



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik

„Klimaneutrale und sektorenübergreifende Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden mit Grubenwassergeothermie“

Workshop im Rahmen der Workshopreihe „Nachhaltige Wärmeversorgung mittels Wärmepumpe: Anwendung – Qualitätssicherung – Quartiersversorgung“



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Thomas Grab, Tom Ebel, Lukas Oppelt, Timm Wunderlich, Tobias Fieback
Thomas Wenzel, Patrick Heinrich, Robert Manig

Online-Veranstaltung 24.05.2023



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcuniversität. Seit 1765.



technische
THERMO
DYNAMIK



DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik

Agenda

- 1 Projektvorstellung GGeoQart
- 2 Untertage-Analysen im Projekt
- 3 Obertage-Analysen im Projekt (2. Vortrag - DBI)





TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



technische
THERMO
DYNAMIK



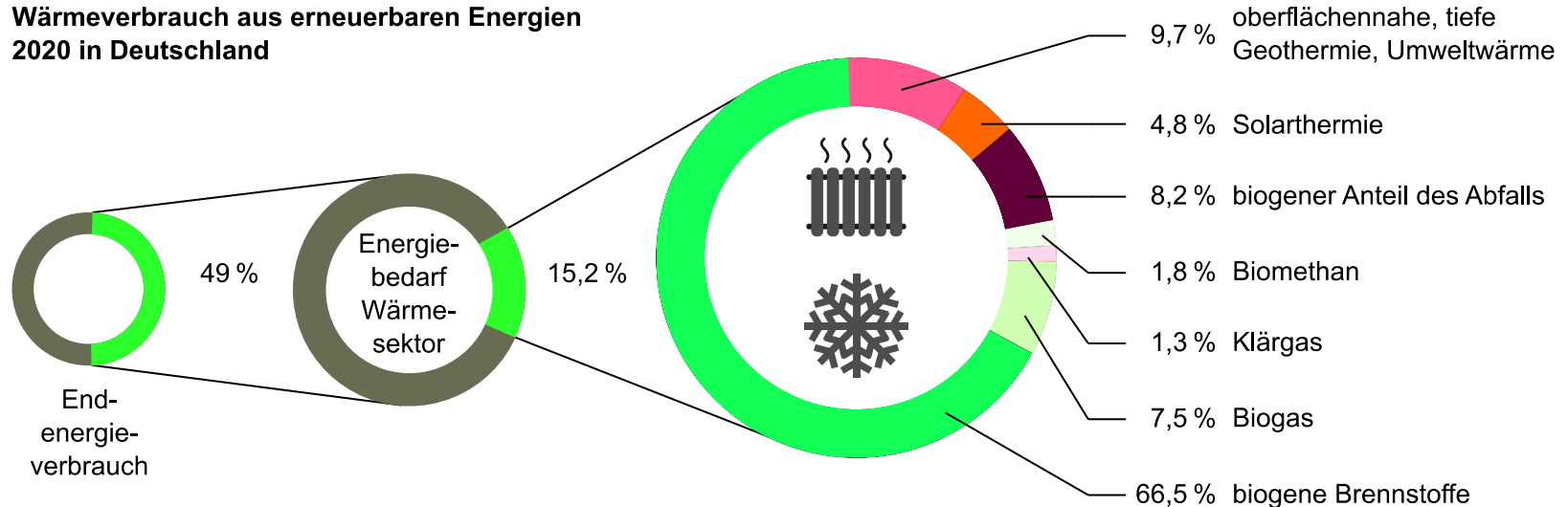
DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik

1. Projektvorstellung



Hintergrund und Motivation

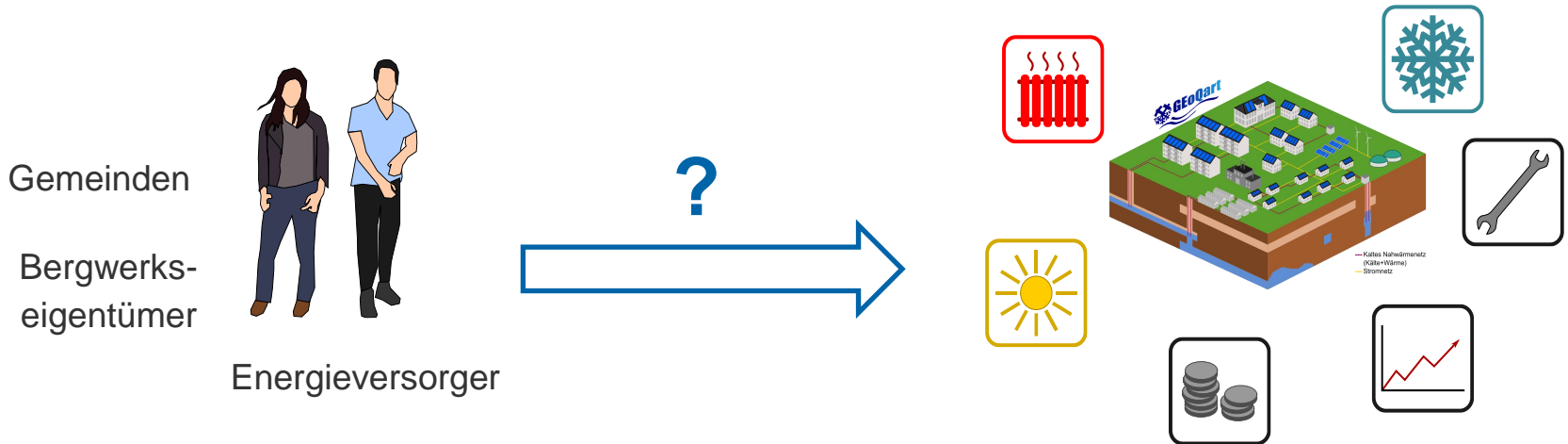
Wärmeverbrauch aus erneuerbaren Energien 2020 in Deutschland



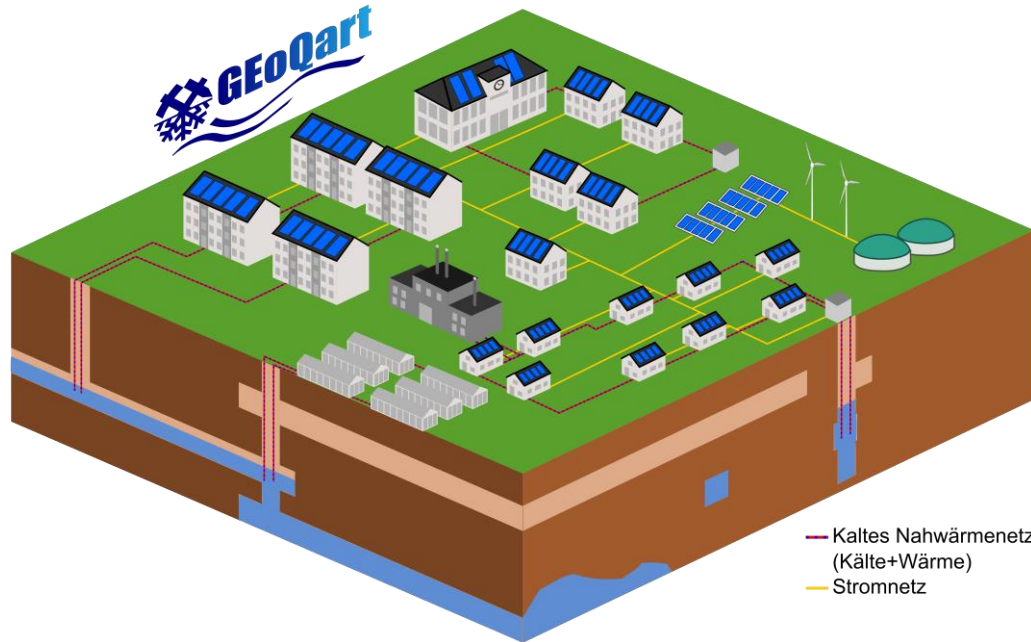
Eigene Darstellung nach: Umweltbundesamt, Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme

Was ist das Projekt G_{Eo}Qart?

- Erstellung von Machbarkeitskonzepten
- Ziel: Effektive Nutzung von Grubenwasser als Wärme- & Kältequelle im Quartier



Was ist das Projekt G_{Eo}Qart?



- Grubenwassergeothermie als Haupt-Wärme- und Kältequelle im Quartier
- Kombination mit weiteren erneuerbaren Energieträgern (z.B. Photovoltaik)
- Untersuchung der Kälte- und Wärmeverteilung über Netze
- Entwicklung technischer und wirtschaftlicher Umsetzungskonzepte
- Akquise weiterer Standorte und Übertragung der Ergebnisse

Projektkonsortium

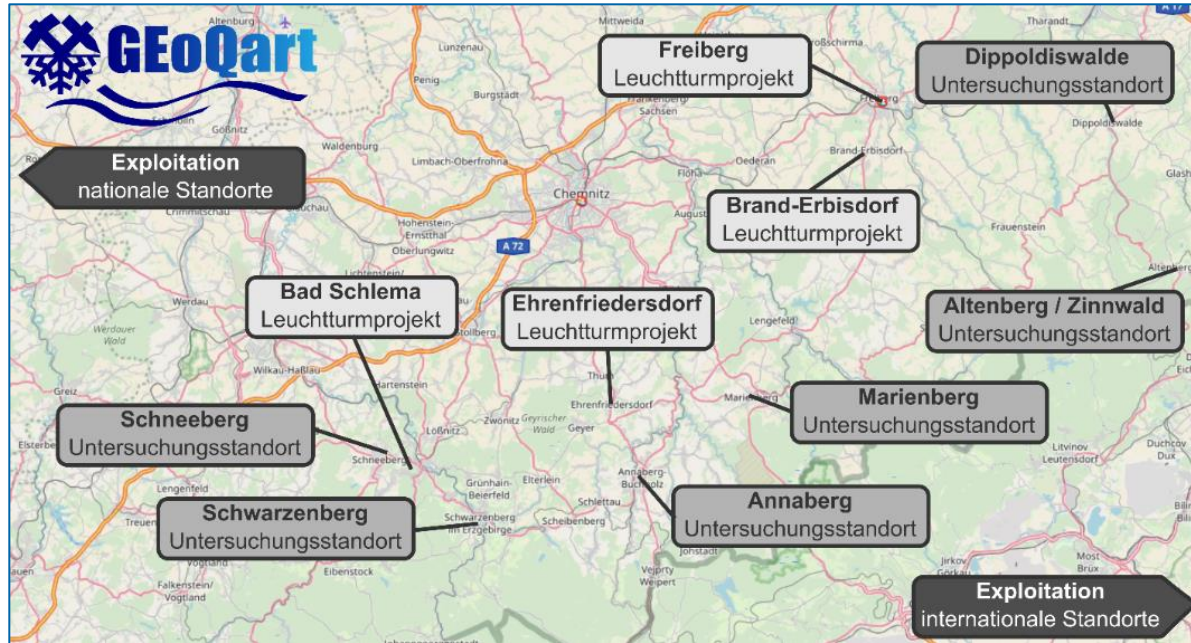
Lead Partner



Assoziierte Projektpartner



Modellregion



- Modellregion bildet internationale Gegebenheiten ab
- Untersuchung von mindestens 20 Beispielregionen
- Entwicklung von mindestens 10 übertragbaren Modellquartieren

Arbeitsplan



- Bestimmung übertägiger **Bedarfe im Umfeld** von Bergwerks-Regionen (Erzg.)
- Detailanalyse untertägiger **energetischer Potenziale**



- Entwicklung von **Quartierskonzepten**
 (Nutzung weiterer erneuerbarer Energiequellen)



- Konzeptionierung von **Wärme- /Kältenetzen**
- **Techno-ökonomischer Vergleich** der Ergebnisse



- Erstellen von thermischen Versorgungskonzepten → **ortsunabhängiges Kategorisierungstool**
- Übertragung an **Standorte außerhalb der Modellregion**

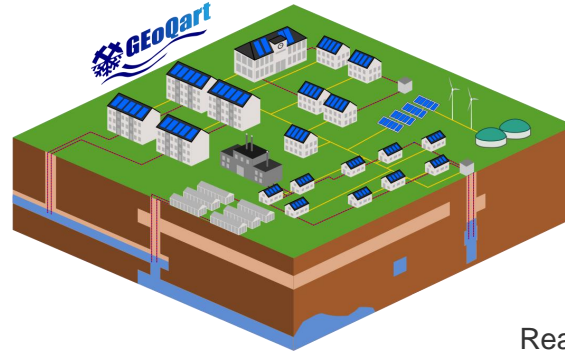
Zeitplan



Stufe I

Berechnung Untertage-Potenzial

Modellierung Obertage-Wärmebedarfe via LOD 2



Stufe II

Systemauslegung Modellquartiere

Praxisbezogene Wärmenetzauslegung

Stufe III

Sektorenkopplung, Realisierungskonzepte & Exploitation

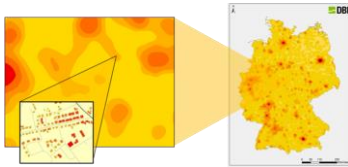


→ TTD
 → DBI



Benefit

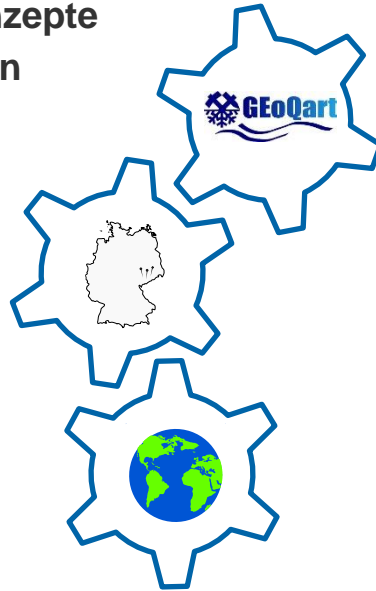
Energetische Realisierungskonzepte zu ausgewählten Quartieren



Steigerung der Akzeptanz, Stärkung des Innovationsstandortes Deutschland



Standortunabhängiges Kategorisierungstool



Transfer der Projektergebnisse auf andere Standorte





TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



technische
THERMO
DYNAMIK



DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik

2. Untertage-Analysen



Allgemeines – Projektteam TU Bergakademie Freiberg



Dr.-Ing. Thomas Grab

Thomas.Grab@ttd.tu-
freiberg.de

+49 3731 39-3004



M.Sc. Tom Ebel

Tom.Ebel@ttd.tu-
freiberg.de

+49 3731 39-2276



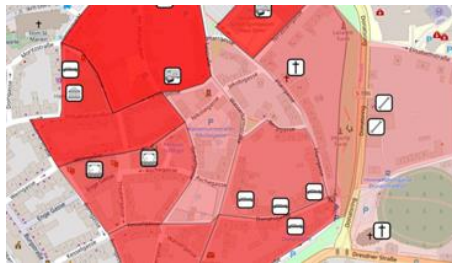
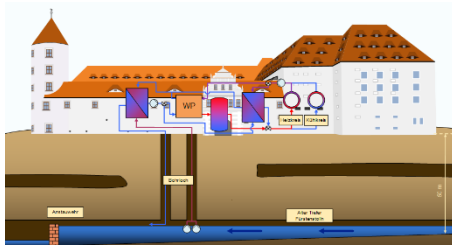
**MBA.
Timm Wunderlich**



**Dipl.-Wi.-Ing.
Lukas Oppelt**



**Prof. Dr.-Ing.
Tobias Fieback**



Regenerative Energiequellen

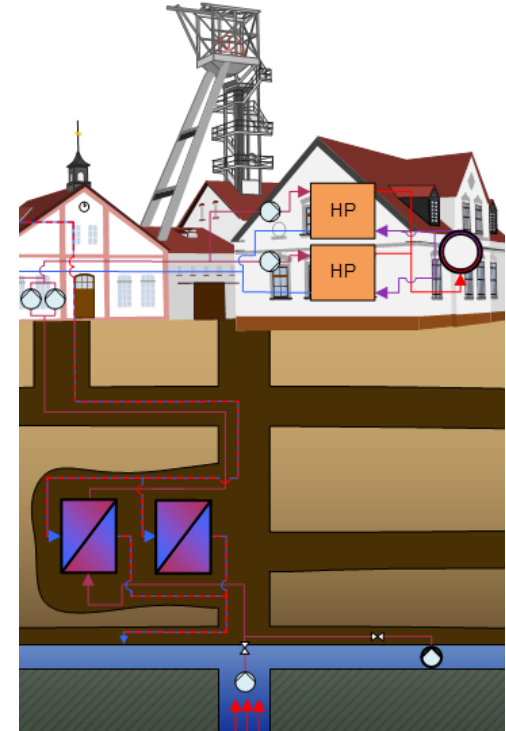
- Solarthermie
- Geothermie
- Seethermie
- Grubenwassergeothermie

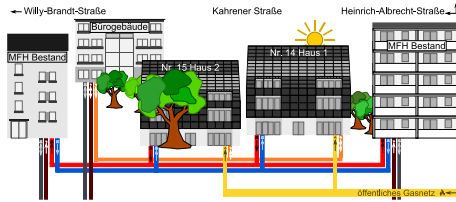
Potenzialanalysen

- Potenziale reg. Energien
- Entwicklung von Quartierskonzepten

Energieautarke Gebäude

- Monitoring
- Technologie- / Konzeptvergleich





Vernetzung von Gebäuden

- Vernetzungspotenziale
- Monitoring



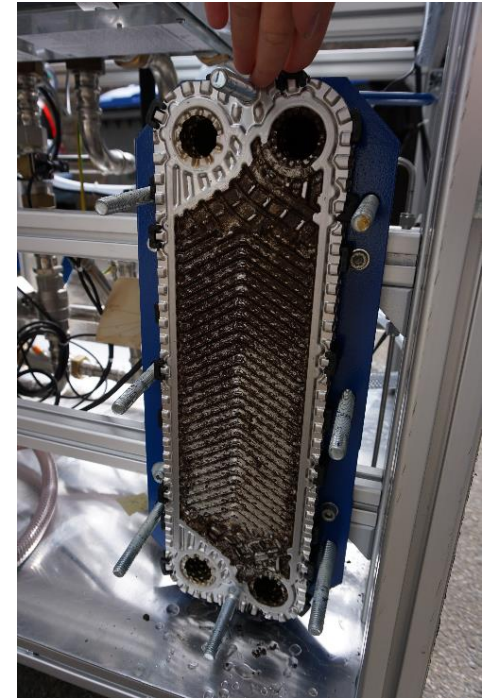
Fouling

- Optimierung von Plattenwärmeübertragern
- In-Situ Versuche mit mobilem Versuchstand



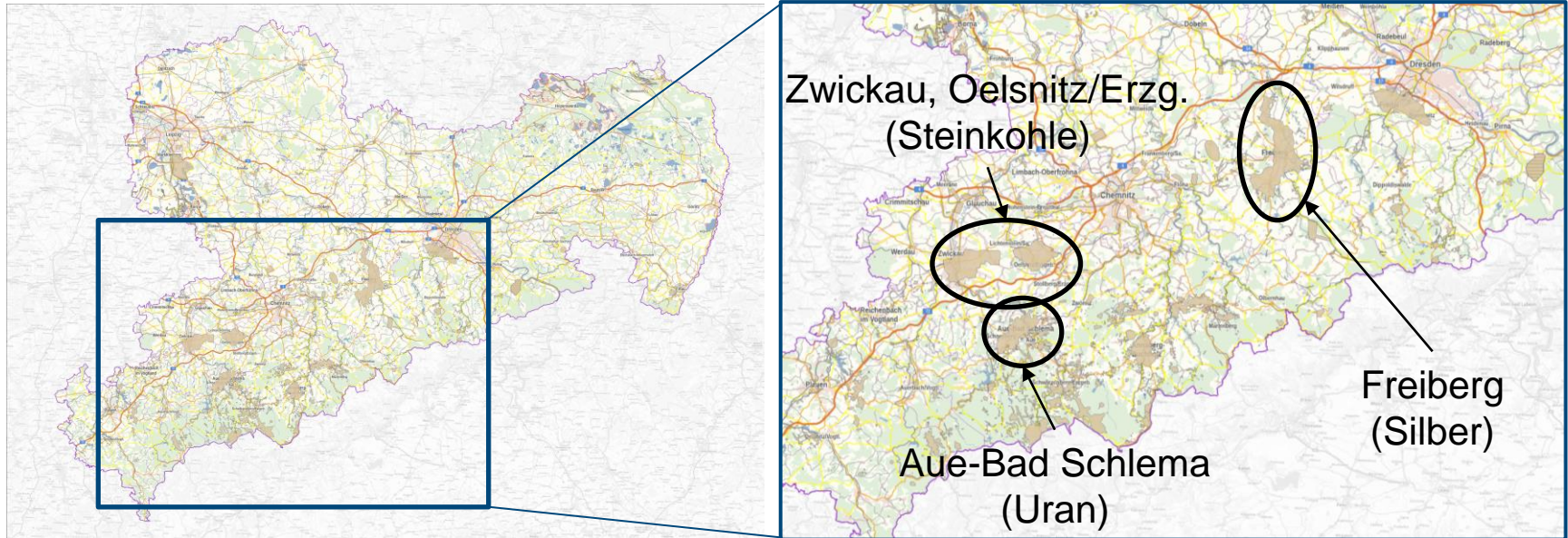
Oberflächengewässer

- 3D-Scannen von Gewässergrund und Bauwerken



Bergbauliche Aktivität

Heutige Hohlräume



Quelle: <https://www.oba.sachsen.de/hohlraumkarte-4918.html>

Bergbauliche Aktivität



Quelle: Bergbaumuseum Oelsnitz/Erzgebirge

Beispielanlage: Kreiskrankenhaus Freiberg



<https://www.yourfirm.de/firmenprofile/kreiskrankenhaus-freiberg---25805/>



- 860 kW Wärmeleistung (Wärmepumpe), 600 kW Kühlleistung (direkt)
- Weiterer Vorteil: Nutzung Grubenluft (ammortisiert nach 8 Jahren)

Beispielanlage: Hochschule Zwickau



- 160 kW Wärmeleistung, $T_{GW} = 25^{\circ}\text{C}$
- Theoretisch möglich: 1 MW

Grubenwasserbeschaffenheit

Schwerpunkte:

- Temperatur
 - Strömungscharakteristik
 - Chemismus
- Analysen zu Stoffen im GW ermöglichen Prävention ineffizienten Betriebs

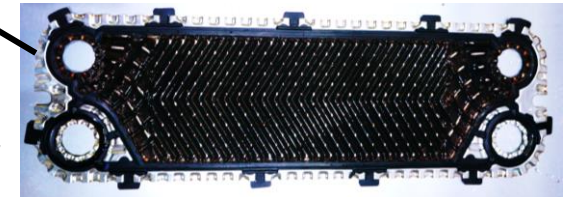


Vorsorgemaßnahmen für Wärmeübertrager:

- Art (Platten-, Kapillarrohr-, Matten-)
- Beschichtung (Legierungen, Silber, Kunststoffe)
- Reinigungsverfahren (Demontage/Mechanisch, Geschlossen/Chemisch...)

Grubenwasserbeschaffenheit

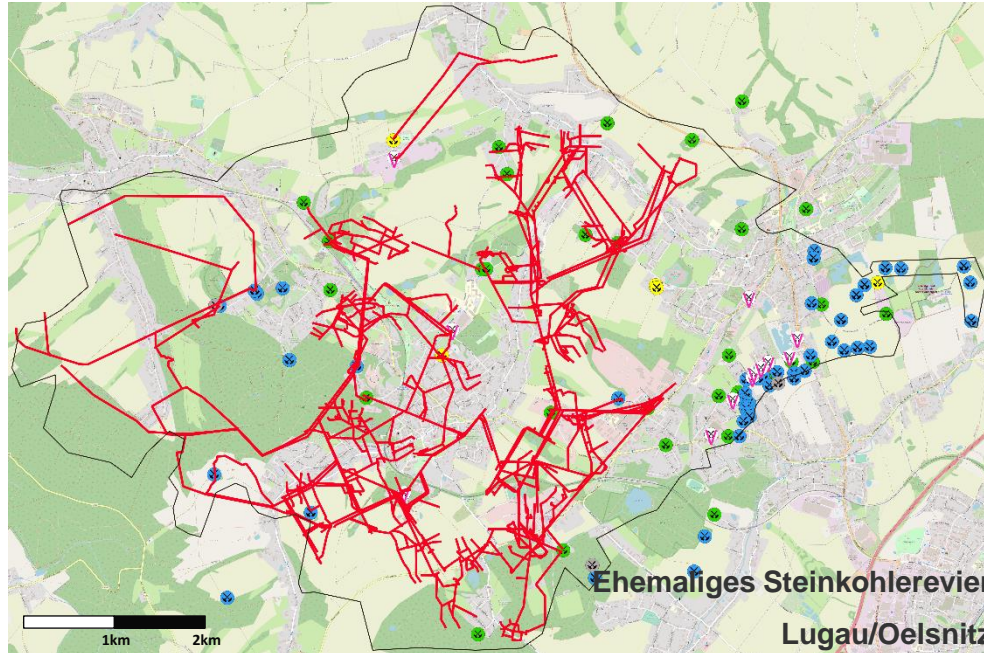
Beispieluntersuchung: Wismut GW-Behandlungsanlage Aue-Bad Schlema



- 700 m³/h, ca. 27°C
- Theoretisch möglich: > 8 MW
- Vorsorgemaßnahmen notwendig

Fragestellung:

Potenzial gebunden an freien Auslauf?



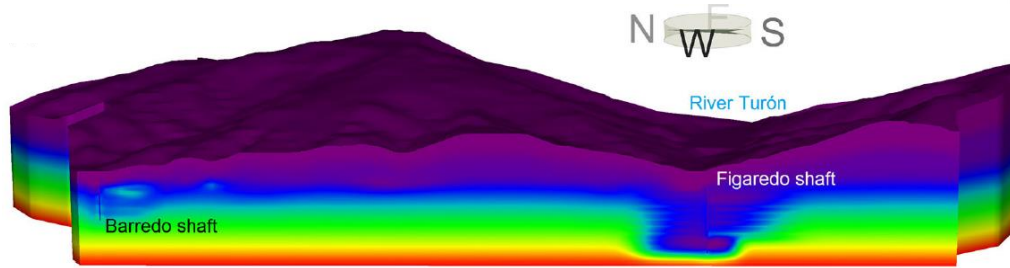
- Kein Wasserlöseestolln
- (Noch?) kein Pumpbedarf



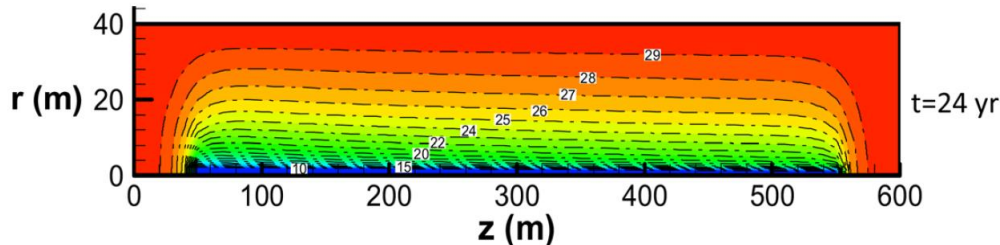
= Kein Potenzial



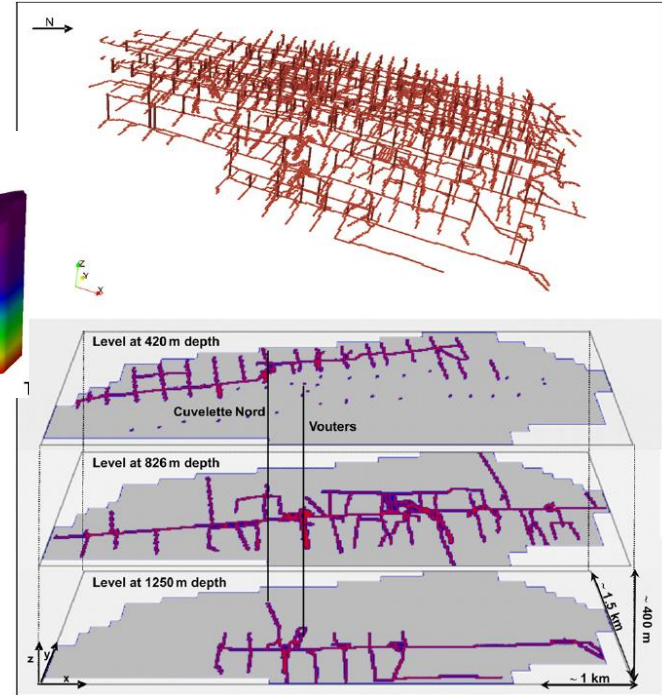
Potenzialberechnung - Detailmodelle



Andrés et al. (2012): Hydraulic and Thermal Modelling of an Underground Mining Reservoir
Figaredo/Barredo Steinkohle Mine modelliert in FEFLOW



Ghoreishi et al. (2012): Sustainable heat extraction from abandoned mine tunnels: A numerical model
Beispielhafte Temperaturentwicklung in der Gesteinsmasse um eine Strecke modelliert mittels des Codes THEMUT



Hamm et al. (2010): Modelling of fluid flow and heat transfer to assess the geothermal potential of a flooded coal mine in Lorraine, France

Lorraine Steinkohlemine modelliert mittels des MARTHE Codes

Potenzialberechnung - Detailmodelle

Fragestellung: Detaillierte Modellierung = Ideale Auslegungsmethode?

Fehlerquelle: Bergwerksstruktur (oft Black-Box)

Ressourcenvoraussetzung:

- Zeit
- Budget
- Know-How

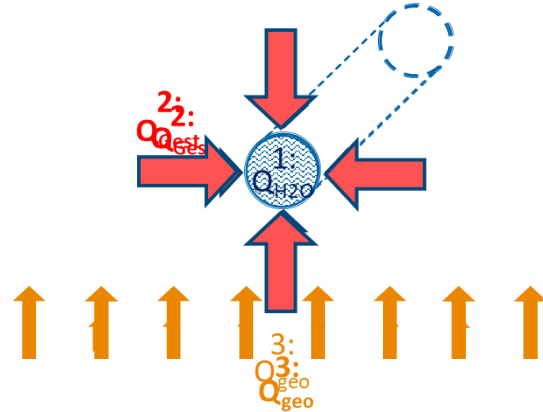


Vergleich Interessensgruppen:
Städte, Gemeinden, (Energieversorger)

Ziel:

„Einfaches“ Tool für Initialabschätzung (Analytisch/Numerisch)

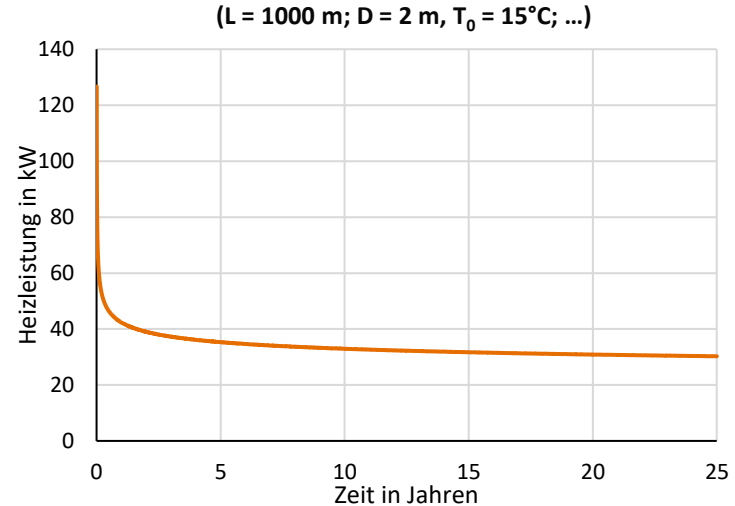
Potenzialberechnung - Ansatzentwicklung



Wärmeleistungsbereitstellung durch:

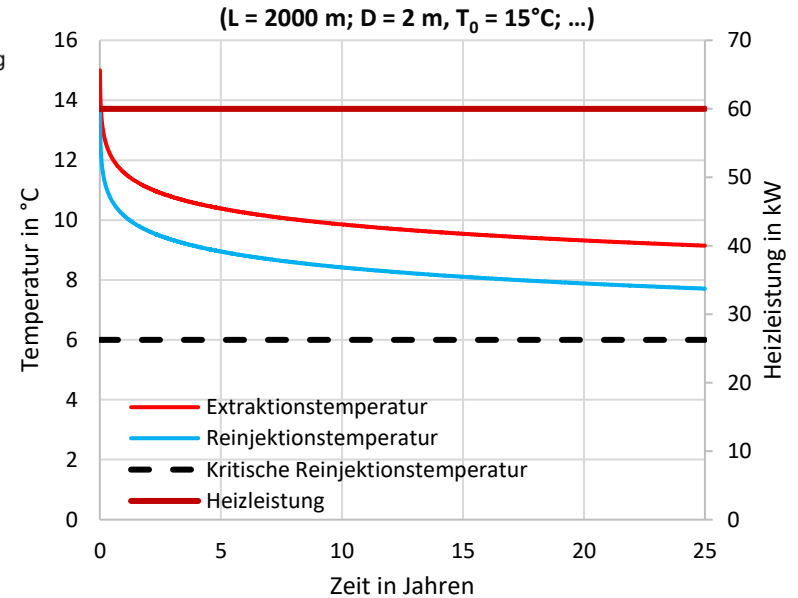
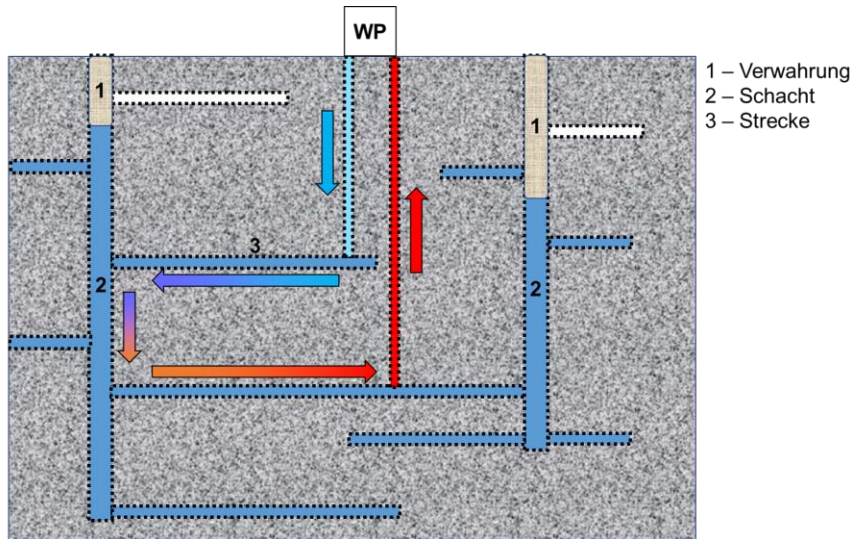
- 1: Gespeicherte Wärme im Wasser Q_{H_2O}
 $(T_{H_2O} = T_{Gest})$
- 2: Gespeicherte Wärme im Gestein Q_{Gest}
- 3: Geothermischer Wärmestrom Q_{Geo}

$Q_{Gest} \gg Q_{H_2O} > Q_{geo}$



Charakteristische Heizleistungsentwicklung bei konstanter Reinjectionstemperatur für einen Beispielfall

Potenzialberechnung - Ansatzentwicklung



Potenzialberechnung: Beispielanlage Ehrenfriedersdorf

Beispiel: Bergwerk Ehrenfriedersdorf

Länge = 700 m

Volumenstrom = 20 m³/h

t = 20 a

v_{GW} = 11 °C

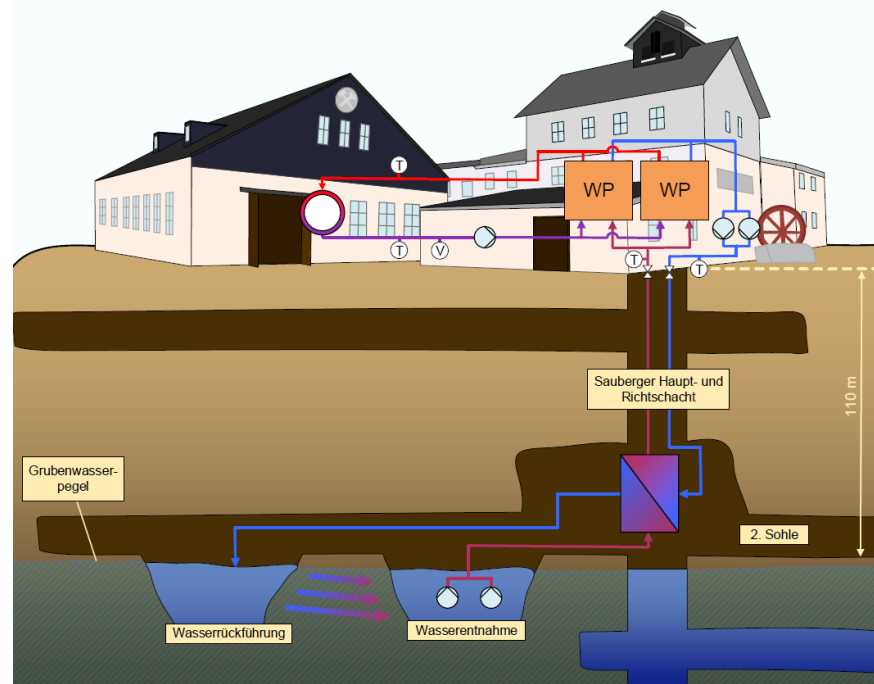
v_{inj} = 5 °C

Berechnungsergebnis

$\dot{Q} = 15 \text{ kW}$ (kont. Betrieb)

$\dot{Q} \approx 33 \text{ kW}$ (4000 h/a)

Tatsächliche Auslegung:
120 kW



Potenzialberechnung: Einfluss von Strömungen

- Erinnerung:

$$Q_{Gest} \gg Q_{H2O} > Q_{geo}$$

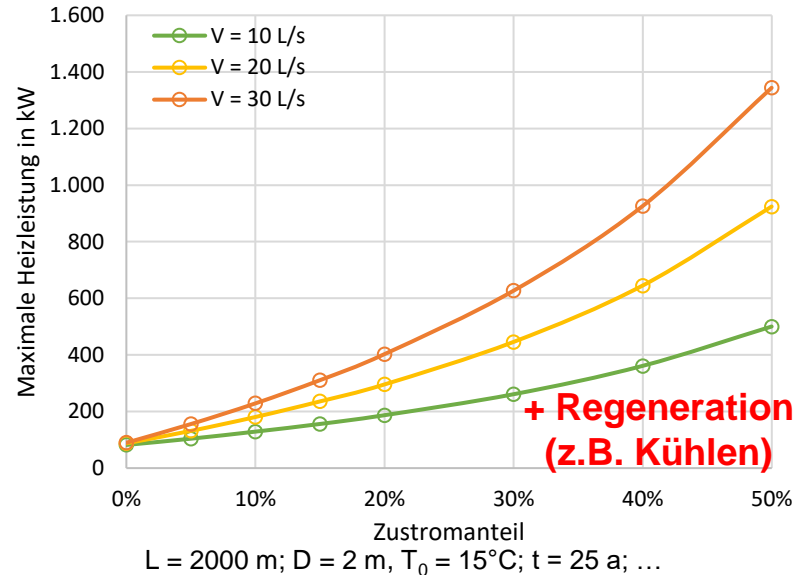
→ **Grubenwasser-Strömungen!**

Ursachen:

- Grundwasserbewegung
- Bergwerksstruktur
- Strömungsinduktion (indirekt)

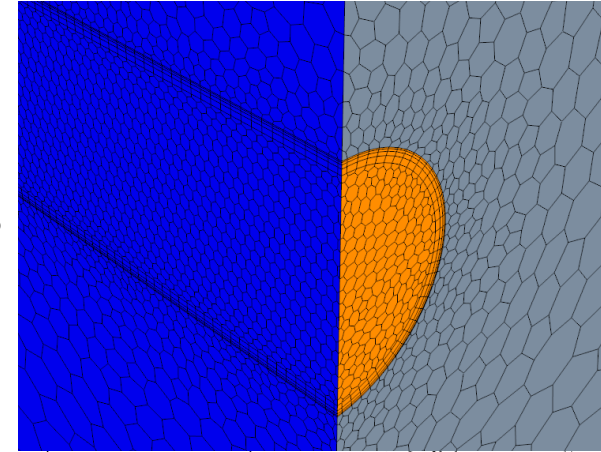
Potenzialerhöhung

- Weiteres Potenzial durch Regeneration



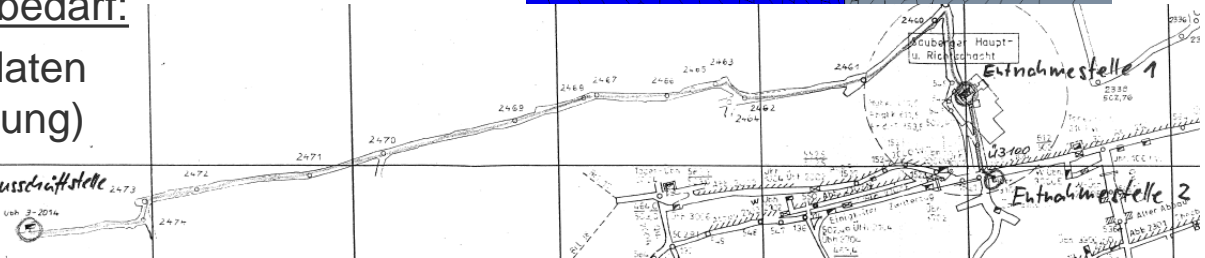
Potenzialberechnung: Ausblick

- Bisher: Erweiterte analytische Potenzialuntersuchung
- Implementation numerischer Berechnungsbasis (FDM und FEM)
- Validierung



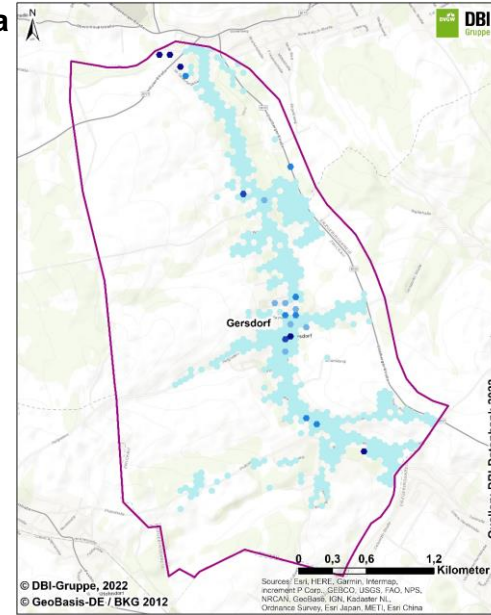
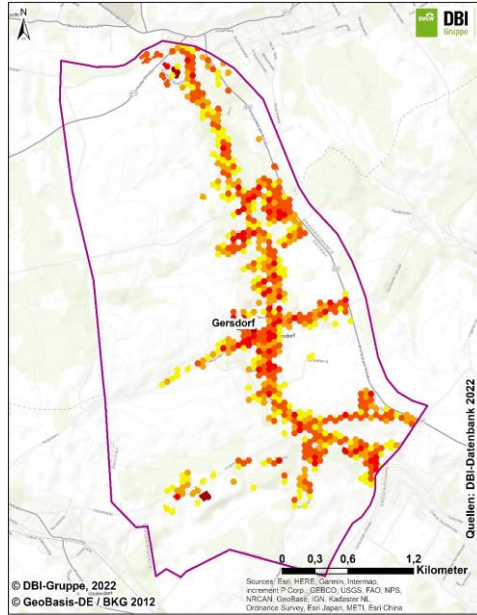
Praktischer Forschungsbedarf:

- Einbezug von Messdaten (Strömungsabschätzung)
- Weitere Möglichkeit Ausschnittstelle → Tracertests



Untertägige Potenziale vorhanden:

Weiteres Vorgehen?



Was ist offen geblieben?

Welche Anregungen gibt es?



TU BERGAKADEMIE FREIBERG

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik,
Gustav-Zeuner-Straße 7, 09599 Freiberg



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Dr.-Ing. Thomas Grab
Tel. +49(0)3731 39-3004
Thomas.Grab@f4-tubaf.de



M. Sc. Tom Ebel
Tel. +49(0)3731 39-2276
Tom.Ebel@ttd.tu-freiberg.de