

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG

Prozesswärme mit Geothermie

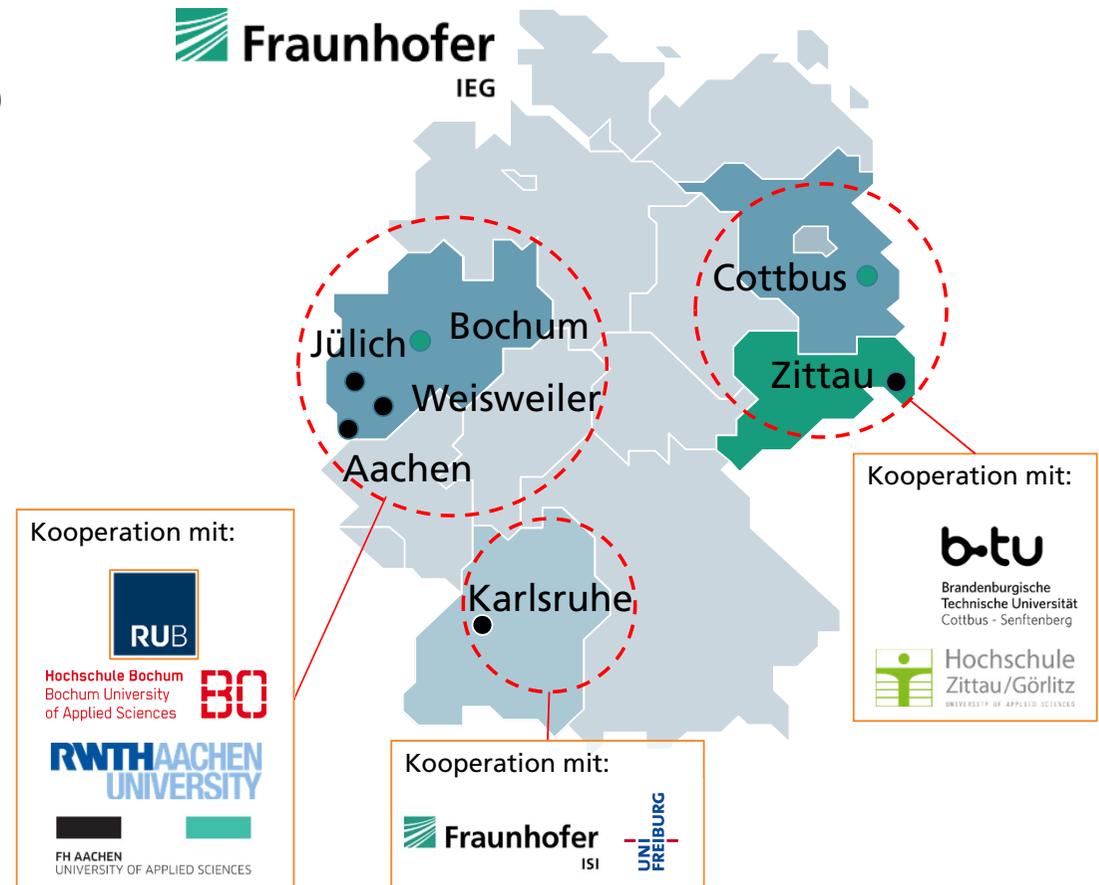
Gregor Bussmann
Fraunhofer IEG
www.ieg.fraunhofer.de

HeatUp: Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft für
Prozesswärmelösungen
06.07.2023

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG

Kurzvorstellung und Kennzahlen

- Gründung als selbstständige Einrichtung zum 01.12.2019
- Standorte in den deutschen Kohleregionen
- Mitarbeitende: ~200
- 6 Geschäftsbereiche mit 24 Competence Centers
- Koordination des [Fraunhofer Wasserstoff Netzwerks](#) (32 Institute)
- Institutsleitung: Prof. Dr. Rolf Bracke & Prof. Dr. Mario Ragwitz



Fraunhofer IEG – Forschungsfelder im Überblick

»Wir gestalten die klimaneutralen Energiesysteme der Zukunft«

- Integrierte **Energieinfrastrukturen**
- Transport-/Übertragungs- und **Verteilnetze**
- Integrierte **Quartiersversorgung** (Open District Hub)
- **Wasserstoff**infrastrukturen (Netze und Speicher)
- Systemtransformation und Technologietransfer

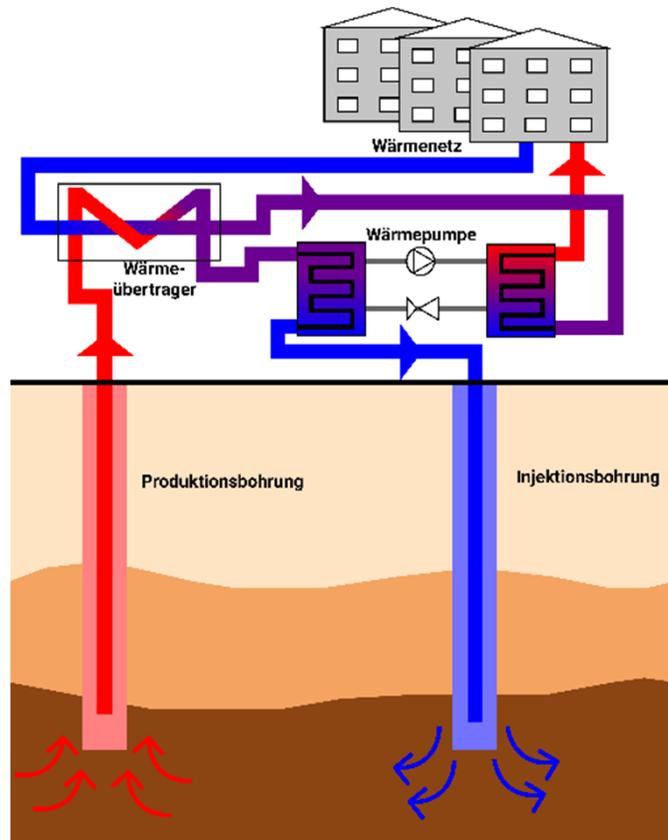
- Exploration und Reservoirsimulation von Georessourcen
- **Geothermale Energie** und Systeme, Tiefengeothermie
- **Geotechnologien**, Bohrtechniken und -verfahren
- **Speicher** für Stoffe und Wärme, Bergbaufolgenutzung
- Carbon Capture & Storage/Utilization (CCS/CCU)

- Thermodynamische Wandler
- Hochtemperatur-**Wärmepumpen**
- **Wärme-/Kälte**netze und Wärmeversorgungssysteme
- Wärme-/Kältequellen und -speicher

- **Steuerung, Regelung, Automatisierung** & Betriebsführung von Energiesystemen
- Dezentrale, intelligente und digitale Netze und Systeme
- **Großdemonstratoren / Reallabore**



Tiefengeothermie in D



Erschließung Hydrothormaler Reservoirs, d.h. thermal-wasserführende Gesteine

- Tiefenlagen zwischen **400 m und 5.000 m**
- Temperaturen zwischen **30°C und 180°C**
- Therm. Leistungen zwischen **0,5 – >30 MW** (Dublekten)

Primärer Fokus: Hydrothermale Systeme mit zwei Arten von durchlässigen Speichergesteinen /Reservoirs

- Sandsteine (Poren/Klüfte)
- Karbonate / Kalkstein (Klüfte, Verkarstungen)

Nah- bzw. Fernwärmeversorgung von größeren Solitären / Stadtteilen sowie Bereitstellung von industrieller Prozesswärme.

- Direkte Nutzung
- Speicherbetrieb
- Unterstützung mit Wärmepumpen

BVG 2022

Tiefengeothermie in D Ausgangslage in Deutschland

Marktreife Standardtechnologie

- 42 Anlagen werden mit 359 MW installierter Wärmeleistung und
- 45 MW elektrischer Leistung (2020) sicher betrieben.

Wettbewerbsfähige Erzeugung

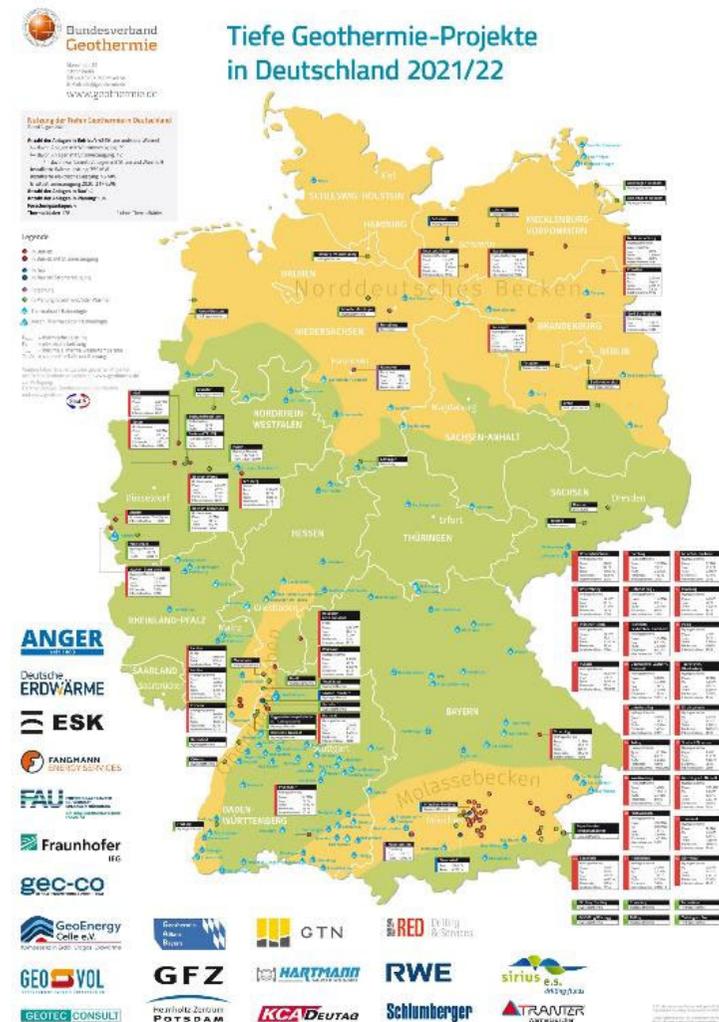
Herstellungskosten:

- Abhängig von Bohrtiefe
- ca. 1,8–2,2 Mio. EUR / MW inst. Leistung

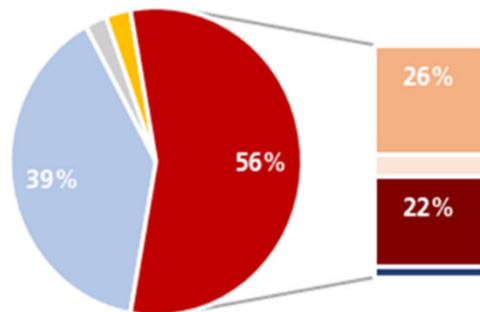
Kostenverteilung:

- 60 % kapitalgebundenen
- 10 % bedarfsgebunden
- 30 % betriebsgebunden

Erzeugungskosten: 25 - 30 EUR / MWh



Wärmeversorgung in Deutschland



- mech. Energie
- IKT
- Beleuchtung
- Raumwärme
- Warmwasser
- Prozesswärme
- Prozess-/Klimakälte

Status Quo (2019)

Gesamt	1.400 TWh/a
Raumwärme	658 TWh/a
Prozesswärme	541 TWh/a
Warmwasser	130 TWh/a
Kälte	63 TWh/a

Kommunale Wärmewende:

- Raumwärme 658 TWh/a (> 2.100 h/a)
- Warmwasser 130 TWh/a (8.600 h/a)

Kommunaler Bedarf: **788 TWh/a**

Industrielle Wärmewende:

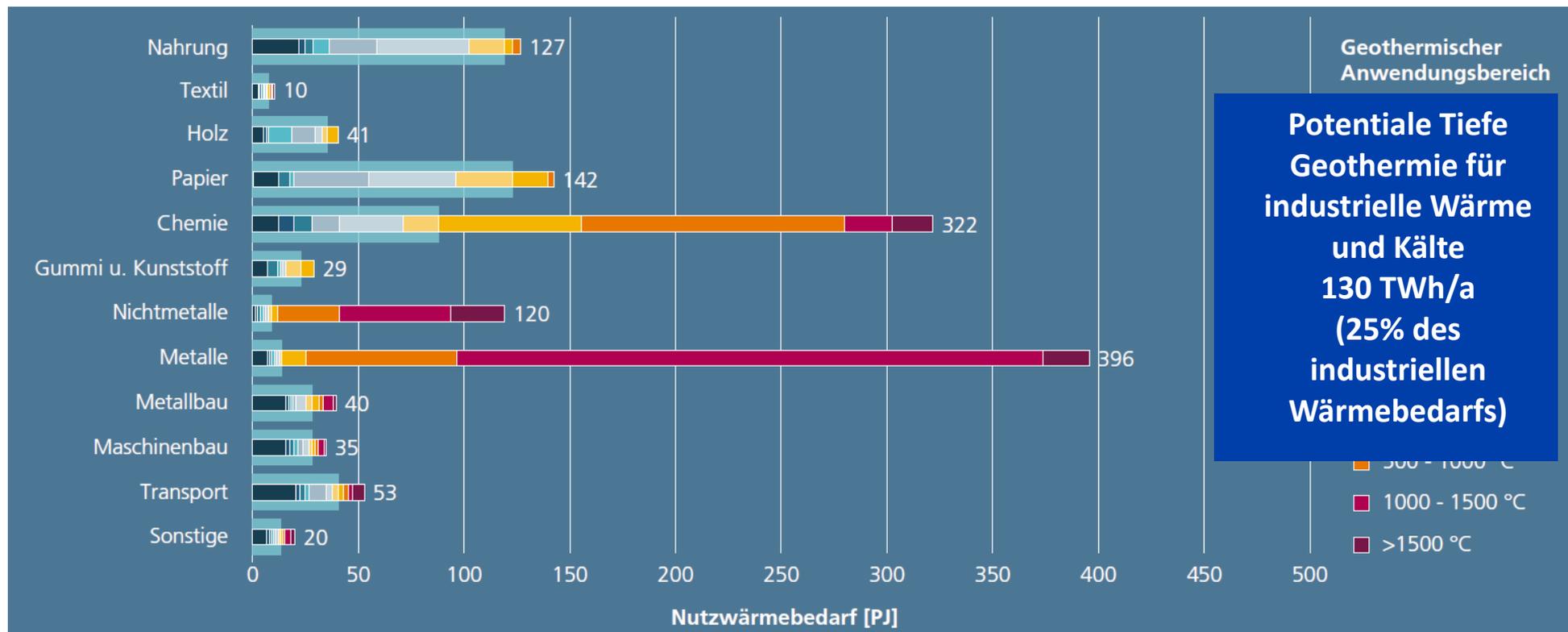
- Prozesswärme 541 TWh/a (8.600 h/a)
- Kälte 63 TWh/a (8.600 h/a)

Industrieller Bedarf: **604 TWh/a**

Kann die Tiefe Geothermie einen Beitrag zur industriellen Wärmewende liefern?

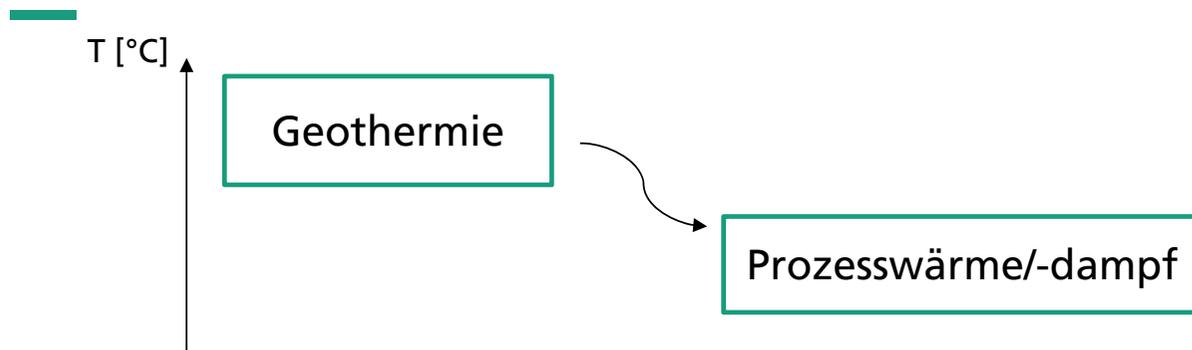
Potenziale der Tiefengeothermie für industrielle Prozesswärme

Roadmap Tiefe Geothermie Deutschland

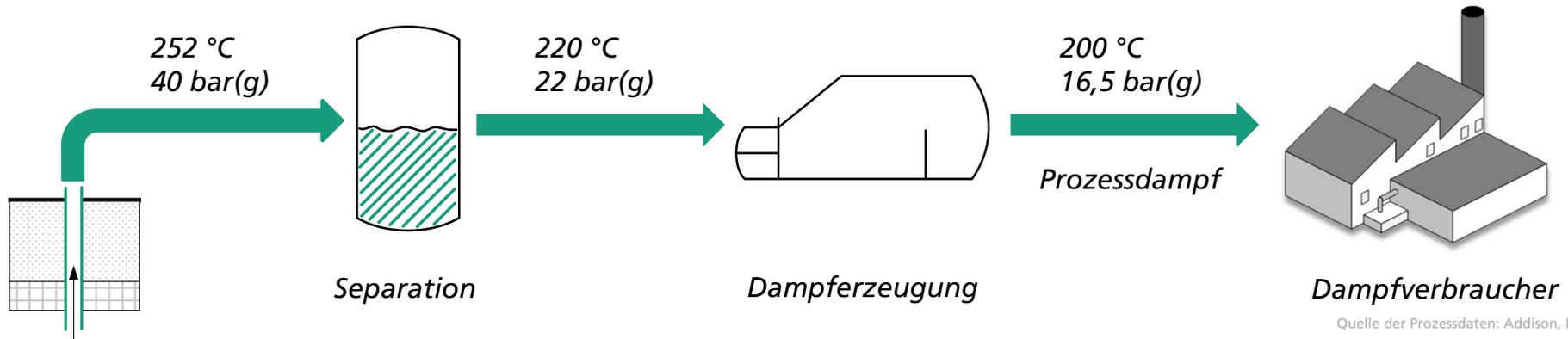


Geothermale Prozessdampferzeugung für die Industrie

Stand der Technik in vulkanischen Hoch-Enthalpie-Lagerstätten

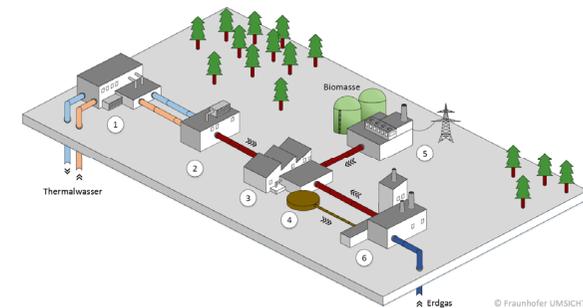
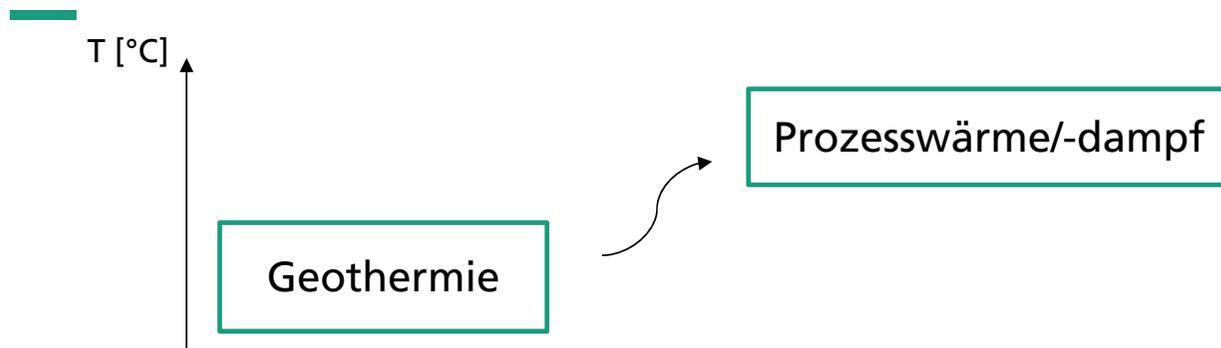


■ Beispiel: Kawerau, Neuseeland

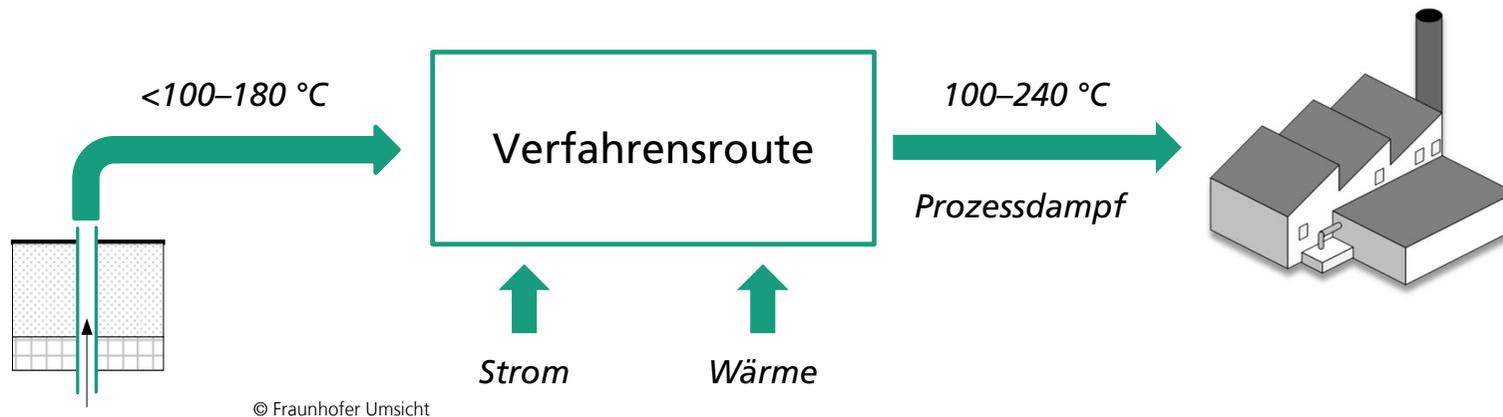


Geothermale Prozessdampferzeugung für die Industrie

Anpassung für Niedrig-Enthalpie-Lagerstätten in Mitteleuropa



Entwicklung von Verfahrensrouten zur Prozessdampfbereitstellung



MARKTVERFÜGBARE WÄRMEPUMPEN

Heizleistung

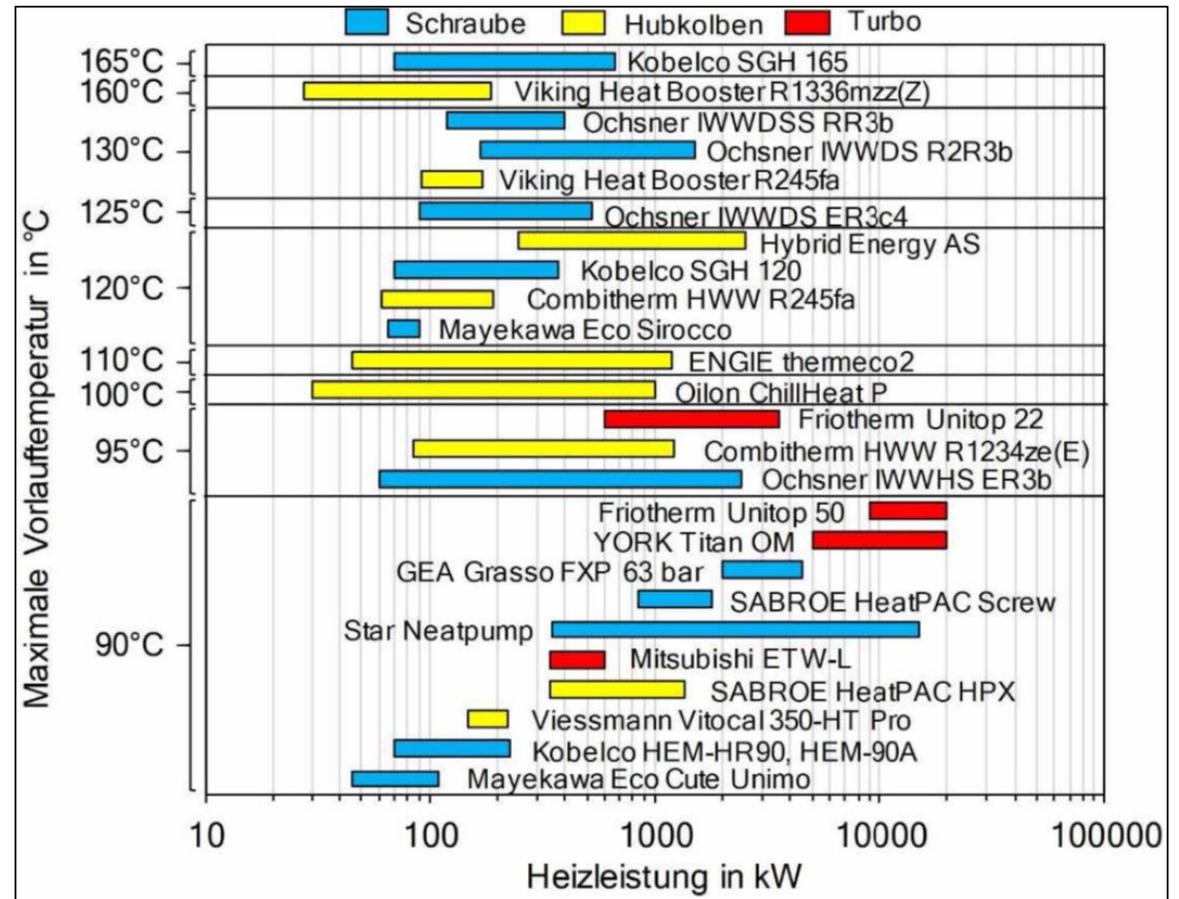
25 bis 20.000 kW

Heiztemperatur:

bis 165 °C

Entwicklungstendenzen:

- hohe Temperaturspreizungen
- Nutzung von Niedertemperaturwärme als Wärmequelle
- Bereitstellung hoher Heiztemperaturen



Quelle: Arpagaus et al. 2018

Das Projekt Kabel ZERO

Eine Tiefen-Geothermie-Anlage zur klimaneutralen Papiertrocknung.



KABEL

Premium Pulp & Paper



Fraunhofer
UMSICHT



Fraunhofer
IEG

Geothermale Papiertrocknung

Entwicklung einer Dampferzeugung zur Papiertrocknung
auf Basis tiefergeothermaler Wärme in Hagen

18.02.2020–31.03.2023

Geothermale Papiertrocknung

Entwicklung einer Dampferzeugung zur Papiertrocknung
auf Basis tiefergeothermaler Wärme in Hagen.

Dieses Projekt wird durch die Europäische Union
und das Land Nordrhein-Westfalen gefördert.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

www.efre.nrw.de
www.wirtschaft.nrw.de

Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



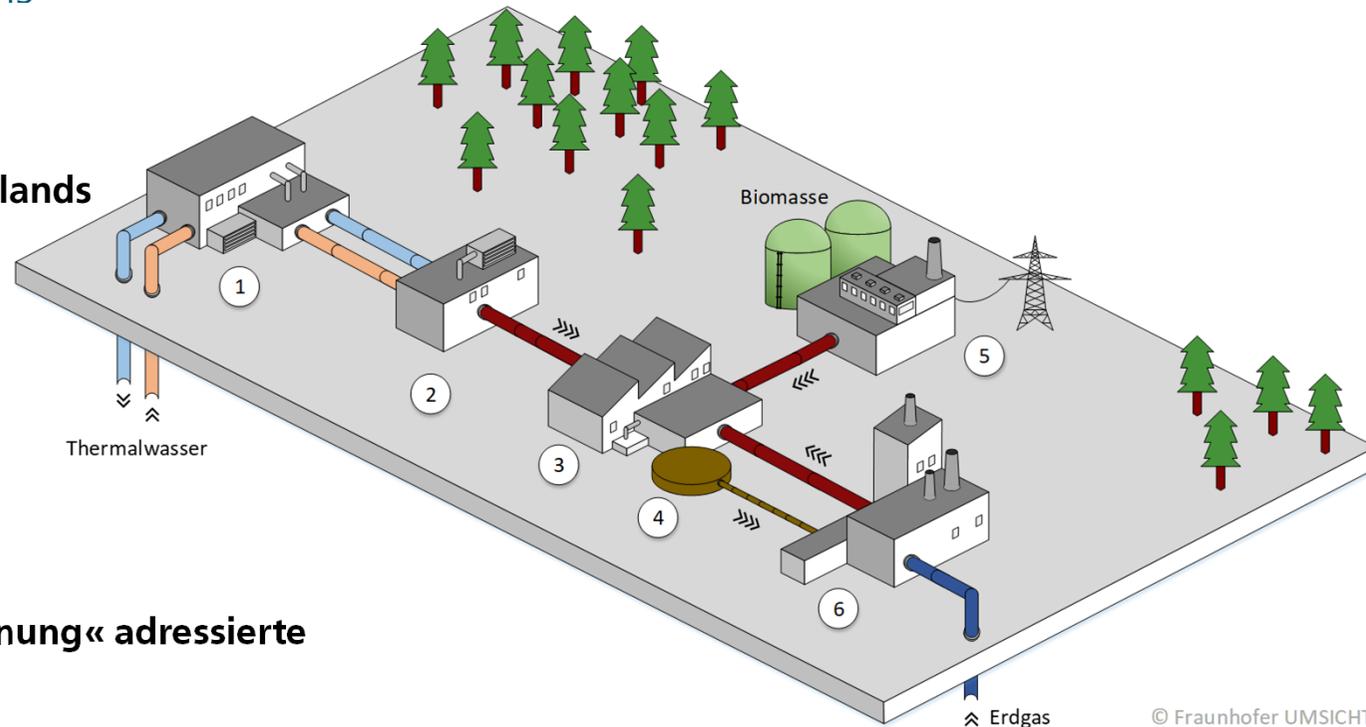
Das FuE-Projekt »Geothermale Papiertrocknung«

Die zentralen Leitfragen des Vorhabens

- **Papierindustrie unter Top 5 der energieintensivsten Branchen Deutschlands**

Eckdaten KPPP Hagen:

- 450.000 t Produktionskapazität
- ca. 600 Mitarbeitende
- 500 GWh Strombedarf
- 550 GWh Wärmebedarf (Erdgas)



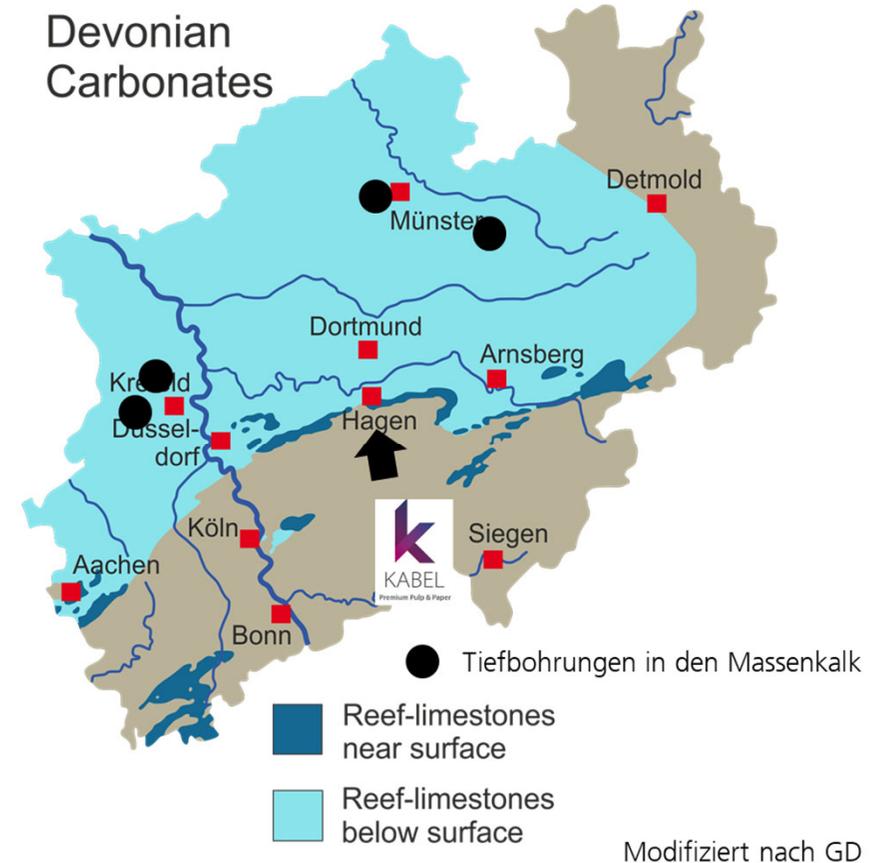
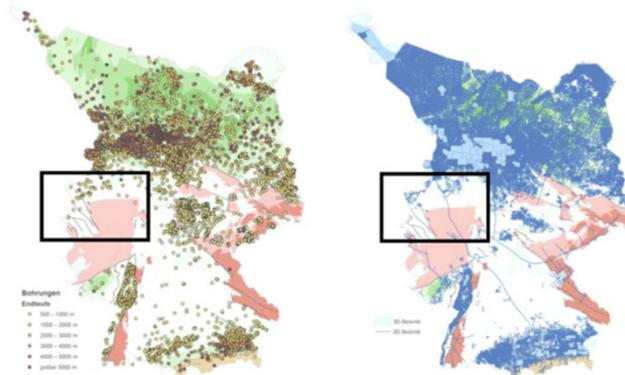
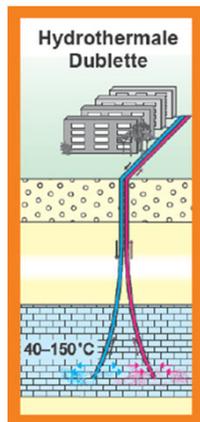
- **Das Projekt »Geothermale Papiertrocknung« adressierte zwei wesentliche FuE-Ziele:**

- Tiefengeothermie in Hagen/NRW: Erkundung des geothermischen Dargebots
- Entwicklung von Verfahrensrouten für die geothermale Prozessdampferzeugung mit Bereitstellungstemperaturen von 160°C

Hydrothermale Nutzung am Standort KPPP

Motivation und Ausgangslage

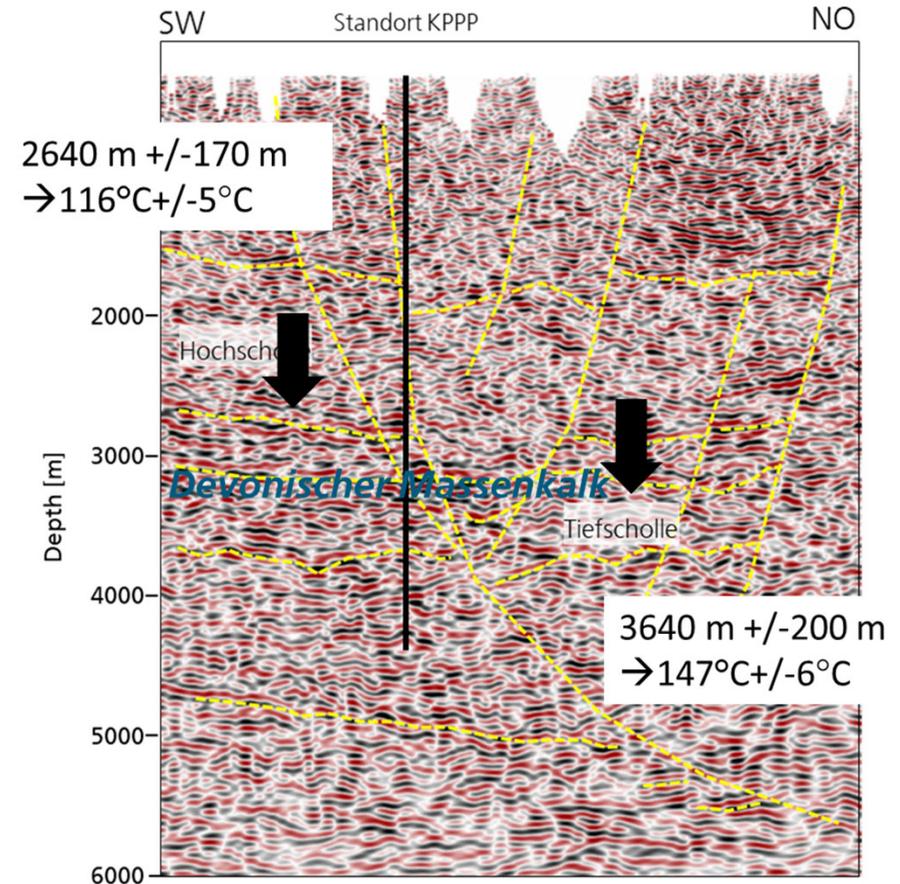
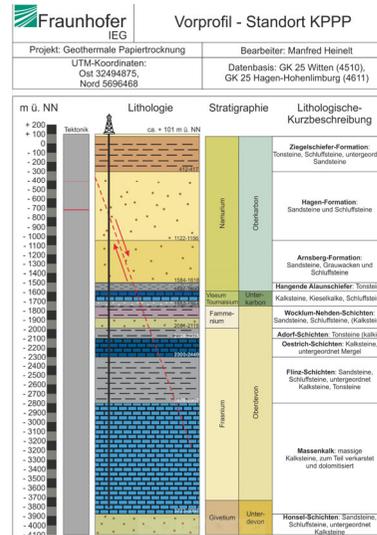
- Raum Hagen im Verbreitungsgebiet der devonischen Massenkalke
- Hydrothermale Nutzung über natürliche Wasserwegsamkeiten innerhalb der Massenkalke (Tiefen-Verkarstungen und Klüfte)
- Tiefenlagen von 3.000 – 4.000 m am Standort KPPP (Modell GD NRW)
- Reservoirtemperaturen 100 – 130°C
- „Greenfield“-Explorationsstatus NRW: kaum Tiefenaufschlüsse+seismische Daten



Hydrothermale Nutzung am Standort KPPP

Ergebnisse der 2 D-Seismik

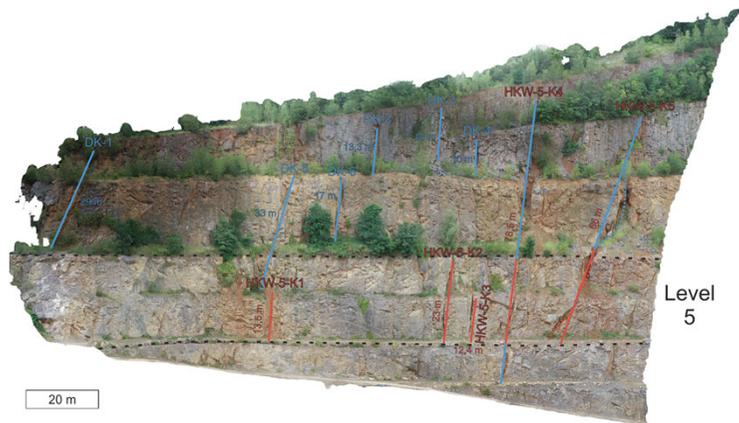
- Seismik mit mäßiger Qualität
- Reflektivitätszone mit hoher Impedanz
- Interpretiert als Abfolge des devonischen Massenkalkes mit Versatz an Störungszone
- Top Massenkalks von 2.600 bis 3.600 m
-> erwarteter Temperaturbereich zwischen **110°C bis 150°C**
- Mächtigkeit 800 - 1000 m



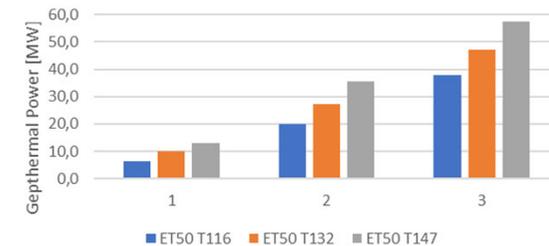
Hydrothermale Nutzung am Standort KPPP

Untersuchungen im Steinbruch Steltenberg und Thermo-hydraulische Modellierungen

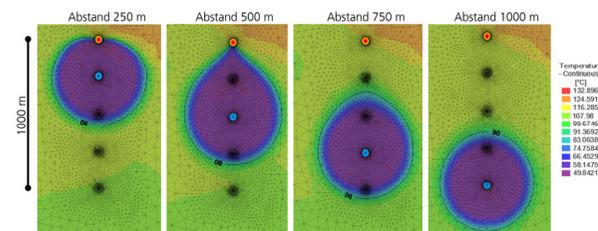
- räumliche Nähe von zugänglichem Massenkalk im Steinbruch Steltenberg
- Dominierende Vorriff-Fazies in Steltenberg mit **starker (hydrothormaler) Dolomitisierung mit Fortsetzung in Tiefe**
- Dolomitisierter Massenkalk → Erhöhte Porosität → Höheres geothermisches Potential



- Bestimmung thermischer Erträge mittels stochastischer Modellierung (DoubletCalc, TNO NL), Berechnung verschiedener Szenarien für hydrothermale Doubletten
- -> **Injektionstemperatur 50 °C: mittlerer P50-Fall 28 MW**



- Numerische Reservoir-Simulation (FeFlow) bestätigt erfolgreiche Produktionsmöglichkeiten auch bei geringer Permeabilität (50 mD)



Fazit zur industriellen Prozesswärmeversorgung auf Basis von Tiefengeothermie in Deutschland

- **Tiefengeothermie hat das Potenzial, einen relevanten Beitrag zur industriellen Prozesswärmeversorgung zu leisten**
 - ca. 130 TWh = etwa $\frac{1}{4}$ des industriellen Nutzwärmebedarfs [ROADMAP TIEFE GEOTHERMIE FÜR DEUTSCHLAND, Bochum/Potsdam, 2022]
- **Prozesswärme- und auch Prozessdampfbedarfe bis über 200 °C sind adressierbar**
 - Erfordert Kombination mit Wärmepumpentechnologien oder anderen Verfahrensschritten zur Temperaturerhöhung
 - Große Vielfalt an Verfahrensrouten abhängig von Dargebot und konkretem Bedarf (>100 mögliche Verschaltungen identifiziert)
 - FhG hat eine Methodik zur standortspezifischen Bewertung und Auswahl der effizientesten & wirtschaftlichsten Verfahrensrouten entwickelt



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
Glück Auf!

