

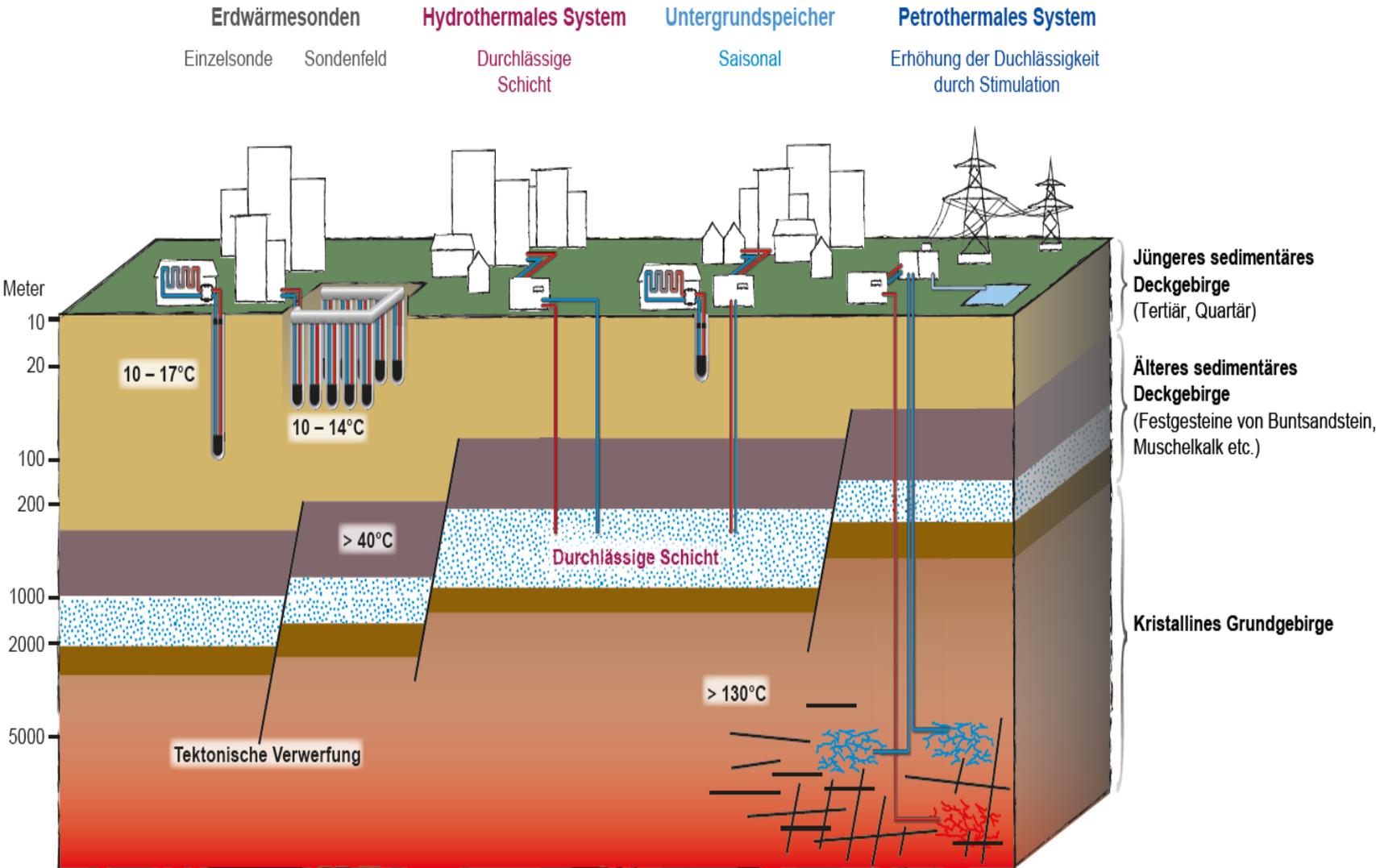
Das hydrothermale Verfahren der Tiefen Geothermie

Prof. Dr. Ingrid Stober

ingrid.stober@minpet.uni-freiburg.de

Informationsveranstaltung
Geothermie
Hartheim
6. Mai 2025

Geothermische Nutzungssysteme



Oberflächennahe Geothermie:

$T \leq 20^\circ\text{C}$, Tiefe ≤ 400 m (meist < 120 m)

i.d.R. Wärmepumpe notwendig

- **Erdwärmesonden** (Sonden-Felder)
- Brunnen-Systeme (Brunnen-Felder)
- Kollektoren
- Energetische Geostrukturen (Energiepfähle etc.).
- Erdwärmespeicher

Tiefe Geothermie:

$T \geq 20^\circ\text{C}$, Tiefe ≥ 400 m,

meistens: $T \geq 60^\circ\text{C}$, Tiefe ≥ 1000 m

- **Hydrothermale Doubletten** (Triplette)
- Aquiferspeicher (mittlere Tiefen)
- Tiefe Erdwärmesonden
- EGS (enhanced geothermal systems) oder HDR; aber: in Entwicklung, Ausnahme: Soutz-sous-Forêts.

Hydrothermales Verfahren

- Wärmeversorgung, Fernwärmenetz -

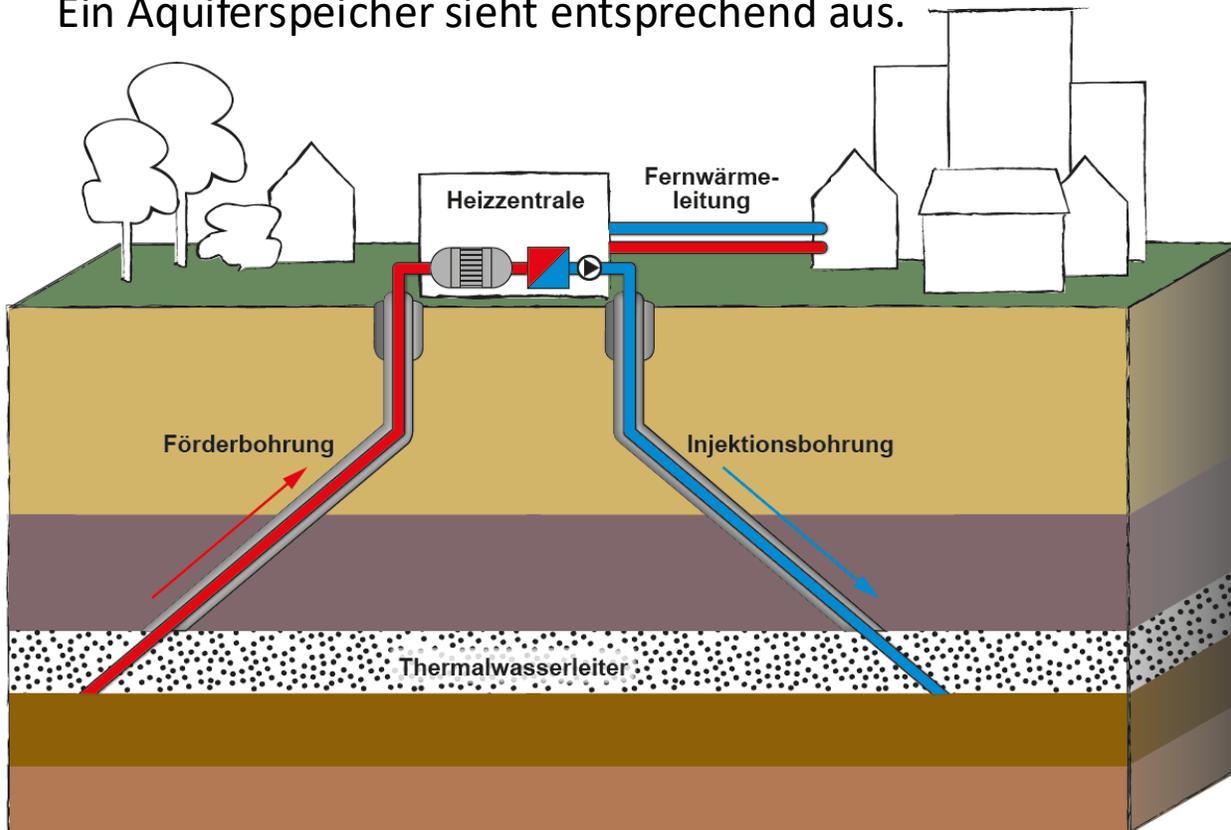
bei $T > 120^{\circ}\text{C}$ auch Stromproduktion möglich (ORC od. Kalina Anlage)

Die Hydrogeothermie nutzt tiefe, heiße Wässer im Untergrund.

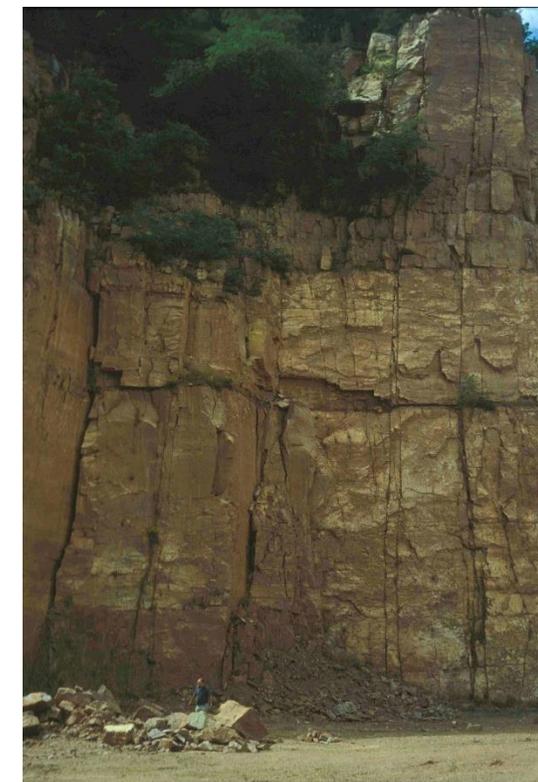
Diese sog. Thermalwässer zirkulieren in durchlässigen Grundwasserleitern in großen Tiefen.

Mindestens zwei Bohrungen: Förderbohrung, Injektionsbohrung

Ein Aquiferspeicher sieht entsprechend aus.



Oberer Muschelkalk



Buntsandstein

An der Erdoberfläche ist der Wasserkreislauf geschlossen.

Das heiße, geförderte Tiefenwasser wird nach Passage des Wärmetauschers sofort wieder in den Untergrund verbracht.

Im Fernwärmenetz zirkuliert warmes Leitungswasser, das seine Wärme im Wärmetauscher aufgenommen hat.



Hauptrogenstein

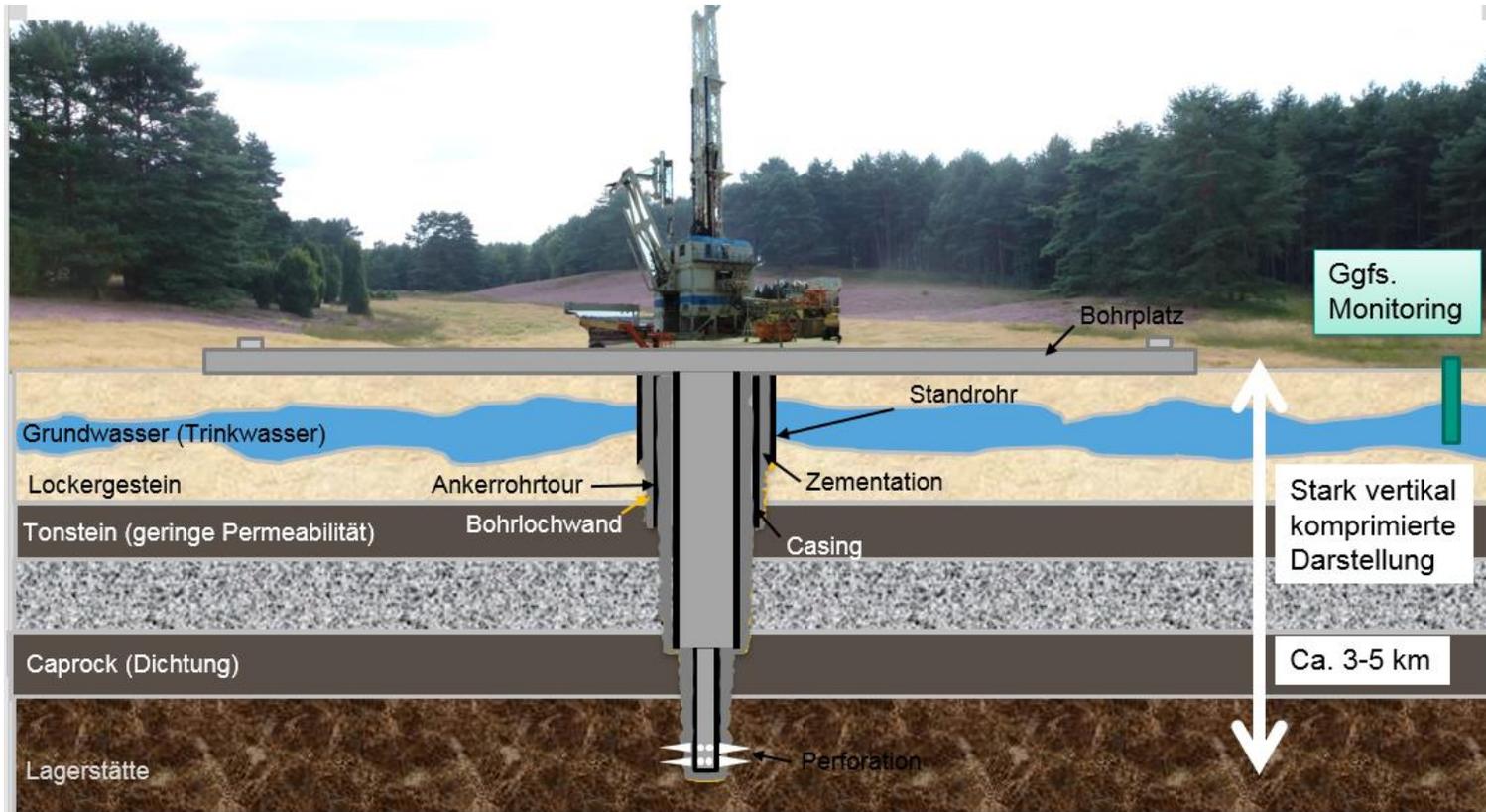
Dichtheit von Tiefbohrungen (Integrität)

- Ausbau: Verrohrungen & Zementationen
- Routinemäßige Überprüfungen



Stahlrohr

Zement



Rohrdurchmesser

Bohrdurchmesser

Standrohr 36"

Ankerrohrtour 20"

Zwischenrohrtour 13^{5/8}"

Liner 9^{5/8}"

Liner 7"

Open-hole 6"

40"

26"

17^{1/2}"

12^{1/4}"

8^{1/2}"

6"

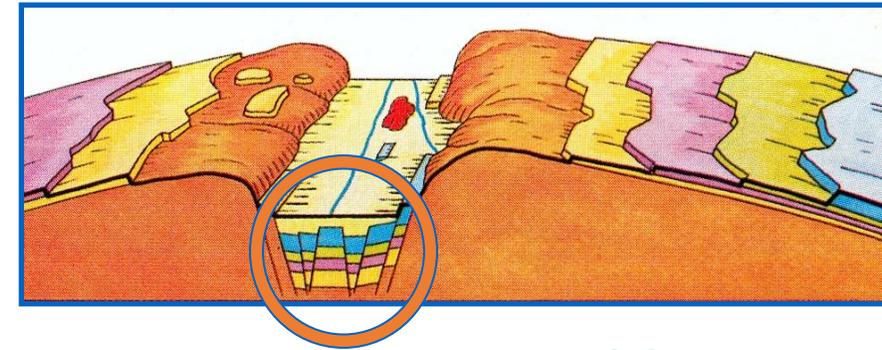
Miozän

Oligozän

Eozän
Kreide

Oberjura

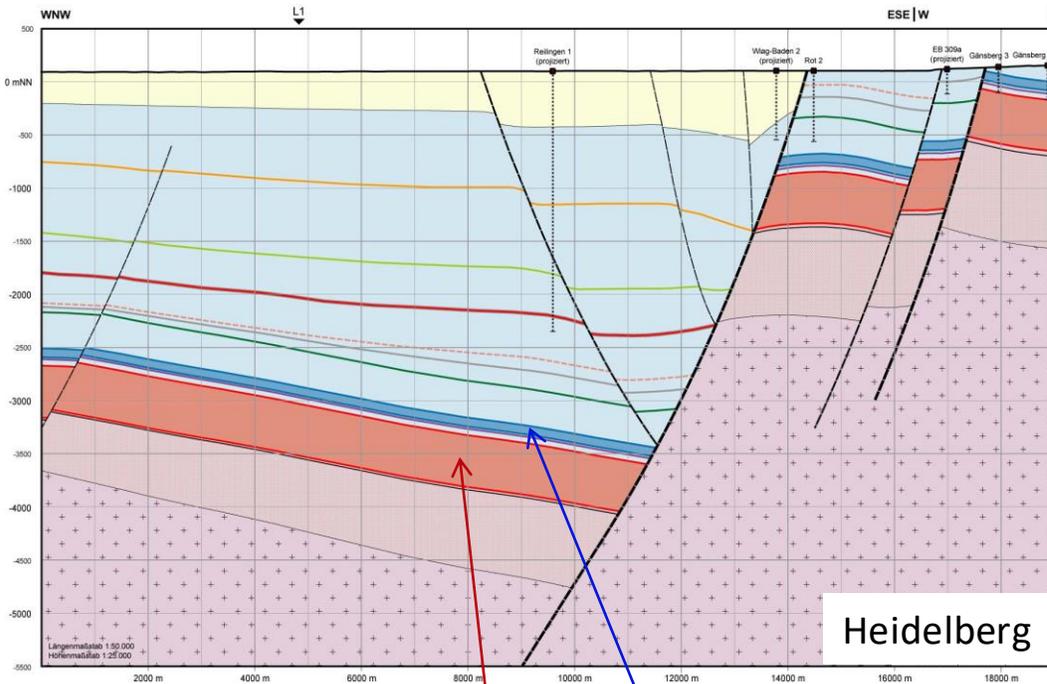
Geologische Schnitte durch den östlichen Teil des Oberrheingrabens, dargestellt sind 3 Hauptgrundwasserleiter



Nördlicher Graben

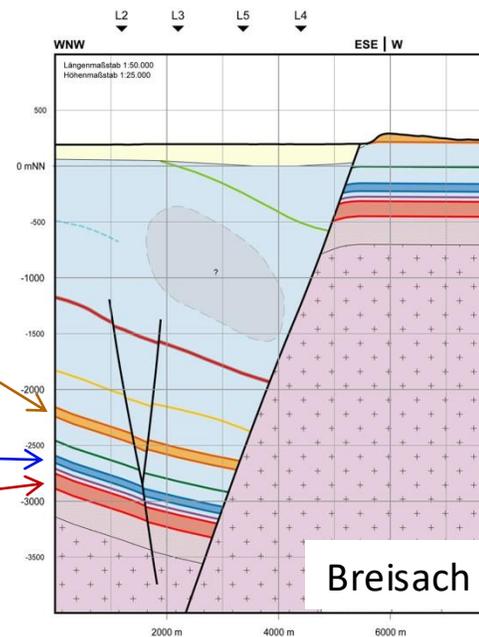
Vertikaler Versatz (Störungszone): 3700 m

Tertiäre Sande (N)
 Haupttrogenstein (S)
 Oberer Muschelkalk
 Buntsandstein



Südlicher Graben

Vertikaler Versatz: 3000 m



Buntsandstein (untere Trias)

Oberer Muschelkalk (mittlere Trias)

Haupttrogenstein (Dogger)

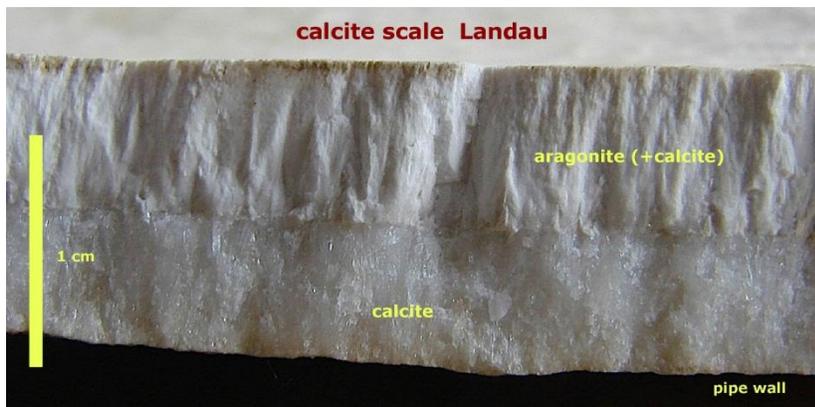
Hydrochemische Eigenschaften der Tiefenwässern im Oberrheingraben

Die Tiefenwässer im Oberrheingraben sind hochmineralisiert (Na-(Ca)-Cl), oft gasreich (CO₂,...)

Folgen:

- bei Förderung (Druckentlastung) fällt Calcit aus (Auswahl)
- bei Entgasung von CO₂ fällt Calcit aus
- bei Sauerstoffzutritt fällt Eisen, Mangan aus

Die geförderten Wässer müssen übertägig in einem geschlossenen System unter einem bestimmten Druck zirkuliert werden.



Landau: Beschichtung Innenrohr

Tiefbohranlage



Beispiel für eine Wärmeversorgung:

Riehen, bei Basel (CH), Oberrheingraben (~ 60 km südlich von Freiburg), seit 1994 in Betrieb

Genutzter Aquifer: Oberer Muschelkalk, verkarstet
Förderbohrung: 1547 m, $T = 63^\circ\text{C}$, $Q = 20 \text{ l/s}$, installierte Leistung: $5,25 \text{ MW}_{\text{th}}$

Wärmetauscher zwischen dem thermalen Aquifer-Wasser und dem Wasser im Fernwärmenetz.

Seit 2000 Verbund der Wärmenetze von Riehen und Lörrach.

37 km Fernwärmeleitung.

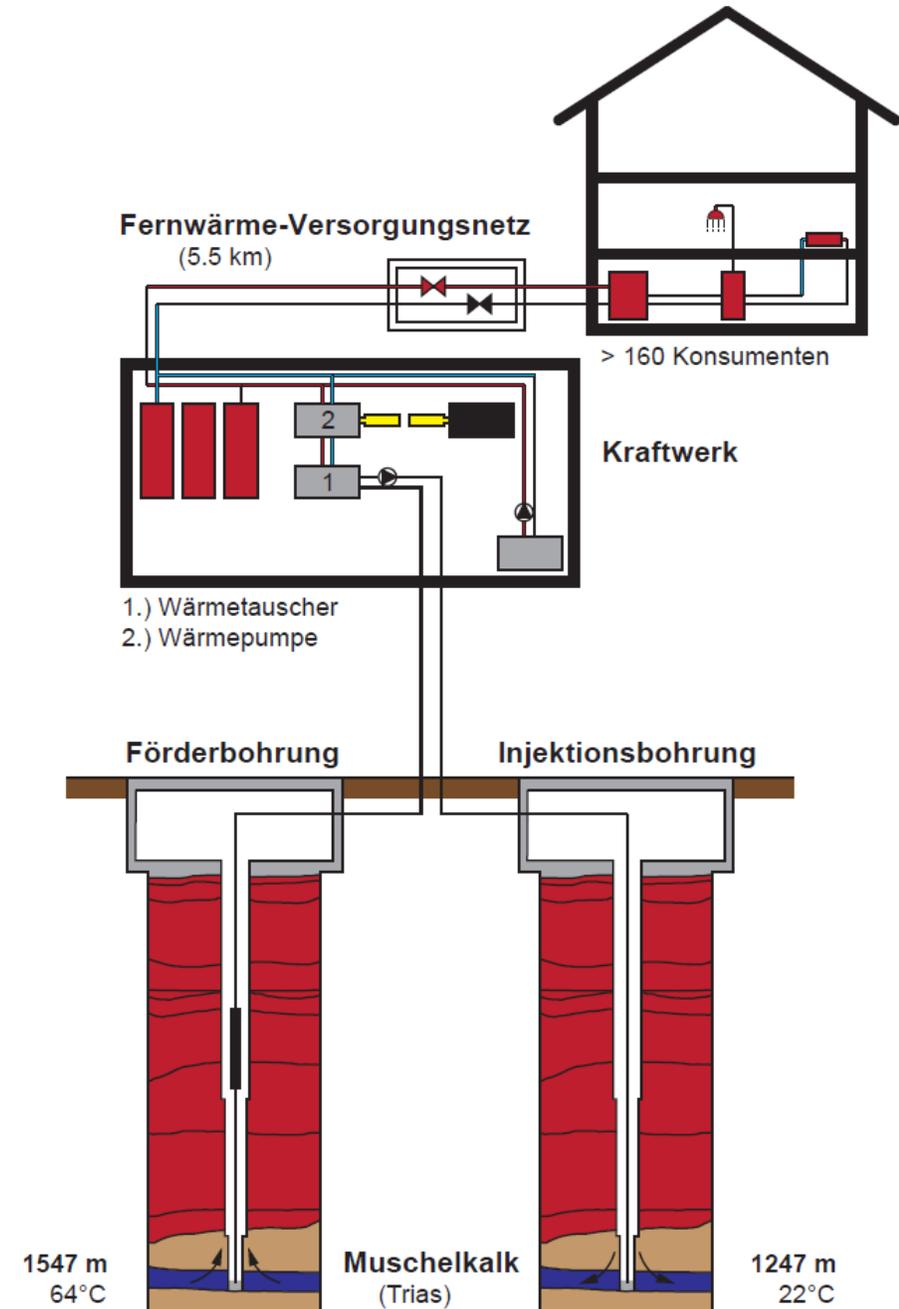
Zusätzlich 2 Wärmepumpen

2 BHKW: liefern Strom für die Pumpen und geben Wärme an Fernwärmenetz

Vorlauftemperatur: 90°C .

Jährliche Betriebszeiten: 4500 – 5500 Stunden.

Erweiterung der Anlage mit 2 zusätzlichen Bohrungen für 2025 vorgesehen.



Allgemeines zur hydrothermalen Geothermie:

- Grundlast-fähig, geringer Platzbedarf, Klima-Tages-unabhängig, heimisches Produkt, Klimaneutrale Nutzung, Export-Unabhängigkeit. Haupteinsatz: **Wärmebereitstellung**.
- Bei entsprechend hohen Temperaturen (TG) kann auch **Strom** produziert werden.
- Durch Koppelung mit anderen Energiequellen lässt sich erreichen, dass die Geothermie als Grundlasthersteller laufen kann. **Sektorkopplung** (mit Anlagen bestehender Energieerzeuger)
- **Groß- und Hochtemperatur-Wärmepumpen** ermöglichen auch die Verbindung von Wärmenetzen, die mit unterschiedlichen Temperaturniveaus betrieben werden.
- In **Wärmenetze** kann eine Vielzahl von Wärmequellen integriert werden.
- Geothermie erweist sich mit 7.000 Volllaststunden und einer Unabhängigkeit gegenüber den Jahreszeiten und dem Wetter als ein zuverlässlicher Wärmelieferant.
- Geothermie lässt sich mit Beiträgen anderer flexibler Wärmequellen komplementieren.

FAQ (Frequently Asked Questions) zur Nutzung der Tiefen Geothermie

Im FAQ geht es nur um die Hydrothermale Tiefe Geothermie, d.h. die energetische Nutzung tief liegender Aquifere (Grundwasserleiter), hauptsächlich zur Wärmeversorgung aber auch zur Wärmespeicherung, im Kontext der Wärmewende.

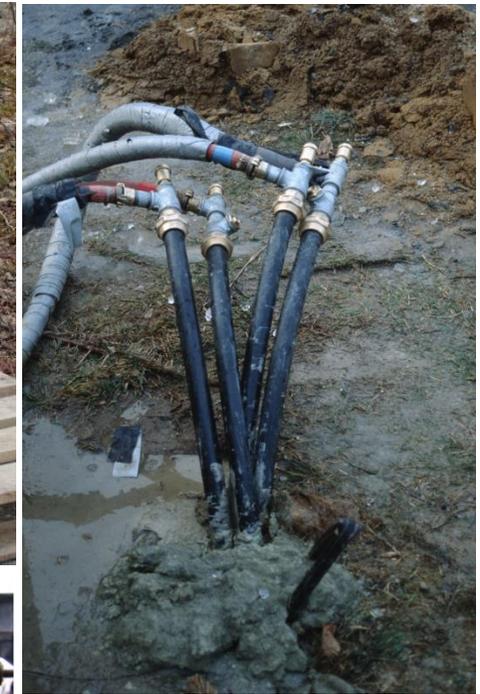
Die Broschüre kann man beim LFZG kostenlos erhalten oder digital auf der Homepage abrufen:

<https://www.lfzg.de>

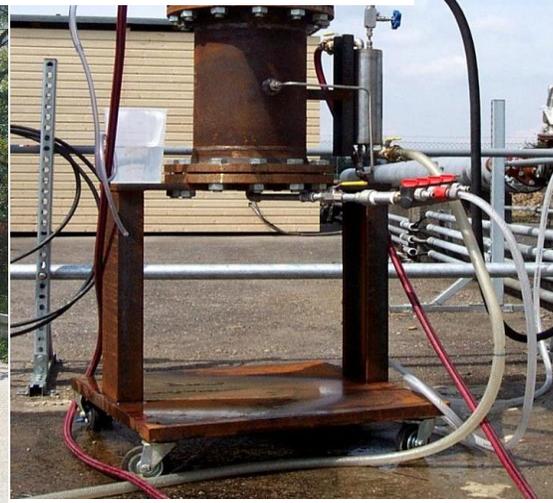
Fragen und Antworten zur Tiefen Geothermie

Frequently Asked Questions – FAQ





Vielen Dank für ihr Interesse



Hartheim

6. Mai 2025

Genehmigungsverfahren
Tiefe Geothermie

Rupert Thienel
Landesbergdirektion (Abteilung 9)



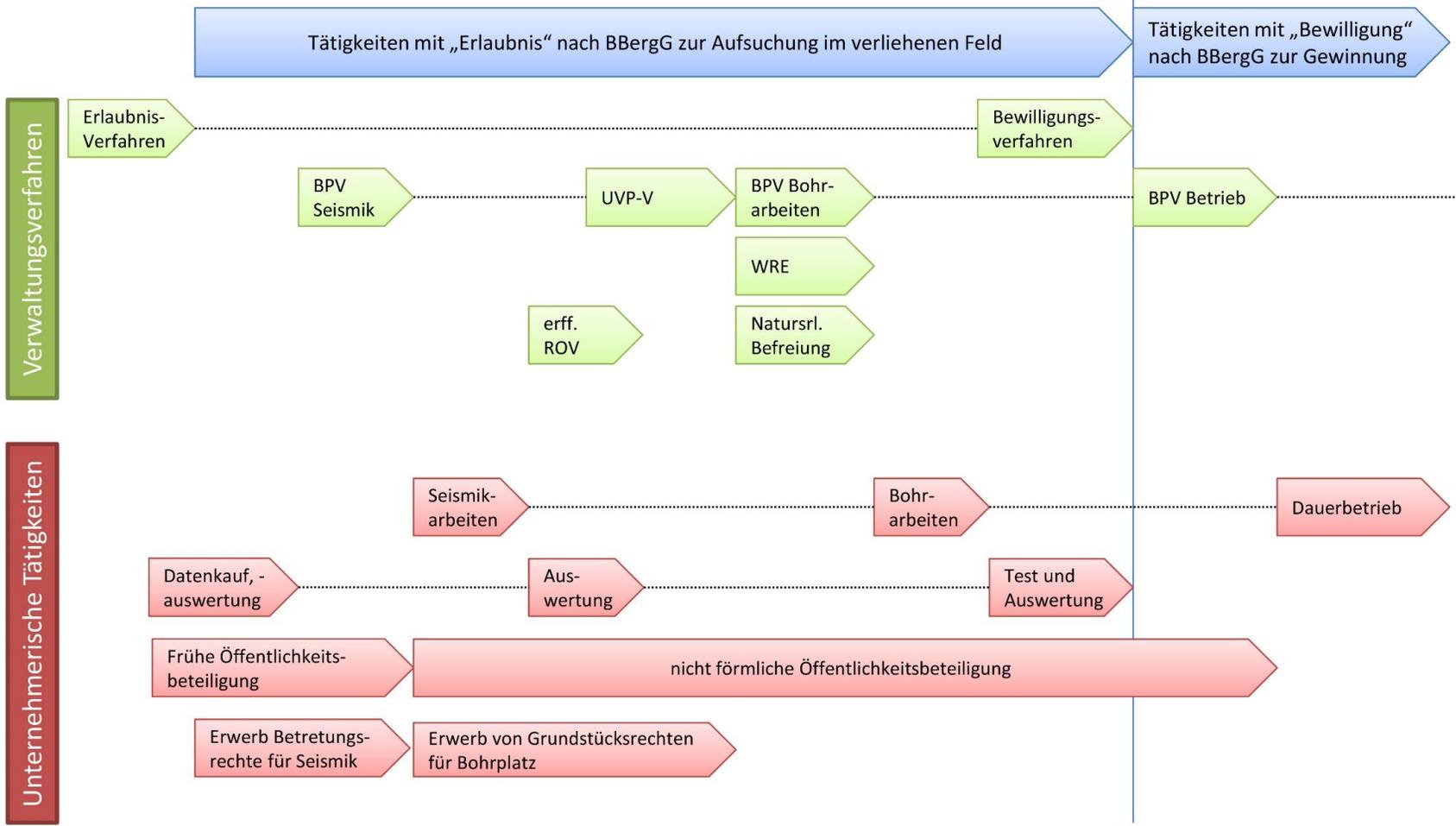
Zuständigkeit der Bergbehörde

- **Aufsuchung**
 - **Gewinnung**
 - **Aufbereitung**
 - **Betriebsanlagen und –einrichtungen, die einer dieser Tätigkeit dienen**
 - **Wiedernutzbarmachung**

 - **ABER NICHT: Anlagen zur Wärme-/Stromerzeugung!**
- der im Bundesberggesetz explizit aufgeführten Bodenschätze



Planung und Genehmigung Tiefer Geothermievorhaben



Legende:

- BPV Betriebsplanverfahren nach BBergG
- UVP-V Umweltverträglichkeitsvorprüfung*)
- WRE Wasserrechtliche Erlaubnis zur Benutzung
- ROV Raumordnungsverfahren
- BBergG Bundesberggesetz

*) die UVP-V steuert, ob das Planfeststellungsverfahren mit förmlicher Öffentlichkeitsbeteiligung an die Stelle des in §§ 54, 56 Abs. 1 BBergG geregelten herkömmlichen Betriebsplanzulassungsverfahrens tritt

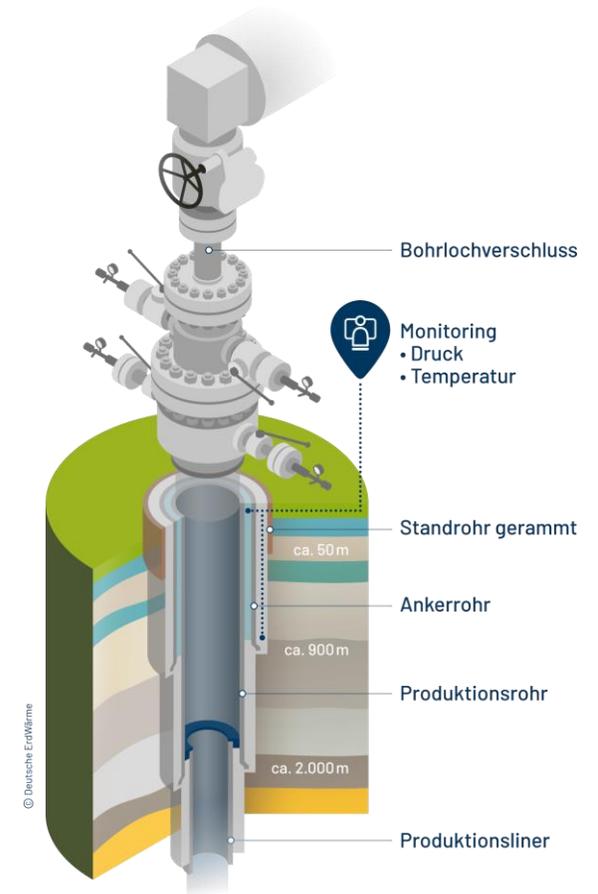


Ablauf Betriebsplanverfahren

Verfahren Schritt für Schritt

(jeweils selbstständige Betriebspläne oder Freigabebewerbe)

- 3D-Seismik
- Bohrplatzbau
- 1. Bohrung
- Testmaßnahmen (Fördertest, Injektionstest)
- 2. Bohrung
- Testmaßnahmen (Fördertest, Injektionstest)
- Langzeitfördertest
- Betrieb



Voraussetzungen für Betriebsplanzulassung:

➤ Bundesberggesetz:

- Erlaubnis / Bewilligung
- Zuverlässigkeit des Unternehmers
- Fachkunde
- Einhaltung der „allgemein anerkannten Regeln der Sicherheitstechnik“
- Schutz der Beschäftigten
- Schutz Dritter (keine Gefahren, nur begrenzte Bergschäden, keinesfalls Gemeenschäden)
- Schutz der Oberfläche (Natur, Umwelt)
- geregelte Wiedernutzbarmachung (Rückbau, Verfüllung)
- erff. Sicherheitsleistung

➤ Zusätzlich: Zulassungsvoraussetzungen nach anderen Fachgesetzen

➤ Kein entgegenstehendes überwiegendes öffentliches Interesse



Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)?

➤ Immer vorgeschaltet (außer 3D-Seismik): UVP-Vorprüfung

- prüft, ob das Vorhaben erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen haben kann

➤ Regelt die Art des Genehmigungsverfahrens:

- Planfeststellungsverfahren mit UVP und Öffentlichkeitsbeteiligung
- „normales“ Betriebsplanverfahren ohne UVP und ohne Öffentlichkeitsbeteiligung

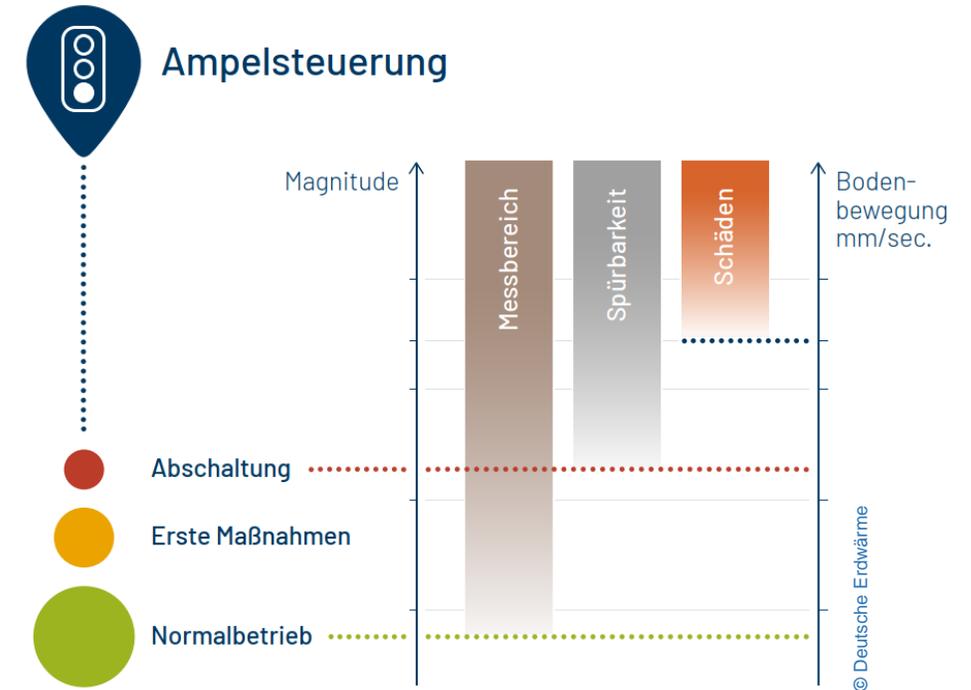
➤ Verfahren:

- behördenintern
- ggfs. Beteiligung der Fachbehörden



Schutz vor seismischer Gefährdung

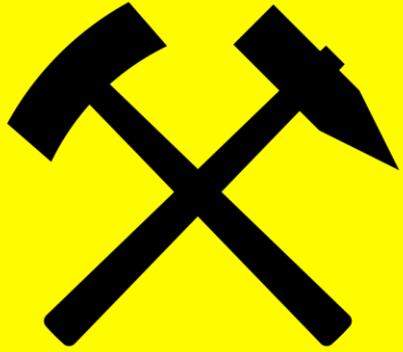
- **Prognosegutachten**
- **Monitoring**
- **Ampelschema**
- **Verpflichtende Reaktionsmaßnahmen**



Beteiligung im Genehmigungsverfahren

<p>Fachbehörden</p> <p>Träger öffentlicher Belange (TÖB)</p> <p><i>für Wasser, Naturschutz, Artenschutz, Wald, Raumordnung usw.</i></p>	<p>Gemeinden</p> <p>Planungs-träger</p> <p><i>Welche Entwicklungspläne hat die Gemeinde?</i></p> <p><i>KlimaG BW, WPG 2024, ...</i></p>	<p>Verbände</p> <p><i>LNV, BUND, NABU, ...</i></p>	<p>Beteiligung der Bürger ? „frühe Öffentlichkeitsbeteiligung“</p> <p><i>... dazu werden die <u>Unternehmen</u> aufgefordert !</i></p> <p>„Bürgerinformationen“ (nach Gemeindeordnung)</p> <p><i>... veranlasst von der/den <u>Gemeinde/n</u> (ist heute der Regelfall !)</i></p>
--	--	---	---





www.rp-freiburg.de

Rupert Thienel

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Kontakt:

Ref. 97 – Landesbergdirektion

0761 208-3300

abteilung9@rpf.bwl.de



**Baden-Württemberg
Regierungspräsidium
Freiburg**

Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau



Genehmigungsverfahren Tiefe Geothermie | 06.05.2025 | Rupert Thienel

Erdwärme Breisgau

Infoveranstaltung in Hartheim

06.05.2025

Klaus Preiser, Geschäftsführer
badenovaWÄRMEPLUS

badenova

Energieversorger mit Hauptsitz in Freiburg

„Für eine lebenswerte Zukunft gestalten wir die Energie- und Wärmewende. Mit der Region, für die Region.“

Unser kommunaler Auftrag

badenova als regionales Unternehmen

- Größter Energieversorger in Südbaden
- Ökologischer Auftrag durch Aufsichtsrat und Gesellschafter
- 96 kommunale Gesellschafter aus der Ortenau, Breisgau, Markgräflerland steuern das Unternehmen
- Unser Auftrag bis 2035 lautet: 100% erneuerbar
- Ein nachhaltiger Baustein: hydrothermale Erdwärme



Heißes Tiefenwasser hat das Potenzial, die Region mit klimaneutraler Wärme zu versorgen

Unser Ziel ist es, eine Erdwärme Anlage zu betreiben

- Hydrothermales Verfahren ist sicher und erprobt
- Wird die Region in der Wärmeversorgung ein Stück unabhängiger machen
- Plan ist, den Wärmebedarf von 20.000 Menschen zu decken
- Erwartete Temperatur in ca. 3.500 m Tiefe rund 130-140 °C
- Größe der Anlage mit einer kleinen Turnhalle vergleichbar
- Es entstehen im Betrieb weder Lärm noch Abgase
- In Deutschland bereits 41 Anlagen in Betrieb, davon 30 zur reinen Wärmeerzeugung



Beispiel:
Erdwärme
Grünwald

Negative Beispiele und nicht vergleichbar

Nicht vergleichbare Projekte: Basel und Staufen

Basel / Straßburg-Vendenheim



- Tiefe Erdwärme: Petrothermale Bohrungen
- Mit hydraulischem Druck Klüfte erzeugt/geweitet
- Verfahren in Baden-Württemberg nicht zulassungsfähig

Staufen



- Oberflächennahe Erdwärmennutzung: Erdsonden
- Unsachgemäße Ausführung der Bohrungen
- Qualitätsstandards eingeführt, über 51.000-mal erfolgreich

Beide Verfahren sind von ihrer Technik her nicht vergleichbar.

Das hydrothermale Verfahren im Einsatz

Positive Beispiele in München und Riehen (CH)

München, Energiestandort Süd



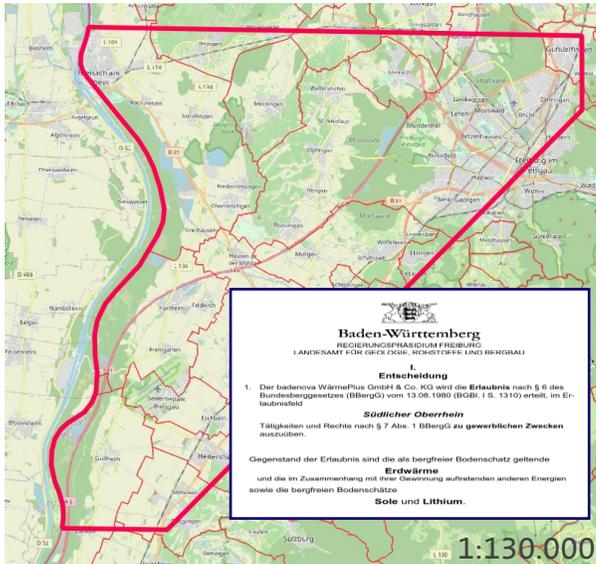
Riehen bei Basel, Schweiz



Erdwärme Breisgau

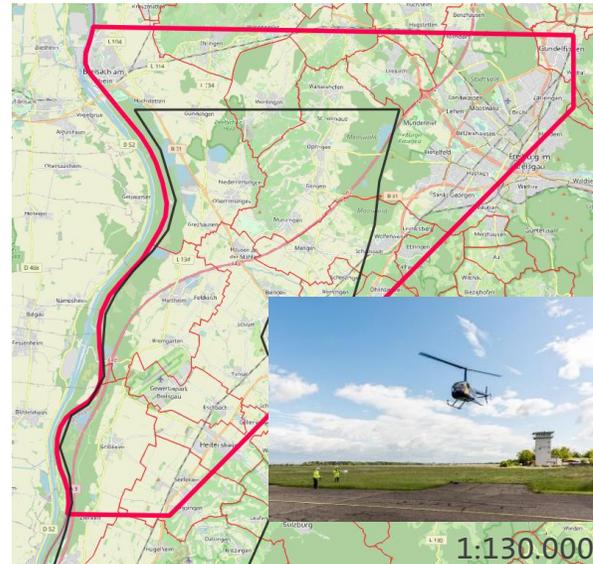
Von der Prospektion zum Zielgebiet

2021



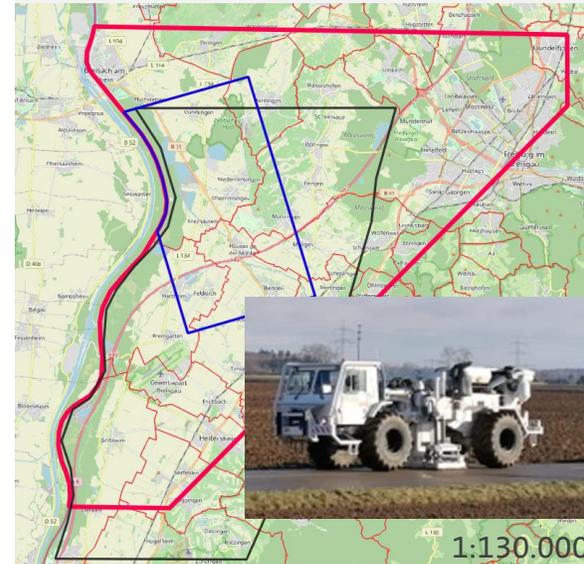
Aufsuchungsgebiet > 300 km²

2021



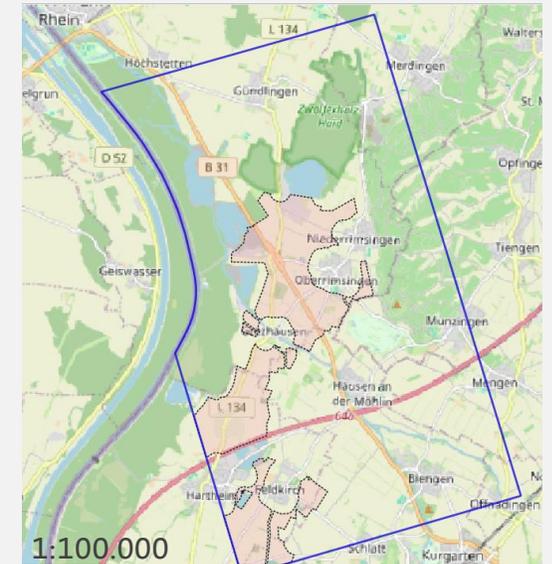
Prospektionsgebiet ca. 240 km²

2022



Potenzialgebiet ca. 70 km²

2023-2024



Zielgebiet ca. 9,5 km²

Das Aufsuchungsgebiet wurde räumlich immer weiter eingegrenzt und intensiv untersucht.

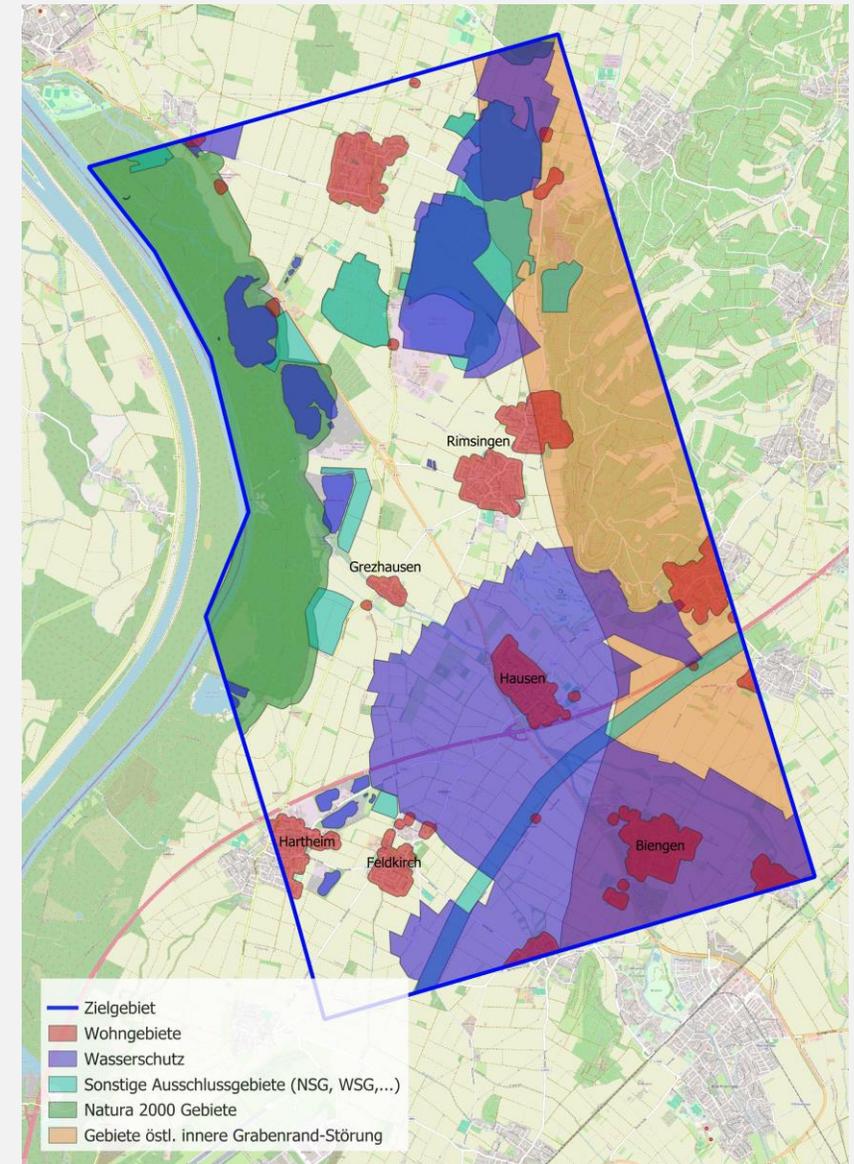
Erdwärme Breisgau

Nach detaillierter Untersuchung der Geologie erfolgt der Ausschluss über Tage

Ausschluss von u.a.:

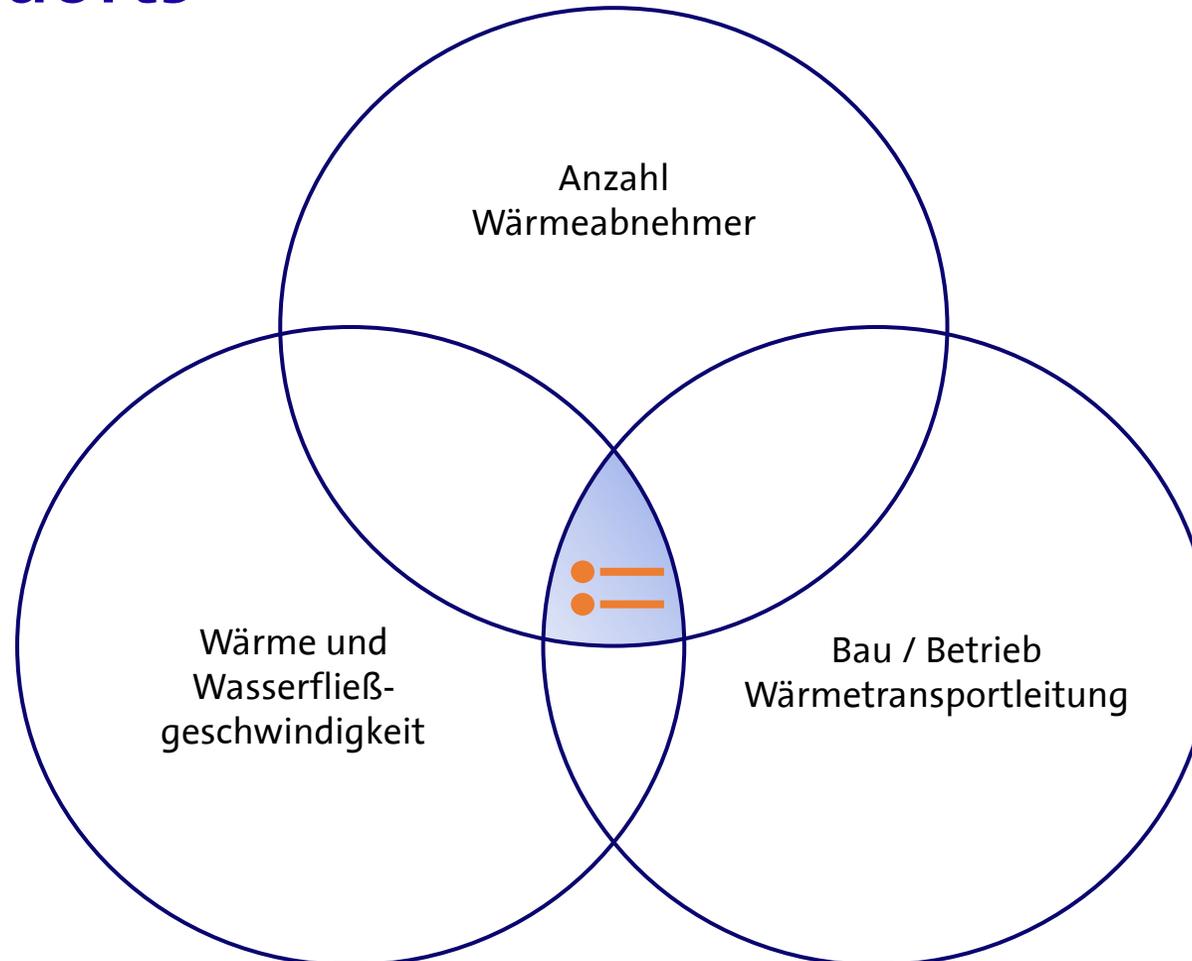
- Wasserschutzgebieten
- Naturschutzgebieten
- Wohnbauflächen (Abstand zu Wohnbebauung mind. 200 m)

führt zu Zielgebiet / potenziell geeigneten Standorten.



Erdwärme Breisgau

Wahl des geologisch, technisch und wirtschaftlich besten Standorts



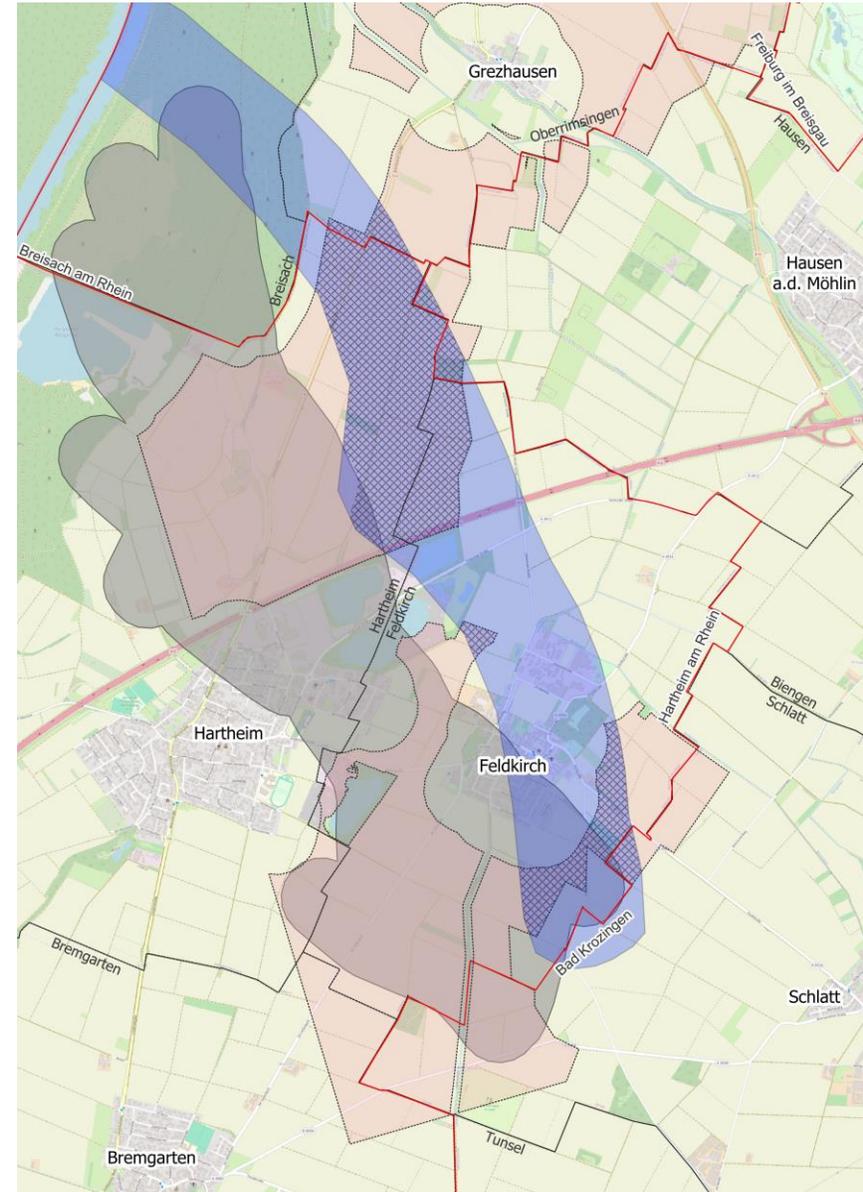
Erdwärme Breisgau

Stand der Bohrfadplanungen

Verschiedene Standorte, Bohrfade und Bohrziele werden derzeit miteinander verglichen.

-  Standortentwicklung: Potenzielle Standorte
-  Bohrziel in das Tiefenwasserreservoir (ca. 3.500 m)
-  Potenzialflächen zur oberirdischen Erschließung
-  Konkret geeignete Flächen zum Bau der Anlage

Der Bohrfad muss aus geologischen Gründen vom „blau schraffierten“ Bereich nach „grau“ verlaufen



Wichtige Ergebnisse und weitere Schritte

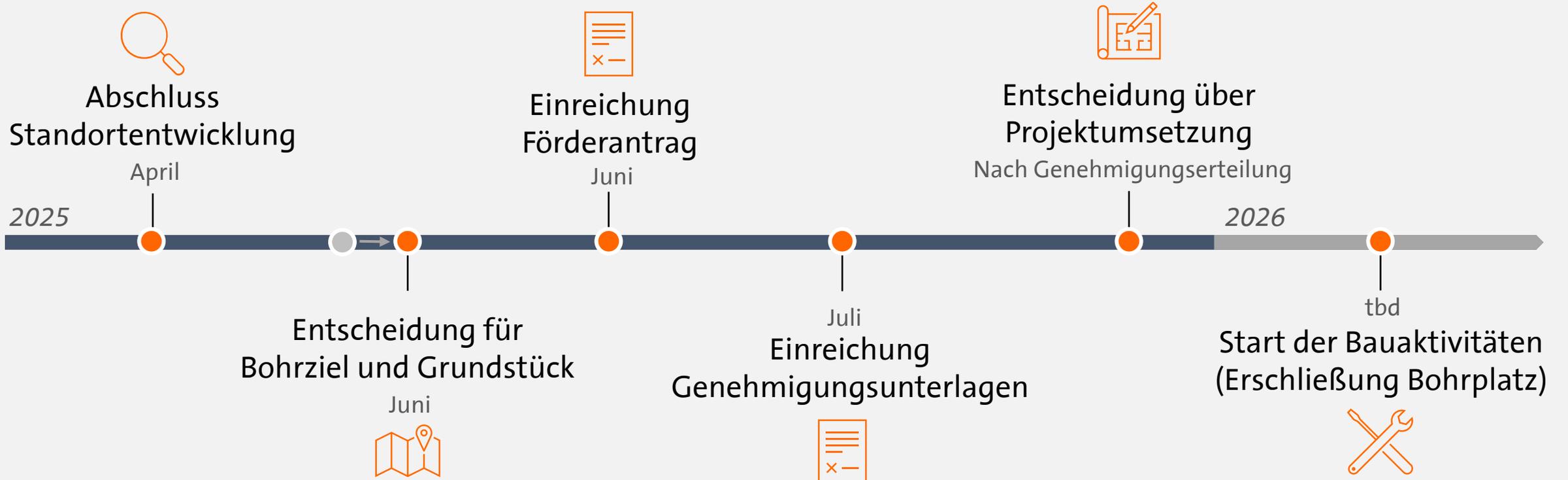
- Nach Auswahlverfahren kommt **Hartheim** als Standort einer Erdwärmeanlage in Frage; auch kleine Teile von Bad Krozinger Gemarkung; Breisacher Gemarkung scheidet aus
- Kommunaler Wärmeplan zeigt leider keine Möglichkeiten zur Wärmenutzung im Wärmenetz
- Gespräche mit den Kommunen Breisach, Bad Krozingen und Hartheim werden geführt, gemeinsame Vorteile stehen im Vordergrund
- badenovaWÄRMEPLUS sichert mehrere geeignete Grundstücke
- die badenovaWÄRMEPLUS steht Ihnen vor Ort als Ansprechpartner zur Verfügung

Vorteil für die Zielkommune Hartheim:

- Gewerbesteuerereinnahmen oder ähnliche Modelle
- Kommune(n) kann/können sich an der Erdwärmeanlage beteiligen
- Beteiligung der Bürger am Betrieb z.B. durch Nachrangdarlehen geplant

Zeitplan und Kommunikation

Erarbeitung Genehmigung 2025 für Start mit Bauaktivitäten 2026



Das Erdwärme Team stellt sich vor

**Wir freuen uns auf
Ihre Fragen!**

