



## ROADMAP TIEFE GEOTHERMIE FÜR DEUTSCHLAND

Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und  
Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende

# Potenziale der tiefen Geothermie am Beispiel RENEWAC

*Wärmewende in Quartieren – Kick-  
Off des Netzwerks CO<sub>2</sub>zero und des  
Landes-Tiefengeothermie-Projektes  
RENEWAC*

*IHK Berlin – 15. Januar 2024*

**Prof. Dr. Ingo Sass**

**Stefan Kranz**

**Dr. Ben Norden**

**Max Ohagen**

Helmholtz-Zentrum Potsdam

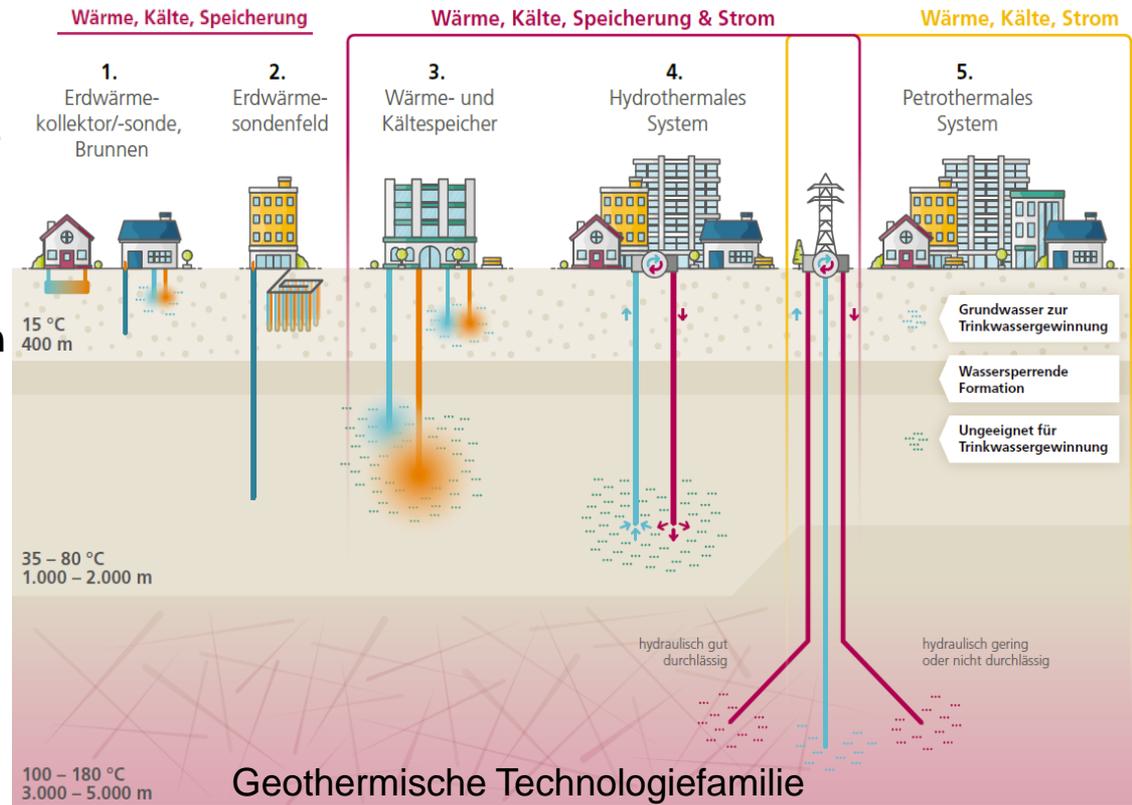
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

# Unabhängigkeit stärken

Dezentralisierung fördert erneuerbare Energiesysteme  
Mit Geothermie die Zukunft selbst sichern  
Vulnerabilität der Energieversorgung reduzieren  
Partizipation der BürgerInnen steigern  
Gesellschaftliches Selbstbewusstsein stärken

# Geothermische Technologiefamilie

- Investitionen in Schlüsseltechnologien der geothermischen Technologiefamilie
- Unabhängigkeit von Erdgas und Vermeidung von CO<sub>2</sub> als Leitgedanken
- Beschleunigte Genehmigungsverfahren
- Ausweisung von Vorzugsflächen
- Instrumente zur Fündigkeitsrisikoreduzierung
- Aktivierung des Wertschöpfungs- und Arbeitsmarktpotentials
- Urbane Erzeugung als Option



# Empfehlung der Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft

Marktpotenzial hydrothormaler Ressourcen für Fernwärme, Industrie, kommunale Wärme, Wohnungswirtschaft beträgt **300 TWh/a** bzw. **70 GW** (> 25 % Gesamtwärmebedarf)

**+ Oberflächengeothermie + Untergrundspeicher / Grubenwasser + Petrothermale Systeme**

1. Politik sollte klare Ausbauziele formulieren und diese regulatorisch untersetzen.
2. Kurzfristig benötigt werden Instrumente zur Risikominderung; insbesondere finanztechnische Werkzeuge, geophysikalische Untersuchungen in Ballungsräumen und ein Explorationsbohrprogramm.
3. Förderung von 10 - Jahres-Schlüsseltechnologien; z.B. Bohr- / Reservoirverfahren (Multilaterale / EGS), Bohrlochpumpen, Hochtemperatur-Wärmepumpen, Entwicklung von Großwärmespeichern und die sektorübergreifende Systemintegration.
4. Aktivierung des hohen Wertschöpfungs- und Arbeitsmarktpotentials von 5-10 Personen je MW installierter Leistung durch bildungspolitische und wirtschaftsfördernde Maßnahmen.
5. Breite Öffentlichkeitsarbeit mit proaktiver politischer Begleitung; Kommunen in den Mittelpunkt der Kommunikation mit partizipativen Möglichkeiten.

# Analysieren des Umweltkapitals

Eigene Ressourcen erkennen

Energiepotenziale ermitteln (Schlüsseltechnologien, Effizienz, Produktion, Speicherung ...)

Flora und Fauna schützen

Ernährung sichern

Ethische Grundsätze beachten

# Technische Potenziale einsetzen

Analyse- und Simulationswerkzeuge einsetzen (GIS, Modelle, Energiekartierung, ...)

Vorhandene Schlüsseltechnologien optimieren

Anwendung deutlich verstärken

Maßstäbe verschieben

Demonstrationsvorhaben reduzieren die Distanz und erhöhen die Akzeptanz

Forschung setzt Beispiele und Impulse für lokale Wirtschaftsentwicklung

# Kapazität und Wertschöpfung



## Strukturwandel

Arbeitsplätze Branche: ca. 20.000 (2016)

Investitionen: ca. 1,3 Mrd EUR (2017)

Zum Kapazitätenaufbau wird Industriekompetenz aus dem Strukturwandel der Energie-, Bergbau-, Kohlenwasserstoff-Branchen benötigt

## Wertschöpfung und Exportfähigkeit der Technologie

5 – 10 Jobs je MW installierte Leistung  
(FuE, Planung, Produktion, Anlagenbau, Betrieb)

## Unabhängigkeit von Energieimporten

71 % heutiges Energieaufkommen durch Importe  
2018: 63 Mrd. Euro bzw. 1,9 % des BIP

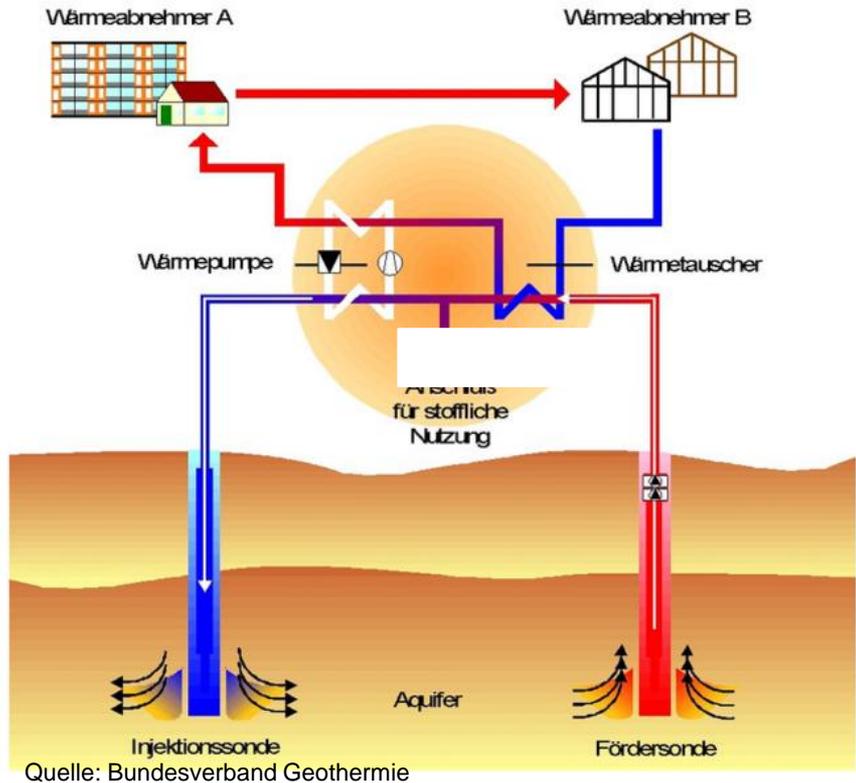
# Mit Geothermie die klimagerechte Stadt gestalten

Unterirdische Raumplanung einführen  
Vermeidung von Überhitzung

Aktive Kühlung durch passive Kühlung

Wärmenetze der 4ten und 5ten Generation entwickeln

# Potentialstudie geothermische Wärme Campus Buch



## Fernwärmenetz

Bedarfscharakteristik, Temperaturen TVL, TRL, Leistungen, weitere Komponenten

## Schnittstelle Geo/Fernwärmesystem

Direkte Wärmeübertragung und Wärmepumpenprozess

## Thermalwasserförderung

Volumenstrom, Förder-/ Injektionsaufwand (el. Energie)...

## Geothermisches Reservoir:

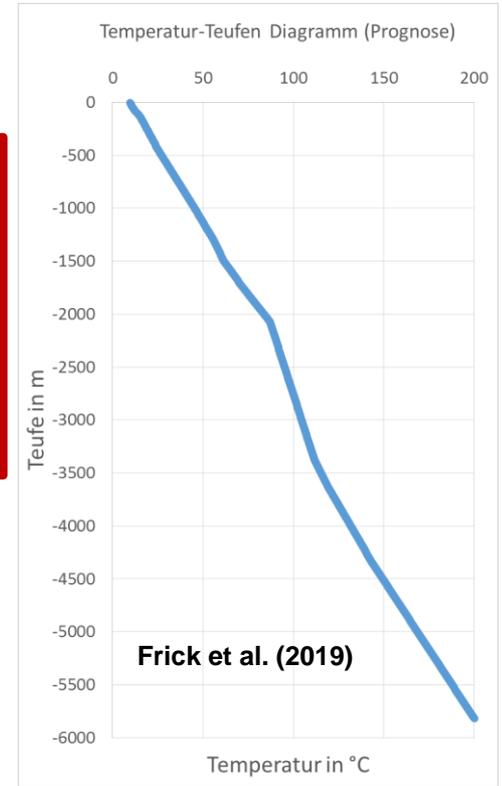
Tiefe, Temperatur, Mächtigkeit, Geologisch-geohydraulische Parameter, Geochemie

# Tiefe geothermische Reservoirhorizonte

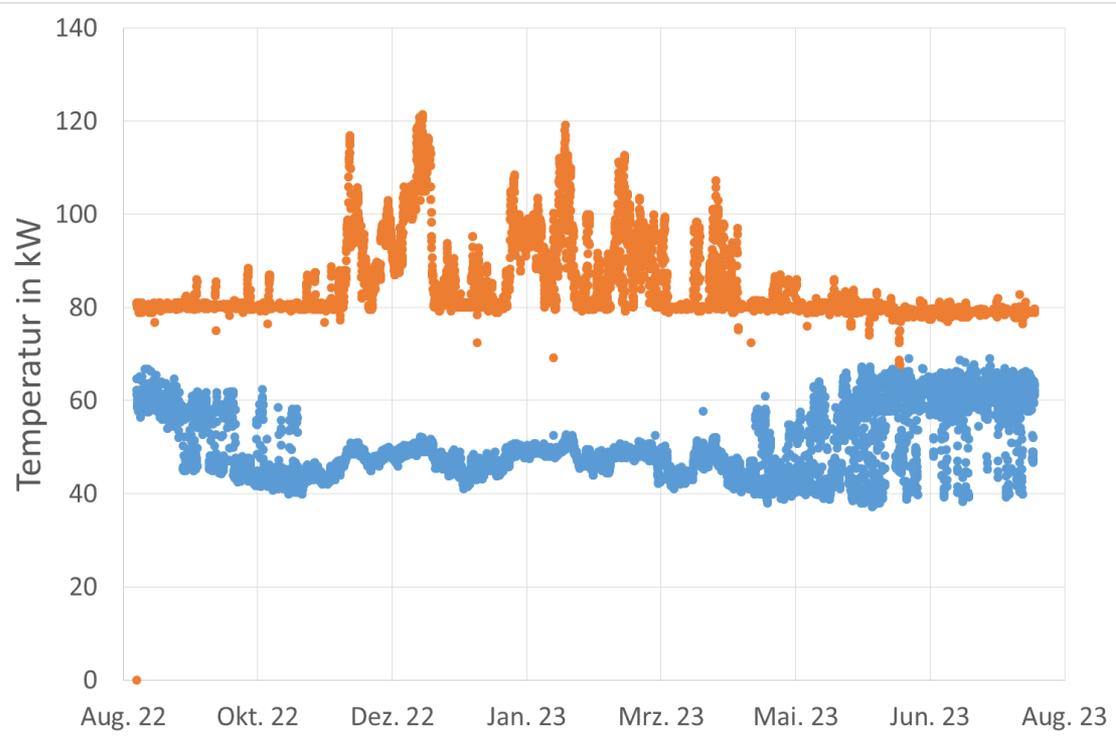
Horizont	Tiefenbereich [m u. GOK]	Mächtigkeit [m]	Temperatur [Grad C]	Porosität [%]	Permeabilität [mD]
Tertiär	50 - 75	25	12	30	1000
Hettang	500 - 550	30	28	23	500 (1000)
Stuttgart Fm.	~800	15	38	25	300
Muschelkalk	1250 - 1300	25	55	20	0,5 (Matrix)* ~500 (Kluft)
Buntsandstein	1590 - 1600	10	67	10 - 20	100 - 400
Rotliegend	3450 -3500	40	115	8	25

Aufgrund von Unsicherheiten bei der Interpretation der strukturellen Lage ist die Teufenabschätzung unterhalb des Rupeltons (Tertiär, ab Hettang) mit Ungenauigkeiten von bis zu +/- 200 m behaftet, also +/-6°C

\*Daten aus Feldmessungen in Spandau (Blöcher et al. 2023)



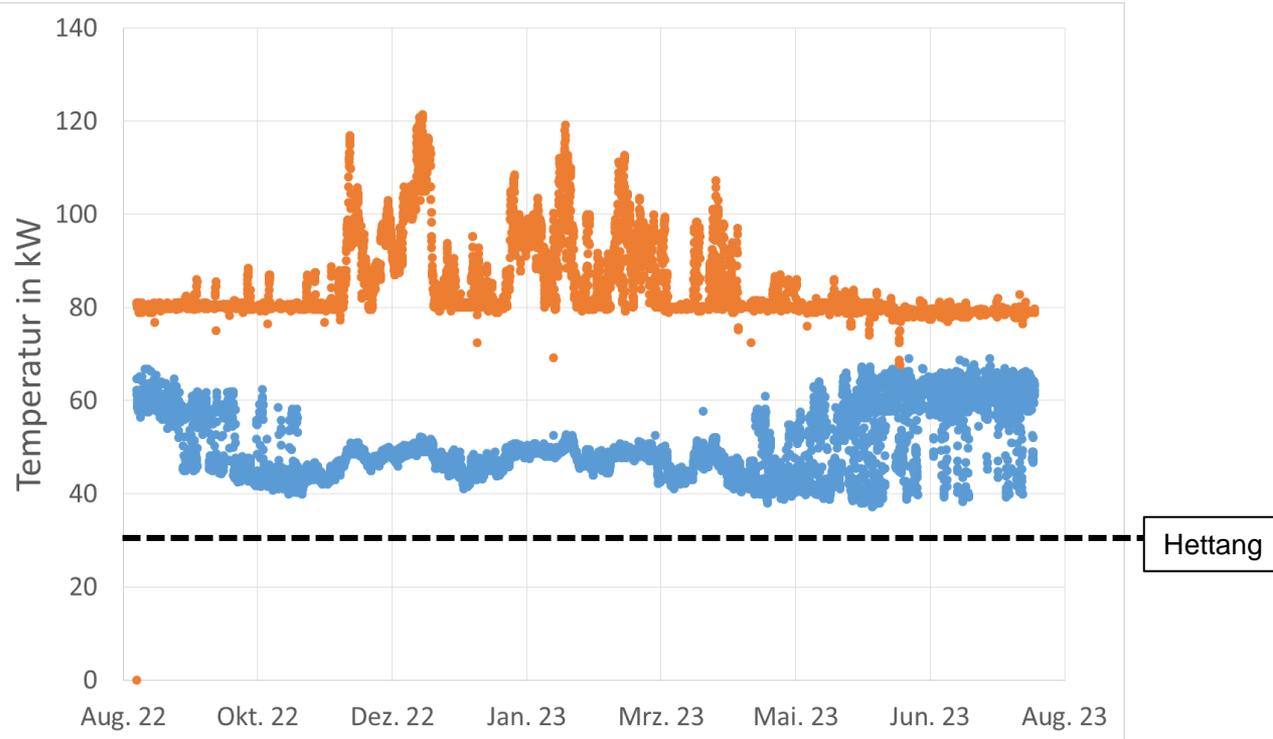
# Netztemperaturen Fernwärme Campus Nord



Vorlauf: 80-120°C

Rücklauf: 40-70°C

# Netztemperaturen Fernwärme Campus Nord

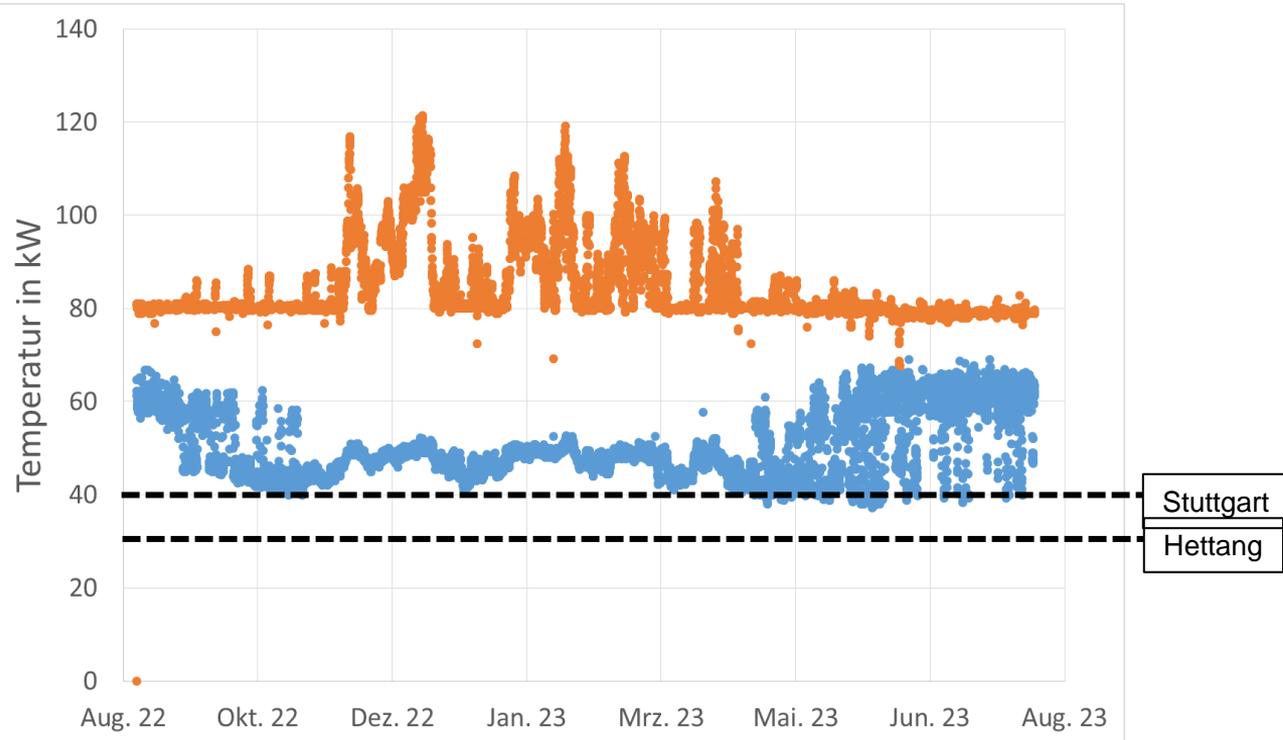


Vorlauf: 80-120°C

Rücklauf: 40-70°C

Hettang

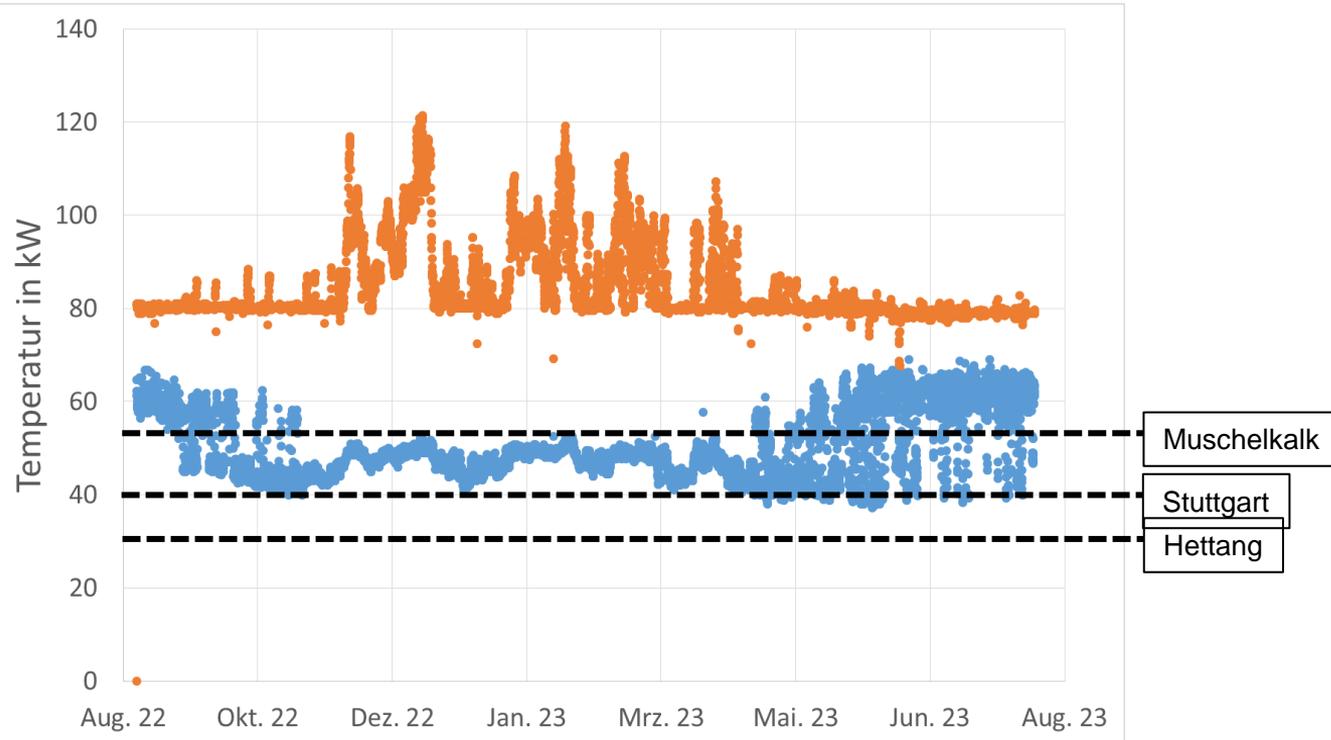
# Netztemperaturen Fernwärme Campus Nord



Vorlauf: 80-120°C

Rücklauf: 40-70°C

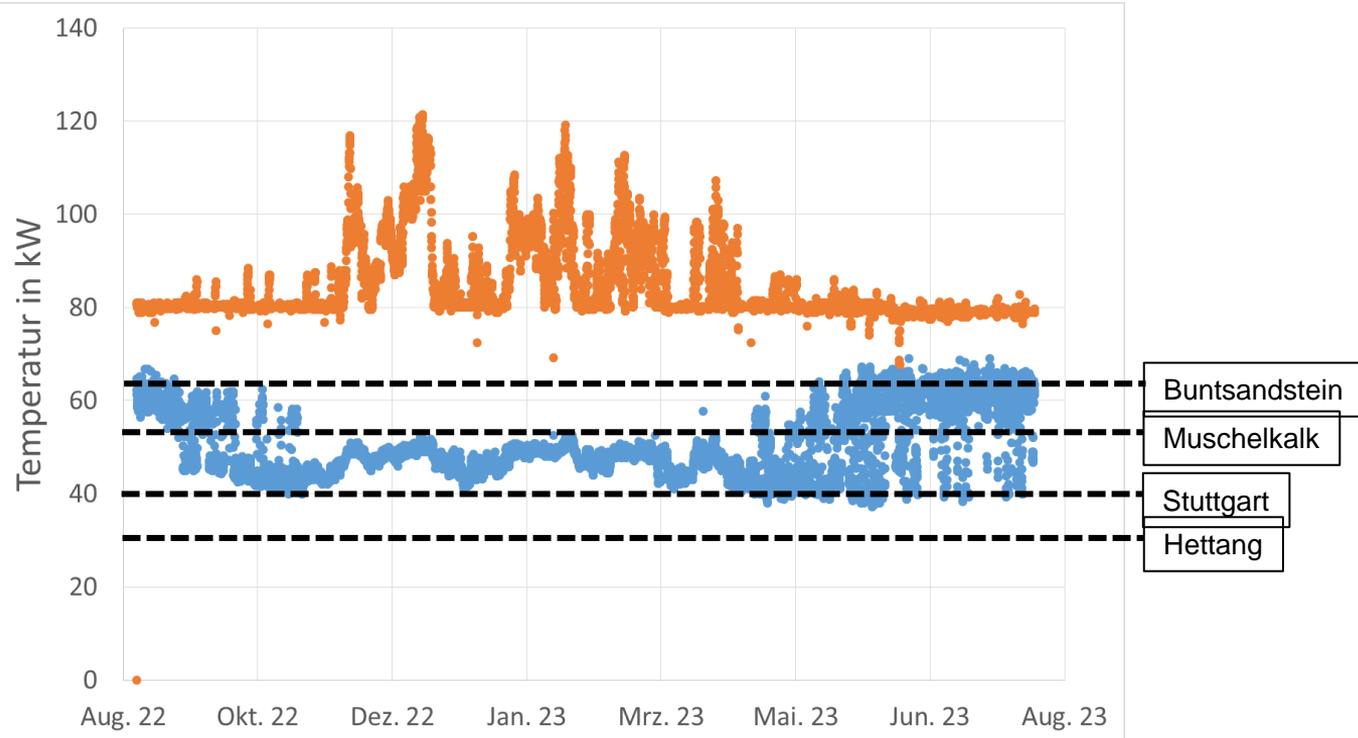
# Netztemperaturen Fernwärme Campus Nord



Vorlauf: 80-120°C

Rücklauf: 40-70°C

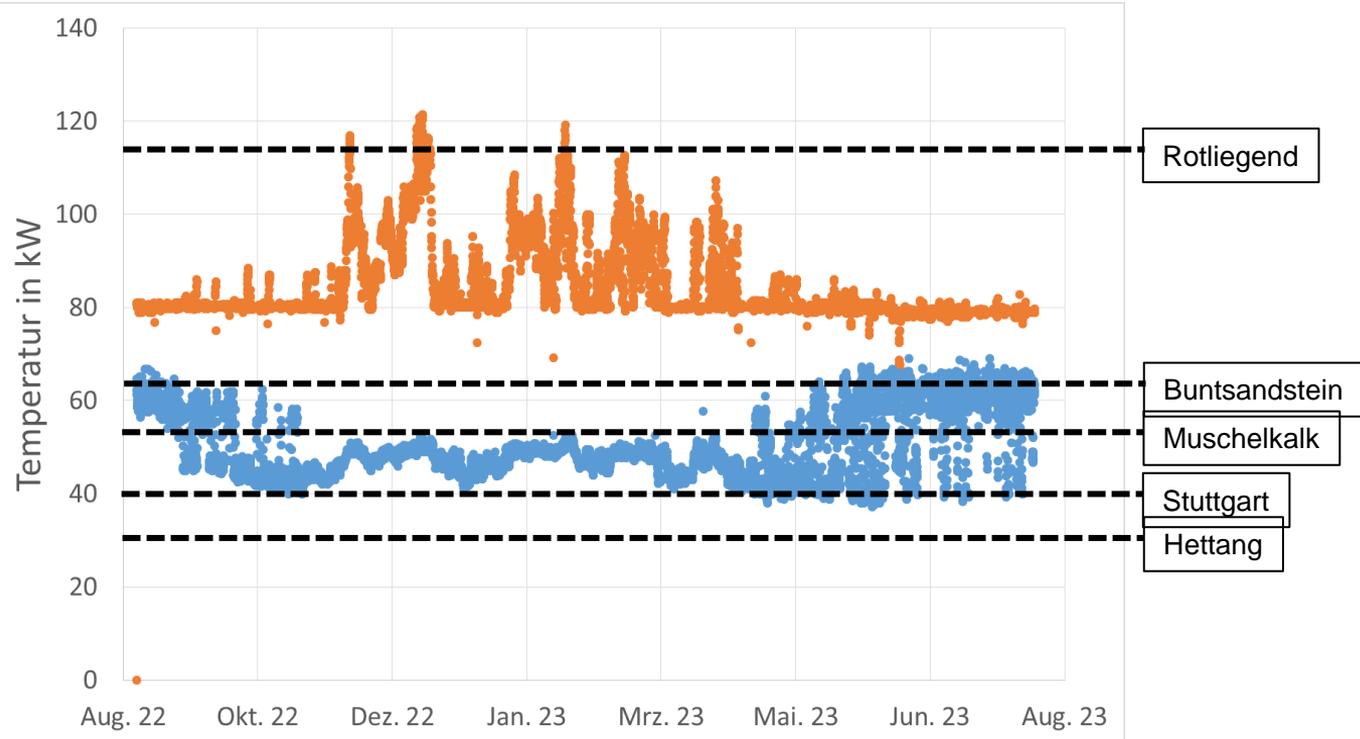
# Netztemperaturen Fernwärme Campus Nord



Vorlauf: 80-120°C

Rücklauf: 40-70°C

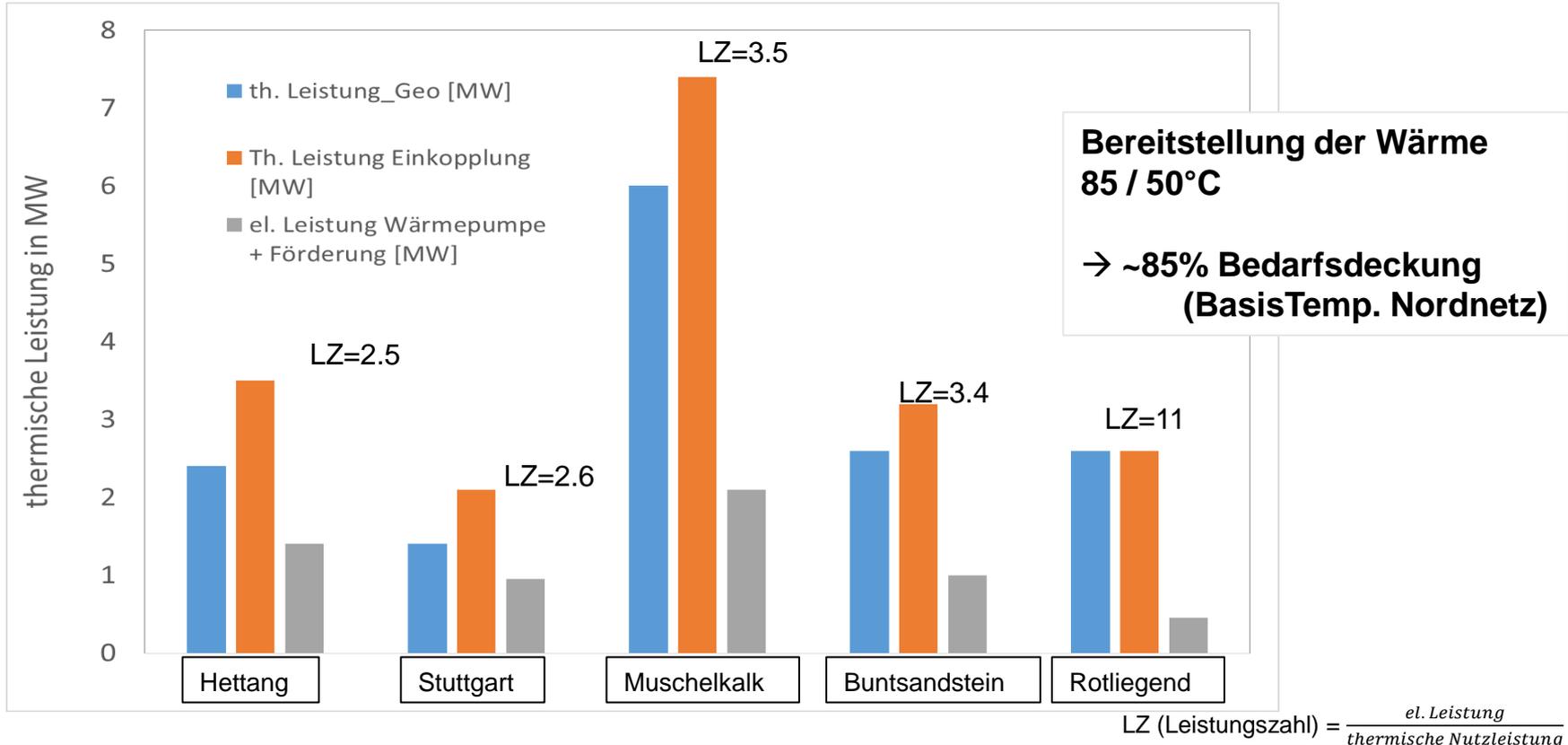
# Netztemperaturen Fernwärme Campus Nord



Vorlauf: 80-120°C

Rücklauf: 40-70°C

# Thermisches Potenzial der verschiedenen Reservoire

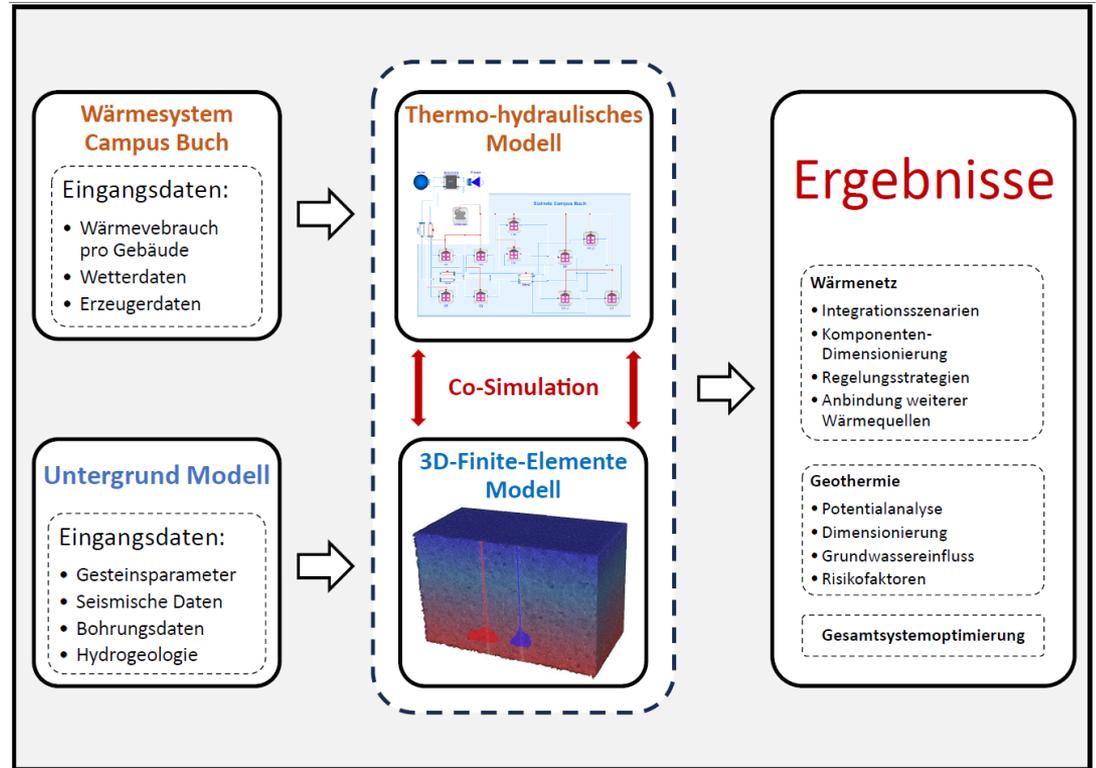


# Zwischenfazit Untergrund und Bedarf am Campus Buch

- Hettang bis Buntsandstein
  - Potential einer Doublette zwischen 1400 - 6000kW<sub>th</sub>
  - Temperaturen zu gering für direkte Wärmeeinkopplung
  - Einkopplung mit Wärmepumpe und evtl. zusätzlichem Zwischenkreis
  - Ausbildung, Tiefenlage und Eigenschaften des geothermischen. Reservoirs noch nachzuweisen, deshalb Bedarf an Erkundungsbohrung!
- Rotliegend
  - direkte Wärmeeinkopplung möglich
  - geringere Produktivität → geringe Volumenströme
  - hohe Investition für Bohrungen und Bohrungskomplettierung
  - nicht in der Erkundungsstrategie des Senats berücksichtigt
- Fernwärmenetz
  - Verfügbarkeit von Betriebsdaten zu den weiteren Netzbereichen
  - Potenzial zur Absenkung der Fernwärmemetemperaturen?
  - aktuelle und evtl. schon zukünftig geplante Versorgungsstruktur (weitere Quellen)

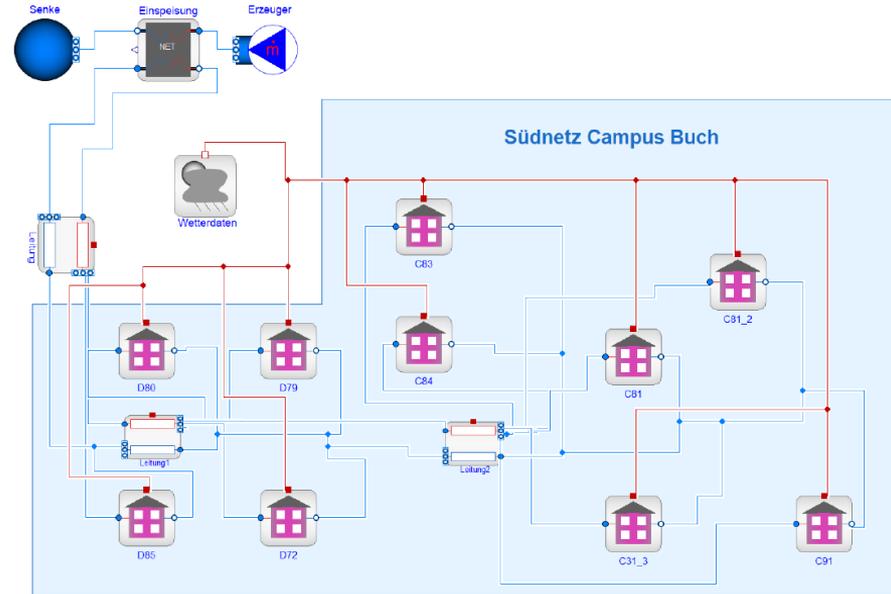
# Schematische Darstellung Co-Simulation

- Co-Simulation ist die **Kopplung** verschiedener Simulationsprogramme zu einem dynamischen Gesamtsystem
- Sie ermöglicht Teilsysteme unterschiedlicher Software zu verbinden, um das energetische System komplex zu untersuchen
- Co-Sim kann ein Planungsinstrument sein



# Modellierung des Wärmenetzes Campus-Buch

- Für die **Machbarkeitsstudie** wird ein detailliertes numerisches Modell des aktuellen Fernwärmenetz Campus-Buch erstellt
- Hier fließen neben **Wärmebedarfsdaten** der Gebäude und **Temperaturdaten des Netzes** auch ein
- Für die Modellierung wird die Software Dymola/Modelica verwendet  
→ **spezialisierte Bibliotheken für Gebäude- und Wärmenetzmodellierung**



Modelica-Systemmodell des Südnetz Campus Buch

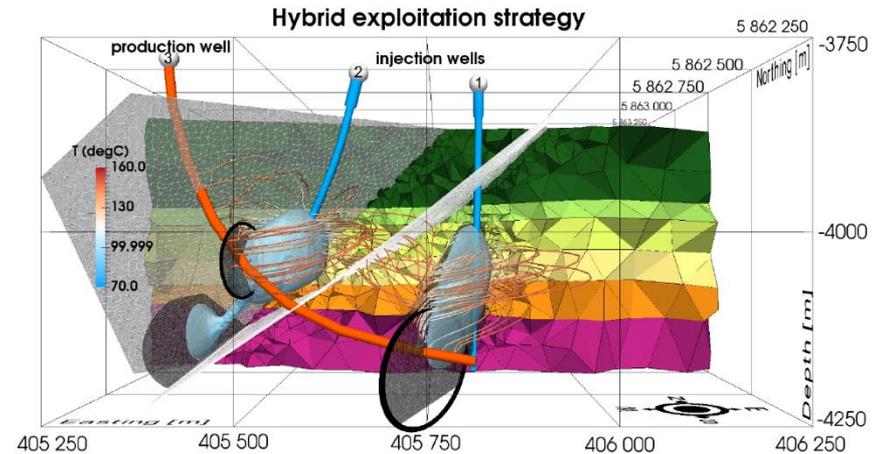
# Modellierung des Wärmenetzes Campus-Buch

Nach Erstellung und Kalibrierung des Modells wird untersucht:

- Integration der geothermischen Wärme durch Wärmetauscher, Pumpen und ggf. Wärmepumpe → Dimensionierung
- Quantifizierung des Strombedarfs der Pumpen und Wärmepumpen
- Untersuchung der Temperaturniveaus von Primär- und Sekundärnetz
- Möglichkeiten der Einbindung von Wärmespeichern z.B. Aquiferwärmespeicher

# Modellierung des Geothermischen Reservoirs

- Zur detaillierten Evaluierung des geothermischen Potenzials werden **3D Finite-Elemente des Untergrunds** erstellt
- Mit diesen werden für verschiedene Reservoirhorizonte **thermodynamische Simulationen** durchgeführt, um die möglichen Leistungen des Systems zu bestimmen
- Hierfür werden kommerzielle sowie Open-Source **Softwarelösungen** wie z.B. MOOSE GOLEM oder FEFLOW verwendet
- Basis für die Simulationen sind Kennwerte aus geologischen Modellen des GFZ
- Das Benchmarking erfolgt dann mit Bohrungs- und Netzdaten



Beispiel Simulation in GOLEM (Cacace & Jacquey, 2017)

# Modellierung des Geothermischen Reservoirs

- Ergebnisse der Simulationen:
  - Erreichbare thermische Leistung pro Bohrung
  - Mindestabstand weiterer Bohrungen, um thermischen Kurzschluss zu vermeiden
  - Quantifizierung von möglichen Unsicherheiten und Risiken und daraus resultierende Schwankungen der Temperaturen
  - Möglichkeiten der Nutzung weiterer geologischer Horizonte als Aquiferspeicher

**Herzlichen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !**



**Bohrarbeiten für einen mitteltiefen Erdwärmesondenspeicher in (750 m u. GOK)  
Darmstadt – 12.07.2022**