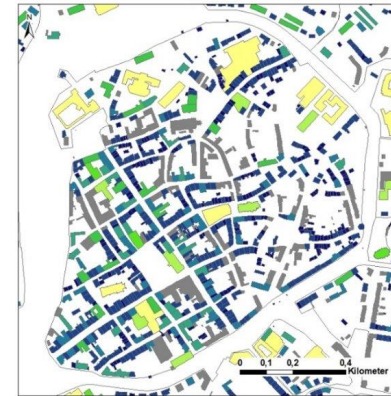
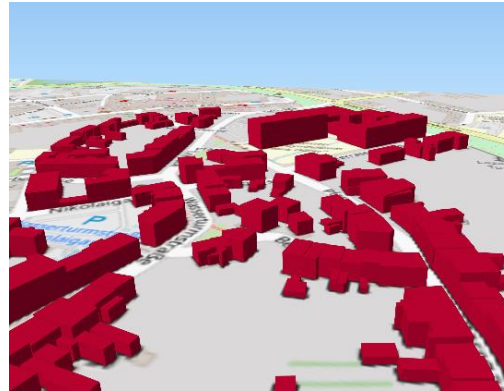


Saisonale Wärmespeicherung in teilgefluteten Grubengebäuden – In-situ Untersuchungen am Standort Freiberg

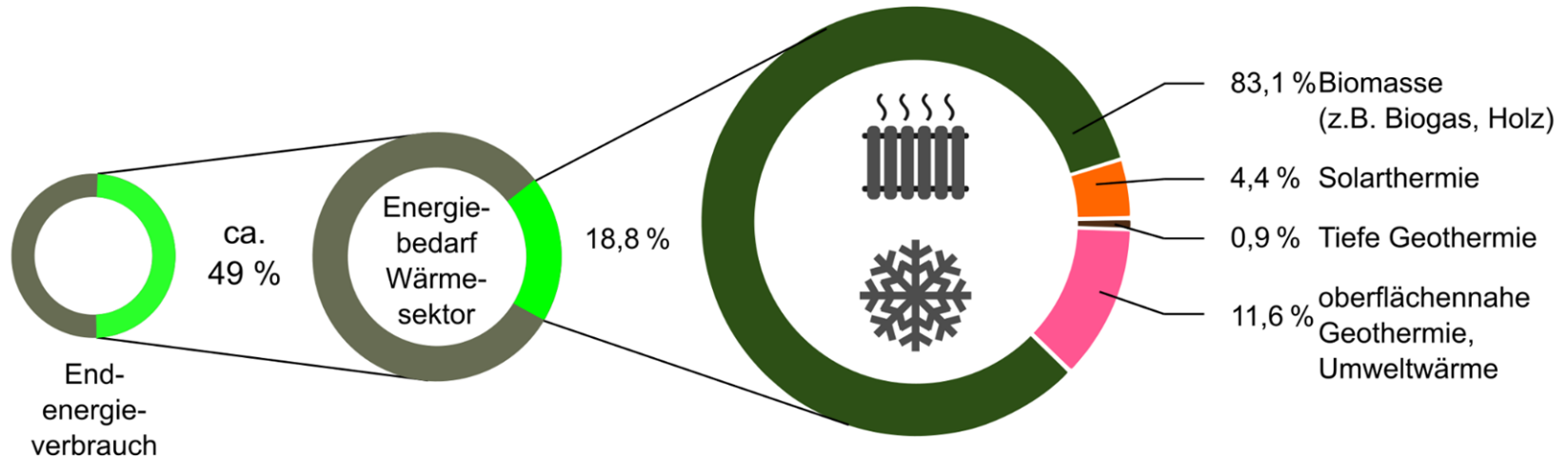


Lukas Oppelt¹, Thomas Wenzel², Mareike Bleidiesel², Patrick Heinrich², Martin Binder^{3,4}, Alireza Arab³, Rebekka Wiedener³,
Chaofan Chen^{5,6}, Frank Schenker³, Tobias Lotter³, Thomas Nagel^{5,6}, Thomas Grab¹, Tobias Fieback¹, Traugott Scheytt³

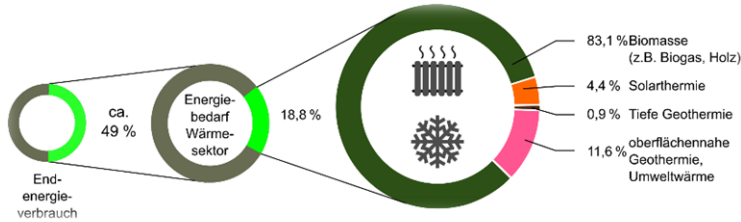
- 1: TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für technische Thermodynamik, Deutschland
- 2: DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Deutschland
- 3: TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Hydrogeologie und Hydrochemie, Deutschland
- 4: University of Basel, Hydrogeology / Applied and Environmental Geology, Schweiz
- 5: TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau, Deutschland
- 6: Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Environmental Informatics, Deutschland

**Forum 22: Wärmespeicherung /
Grubenwässer, 13.10.2024**

Energieverbrauch in Deutschland 2023

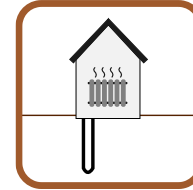


Energieverbrauch in Deutschland 2023



Regenerative Wärmequellen

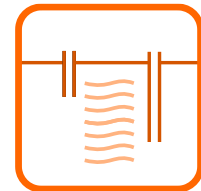
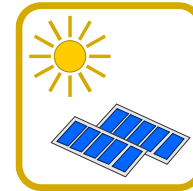
Geothermie

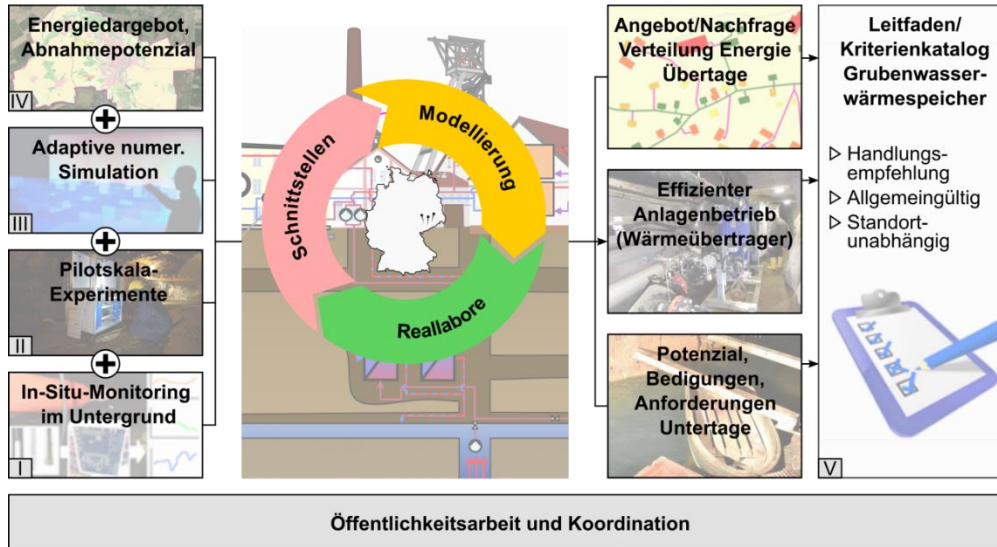


Wasser



Solarthermie + Speicher





Zentrale Fragen des Projektes

1. Unter welchen Voraussetzungen ist ein geflutetes Bergwerk als Speicher geeignet? Wie funktioniert es im Betrieb?
2. Wie kann ich den Speicher effektiv nutzen und monitoren?
3. Welche Wärmequellen stehen übertage zum speichern zur Verfügung?

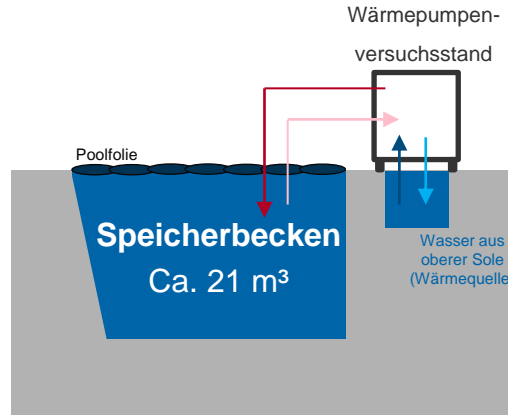


➔ Fokus heute: Reiche Zeche in Freiberg

3 Reallabore im Projekt

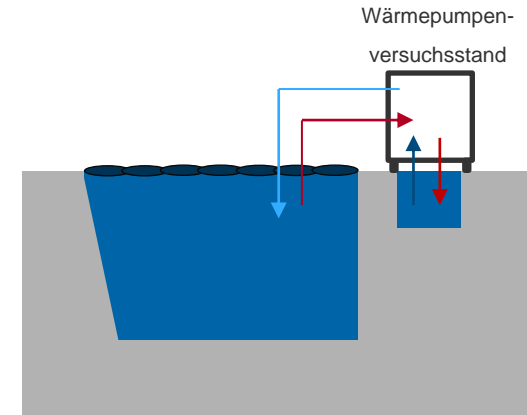
1. Freiberg → Reiche Zeche
2. Ehrenfriedersdorf → Zinngrube
3. Annaberg-Buchholz → Markus-Röhling-Stolln

Wärmeeinspeicherung

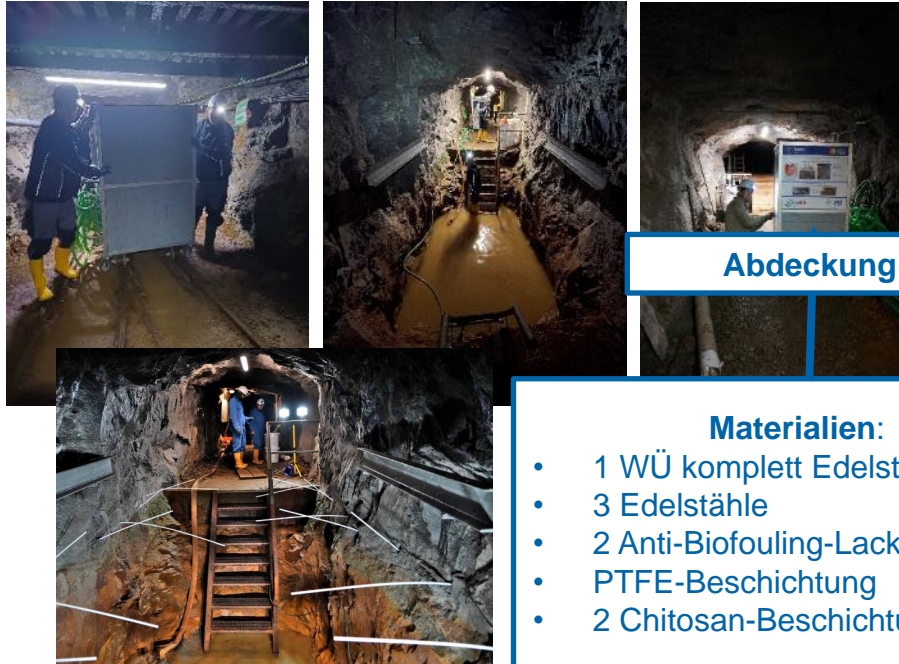


Zieltemperatur: 30 °C (50 °C)

Wärmeauspeicherung



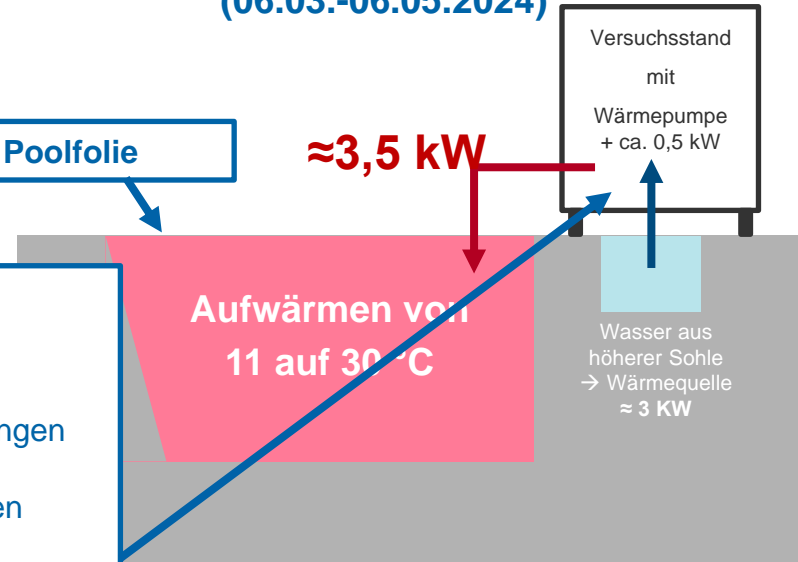
Zieltemperatur: 5 °C

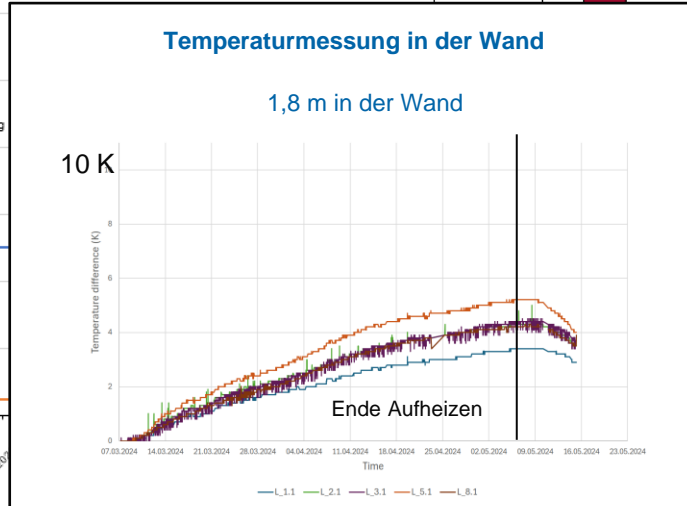
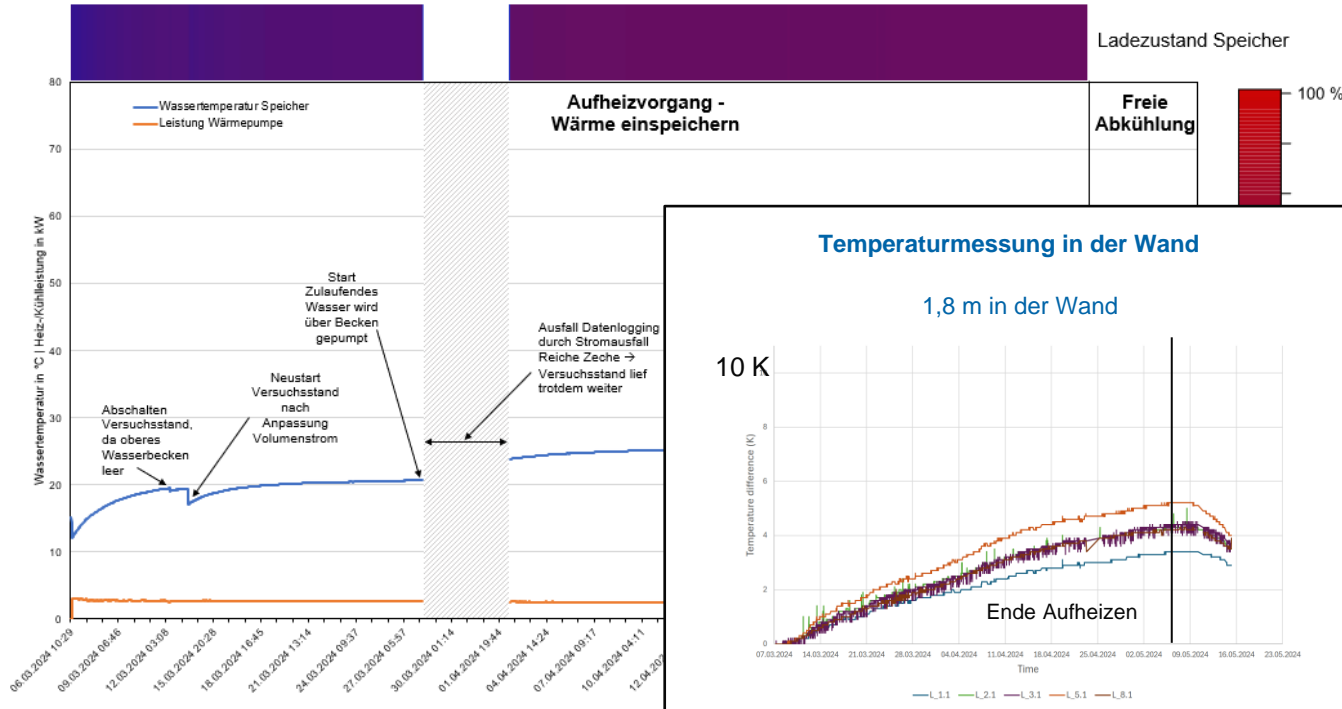


Abdeckung mit Poolfolie

- Materialien:**
- 1 WÜ komplett Edelstahl
 - 3 Edelstähle
 - 2 Anti-Biofouling-Lackierungen
 - PTFE-Beschichtung
 - 2 Chitosan-Beschichtungen

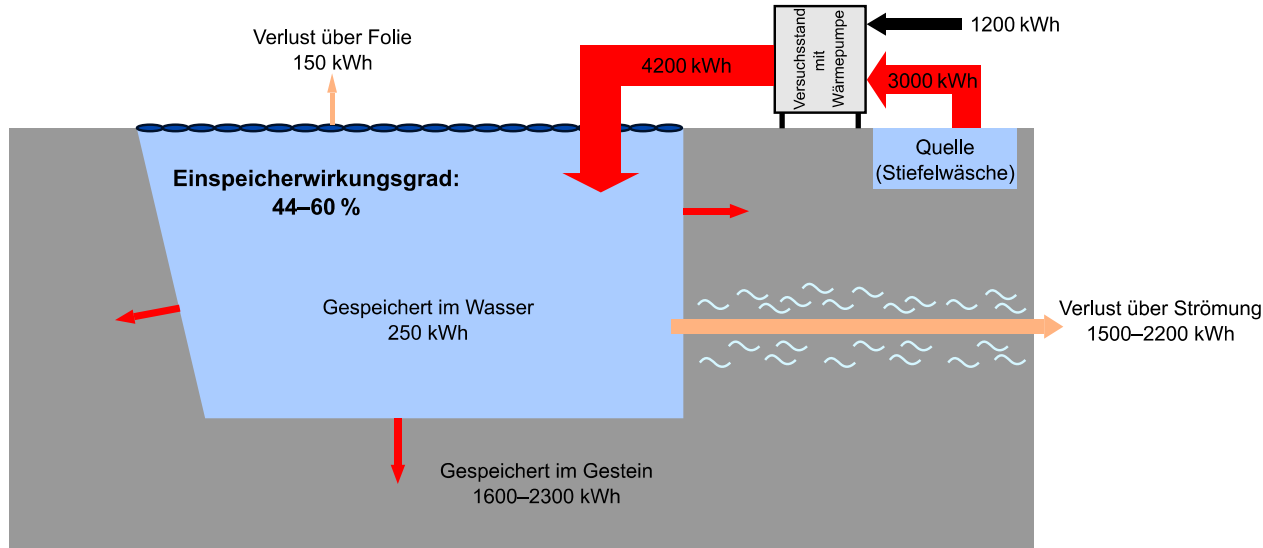
Versuchsreihe 1: Wärmespeicherung (06.03.-06.05.2024)





Ergebnisse

- Wärmespeicherung möglich → aber ab 26 °C kann Temperatur nur noch gehalten werden
- Verluste über Folie und durch Strömung durch Becken



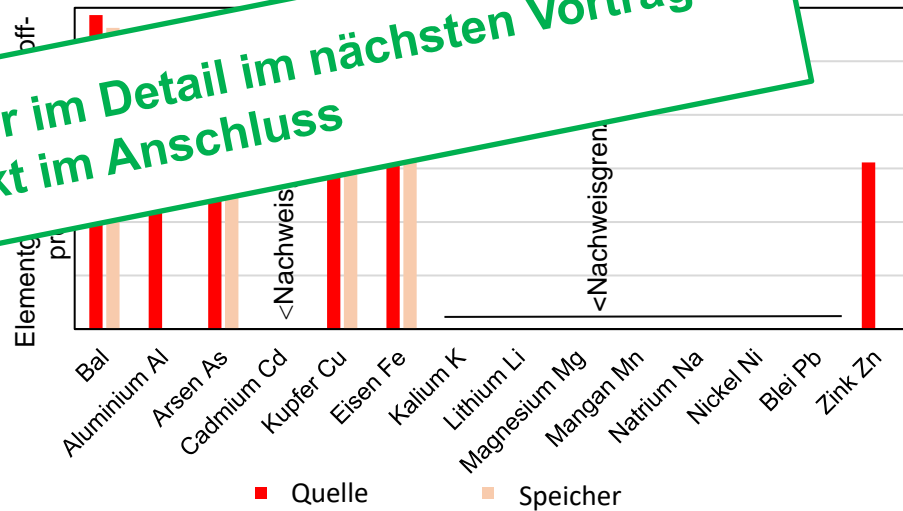
Schlussfolgerung für weitere Versuche

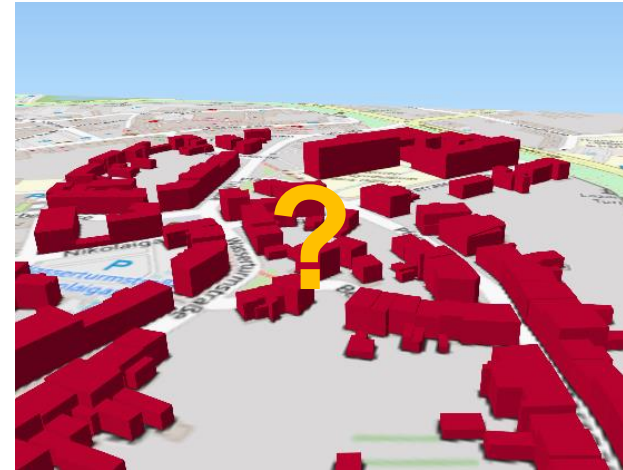
- 2. Versuchsreihe bereits abgeschlossen mit aktiver Kühlung
- 3. Versuchsreihe mit Installation einer Zusatzheizung mit 8 KW → Aktiv seit Anfang Oktober



Reduktion der übertragene Heizleistung um 24 % (Quelle), bzw. 40 % (Speicher)

**Thema Wärmeübertrager im Detail im nächsten Vortrag
→ Direkt im Anschluss**



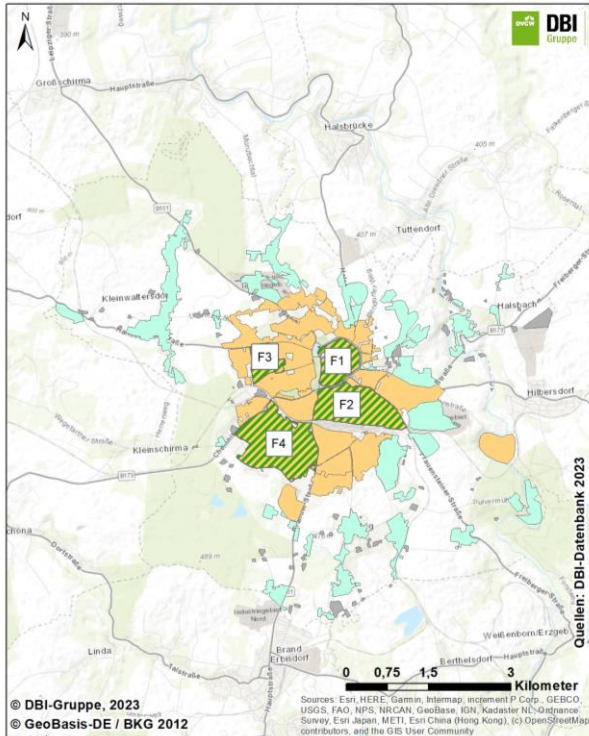


Untertage

- Speicherwirkungsgrad $\approx 50\%$
- Effektiver Wärmeübertrager

Übertage

- Sind Abnehmer verfügbar?
- Kann Wärme eingespeichert werden?



Welche Quartiere sollten betrachtet werden?

- Definierte Auswahlkriterien:
 - Anzahl der Wärmeabnehmer ≥ 5
 - Wärmebedarfsdichte $> 30 \text{ KWh}/(\text{m}^2\text{a})$
 - Wärmebedarf $> 10 \text{ GWh/a}$

Simulierter Wärmebedarf der Quartiere

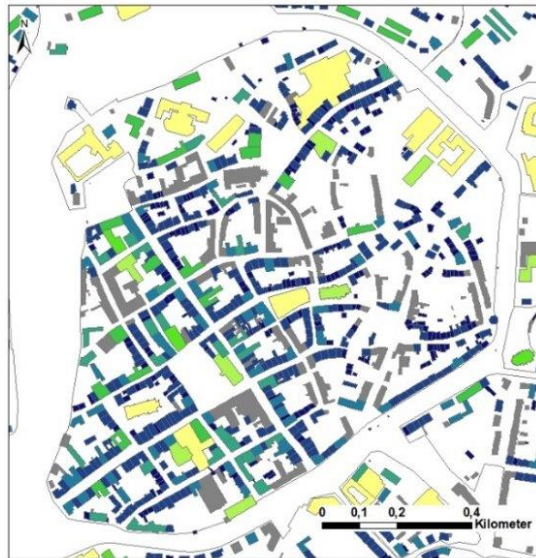
	Wärmebedarf [GWh/a]
F1 (Innenstadt)	44,25
F2 (Bahnhofsvorstadt)	46,92
F3 (Friedeburg)	15,38
F4 (Wasserberg)	62,21

Energiesituation Übertage

→ Beispiel Freiberg (F1 Innenstadt)

möglicher solarthermischer Ertrag der Dachflächen [kWh / a]

Gebäude ohne Potential	50.000 - 75.000	150.000 - 200.000
<25.000	75.000 - 100.000	200.000 - 250.000
25.000 - 50.000	100.000 - 150.000	>250.000



Welche Wärme steht zum Einspeichern zur Verfügung?

- Betrachtete Wärmequellen:
 1. Solarthermische Potenziale im Untersuchungsgebiet, insbesondere solarthermische Dachpotenziale
 2. Kühlbedarf pro Gebäude für Wohngebäude und Nichtwohngebäude,
 3. Abwärmepotenziale aus Industriebetrieben, insbesondere aus den Branchen der Metall-, Lebensmittel-, Glas- und Papierindustrie, sowie
 4. Überschüsse und abgeregelte erneuerbare Strommengen, insbesondere aus Photovoltaik und Wind

Energiesituation Übertage

→ Beispiel Freiberg (F1 Innenstadt)

möglicher solarthermischer Ertrag der Dachflächen [kWh / a]

Gebäude ohne Potential	50.000 - 75.000	150.000 - 200.000
<25.000	75.000 - 100.000	200.000 - 250.000
25.000 - 50.000	100.000 - 150.000	>250.000



Welche Wärme steht zum einspeichern zur Verfügung?

- Beispielrechnung für F1 Innenstadt
- Annahmen Wärmequellen:
 - 25 % solarthermische Potenziale + Kühlbedarf
 - 50 % Wirkungsgrad Grubenwärmespeicher
- Regenerativer Anteil Quartierswärme:
 - Ohne Speicher: 40 %
 - Mit Speicher: 58 %
- Integration weiterer Wärmequellen, z.B. industrielle Abwärme möglich

1. Unter welchen Voraussetzungen ist ein geflutetes Bergwerk als Speicher geeignet? Wie funktionierte es im Betrieb?
 - Erste Versuche im kleinen Maßstab erfolgreich
 - Validierung eines Simulationsmodells zur Wärmespeicherung (Paper bereits veröffentlicht)
2. Wie kann ich den Speicher effektiv nutzen und monitoren?
 - Grubenwassercharakteristik und Strömungen haben großen Einfluss auf Effizienz
 - Aktuell weitere Versuche mit aktiver Kühlung und höheren Speichertemperaturen
3. Welche Wärmequellen stehen übertage zum Speichern zur Verfügung?
 - Integration der Speicher aus technischer Sicht sinnvoll
→ aktuell ökologische und ökonomische Betrachtung
 - Erschließung weiterer Wärmequellen erforderlich
→ Speichern der Kühlenergie aus dem Sommer für den Winter nicht ausreichend

- Anzeige -

Simulationen:

QR-Code zum
Paper: Chen et al.



Wärmesimulation:

Poster 21
Ebel et al.

Wirtschaftlichkeit:

Science Bar 15
Korn et al.



Vielen Dank für
Ihr Interesse!

Mehr Informationen:
[tu-freiberg.de/
fakult4/iwtt/ttd](https://tu-freiberg.de/fakult4/iwtt/ttd)



TU BERGAKADEMIE FREIBERG
Gustav-Zeuner-Straße 7
09599 Freiberg

Lukas Oppelt
 +49(0)3731 39-3277
lukas.oppelt@ttd.tu-freiberg.de

Dr. Thomas Grab
+49(0)3731 39-3004
thomas.grab@ttd.tu-freiberg.de

