



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 Ressourcenuiversität. 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



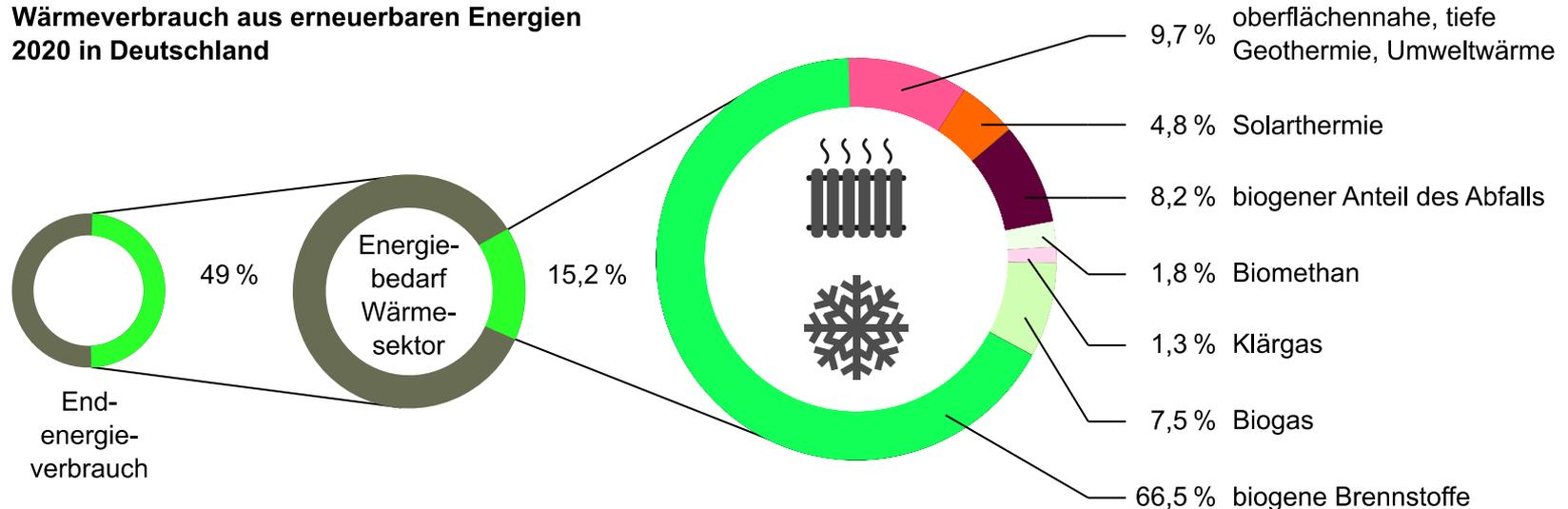
**DBI** GUT  
Gas- und Umwelttechnik

# 1. Projektvorstellung



# Hintergrund und Motivation

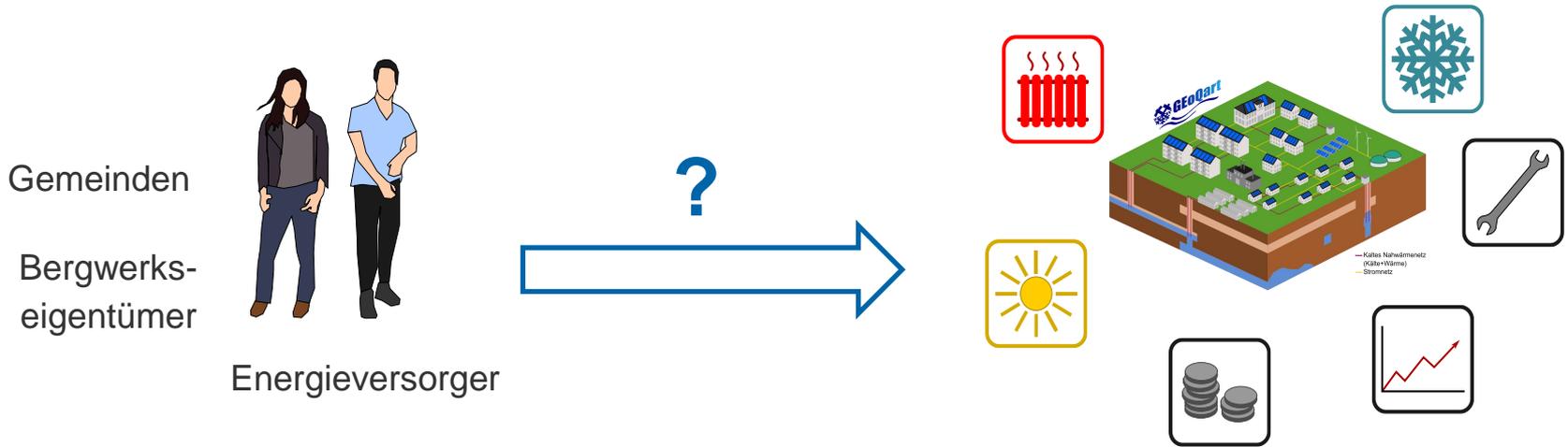
## Wärmeverbrauch aus erneuerbaren Energien 2020 in Deutschland



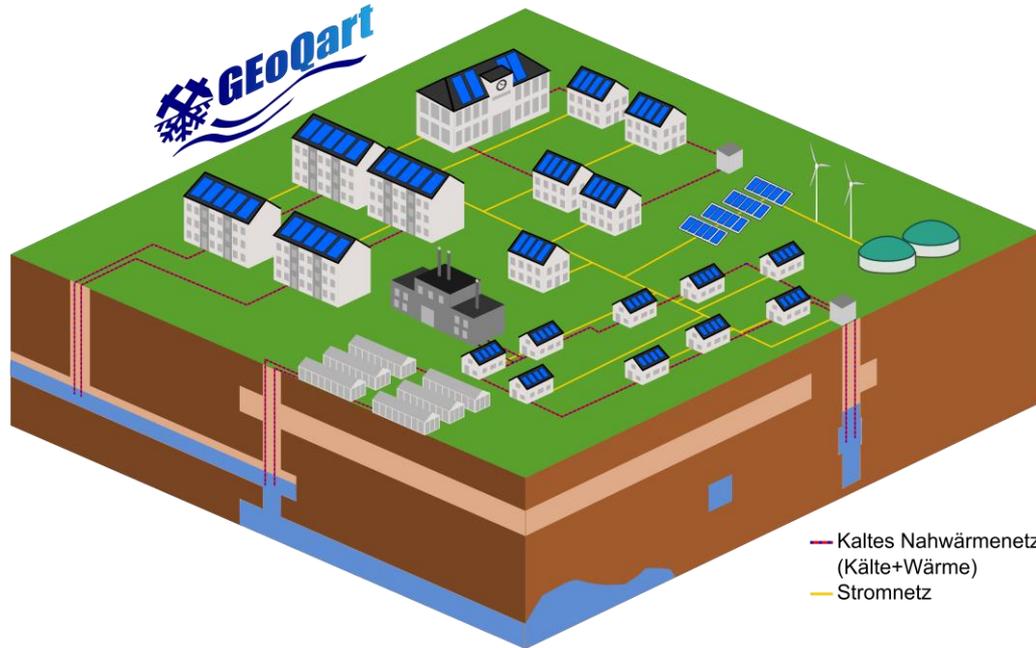
Eigene Darstellung nach: Umweltbundesamt, Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme

# Was ist das Projekt G<sub>Eo</sub>Qart?

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



## Was ist das Projekt G<sub>Eo</sub>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

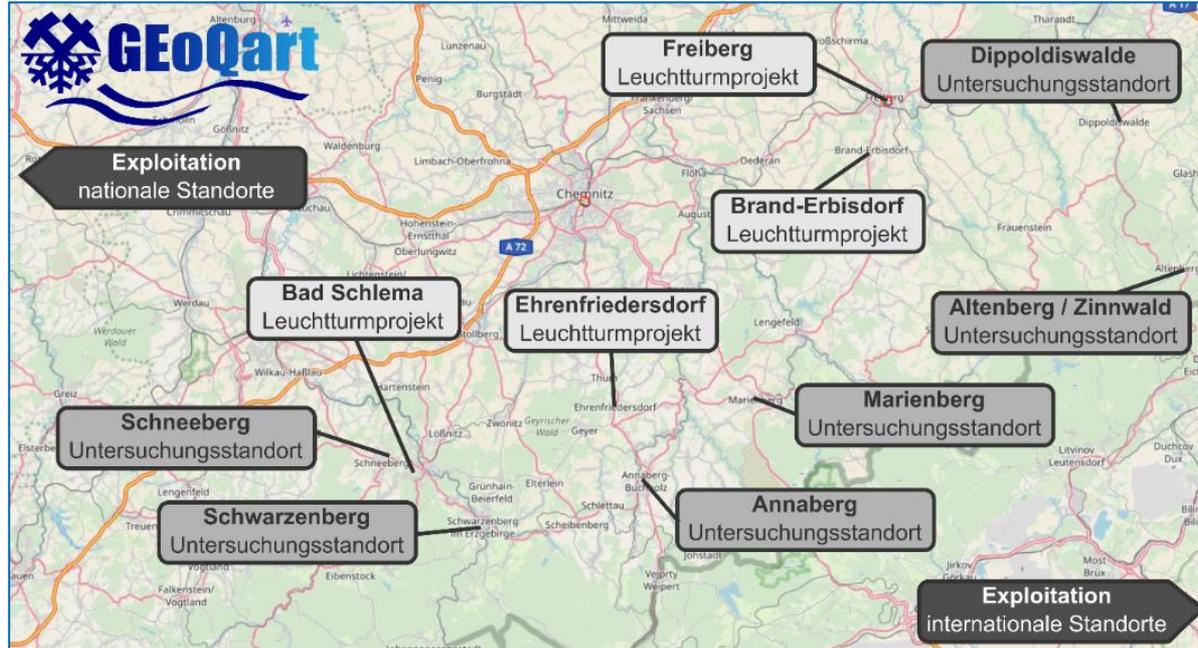
## Lead Partner



## 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

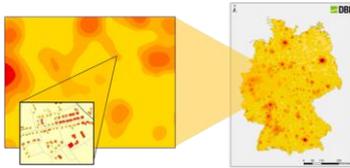


→ TTD  
 → DBI



## 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



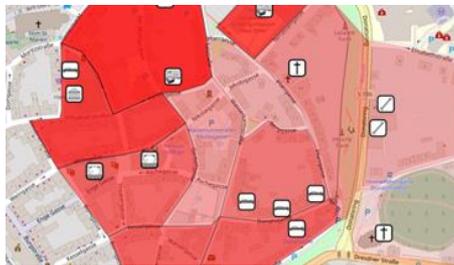
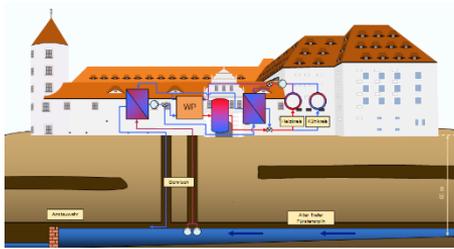
**MBA.  
Timm Wunderlich**



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



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



## Regenerative Energiequellen

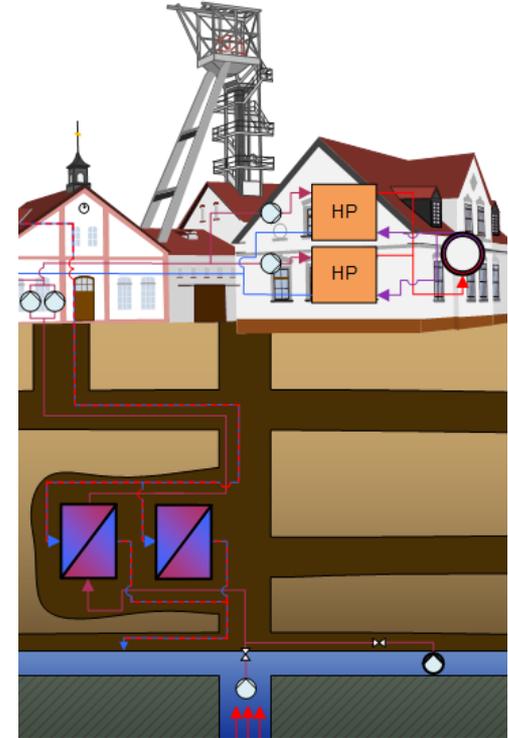
- Solarthermie
- Geothermie
- Seethermie
- Grubenwassergeothermie

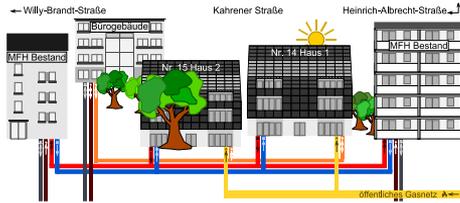
## Potenzialanalysen

- Potenziale reg. Energien
- Entwicklung von Quartierskonzepten

## Energieautarke Gebäude

- Monitoring
- Technologie- / Konzeptvergleich





## Vernetzung von Gebäuden

- Vernetzungspotenziale
- Monitoring



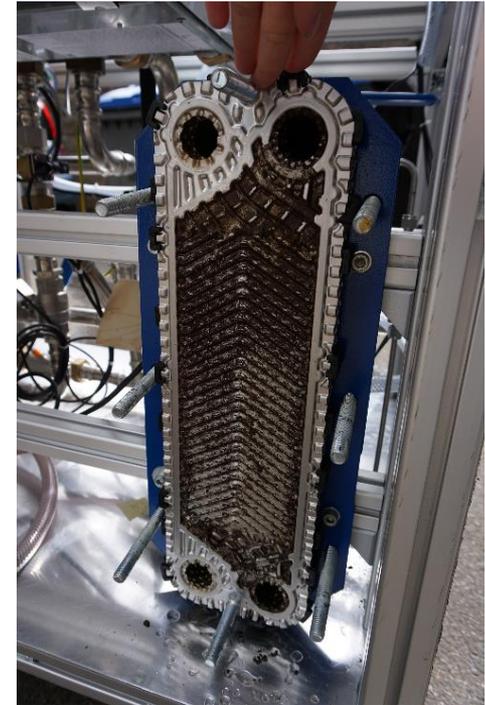
## Fouling

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



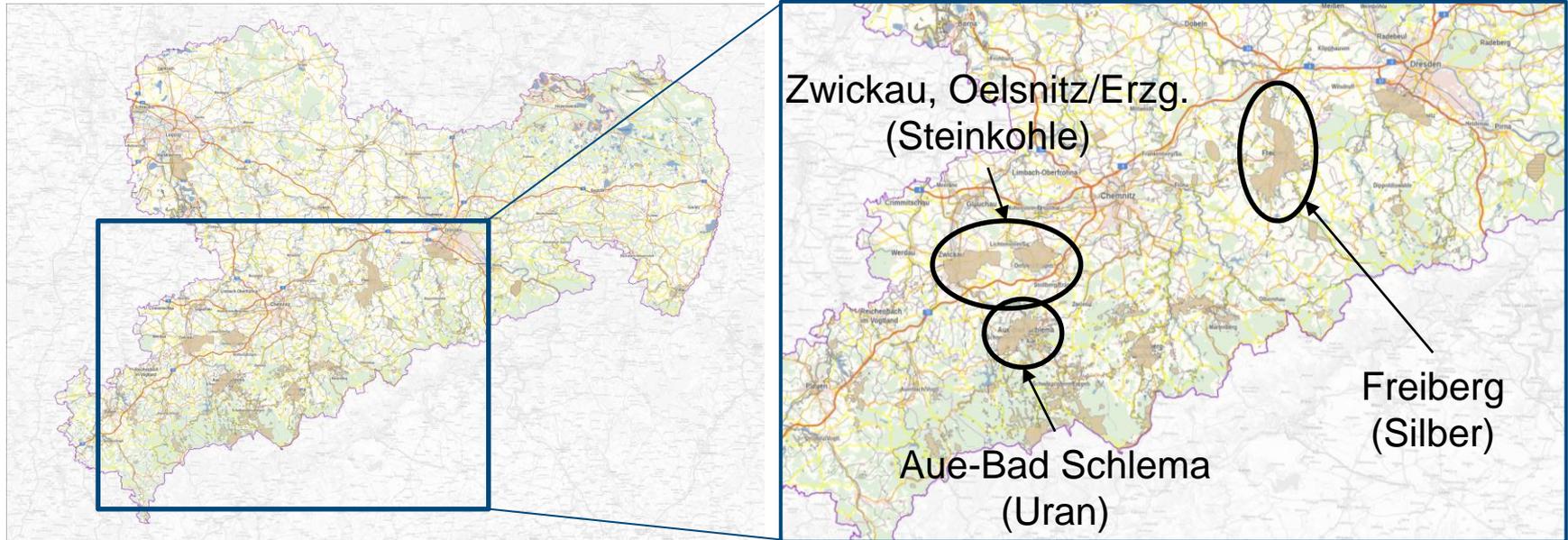
## Oberflächengewässer

- 3D-Scannen von Gewässergrund und Bauwerken



## Bergbauliche Aktivität

Heutige Hohlräume



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

## Bergbauliche Aktivität

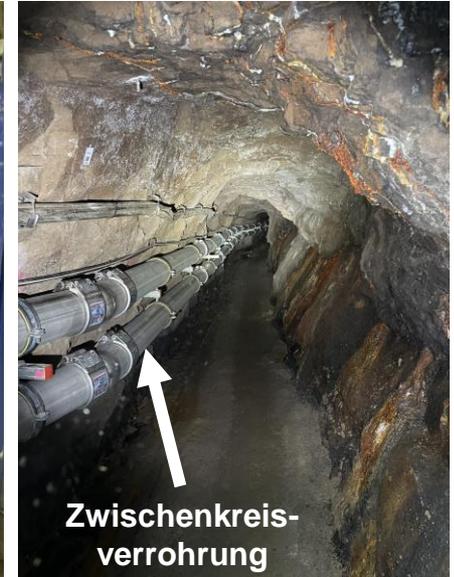


Quelle: Bergbaumuseum Oelsnitz/Erzgebirge

## 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

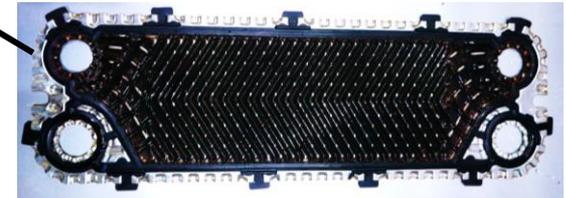


### Vorsorgemaßnahmen für Wärmeübertrager:

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

## Grubenwasserbeschaffenheit

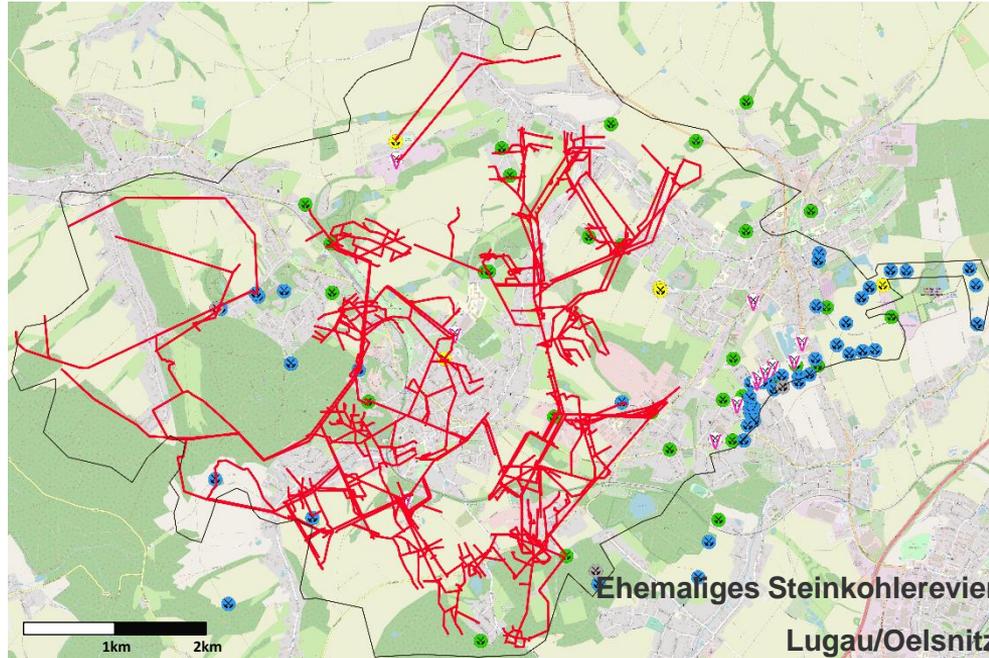
### Beispieluntersuchung: Wismut GW-Behandlungsanlage Aue-Bad Schlema



- 700 m<sup>3</sup>/h, ca. 27°C
- Theoretisch möglich: > 8 MW
- Vorsorgemaßnahmen notwendig

## Fragestellung:

### Potenzial gebunden an freien Auslauf?



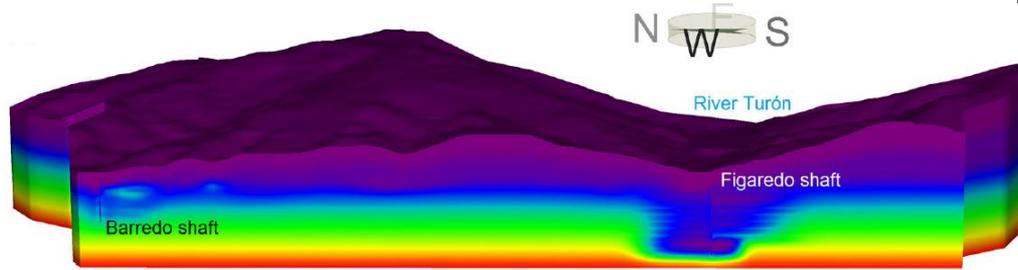
- Kein Wasserlöseestolln
- (Noch?) kein Pumpbedarf



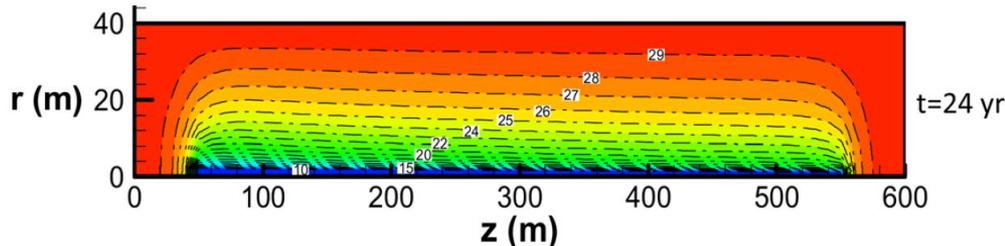
= Kein Potenzial



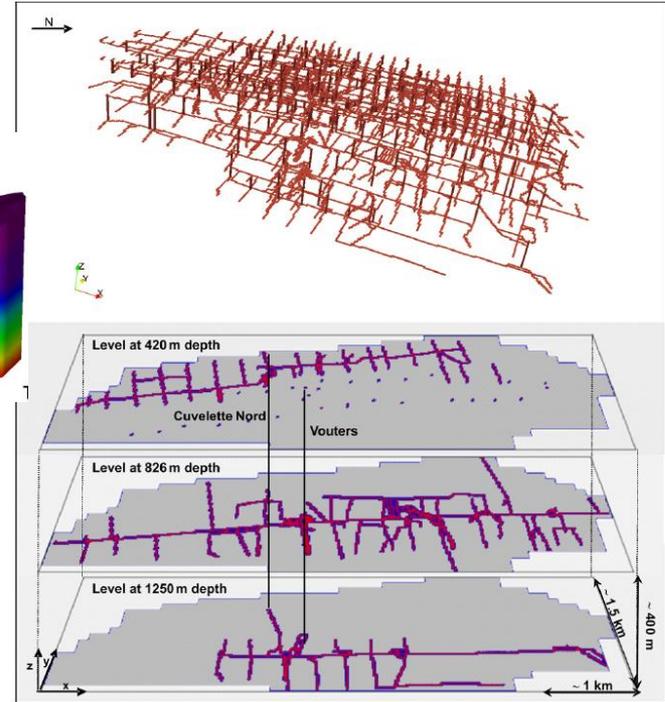
## Potenzialberechnung - Detailmodelle



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

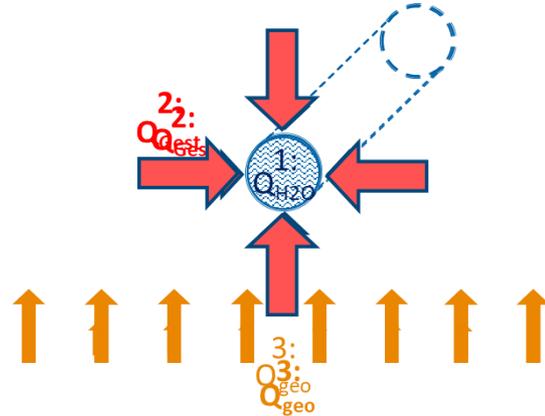


**Vergleich Interessensgruppen:**  
Städte, Gemeinden, (Energieversorger)

**Ziel:**

„Einfaches“ Tool für Initialabschätzung (Analytisch/Numerisch)

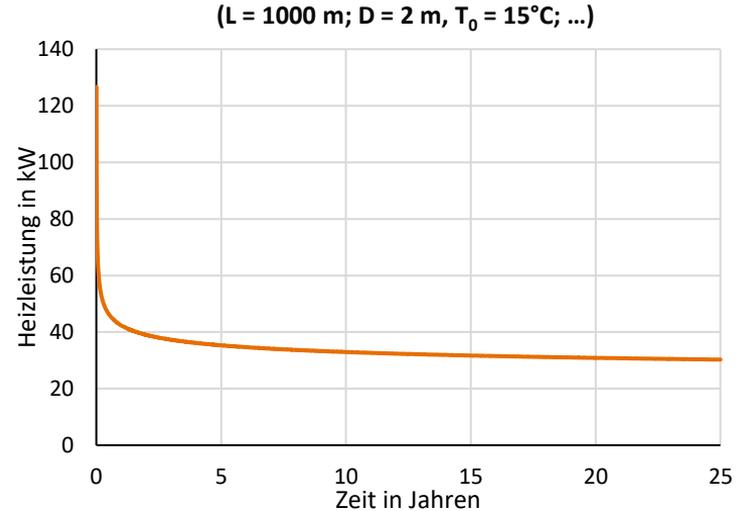
## Potenzialberechnung - Ansatzentwicklung



### Wärmeleistungsbereitstellung durch:

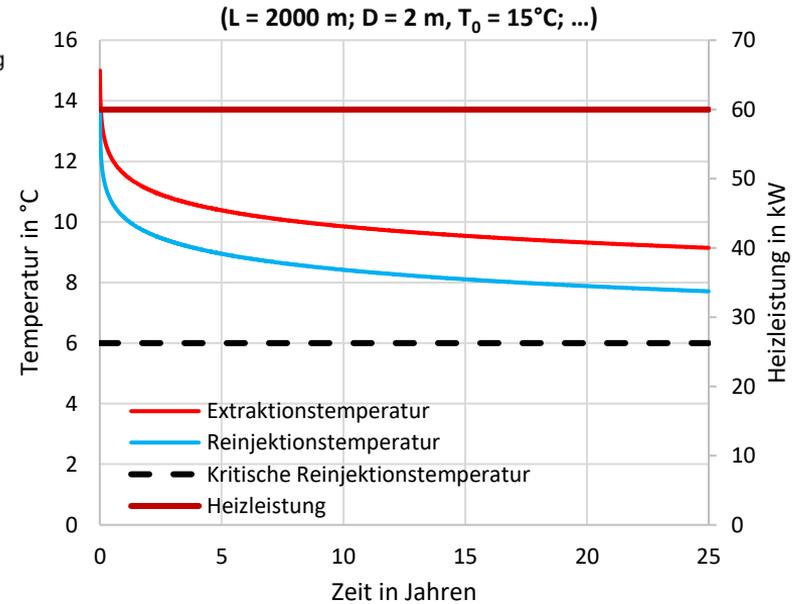
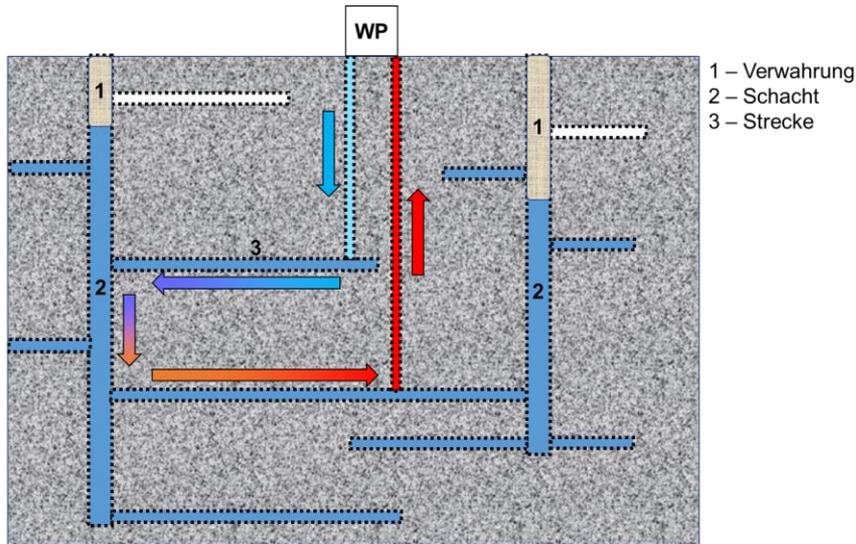
- 1: Gespeicherte Wärme im Wasser  $Q_{H_2O}$   
( $T_{H_2O} = T_{Gest}$ )
- 2: Gespeicherte Wärme im Gestein  $Q_{Gest}$
- 3: Geothermischer Wärmestrom  $Q_{Geo}$

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



Charakteristische Heizleistungsentwicklung bei konstanter Reinjectionstemperatur für einen Beispielfall

## Potenzialberechnung - Ansatzentwicklung



## Potenzialberechnung: Beispielanlage Ehrenfriedersdorf

Beispiel: Bergwerk Ehrenfriedersdorf

Länge = 700 m

Volumenstrom = 20 m<sup>3</sup>/h

t = 20 a

v<sub>GW</sub> = 11 °C

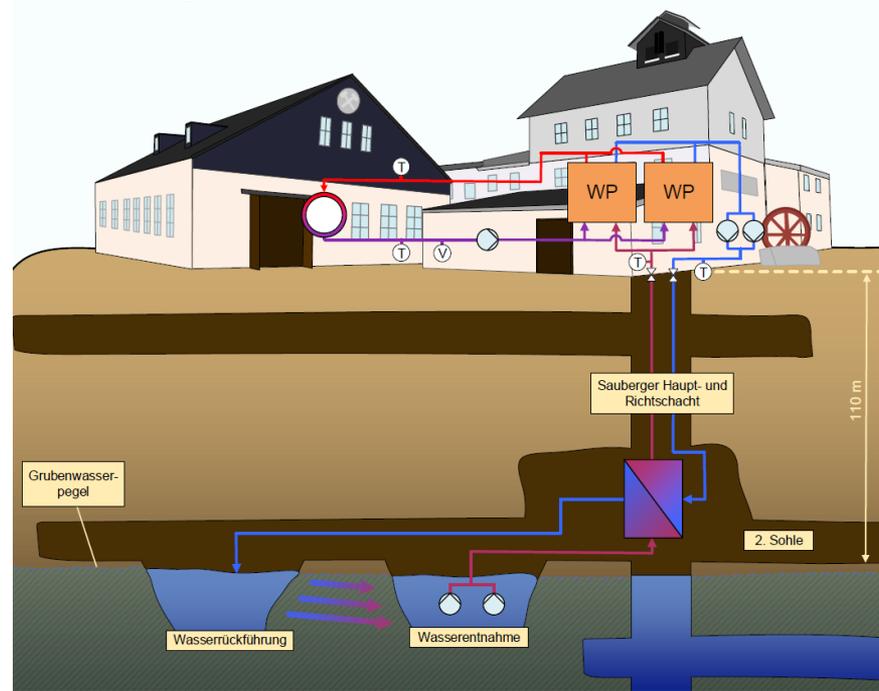
v<sub>inj</sub> = 5 °C

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:

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

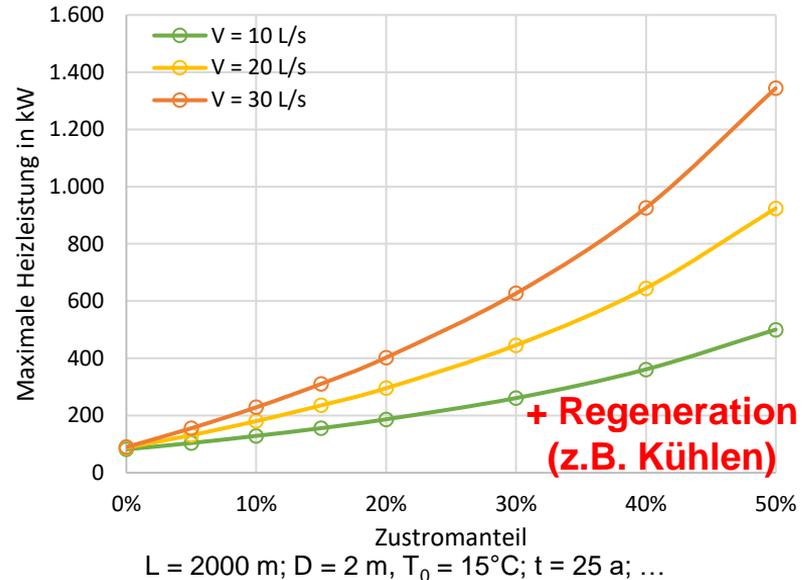
→ **Grubenwasser-Strömungen!**

Ursachen:

- Grundwasserbewegung
- Bergwerksstruktur
- Strömungsinduktion (indirekt)

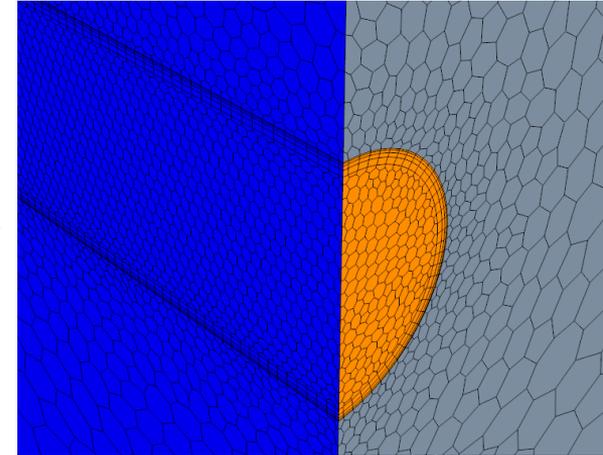
**Potenzialerhöhung**

- Weiteres Potenzial durch Regeneration



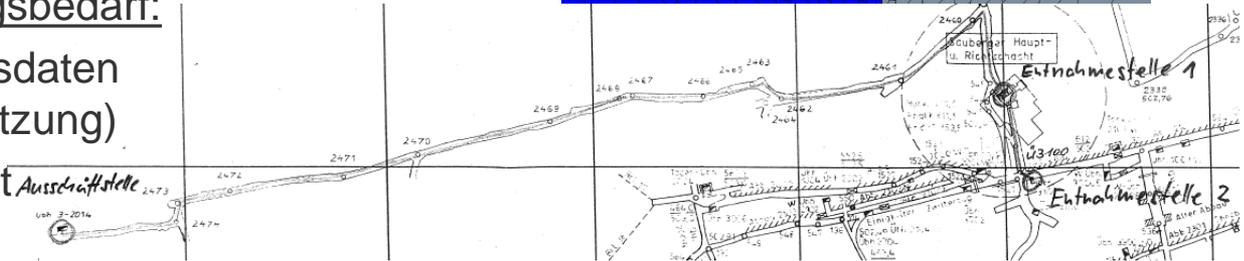
## Potenzialberechnung: Ausblick

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



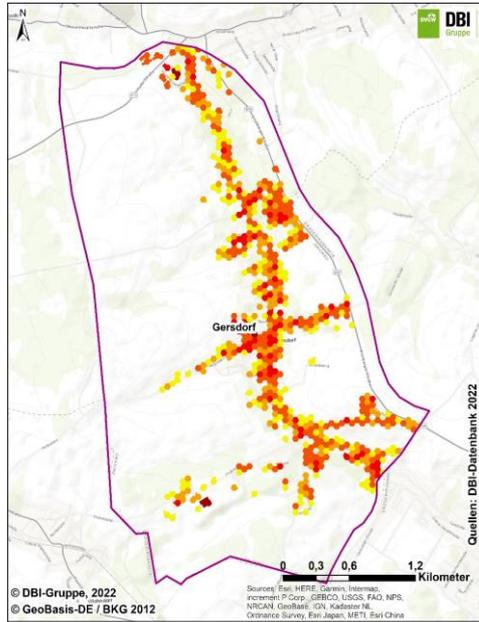
### Praktischer Forschungsbedarf:

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

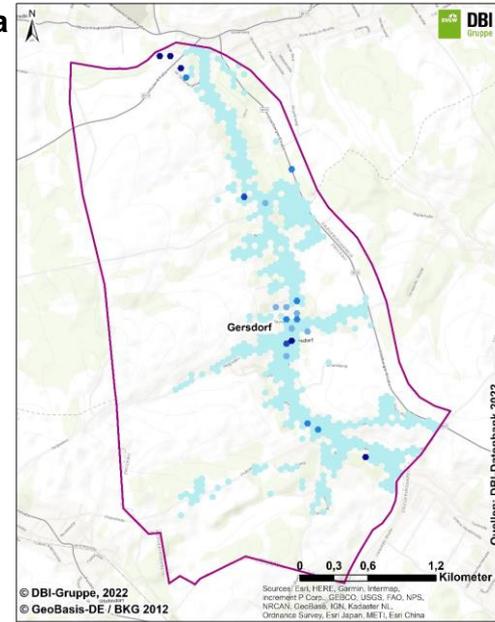
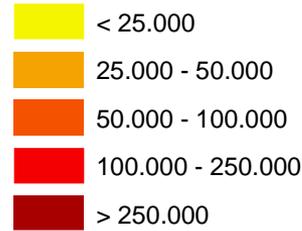


## Untertägige Potenziale vorhanden:

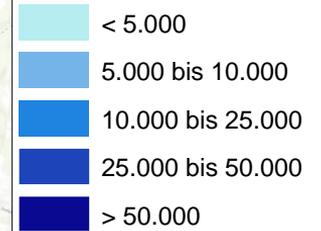
### Weiteres Vorgehen?



**Wärmebedarf in kWh/a**



**Kältebedarf in kWh/a**



**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