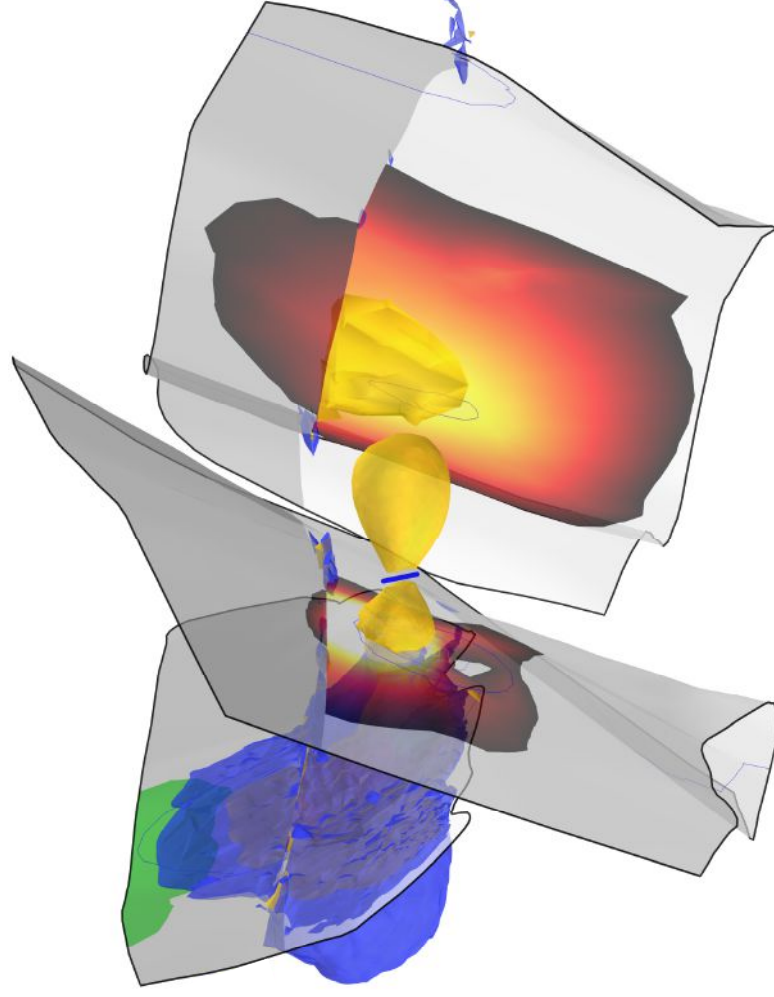
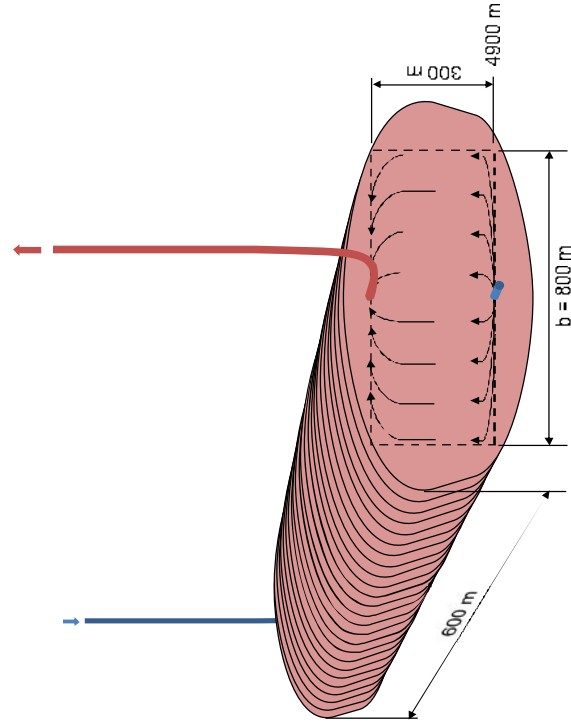
Arbeitspakete in MultiFrac

- > Erarbeitung der mathematisch-physikalischen Grundlagen ✓
- > Implementation der Routinen ✓
- > Validierung ✓
- > Erarbeitung eines Workflows für die Permeabilitätshomogenisierung ✓
- > Simulation des Risswachstums in geschichteten Formationen
- > Bereitstellung der Routinen für die großmaßstäblichen Simulationen
- > Simulation des geomechanischen Systemverhaltens

ROXOL

[heute: Forum F17 / PrognosPermae / 1520]

Ausblick



geomecon GmbH

Chausseestraße 88, D 10115 Berlin

www.geomecon.de

fon +49 30 280 979 73

solutions@geomecon.de