

Tiefengeothermie für Laboe und Heikendorf:

Reinhard Kirsch
GeoImpuls



Die Stadtwerke Flensburg und die Stadtwerke Kiel wollen gemeinsam mit der Dänischen Firma Innargi die Möglichkeiten der Wärmeversorgung mit Tiefengeothermie erkunden.

Jetzt legen die Stadtwerke Flensburg die Geothermie Pläne erstmal auf Eis.

Begründung: zu wenig Thermalwasser im Untergrund, die Temperaturen reichen nicht aus.

Die Untergrundsituation in Flensburg ist etwas komplizierter, sie müsste kostenintensiv erkundet werden. Eventuell haben auch Erkenntnisse aus grenznahen Geothermieprojekten eine Rolle gespielt - das Projekt Sønderborg musste nach einigen Betriebsjahren aufgegeben werden.

Diese Entscheidung hat mit der Situation in Laboe und Heikendorf aber nichts zu tun.

Flensburger Tageblatt
Freitag 27.10.

Zu wenig warmes Wasser unter Flensburg

Stadtwerke begraben Pläne für klimaneutrale Geothermie-Fernwärme

Ove Jensen

In zwölf Jahren, im Jahr 2035, soll Flensburg komplett klimaneutral heizen. Meerwasser-Großwärmepumpen für die Fernwärme sind dabei ein zentraler Baustein. Ein zweiter wichtiger Baustein hätte Erdwärme (Geothermie) sein können. Das jedenfalls war die Hoffnung bei den Stadtwerken, als der kommunale Energieversorger im Mai den dänischen Geothermieentwickler Innargi mit einer entsprechenden Untersuchung beauftragte.

Innargi hat in Flensburg die sogenannte hydrothermische mitteltiefe Geothermie untersucht. Dabei ging es um die Frage, ob unter der Stadt so viel warmes oder heißes Wasser ist, um damit die Gebäude in Flensburg zu heizen.

Die Untersuchung sollte ein Jahr dauern. Doch das Ergebnis liegt nun schon nach fünf Monaten vor -



Durch die dicken Fernwärme Leitungen wird auch in Zukunft keine Wärme fließen, die durch Geothermie erzeugt wurde. Foto: Marcus Desinger

rig, um sie als Wärmequelle nutzen zu können“, sagt Torben Krarup, Innargi-Abteilungsleiter.

Dabei waren die Hoffnungen groß - auch weil Geothermie anderswo auf der kimbritischen Halbinsel, zu der Schleswig-Holstein und

technischen Möglichkeiten nicht genügend Potenzial aufweist, wollen die Stadtwerke das Thema Erdwärme nicht vollständig aufgeben.

Klimaneutralität bis 2035 beschlossen

neutralität bis 2035 werde man sich nun aber auf andere Bausteine wie Wärmepumpen konzentrieren, sagt Karsten Müller-Jantzen, Geschäftsbereichsleiter Anlagenbau bei den Stadtwerken.

Die Ratsversammlung



Tiefengeothermie – was ist das?

Eignung des Untergrundes im Raum Laboe - Heikendorf

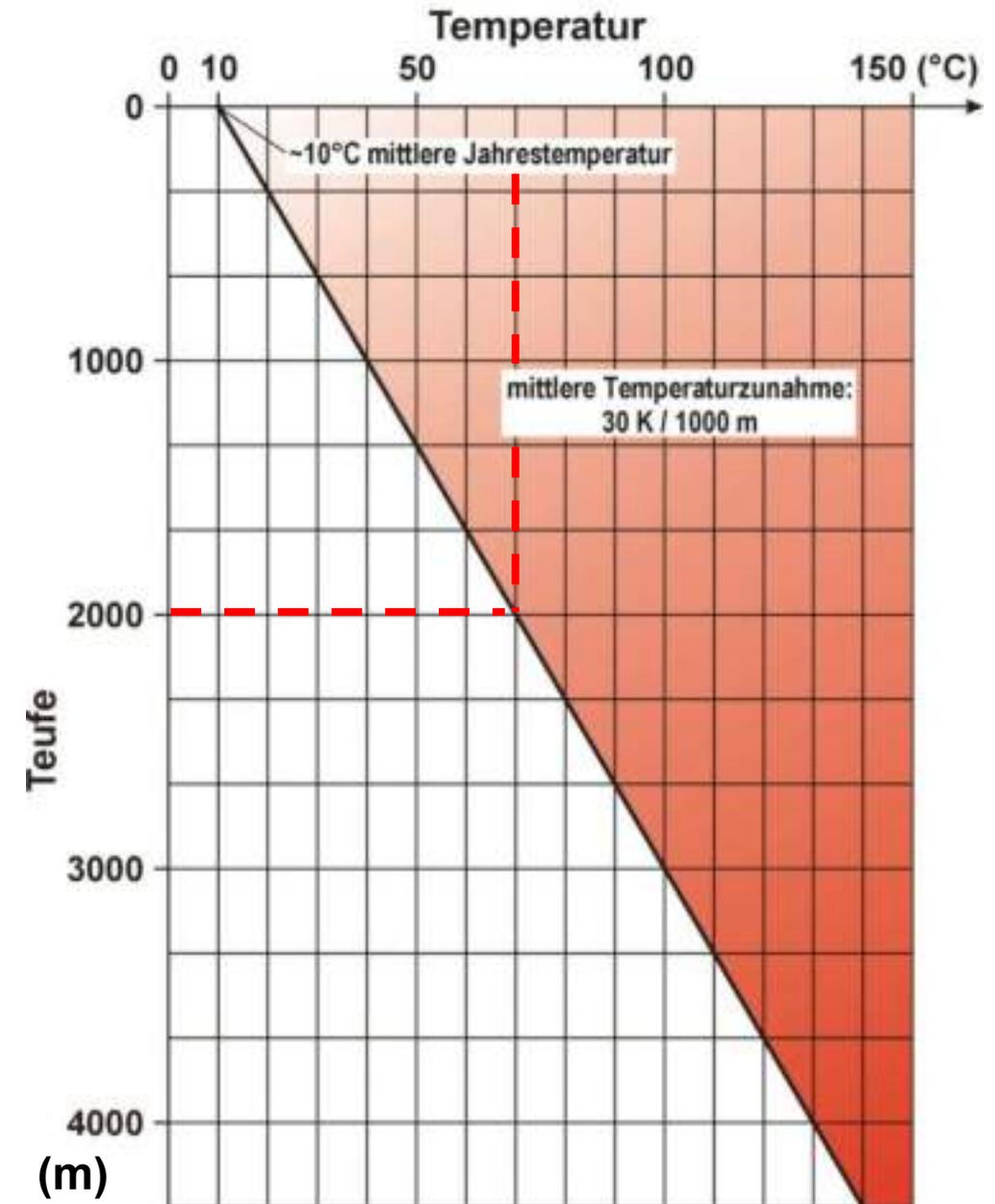
Möglichkeiten der technischen Umsetzung



Überall auf der Erde steigt die Temperatur mit der Tiefe an. Besonders deutlich wird dies in Vulkangebieten wie z.B. auf Island.



Auch bei uns nimmt die Temperatur mit ca. 30°C pro 1000 m zu, in 2000 m Tiefe sind es bereits 70°C – das reicht zumindest zum Heizen.



Grundfrage: wie bringen wir die Untergrundwärme nach oben, um sie zu nutzen?

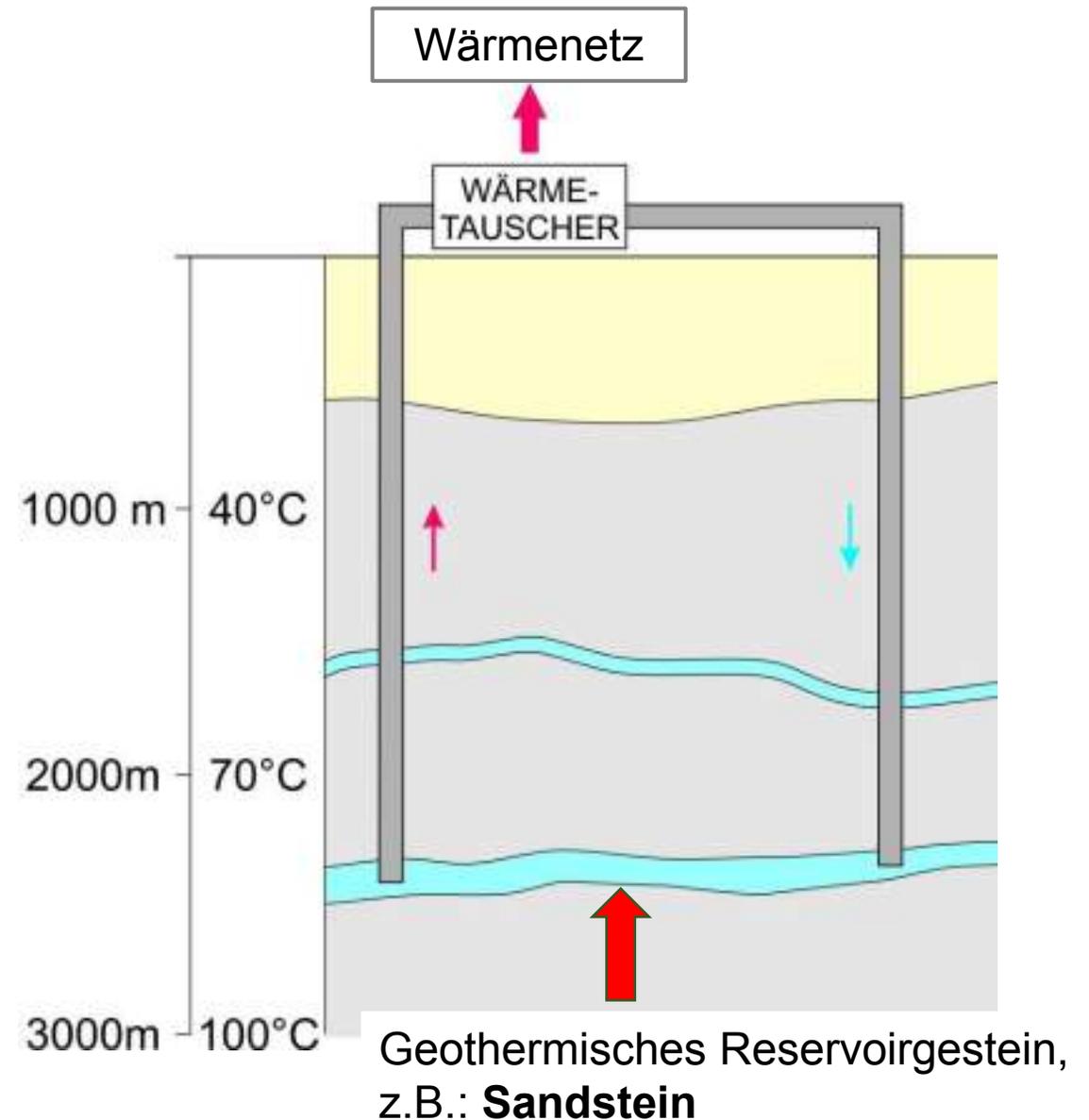
Gebäuchlich: hydrothermale Nutzung

aus porösem oder geklüftetem Gestein im Untergrund (Reservoirgestein) wird heißes Thermalwasser gefördert.

Ein Teil der Wärmeenergie wird über einen Wärmetauscher an das Wärmenetz abgegeben und das dabei abgekühlte Thermalwasser wird über eine weitere Bohrung wieder in das Reservoirgestein eingeleitet.

Das Thermalwasser (Sole) ist stark salzhaltig und kann nicht direkt genutzt werden
→ Wärmetauscher.

Geologische Voraussetzung: poröses oder geklüftetes Gestein in entsprechender Tiefe, z.B. **Sandstein**.



Sandstein: wurde als Sand abgelagert, dann durch Druck und chemische Bindung verfestigt, hat aber immer noch bis zu 30% Porenraum.

Der Porenraum ist normalerweise mit Wasser gefüllt, aber auch z.B. mit Erdgas oder Erdöl.



REM-Bild der Oberfläche eines Bentheimer Sandsteins.



Sandstein in Schleswig-Holstein??

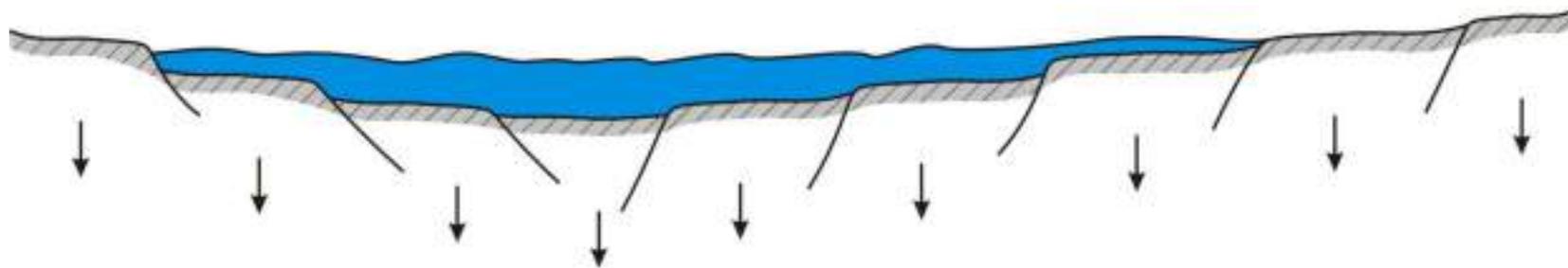
Erinnern Sie sich? So wurde jahrzehntelang bei uns Erdöl gefördert – aus Sandstein.

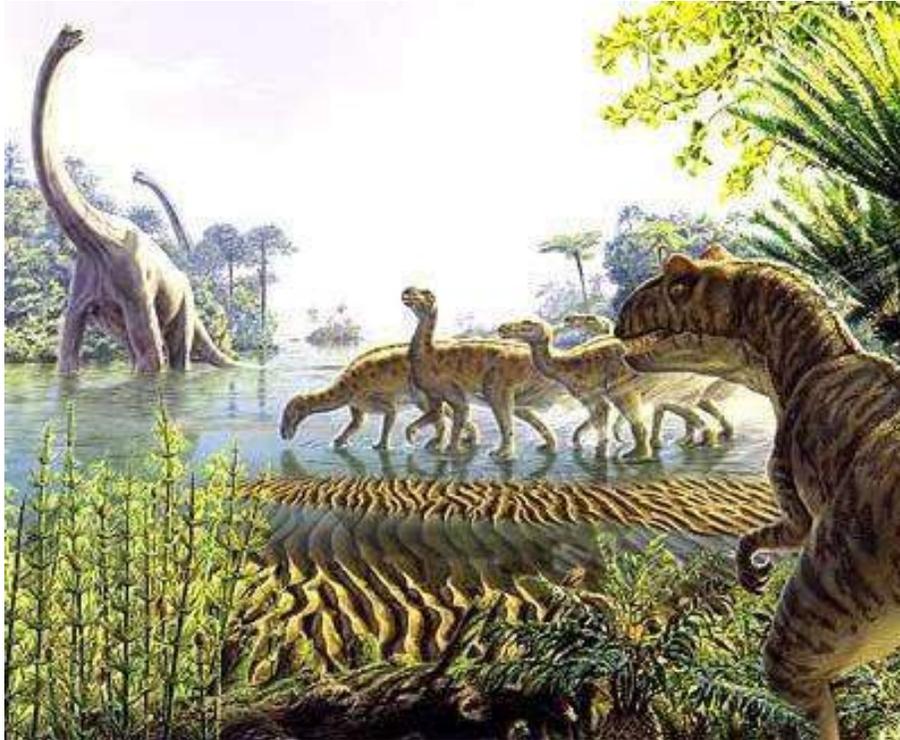


Sandstein in Schleswig-Holstein: ein kleiner Ausflug in die Erdgeschichte

Schleswig-Holsteins ist Teil des Norddeutschen Beckens, das Land senkt sich seit 300 Millionen Jahren ab. Zu Anfang bildete sich so das Zechsteinmeer, das zu über tausend Meter mächtige Salzlagen eingedampft ist.

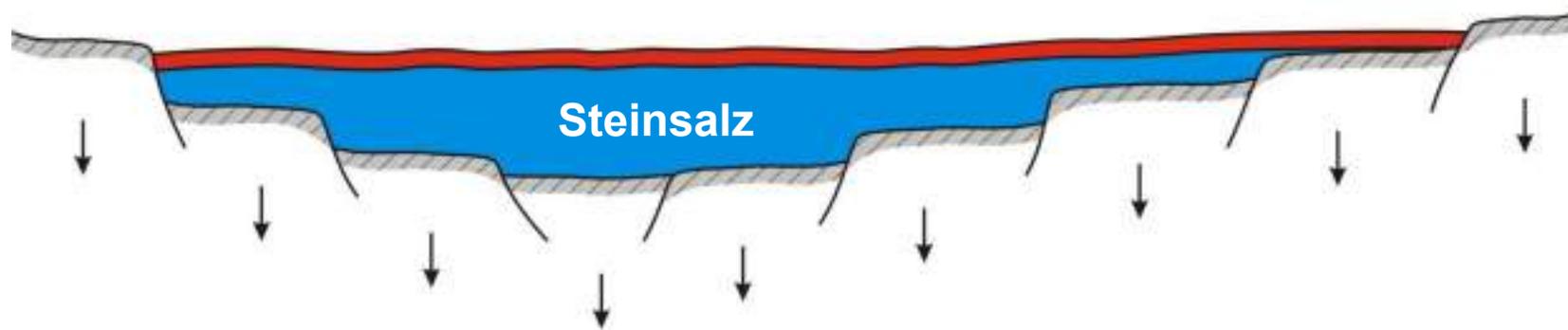
Europa lag damals in der Nähe des Äquators.





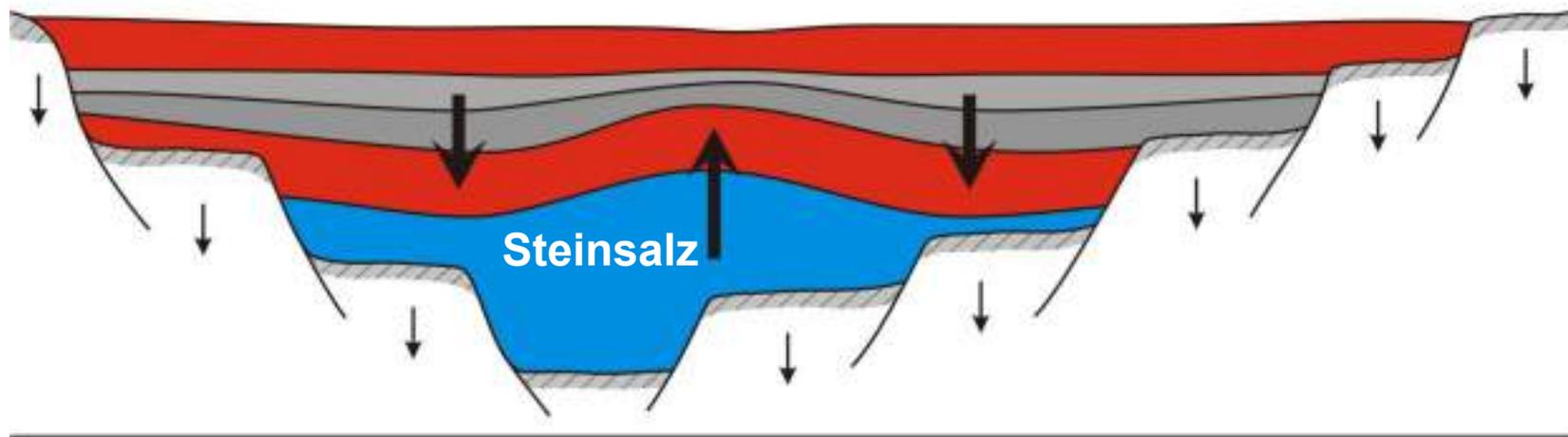
Wenn unser Gebiet nicht von Wasser bedeckt war, wurden Sande und Kiese aus den Hochlagen Skandinaviens abgelagert – das Ausgangsmaterial unserer Sandsteine.

Schwankungen des Meeresspiegels und Verschiebungen der Küstenlinie führten aber auch zu Überflutungen, bei denen Zwischenlagen aus feineren tonhaltigen Sedimenten gebildet wurden.



Nach und nach wurden Sande, Tone und Kalke (z.B. aus Muschelschalen) abgelagert. Der zunehmende Auflastdruck führte zu einer Verfestigung der abgelagerten Schichten und so zur Bildung von Sand-, Ton und Kalkstein.

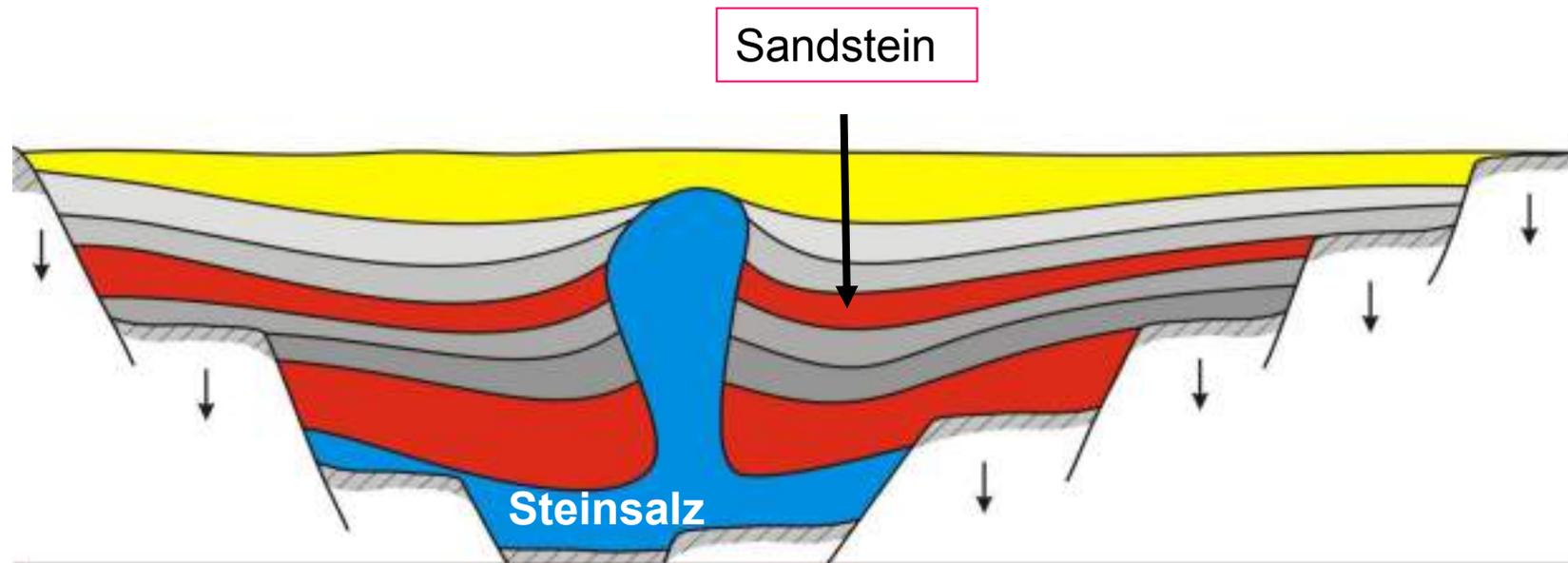
Zusätzlich führte der Auflastdruck zum Aufstieg der plastischen Salzablagerungen.



Es kommt zur Bildung von Salzstöcken. Oberhalb der Salzstöcke wurden beim Aufstieg die Schichten teilweise verdrängt, an den Flanken bildeten sich Randsenken, in denen z.B. die Sandsteine eine größere Tiefenlage erreichen.

Daher: die Sandsteinlagen bei uns sind ungleichmäßig verteilt, die Tiefenlage (= Temperatur) ist lokal unterschiedlich, teilweise fehlen die Sandsteine auch vollständig.

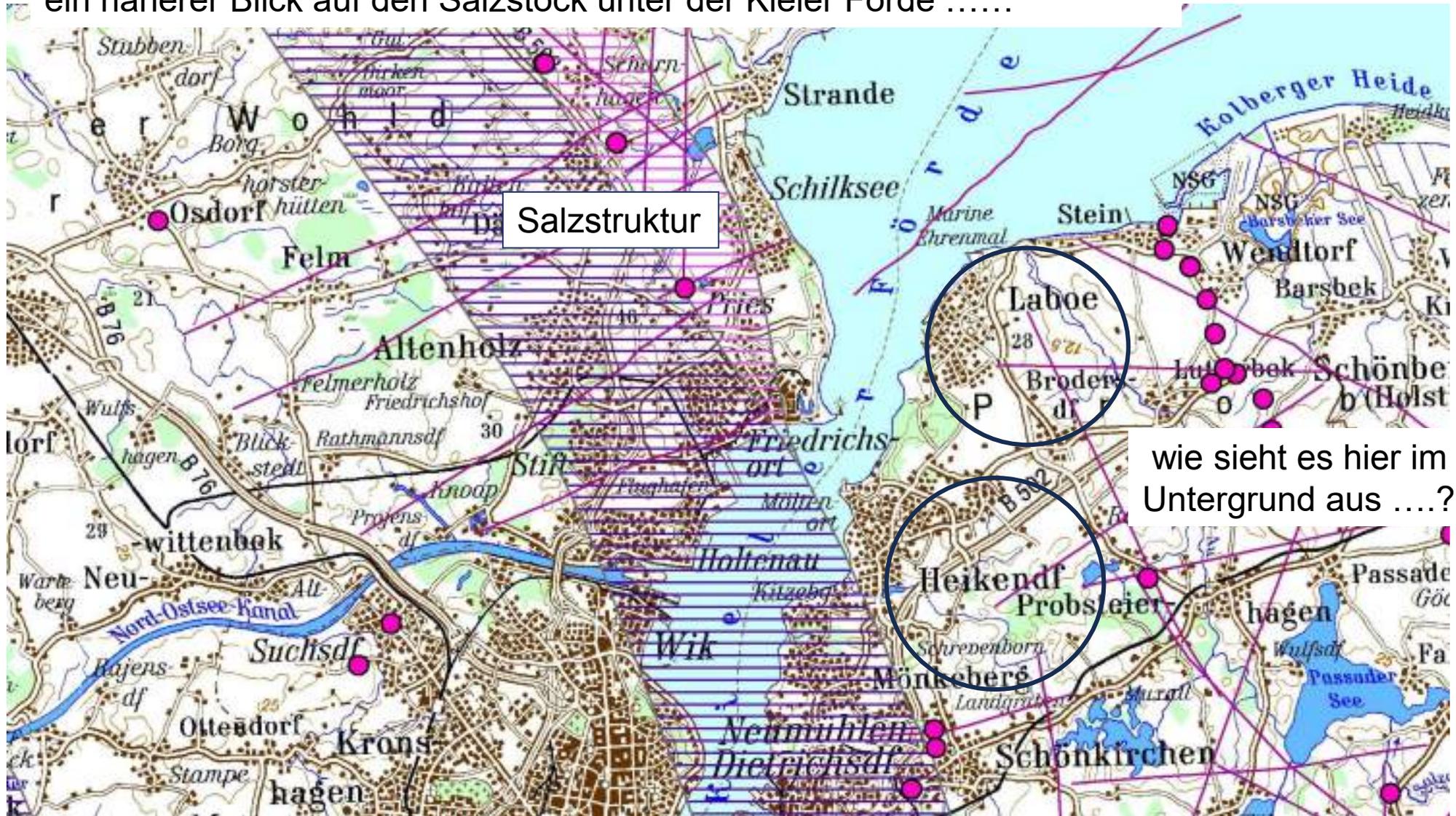
es hängt ab von der Verteilung der Salzstöcke



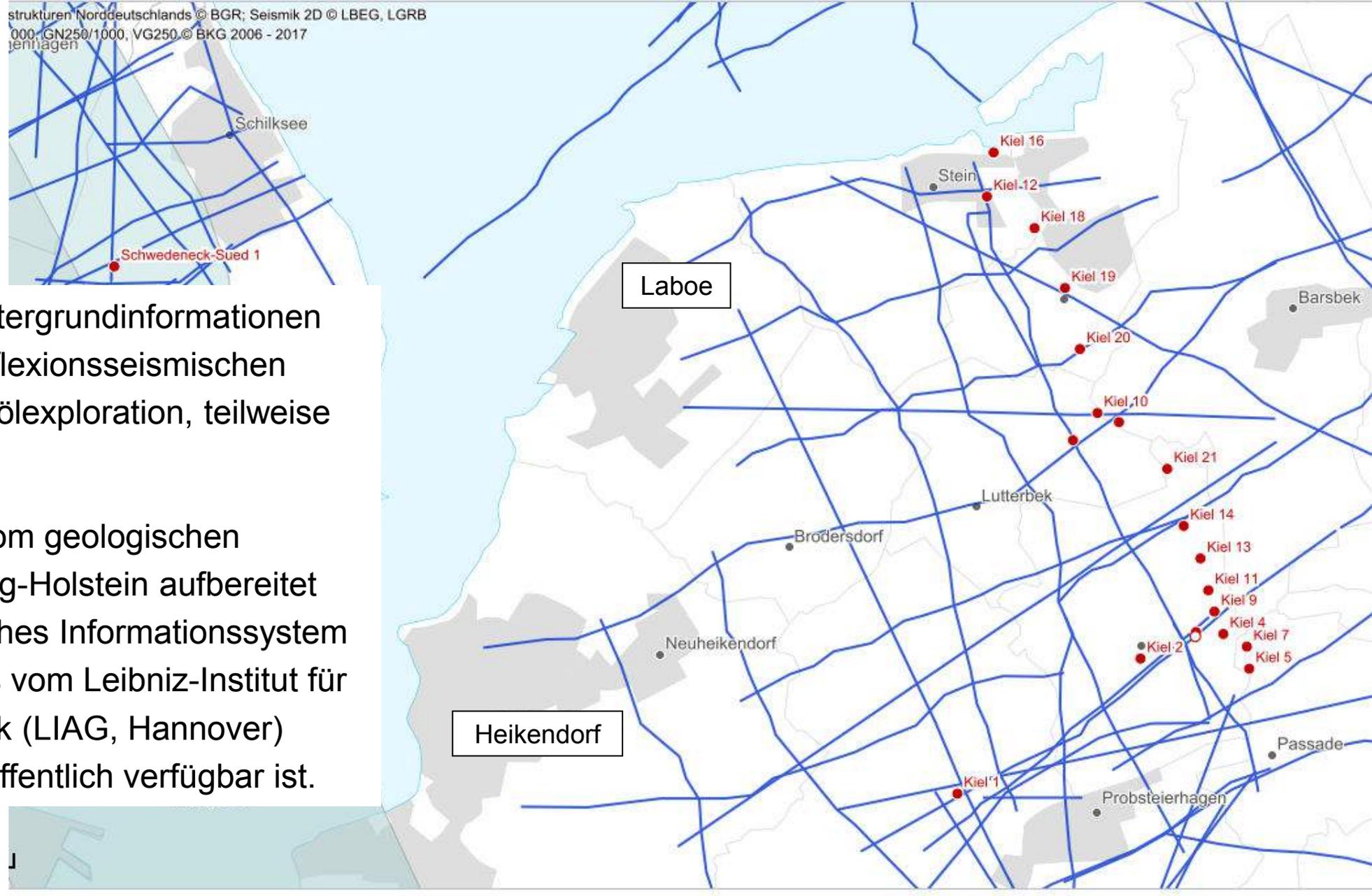
... und Salzstöcke haben wir bei uns reichlich!!



ein näherer Blick auf den Salzstock unter der Kieler Förde

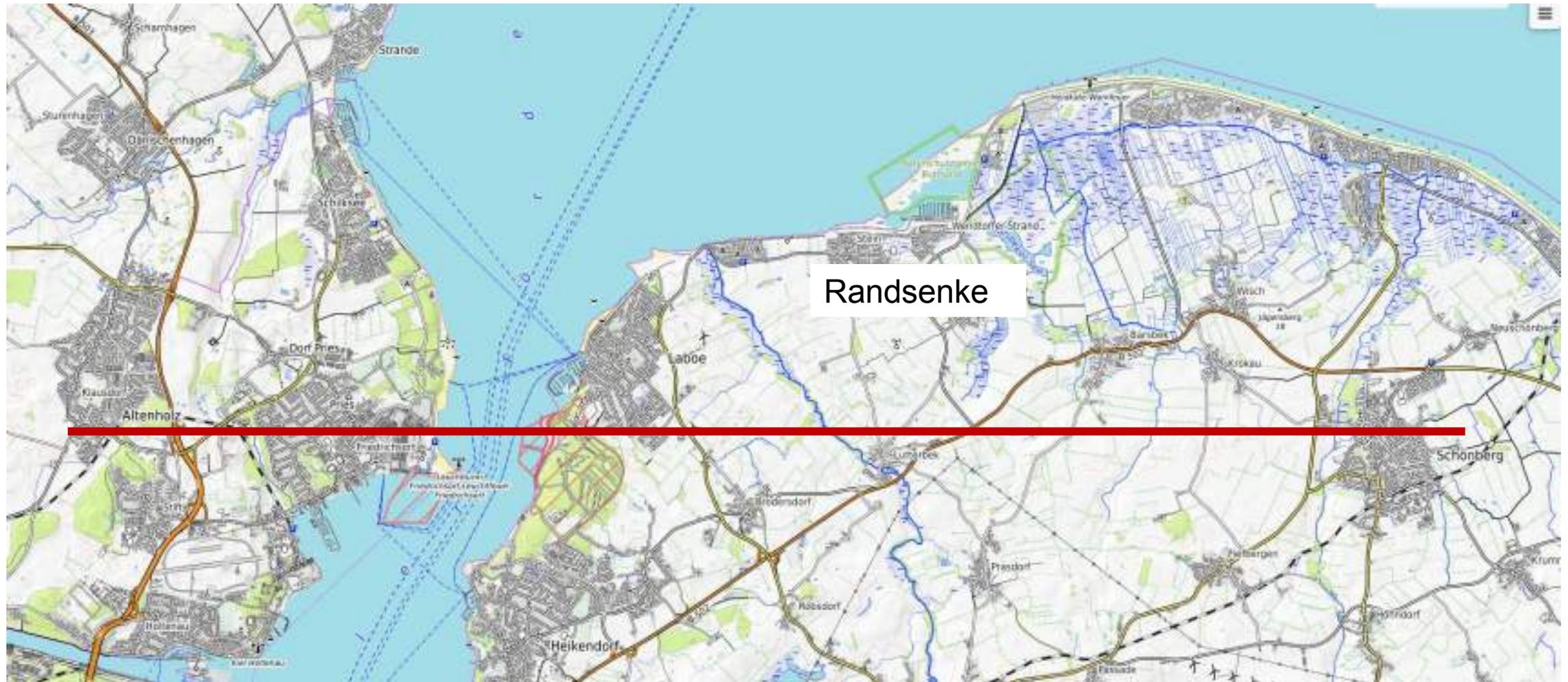


strukturen Norddeutschlands © BGR; Seismik 2D © LBEG, LGRB
000, GN250/1000, VG250 © BKG 2006 - 2017
entlagen



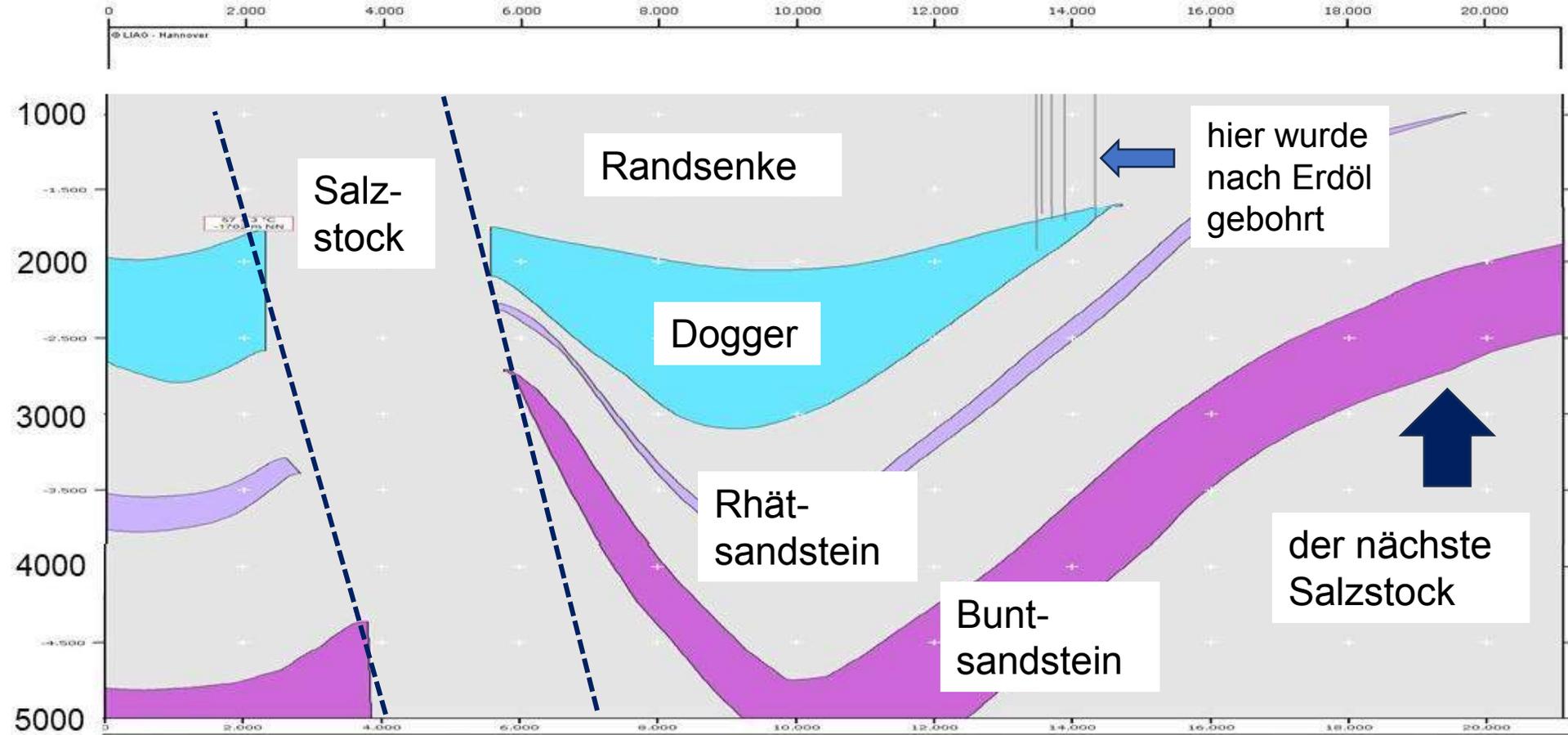
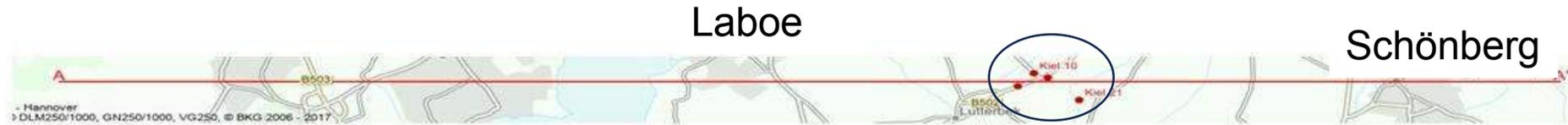
Wir haben reichlich Untergrundinformationen aus Bohrungen und reflexionsseismischen Messungen für die Erdölexploration, teilweise leider ziemlich alt.

Diese Daten wurden vom geologischen Landesdienst Schleswig-Holstein aufbereitet und in ein geothermisches Informationssystem (**Geotls**) überführt, das vom Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG, Hannover) entwickelt wurde und öffentlich verfügbar ist.



Mit **Geotls** lassen sich Profilschnitte durch den Untergrund erstellen, aus denen die Tiefenlage der geothermischen Reservoirsandsteine abgeleitet werden kann. Hier als Beispiel einmal quer durch die Kieler Förde, von Altenholz nach Schönberg.





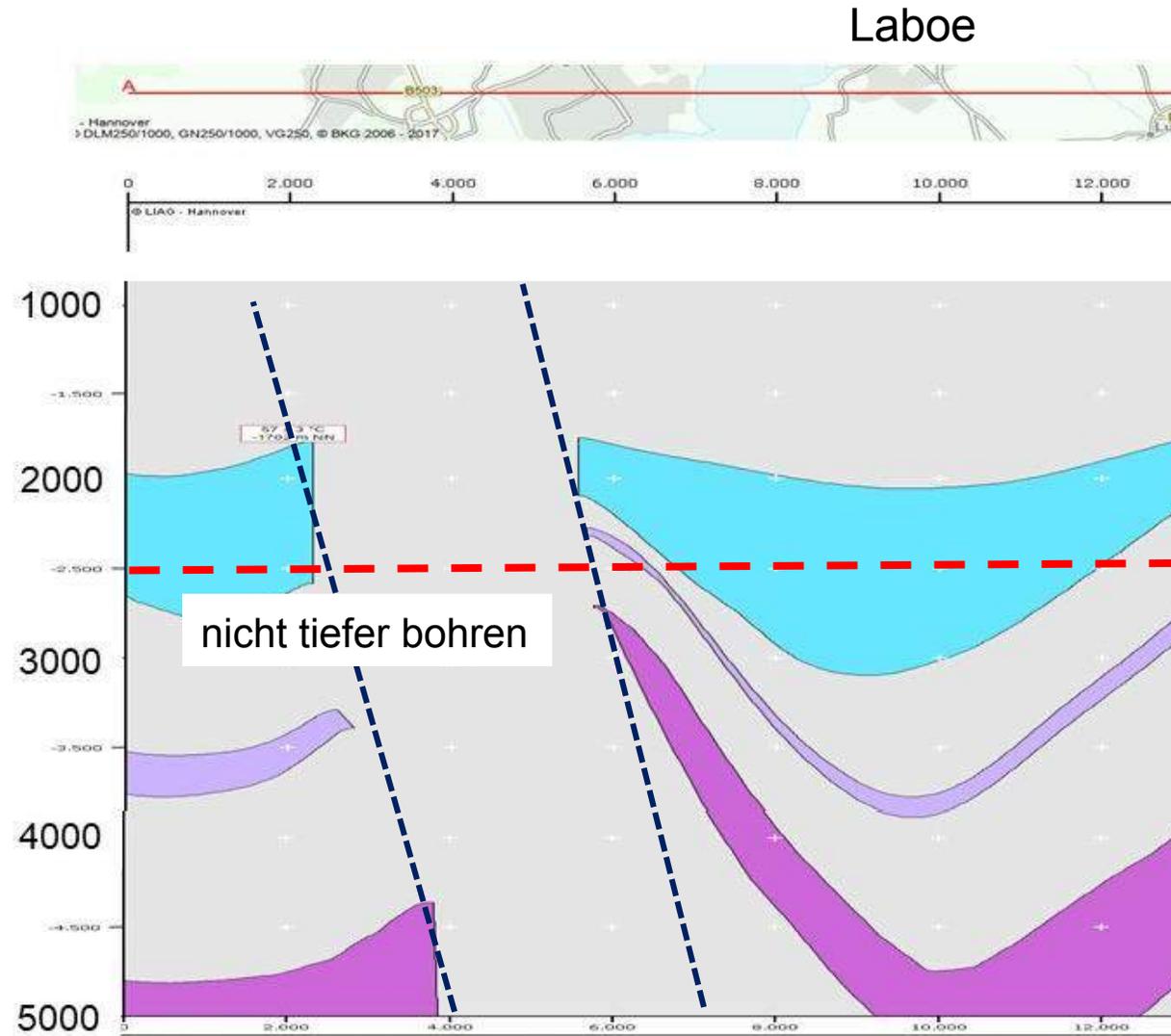
hier sind nur die geothermischen Reservoirsandsteine farbig dargestellt:

- Dogger
Aalen bis Callov
- Oberer Keuper
Rhät (Gassum)
- Mittlerer Buntsandstein
Volpriehausen bis Solling

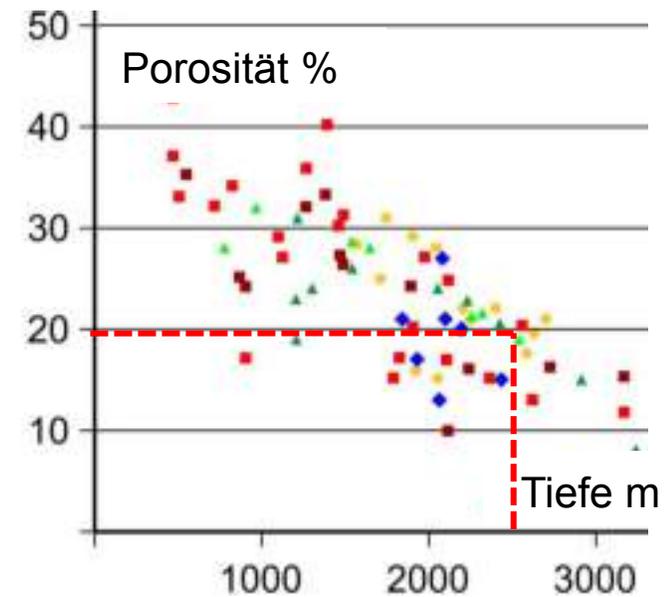
AGEMAR, T., ALTEN, J., GANZ, B., KUDER, J., KÜHNE, K., SCHUMACHER, S. & SCHULZ, R. (2014): The Geothermal Information System for Germany - GeotIS – ZDGG Band 165 Heft 2, 129–144

Wir haben also im Raum Laboe und im Raum Heikendorf Reservoirsandsteine bis in 5000 Tiefe, das wären etwa 150°C.

Also möglichst tief bohren?

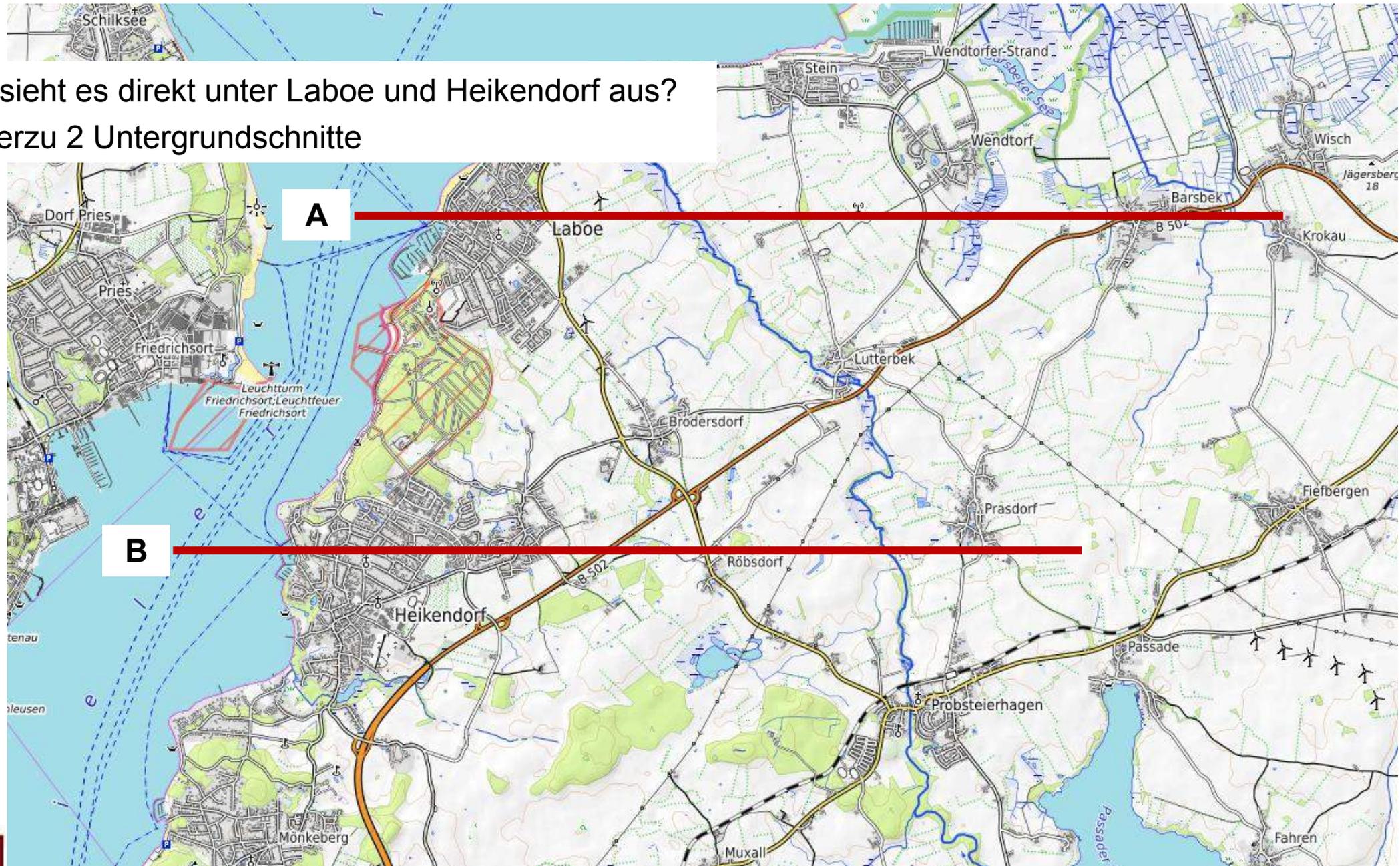


Leider nicht!
Die Porosität des Sandsteins nimmt mit der Tiefe stark ab, die Grenze für eine wirtschaftliche Nutzung (20%) ist ab etwa 2500 m Tiefe erreicht.



Porosität – Tiefenbeziehung für Reservoirsandsteine aus Jütland und Schleswig-Holstein (Thomsen 2013)

wie sieht es direkt unter Laboe und Heikendorf aus?
- hierzu 2 Untergrundschnitte

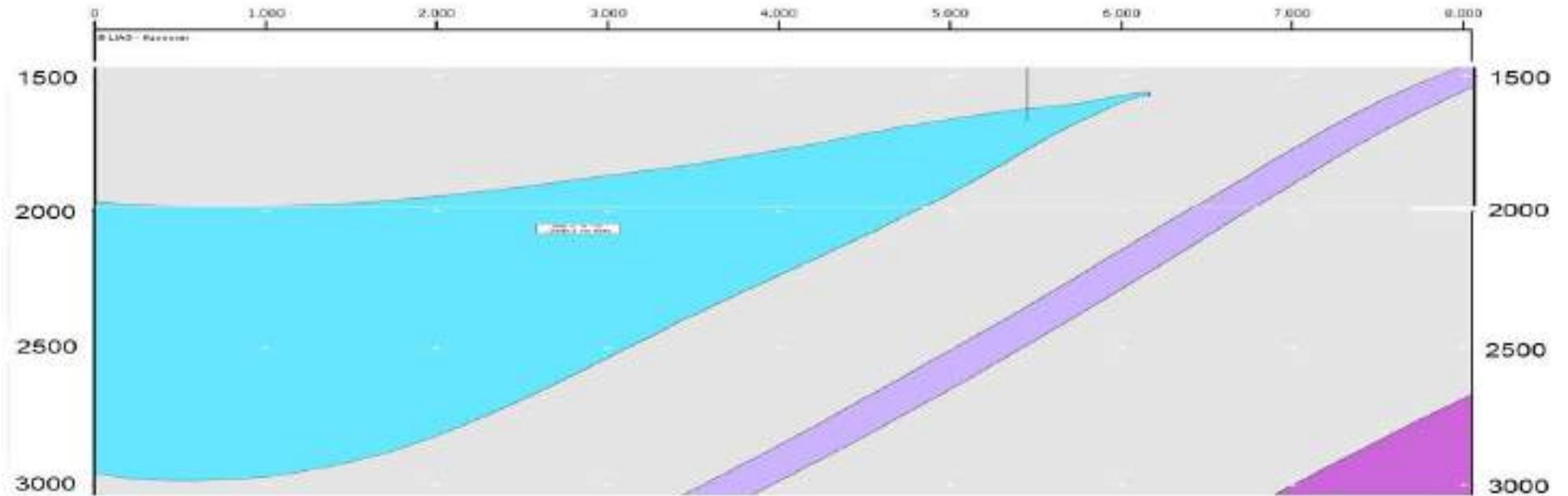


A

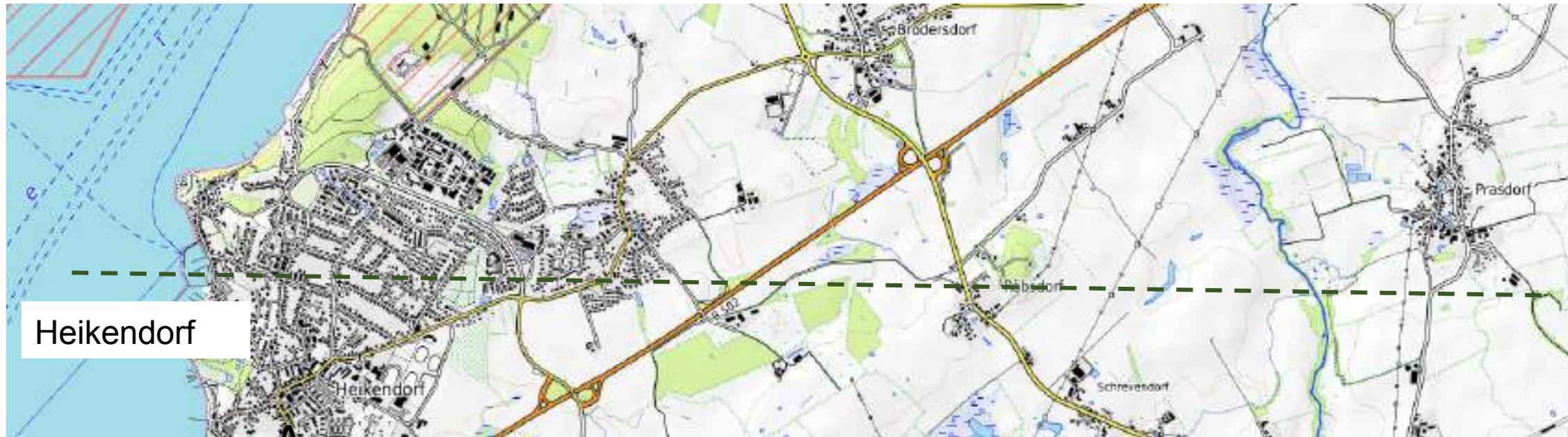
Laboe



Dogger-Sandstein
ab 2000 m Tiefe
(50°)



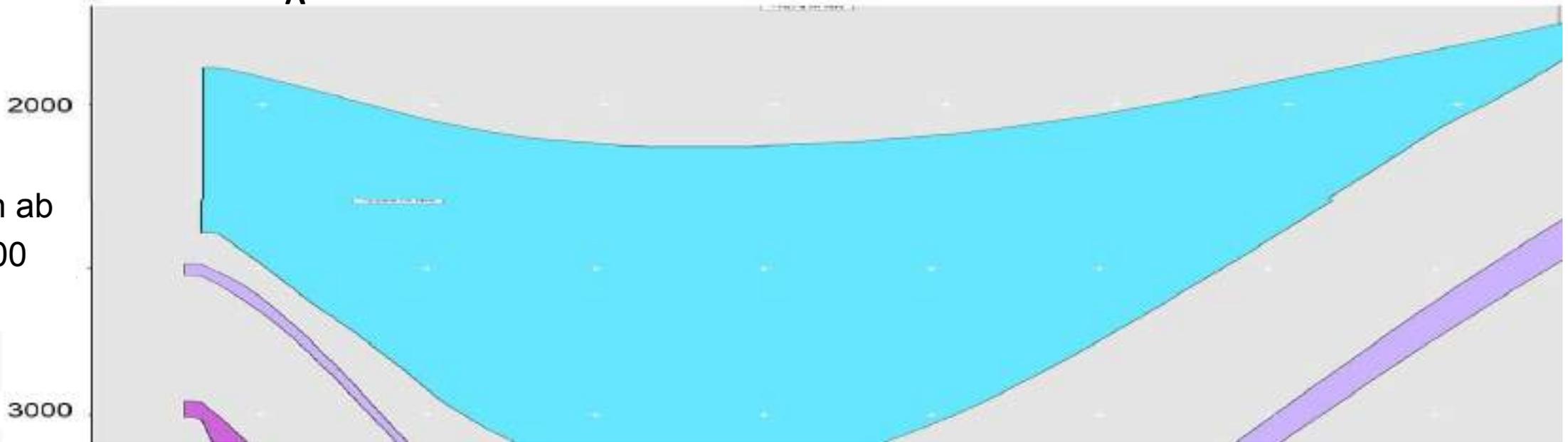
B



Heikendorf

A

Dogger-
Sandstein ab
1800 -2000
m Tiefe



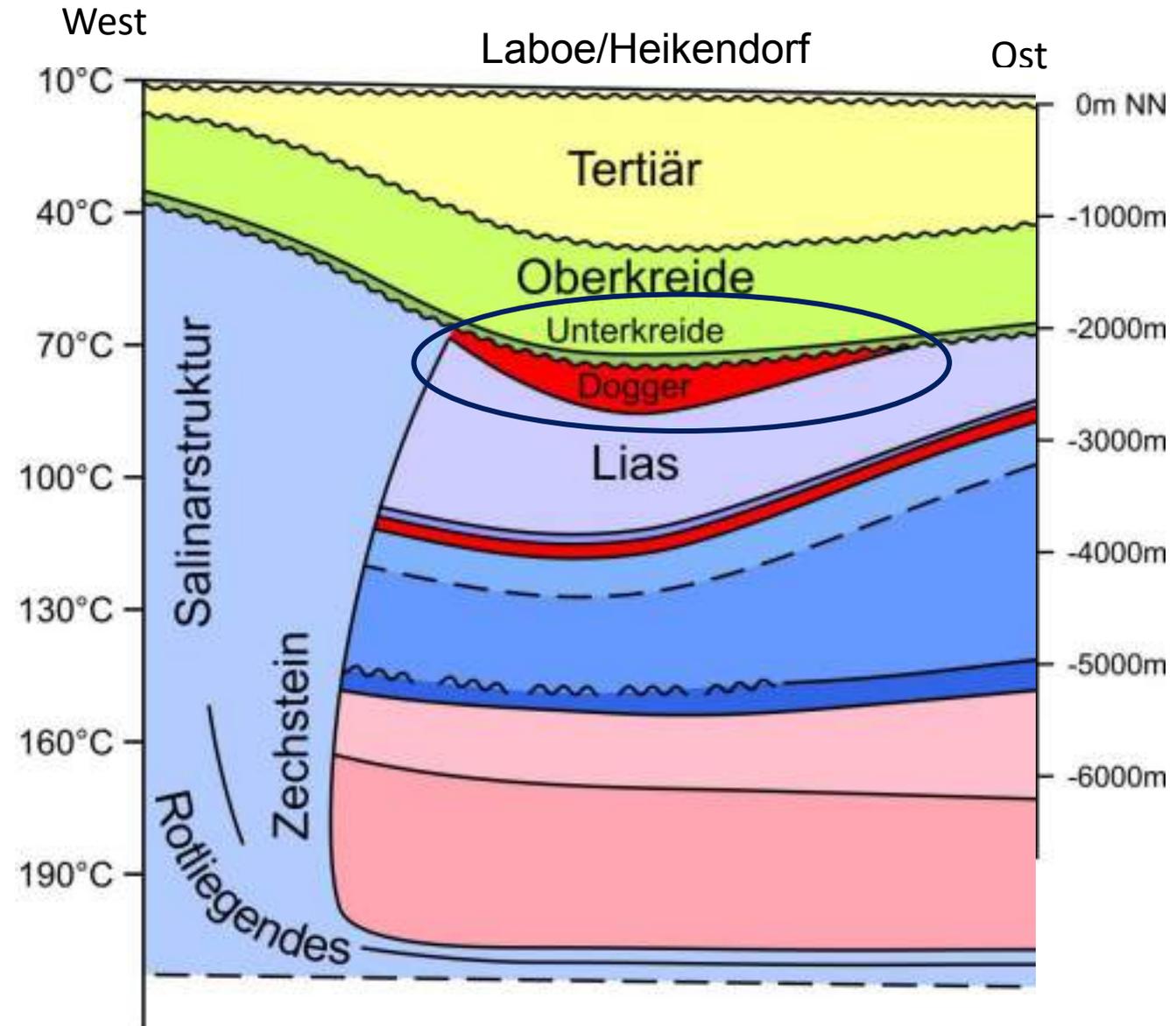
Wir können davon ausgehen, dass wir im Raum Laboe – Heikendorf gute Bedingungen für den Einsatz von Tiefengeothermie (bis 2500 m) haben.

Wie könnte ein derartiges Projekt technisch umgesetzt werden?



Für eine hydrothermale Nutzung muss der Reservoirsandstein Dogger näher erkundet werden, um eine geeignete Bohrlokationen zu finden.

Erkundungsziele sind Tiefenverlauf und Mächtigkeit des Sandsteins



Erkundung des Reservoirsandsteins:

dazu sind neue reflexionsseismische Messungen erforderlich



reflexionsseismische Messungen sind weitgehend störungsfrei
auch im urbanen Bereich machbar



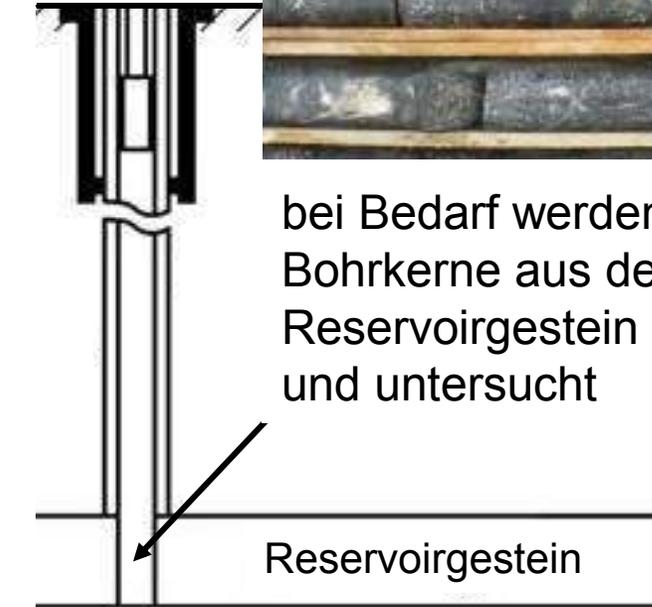
Nach erfolgreichen Voruntersuchungen wird ein **Bohrplatz** gesucht: etwa so groß wie ein Fußballfeld.

Er muss für schwere Fahrzeuge erreichbar sein, Strom und Wasseranschluss vorhanden, in der Nähe des vorhandenen oder geplanten Wärmenetzes.



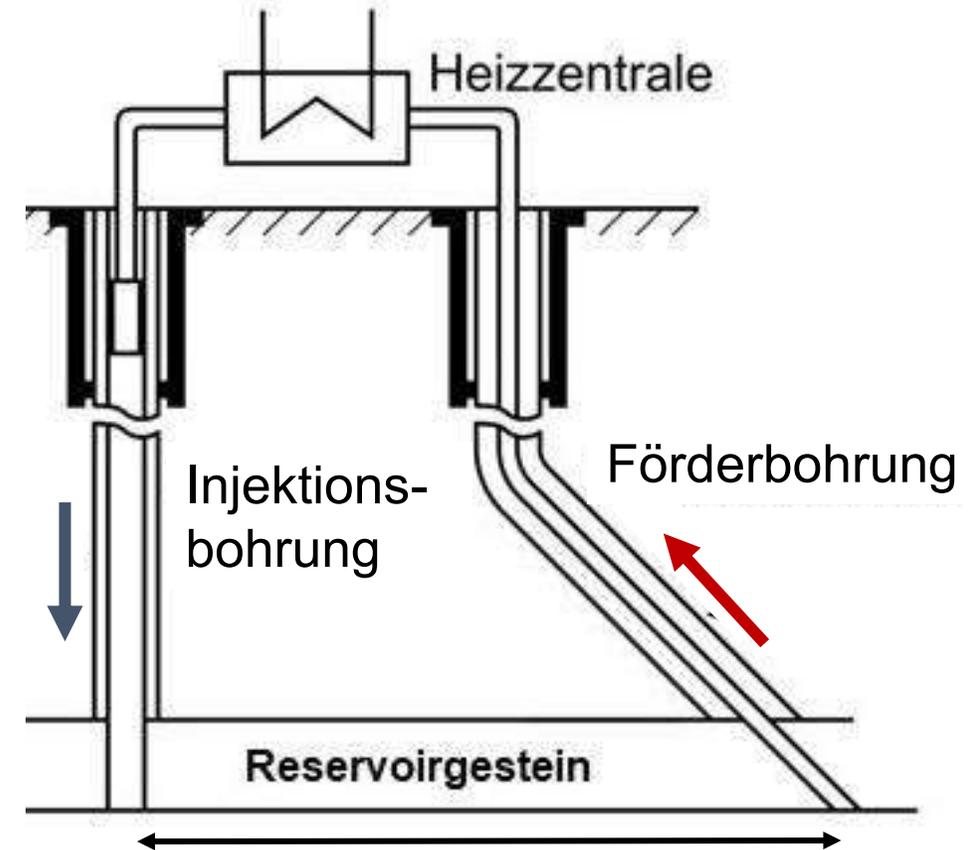


Erd-
oberfläche



Dann wird gebohrt, 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche.
Auf Lärmschutz wird aber besonderer Wert gelegt.
Zuerst wird meistens eine Bohrung vertikal abgeteuft und geophysikalisch vermessen
(Tongehalt, Porosität, Wassergehalt der Untergrundschichten).





War die erste Bohrung erfolgreich, wird die 2te Bohrung abgeteuft, meistens schräg abgelenkt. Dadurch wird ein Abstand von 1000 – 2000 m der Endpunkte beider Bohrungen von nur einem Bohrplatz aus ermöglicht. Nach Abschluss der Bohrarbeiten ist nicht mehr viel zu sehen, es muss aber die Erreichbarkeit für Wartungsarbeiten (z.B. Kran für Pumpenwechsel) gewährleistet sein.

1000 – 2000 m





Es bleiben nur noch 2 Rohre, die aus der Erde kommen. Der Rest der Technik (Wärmetauscher, Übergabe an das Wärmenetz und eventuell eine Wärmepumpe) passt in ein kleineres Gebäude.

Eine Bohrung liefert 5 – 10 MW Wärmeleistung, das reicht zur Versorgung von 1000 – 2000 Wohnungen.



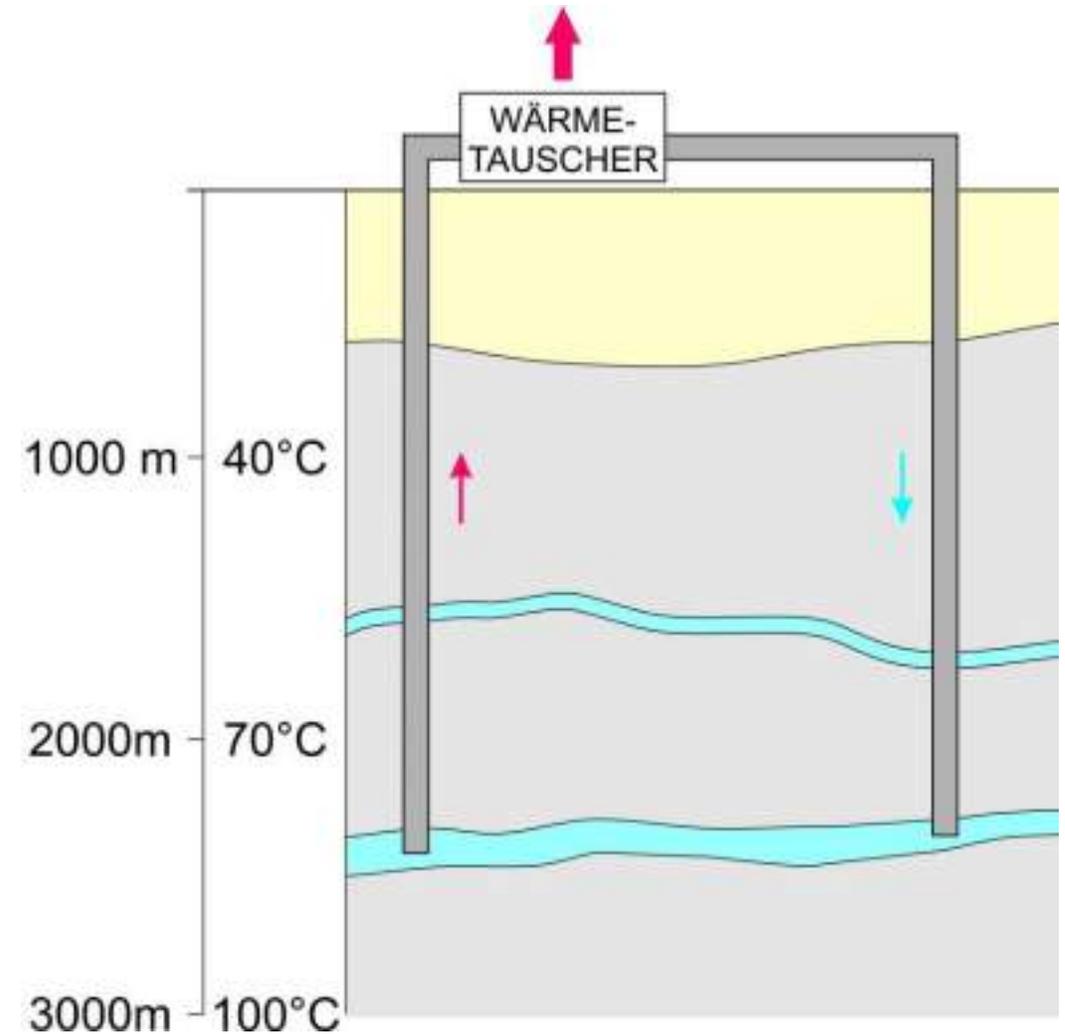
Reicht die Thermalwassertemperatur für das Wärmenetz nicht aus, kann zusätzlich eine Hochtemperaturwärmepumpe eingesetzt werden.

Zu solchen Wärmepumpen hören wir gleich 2 Vorträge.



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

- Nachhaltigkeit
- Schutz des Grundwassers
- Induzierte Seismizität
- Radioaktivität
- Erdöl statt Thermalwasser
- Fündigkeitsrisiko



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

• Nachhaltigkeit

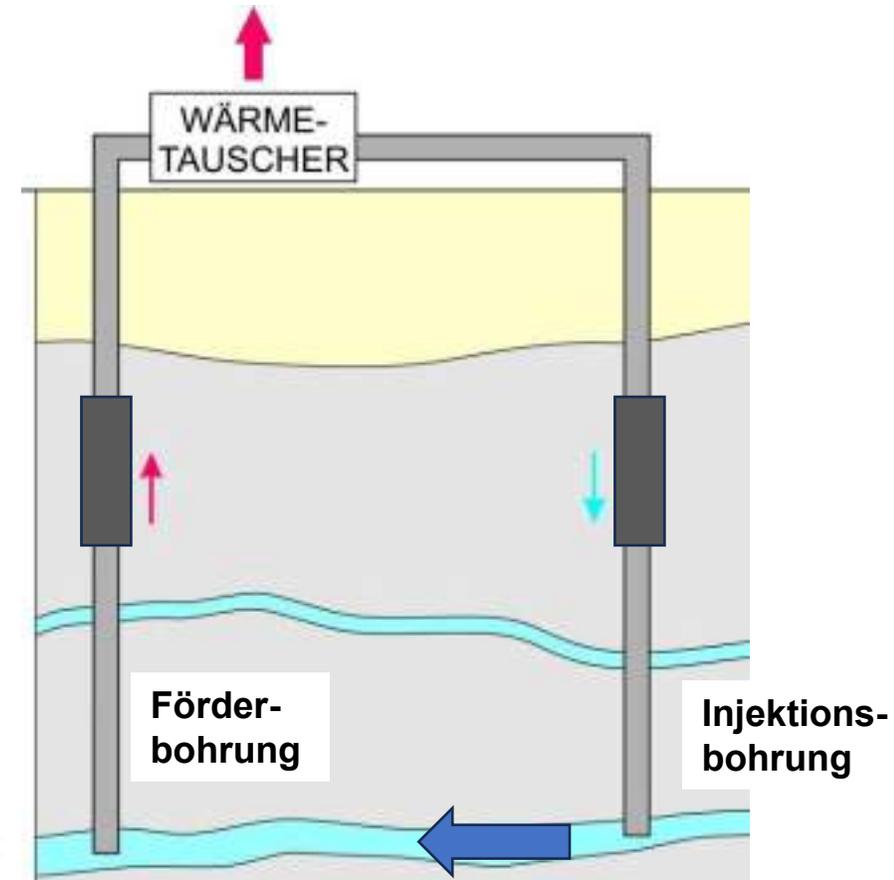
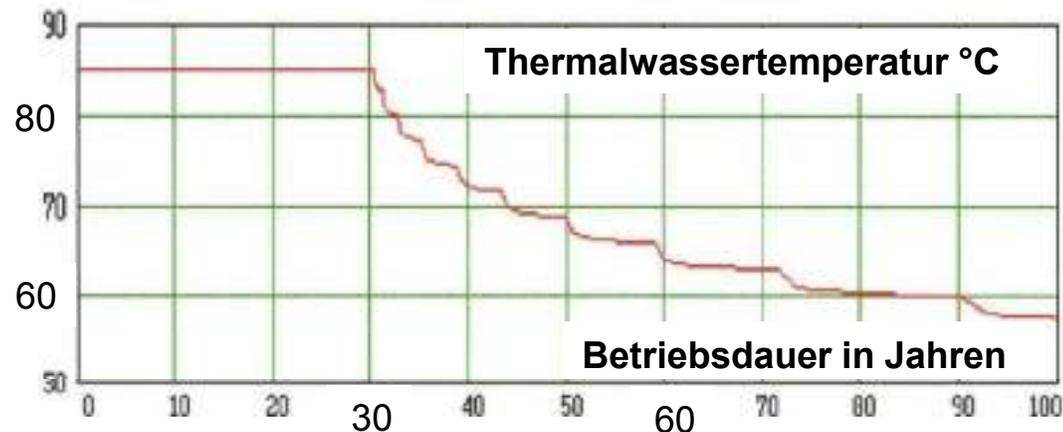
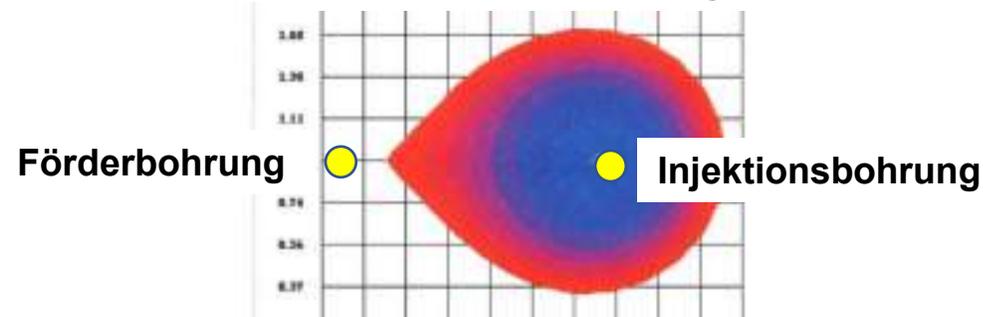
Kann eine Bohrung **dauerhaft genutzt** werden?

Beim Betrieb der geothermischen Heizanlage wird dem Untergrund mehr Wärmeenergie entnommen, als gleichzeitig aus dem Erdinneren nachgeliefert werden kann.

Es bildet sich eine Abkühlungsfront, so dass irgendwann die Temperatur des geförderten Thermalwassers sinkt.

Die Anlage wird so dimensioniert, dass dies erst nach einer Betriebsdauer von 30 Jahren erfolgt.

Simulationsrechnungen



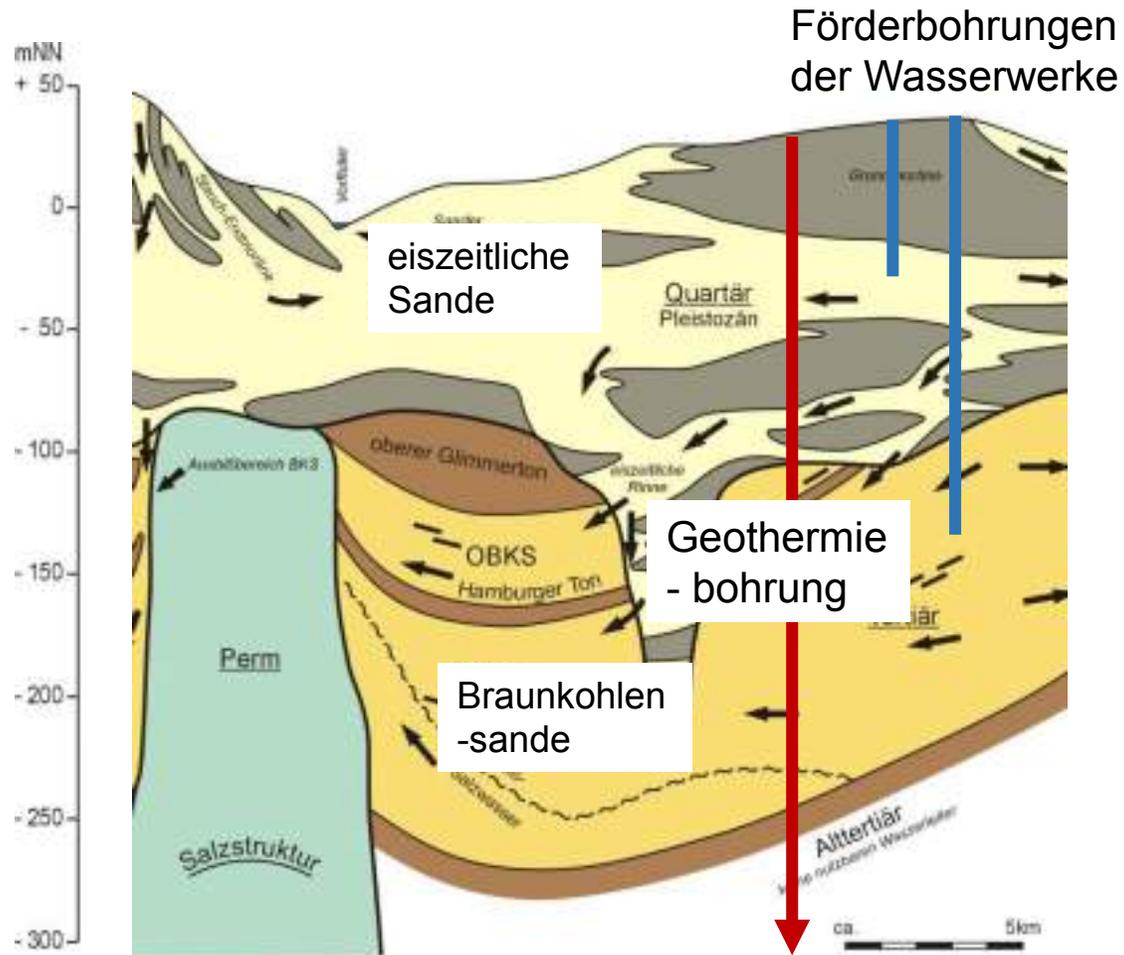
Abkühlung im Thermalwasserreservoir durch eingeleitetes kälteres Wasser

Ein Absinken der Thermalwassertemperatur wurde allerdings bei Anlagen, die schon länger in Betrieb sind, noch nicht beobachtet.



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

• Schutz des Grundwassers



Bedenken gegen geplante Bohrungen für die Tiefengeothermie werden u.a. vom Landesverband der Wasser- und Bodenverbände geäußert wg. Grundwassergefährdung.

Ist das berechtigt?

Grundwasser wird bei uns aus oberflächennahen eiszeitlichen Sanden und tieferen Tertiären Braunkohlensanden gefördert. Die Grundwasserleiter sind im Idealfall durch tonhaltige Deckschichten mit geringer hydraulischer Durchlässigkeit vor möglicherweise kontaminiertem Sickerwasser geschützt.

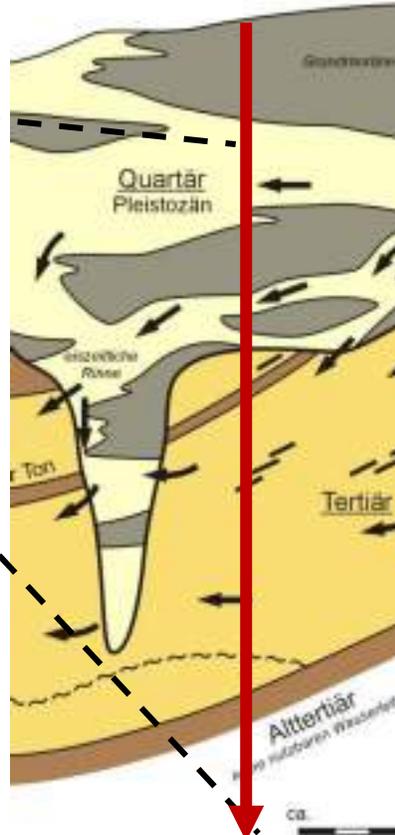
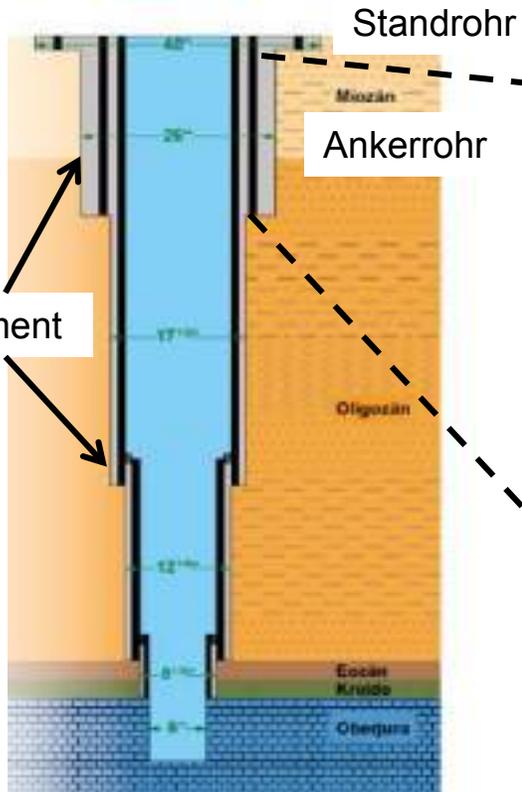
Die grundwasserführenden Schichten und ihre Deckschichten werden bei Geothermiebohrungen durchteuft.

Kann es dadurch zu einer Gefährdung des Grundwassers kommen?

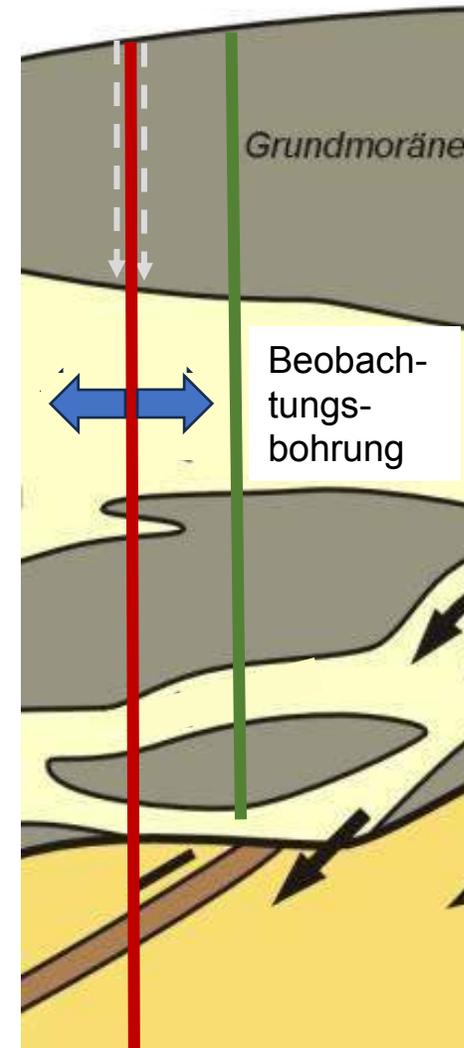
Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

• Schutz des Grundwassers

Verrohrung und Zementierung einer Geothermiebohrung



Was könnte passieren?



Wasserwegsamkeiten und möglicher Schadstofftransport durch die Deckschicht entlang der Bohrung.

Doppelte Verrohrung und Zementation des Ringraums

Austritt von gefördertem Thermalwasser (10 mal salzhaltiger als Nordseewasser) bei schadhafter Verrohrung.

Würde zu Druckverlust bei Förderung oder Injektion führen → Stopp der Förderung.

Außerdem: erhöhte Salinität des Grundwassers führt zu erhöhter elektrischer Leitfähigkeit → Beobachtungsbohrungen im Umfeld der Geothermiebohrung.



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

• Fündigkeitsrisiko

Trotz ausreichender Tiefenlage und Mächtigkeit kann ein Sandsteinreservoir nicht oder nur eingeschränkt hydrothermal nutzbar sein:



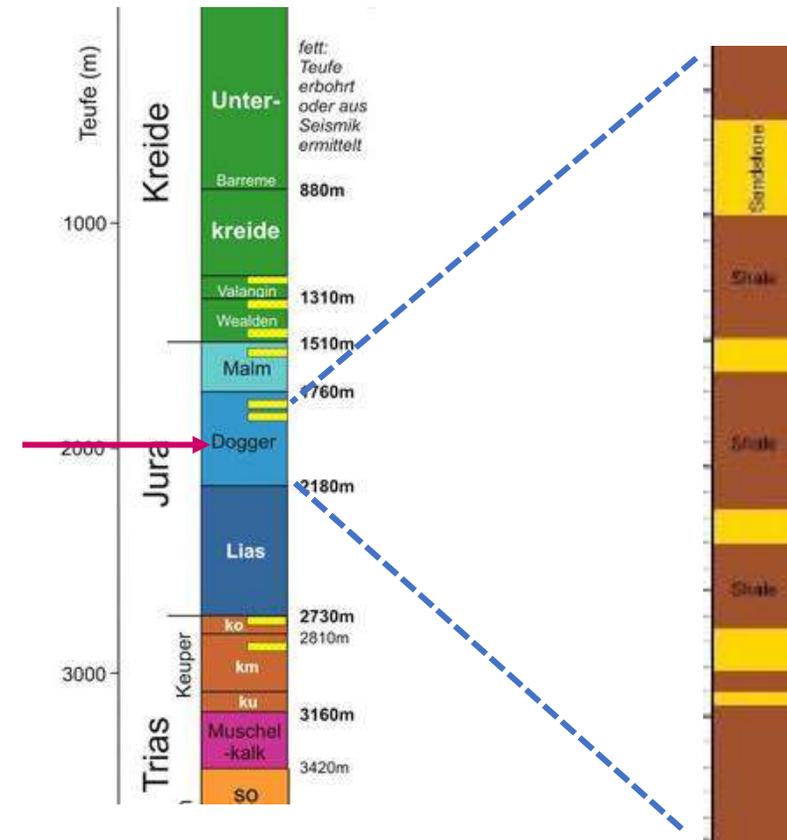
A) der Porenraum des Sandsteins kann durch Mineralausfällungen gefüllt sein (Anhydritzementation) → kaum oder gar nicht nutzbarer Porenraum.

So geschehen 1997 bei der Bohrung **Hamburg-Allermöhe**, bei der in 3600 m Tiefe 40 m mächtiger Sandstein erwartet und angetroffen wurde, allerdings zementiert mit Anhydrit aus dem Salzstock Reitbrook.

Durch intensive Untersuchungen an dieser Lokation ist das Problem jetzt besser verstanden und wahrscheinlich vermeidbar.

B) Eingelagerte Tonschichten im Sandstein verringern das nutzbare Thermalwasservorkommen.

z.B. hier in einem Doggersandstein (fiktives Beispiel einer Bohrung)



Diese Tonschichten können bei den seismischen Messungen i.a. nicht erkannt werden, zumindest nicht beim gegenwärtigen Stand der Technik



Zusammengefasst:

die Region bietet gute geologische Voraussetzungen für die Nutzung von Tiefengeothermie.

Es bleibt ein geologisches Restrisiko (vor der Hacke ist es duster), daher die politische Forderung an Bund und Land nach einer staatlichen Absicherung des Fündigkeitsrisikos.

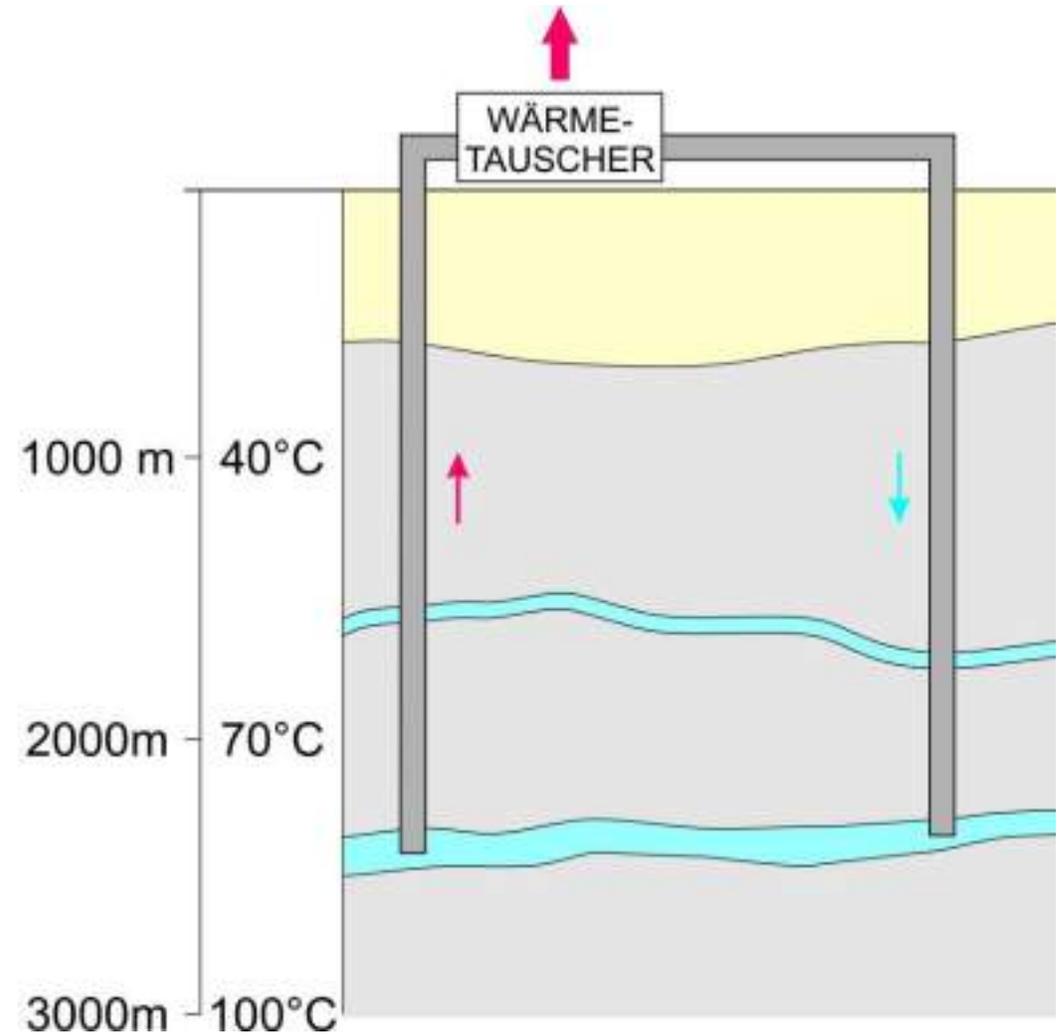


Diskussion



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

- Nachhaltigkeit
- Schutz des Grundwassers
- Induzierte Seismizität
- Radioaktivität
- Erdöl statt Thermalwasser
- Fündigkeitsrisiko



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

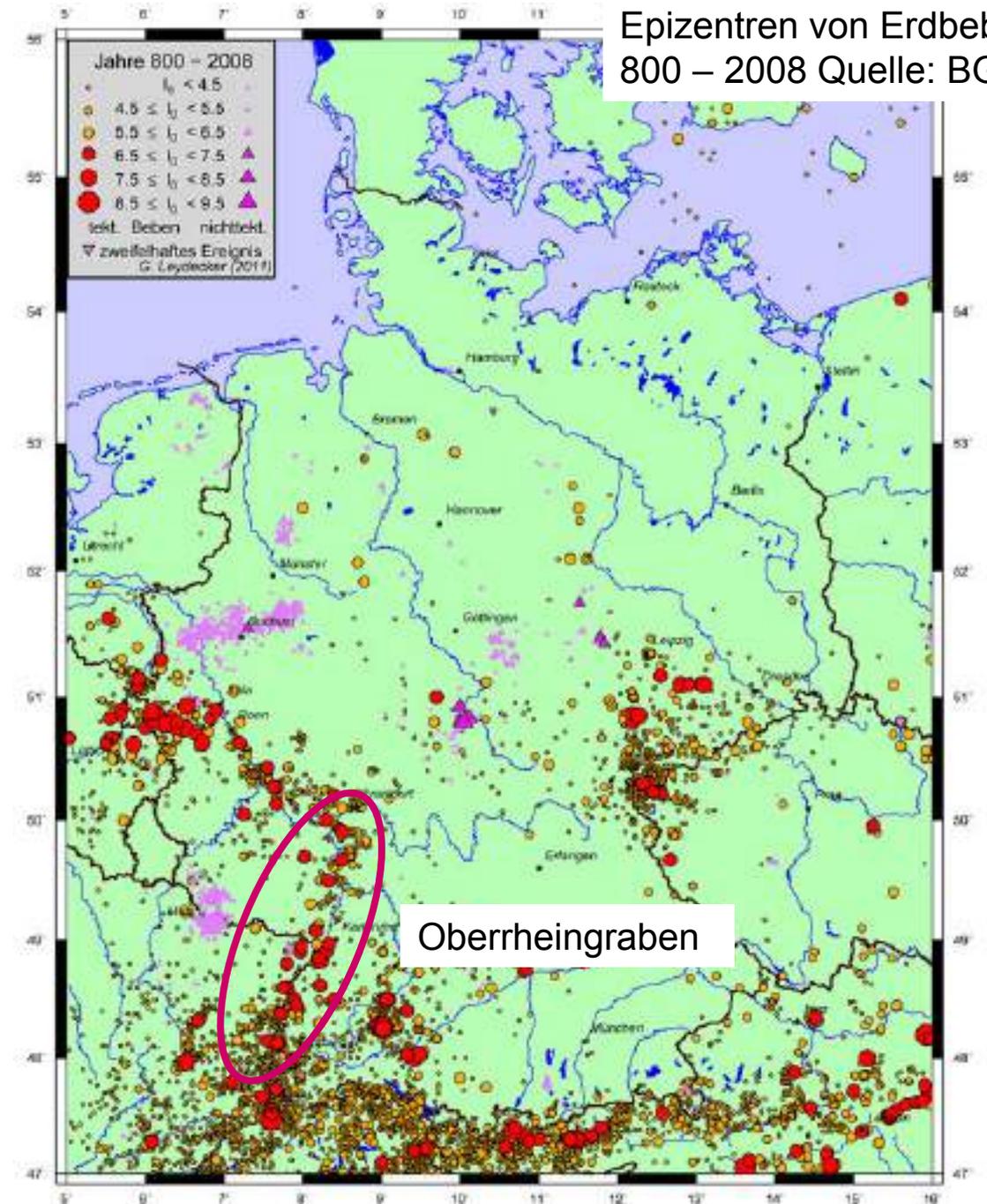
- **induzierte Seismizität**

Erdbeben entstehen, wenn es durch natürliche Spannungen in der Erdkruste zu Brüchen kommt, z.B. ausgelöst durch Änderungen des Porenwasserdrucks.

Im Oberrheingraben ist es zu kleinen Beben in Zusammenhang mit der Erdwärmennutzung gekommen (z.B. Landau). Dies ist aber auch ein Gebiet mit starken Gebirgsspannungen und entsprechender Bebenhäufigkeit.

Menschen sind dadurch aber noch nie zu Schaden gekommen, es gab maximal geringe Gebäudeschäden. Trotzdem gibt es dort Akzeptanzprobleme bei der Nutzung tiefer Erdwärme.

Epizentren von Erdbeben
800 – 2008 Quelle: BGR



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

• induzierte Seismizität

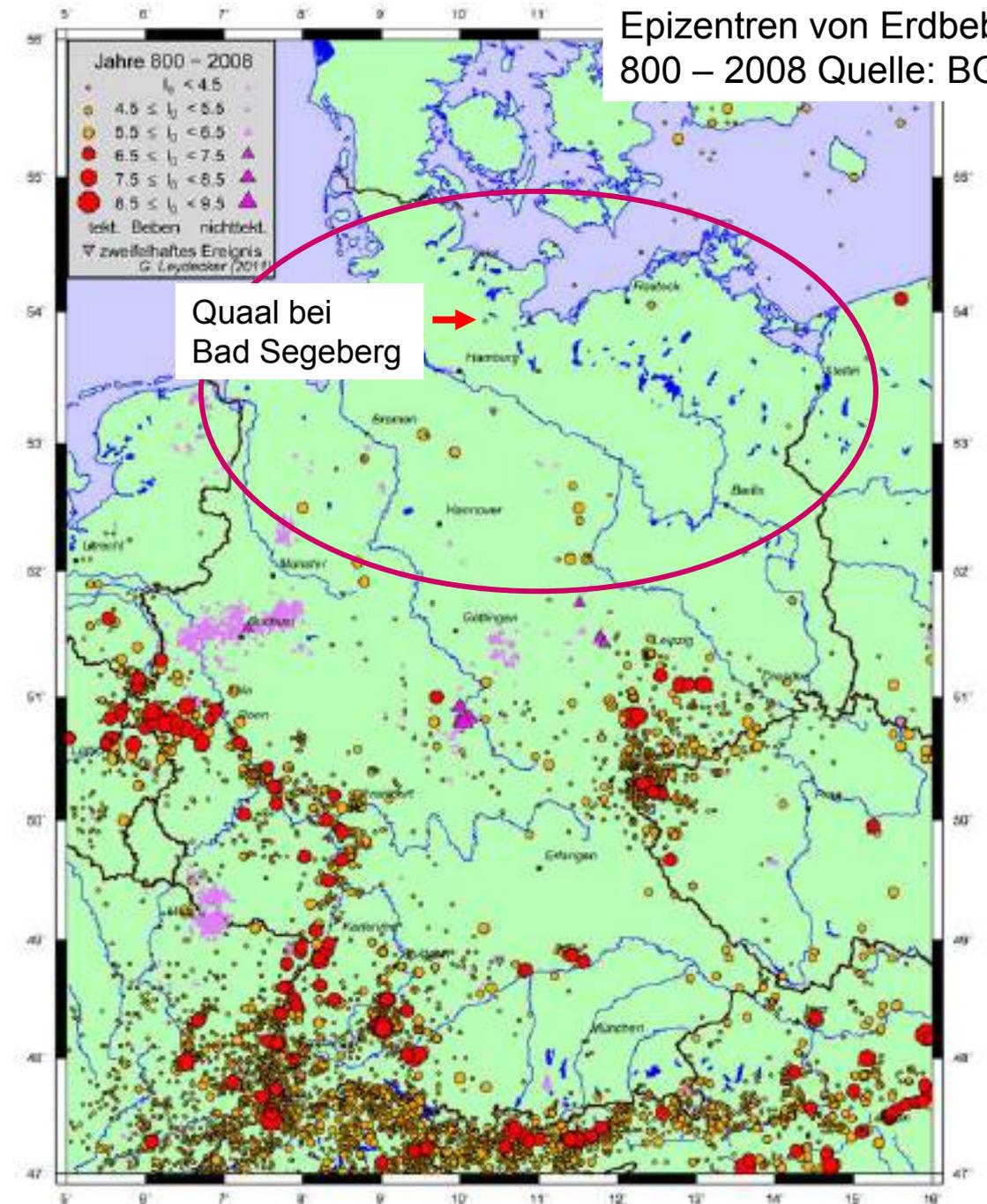
Im Norddeutschen Becken gibt es nur geringe Gebirgsspannungen und ein verschwindend geringes Erdbebenrisiko.

Erdbeben in neuerer Zeit gab es in Niedersachsen (und Holland) durch die Erdgasförderung.

Ein Beben in Quaal in Schleswig-Holstein (1997) ist vermutlich durch Spannungen beim Aufstieg der Salzstruktur Segeberg entstanden.

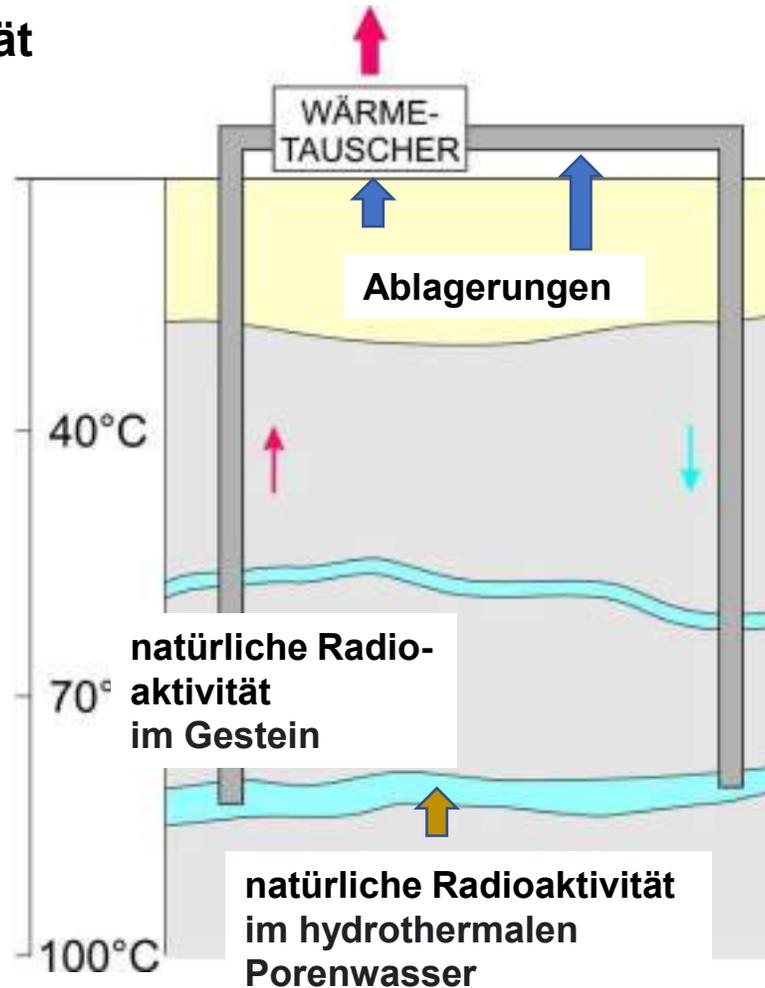
Es ist daher nicht zu erwarten, dass es bei einer Nutzung hydrothermalen Erdwärmes bei uns zu Erdbeben kommt.

Epizentren von Erdbeben
800 – 2008 Quelle: BGR



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

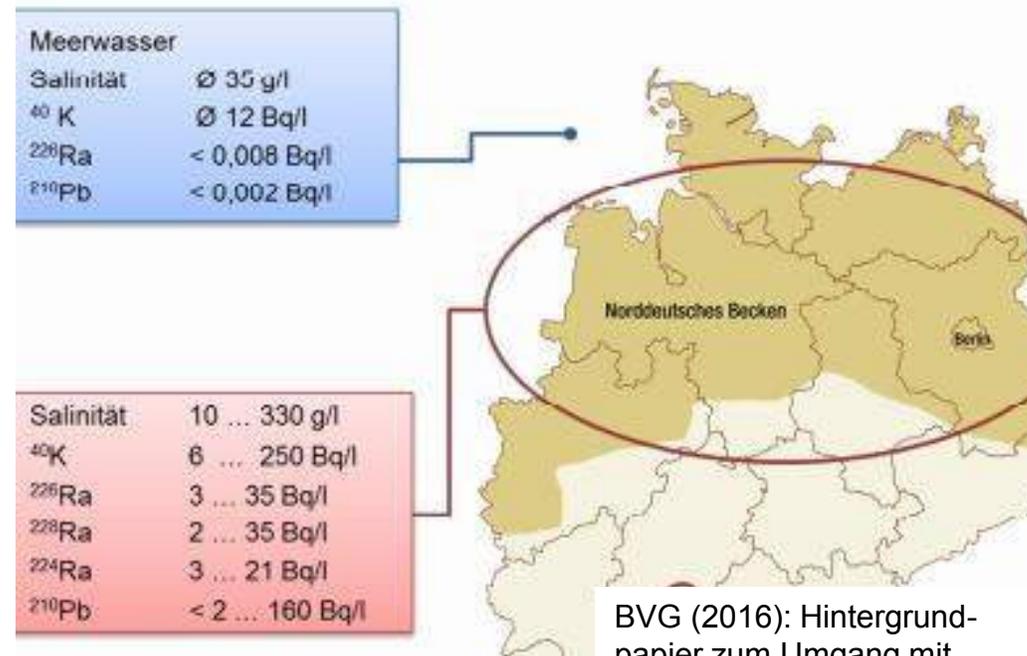
• Radioaktivität



In Thermalwasser sind aus dem Gestein gelöste Salze vorhanden, z.B. auch Lithium. Dessen Nutzung wird gerade diskutiert.

In vielen Gesteinen sind aber auch radioaktive Isotope vorhanden, z.B. Uran, Thorium und Kalium im Granit. Dieses ist auch an der Erdoberfläche messbar.

Dadurch kann sich eine gewisse natürliche Radioaktivität im hydrothermalen Porenwasser ergeben.

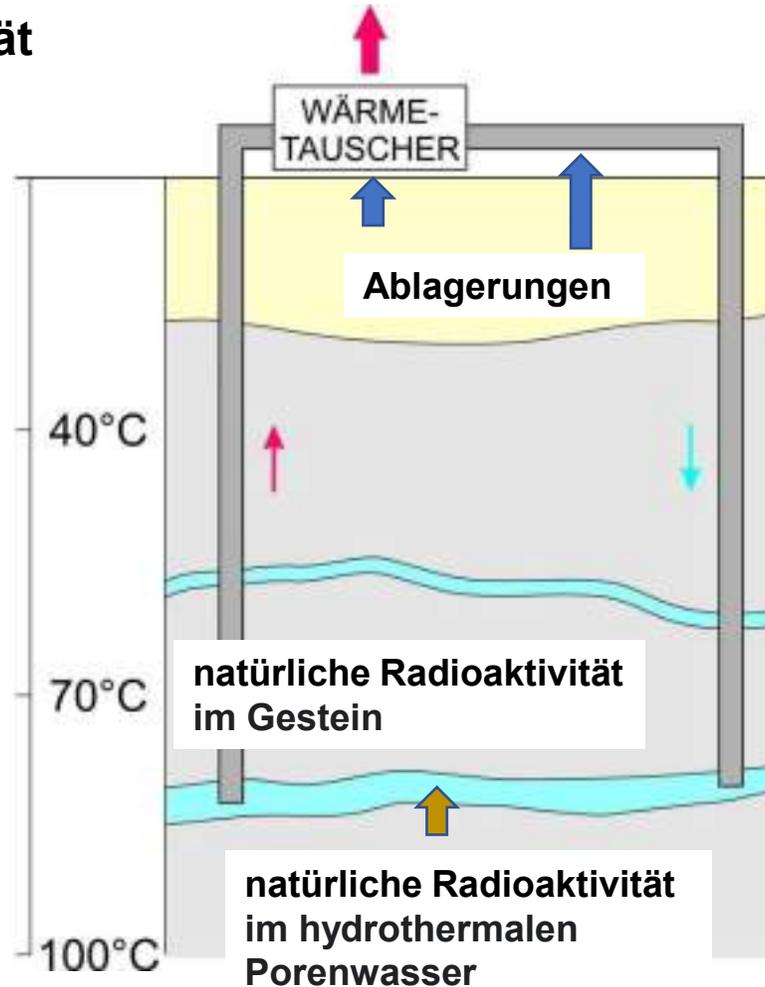


BVG (2016): Hintergrundpapier zum Umgang mit natürlicher Radioaktivität in Anlagen der Tiefen Geothermie



Tiefengeothermie: Risiken und Nebenwirkungen

• Radioaktivität



Im Normalbetrieb durchläuft das Thermalwasser einen geschlossenen Kreislauf, es kommt also zu keiner Strahlungsexposition für die Beschäftigten der Heizzentrale.

Aber: während des Betriebs bilden sich Ablagerungen (wie beim Kesselstein) in oberirdischen Teilen der Geothermieanlage, z.B. im Wärmetauscher. Hier kann es zu einer Anreicherung der Radioisotope kommen.



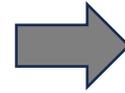
Wartungsarbeiten zur Reinigung der Rohre müssen daher bei festgestellter Radioaktivität unter Strahlenschutzbedingungen erfolgen, ebenso die Entsorgung der Ablagerungen. Dies ist industrieller Standard.

Es wird auch in Forschungsvorhaben daran gearbeitet, die Bildung derartiger Ablagerungen zu verringern oder ganz zu verhindern.

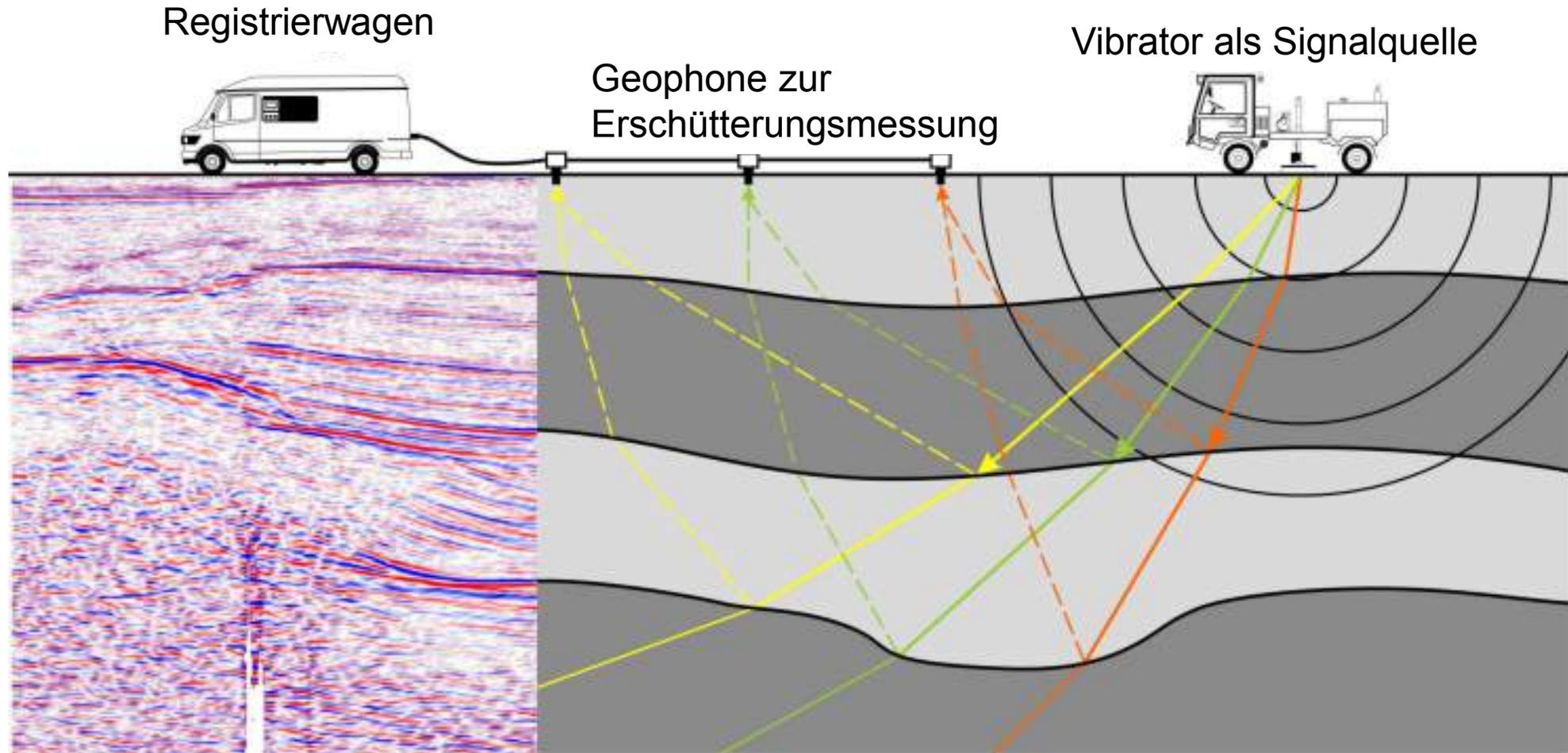
Es sind umso mehr gelöste Stoffe im Thermalwasser vorhanden, je heißer es ist. Da wir nur aus mittleren Tiefen mit z.B. 70°C fördern wollen, tritt das Problem wahrscheinlich hier nur geringfügig auf.

Erkundung des Reservoirsandsteins:

Tiefenverlauf und Mächtigkeit des Sandsteins



neue reflexionsseismische Messungen



Erkundung des Reservoirsandsteins:

hydraulische Eigenschaften

es geht um **Porosität** und **Permeabilität** aus Bohrkernen, dazu sind nur wenige Daten vorhanden, aber bei einer Bohrung in Schwedeneck (also in der Nähe Laboes) sieht es gut aus

