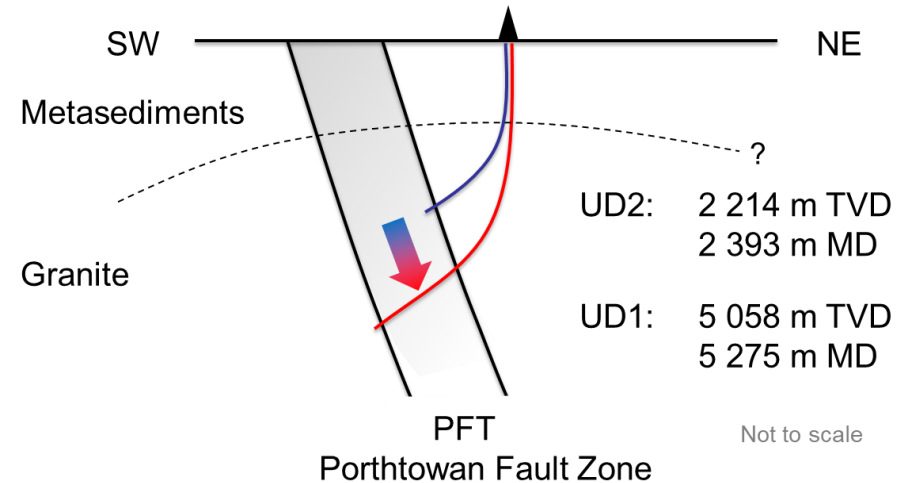
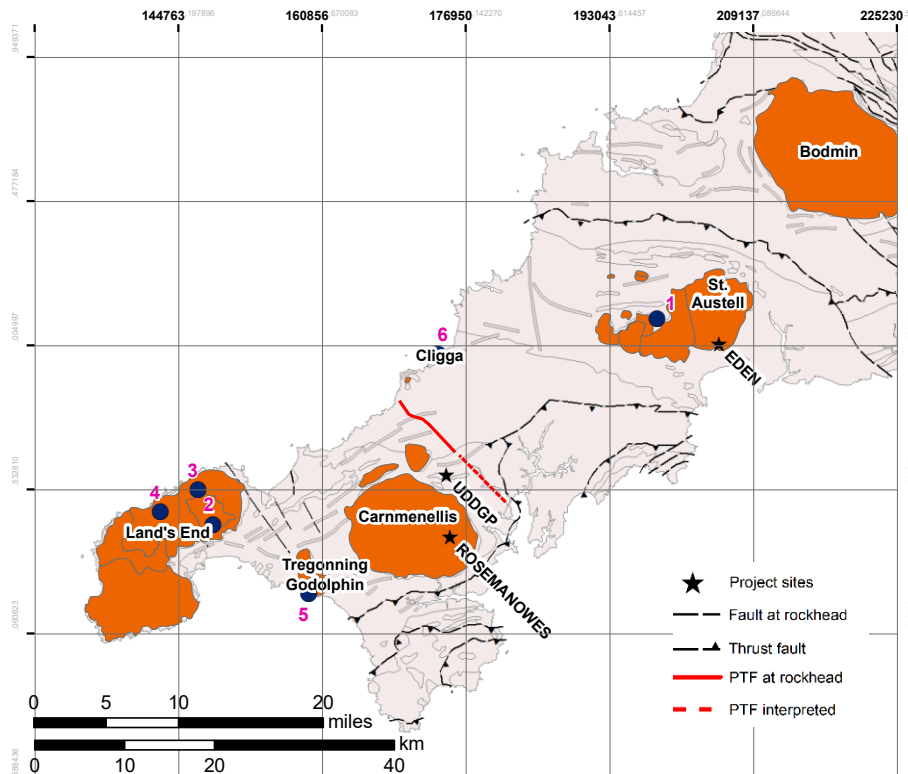


Lab analysis of permeability enhancement by chemical treatment of fractured granite samples (Cornubian Batholith) in the context of the EGS project United Downs Deep Geothermal Power



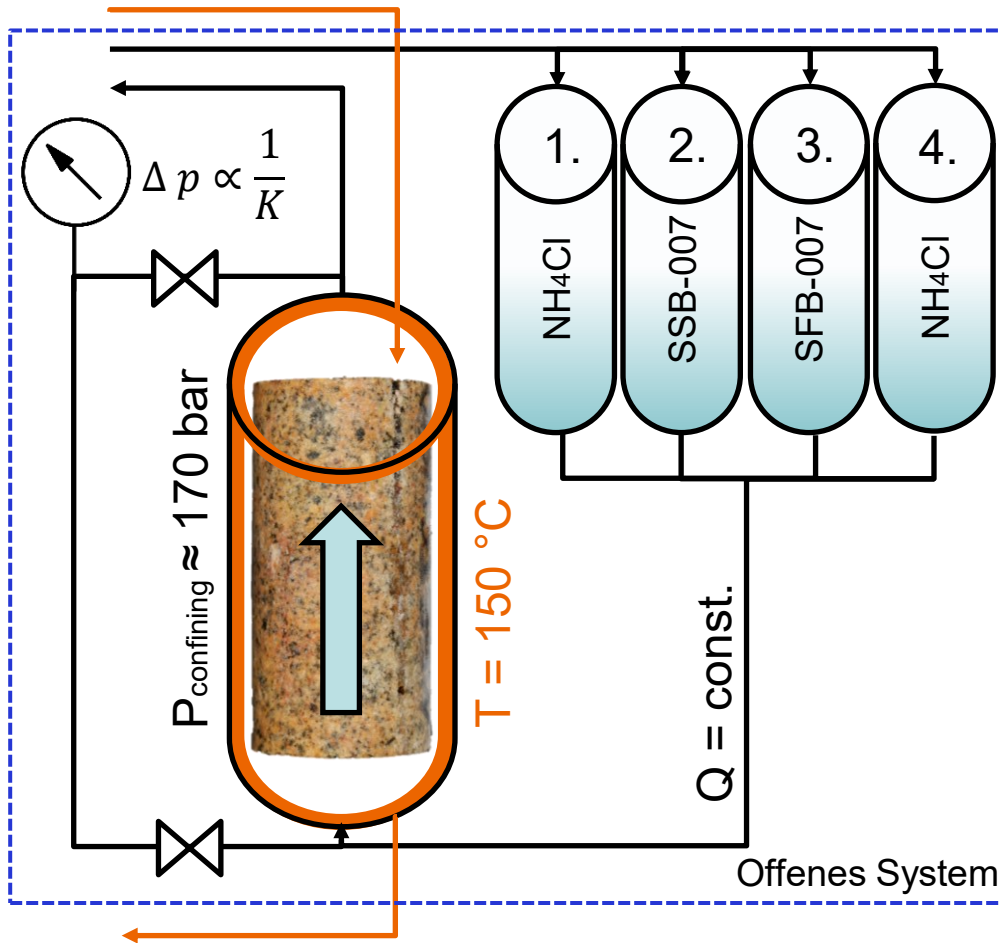
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Katja Schulz¹, Kristian Bär¹, Ingo Sass¹, Nils Recalde Lummer²

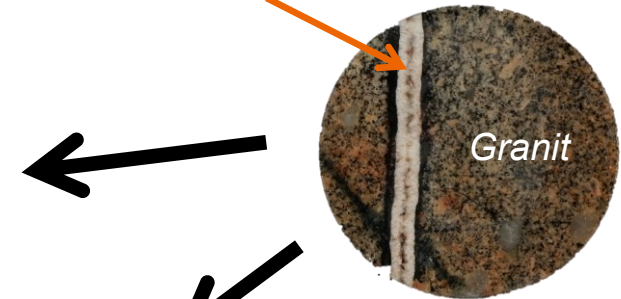


- 1) Technische Universität Darmstadt
- 2) Fangmann Energy Services GmbH & Co. KG

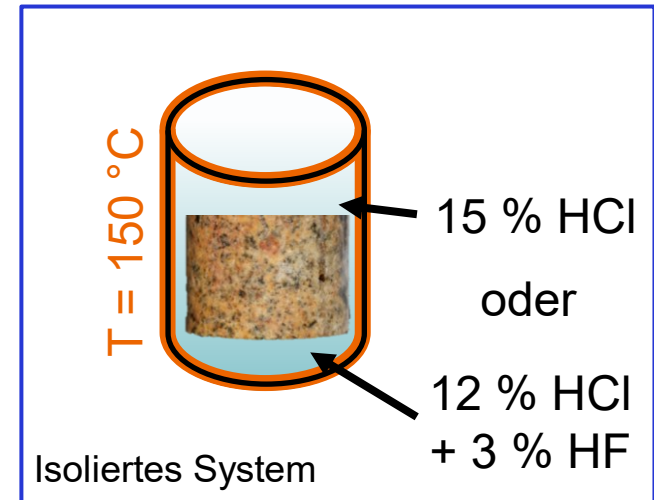
A: Säuredurchströmungsversuche



überwiegend Quarz + Turmalin







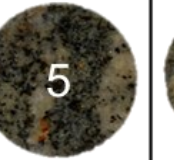

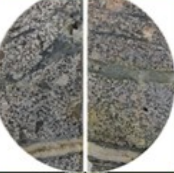
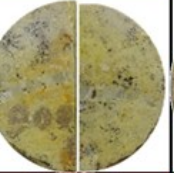
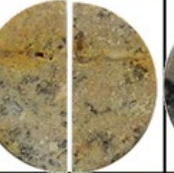
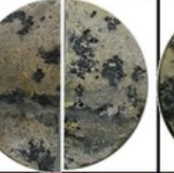
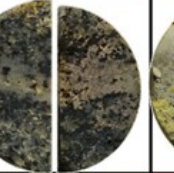
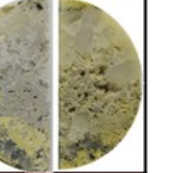

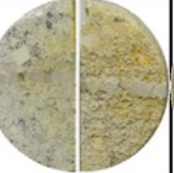
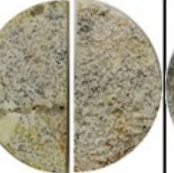
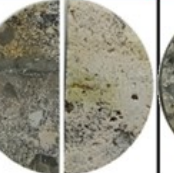
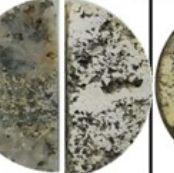
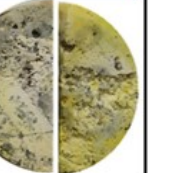
B: Autoklaven-Ansäuerungen



- A:**
- Fangmann Energy Services
 - $4 < \text{PEF} < 50$
 - \rightarrow SFB-007 (HF)

- B:**
- TU Darmstadt
 - $0.1 < \text{PEF} < 40$
 - \rightarrow 15 % HCl *und* 12 % HCl + 3 % HF

Autoklaven-Ansäuerungen mit Vorher / Nachher-Vergleich

									
		1	2	3	4	5	6		
Permeability Enhancement Factor (-) $PEF = \frac{K_{post}}{K_{pre}}$	15 % HCl	1.94	1.07	39.44	1.63	1.00	0.80	0.8 < PEF < 39.4	
									
	12 % HCl + 3 % HF	7.07	0.13	40.48	0.16	22.58	0.59		0.1 < PEF < 40.5
									

Löslichkeit unter Versuchsbedingungen:

Glimmer (Fe-Chlorit!) > Feldspäte > Turmalin > Quarz
 |
 (Kali-Feldspat > Plagioklas)

Methoden	Pyknometrie (Dichte, Porosität)	Röntgenfluoreszenzspektrometrie (Chemische Zusammensetzung)
	Ultraschall (E-Modul, Querkontraktionszahl)	
	Permeametrie (He, Wasser) (Intrinsische Permeabilität)	Röntgendiffraktometrie (Mineralogische Zusammensetzung)
	Thermoscans (Wärme- und Temperaturleitfähigkeit)	Atomabsorptionsspektrometrie, Ionenchromatographie, Photometrie (Chemische Zusammensetzung des Fluids nach Ansäuerung)
	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (REE-Analyse)	Rasterelektronenmikroskopie (Mineralogische Analyse der Ausfällungen)

Ausfällungen	<ul style="list-style-type: none"> • Eisenhydroxide (Goethit oder Limonit), amorphes Kieselgel, auch Hieratit ($K_2[SiF_6]$) • Korrelation mit hoher Ionenkonzentration im “verbrauchten” Stimulationsfluid • Korrelation mit der Konzentration mafischer oder Fe-reicher Minerale (Turmalin, Hornblende, Fe-Chlorit sowie Erzmineralen)
	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendete Säuren sind vergleichbar • Durchströmung des Gesteins (post-flush) bei chemischer Behandlung notwendig • Detaillierte Vorabprüfung des Mineralbestands notwendig: Sekundärminerale in hydrothermal alterierten Bereichen können Ausfällungen verstärken • Test der Säuren an Projektproben (unter Reservoirbedingungen) ist in Säuredurchströmungsversuchen (Reservoir Permeability Tester) und Autoklaven-Experimenten möglich und sinnvoll
Ergebnistransfer	