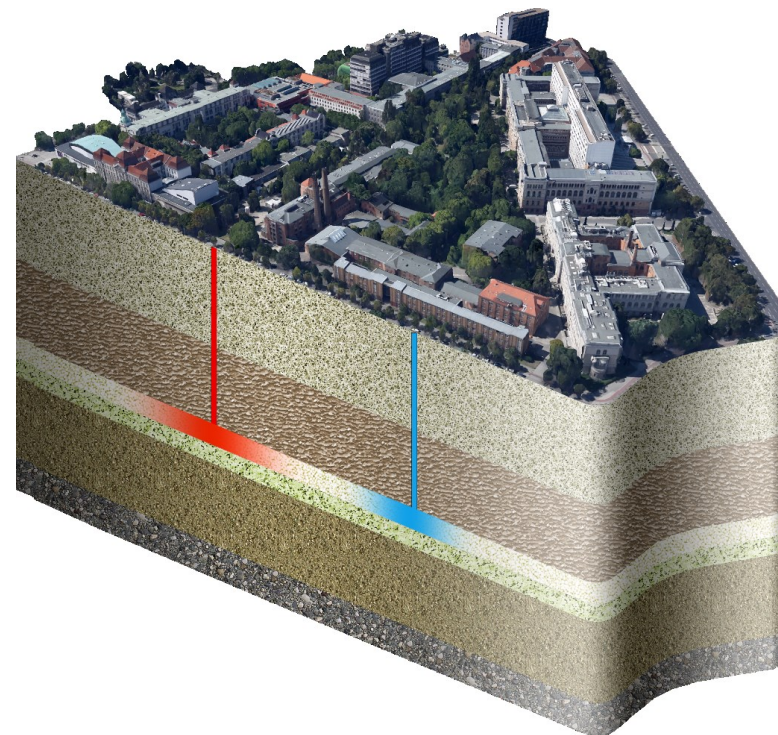


Sichere Erschließung tiefer Erdwärmequellen als Beitrag zur Wärmewende

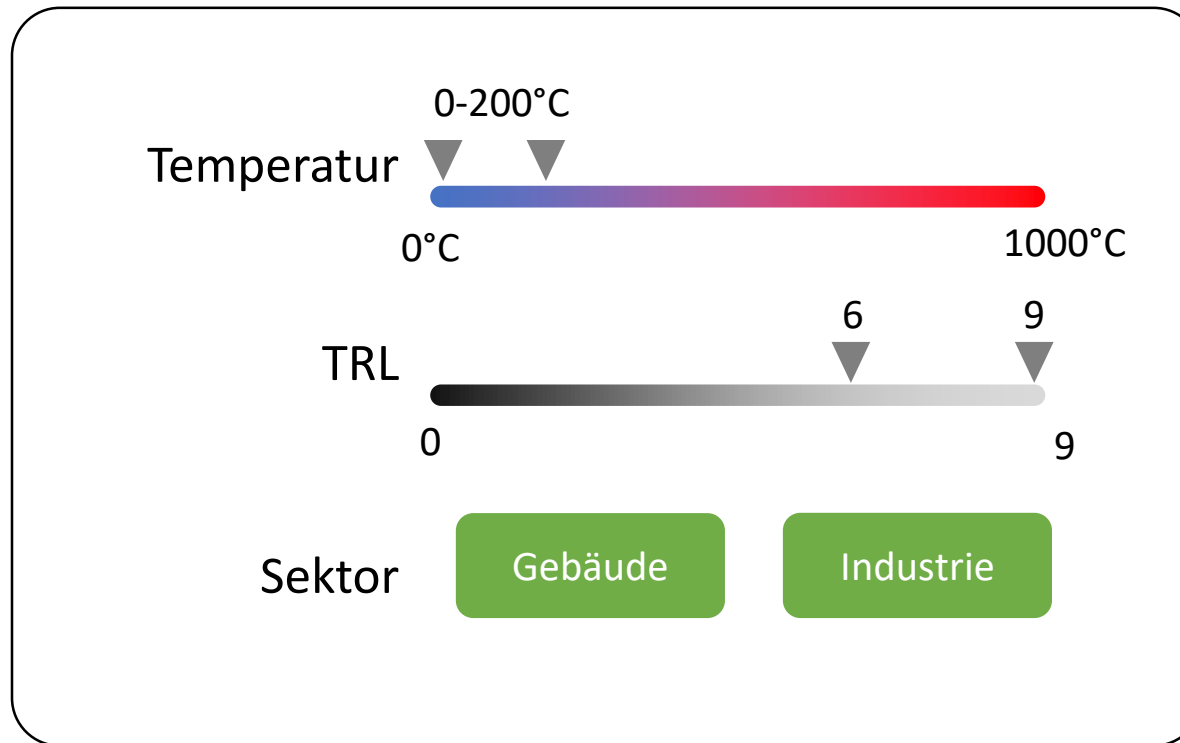
Prof. Dr. Hannes Hofmann (GFZ)

Prof. Dr. Thomas Kohl (KIT)

Dr. Haibing Shao (UFZ)



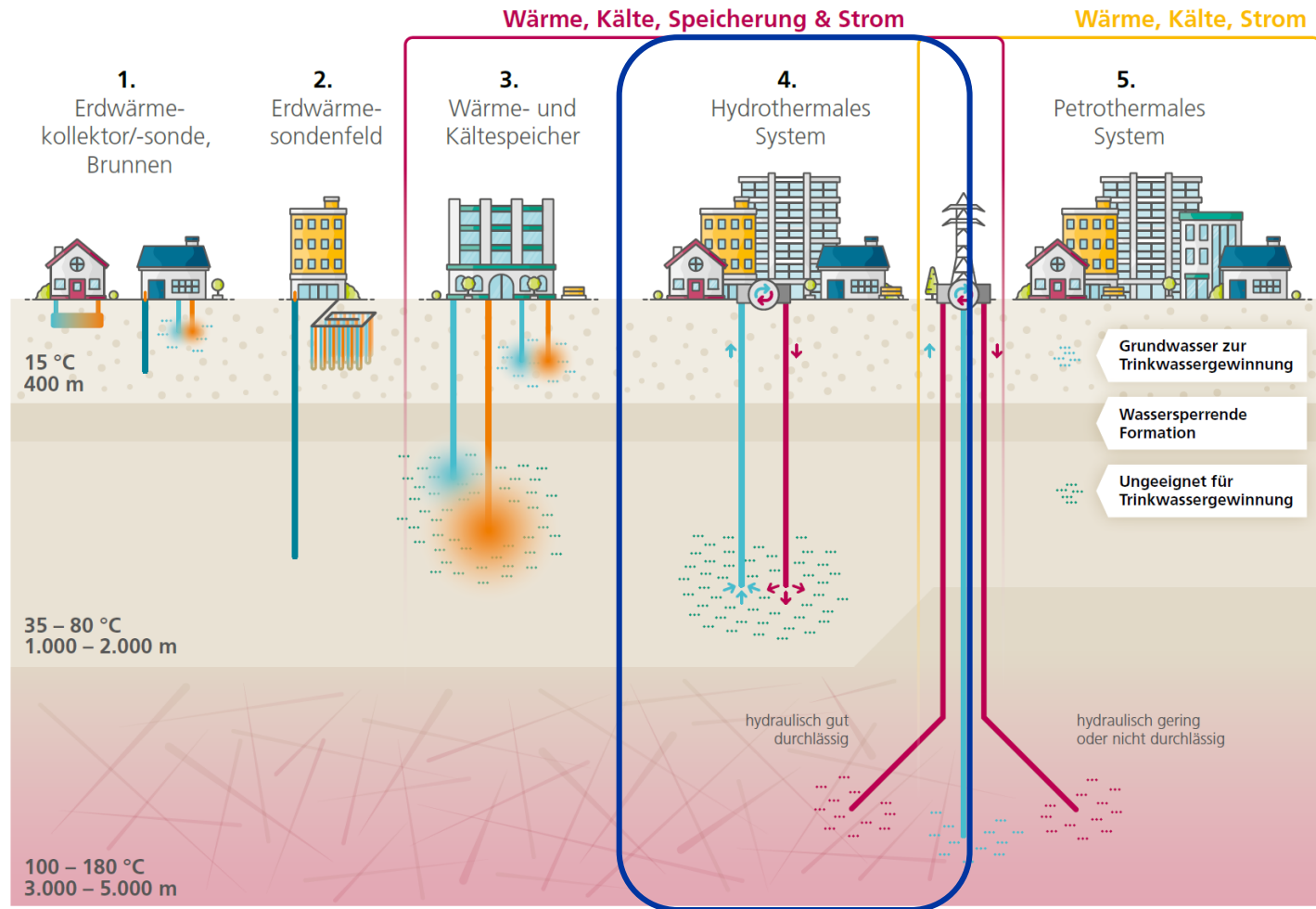
Einordnung der tiefen Geothermie



Agenda

- 1) Was ist der Stand der tiefen Geothermie in Deutschland?
- 2) Welchen Beitrag kann die tiefe Geothermie zur Wärmewende in Deutschland leisten?
- 3) Welche Entwicklungen sind notwendig für einen signifikanten Beitrag der tiefen Geothermie zur Wärmewende?

Geothermische Nutzungsmöglichkeiten



Quelle: Roadmap Geothermie

Aktuelle Nutzung der tiefen Geothermie in Deutschland (2022)

Anzahl der Anlagen in Betrieb*: 42

- Heizwerke: 30
- Kraftwerke: 3
- Heizkraftwerke (Wärme + Strom): 9

Installierte Wärmeleistung: 350 MW

Installierte elektrische Leistung: 47 MW

Anzahl der Anlagen im Bau*: 4

Anzahl der Anlagen in Planung*: 34

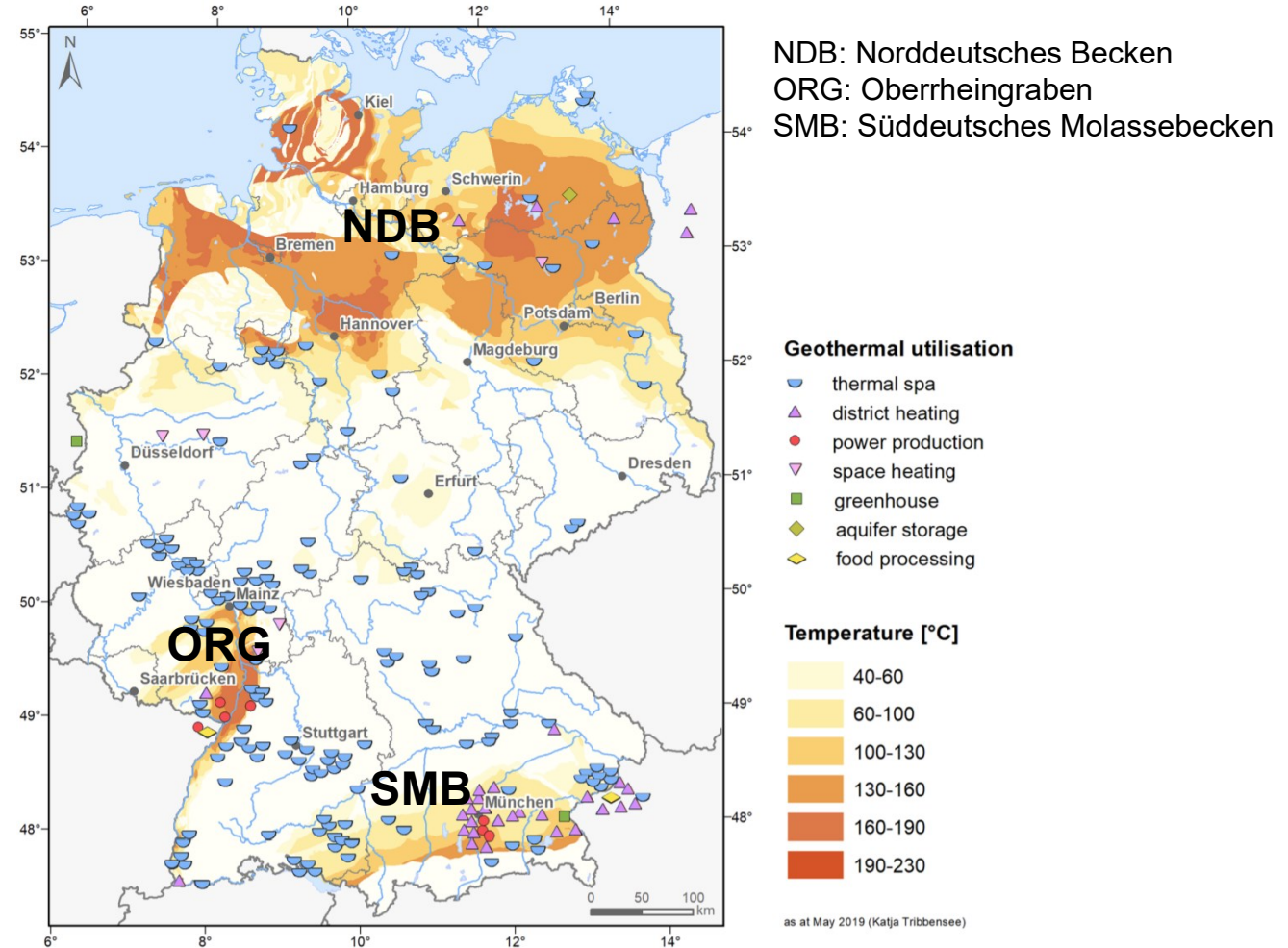
Forschungsanlagen: 4

Thermalbäder: 178

Durchschnittliche Teufe: ca. 2500 m

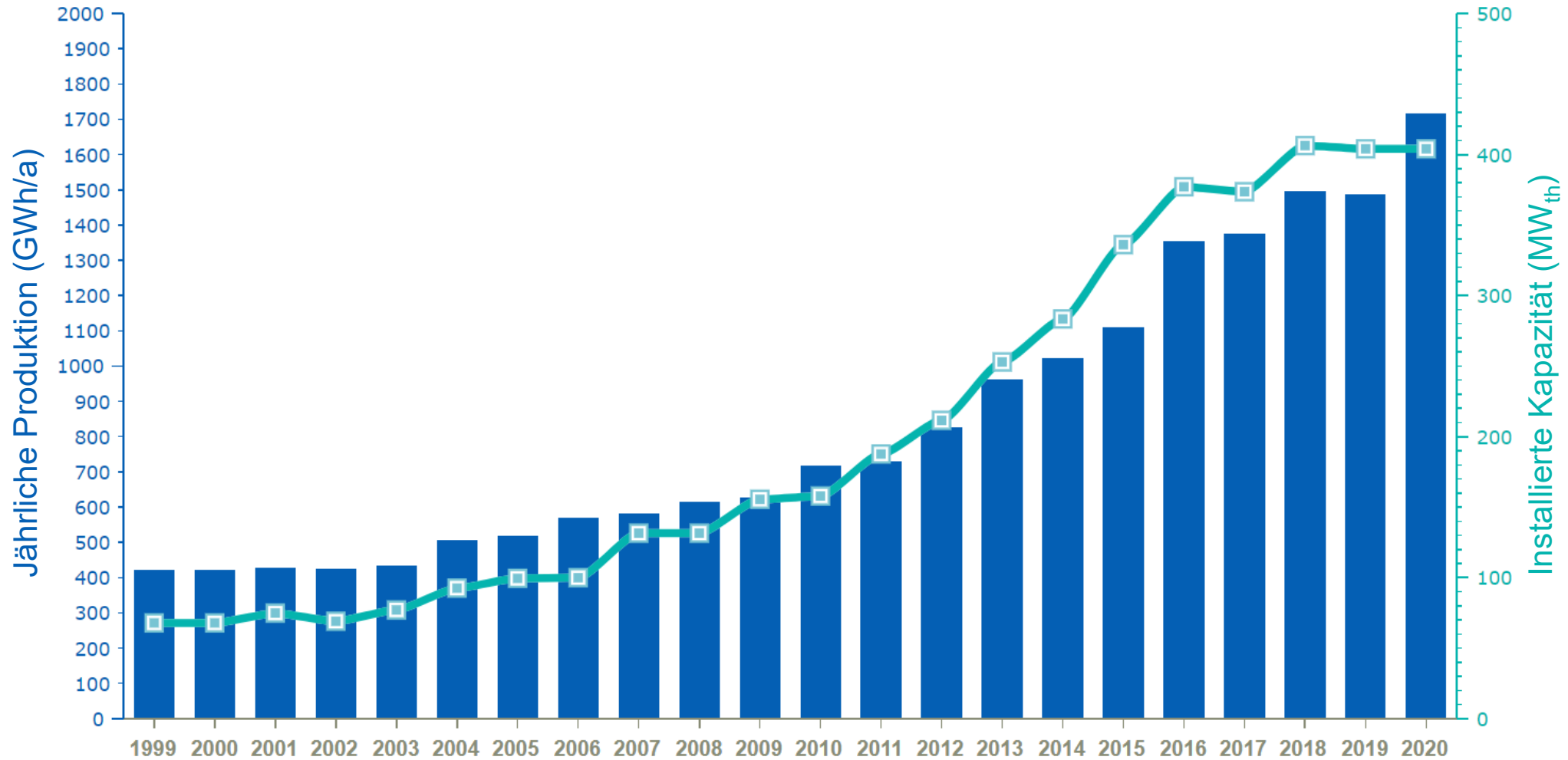
*ohne Thermalbäder

Quelle: Geothermie.de



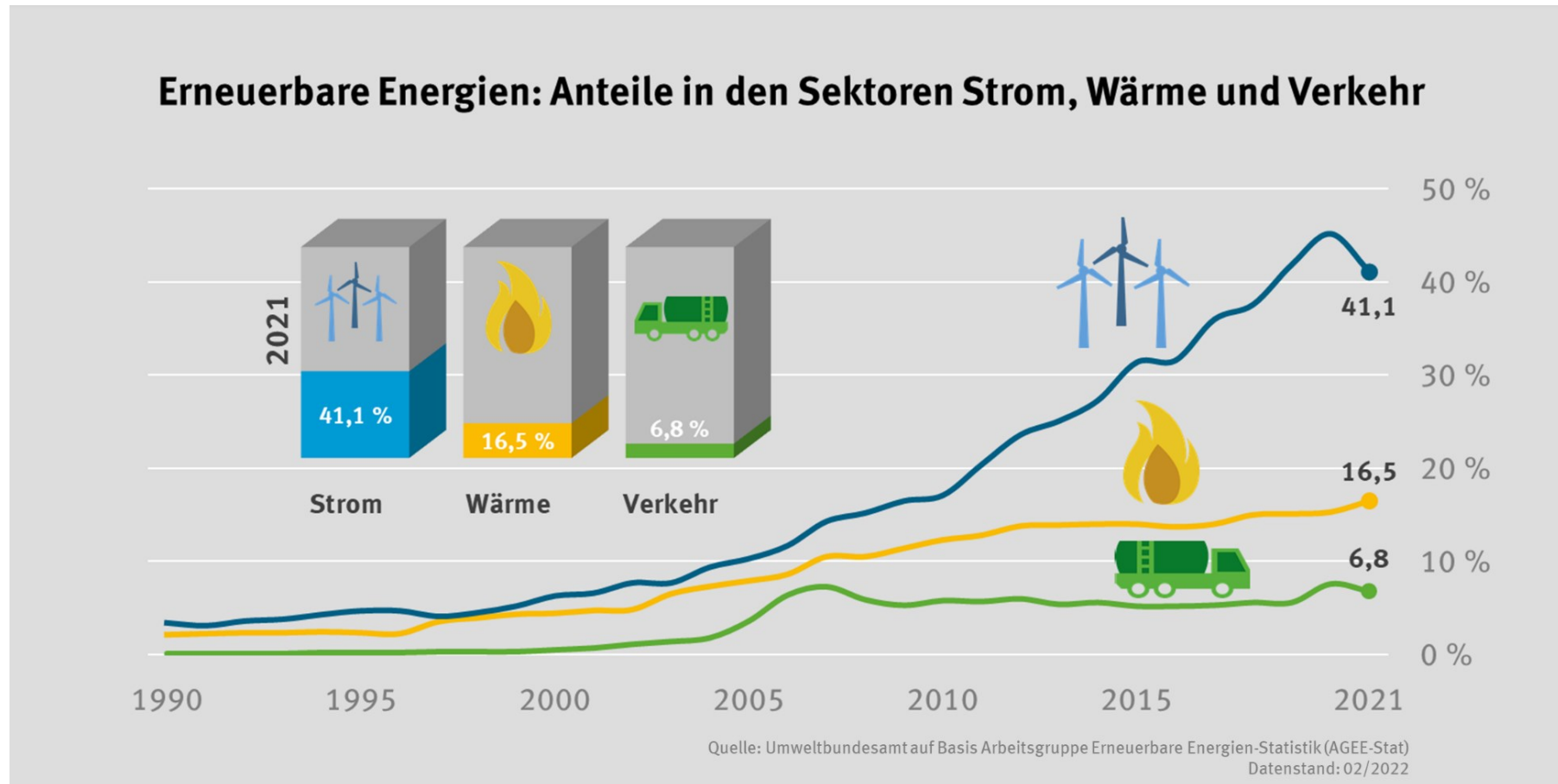
Quelle: Moeck et al. (2019) <https://doi.org/10.1017/hjg.2019.12>

Entwicklung geothermischer Wärmeproduktion in Deutschland



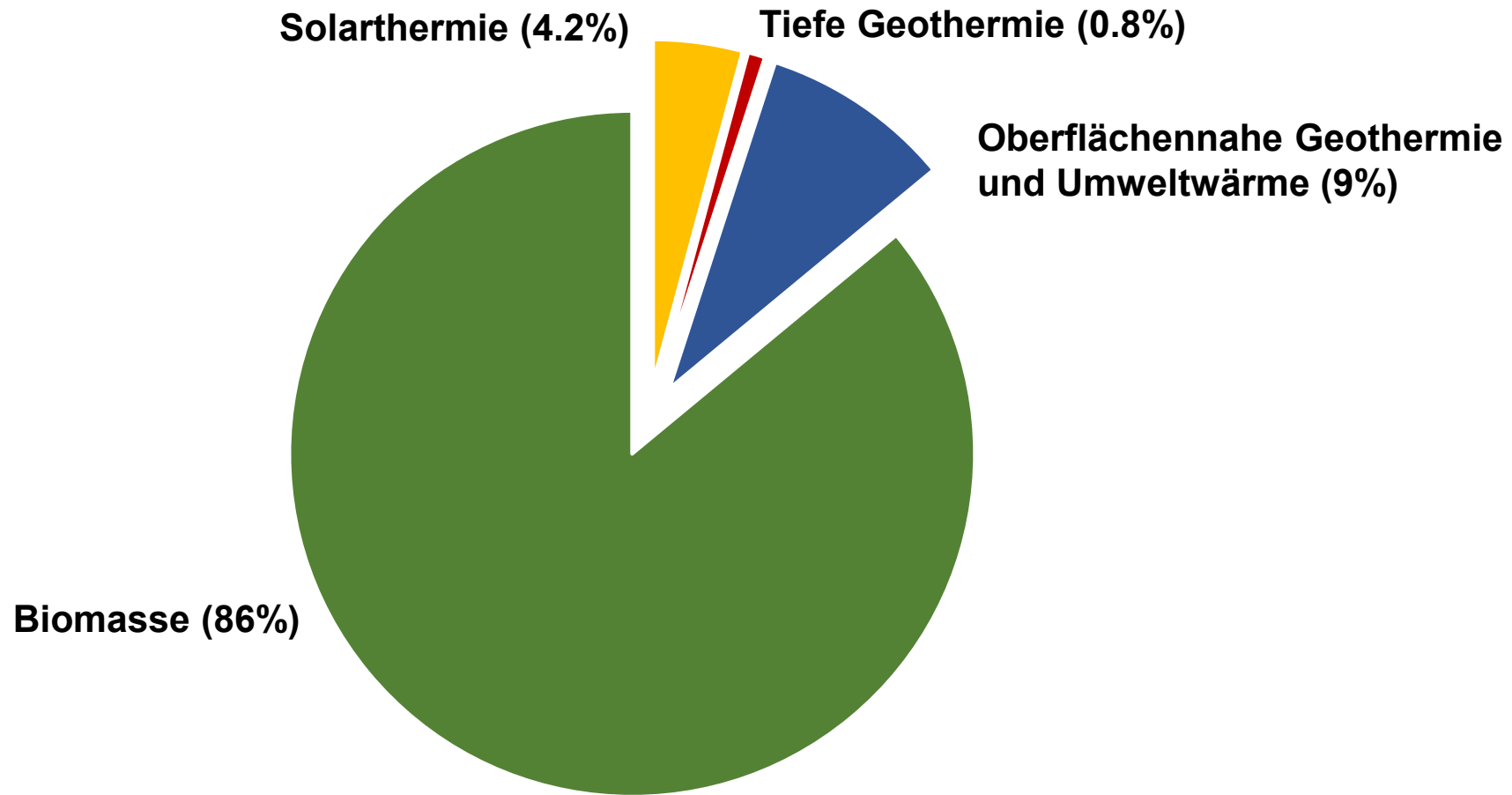
Quelle: GEOTIS

Der Anteil erneuerbarer Energien im Wärmesektor beträgt ~16.5%



Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AGEE-Stat
Stand 02/2022

Erneuerbare Wärme stammt hauptsächlich aus Biomasse

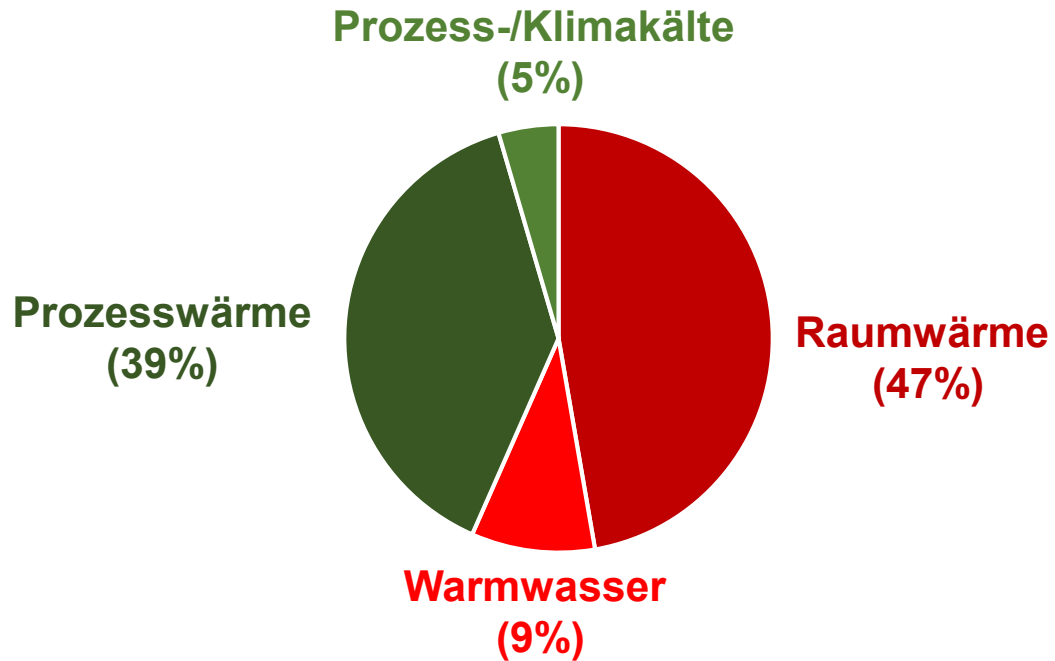


Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AGEE-Stat
Stand 02/2022

Agenda

- 1) Was ist der Stand der tiefen Geothermie in Deutschland?
- 2) **Welchen Beitrag kann die tiefe Geothermie zur Wärmewende in Deutschland leisten?**
- 3) Welche Entwicklungen sind notwendig für einen signifikanten Beitrag der tiefen Geothermie zur Wärmewende?

Energiebedarf der Wärmewende



Status Quo (2019)

Gesamt 2.514 TWh/a
 Wärme/Kälte 1.392 TWh/a

Kommunale Wärmewende

- Raumwärme 658 TWh/a (>2100 h/a)
- Warmwasser 130 TWh/a (8.600 h/a)

Kommunaler Bedarf: 788 TWh/a

Industrielle Wärmewende

- Prozesswärme: 541 TWh/a (8.600 h/a)
- Kälte: 63 TWh/a (8.600 h/a)

Industrieller Bedarf: 604 TWh/a

Quelle: Roadmap Geothermie

60% des Wärmebedarfs erfordert Temperaturen unter 180°C

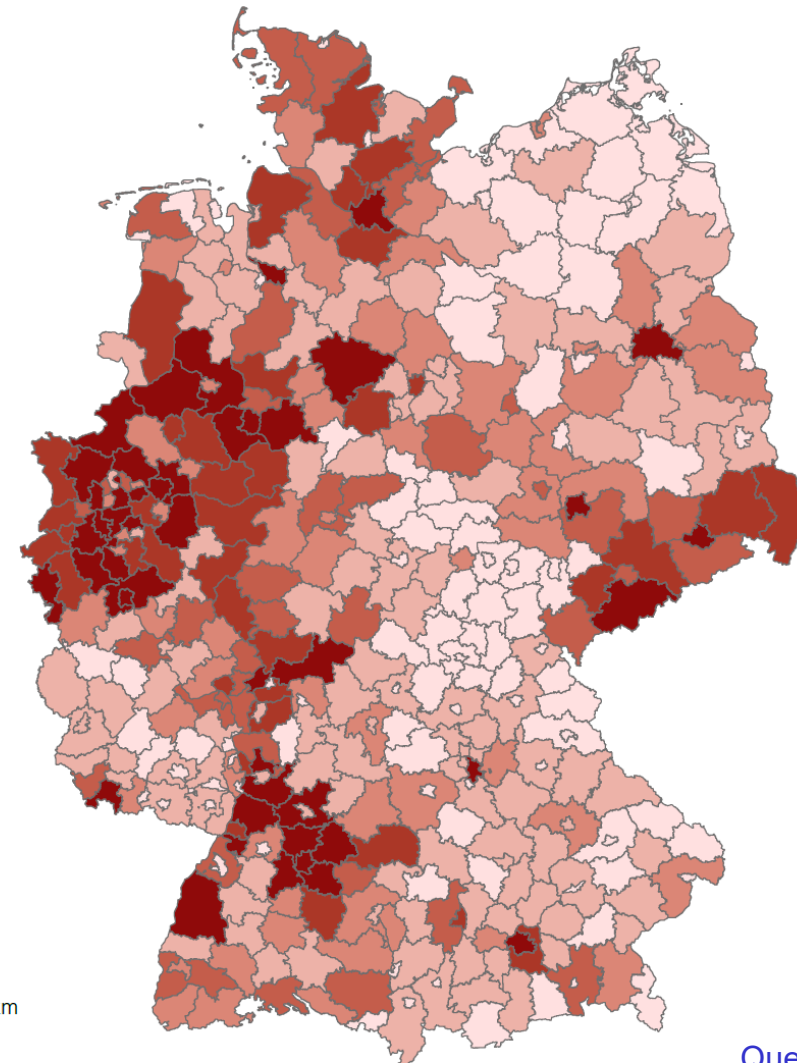
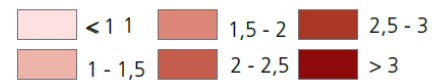
Nutzwärmebedarf der Sektoren

Private Haushalte und Wohnungswirtschaft (PHH)

Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Ohne Industriekerne

Nutzwärmebedarf der Sektoren PHH und GHD (TWh/a)



Quelle: Roadmap Geothermie

Potential tiefer Geothermie in Deutschland

Hydrothermales Potential:

220-430 TWh/a

~300 TWh/a (70 GW)

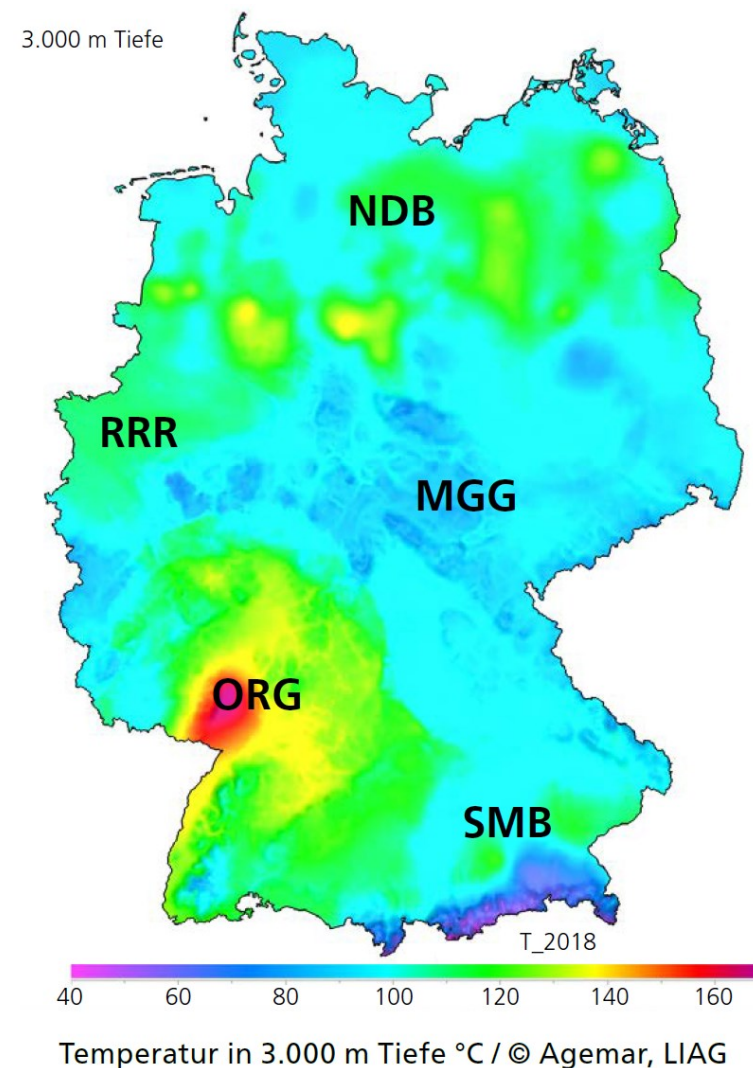
~25% Wärmebedarf

+ Energiespeicherung

+ Grubenwasser

+ oberflächennahe Geothermie

+ petrothermale Systeme (um Größenordnungen höheres Potential, aber technisch noch nicht erschließbar)



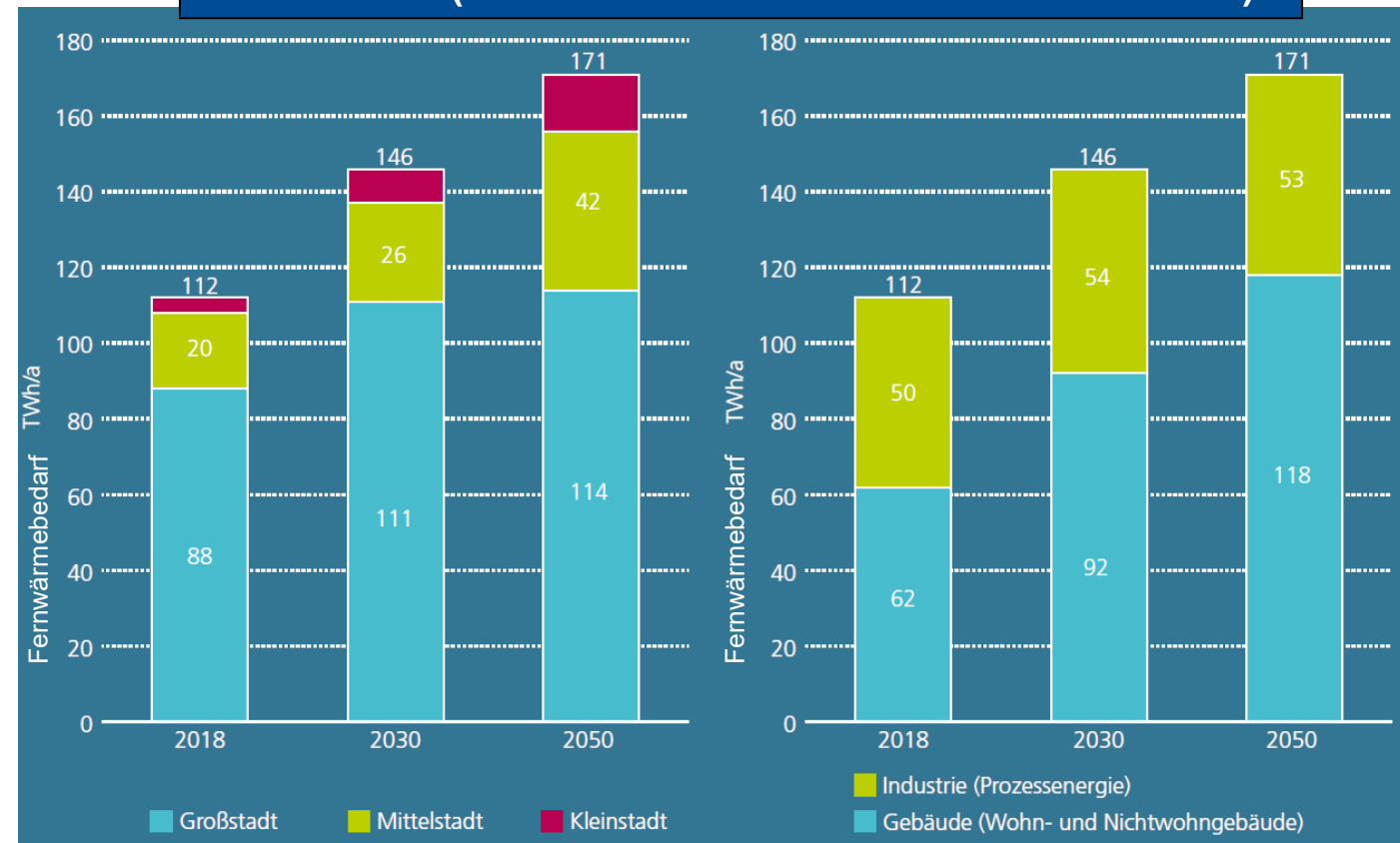
Quelle: Roadmap Geothermie

Städte und Fernwärmenetze haben eine Schlüsselrolle

Kommunale Strukturen in Deutschland

- Ca. 60 Mio Einwohner in Städten
- 80 Großstädte >100.000 EW
- 641 Mittelstädte 20.000-100.000 EW
- 1391 Kleinstädte <20.000 EW
- Ca. 20 Mio EW in dörflichen Strukturen

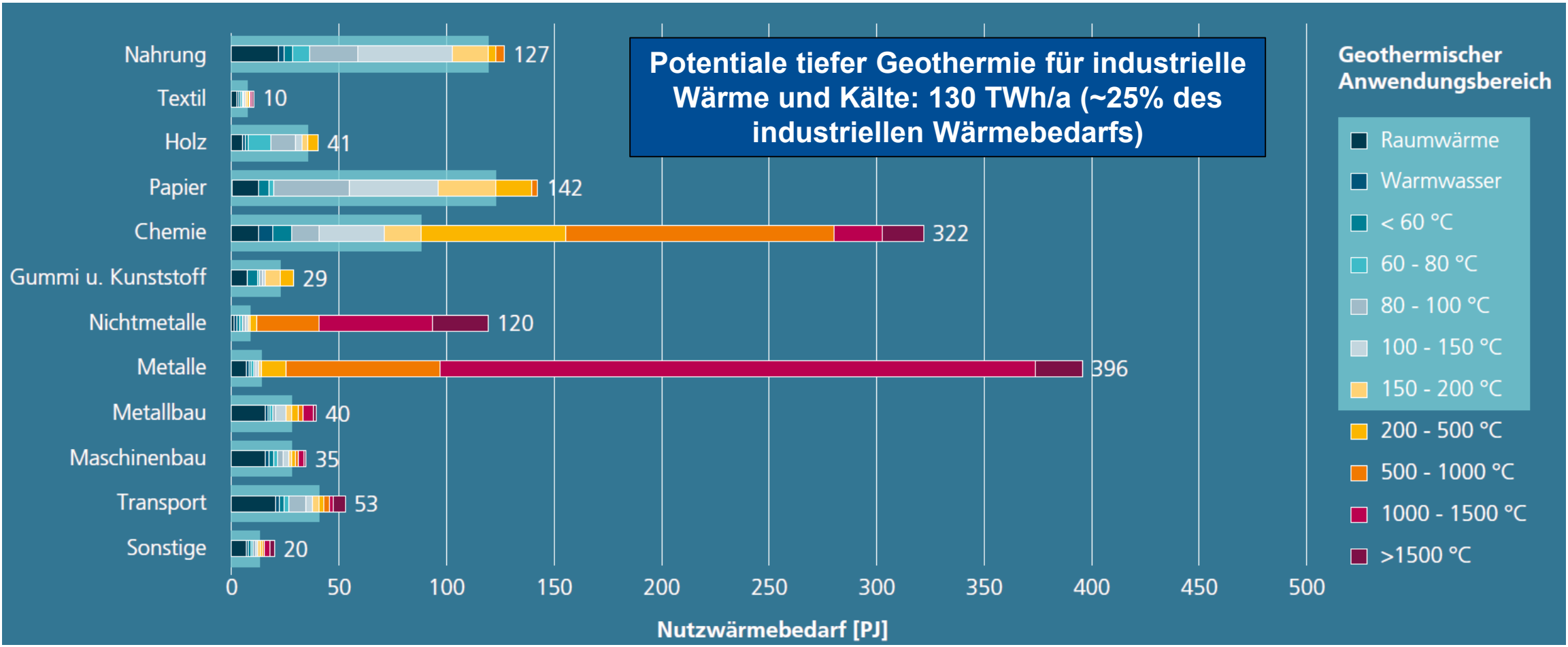
Potential tiefer Geothermie für kommunale Wärme: 170 TWh/a (~25% des kommunalen Wärmebedarfs)



Quelle: Roadmap Geothermie

Geothermie liefert Prozesswärme bis 150/200°C

Potentiale tiefer Geothermie für industrielle Wärme und Kälte: 130 TWh/a (~25% des industriellen Wärmebedarfs)



Quelle: Roadmap Geothermie

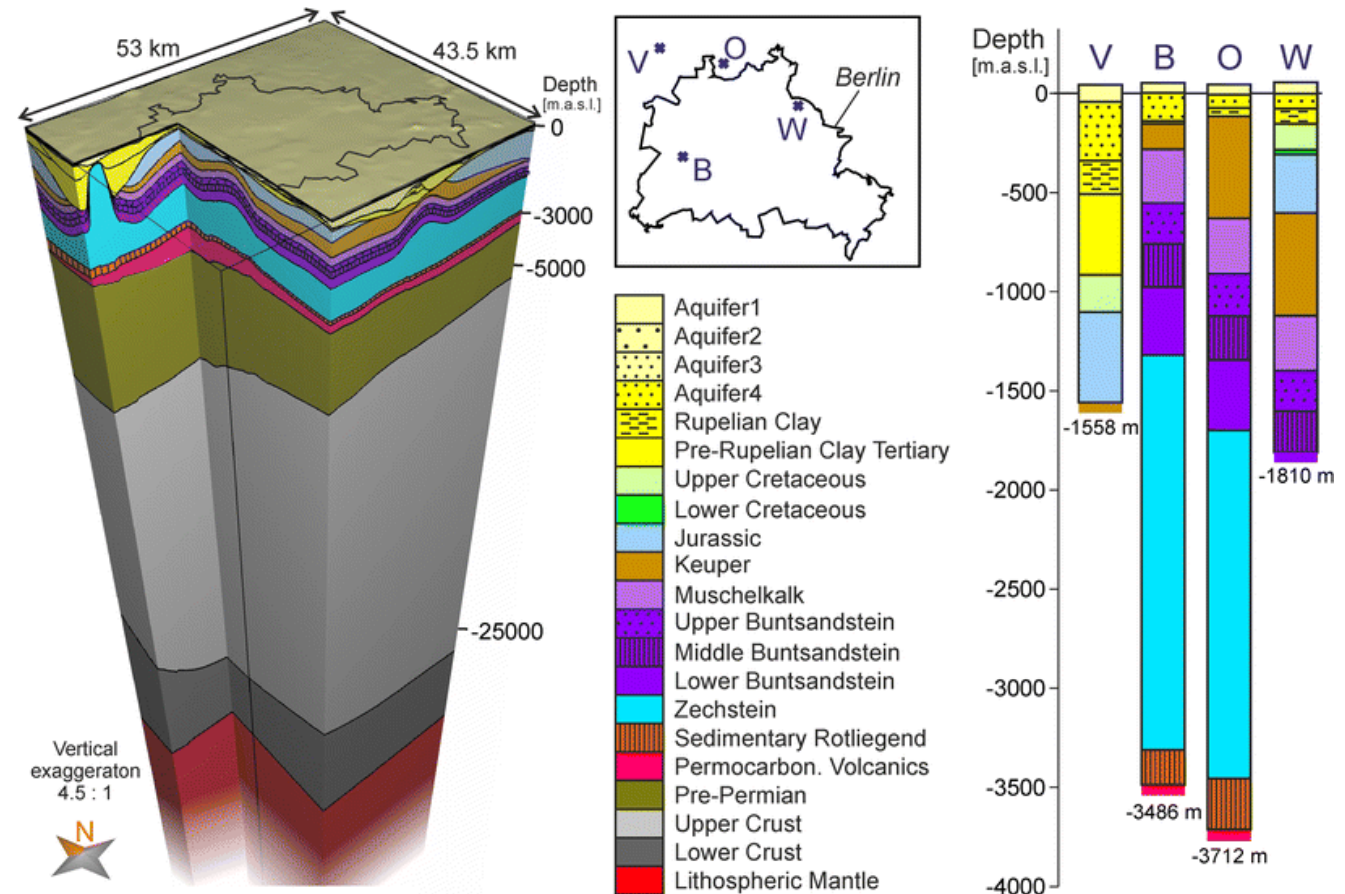
Agenda

- 1) Was ist der Stand der tiefen Geothermie in Deutschland?
- 2) Welchen Beitrag kann die tiefe Geothermie zur Wärmewende in Deutschland leisten?
- 3) **Welche Entwicklungen sind notwendig für einen signifikanten Beitrag der tiefen Geothermie zur Wärmewende?**

1. Explorationsprogramm

Verringerung des Fündigkeitsrisikos

- Fokus auf Städte
- Kurzfristige Umsetzung möglich
- Signifikante Reduktion des Fündigkeitsrisikos und der Projektentwicklungszeit
- Entwicklung von wissenschaftlich begleiteten Demonstrationsprojekten basierend auf dem Explorationsprogramm
- Entwicklung neuer Lagerstättentypen

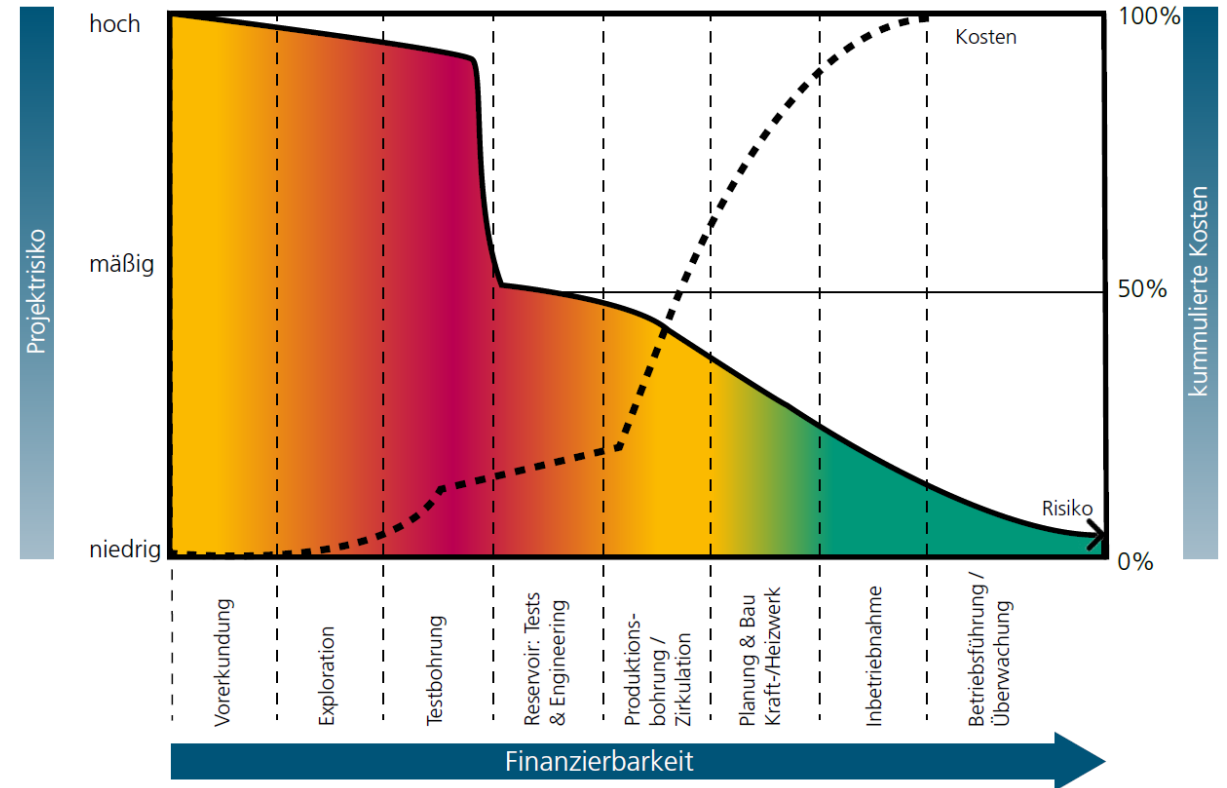


Source: Sippel et al. (2013) <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2679-2>

2. Fündigkeitsversicherung

Verringerung des finanziellen Risikos

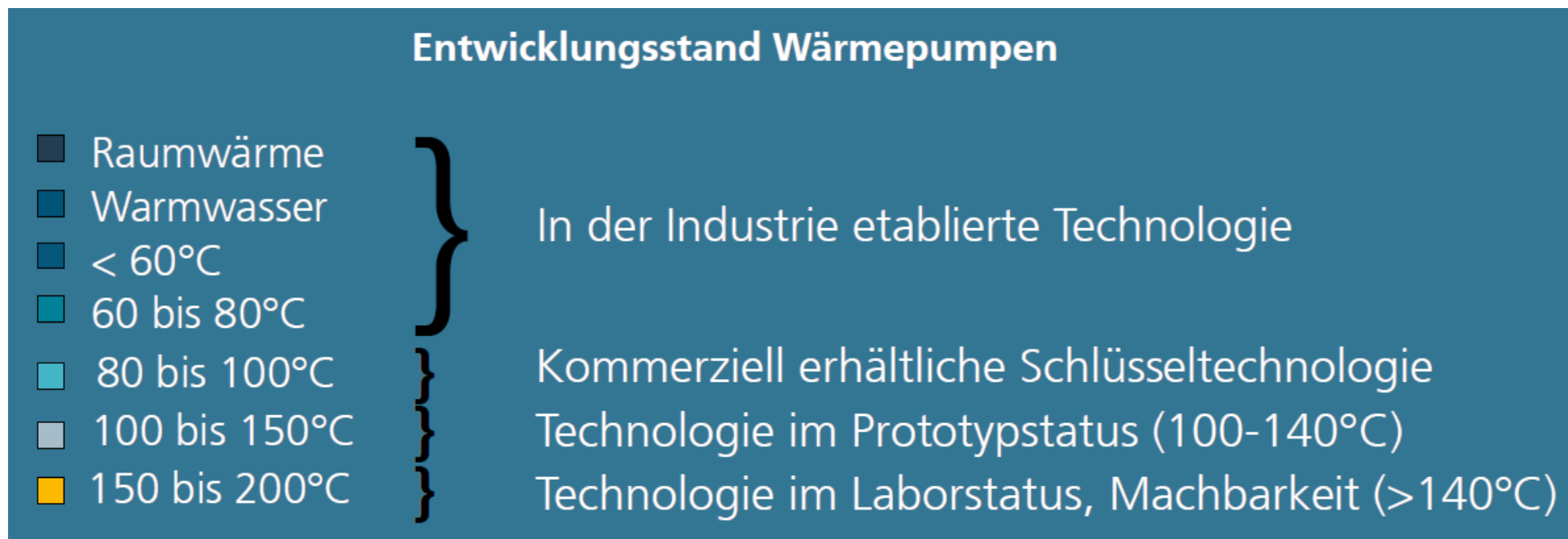
- 8-9 von 10 Geothermiebohrungen sind wirtschaftlich nutzbar
- Eine einzige unwirtschaftliche Bohrung kann aber einen lokalen Wärmeversorger bereits gefährden
- Alle Kosten (Exploration, Bohrung, etc.) sollten im Falle einer Nicht-Fündigkeit erstattet werden
- → die hohe Eintrittsbarriere verschwindet



Quelle: Roadmap Geothermie

3. Wärmepumpen

Bis 2030 sollte die industrielle Fertigung von Großwärmepumpen in der Leistungsklasse bis 50 MW anlaufen



Quelle: Roadmap Geothermie

4. Wärmenetze

Transformation kommunaler Wärmesysteme

- Niedertemperaturwärmenetze
- Klimatisierung im Neubaubereich
- Energetische Sanierung von Bestandsimmobilien
- Kostenreduktion im Bau von Wärmenetzen
- Dekarbonisierung von Prozessen der Papier-, Nahrungsmittel- und Chemieindustrie
- Gebäudeenergieversorgung von Großprojekten



Skalierung der tiefen Geothermie

Ausbau der installierten Kapazitäten von 400 MW auf 70 GW erfordert industrielle Planungs- und Fertigungsprozesse (Faktor 175 gegenüber Bestand)

Investitionsentscheidungen:

~2.0 – 2.5 Mrd. EUR / GW

~100 Tiefbohrungen / GW

~5.000-10.000 Arbeitsplätze / GW

Erzeugungskosten:

25-30 EUR / MWh

Hierfür muss die Kapazität an Tiefbohranlagen und Personal ausgebaut werden



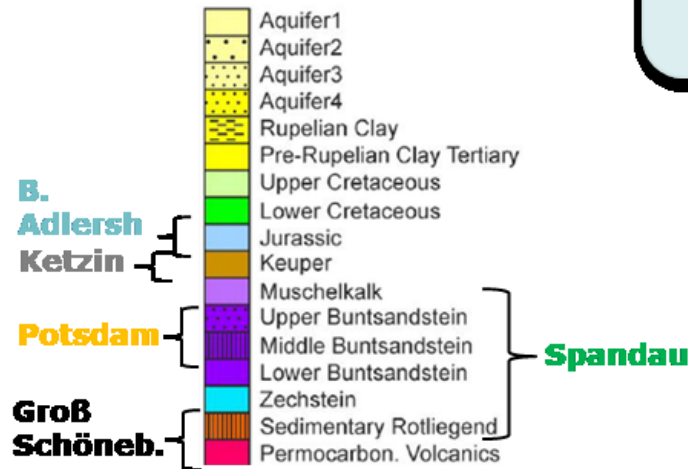
Quelle: Roadmap Geothermie

Geoenergie Projekte in Berlin und Brandenburg

Metropol area Berlin Brandenburg

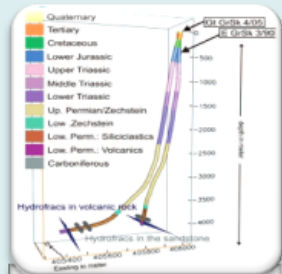


<https://www.statistik-berlin-brandenburg.de>

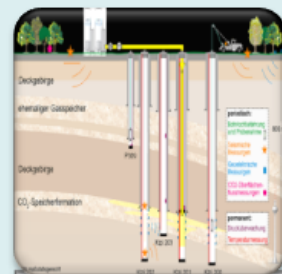


Sippel et al., 2013

Geoenergieprojekte des GFZ



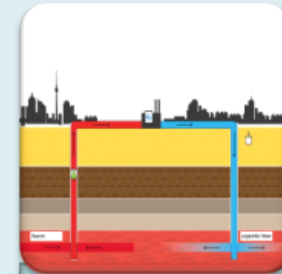
Groß Schönebeck
Tiefe Geothermie
Forschungsplattform



Ketzin
H₂ Speicherung
Forschungsplattform



Potsdam
Geotherm. Wärmeversorgung
Exploration Bohrungsbegleitung



Berlin-Adlershof
Thermische Aquifer-Speicherung (ATES)
Forschungsbohrung



Berlin-Spandau
ATES
Tiefe Geothermie
H₂ Speicherung
Green Campus

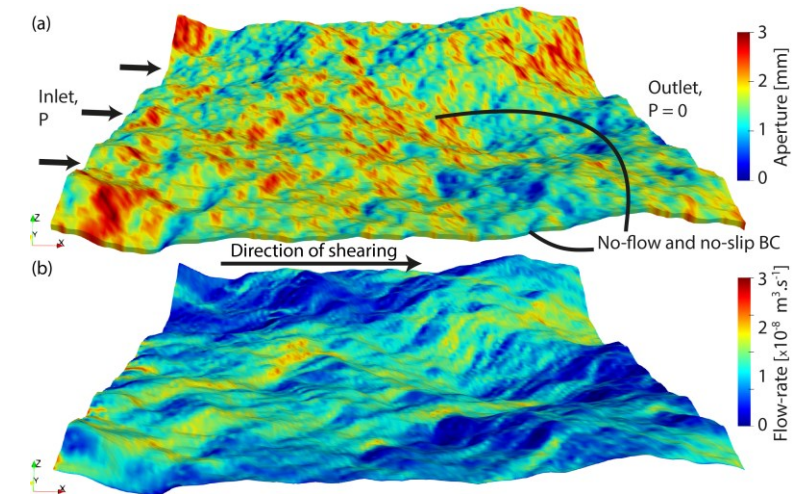
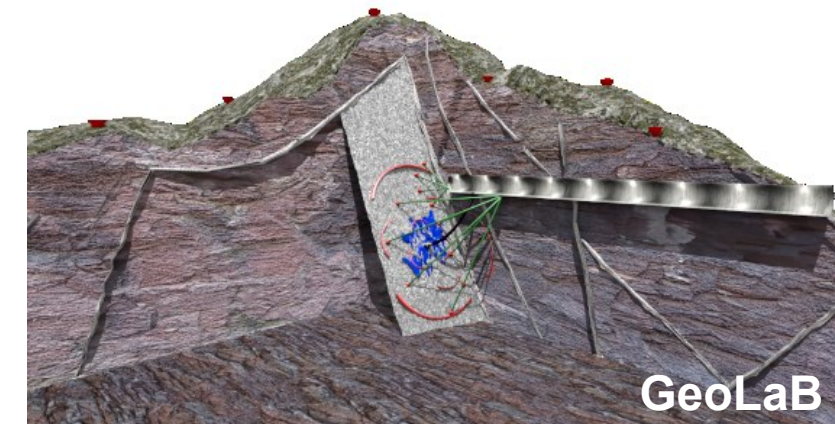
Interdisziplinäre Forschungsaktivitäten zur nachhaltigen Nutzung tiefer Geothermie

Forschungsziele:

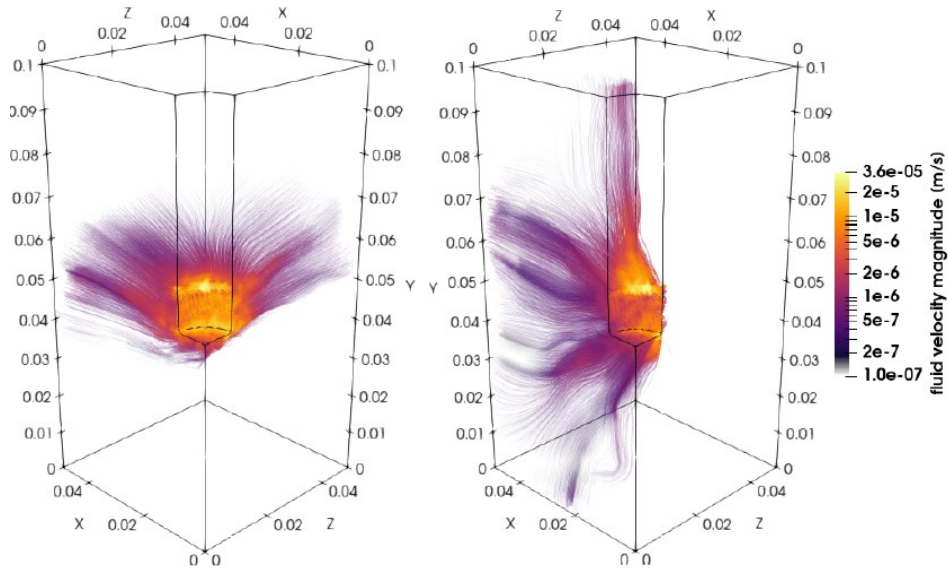
- Nachhaltige und sichere Nutzung von Tiefengeothermie
 - U.a. hinsichtlich induzierter Seismizität
 - Produktion und Hochtemperatur-Wärmespeicherung
- Erhöhung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit
 - Reservoir engineering
 - Minimierung von Korrosion und Scaling
 - Co-Produktion: Mineralextraktion
- Einbindung von Bürgern in transdisziplinären Projekten

HGF Forschungsinfrastruktur GeoLaB

- Geothermisches Untertagelabor
- Zielgestein: geklüftetes kristallines Grundgebirge
- Realitätsnahe Strömungsexperimente im Reservoir-Simulator
- Untersuchung der komplexen Prozesse in Raum und Zeit
- Innovationsschub für die Energiewende



Fluid flow simulations. Void space (a) and flow rate (b) of a realization of a fracture. Egert et. al 2021



Strömung unter verschiedenen In-situ-Spannungen
 Source: Zill et al. (2021) DOI: 10.1016/j.ijrmmms.2021.104879

Numerische Modellentwicklungen zum Prozessverständnis

- Ausdehnung und Schließung von Brüchen unter In-situ-Spannung
- Wasser-Gesteins-Reaktionen zur Steuerung der Chemie
- Modelle für Bohrlöcher mit hoher Enthalpie

Visualisierung der Entwicklung des Reservoirs

- Infrastruktur für Visualisierungshardware und -software
- Integration von geologischen Informationen und technischer Planung
- Erleichterung der Kommunikation zwischen den Beteiligten



Visualisierung des Geothermiereservoirs Groß Schönebeck

Zusammenfassung

1) Was ist der Stand der tiefen Geothermie in Deutschland?

- **>40 Anlagen mit ~350 MW installierter Wärmeleistung sicher betrieben (~0.1 % des Bedarfs)**

2) Welchen Beitrag kann die tiefe Geothermie zur Wärmewende in Deutschland leisten?

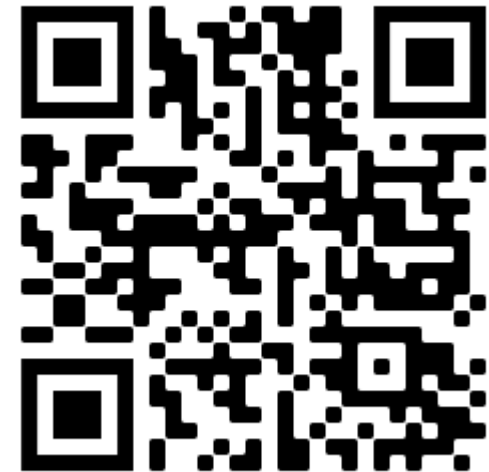
- **Ziel 2030: 5-10% des Wärmebedarfs**
- **Ziel 2040: ~25% des Wärmebedarfs**

3) Welche Entwicklungen sind notwendig für einen signifikanten Beitrag der tiefen Geothermie zur Wärmewende?

- **Explorationsprogramm mit Fokus auf Städten**
- **Fündigkeitsversicherung mit Anfangs 100% Erstattung bei Nichtfündigkeit**
- **Entwicklung hin zu Niedertemperaturwärmernetzen und Großwärmepumpen**
- **Erschließung neuer Regionen und Demonstration neuer Erschließungsverfahren**
- **Fachkräfteausbildung**



**HERZLICHEN DANK
FÜR IHR INTERESSE**
Glück auf!



Bracke, Huenges et al. (2022)
<https://doi.org/10.24406/ieg-n-645792>