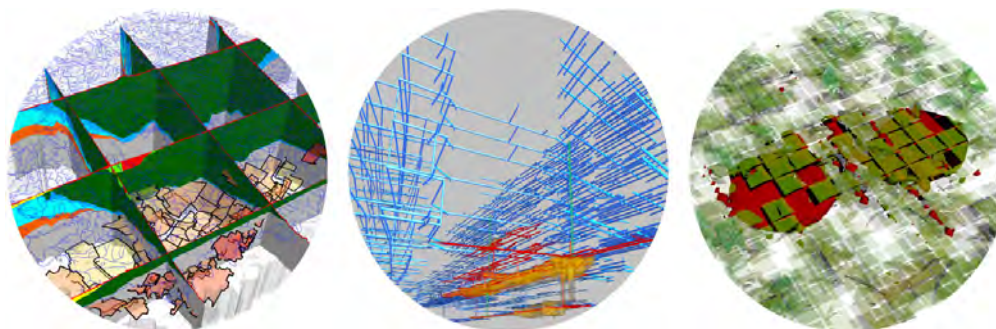


kassel24 | let's talk about Grubenwasser

documenta Stadt Kassel, 2. - 4. September 2024

Kassel24–111

Numerische Modellierung der saisonalen Wärmespeicherung in stillgelegten Bergwerken



Torsten Seidel^{*1}, Christoph M. König¹

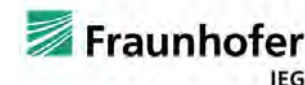
Florian Hahn², Stefan Klein², Mathias Nehler²

¹delta h, Witten, NRW, Germany

²Fraunhofer IEG, Bochum, NRW, Germany

*ts@delta-h.de

In Kooperation mit:

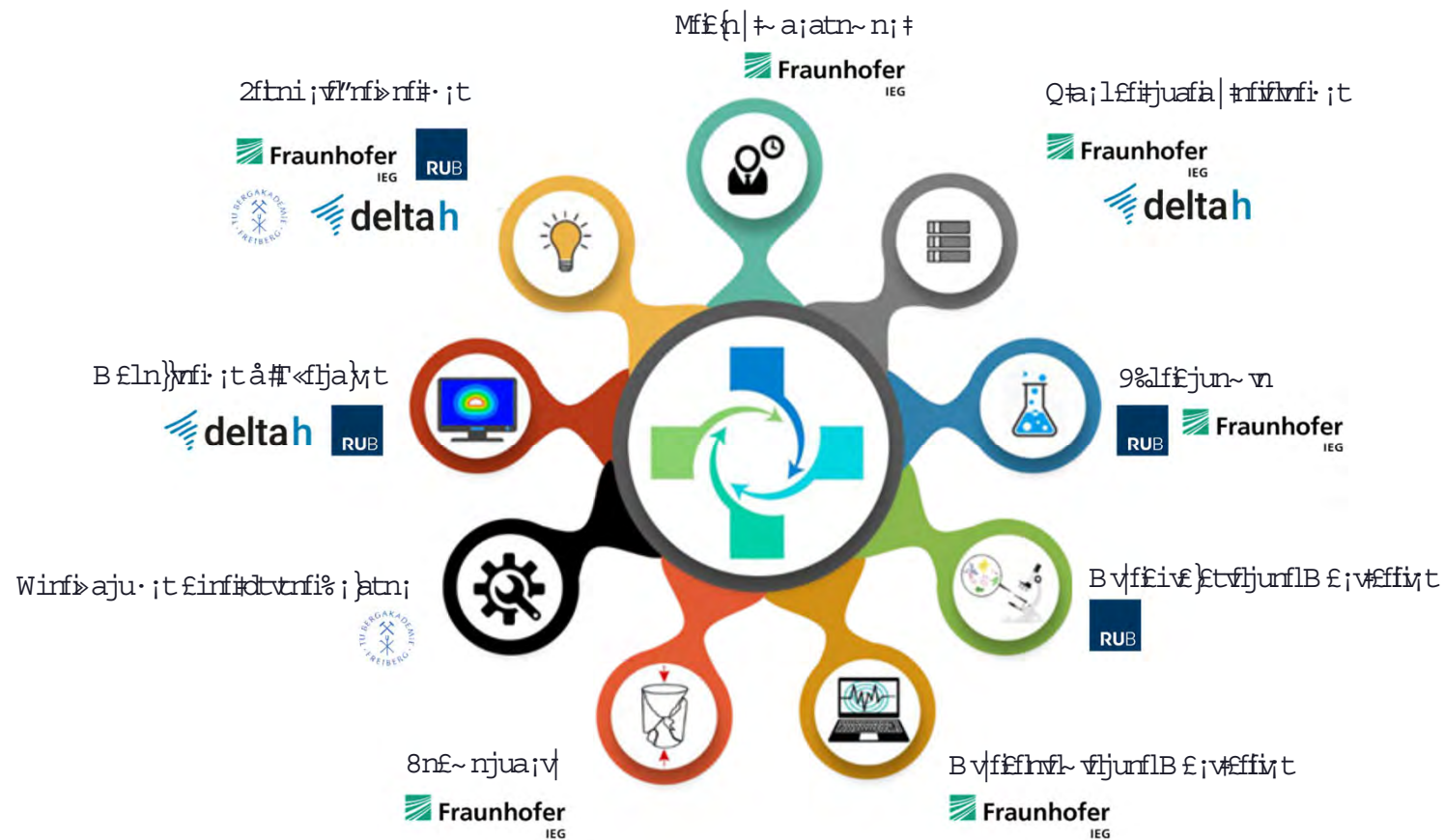


delta h
Parkweg 67
58453 Witten / Germany
Tel.: +49 2302 91 406 20
<https://www.delta-h.de>



03.09.2024

- Sicherer und effizienter Betrieb von ATEs in stillgelegten Kohlebergwerken



Modellierungsstandorte

Zeche Dannenbaum

- Großbergwerk
- 8 Ebenen / 800 tief
- Direkte Anbindung an zentrale Wasserhaltung

Kleinzeche IEG

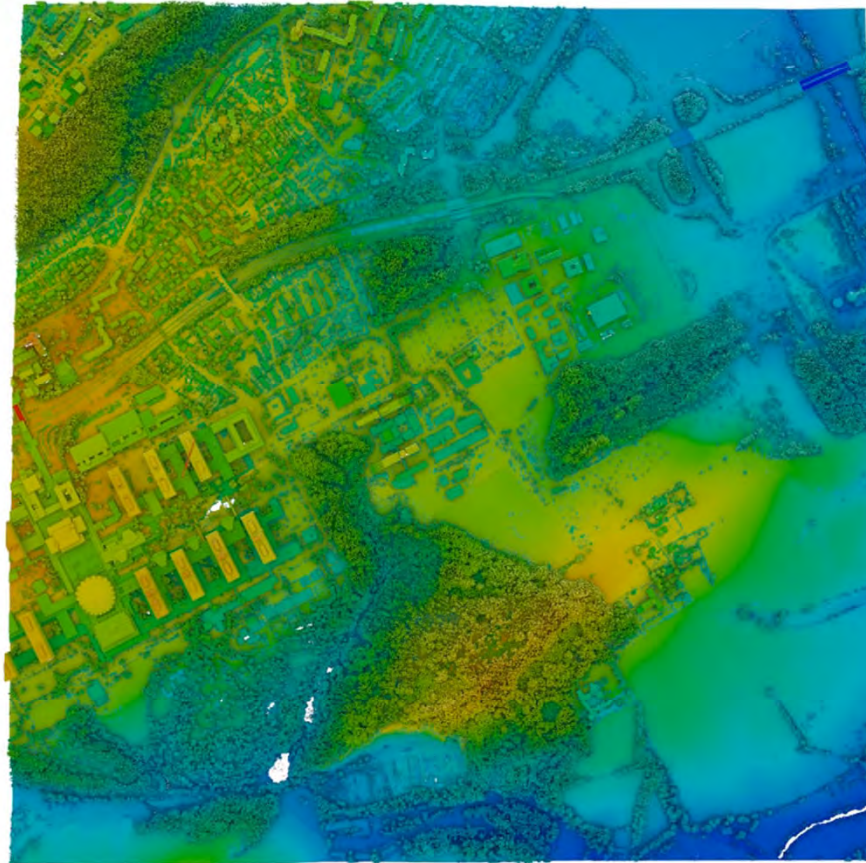
- Kleinzeche
- Oberflächennah
- Isoliert

Zeche Mansfeld

- Ehem. Untertagefabrik
- 10 m Querschnitt
- Anbindung an zentrale Wasserhaltung unklar

7.5 km



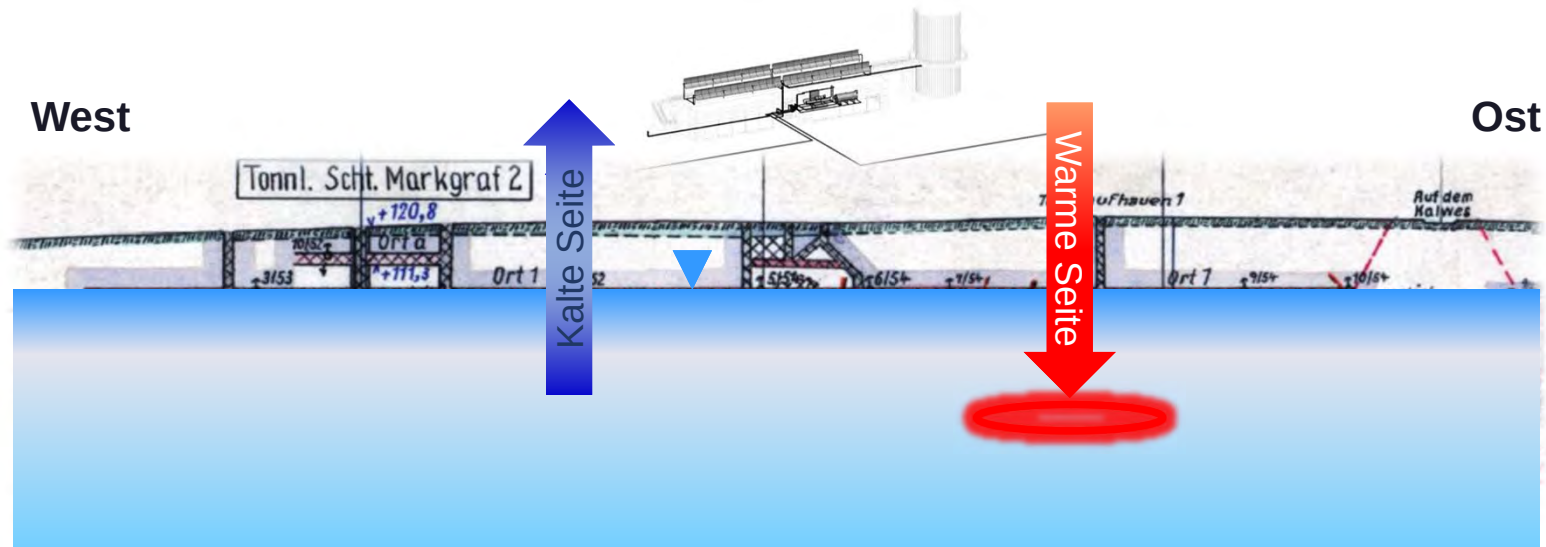


Schachtgerüst der Kleinzeche IEG auf dem Kalwes @Vietor (2012)



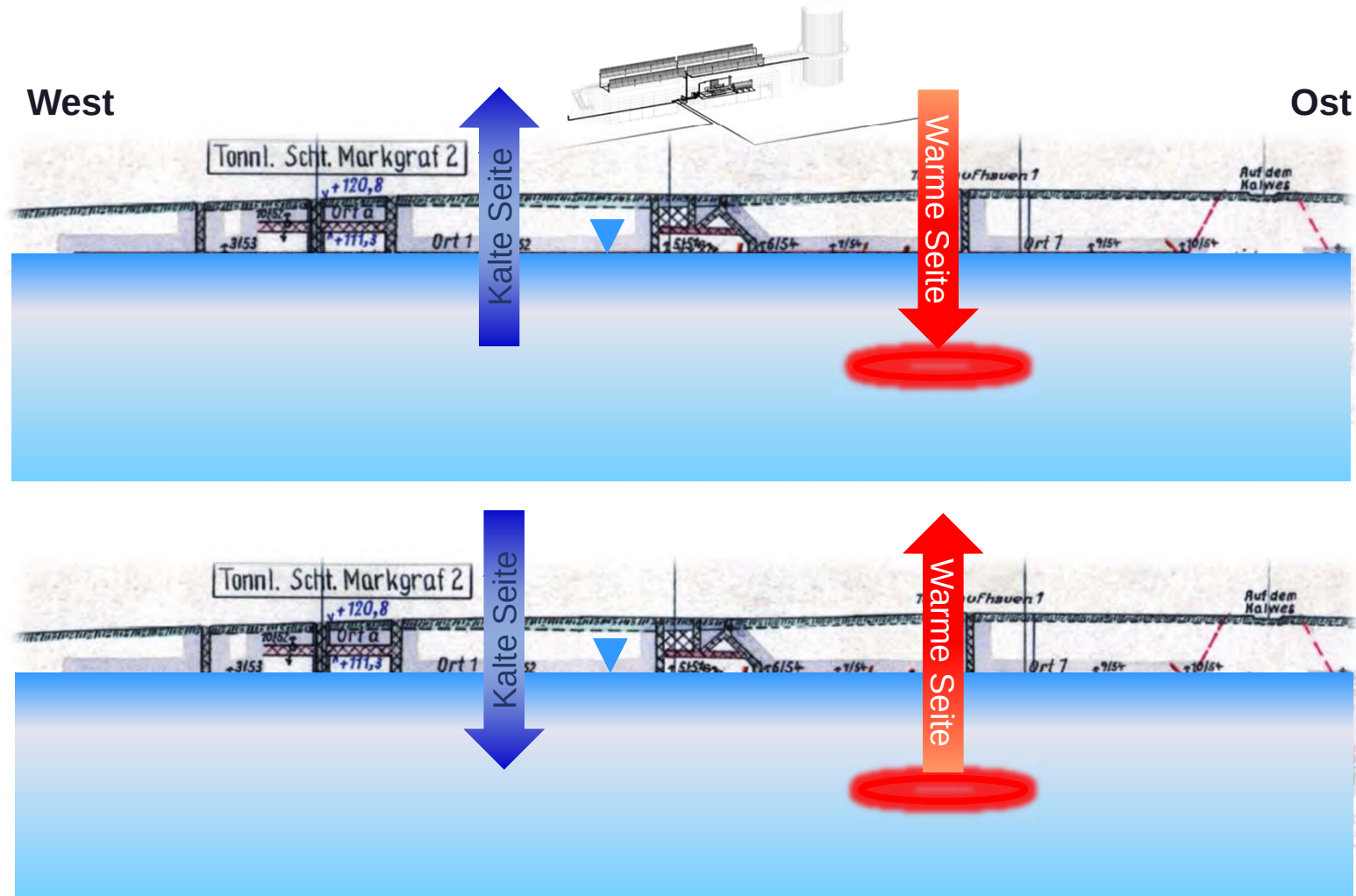
Situation heute



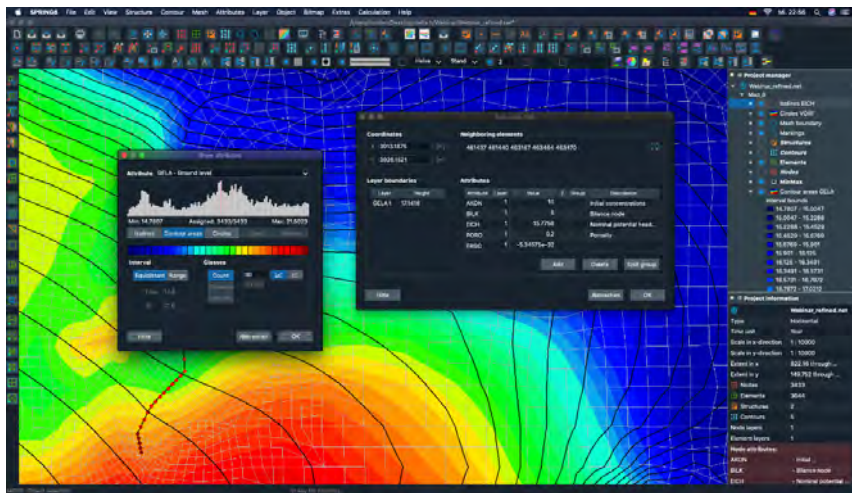


Sommer:

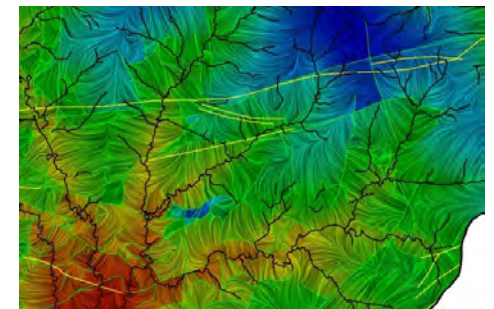
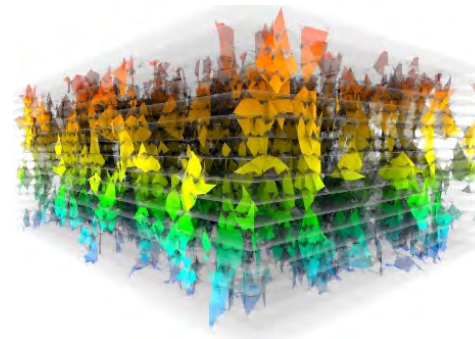
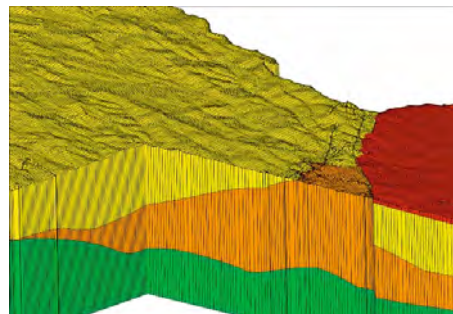
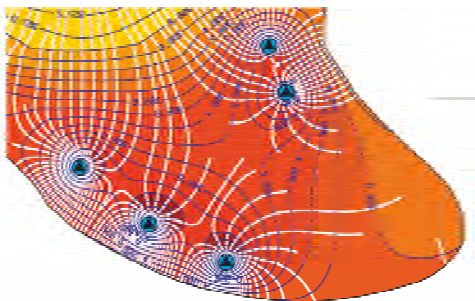
- solarthermische Beladung



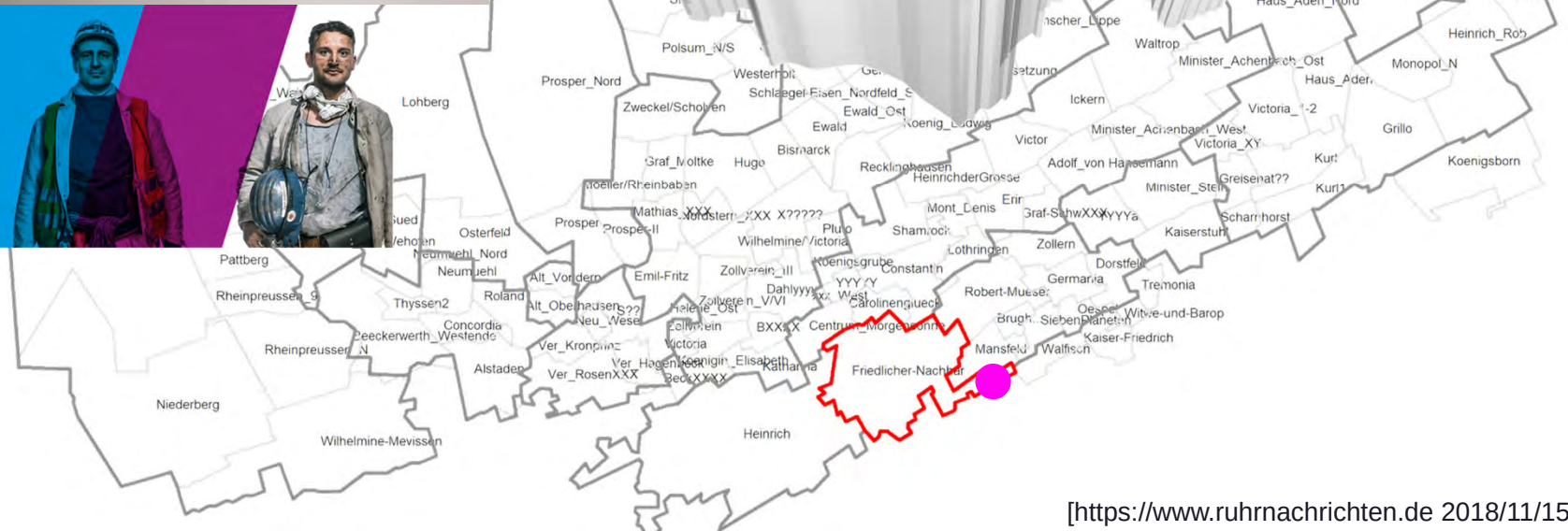
SPRING – Simulation of Processes in Groundwater



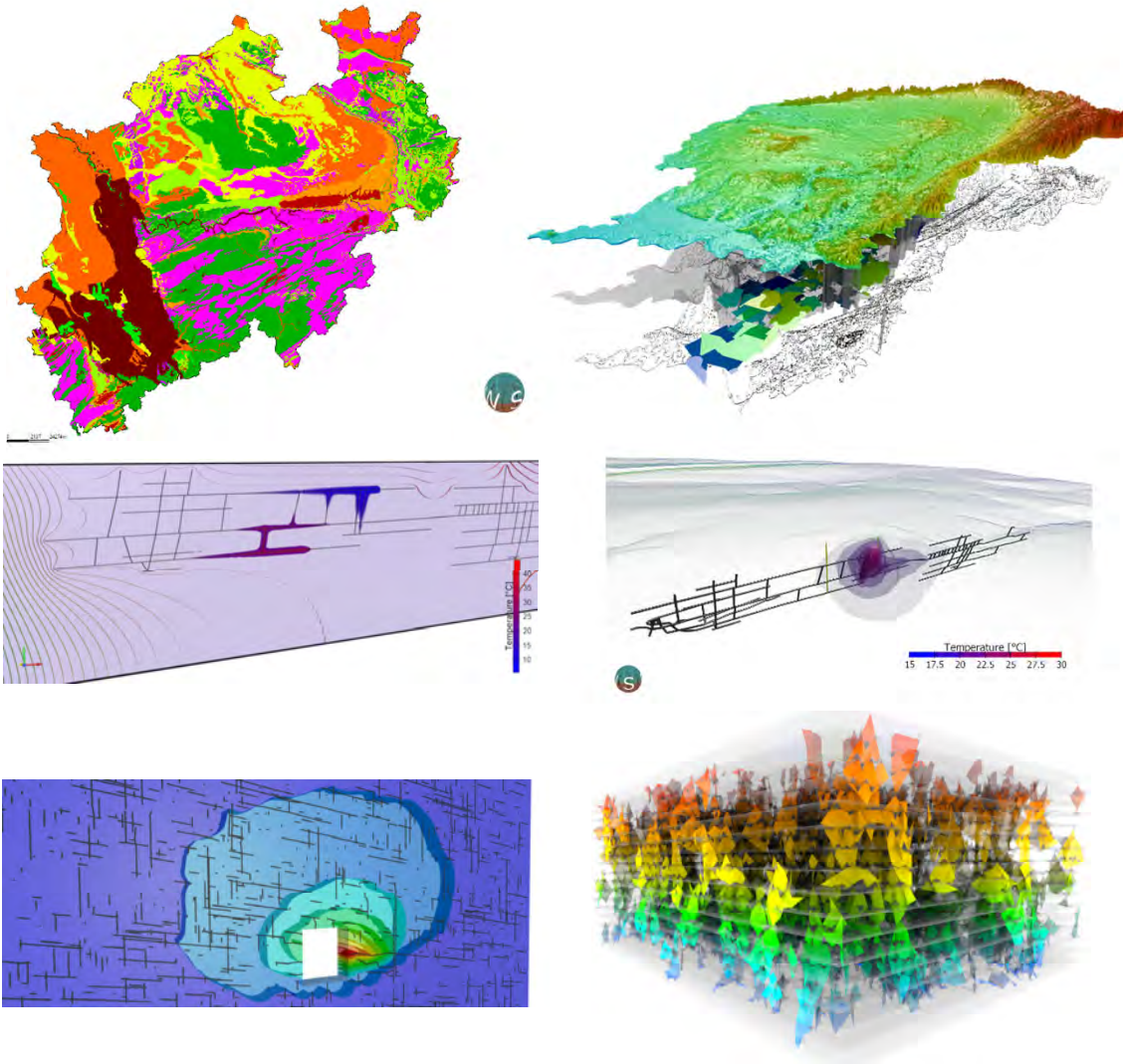
- Strömung, Stoff- und Wärmetransport
- Stationär/Instationär
- Vollgesättigt/Teilgesättigt
- Dichteabhängig
- Abbau/Sorption
- Prozesse in Klüften
- Basis: Finite Element Methode



Herausforderungen



[<https://www.ruhrnachrichten.de> 2018/11/15]

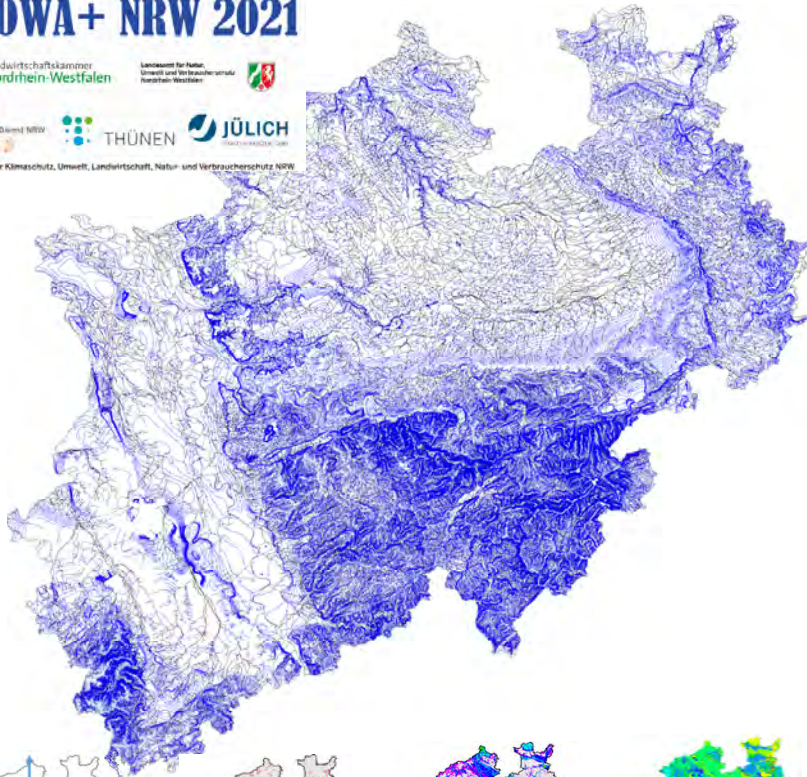


Komplexität

- Regional
- Standort
- Detail

Grundwassermodell NRW

GROWA+ NRW 2021



GW-Neubildung, GW-Messstellen, Mächtigkeiten, hydraul. Durchl. (kalibriert), freie Oberfläche

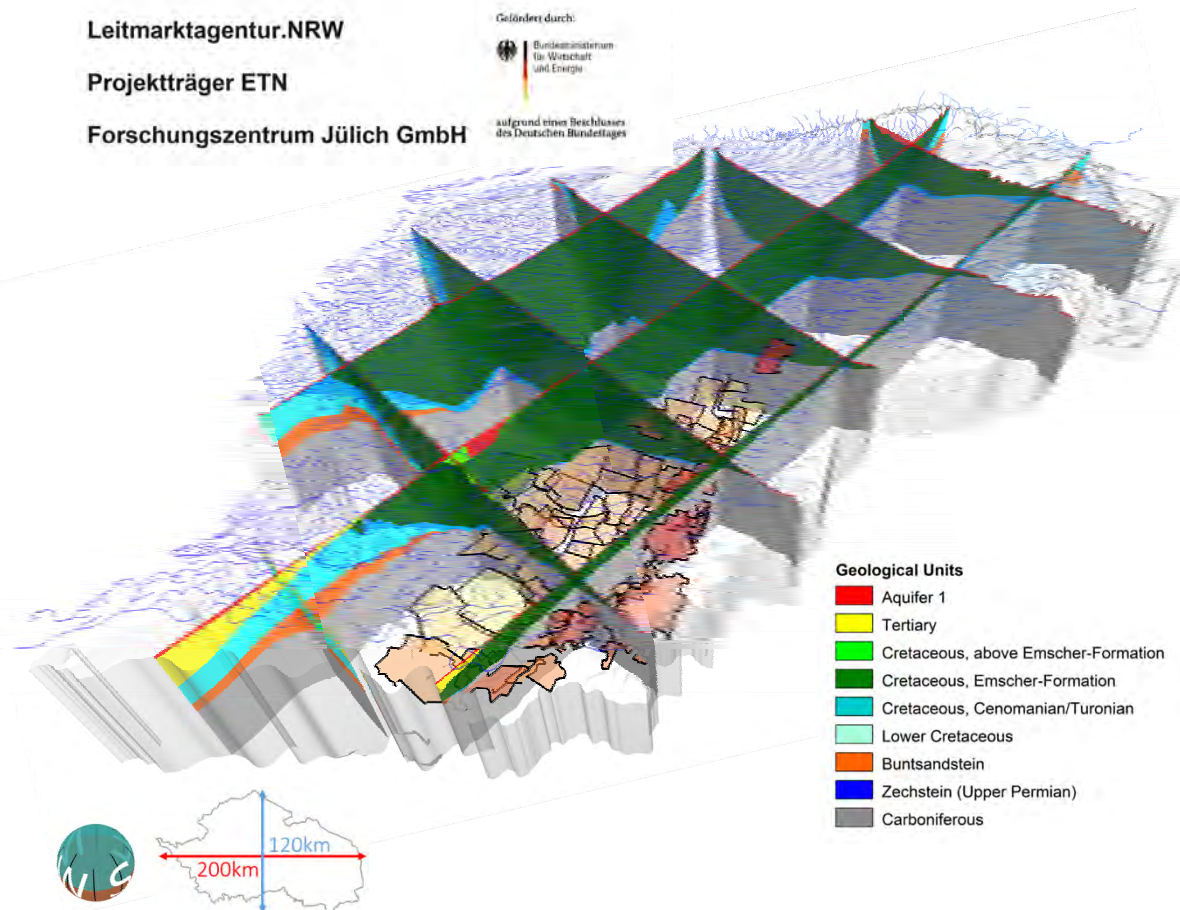
„Münsterländer Kreidebecken“

Leitmarktagentur.NRW

Projektträger ETN

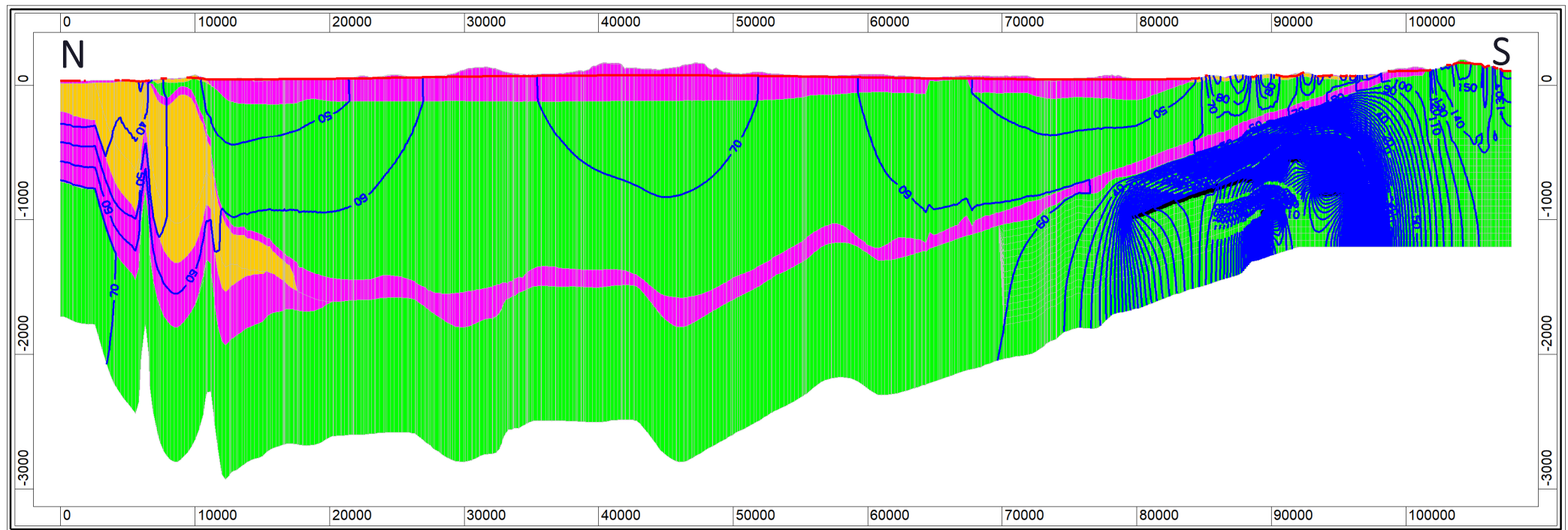
Forschungszentrum Jülich GmbH

Geländes durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

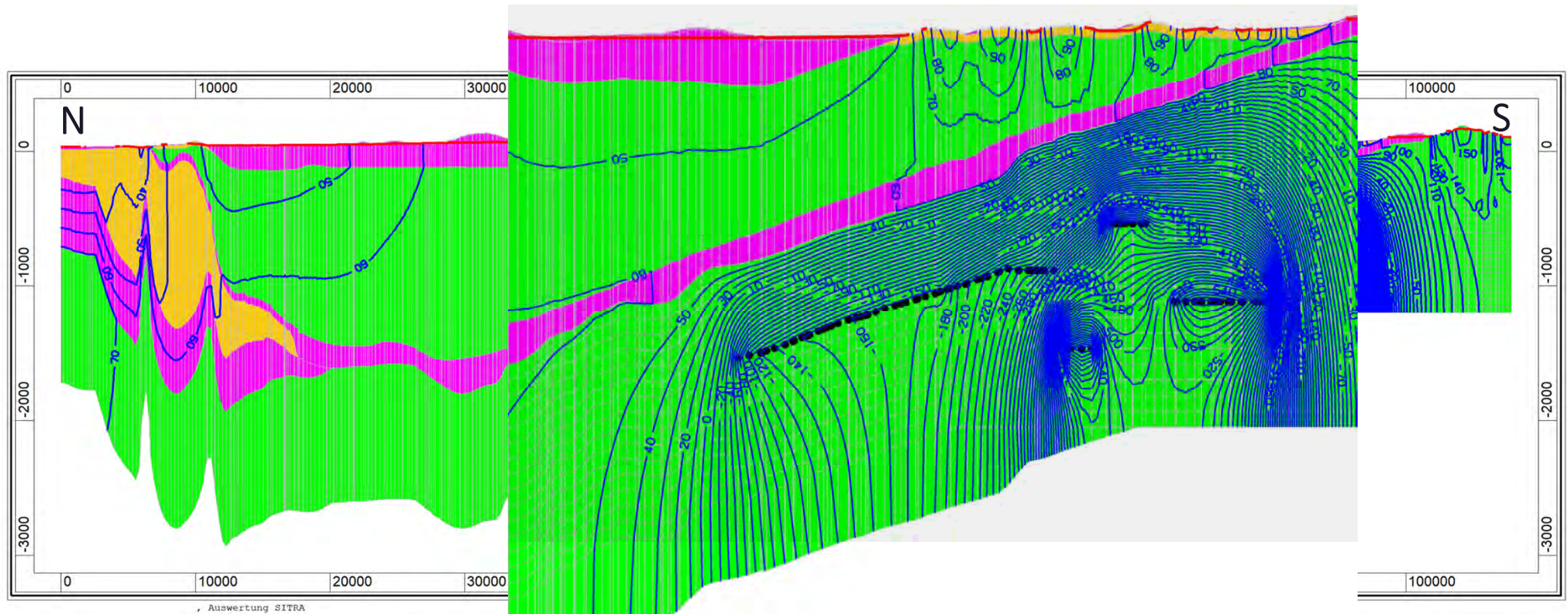


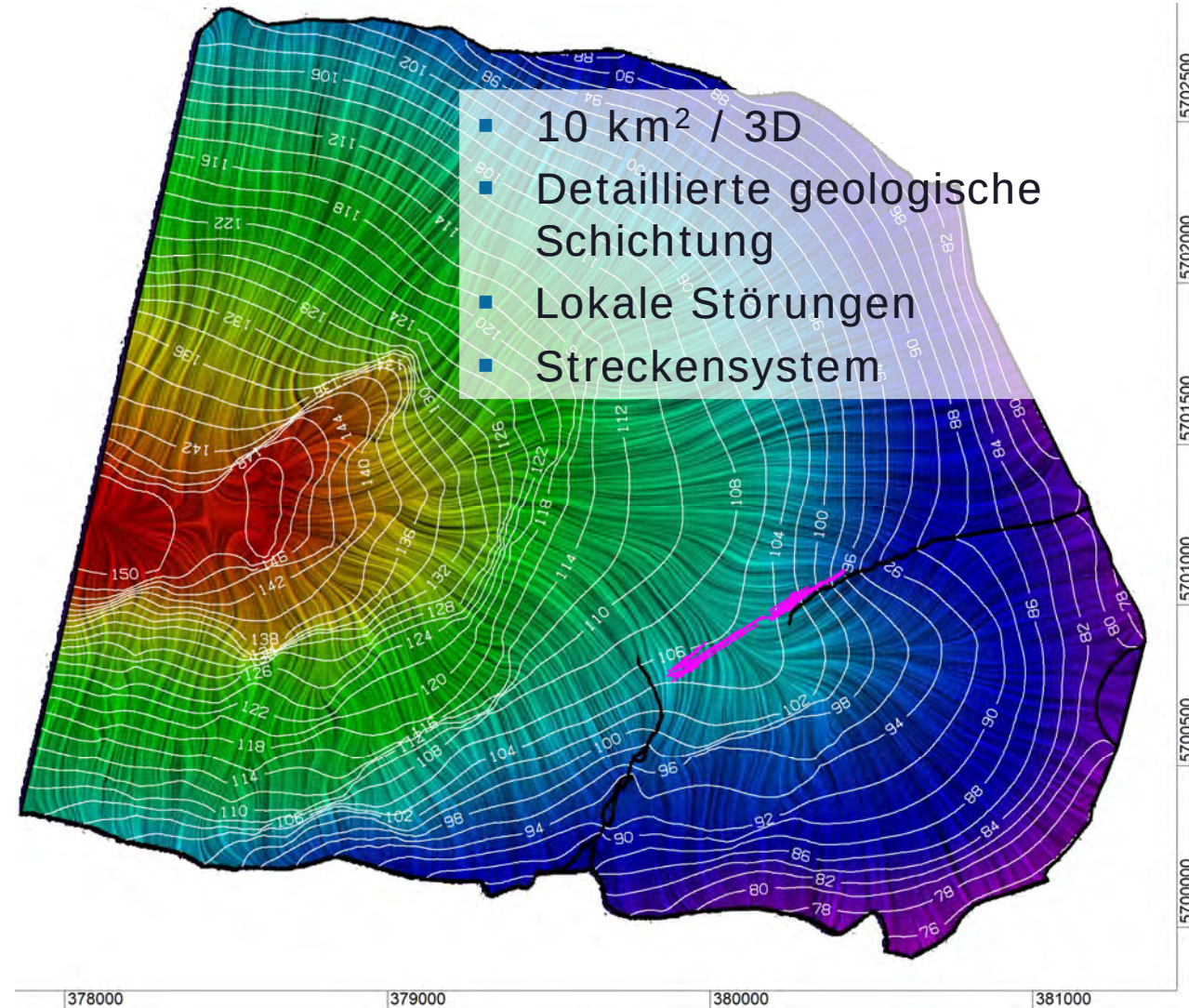
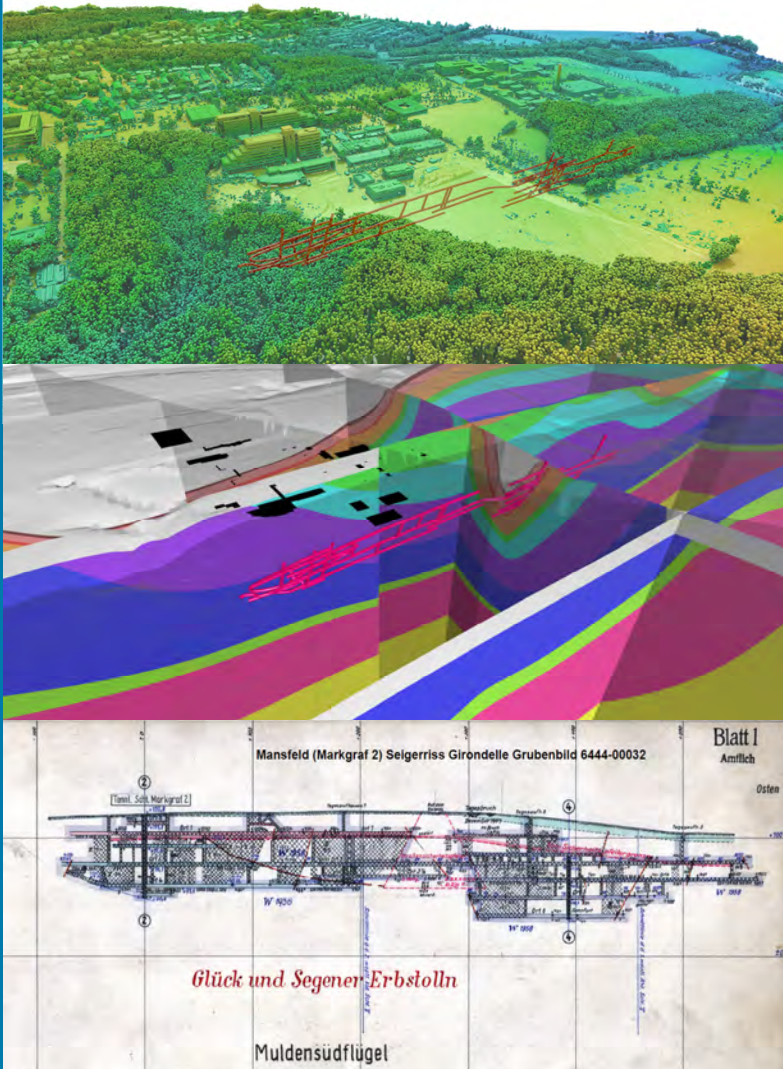
Geologische Schichtung, Einfluss Grubenwasserhaltung als Randbedingung für Standortmodell

Regionalskala - berechnete Grundwasserpotenziale



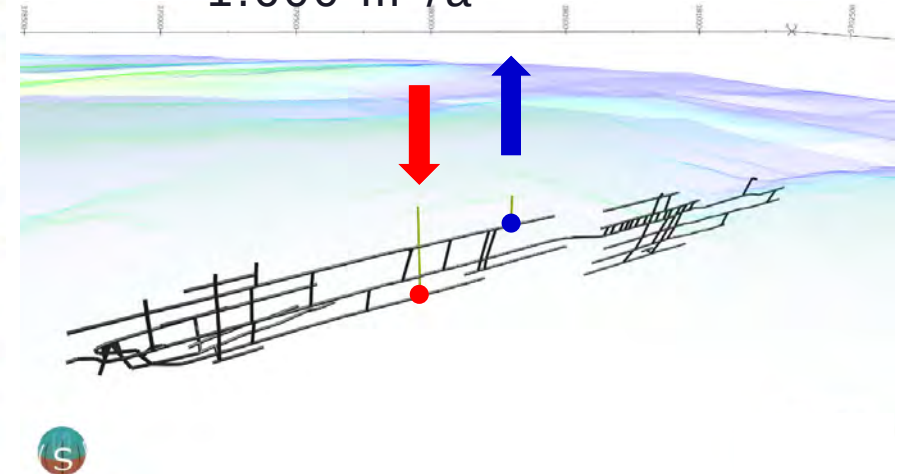
Regionalskala - berechnete Grundwasserpotenziale



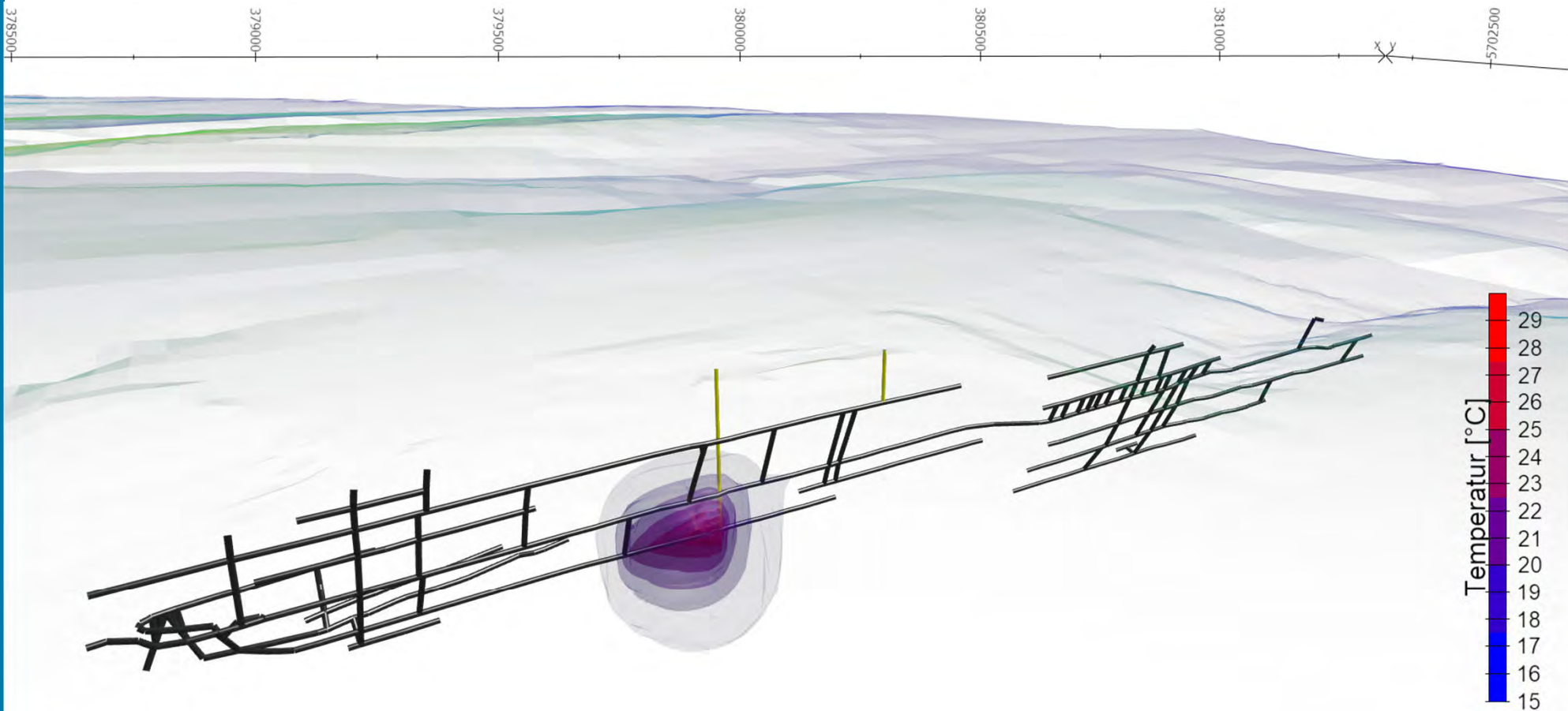




- Wärmetransport stationär (Strömung und Transport)
- MI1 kalte Seite Ort 1
- MP1 warme Seite Ort 4 (35°C)
- 1.600 m³/a



Temperaturverteilung Szenario A (stationär)

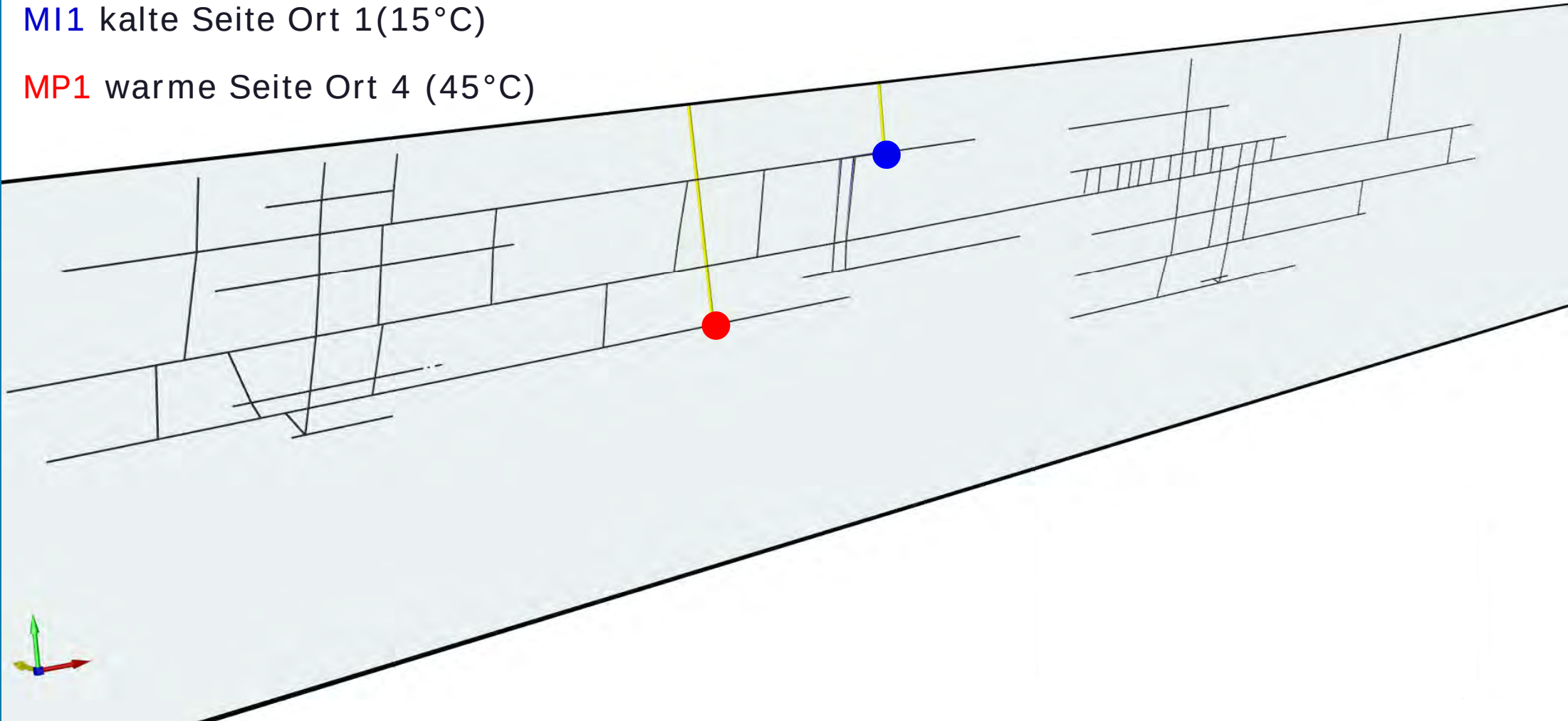


Wärmetransport (instationär)

Instationäre Strömung und Wärmetransport

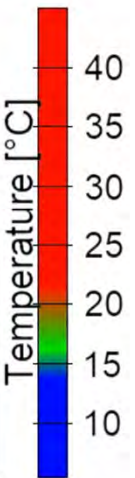
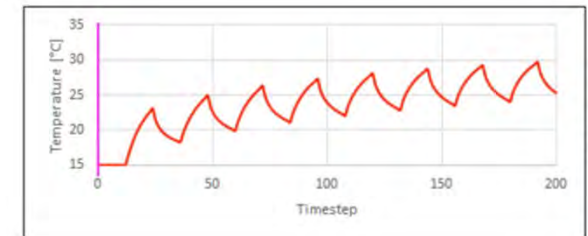
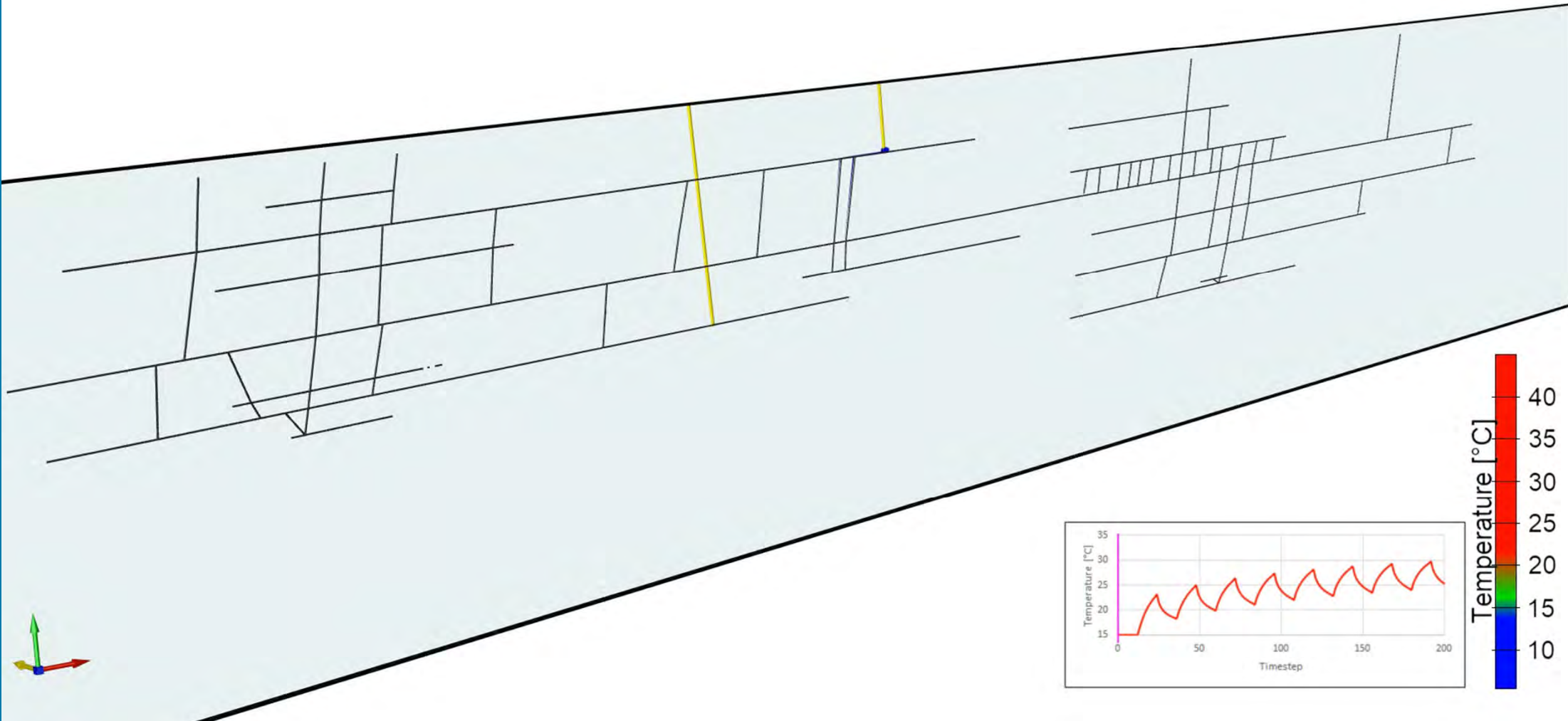
MI1 kalte Seite Ort 1 (15°C)

MP1 warme Seite Ort 4 (45°C)

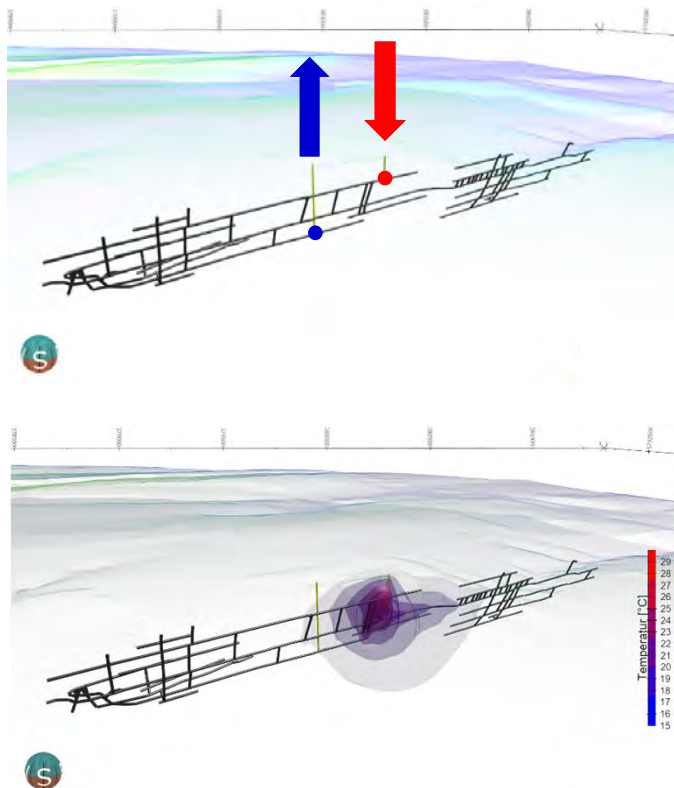


Time: 1.0000 Days

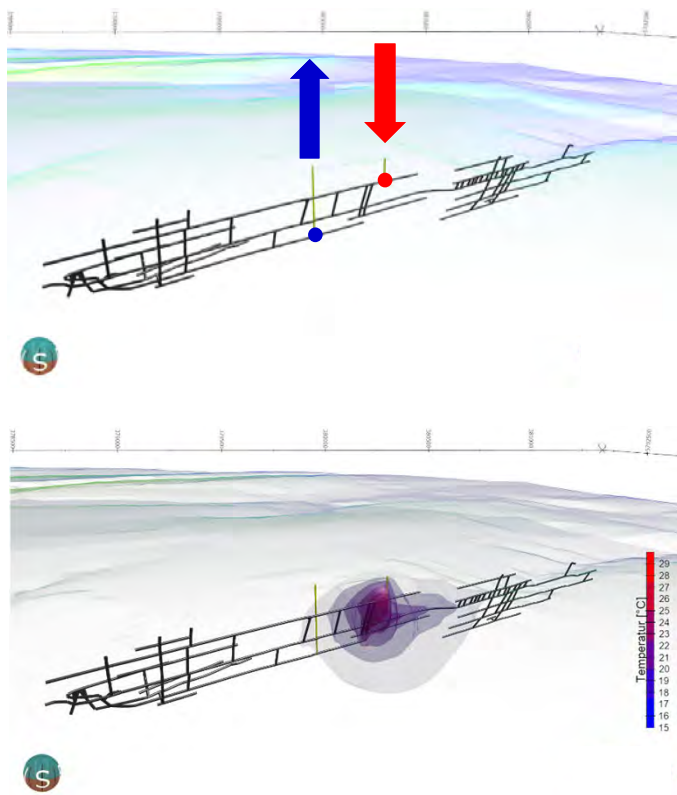
Temperaturverteilung Szenario A (instationär)



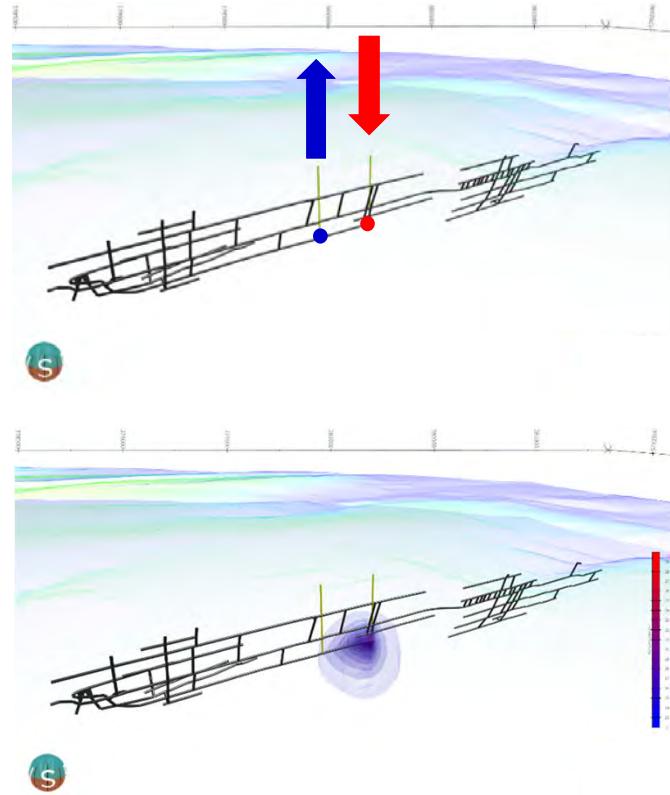
Szenario B



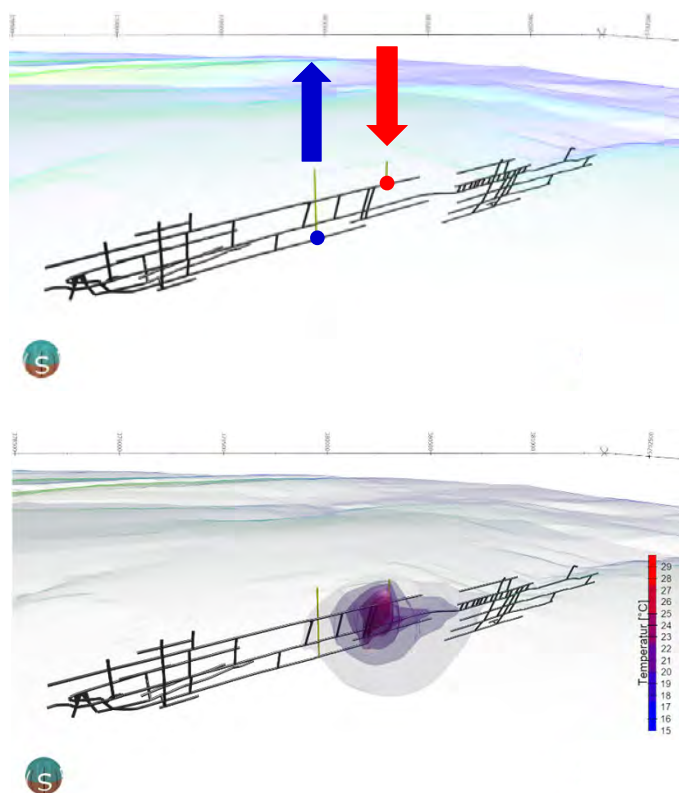
Szenario B



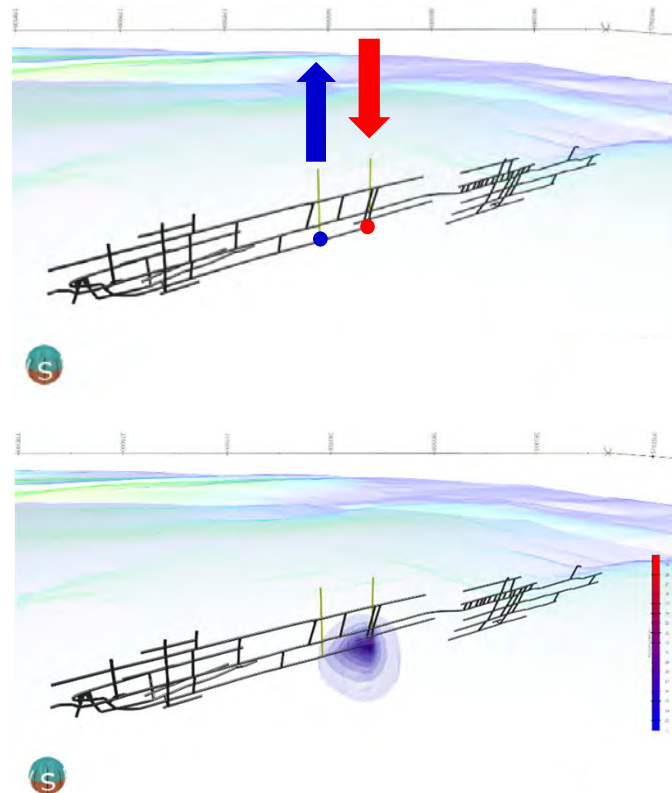
Szenario C



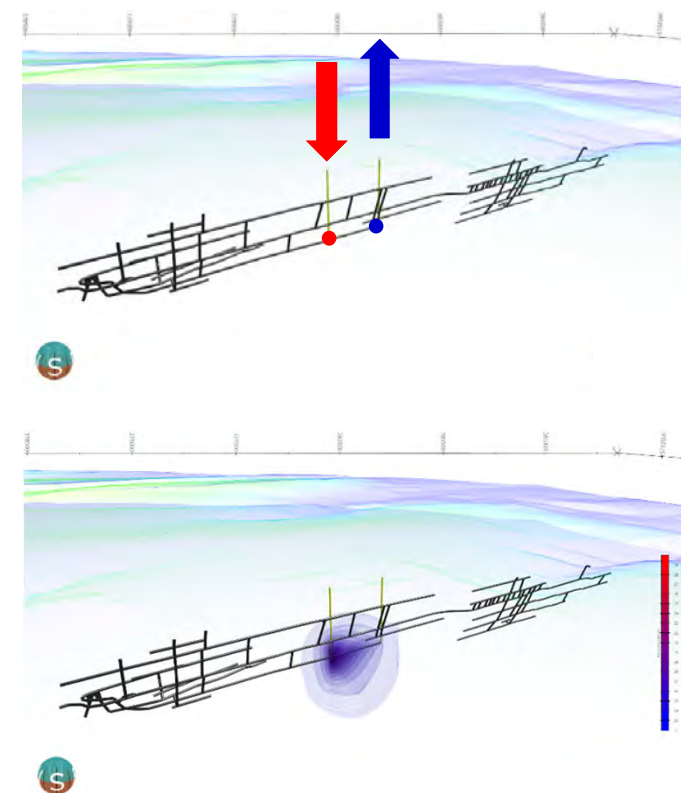
Szenario B



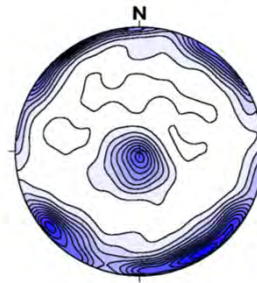
Szenario C



Szenario D

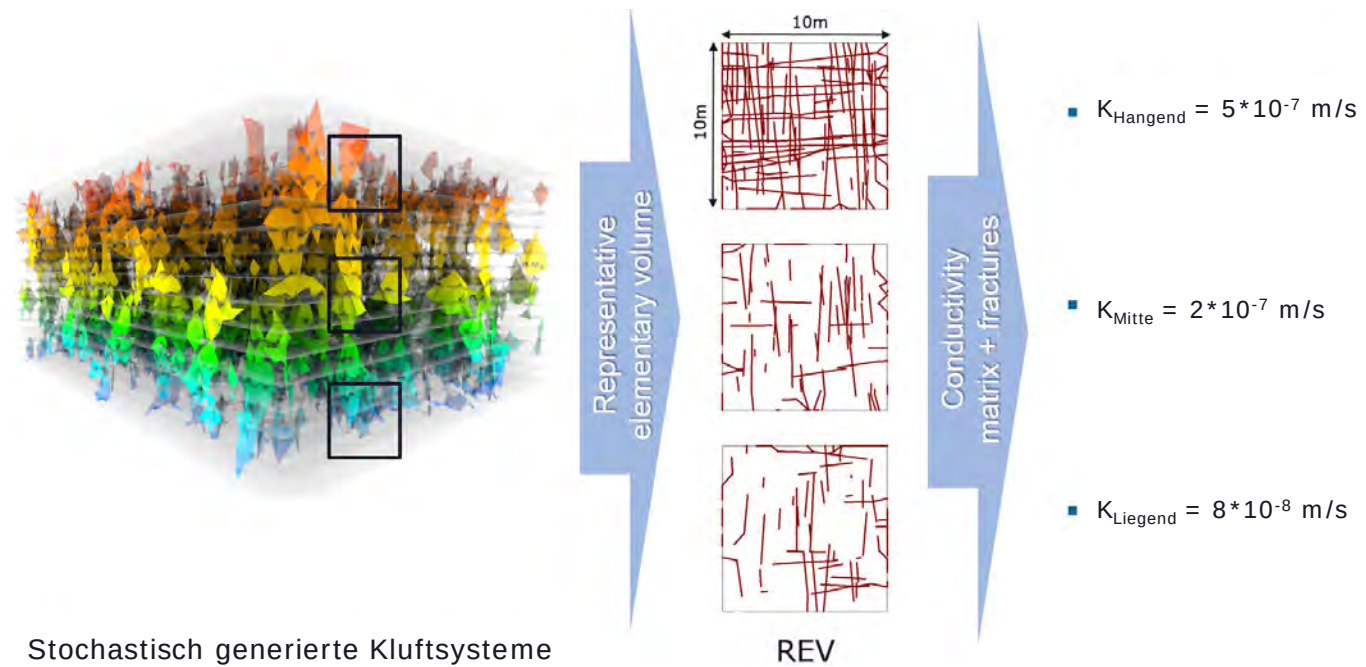


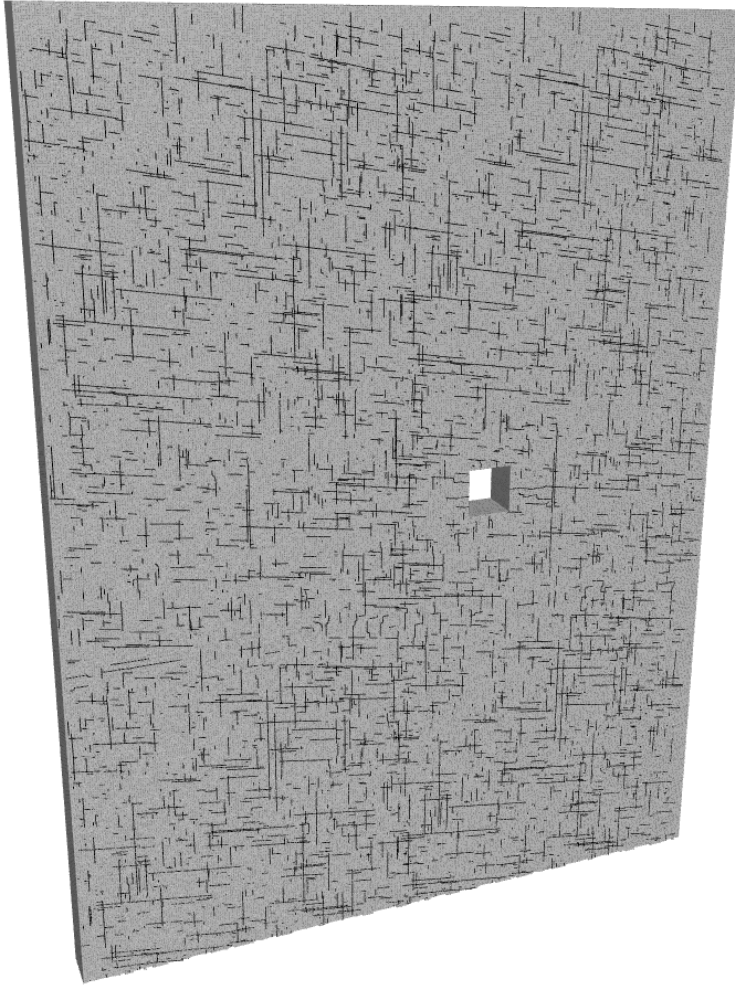
Geklüfteter Sandstein (Karbon) – Effekt?



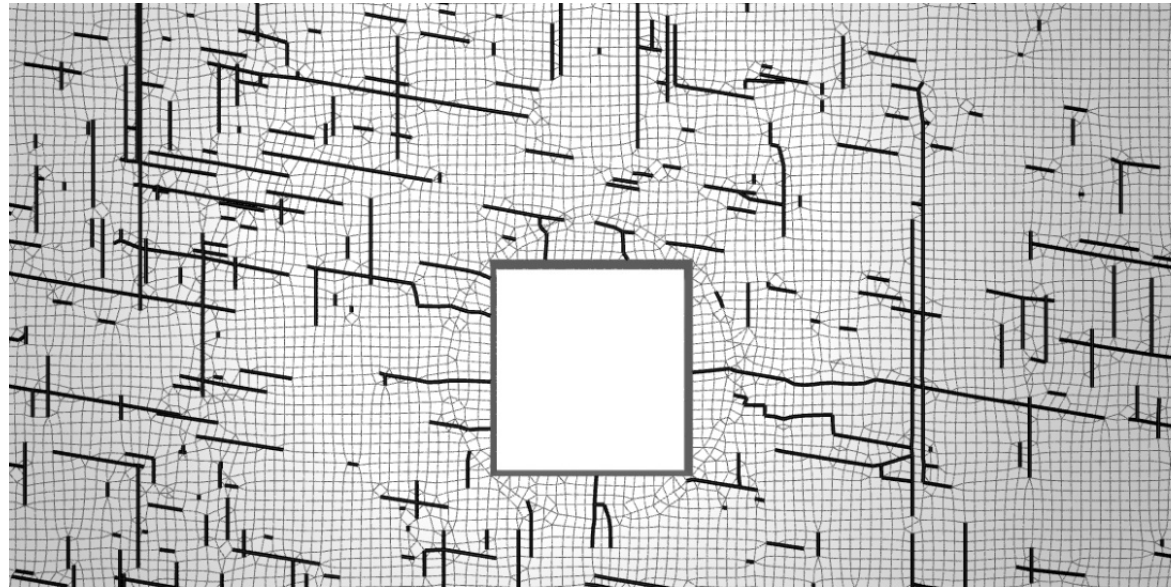
cluster	orientation in space	spherical angle Q	spherical variance s	concentration parameter k
I	(a,f) = (274°,88°)	8.2°	0.95	16
II	(a,f) = (71°,6°)	8.2°	0.95	17
III	(a,f) = (309°,4°)	12.3°	2.35	16

Calculation and Mesh Generation of a Three-Dimensional Matrix-Fracture-System
Christoph König, Britta Rosen University of Bochum, Germany



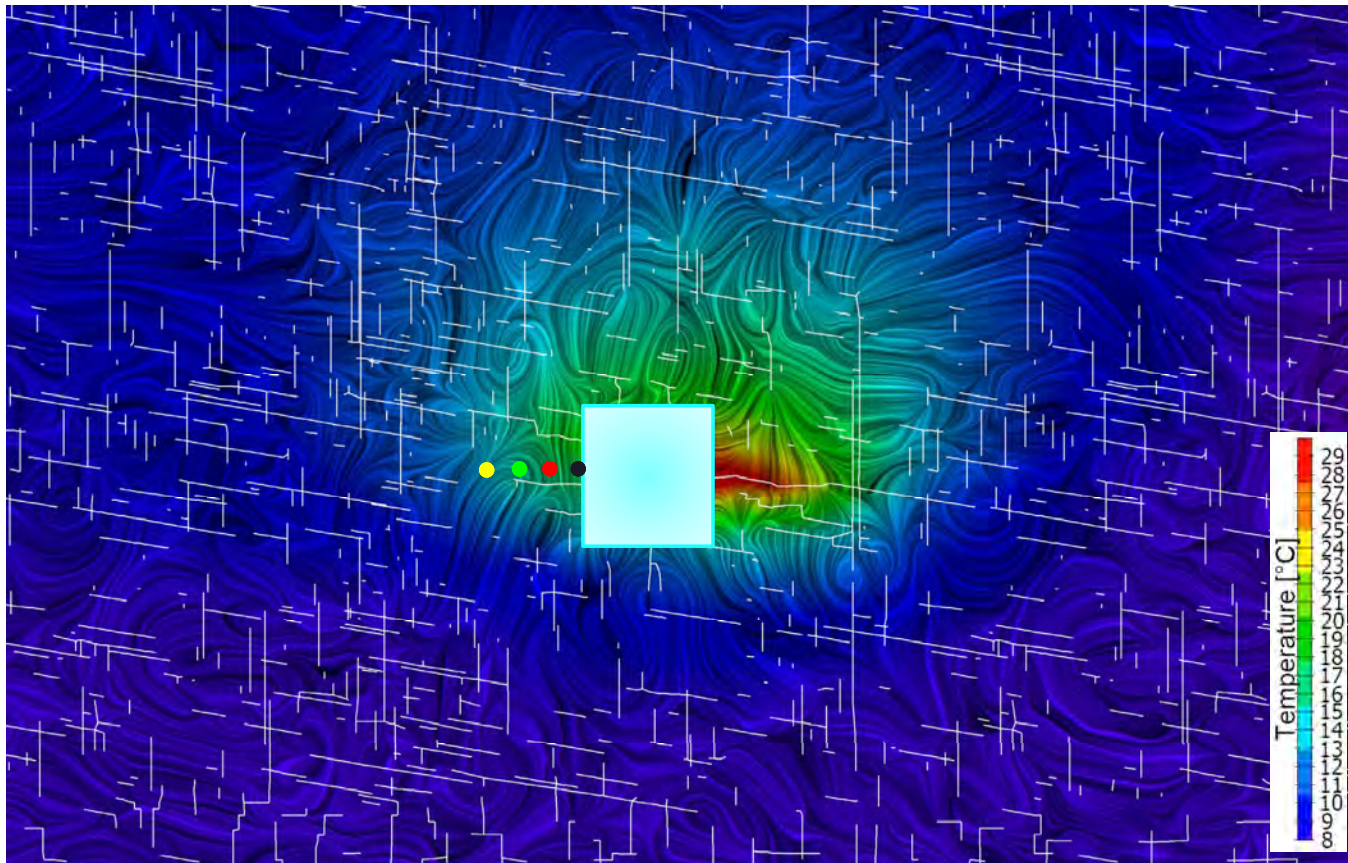


- 2D-Vertikalmodell
- 30x40 m
- 30.000 1D-Klufterelemente

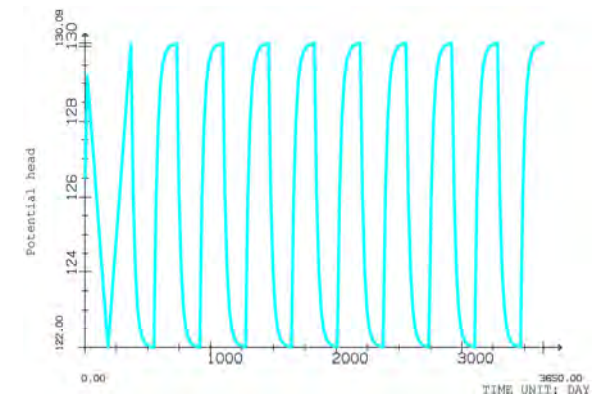


Randbedingung und berechnete Temperaturen

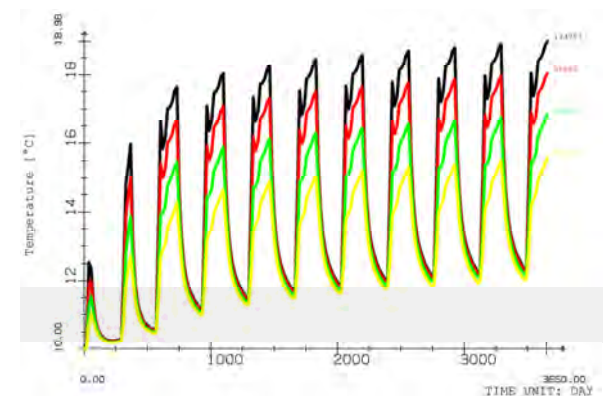
- Wärmetransportberechnung
- Instationär über 10 Jahre



- Randbedingung Strecke:
Festpotenzial (periodisch)

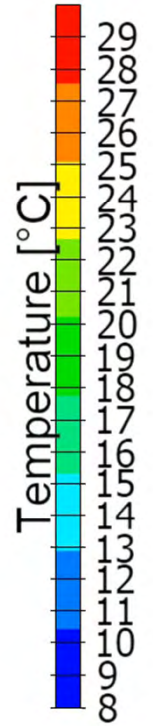
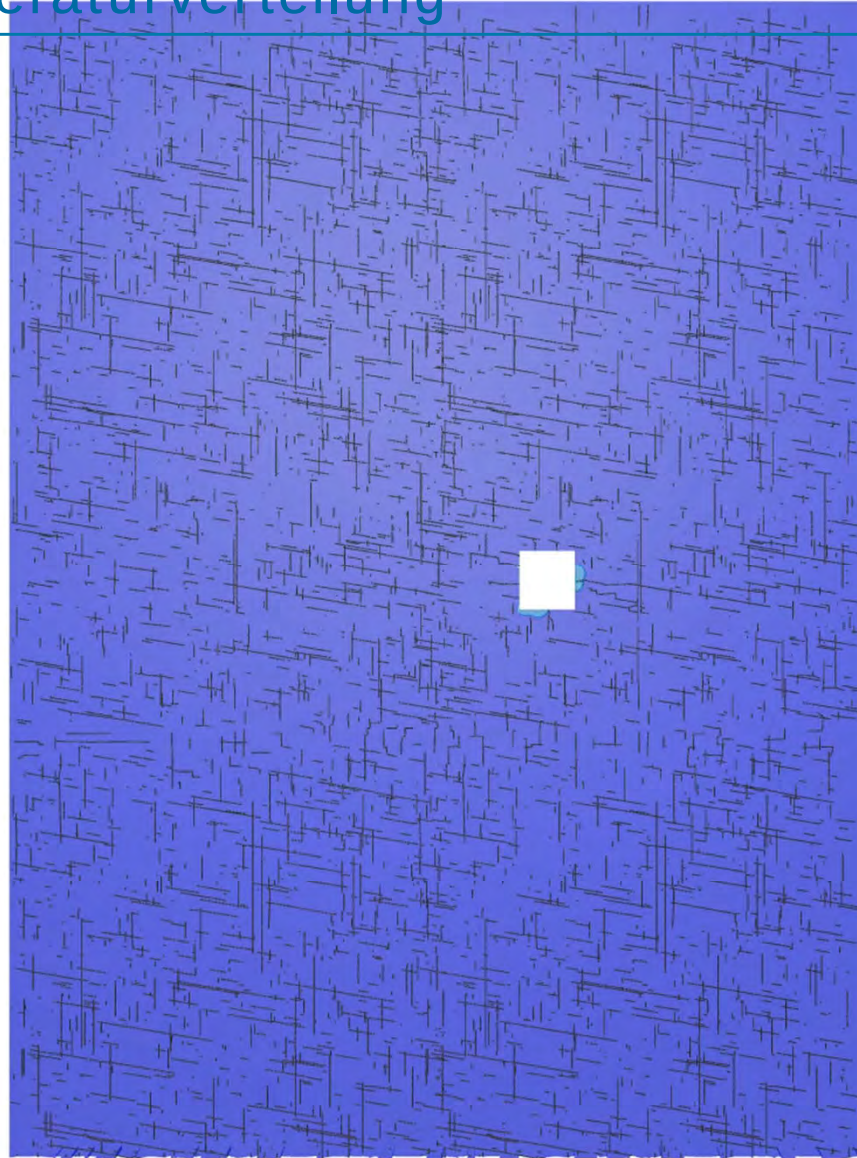


- Ergebnis: Temperaturen



e: 18.2500 Days

Instationäre Temperaturverteilung





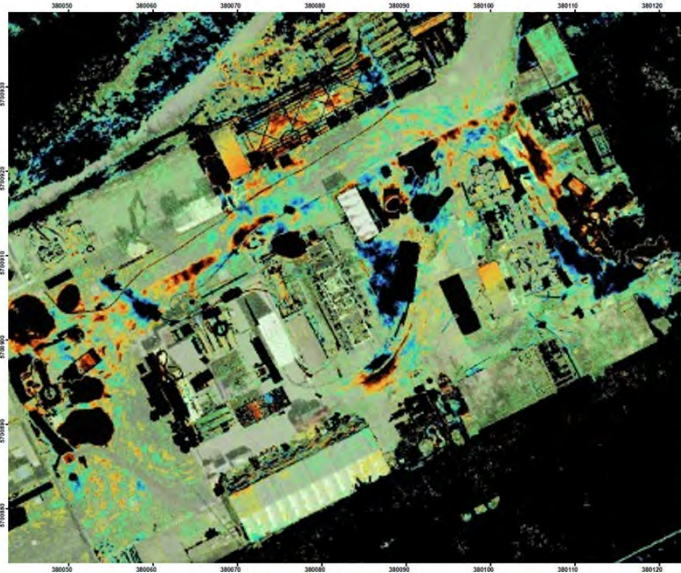
- Bergwerkerschließung
- Bohrlochausbau
- Installation Solarthermieranlage
- Inbetriebnahme

Sommer 2020

Sommer 2021



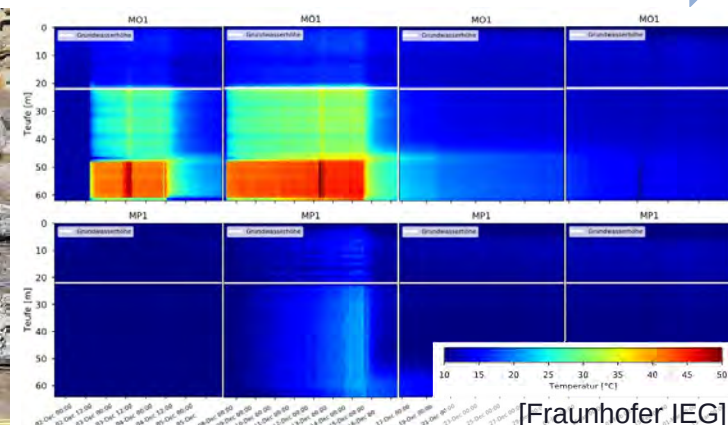
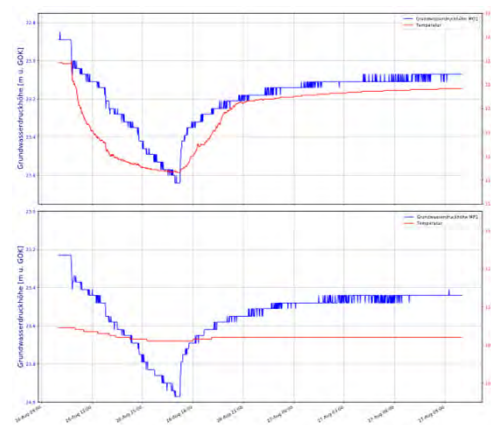
[Fraunhofer IEG]



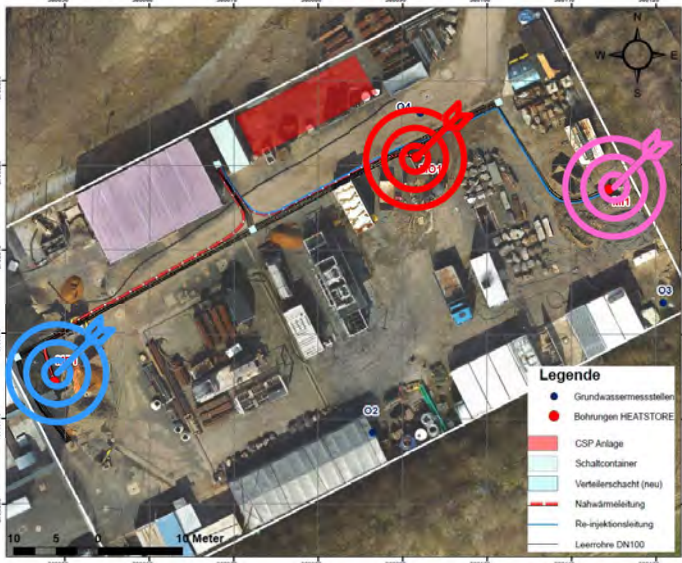
- Kamerabefahrung
- Faseroptische Auswertung
- Probennahmen
- Pumptest
- Speicherbetriebstest
- Geomechanische Überwachung

Frühling 2020

Sommer 2022



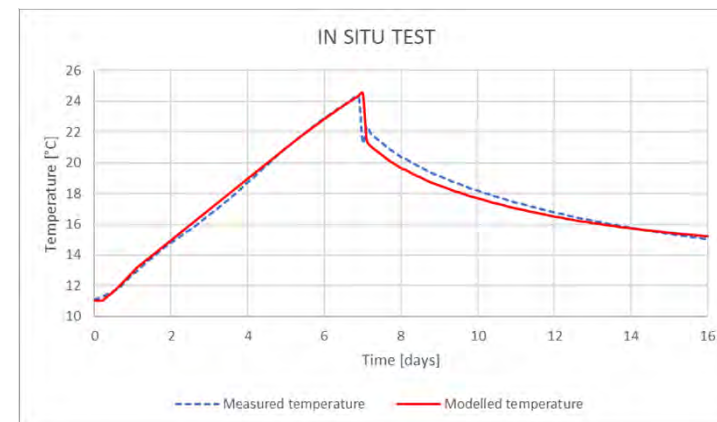
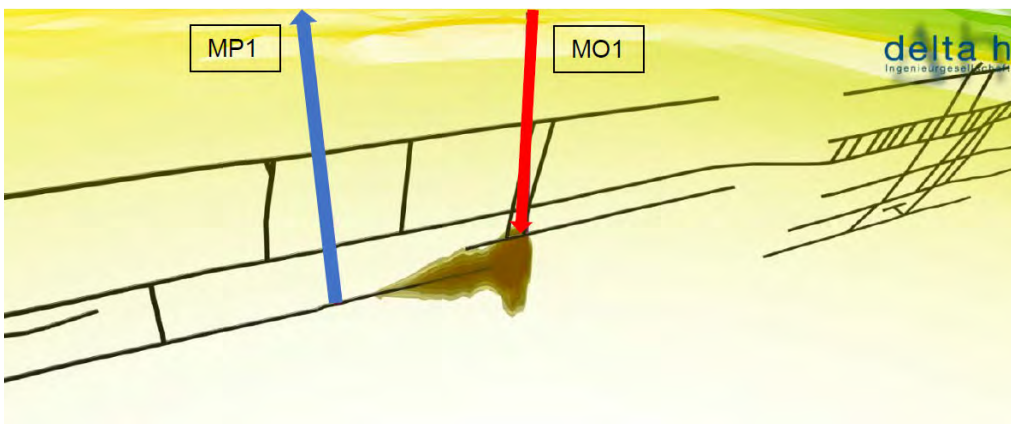
[Fraunhofer IEG]



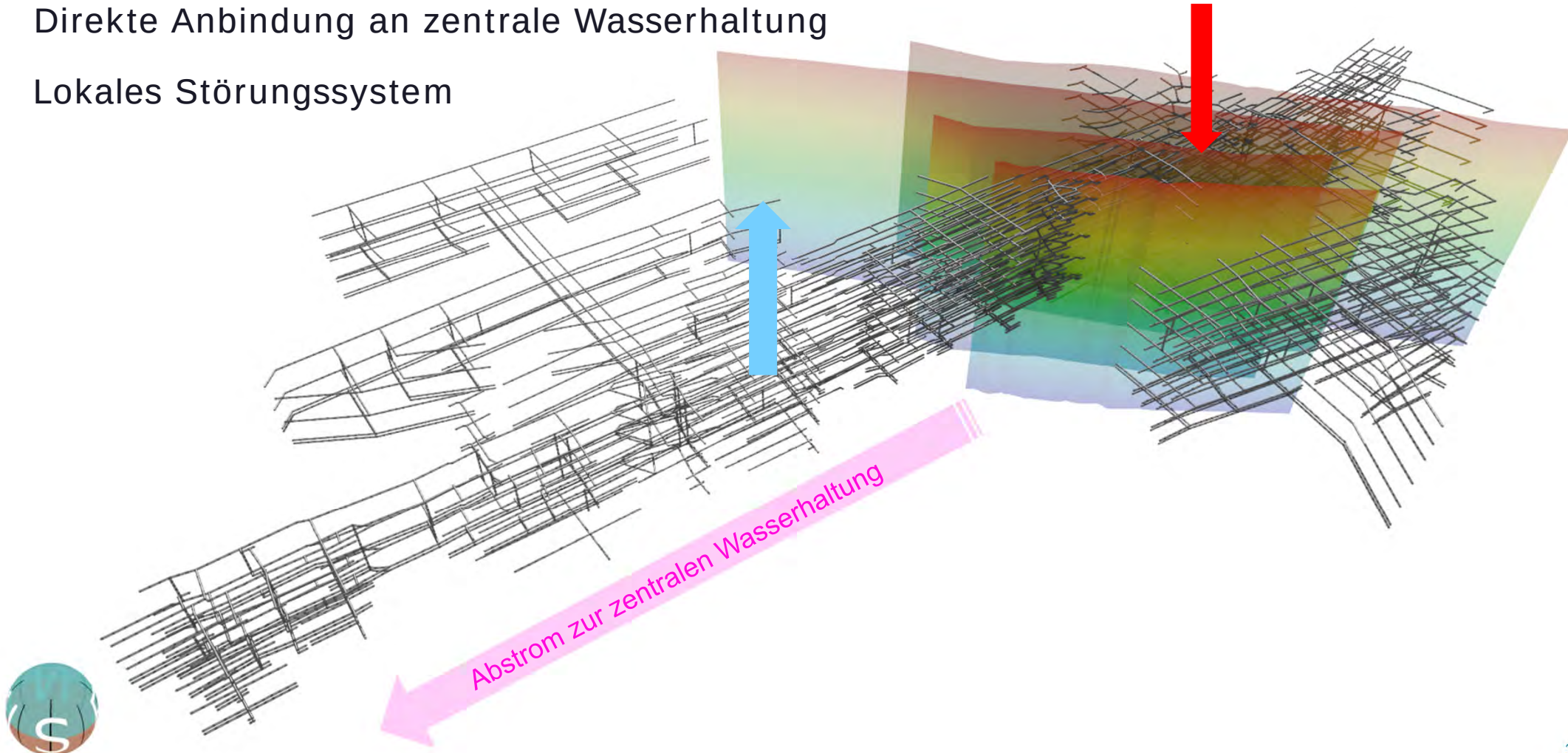
- Bohrung **MI1** nicht ergiebig
- Anpassung **MO1-MP1** (Szenario C)
- Untersuchung Speicherfähigkeit
 - Kopplung Hochtemperaturwärmepumpe
 - Anschluss Nahwärmenetz
 - Tracertest für Chemie

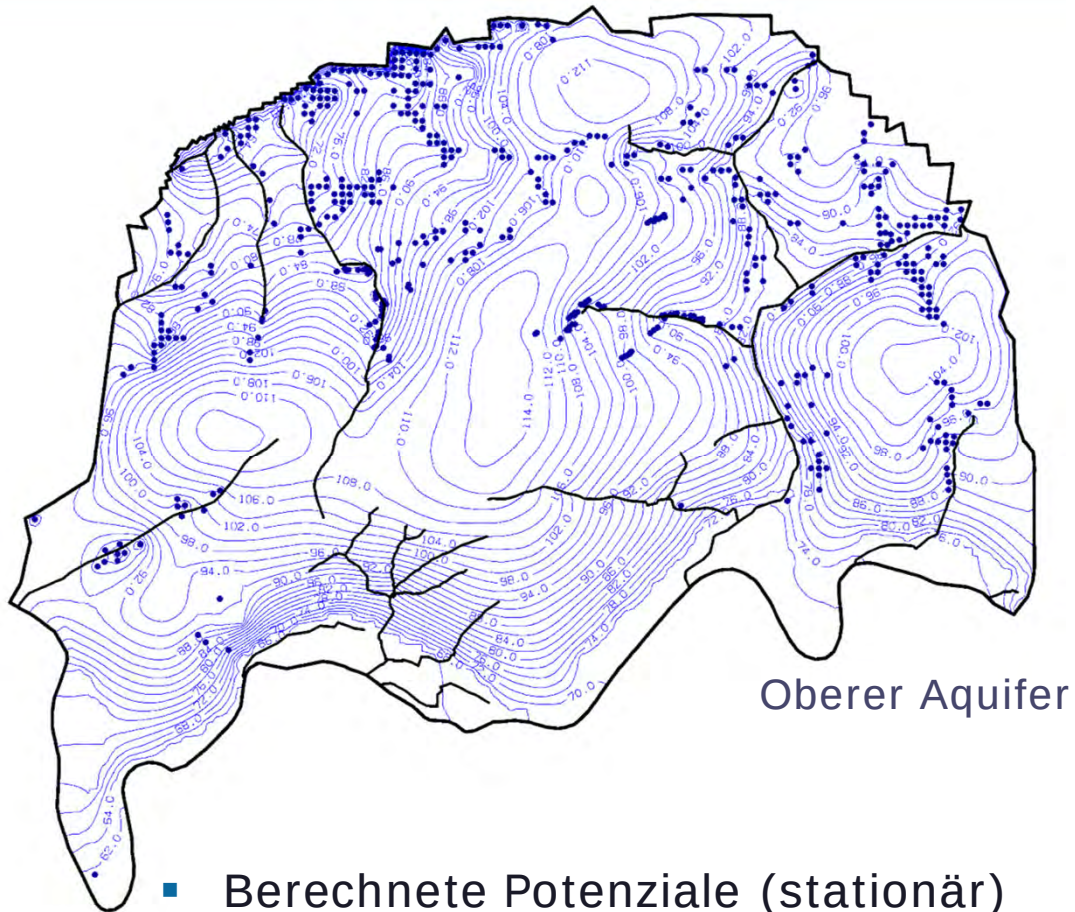
Summer 2022

Winter 2022



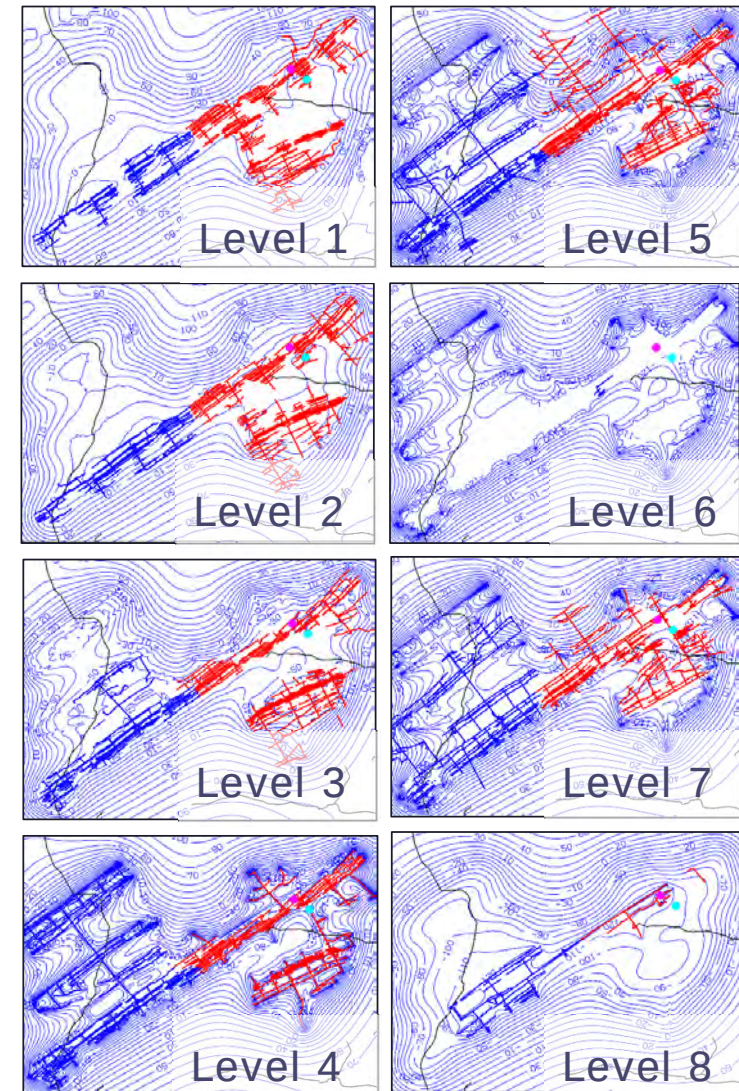
- Zeche Dannenbaum
- Direkte Anbindung an zentrale Wasserhaltung
- Lokales Störungssystem





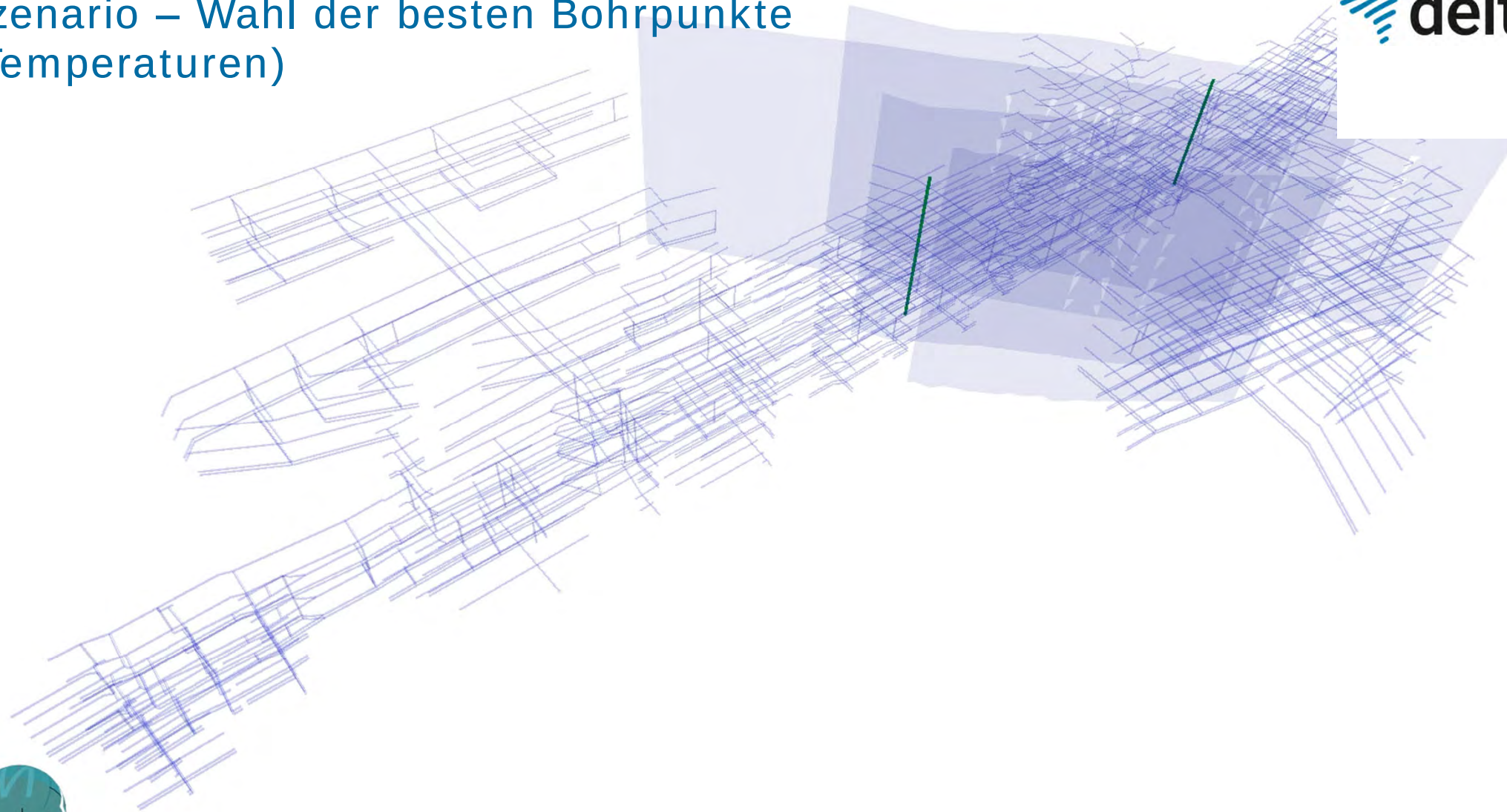
Oberer Aquifer

- Berechnete Potenziale (stationär)
- Vernässungsflächen

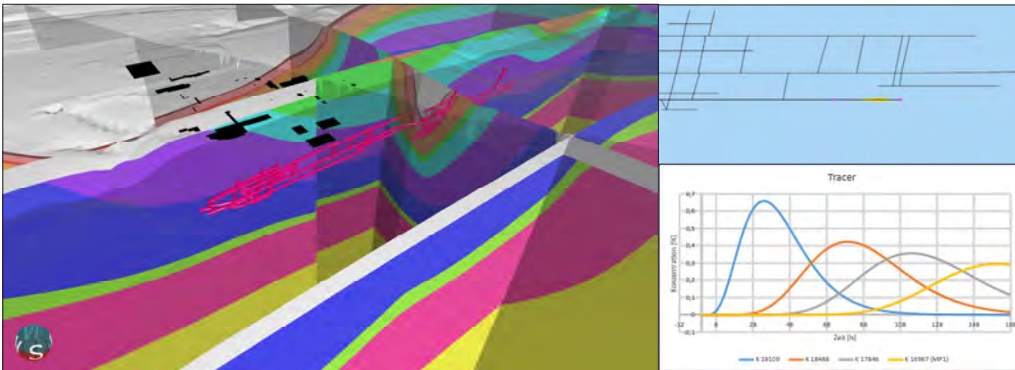


Time: 0.0000

Szenario – Wahl der besten Bohrpunkte (Temperaturen)

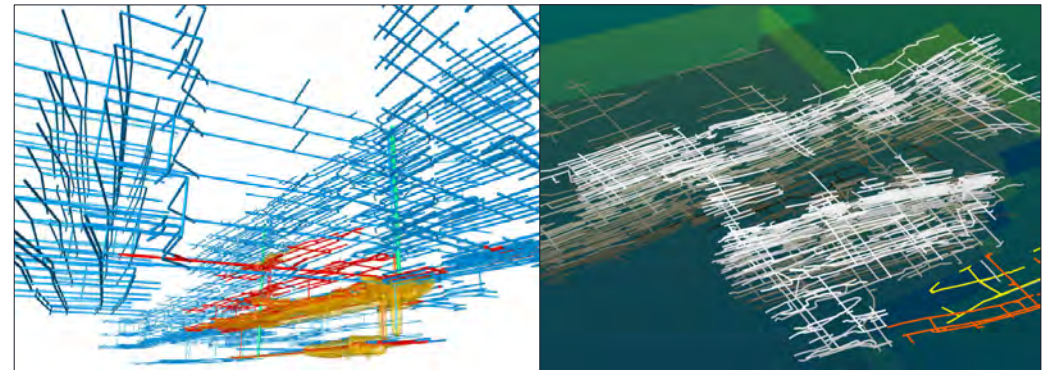


Kleinzeche IEG



- Abschließende Aktualisierung des Grundwasserströmungs- und Wärmetransportmodells
- Prognose variierender Wärmespeicherszenarien
- Strömungs- und Ausbreitungsberechnungen zur Tracerfreisetzung für wasserrechtliche Genehmigung

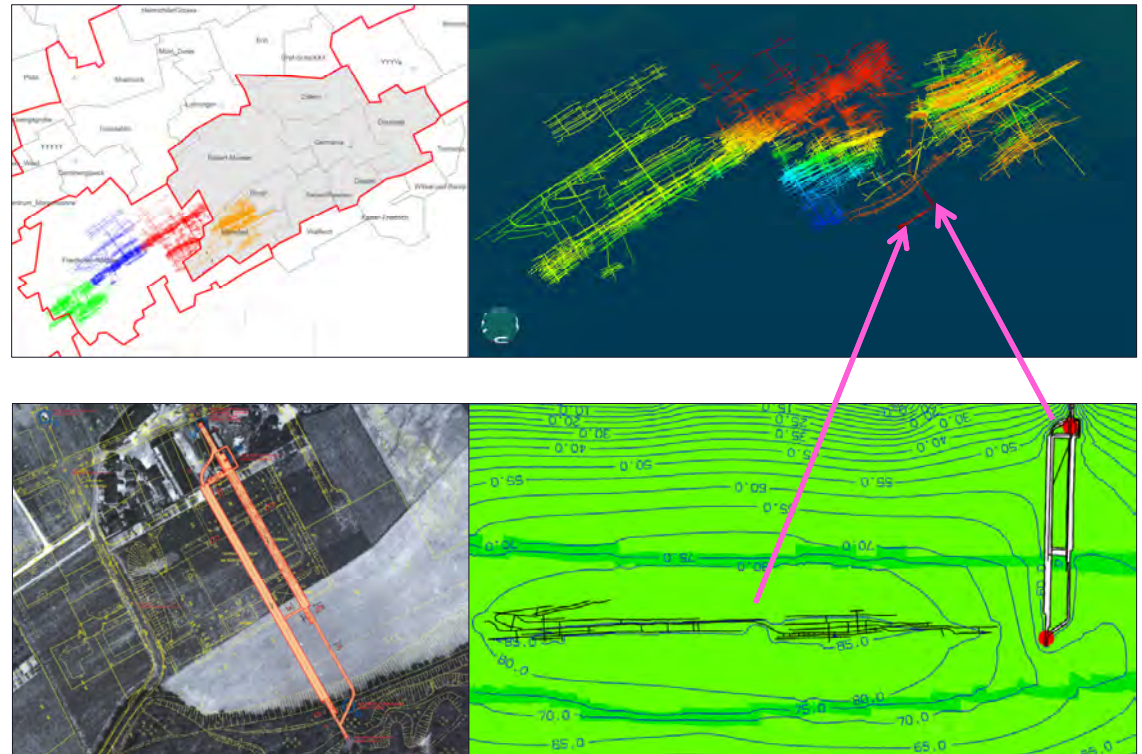
Zeche Dannenbaum

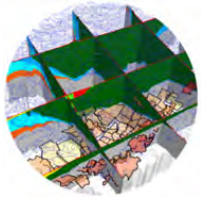


- Detailliertere Abbildung des Streckensystems
- Abbildung des Einflusses von Bergbaunachbarprovinzen durch Anbindung an erweitertes Regionalmodell
- Anpassung der Standorte des Anlagen- und Überwachungskonzept

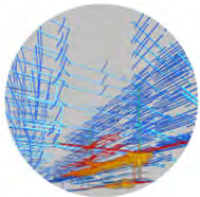
Zeche Mansfeld

- Erweiterung des regionalen Geologischen Modells für den Standort
- Konstruktion und Parametrisierung des diskreten 3D-Streckenmodells
- Beginn Aufbau des Grundwasserströmungs- und Wärmetransportmodells (Lokalmodell)
- Platzierung von Bohrungen innerhalb des geplanten Speichers
- Entwicklung unterschiedlicher Konzepte für die Wärmespeicherung
- *Parallel:*
Co-Simulation saisonaler thermischen Aquifer-Energiespeicher und Fernwärmenetz (TU-Darmstadt)

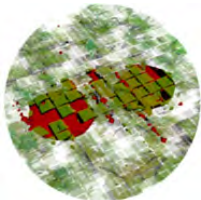




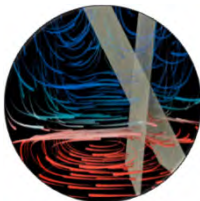
- Regionalmodell mit globalem Bergbausystem und Strömungsregime
→ Randbedingungen



- Lokalmodelle mit verfeinerter Geologie und diskretem Bergbausystem
→ Wärmetransport



- Hochaufgelöste Detailmodelle
→ Bestimmung der Eingangsparameter



- TODO: mehr Forschung
→ Geochemie / Dichteschichtung / Optimierung Wärmetauscher?

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

ts@delta-h.de



WINZER: Heat storage in coal mines of the Ruhr area (WINZER) is a project under the GEO:N "Geo Research for Sustainability" fund on the topic of "Digital Geosystems: Virtual Methods and Digital Tools for Geoscientific Applications".

In cooperation with: Fraunhofer IEG Bochum, Technical University Bergakademie Freiberg, Technical Thermodynamics (tTD), Ruhr University Bochum (RUB)
Funded by: German Federal Ministry of Education and Research, Projektträger Jülich (PtJ)