

Potential zur geothermischen Nachnutzung des Kalibergwerks Sigmundshall

*Konzeptstudie beauftragt von **Haste-CO2 UG** mit finanzieller
Unterstützung der Gemeinde Haste
2021*

Durchgeführt von:  **DEEP KBB**

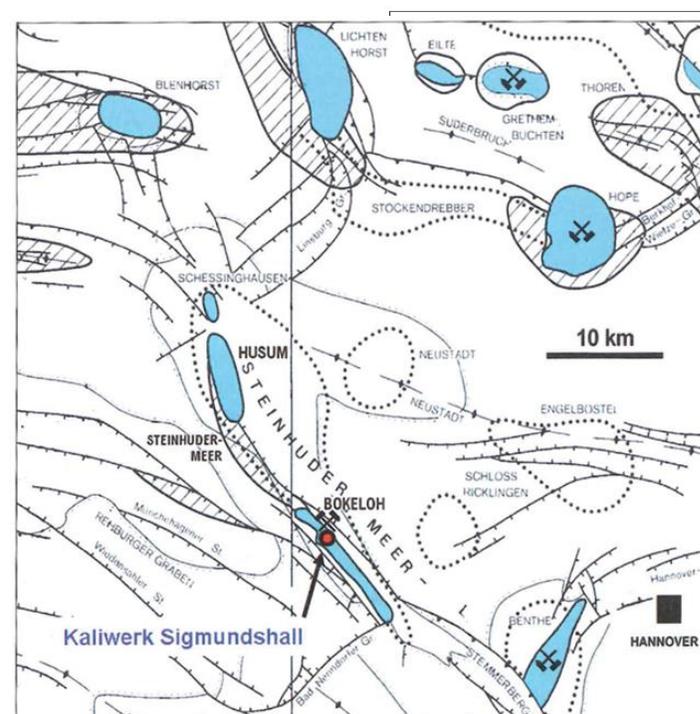
GeoDienste  GmbH
Geologie - Hydrogeologie - Geothermie

 **GeoEnergy
Celle e.V.**
Kompetenz in Erdöl, Erdgas, Erdwärme

 **KIRCHNER** Gebäudetechnik
Ingenieurbüro für technische Gebäudeausrüstung und Energieanlagen

- A. Kalibergwerk Sigmundshall und Flutungsprozess (Ausgangssituation)*
- B. Geowissenschaftliche Rahmenbedingungen: hier Temperatur-Tiefenprofil*
- C. Technische Erschließungskonzepte (DEEP KBB)*
- D. Nutzbares Wärmepotential (überschlägige Berechnungen)*
- E. Obertägige Nutzungskonzepte (Kirchner Ingenieure)*
- F. Genehmigungsrechtliche Aspekte*
- G. Fazit und momentaner Stand des Projekts*

A. Lage Kalibergwerk



Kockel (1996)



Schacht Kolenfeld:

- Durchmesser: 5-8 m
- Anschläge:
500 m Sohle
725 m Sohle
- 940 m Sohle mit Streckenquerschnitt von 28 m²

Oberfläche ca.
50 m NN

www.geodienste.or

- **09.06.2021:** LBEG lässt Abschlussbetriebsplan zur Flutung des Kalibergwerks Sigmundshall zu.
- **Gezielte Einleitung über Rohre in Grubentiefstes** (schrittweise Überflutung der Sohlen)
- **Einleitmenge** 1,7 - 2,1 Mio. m³/a über 20 Jahre
- **1.400 m - Sohle** kann nicht mehr betreten werden -> **fällt raus**
- **1.150 m – Sohle** könnte theoretisch noch genutzt werden, ist aber nur mit aufwendigen Bohrungen erschließbar/nutzbar
→ **K + S rät ab**
- **940 m – Sohle** wird nach derzeitiger Planung ab **2028 geflutet** und kann **geothermisch genutzt werden**

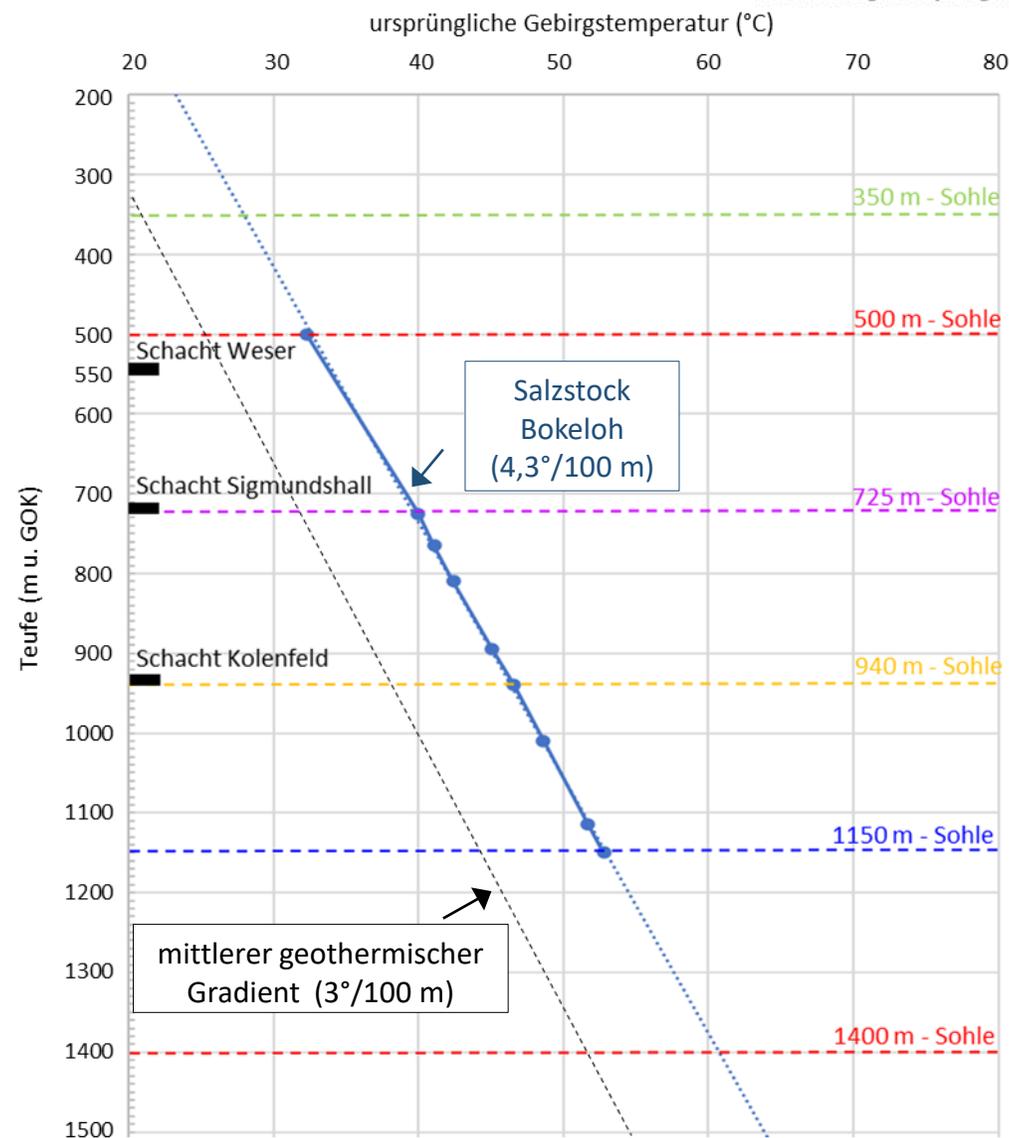


© Holger Hollemann/dpa

(Infos von K+S an Projektpartner, 2021)

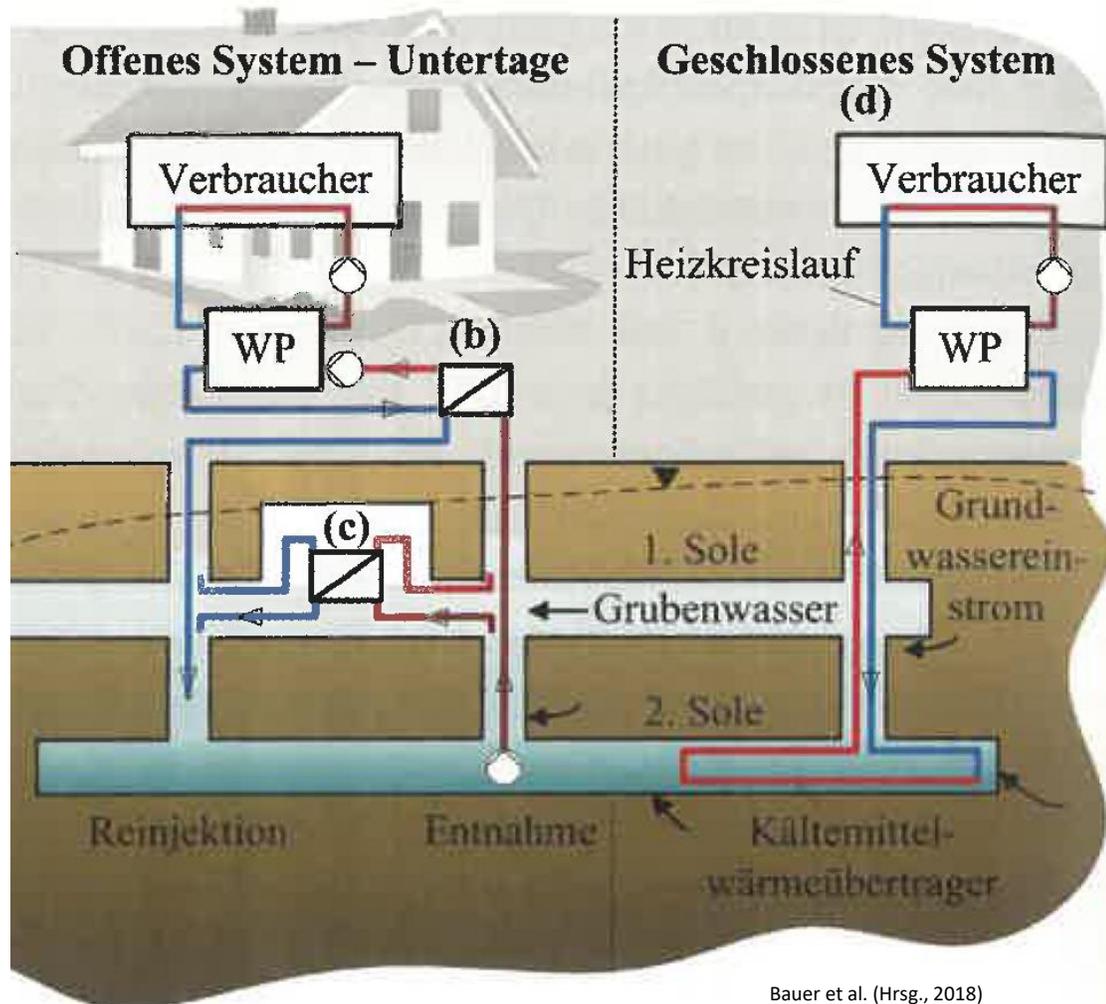
B. Temperatur-Tiefenprofil

- Schacht Weser**
ca. 32°C auf 500 m Sohle
- Schacht Sigmundshall**
ca. 40°C auf 725 m Sohle
- Schacht Kolenfeld**
ca. 47°C auf 940 m Sohle



Modifiziert von K+S
(2021)

Vorläufige Vorauswahl einer Konzeptvariante: offene/geschlossene Systeme



- Offene Systeme:

Risiken von Salzausfällungen und Salzablagerungen sowie Korrosionsgefahren zu groß und nicht beherrschbar

-> technisch mögliche Varianten für offene Systeme wurden **verworfen** und **nicht weiter berücksichtigt**

- Geschlossene Systeme wurden überprüft:

Die **Variante Nr. 2g** (siehe nachfolgende Tabelle) wird als **Vorzugsvariante** vorgeschlagen

Erstbewertung Geschlossene Systeme

Variante Nr.	Beschreibung System	Entfernung zum Verbraucher	Leitungslänge untertage	Salzausfällung, Korrosion	Erforderliche Neubohrung	Erforderliche Pumpleistung (el. Tauchkreisl-pumpe / TKP)	Kosten total
1g	Produktion aus Schacht 1 Injektion in Schacht 2	-	--	++	++	Keine TKP, nur Transportpumpe übertage	-
2g	Produktion aus Schacht 1 Injektion in Schacht 1	+	+	++	++	Keine TKP, nur Transportpumpe übertage.	++
3g	Produktion aus Neubohrung 1 Injektion in Schacht 1	++	-	++	--	Keine TKP, nur Transportpumpe übertage	--
4g	Produktion aus Neubohrung 1 Injektion in Neubohrung 2	++	+	++	--	Keine TKP, nur Transportpumpe übertage	--

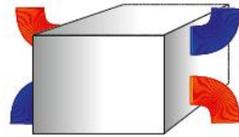
+ = günstig

++ = Vorteil

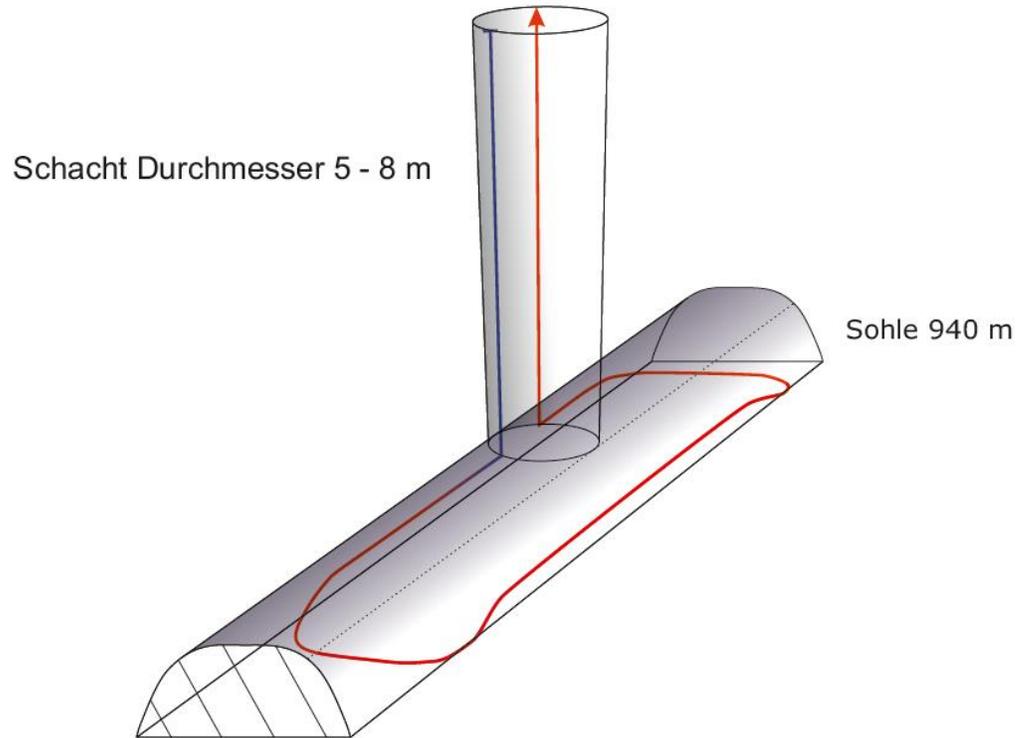
- = ungünstig

-- = Nachteil

Fließschema Variante 2g: Vor- und Rücklauf über einen Schacht (hier Kolenfeld)



Wärmetauscher



Schacht Durchmesser 5 - 8 m

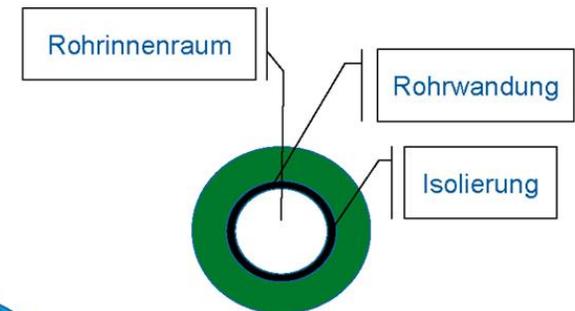
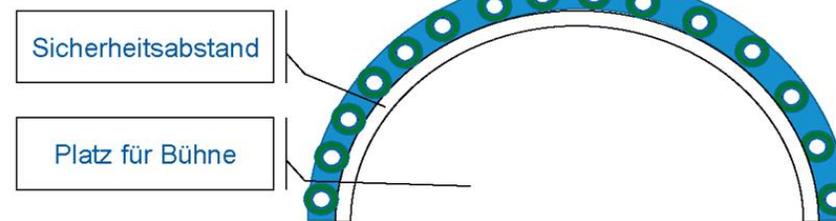
Sohle 940 m

Streckenquerschnitt 28 m²

Schachtscheibe Kolenfeld und zusätzl. Falleleitungen

Mgl. Anzahl Rohre

- Möglicher Kreisabschnitt in der Schachtscheibe max. halber Kreis
- Umfang gedachte Linie durch Mittelpunkt der Rohre:
 - $R = 2,50\text{m} - 0,2\text{m}/2 = 2,40\text{m} = 240\text{cm}$
 - $U = \pi \cdot R = 3,14 \cdot 240\text{cm} = 754\text{cm}$
- $D_{\text{rohr}} = 20\text{cm} + \text{Abstand Rohre}$
- Abstand zwischen Rohren = 5cm
- Anzahl Rohre = $U / D_{\text{rohr}} = 754\text{cm} / 25\text{cm} = 30$
- 30 Rohre = 15 Kreisläufe
- Innenrohrdurchmesser max. 90mm!



Darstellungen nicht maßstäblich!

Modellrechnungen für Rate und Druckverluste in einem Kreislauf (Schleife) gehen von folgenden Annahmen bzw. Gegebenheiten aus:

- Innendurchmesser Rohre: 90 mm
- Strömungsgeschwindigkeit: 1 m/s
- Förderrate $\approx 23 \text{ m}^3/\text{h}$ (6,4 l/s) pro Schleife
- Gesamtvolumenstrom: 15 Schleifen = $345 \text{ m}^3/\text{h}$
- Rohrleitungslänge pro Schleife: 3.000 m
- Pumpenbetrieb: 2 Stück je $172,5 \text{ m}^3/\text{h}$

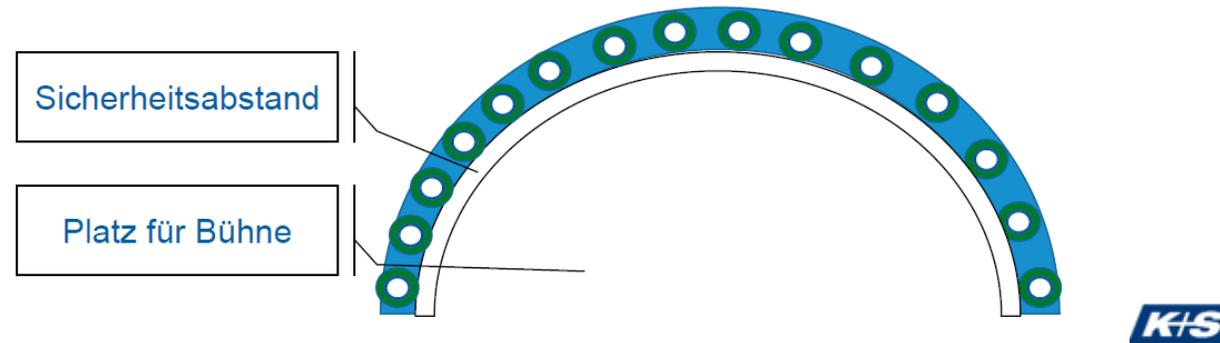
Überschlagsrechnungen für zwei Förderpumpen im Parallelbetrieb ergeben für jede Pumpe:

- Leistungsbedarf: ca. 37 kW
- Systemdruck Produktion übertage: 1 bar am Austritt Produktionsrohr (+ 4 bar Druckverlust)
- Wirkungsgrade: Pumpe 75%, E-Motor 85%, Gesamt 63,75%

D. Nutzbares Wärmepotential (erste überschlägige Berechnungen)

(Prof. Dr.-Ing. S. Kabelac, Institut für Thermodynamik, Leibniz Universität Hannover)

- Unter Berücksichtigung bereits verlegter (und verbleibender) Leitungen im Schacht Kolenfeld, können (nach Rücksprache mit K+S) 30 Leitungen (= 15 Kreisläufe) mit einem maximalen Außendurchmesser von 4 Zoll (= 101,6 mm) in den Schacht eingebaut werden.

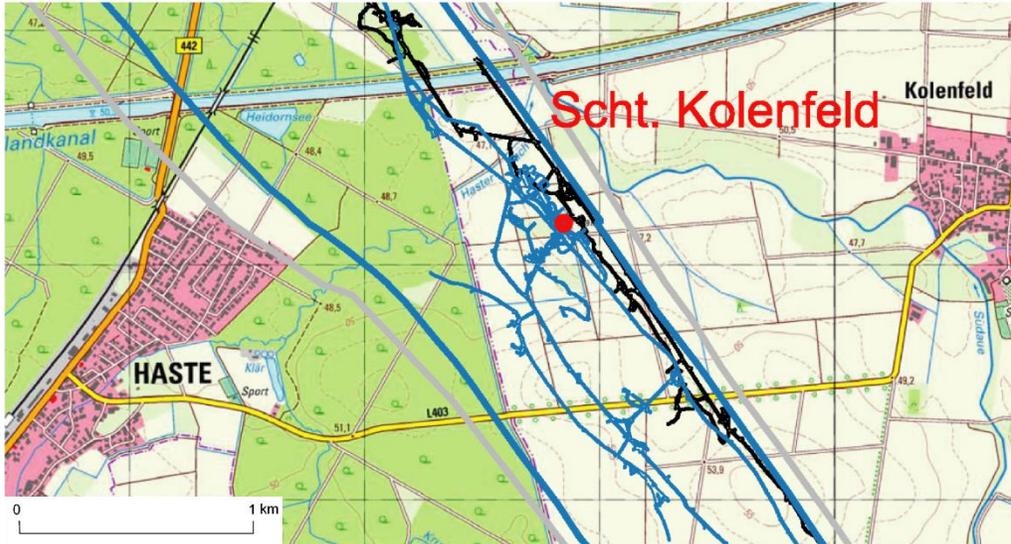


- Damit der Druckverlust nicht zu groß wird, wurden Rohrdurchmesser von 100 mm und Fließgeschwindigkeiten von 1 m/s angenommen.
- Es ergibt sich eine Entzugsleistung von **165 kW** bei einem Delta T von 5 K und entsprechend **330 kW** bei einem Delta T von 10 K für **jeden Kreislauf**

15 Kreisläufe -> **ca. 2,5 MW** bei $\Delta T = 5^\circ\text{C}$ und **ca. 5 MW** bei $\Delta T = 10^\circ\text{C}$

(Entzugsleistungen für Wärmeversorgung der Gemeinde Haste)

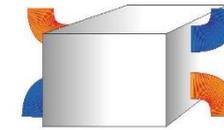
- Nach jetzigem Stand machen **horizontale Rohrlängen > 1.000 m keinen Sinn**, da:
 1. Kreislauf-Wasser im Rohr schon nach einigen hundert Metern nahezu die Temperatur der umgebenden Sole angenommen hat
 2. weitere Rohrlänge Druckverlust ohne Nutzen verursachen würde.
- **umfangreichere Modellrechnungen sind notwendig**, die im Rahmen einer **Machbarkeitsstudie** durchgeführt werden.
- **Weitere Optimierungen bzw. Erweiterungsvorschläge:**
 - **Übertragung** der Variante auf den **Schacht Sigmundshall** (725 m – Sohle: **Wärmeversorgung Bokeloh/Wunstorf**) und evtl. **Schacht Weser** (500 m – Sohle: **Wärmeversorgung Hagenburg**)
 - Verlegung Rohre auf parallel verlaufenden Sohlenabschnitten, um Temperaturbeeinflussung von Vor- und Rücklauf auf der Sohle zu minimieren, muss im Rahmen der Machbarkeitsstudie geprüft werden.



Kaliwerk Sigmundshall mit 1400 m-Sohle - 940 m-Sohle und entsprechenden Salzrändern

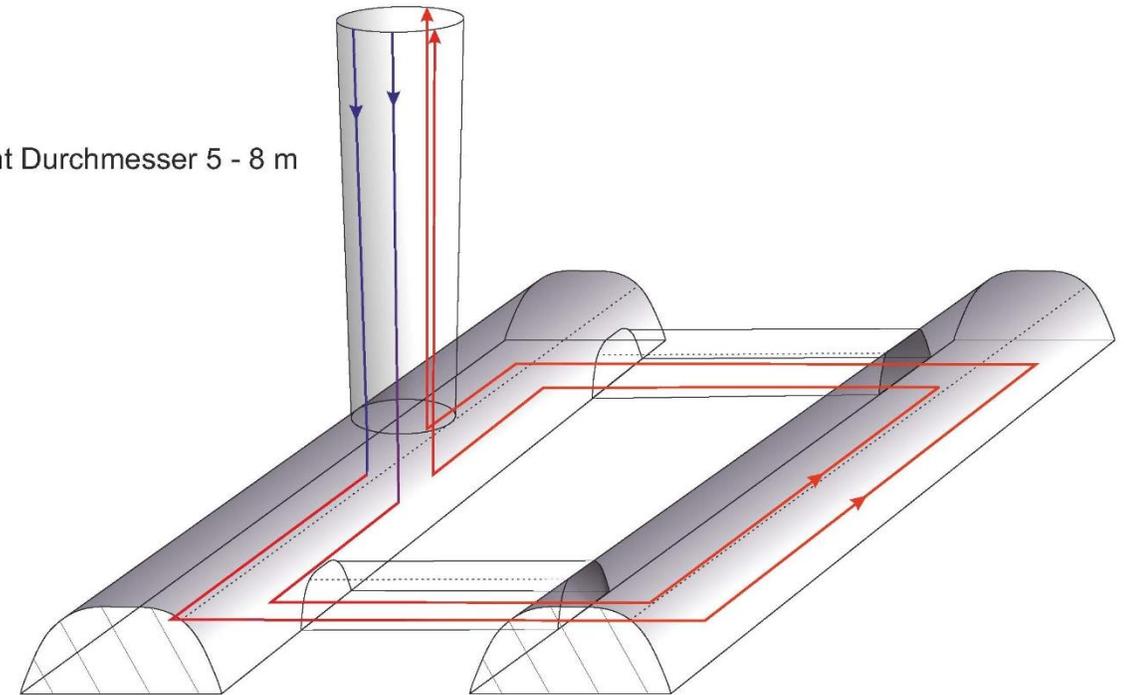


Technische Erschließungskonzepte (Optimierungsoption)



Wärmetauscher

Schacht Durchmesser 5 - 8 m



Streckenquerschnitt 28 m²

Sohle 940 m

- 2 Kreisläufe exemplarisch, 15 Kreisläufe geplant
- Keine Temperaturbeeinflussung von Vor- und Rücklauf auf parallel verlaufenden Sohlenabschnitten

- Der **geothermischer Gradient** ist im Salzstocks mit **4,3°C/100 m** deutlich überdurchschnittlich (3°C/100 m)
 - >> **47°C auf 940 m – Sohle**
- Mehrere Varianten **offener und geschlossener Erschließungssysteme** wurden geprüft
- **Offene geothermische Erschließungssysteme:**
 - > durch Förderung von Salzsole und Wiedereinführung werden Chemismus und Temperatur verändert
 - > es kann zu unkontrollierten Ausfällungs-, Umlöse- und Nachlöseeffekten kommen, die die Stabilität des Bergwerks gefährden >> **zu hohes Risiko bei offenen Varianten**
- **Favorisiertes geschlossenes geothermisches Erschließungssystem:**
 - > 15 Kreisläufe à 3000 m Rohrlänge (Schacht Kolenfeld und 940 m-Sohle)
 - > Entzugsleistung: 2,5 – 5 MW

- Eine geothermische Nachnutzung des Kalibergwerks scheint, aufgrund der Ergebnisse der Studie, **technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll** zu sein
- Ein vergleichbares Projekt dieser Größenordnung ist bisher nicht bekannt und hätte daher **Pilotcharakter**
- Mit der Umsetzung des Projekts kann ein deutlicher Beitrag zur **CO₂ – Reduzierung** und zum **Klimaschutz** geleistet werden (besondere Bedeutung in der aktuellen Situation des Ukraine-Krieges)
- Details der technischen Umsetzung sowie von Kosten und Wirtschaftlichkeit müssen im Rahmen einer **Machbarkeitsstudie** geklärt werden (Kosten über *Wärmenetze 4.0* mit bis zu 60 % förderbar)
- Konzeptstudie wurde mit 50% von der Gemeinde Haste mitfinanziert

- Wichtige Akteure aus den Bereichen Energieversorgung, Forschung und Politik haben ihr Interesse am Projekt bekundet und ihre Beteiligung in Aussicht gestellt
- **K + S** hat die bisherigen Arbeiten tatkräftig unterstützt und weitere Unterstützung zugesagt
- Die Weiterführung dieses innovativen Projekts wird nachdrücklich empfohlen
- Projektidee und Auftraggeber:

Haste-CO2 UG, Hauptstraße 80, 31559 Haste, Tel.: 05723/9878710

E-Mails: knebelsberger@haste-co2.de, teichmann@haste-co2.de, kuhlmann@haste-co2.de



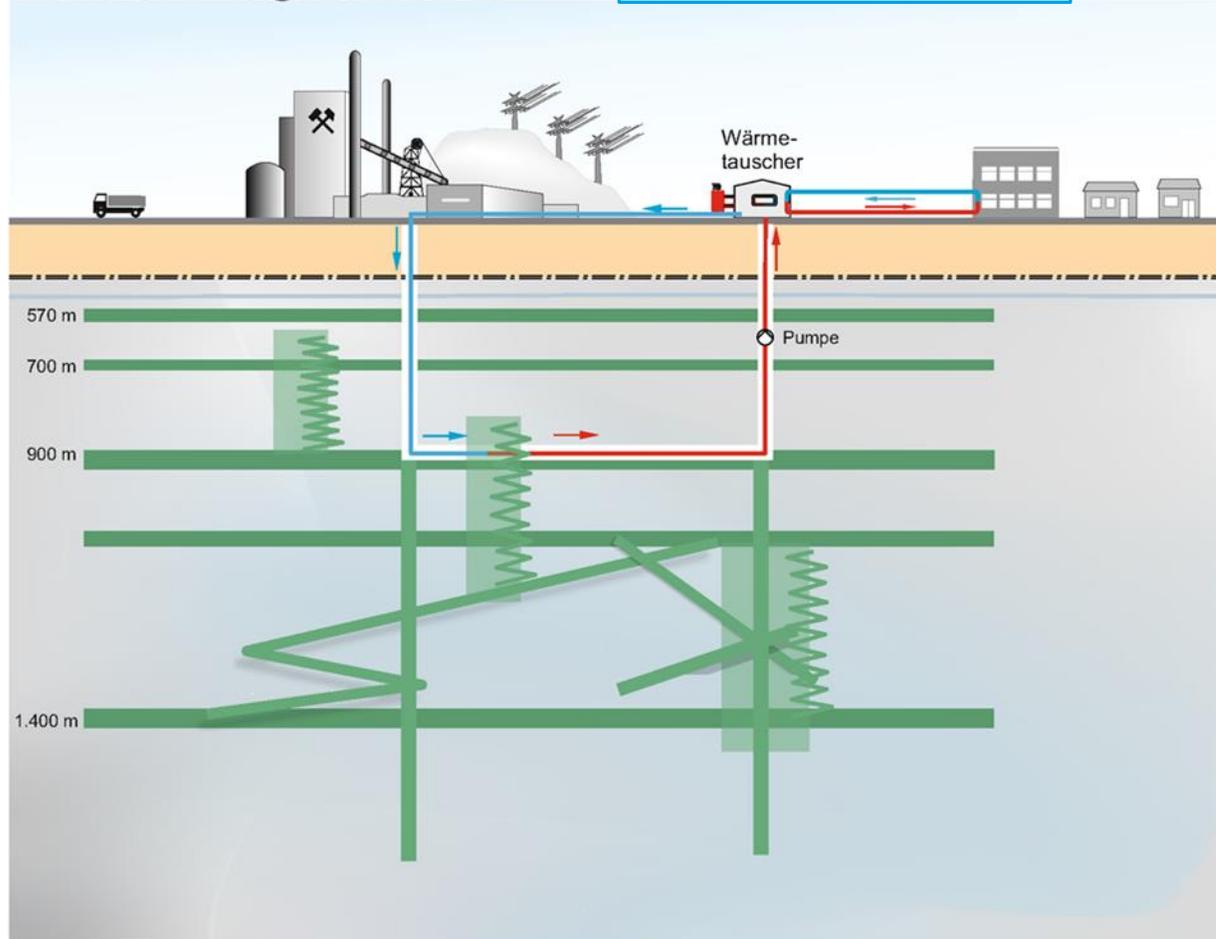
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Back-up

Vorläufige Vorauswahl einer Konzeptvariante: offene/geschlossene Systeme

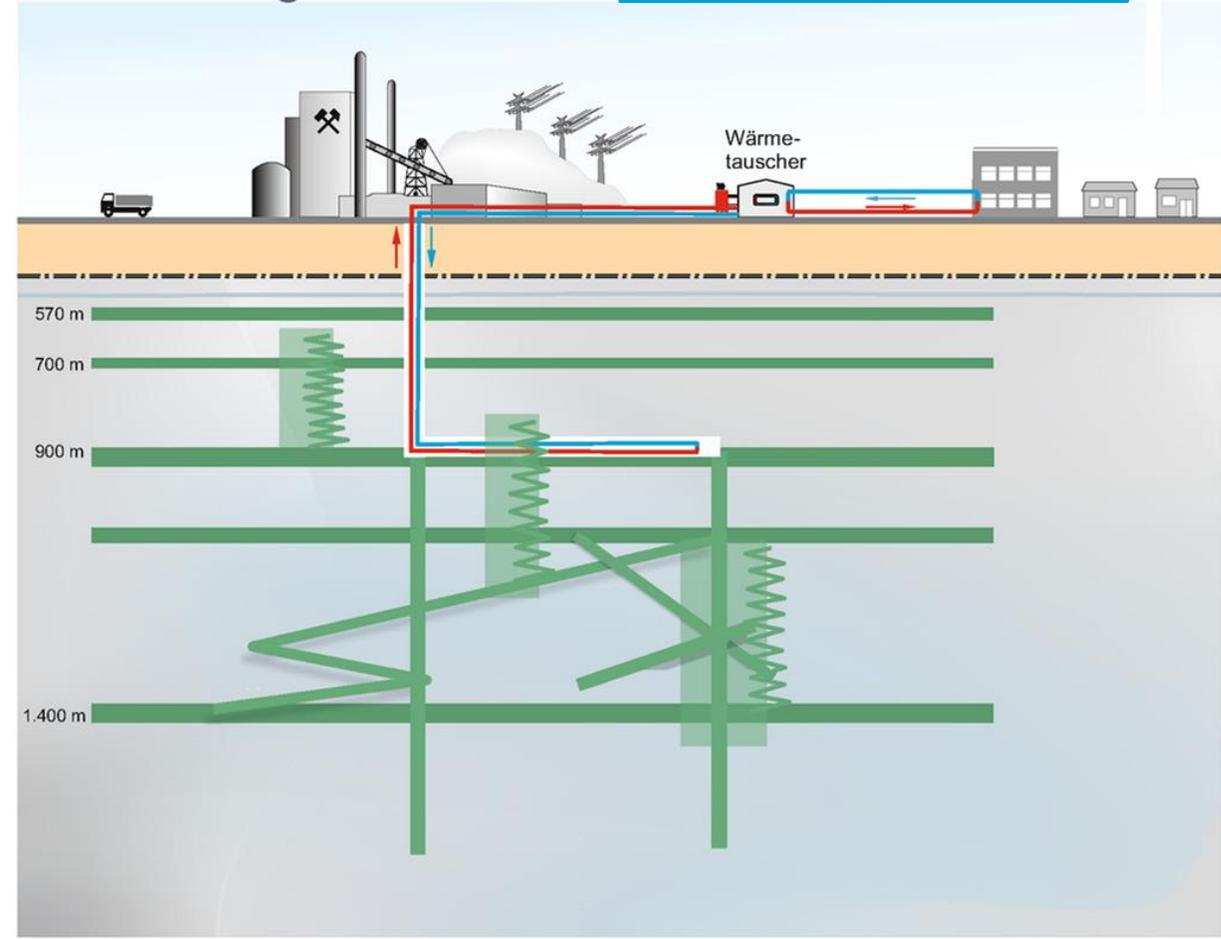
ENTWURF Sigmundshall

Offenes System



ENTWURF Sigmundshall

Geschlossenes System



Vergleichbare geschlossene Systeme in Grubenwässern

Bauer et al. (2018)

Ort	Land	Bergwerk	Rohstoff	Teufe in m	T _w in °C	Q _{Heiz} vor/nach WP in kW	Versorgte Objekte	Inbetr.
Marl	Ruhrgebiet	Zeche Auguste Victoria	Steinkohle	700	16-21	70/-	4 Familienhäuser	2010
Butte	Montana, USA	Orphan Boy Mine	Gold, Silber, Kupfer	245	20-27 24-35	108/147 100/120 (Kühl.)	Universitätsgebäude	2014
Bottrop	Ruhrgebiet	Prosper Haniel	Steinkohle	>1200	25-30	500/-	Wohn- und Gewerbegebiete	Num. Studie
Alsdorf	Aachener Revier	Eduard Schacht	Steinkohle	860	22-26	-/420	Wohnpark, Energeticon	Pilotprojekt

-> **Q_{Heiz} Größenordnung für Sigmundshall (47°C auf 940 m – Sohle) mit vertikaler Sonde**

=

mehrere hunderte kW

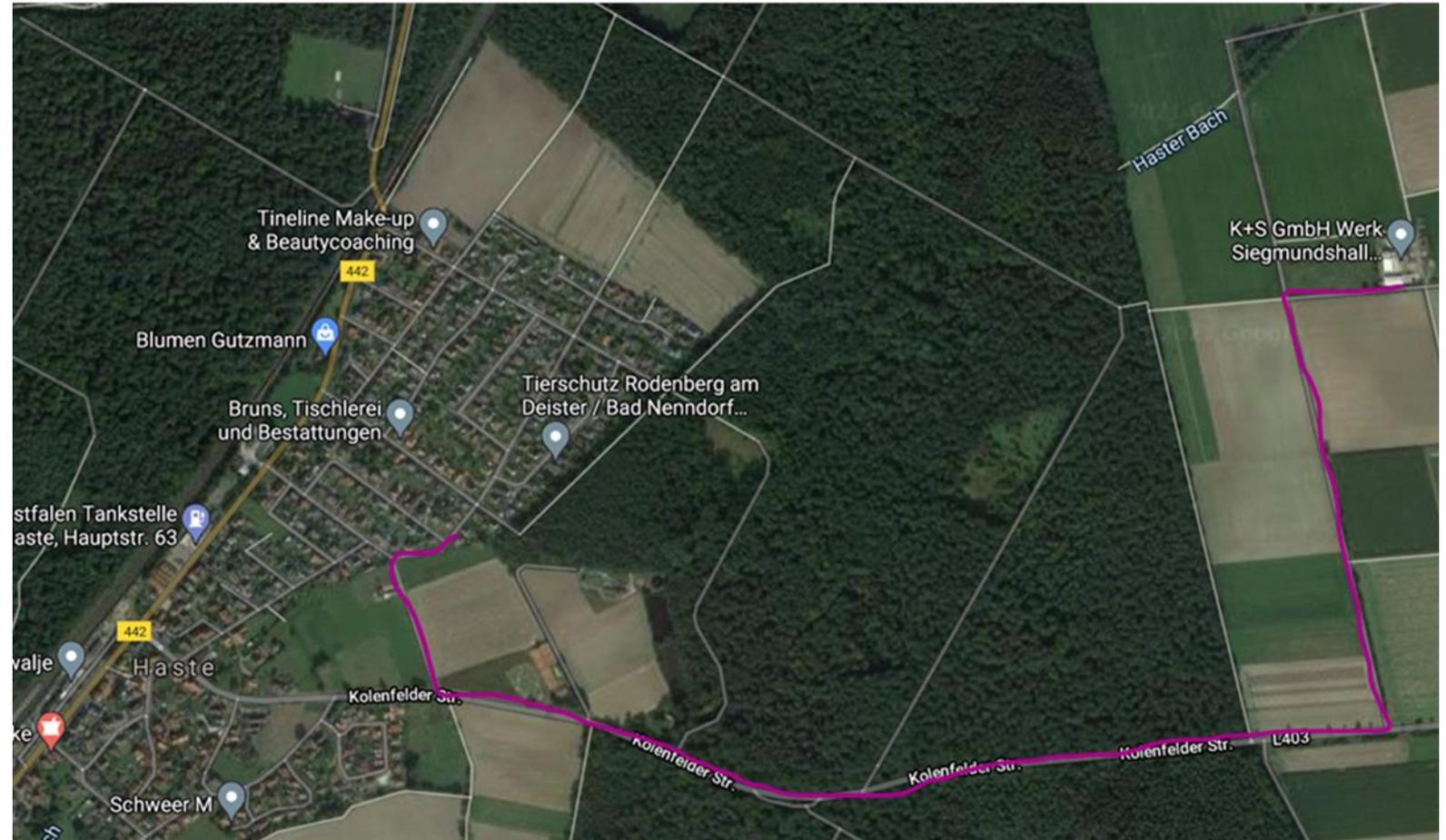
Wohngebiet im Norden von Haste mit etwa 340 Einfamilienhäusern
(Baujahr 1975 – 1995)

Grundlagen:

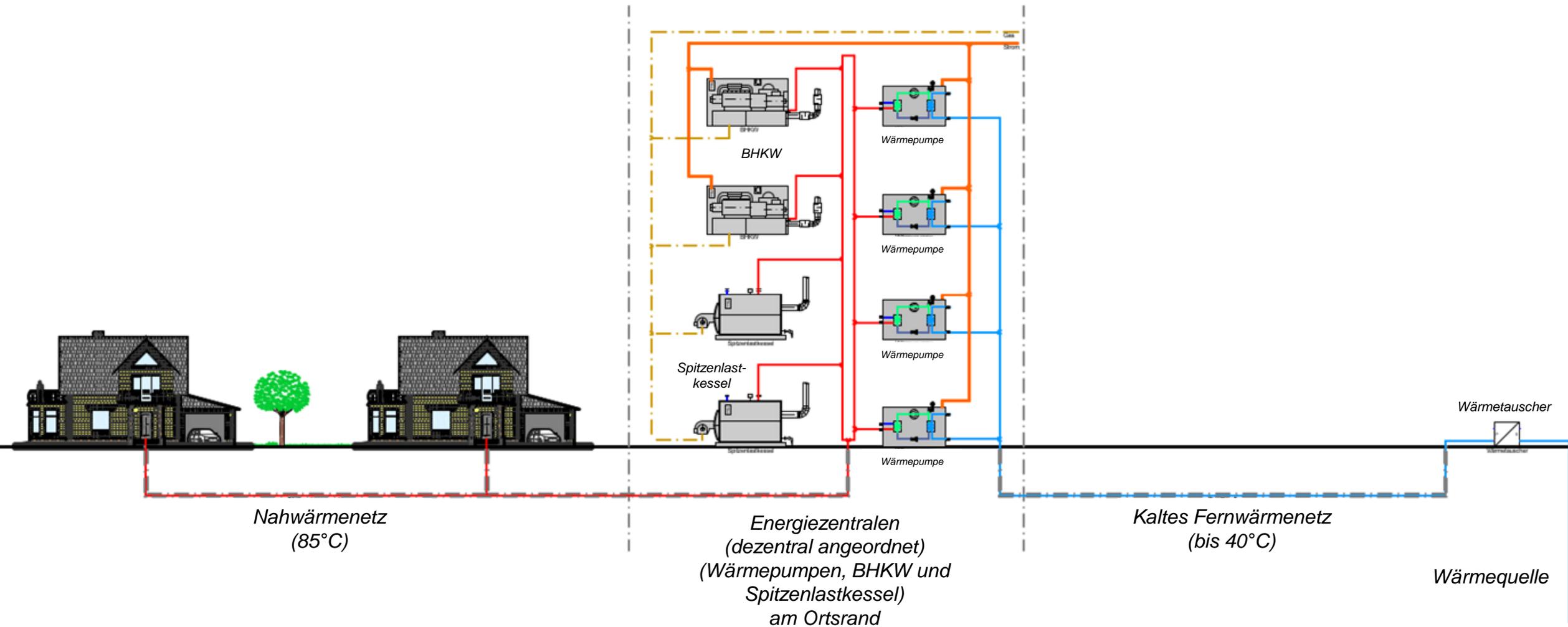
Länge des kalten Fernwärmenetzes
etwa 2 km

Hochtemperaturwärmepumpen
und BHKWs am Rand des
Erschließungsgebietes (dezentral)

Nahwärmenetz ca. 5 km Länge



E. Obertägige Nutzungskonzepte



Bundeszförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetze 4.0):

- Gefördert werden **Machbarkeitsstudien** mit bis zu **60% der förderfähigen Ausgaben (Fördermodul I)** und einer maximalen Höhe der Förderung von 600.000 €.
- In einem weiteren Modul kann die **Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0 mit bis zu 50% der förderfähigen Ausgaben im Investitionsvorhaben (Fördermodul II)** bezuschusst werden. Die maximale Förderung je Investitionsvorhaben beträgt dabei **15 Millionen €**.
- Ergänzend können zudem Maßnahmen zur Kundeninformation im Gebiet des geplanten Wärmenetzsystems 4.0 zur **Erhöhung der Anschlussquote** an ein Modellvorhaben mit **bis zu 80% der förderfähigen Kosten (Fördermodul III)** und bis zu einer betragsmäßigen Obergrenze von max. 200.000 € als Zuschuss gewährt werden.
- Ein viertes Modul besteht aus ergänzender Förderung regionaler wissenschaftlicher Kooperationen zur Kostensenkung, wissenschaftlichen Begleitung und Kommunikation der Erkenntnisse vor Ort in der Region = **„Capacity Building“ (Modul IV bis zu einer Obergrenze von 1 Million € Förderung)**.