

# Ermittlung möglicher Wärmeein- und -austräge des Wärmespeichers

Thomas Wenzel, Patrick Heinrich, Mareike Bleidießel

DBI – Gas- und Umwelttechnik GmbH

Onlineworkshop „Nutzung regenerativer Energiequellen für die Wärmewende“

# Agenda

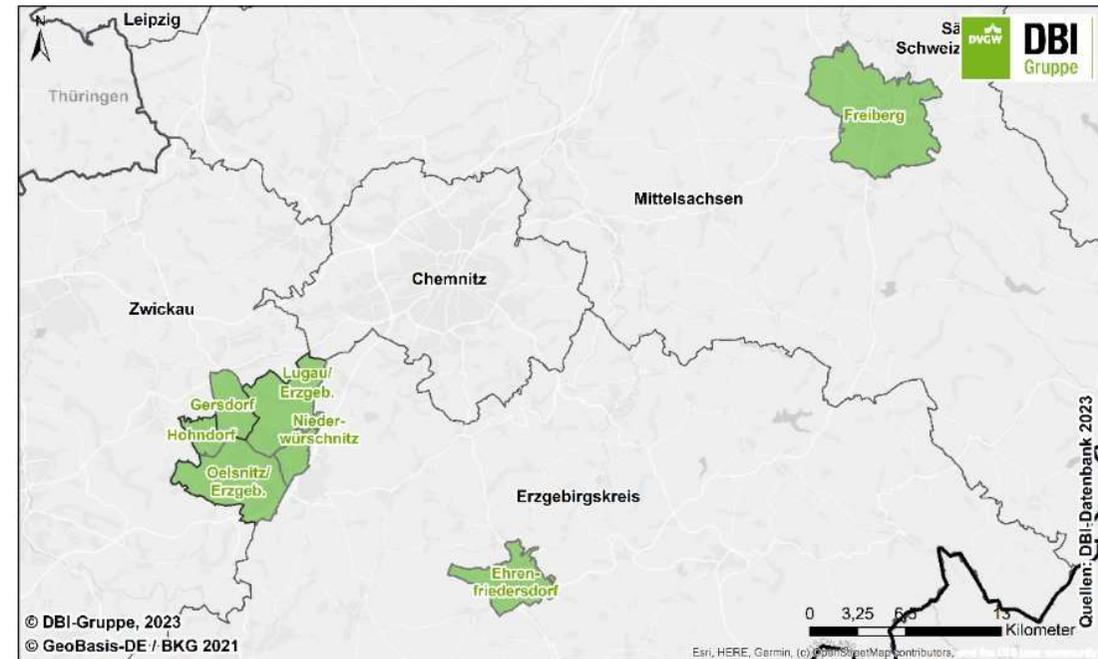
- 1 MineATES: Arbeitsschwerpunkte des Teilvorhabens
- 2 Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung
- 3 Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme
- 4 Entwicklung von Versorgungsszenarien
- 5 Nächste Schritte im Teilprojekt

# MineATES: Arbeitsschwerpunkte des Teilvorhabens

## Einleitung Teilprojekt DBI

- **Untersuchungsgebiet / Reallabore im Projekt:**
  - Stadt Freiberg
  - Stadt Ehrenfriedersdorf
  - Gemeindeverbund Lugau-Oelsnitz (5 Kommunen)
- **Arbeitsschwerpunkte:**
  - Simulation von standortscharfen Wärmebedarfen
  - standortgenaue Erfassung von Abwärme- und weiteren erneuerbaren Wärmeenergiequellen
  - ➔ **Bilanzierung von Bedarf und EE-Dargebot**
  - Topografische Trassierung von Wärmenetzen
  - Identifikation und Auslegung von möglichen thermischen Untergrundspeichern
  - ➔ **Evaluierung der Rahmenbedingungen zur ATES-Nutzung im Quartier**

➔ **Ergebnis:** Definition von Kriterien zur Nutzung von thermischen Energiespeichern

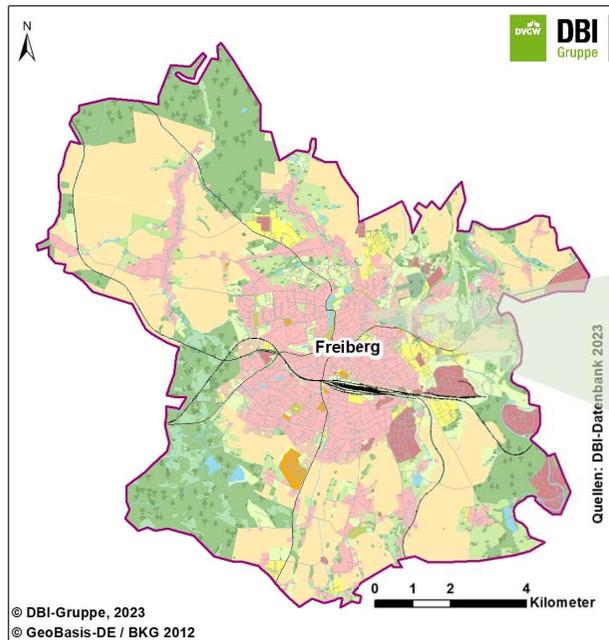


Untersuchungsgebiet / Reallabore im Projekt MineATES

# Agenda

- 1 MineATES: Arbeitsschwerpunkte des Teilvorhabens
- 2 Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung**
- 3 Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme
- 4 Entwicklung von Versorgungsszenarien
- 5 Fazit

# Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung

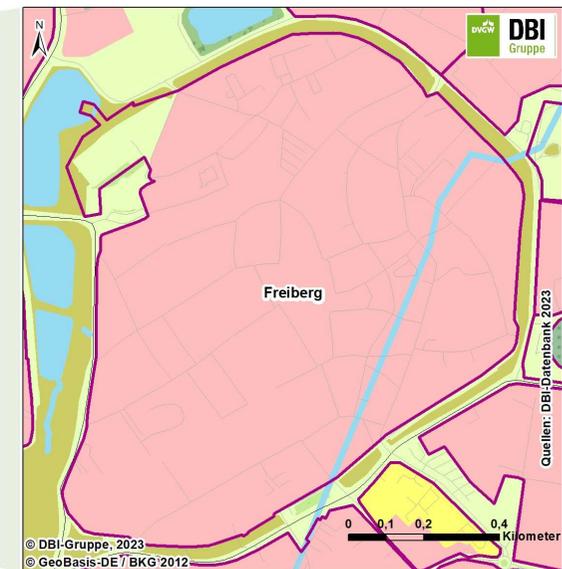


- |                       |             |          |              |                     |
|-----------------------|-------------|----------|--------------|---------------------|
| Gewerbe und Industrie | Wohngebiet  | Gestrüpp | Gras         | keine Informationen |
| Büro/Business         | Parkanlage  | Friedhof | Wald         | Untersuchungsgebiet |
| Einzelhandel          | Kleingärten | Weide    | Agrarflächen |                     |

Charakterisierung des Gemeindegebiets Freiberg

Unterteilung des Gebiets  
in Versorgungsquartiere

- |                  |             |                     |
|------------------|-------------|---------------------|
| Quartiersgrenzen | Parkanlage  | Gras                |
| Büro/Business    | Kleingärten | Wald                |
| Wohngebiet       | Friedhof    | keine Informationen |

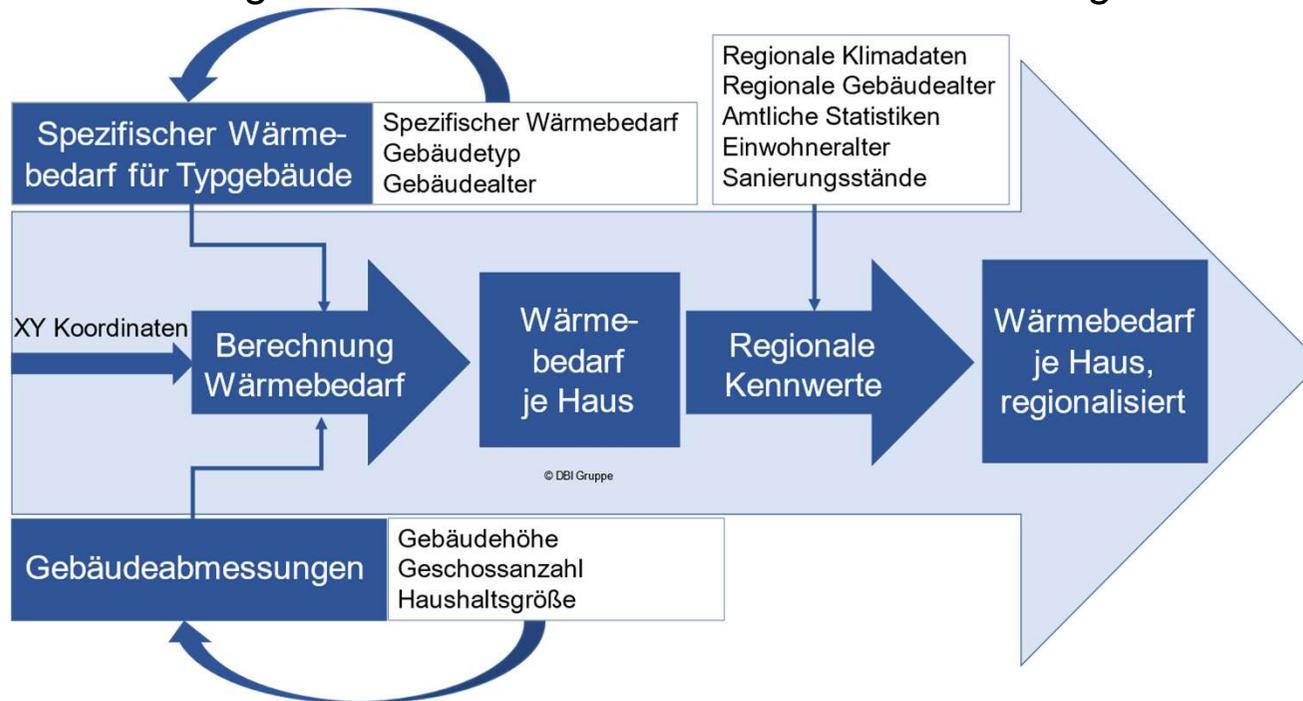


Platzierung der Quartiersgrenzen am Beispiel des Stadtteils Altstadt

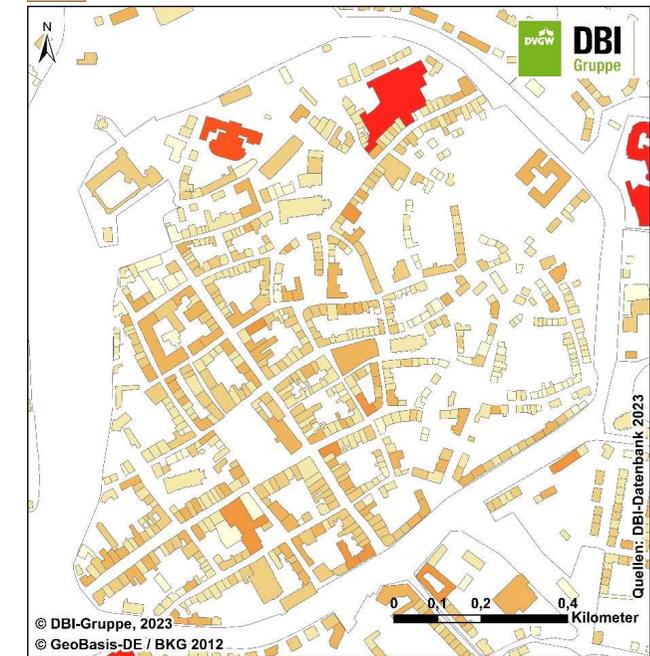
# Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung

## Räumliche Analyse des hausspezifischen Wärmebedarfs

Berücksichtigte Kennwerte zur Wärmebedarfsberechnung:



Wärmebedarfe je Gebäude in kWh/a



Wärmebedarf pro Gebäude in der historischen Altstadt in Freiberg/Sachsen

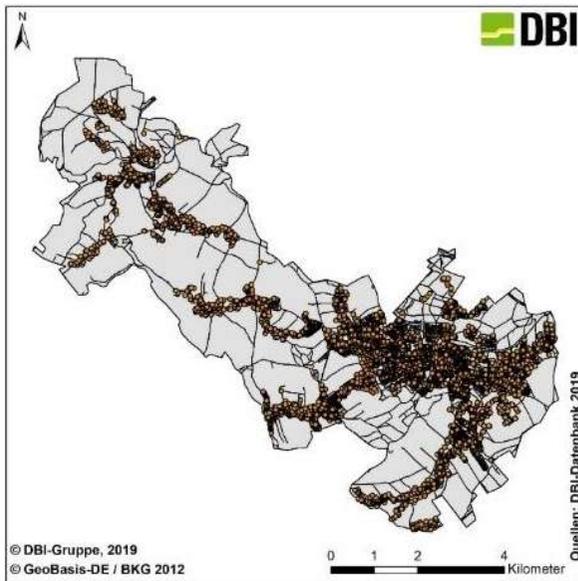
# Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung

Zuordnung der Wärmeabnehmer zu naheliegender Infrastruktur

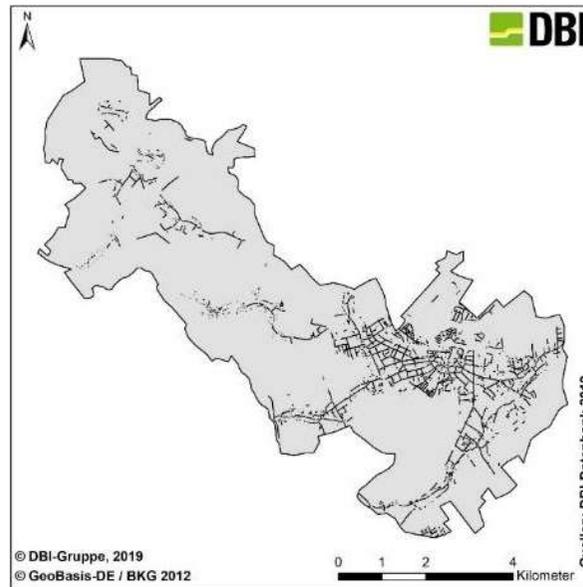
Auswahl der Netzabschnitte mit Wärmeabnehmern

Identifikation von lukrativen Netzabschnitten

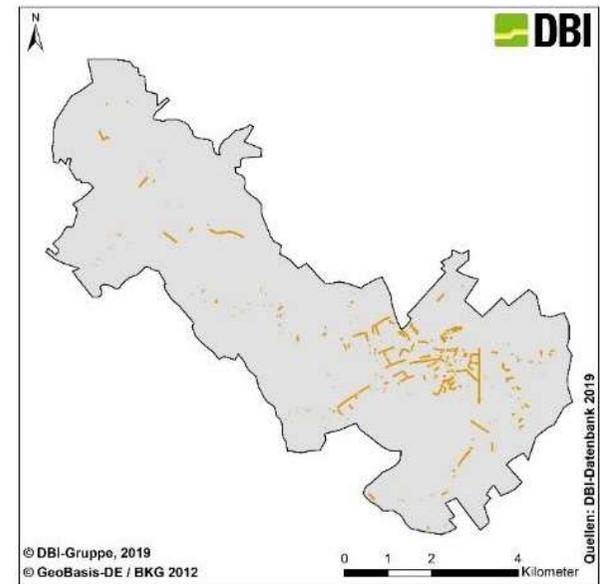
Untersuchungsgebiet — Straßennetz ● Wärmeabnehmer — lukrative Straßenzüge



© DBI-Gruppe



© DBI-Gruppe



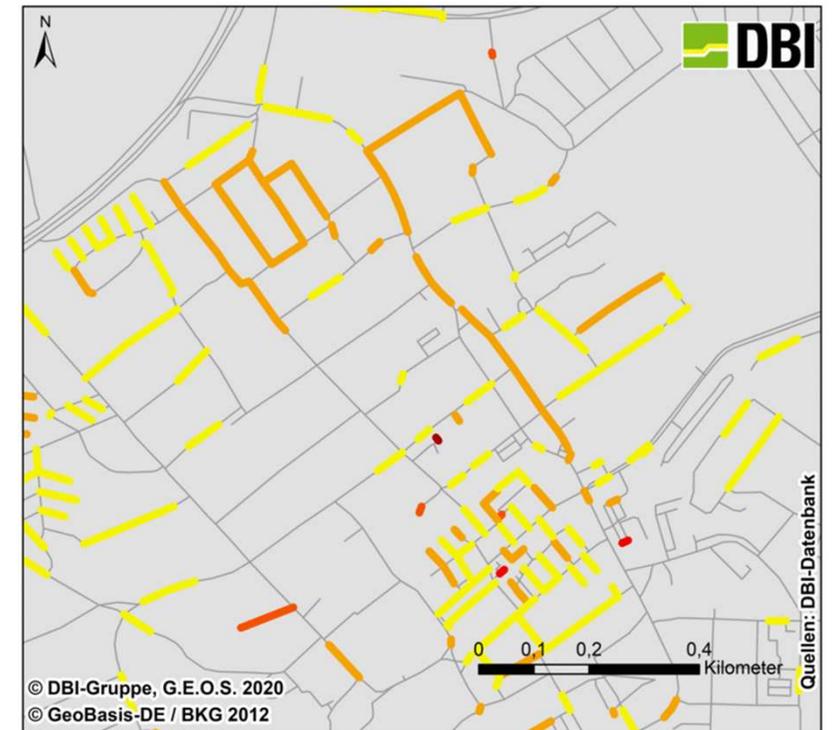
© DBI-Gruppe

**DBI**  
Gruppe

# Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung

## Modellierung des Netzes für lukrative Netzabschnitte:

- Kriterien für Netzverlauf:
  - entlang öffentlicher Infrastrukturen
  - keine Maschen / Schleifen
  - umgehen kostenintensiver Abschnitte (z.B.: Autobahnen)
  - optimaler Verlauf hinsichtlich Gesamtlänge unter obigen Bedingungen
- Vorgehen:
  - Beginn bei größtem Wärmeabsatz pro Netzabschnitt ( $\text{kWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$  Wärmeenergie)
  - Prüfen der umliegenden Netzabschnitte
  - iteratives Verbinden, bis alle potenziell lukrativen Netzabschnitte verbunden sind



Beispiel zur Wärmenetzberechnung

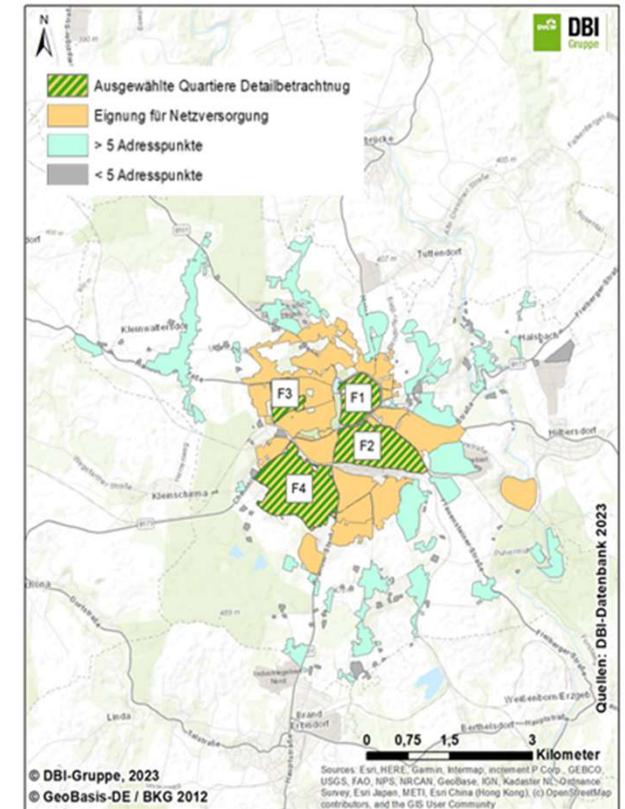
→ **Zielstellung:** effizienteste Verteilung der gesamten zur Verfügung stehenden Energiemenge zu den Abnehmern

# Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung

## Auswahl Bereiche für Detailanalyse:

- Ausgeschlossen für weitere Betrachtung:
  - Zu geringe Anzahl Abnehmer
  - Zu geringe Nachfrage im Bezug auf Netzlänge
- Auswahl der bestgeeigneten Bereiche für Szenarien:
  - Höchste Wärmebelegungsdichte im grobtrassierten Netz
  - Bereiche mit höchsten Wärmebedarfen
- Basierend Gebietsgrenzen Abschätzung der innergebietlichen Wärmepotentiale, sowie gebietsübergreifenden Potentiale möglich

## Ausgewählte Quartiere Gemeindegebiet Freiberg



Ausgewählte Quartiere im Gemeindegebiet Freiberg

# Agenda

- 1 MineATES: Arbeitsschwerpunkte des Teilvorhabens
- 2 Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung
- 3 Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme**
- 4 Entwicklung von Versorgungsszenarien
- 5 Nächste Schritte im Teilprojekt

# Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme

## Berücksichtige Wärmequellen im Rahmen der Analyse:

- 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



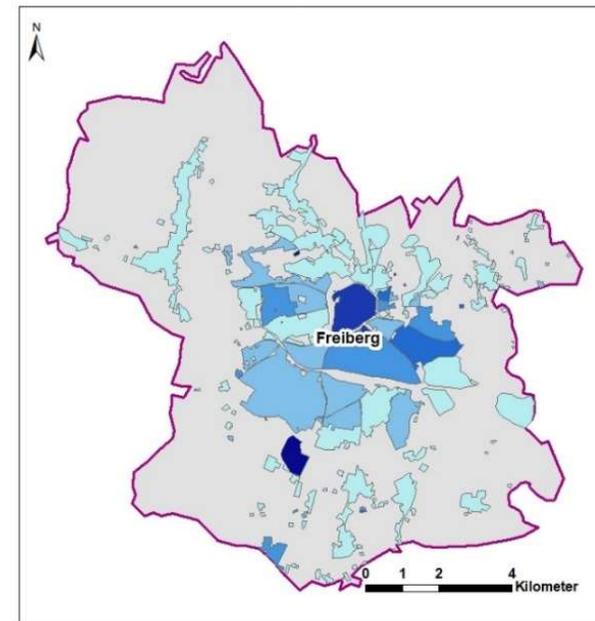


## Ermittlung der lokalen Kühlbedarfe:

- Kühlbedarf abhängig von Art der Gebäudenutzung und Art des Gebäudes
- Gewerbliche Strukturen im Allgemeinen höherer Kühlbedarf als Wohngebäude
- Bei zunehmender Klimaerwärmung Tendenz Anstieg des Kühlbedarfs
- Jahreszeitliche Abhängigkeit des Auftretens der Kühlbedarfe



Kühlbedarfsdichte [kWh/m<sup>2</sup>a] im Betrachtungsgebiet



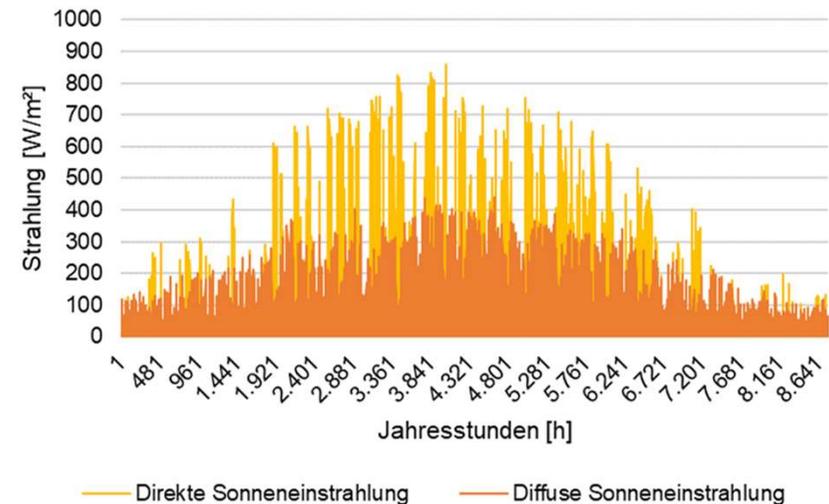
Umfang der flächenbezogenen Kältebedarfe im Gemeindegebiet



## Nutzung solarer Einstrahlung:

- Solarer Ertrag abhängig vom:
  - Wirkungsgrad der Anlage
  - Ausrichtung der Anlage
  - Umfang solarer Einstrahlung
- Volatiler Ertrag aufgrund jahreszeitlicher und tageszeitlicher Schwankungen
- Hoher Einfluss des Zeitpunkts des Auftretens der Einstrahlung
- Nutzung der solaren Einstrahlung sowohl in der Betrachtung des solarthermischen Potentials, als auch in der Betrachtung des EE-Strom-Potentials

Solare Einstrahlung im Modelljahr unterteilt in diffusen und direkten Anteil bei den Koordinaten 50,9146° N 13,3365° O



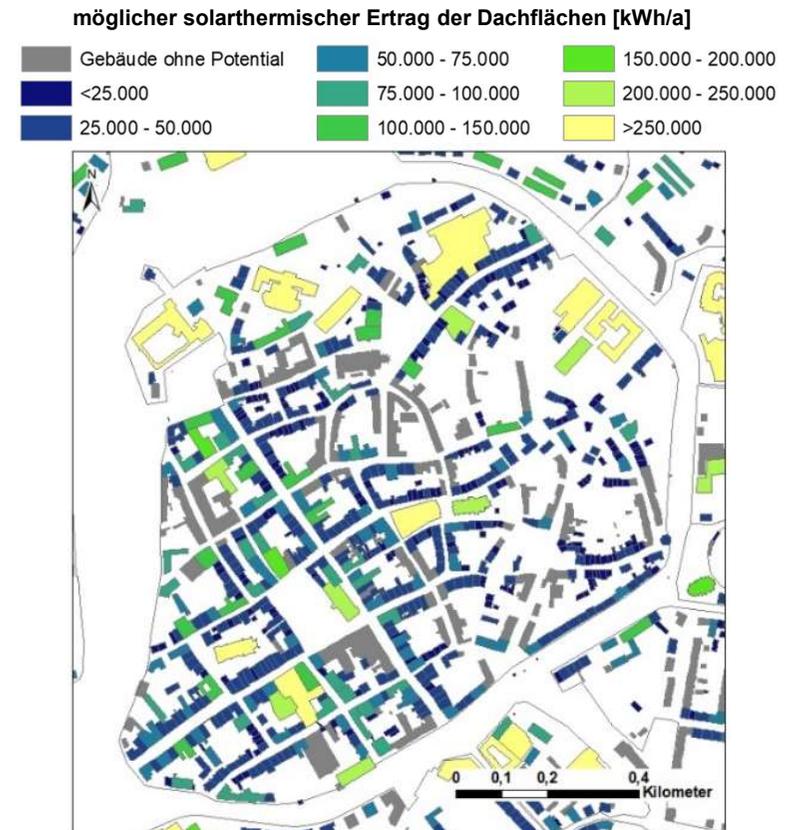
Jahresverlauf der solaren Einstrahlung im Raum Freiberg [1]

→ Relevant für Solarthermie-Potential & PV-Potential



## Solarthermischer Ertrag von Dachflächen:

- Durch Quartiersgrenzen zu einander abgrenzbar
- Solarthermieanlagen ausgerichtet nach Dach
- Somit oftmals Eignung von nur ca. 50 % der Dachflächen
- Ausrichtung und Dimensionierung der Dächer zwischen Gebäuden variabel
- Ermittlung gebäudegenauer Solarthermie-Potentiale notwendig



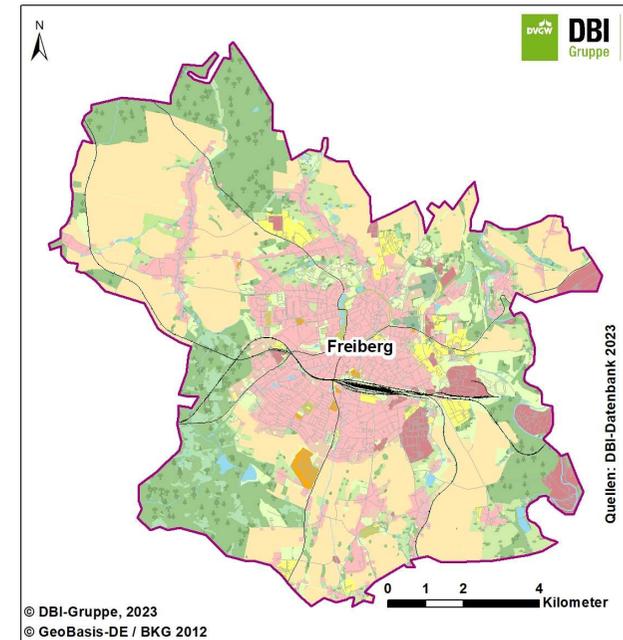
Gebäudescharfe Darstellung des möglichen Solarthermie-Ertrags am Beispiel der Freiburger Altstadt

# Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme



## Ermittlung von solarthermischen Freiflächenpotentialen:

- Identifikation geeigneter Flächen:
  - Flächen geeignet, wenn Ackerland bzw. Weideland
  - Annahme Förderfähigkeit von Flächen, wenn entlang von Hauptverkehrswegen gelegen
- Beachtung nötiger Abstände zwischen Anlagen bzw. Anlagen und Bebauungsgrenzen
- Ermittlung der nach Jahresstunden aufgeschlüsselten möglichen Solarthermie-Erträge

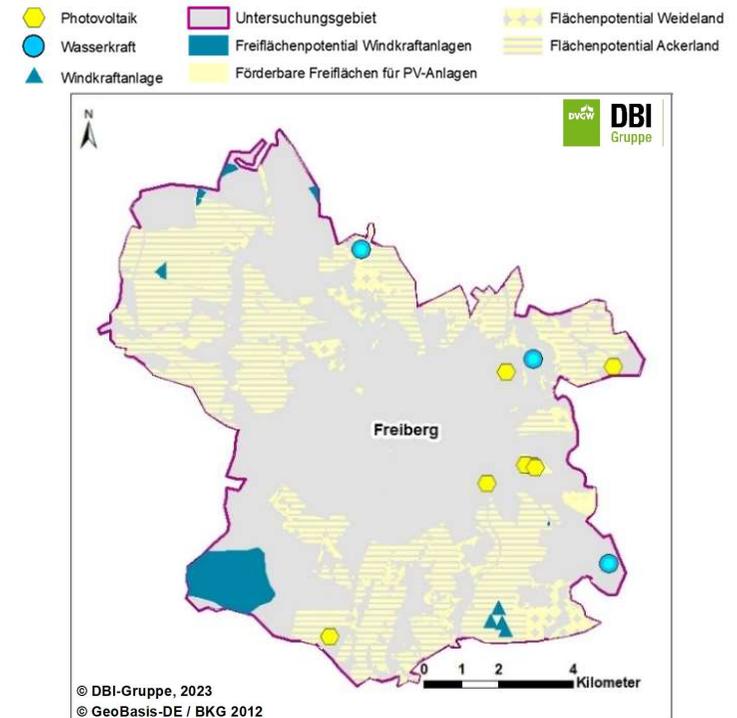


Wärmebedarf pro Gebäude in der historischen Altstadt in Freiberg/Sachsen



## Nutzung erneuerbaren Stroms zur Wärmearzeugung:

- Fragestellung: Was, wenn Flächen für Stromerzeugung genutzt und nicht für thermische Nutzung?
  - Nutzung nicht nachgefragter Stromerträge
- Ergänzung der Flächenbetrachtung um möglich Windnutzung:
  - Notwendigkeit Berücksichtigung Bbauungsabstände zu Siedlungsgebieten



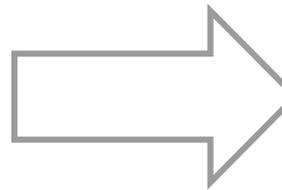
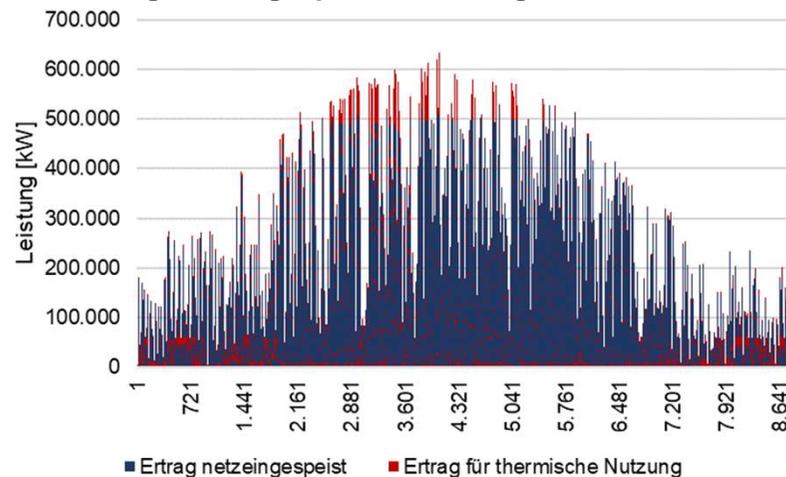
Karte der Potentialflächen zur Errichtung von PV und WKA [2]; ergänzt durch Punktdaten der bereits installierten Anlagen [3]

# Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme

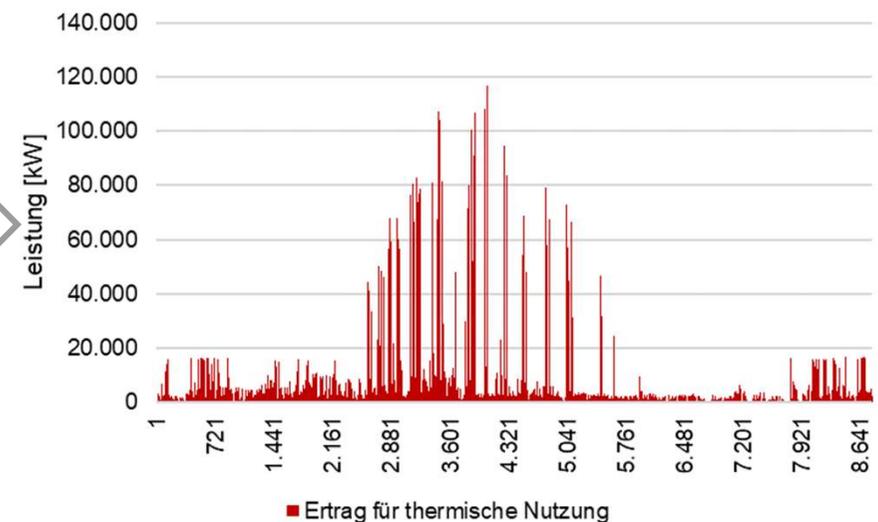


- Wann Eignung von EE-Strom für nicht elektrische Nutzung:
  - Zu Geringe Nachfrage im Netz
  - Zu hohe Einspeisung in lokalen Netzen
  - Kein monetärer Vorteil für Verkauf des Stroms

Gesamter möglicher Energieertrag der EE-Freiflächenpotentiale aufgeteilt nach Ertrag netzeingespeist und Ertrag für thermische Nutzung



Gesamter möglicher Ertrag für thermische Nutzung



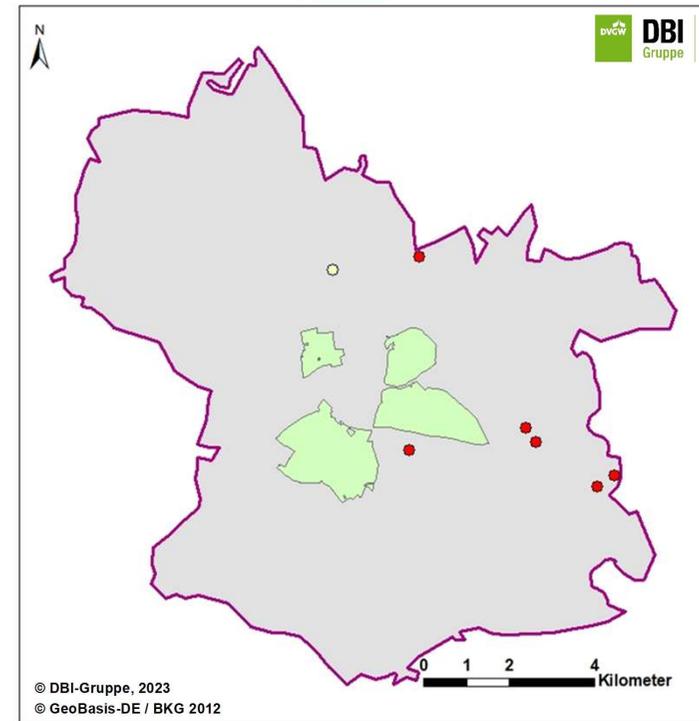
# Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme



## Nutzung industrieller Abwärme:

- Sowohl Wärme- als auch Kälteprozesse emittieren Abwärme
- Vergleichsweise konstantes Auftreten dieser im Jahresverlauf
- Durch Rahmenbedingungen (Ausbringhöhe Schloten, Thermodynamik, nicht nutzbare Verluste ...) nicht gänzlich nutzbar
- Temperaturniveau und Umfang stark von Industriezweig abhängig
- Allgemein ca. 30 % - 40 % der aufgewendeten Energie
- Im Betrachtungsgebiet Freiberg nur überquartierlich vorhanden

- Metallurgie
- Molkerei
- ausgewählte Quartiere
- Untersuchungsgebiet



Ausgewählte Betriebe mit ermitteltem Abwärmepotential

# Agenda

- 1 MineATES: Arbeitsschwerpunkte des Teilvorhabens
- 2 Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung
- 3 Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme
- 4 Entwicklung von Versorgungsszenarien**
- 5 Nächste Schritte im Teilprojekt



## Szenariientwicklung durch Quellen-/Senkenbilanzierung via Lastprofilen

Auslegung benötigter Speicherkapazitäten, Fokus: Solarthermienutzung (Quartier Freiberg):

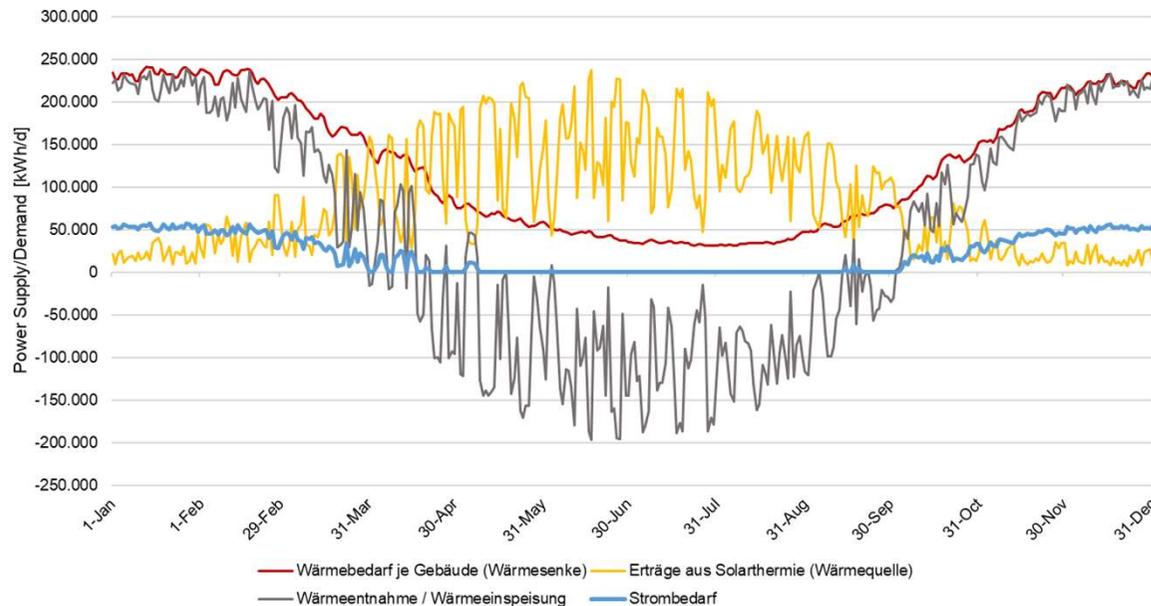


Abbildung 4: Saisonaler Verlauf des Kühlbedarfs, des Heizbedarfs, der solarthermischen Erträge und der daraus resultierenden Wärmeentnahmen/-einspeisungen

→ Variation der berücksichtigten erneuerbaren Energiequellen (z.B. industrielle Abwärme etc.) in weiteren Szenarien

Kennzahlen Beispielszenario im Quartier:

- Wärmebedarf: 46,3 GWh/a
- Solarthermie-Erträge: 30,4 GWh/a
  - Direktnutzung: 16,5 GWh/a
  - Einspeisung: 13,9 GWh/a
- Versorgungslücke: **29,8 GWh/a**

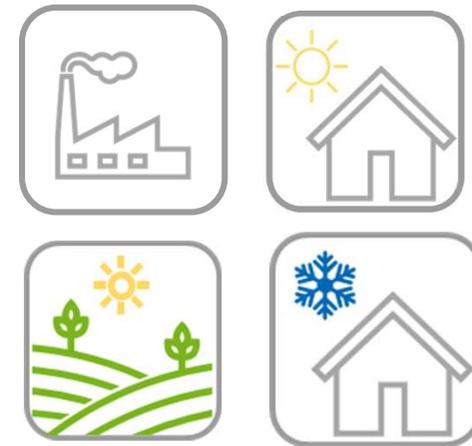
**Aber: Speicherverluste & Transportverluste zu berücksichtigen:**

→ Wärmebereitstellung: **38,5 GWh/a** erforderlich

→ **Solarthermie allein nicht ausreichend zur Deckung im gewählten Szenario**

## Beispielszenario: Nutzung geringer Anteil ind. Abwärme

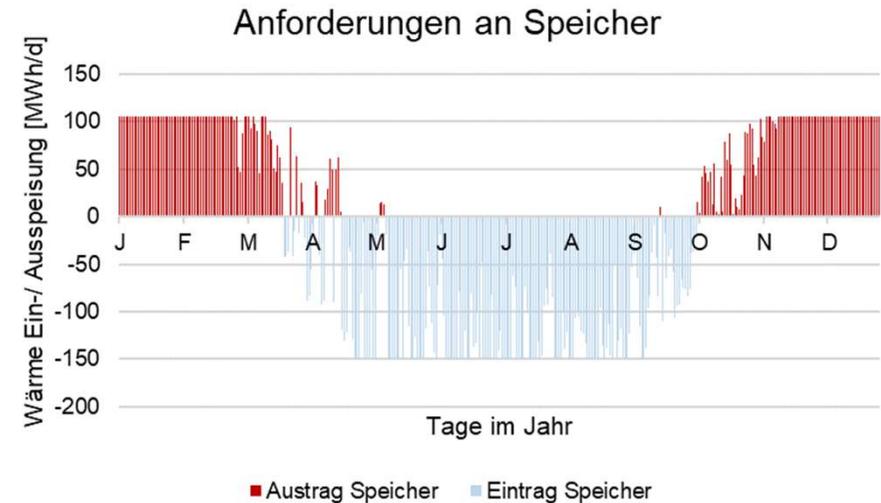
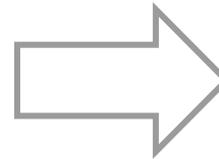
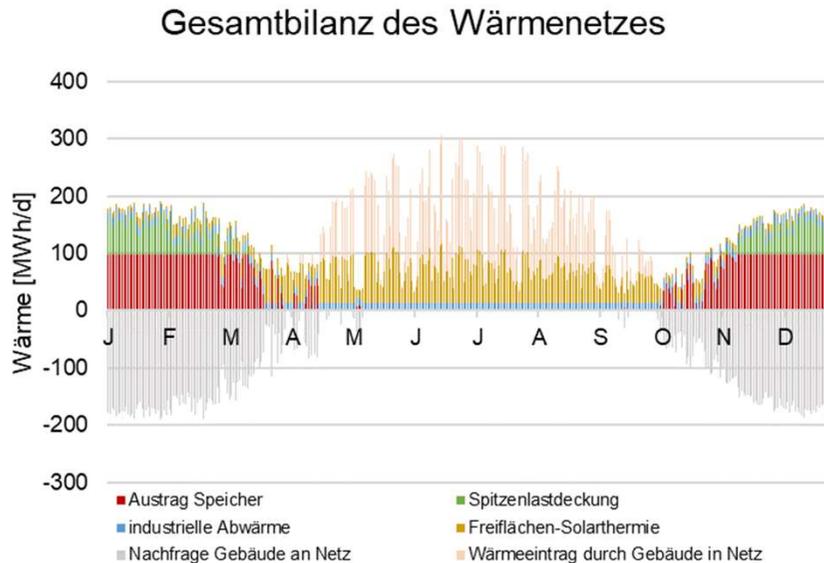
- Rahmenbedingungen für weitere Szenarien:
  - Vollständige Deckung der Wärmebedarfe
  - Speicherverlust als 50 % angenommen
  - Keine langfristige Auskühlung/ Erwärmung des Speichers
- Eintrag von:
  - 10% der industriellen Abwärme
  - Gesamtausbau Dachflächen-Solarthermie
  - 20 % Spitzenlastabdeckung durch alternatives Brennstoffsystem



### → Fragestellung:

- Welcher Anteil Freiflächen-Solarthermie
- Welche Anforderungen an eine Spitzenlastkompensation

# Entwicklung von Versorgungsszenarien



- Anforderung 20 % Spitzenlastabdeckung:
  - Dimensionierung: 3,3 MW
  - Jahresarbeitszahl: 1.520 h/a
- Flächenbedarf Freiflächen-Solarthermie:
  - 1 % der Freifläche der Gemeinde
  - 17 ha

- Anforderungen Wärmeübertrager des Speichers:
  - Leistung Wärmeaustrag: 3,9 MW
  - Leistung Wärmeeintrag: 7,7 MW
  - Jahresarbeitszahl: 3.400 h/a

# Entwicklung von Versorgungsszenarien



Anteil Spitzenlast variiert	0 %	10 %	20 %	50 %
Leistung Spitzenlastabdeckung	-	2,3 MW	3,3 MW	5,5 MW
Jahresarbeitszahl Spitzenlastabdeckung	-	1.100 h/a	1.520 h/a	2.260 h/a
Flächennutzung Solarthermie	21 ha	19 ha	17 ha	12 ha
<b>Dimensionierung Wärmeübertrager</b>				
Einspeisung in Speicher	40,7 MW	9,6 MW	7,7 MW	3,4 MW
Ausspeisung aus Speicher	20,4 MW	4,8 MW	3,9 MW	1,7 MW
Jahresarbeitszahl WÜ	850 h/a	3.170 h/a	3.400 h/a	3.950 h/a

- Grundlastabdeckung durch MTES rechnerisch möglich, jedoch geringe Jahresauslastung
- Bereits bei 10 % Spitzenlastabdeckung durch Zusatzsystem deutliche Erhöhung der der Jahresauslastung (geringer dimensionierter) Wärmeübertrager möglich

# Agenda

- 1 MineATES: Arbeitsschwerpunkte des Teilvorhabens
- 2 Auswahl geeigneter Gebiete für eine netzgebundene Versorgung
- 3 Räumliche Analyse lokaler Potenziale für erneuerbare Wärme
- 4 Entwicklung von Versorgungsszenarien
- 5 Nächste Schritte im Teilprojekt**

## Nächste Schritte im Teilprojekt

- Schnittstellendefinition, Datenaufbereitung und Datenübergabe an das Projektkonsortium
- Abstimmung und **Entwicklung von weiteren Szenarien** zur effizienten Wärmespeichernutzung zur Quartiersversorgung auf Basis aller verfügbaren Abwärmequellen
- **Integration von Realdaten zu Speicherverlusten** (Basis: untertägige Messwerte) und Sensitivitätsanalyse im Zusammenhang mit den erstellten Versorgungskonzepten
- Ermittlung **wirtschaftlicher und technischer Kennzahlen** für die Reallabor-Standorte & Vergleich mit konventionellen Versorgungstechnologien
- Erstellung von **aussagekräftigem Kartenmaterial** für ausgewählte Versorgungsszenarien
- Ableitung von **allgemeingültigen Kriterien** (Obertage) bzgl. Anforderungen an eine ATES-Nutzung im Rahmen der netzgebundenen Wärmeversorgung
- Überführung der Ergebnisse in den Kriterienkatalog des Projektes
- Erstellung Schlussbericht & weiterer Veröffentlichungen\*

\* **Bisherige Fachveröffentlichungen:** Fachartikel in der Zeitschrift „GWF Gas+Energie“ 06/2023, Vorstellung des Projektes im Rahmen des Geothermiekongresses in Essen 10/2023, Vorstellung des Projektes auf dem Symposium zur kommunalen Wärmeplanung in Berlin 04/2024, Vorstellung des Projektes auf dem 15th International Mine Water Association Congress 2024 in Morgantown, USA 04/2024

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ihr Ansprechpartner

**Dipl.-Ing. Mareike Bleidießel**  
Projektbearbeitung

Tel.: +49 (0) 3731-4195338

E-Mail: [Mareike.bleidiesel@dbi-gruppe.de](mailto:Mareike.bleidiesel@dbi-gruppe.de)

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH  
Karl-Heine-Straße 109/111 · D-04229 Leipzig



Weitere Informationen: <https://www.dbi-gruppe.de/fachgebiete/energieversorgungssysteme/potenzial-gis-analysen/>

🌐 [www.dbi-gruppe.de](http://www.dbi-gruppe.de)