

# Möglichkeiten zum Einsatz von Großwärmepumpen an Kohlekraftwerksstandorten

Nicolas Fuchs, Reuven Paitazoglou, Anja Hanske, Jessica Thomsen  
Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG

**EnInnov 2024**

**Graz, 14-16.02.2024**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**FernWP:  
FKZ 03EN4015A**

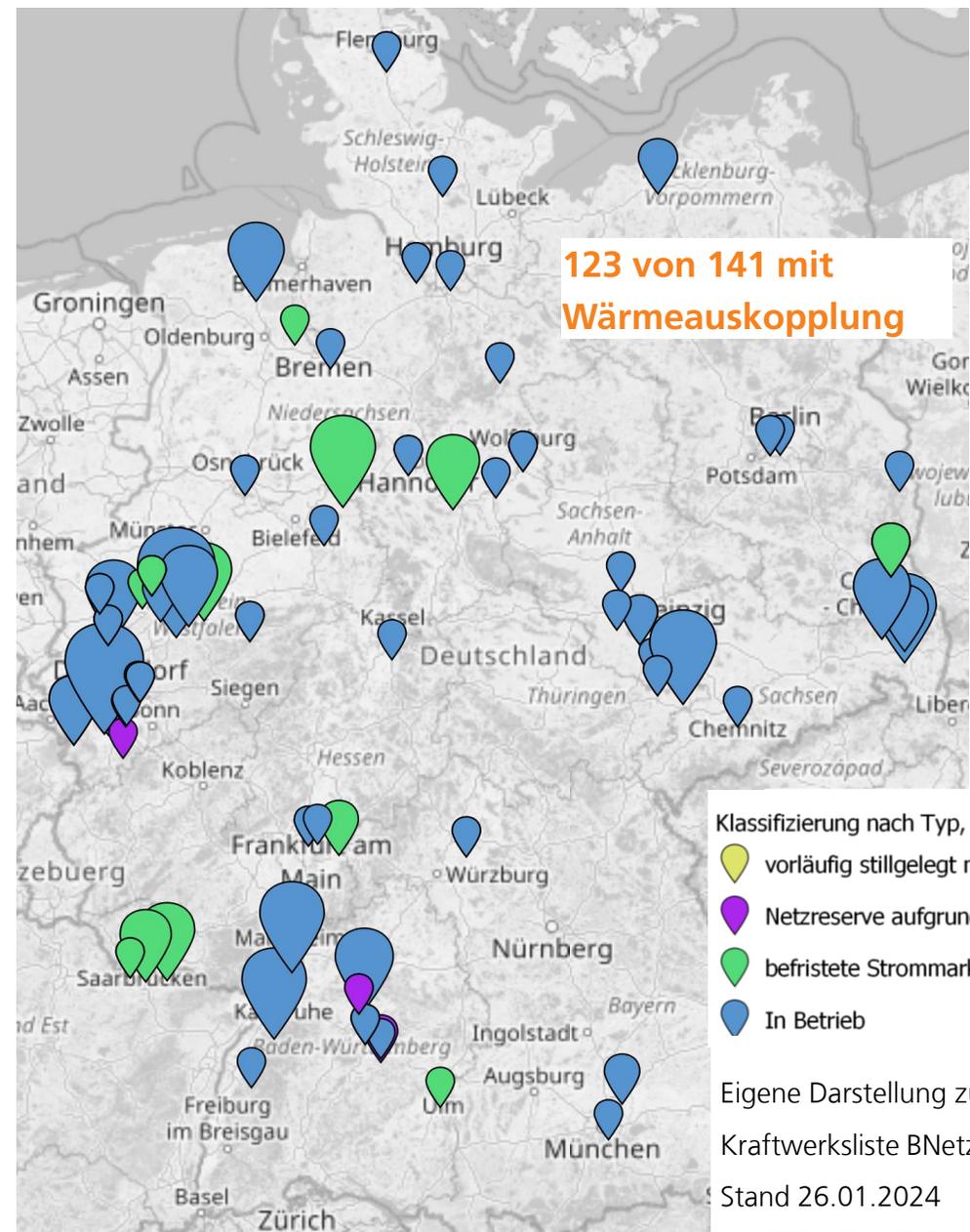
# Problem

## CO<sub>2</sub>-freie Fernwärmeversorgung

- Wärmenetze sind langfristig mit EE-Wärme zu versorgen<sup>1</sup>
- Bislang stellen noch viele Kohlekraftwerke diese Wärme bereit, doch der Ausstieg in DE ist beschlossen
- Es könnten Wärmequellen an den Kraftwerkstandorten existieren, die sich für Großwärmepumpen eignen

### Aber:

- Verfügbarkeit und technische Potential von natürlichen Wärmequellen an Kraftwerkstandorten unbekannt
- Eignung von lokalen Wärmequellen für die bestehenden Wärmenetze und ihre Nachfragescharakteristik unsicher
- Weiternutzung der Infrastruktur und Integration der Wärmequellen über Großwärmepumpen unklar



# Forschungsfragen

## FernWP Projekt Arbeitspaket 2

1

Welche Wärmequellen sind an den Kraftwerksstandorten vorhanden und welche technischen Potentiale sind energetisch erschließbar?

2

Welche Charakteristik weisen die bestehende Wärmenachfrage und Wärmenetze auf?

3

Wie lassen sich bestehende Infrastrukturen weaternutzen und Wärmequellen integrieren?

### Berücksichtigte Wärmequellen für GWP

#### Luft-basiert

- Luft
- Abwärme

#### Wasser-basiert

- Oberflächengewässer (Flüsse, Seen, Ozeane, Reservoirs)
- Abwasser
- Grundwasser, Minen

#### Erd-basiert

- Oberflächennahe Geothermie
- Tiefengeothermie

#### Solarthermie

#### Biomasse

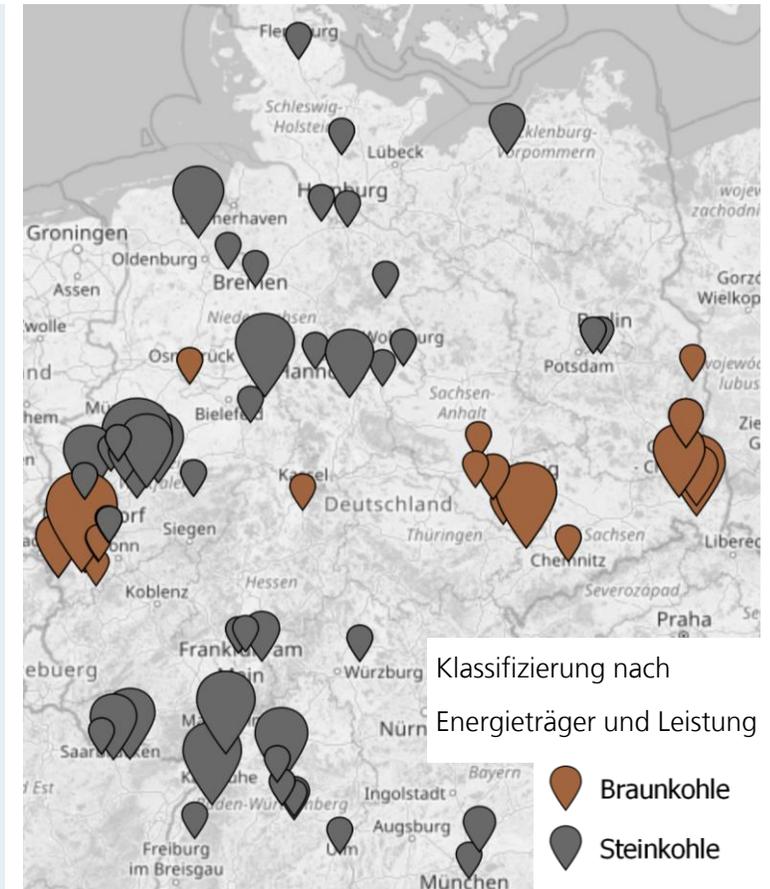
- Abfälle, Klär-/Biogas
- Feststoffe

# Methode

## 3 Schritte zur Bewertung von lokalen Wärmequellen Potentialen

### 3 Schritte

- 1. Identifikation möglicher Wärmequellen an den Kraftwerksstandorten.**
- 2. Evaluierung der Wärmequellenpotentiale.**
  - Open-source und geheimhaltungsrelevante Datenerhebung
  - Datenerhebung zeitabhängiger Parameter der Nachfrage und Quellen
  - Abschätzung der technisch realisierbaren Potentiale unter Limitierungen bzw. Grenzkriterien
  - Befragung der Kraftwerksbetreiber zu Strukturen und Charakteristik
- 3. Einordnung der Verfügbarkeit von Wärmequellen und des möglichen Einsatzes von Großwärmepumpen an den Standorten.**



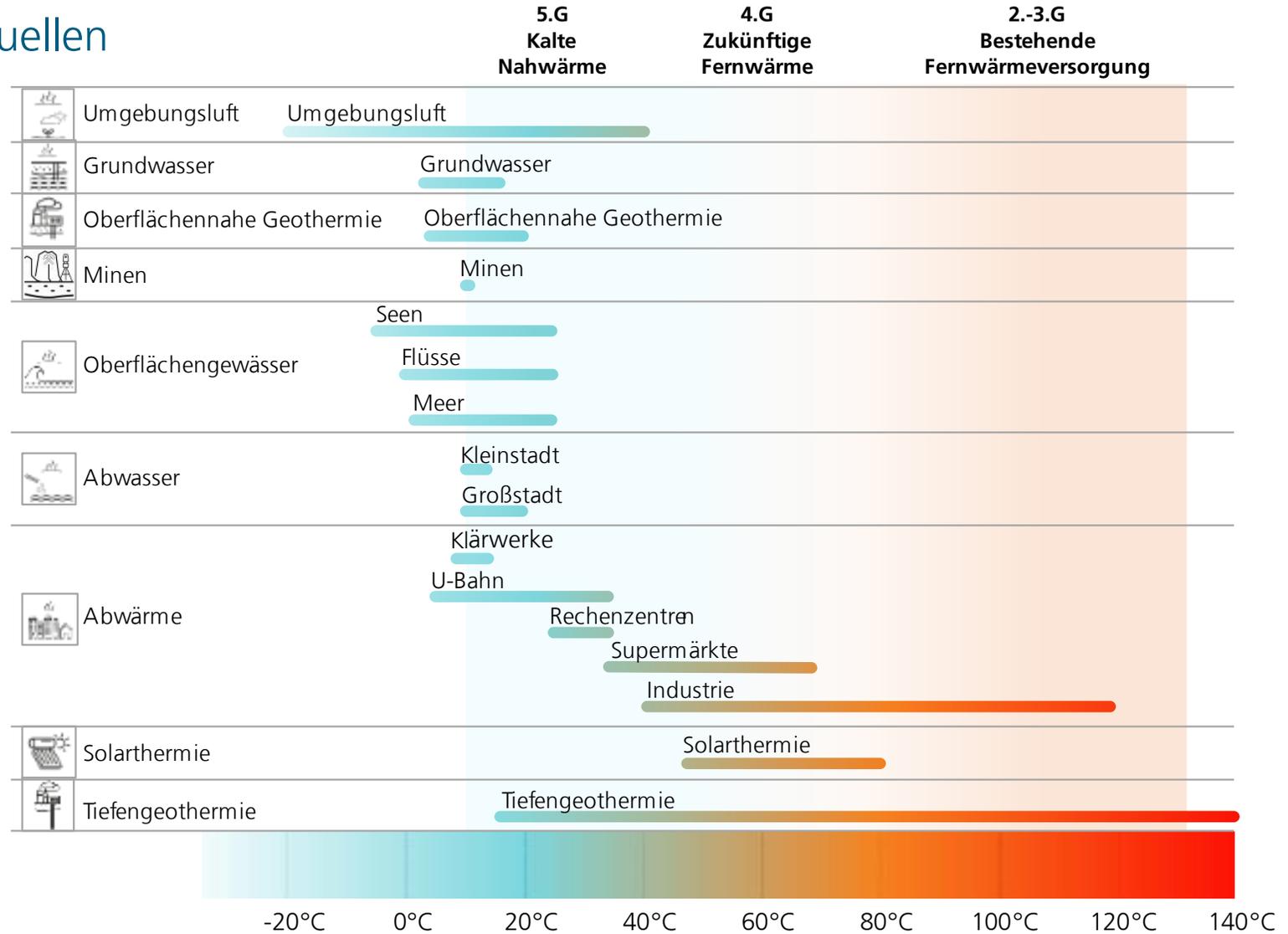
Quelle: Kraftwerksliste, BNetzA; Stand 26.01.2024

# Methode der Identifikation

## Natürliche und anthropogene Wärmequellen

### Screening von möglichen Wärmequellen für die Fernwärme.

- Übersicht des Kraftwerksstandortes
- Identifikation geeigneter Standpunkte und Flächen auf den Kraftwerksgeländen
- Erhebung von räumlicher, zeitlicher und Zustands- Daten für jede Wärmequelle



# Methodik der Datenerhebung

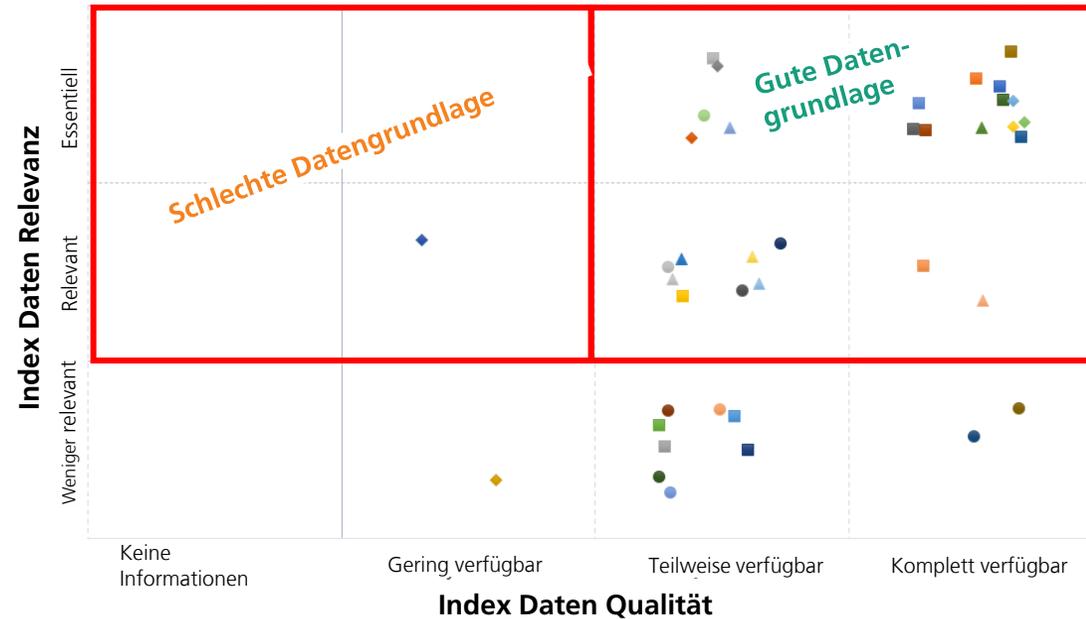
## Exkurs in die Datenverfügbarkeit

### Standortanalyse:

- Historische Messwerte der Quellentemperaturen, Massenstrom oder Volumen
- Freiflächen, Nutzflächen, Infrastruktur
- Regulatorische Rahmenbedingungen und Genehmigungen



Kraftwerksstandort Karlsruhe



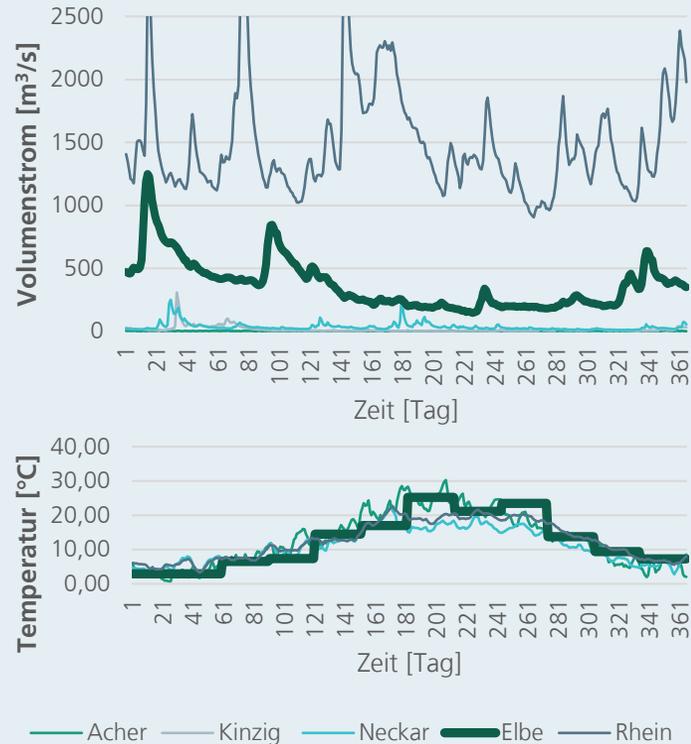
### Indikatoren

- Groundwater quantity
- Surface water volume and/or flow rate
- Groundwater quality
- Depth of access of groundwater
- Thickness of the quaternary
- Thickness of the pebble
- Thickness of aquifer
- Groundwater temperature
- Surface water temperature and soil-based
- Thermal conductivity
- Thermal diffusivity
- Soil mean temperature
- Global irradiance on a fixed plane
- Heat source accessibility
- Area available
- ◆ Auxiliary Systems costs
- ◆ Heat exchanger costs
- ◆ Heat pump costs
- ◆ Planning and admin. Costs
- ◆ P&M fixed costs
- ◆ Variable operating costs
- ◆ Demand-related cost based on VDI 2067
- ▲ Water-based use: European Water Framev
- ▲ Water-based use: WHG & WG, thermal ex
- ▲ Water-based use: Wastewater general req
- ▲ Water-based use: Sewage systems dischar
- ▲ Soil-based use: Legal permitting on WHG 8
- ▲ Soil-based use: Legal permitting on BBergG
- ▲ Soil-based use: Notice and reporting on D
- Heat intake and deposition
- Water consumptive use
- Water quality
- Non-consumptive groundwater use
- Depth limit on geothermal use
- Heat transfer substance use
- Thermal pollution
- Drilling and grouting related risk
- Antifreeze leakage
- Noise

# Potential Berechnungsmethode

## Indikatoren

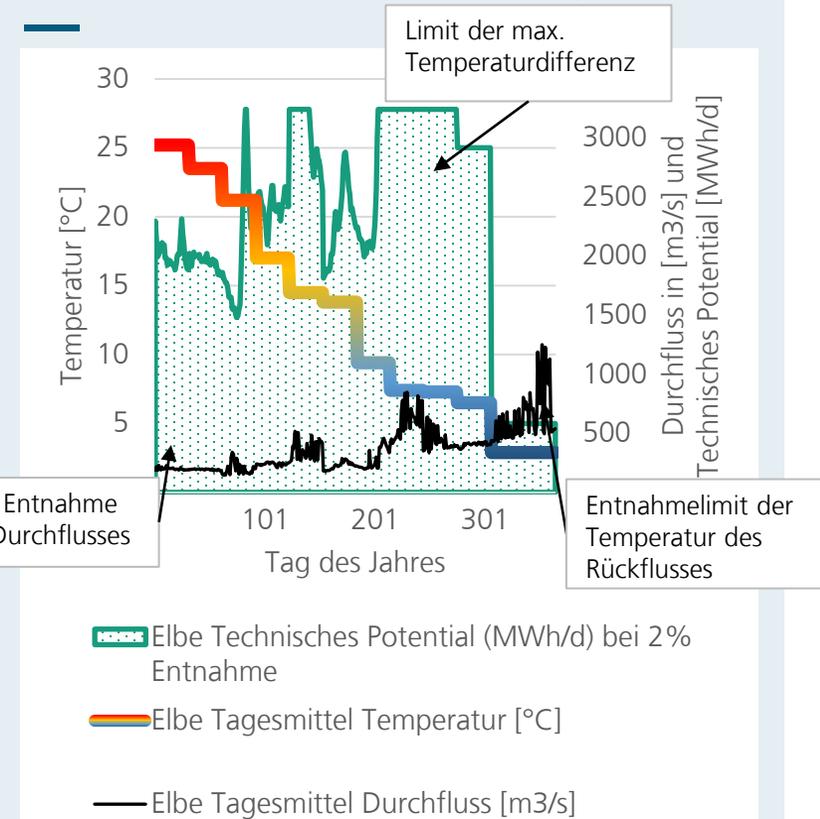
### Messdaten



### Berechnung

- Theoretisches Potential aus maximaler Temperaturdifferenz von Wärmequelle zu Medium, Volumenstrom und Stoffeigenschaften
- Zeitreihenanalyse unter Berücksichtigung von Umweltfaktoren und rechtl. Bedingungen für technisches Potential unter Grenzkriterien

### Potential, sortiert nach Temperatur

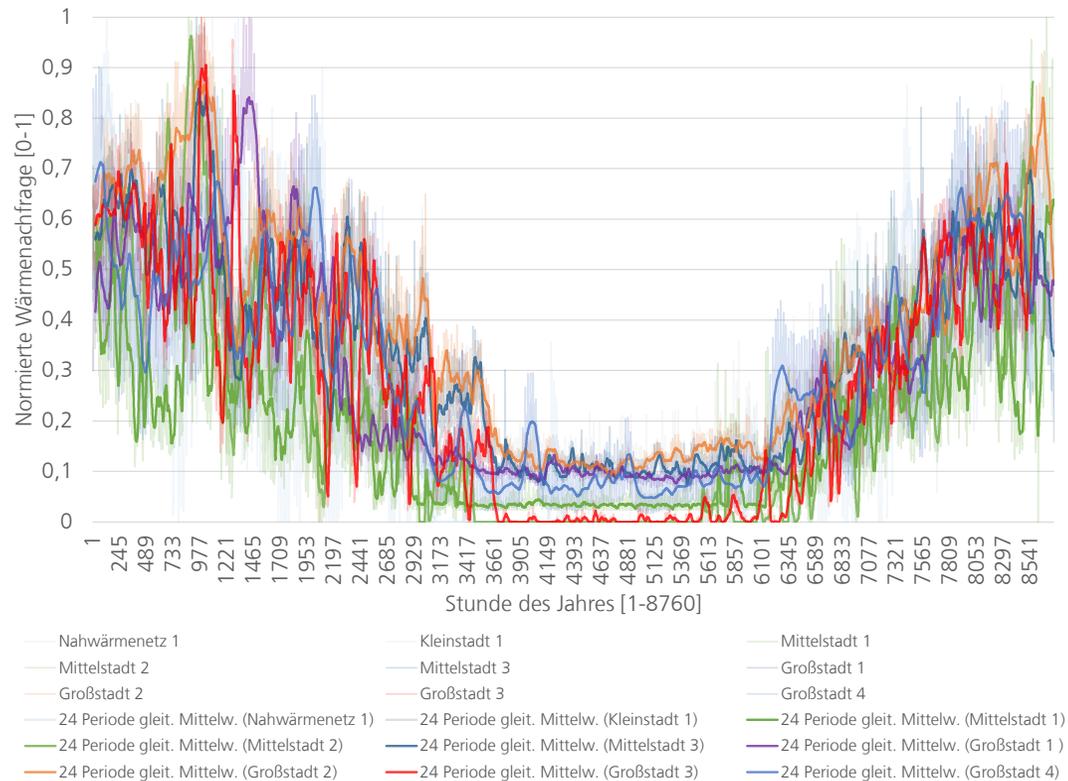




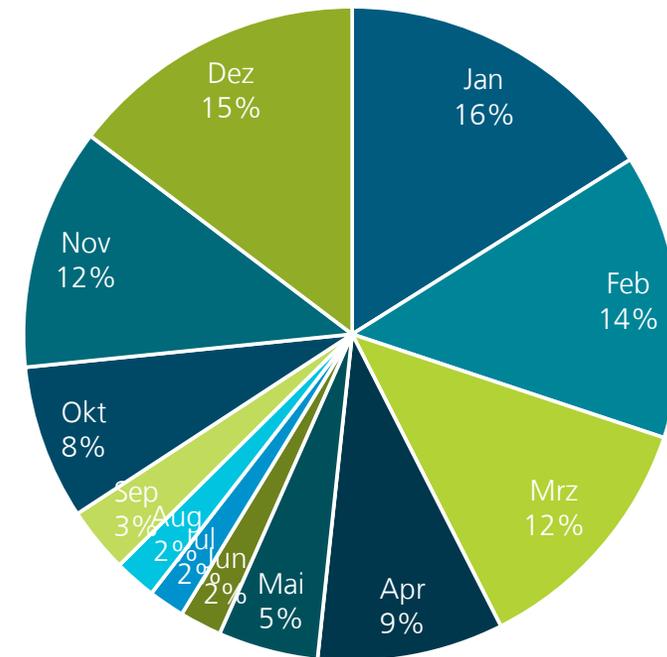
# Befragungsergebnisse zu Wärmenetz-Nachfrage Charakteristik

Aus der Umfrage in FernWP

## Genormte Wärmenachfrage mit typischem Verlauf



## Wärmenachfrage Verteilung nach Monaten



# Befragungsergebnisse zur Einbindung von Großwärmepumpen

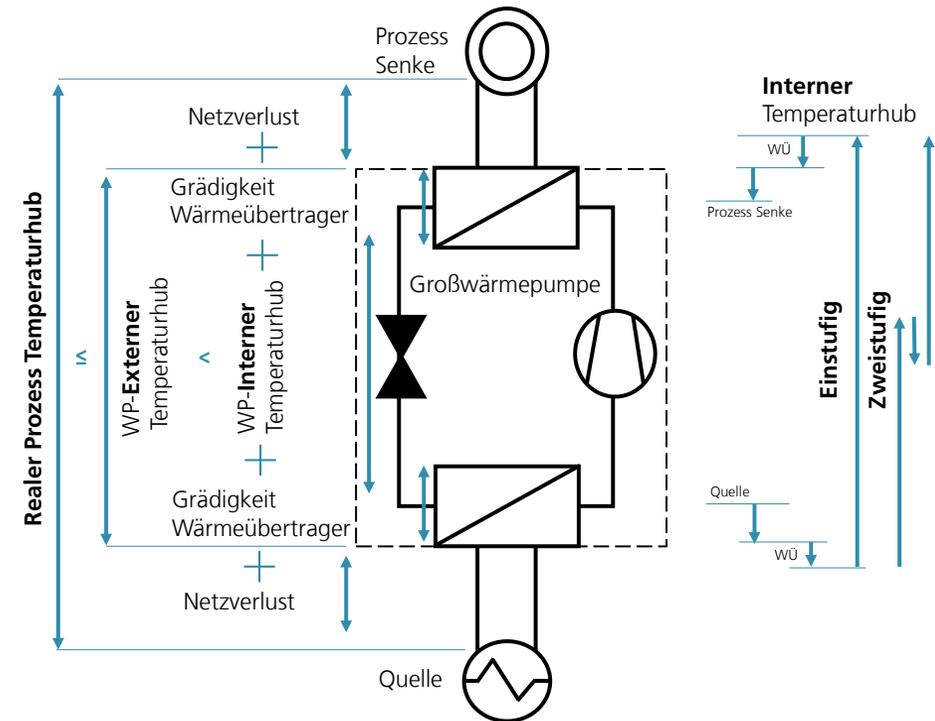
Ergebnisse der Befragung und Untersuchung

Einbindung von Wärmequellen ins Wärmenetz, in mehreren Varianten möglich:

- Direkte Einbindung in Vorlauf oder Rücklauf nur bei hohen Quellen-Temperaturen  $>90^{\circ}\text{C}$  oder
- Anhebung mit Großwärmepumpe, bisher meist in Rücklauf eingebunden
- Anzahl der GWP-Stufen ist abhängig von vorhandener Infrastruktur und Temperaturfahrweise

Zu berücksichtigen:

*Der zu leistende Temperaturhub der Wärmepumpe ist größer als der Temperaturhub zwischen Wärmequelle und FW-Netz*



# Technisches Wärmeentzugspotentials nach Quelle und Kraftwerksstandort

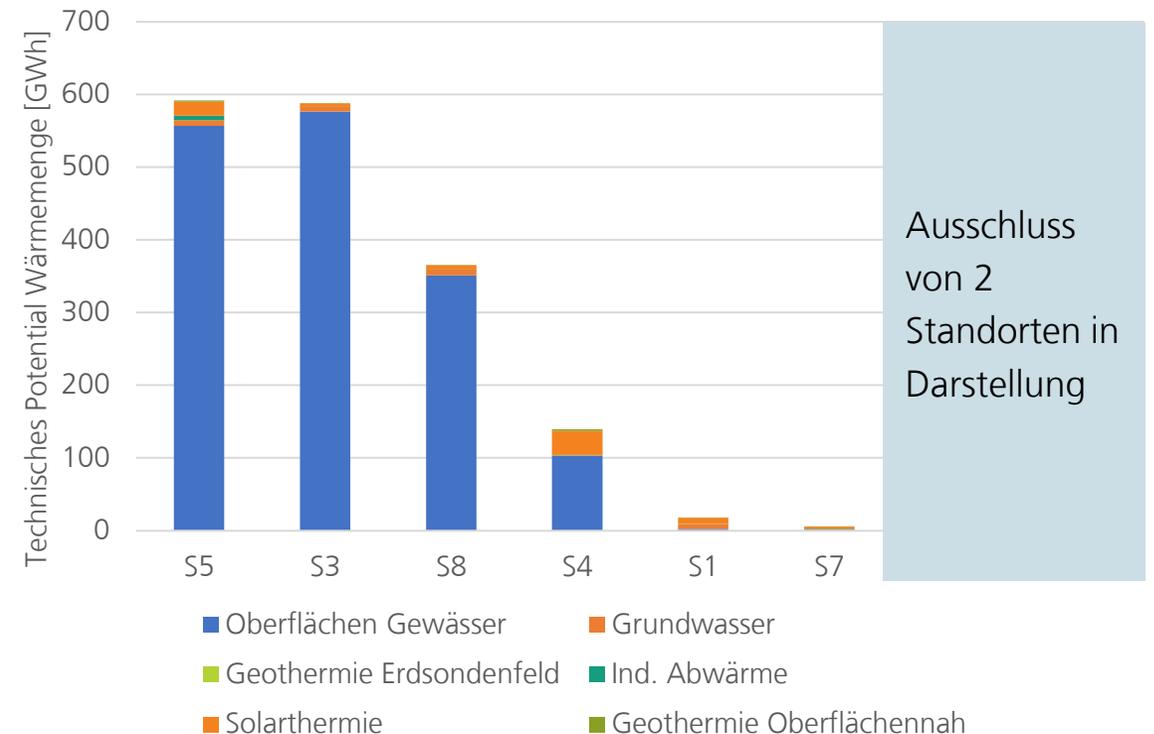
## Ergebnisse der Evaluierung

### Abschätzung der Wärmeentzugspotentials aus technischen Potentialen

#### Unter Berücksichtigung:

- **der Wärmetauscher und Wärmepumpen (skaliert anhand technisch verfügbarer Leistung)**
- **Eignung der lokalen Wärmenetzstruktur**
- **Eignung für lokale Wärmenachfrage (Abschätzung)**
- **Weitere Begrenzung (Abstände zu Netz und Senke, Limitierungen)**

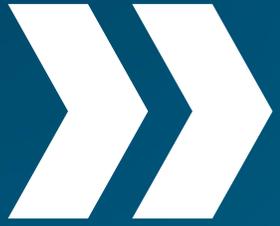
### Vergleich des technischen Wärmeentzug-Potentials nach Quelle und Kraftwerksstandort



# Fazit

---

- 1) Hohes verfügbares Energiepotenzial aus Niedertemperaturwärmequellen, jedoch sehr standortspezifisch.
- 2) Hohes Wärmequellenpotenzial auf den analysierten Kraftwerksgeländen oder in unmittelbarer Nähe:
  - Hauptsächlich aus **Fließgewässern**, sowie **Geothermie** und **Solarthermie**
  - **Kohlekraftwerksstandorte können ohne diese Quellen langfristig nicht oder nur schwer durch lokal verfügbare Wärmequellen versorgt werden,**  
eine Weiternutzung nach Außerbetriebnahme der Kohleblöcke dieser Standorte sollte kritisch geprüft werden.
- 3) Die Potentialbewertung muss eine zeitliche Begrenzung der lokalen Wärmequellen berücksichtigt, Jahresbilanzwerte sind nicht ausreichend (wichtigste Messdaten: stündliche Temperatur, Durchflüsse, Volumen).
- 4) Befragungsergebnisse: Pläne für Großwärmepumpen im Leistungsbereich von 20-50 MW je Einheit als Ersatz der Kohleverbrennung



**Die meisten Kohle-Kraftwerksstandorte verfügen über Wärmequellen, die mittels Großwärmepumpen erschließbar sind und so die Weiternutzung bestehender Infrastruktur ermöglichen.**

# Kontakt

---

**Nicolas Fuchs**  
**Dezentrale Energiesysteme und Märkte**  
**Tel. +49 12 3456-5589**  
**[nicolas.fuchs@ise.fraunhofer.de](mailto:nicolas.fuchs@ise.fraunhofer.de)**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

FernWP:  
FKZ 03EN4015A

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---

## Möglichkeiten zum Einsatz von Großwärmepumpen an Kohlekraftwerksstandorten

Nicolas Fuchs, Reuven Paitazoglou, Anja Hanske, Jessica Thomsen  
Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**FernWP:**  
**FKZ 03EN4015A**

# Fragen an das Publikum

<https://www.menti.com/ald4y7ifnqn4>

3355 0580



1

Welche Wärmequellen konntet ihr bisher aufgrund von Datenverfügbarkeit nicht berücksichtigen?

2

Welche positiven/negativen Erfahrungen habt ihr mit der saisonalen energetischen Verfügbarkeit von Wärmequellen gemacht?

3

Wie schätzt ihr den Fortschritt bei der Einbindung multipler Wärmequellen in größere Wärmenetze ein?

4

Decken sich eure Erfahrungen zur Wärmequellen-Datenerhebung mit den Aussagen?



# Methode

## Indikatoren

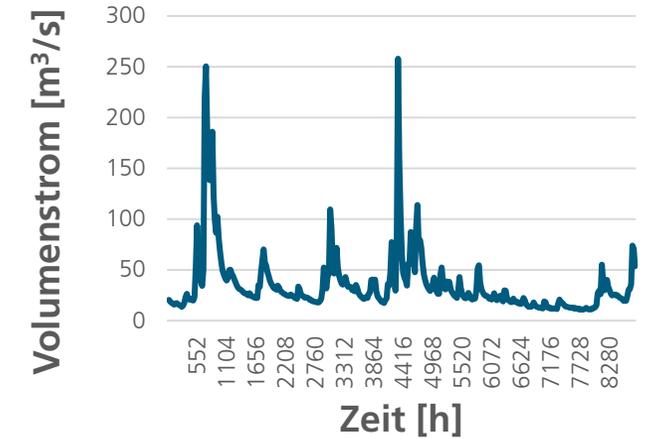
### □ Technische Indikatoren

### △ Regulatorische Indikatoren

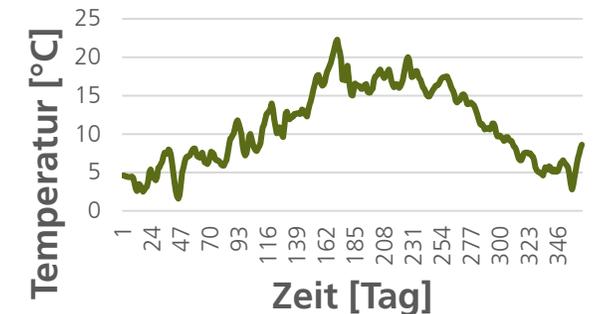
### ◇ Ökonomische Indikatoren

### ○ Ökologische Indikatoren

Water quantity	Groundwater quantity (m <sup>3</sup> /h) Surface water volume (m <sup>3</sup> ) or flow rate (l/s)
Water quality	Groundwater quality
Water accessibility	Depth of access of ground water (m)
Ground conditions	Thickness of the quaternary (m) Thickness of the pebble layer (m)
Effect of groundwater	Thickness of aquifer (m)
Water temperature	Groundwater temperature (°C) Surface water temperature and soil-heat sources temperature (°C)
Thermal properties of the soil	Thermal conductivity (W/mK) Thermal diffusivity (m <sup>2</sup> /s) Soil mean temperature (°C)
Global irradiance	Global irradiance on a fixed plane (W/m <sup>2</sup> )
Heat source accessibility	Distance grid to the heat extraction point (m)
Area available	Area available (m <sup>2</sup> )
European Water Framework Directive	
Federal Water Act (WHG) and State Water Act (WG)	
Wastewater ordinance (ABwV)	
Ordinance on Systems for Handling water- Polluting Substances (AwsV)	
Water Resources Act (WHG / WG)	
Federal Mining Act (BBergG)	
Deposit Act	
Heat source related CAPEX	Auxiliary Systems cost per kW (EUR/kW) Heat Exchanger cost per kW (EUR/kW)
Heat Pump related CAPEX	Heat Pump cost per kW (EUR/kW)
Planning and administrative- related CAPEX	Planning and admin. Cost per kW (EUR/kW)
Operation and maintenance fixed cost – fix OPEX	Fixed costs per kW (EUR/kW/a)
Variable operating costs – var OPEX	Cost of electricity consumed by HP and pumping system (EUR/kWh/a)
Heat intake and deposition	Maximum permissible heat extraction from waterbody, $\Delta T_r$ (K)
Water consumptive use	Well interference and distance between wells
Water quality	Minimum water quality suitability
Non-consumptive groundwater use	Temperature plume
Depth limit on geothermal use	Geothermal collectors depth limit
Heat transfer substance	Properties of heat transfer substance used
Thermal pollution	Underground temperature change
Drilling and grouting related risk	Land subsidence Ground uplift Sinkholes formation
Antifreeze leakage	Antifreeze leakage risk
Noise	Noise level



— Fluss Neckar Fließgeschw. [m<sup>3</sup>/s]



— Flusswasser Neckar

# Methode

## Grenzkriterien und Berechnung

### Berechnung

– Je Zeiteinheit [h oder Tag]

– Allg. Berechnung folgt:

$$P = \frac{\Delta T V \rho_i C_{pi}}{t}$$

– Theoretisches Potential

– Technisches Potential unter Grenzkriterien

**Tabelle: Auszug aus Grenzkriterien**

Quelle	Grenzkriterien	Höchstwerte in eigener Berechnung	
Abwasser	Abfluss $\leq 15$ l/s, $D \geq 300$ m	$\Delta T$ (Ablauf/Einleitwasser)	Winter: 1 K Sommer: 1.5 K
Offene Gewässer	Fläche See $< 1$ km <sup>2</sup> , Wasserschutzzone	$\Delta T$ (extrahiertem Wasser)	5 K
		Min. Wasser T	2-4 °C (nach WP)
		$\Delta T$ (Gesamtkörper)	1 K (z.T. auch höher)
Grundwasser	Fließgeschwindigkeit $\leq 5$ m <sup>3</sup> /h, Geschützte Quellen	$\Delta T$ (extrahiertem Wasser)	6 K
		Min. Wasser T.	5 °C
Agro-geothermische Kollektoren	Fläche $\leq 5000$ m <sup>2</sup>		
Kommerzielle Abwärme	$T \geq 35$ °C		