



# Geothermie in Lilienthal

Herausforderungen und Potenziale am Salzstock  
Lilienthal



# Andreas Greve

- Studium der Geowissenschaften in Bremen;
  - Masterabschluss 2017
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter am MPI Bremen
  - Schwerpunkte: Lipide in mikrobiellen Matten, extremophile Organismen, Klimaarchive und Temperaturproxies
- Seit 03/23 bei der reon AG

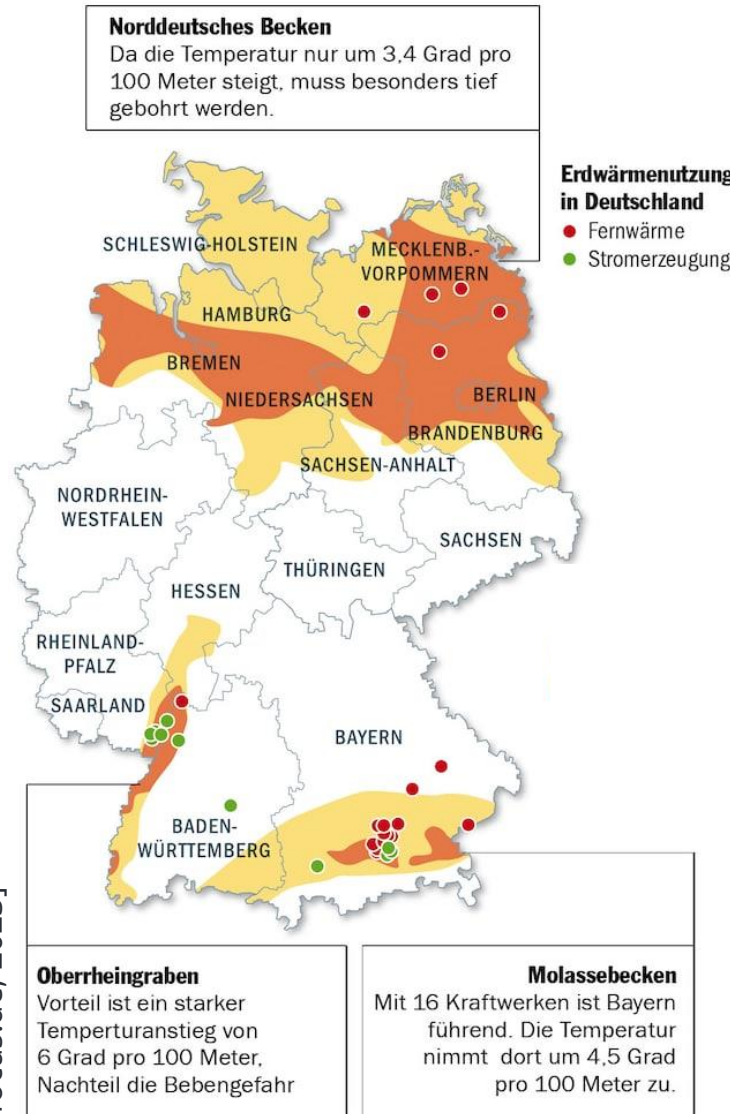


"natürlich - regionale - energie" -  
vor allem in unserer Region.



Mittlerweile blickt die reon AG auf eine 20-jährige Erfahrung in der Entwicklung von Erneuerbaren-Energien-Projekten zurück. Unsere Expertise liegt vor allem bei der Planung, Entwicklung und dem Betrieb von Windparks, Solarparks sowie der Ladeinfrastruktur – und das vorrangig in Norddeutschland.

# Tiefengeothermische Energiegewinnung in Deutschland



## Molassebecken

24 Anlagen vorhanden, davon 8 mit Verstromung

## Oberrhingraben

7 Anlagen vorhanden, davon 3 mit Verstromung

## Norddeutsches Becken

5 Anlagen vorhanden, keine Stromerzeugung

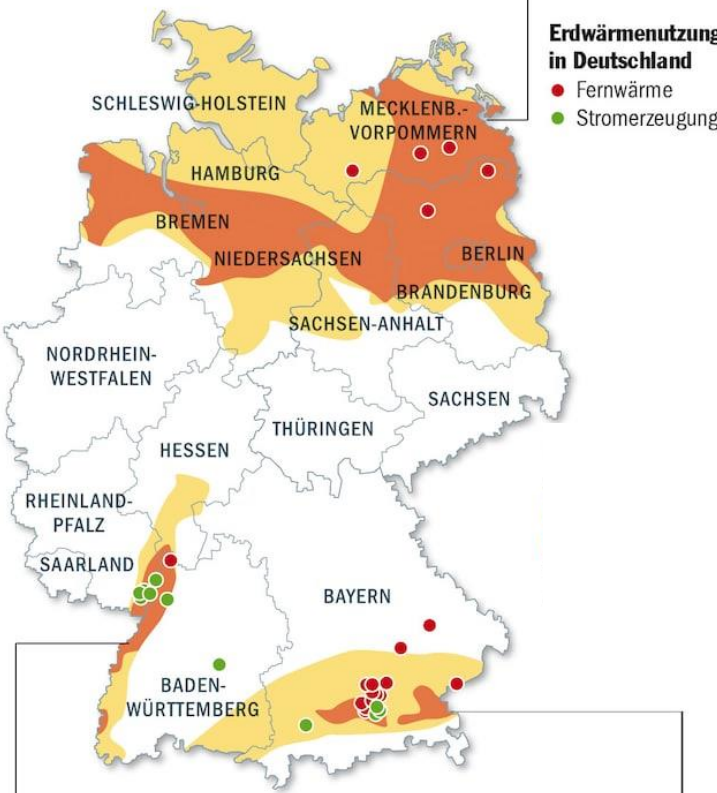
## Nordrhein-Westfalen

6 Anlagen, nur Grubenwasser und Sonden

**Insgesamt 42 Anlagen mit 343 MW<sub>thermisch</sub> und 44,3 MW<sub>elektrisch</sub>**

# Gründe für die geringe Erschließung der Tiefengeothermie in Norddeutschland

**Norddeutsches Becken**  
 Da die Temperatur nur um 3,4 Grad pro 100 Meter steigt, muss besonders tief gebohrt werden.



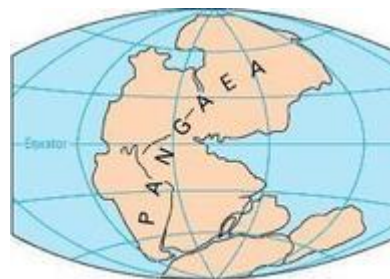
- Hoher Finanzierungsbedarf
- Wenige Förderprogramme und politische Unterstützung
- Niedrige Preise von fossilen Energieträgern
- Schlechter Ruf der Bohrindustrie (insbesondere fracking)

**Oberheingraben**  
 Vorteil ist ein starker Temperturanstieg von 6 Grad pro 100 Meter.  
 Nachteil die Bebengefahr

**Molassebecken**  
 Mit 16 Kraftwerken ist Bayern führend. Die Temperatur nimmt dort um 4,5 Grad pro 100 Meter zu.

# Geologie des Norddeutschen Beckens

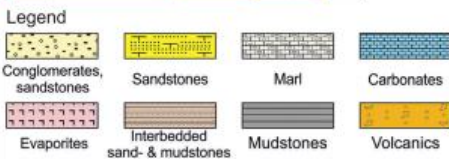
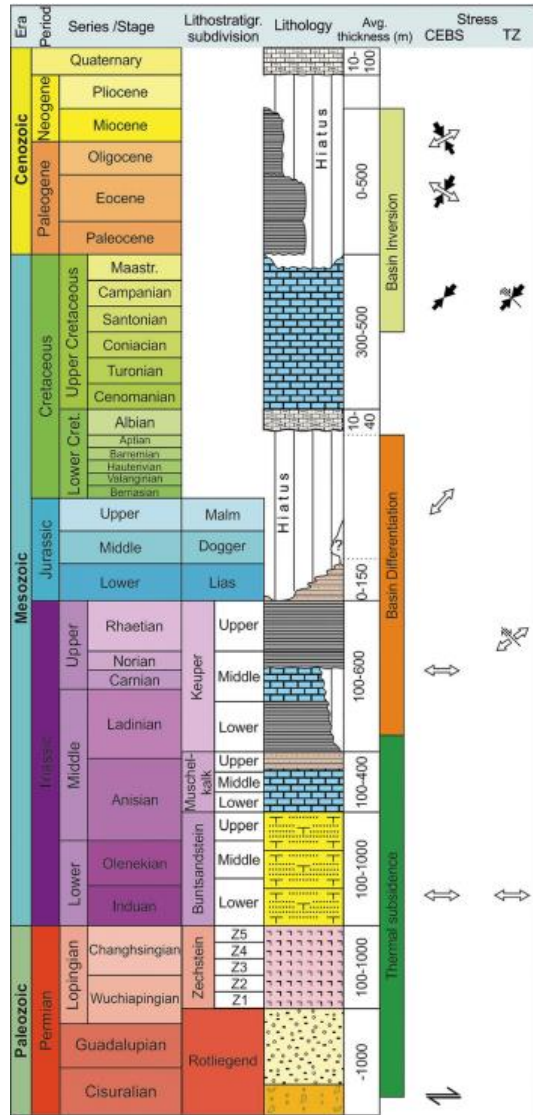
	Perm (Rotliegend)	Perm (Zechstein)	Trias (Buntsandstein)
Klima	Trocken, warm, Polkappen stark vereist	Trocken, warm, Beginn der Polschmelze, Vordringen großer Wassermassen in den Norddeutschen Raum	Trocken, warm, Polkappen eisfrei
Ablagerungsmilieu im Norddeutschen Becken	Terrestrisch: fluviatil, äolisch	Marin, Evaporation	teilw. marin, meist terrestrisch, zum Teil limnisch und fluviatil
Sedimenttypen in Norddeutschland	Klastische Sedimente, tonig, sandig	Evaporite (Kalk, Gips, Anhydrit, Salze)	Klastische Sedimente, später marin (Karbonate und Riffe)
Ereignisse/Lage des Ablagerungsgebietes	Europa befindet sich Nahe des Äquators, Massensterben am Ende des Perms durch vulkanische Aktivitäten über ~ 900.000 Jahre in Sibirien (Sibirischer Trapp)		



Perm



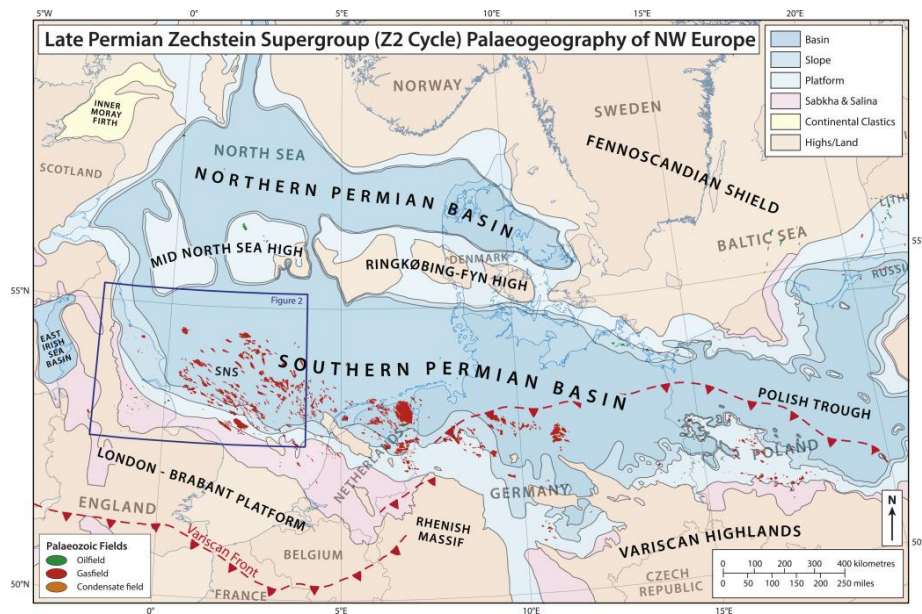
TRIAS vor 200 Millionen Jahren



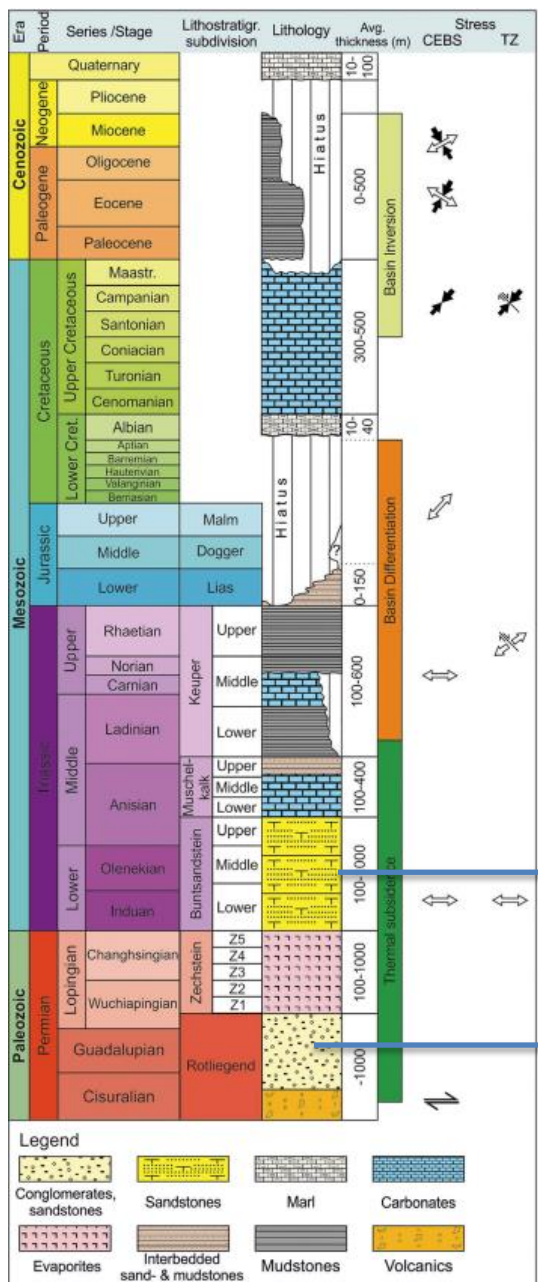
# Geologie des Norddeutschen Beckens



Buntsandsteinformation, Helgoland



Zechsteinmeer am Ende des Perms, Grant et al, 2019



**Potenzielle geothermisch Nutzbare Horizonte** → klastische Sedimente, abgelagert im kontinentalen Milieu, je nach Region unterschiedliche Ablagerungsformen (äolisch, fluviatil,...)  
**Damaliges Klima:** arid, kontinental, Norddeutschland befand sich auf Höhe des Äquators



Rotliegendformation in Bayern

# Von der Idee zum Projekt:

## Ursprüngliche Idee:

Nachnutzung der Bestandsbohrung in Lilienthal mit mehr als 6500 m Tiefe

## Erste Expertengespräche:

Verwerfung der Idee zur Nachnutzung

## Nutzung der geologischen Daten:

Sehr guter Datensatz aus den Bestandsbohrungen soll genutzt werden, um die Machbarkeit von Geothermie in Lilienthal abzuschätzen

## Beauftragung einer Vorstudie:

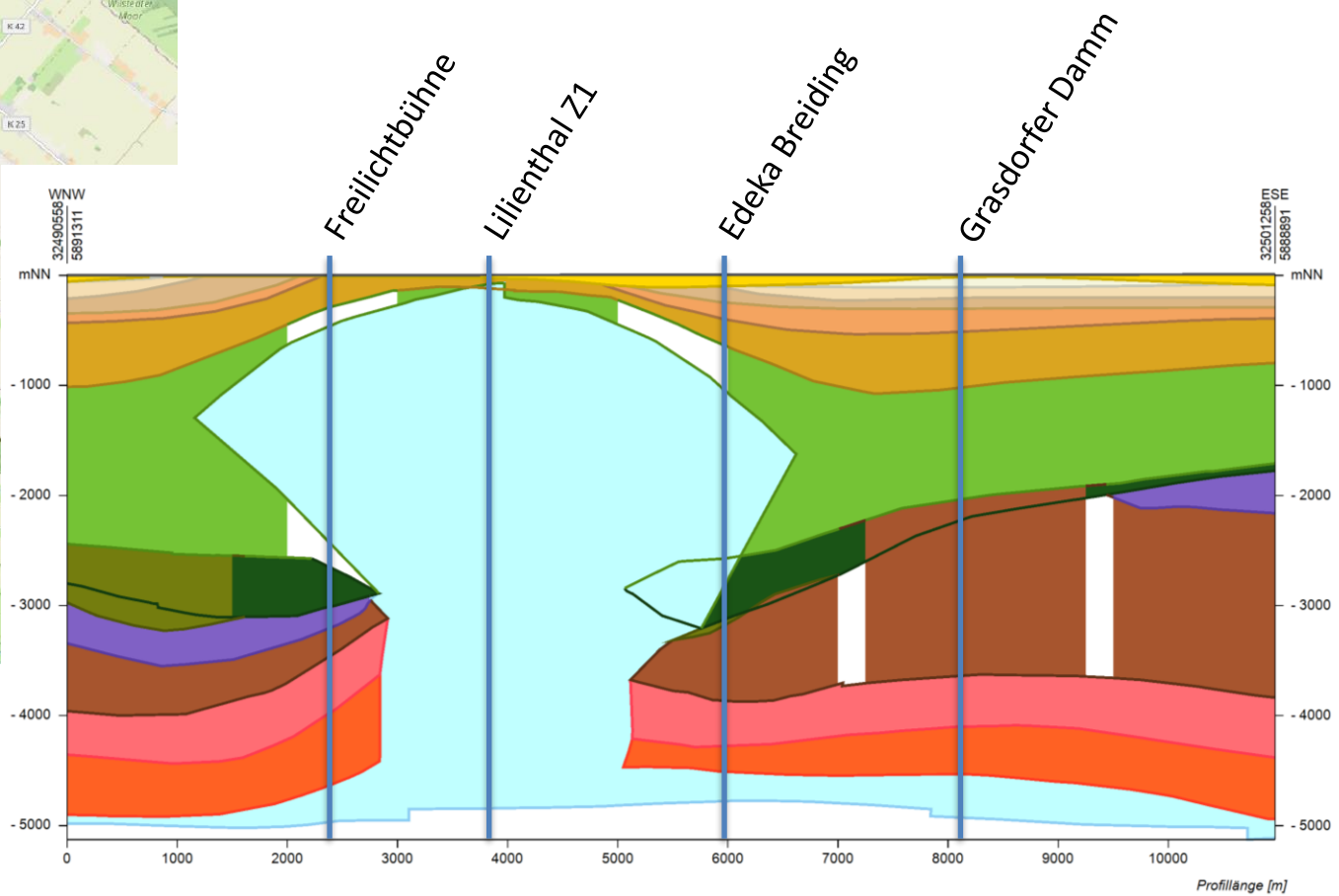
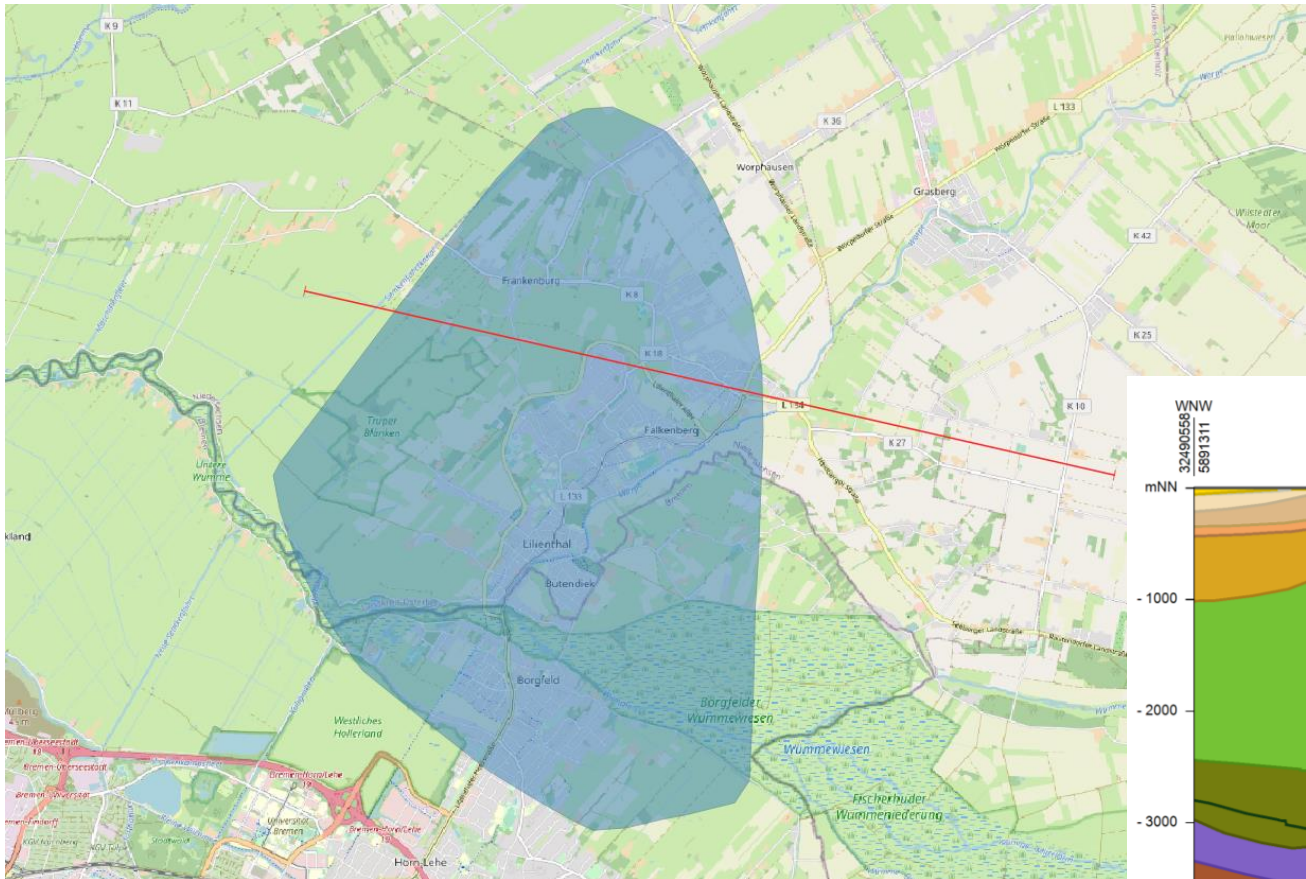
Im Oktober 2023 wurde eine Vorstudie bei neowells in Auftrag gegeben.

## Zukunft:

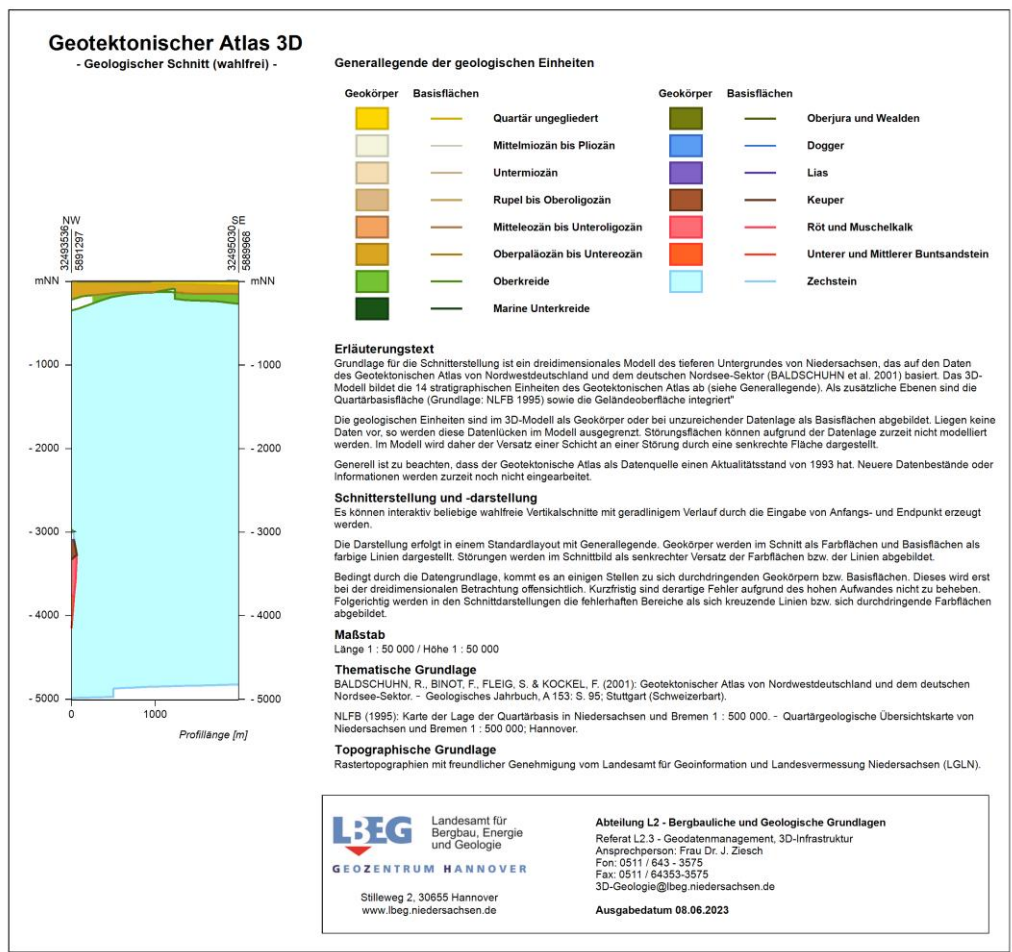
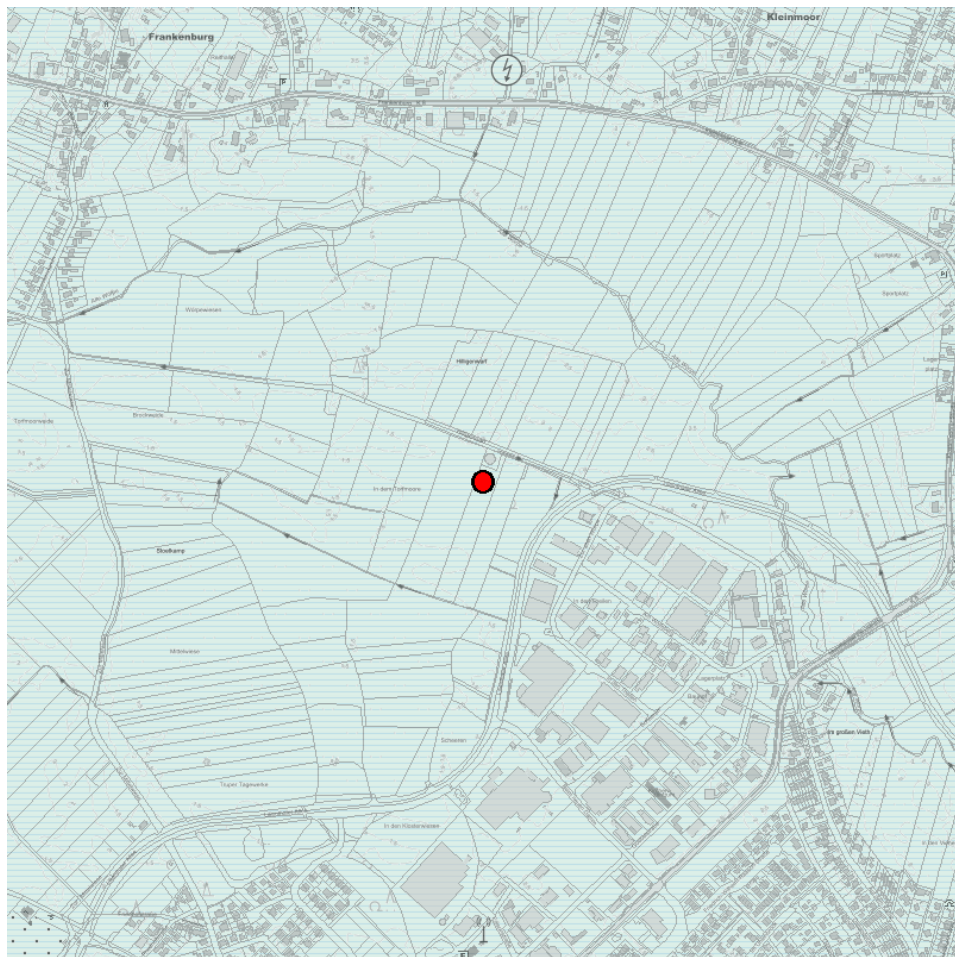
???



# Der Salzstock Lilienthal



# Bestandsbohrungen als Informationsquelle



# Bestandsbohrungen

	Lilienthal Z1	Lilienthal Sued Z1
Jahr der Bohrung	1979-1980	2004
Endteufe [m]	6775,0 m	5400,0 m (5108,7 m unter GOK)
Ziel	Gasförderung	Gasförderung
Zielformation	Rotliegend und Oberkarbon	Hannover Formation (Dethlingen Sandstein)
Zustand der Bohrung	Verrohrt und Verfüllt	Verrohrt und Verfüllt
Porosität [%]	9-11 %	Min: 2,2 % Mittel: 9,9 % Max: 17,7 %
Permeabilität [mDarcy]	Keine Daten	Mittel: 0,09 Max: 17
Wassersättigung im potenziellen geothermischen Nutzhorizont	70-80 % Wassersättigung	Wassergesättigt
Temperatur	189,5 °C (6500 m) (Oberkarbon) >130 °C im Rotliegend (5100 m)	Keine Daten vorhanden

# Nachnutzung von Bohrungen

32 00/00"-Rammrohr : von 0,00m (B) bis 61,50m (B)

18 05/08"-Ankerrohrtour : von 0,00m (B) bis 267,00m (B)  
 zementiert mit : 59,1 m<sup>3</sup> (CEM I 52,5 R (Portlandzement 55F))  
 Spez. Gewicht : 1,60 g/cm<sup>3</sup> (ca.)  
 Zementationsfirma: Halliburton  
 Verrohungsdatum : 26.09.2004

Bemerkung: 10 m<sup>3</sup> Spacer (Wasser SG 1,00 kg/l)  
 56 m<sup>3</sup> Lead Zement (SG 1,60 kg/l)  
 10 m<sup>3</sup> Tail Zement (SG 1,80 kg/l)

13 03/08"-Zwischenrohrtour : von 0,00m (B) bis 1203,50m (B)  
 zementiert mit : 81,0 m<sup>3</sup> (CEM I 52,5 R (Portlandzement 55F))  
 Spez. Gewicht : 1,50 g/cm<sup>3</sup> (ca.)  
 Zementationsfirma: Halliburton  
 Verrohungsdatum : 05.10.2004

Bemerkung: 10 m<sup>3</sup> Spacer (SG 1,12 kg/l)  
 60 m<sup>3</sup> Lead Zement (SG 1,50 kg/l)  
 21 m<sup>3</sup> Tail Zement (SG 1,94 kg/l)

09 05/08"-Zwischenrohrtour : von 0,00m (B) bis 3600,00m (B)  
 zementiert mit : 93,0 m<sup>3</sup> (Class G)  
 Spez. Gewicht : 1,65 g/cm<sup>3</sup> (ca.)  
 Zementationsfirma: Halliburton  
 Verrohungsdatum : 22.10.2004  
 ZK : 917,00 m (nach temperature)  
 Messfirma : Meiko

Bemerkung: 10 m<sup>3</sup> Spacer (Salzwasser)  
 48 m<sup>3</sup> Lead Slurry (SG 1,65 kg/l)  
 45 m<sup>3</sup> Tail Slurry (SG 1,95 kg/l)

07 05/08"-Liner : von 3503,00m (B) bis 5075,00m (B)  
 zementiert mit : 41,0 m<sup>3</sup> (Class G)  
 Spez. Gewicht : 2,03 g/cm<sup>3</sup> (ca.)  
 Zementationsfirma: Halliburton  
 Verrohungsdatum : 09.11.2004

Lilienthal Sued Z1

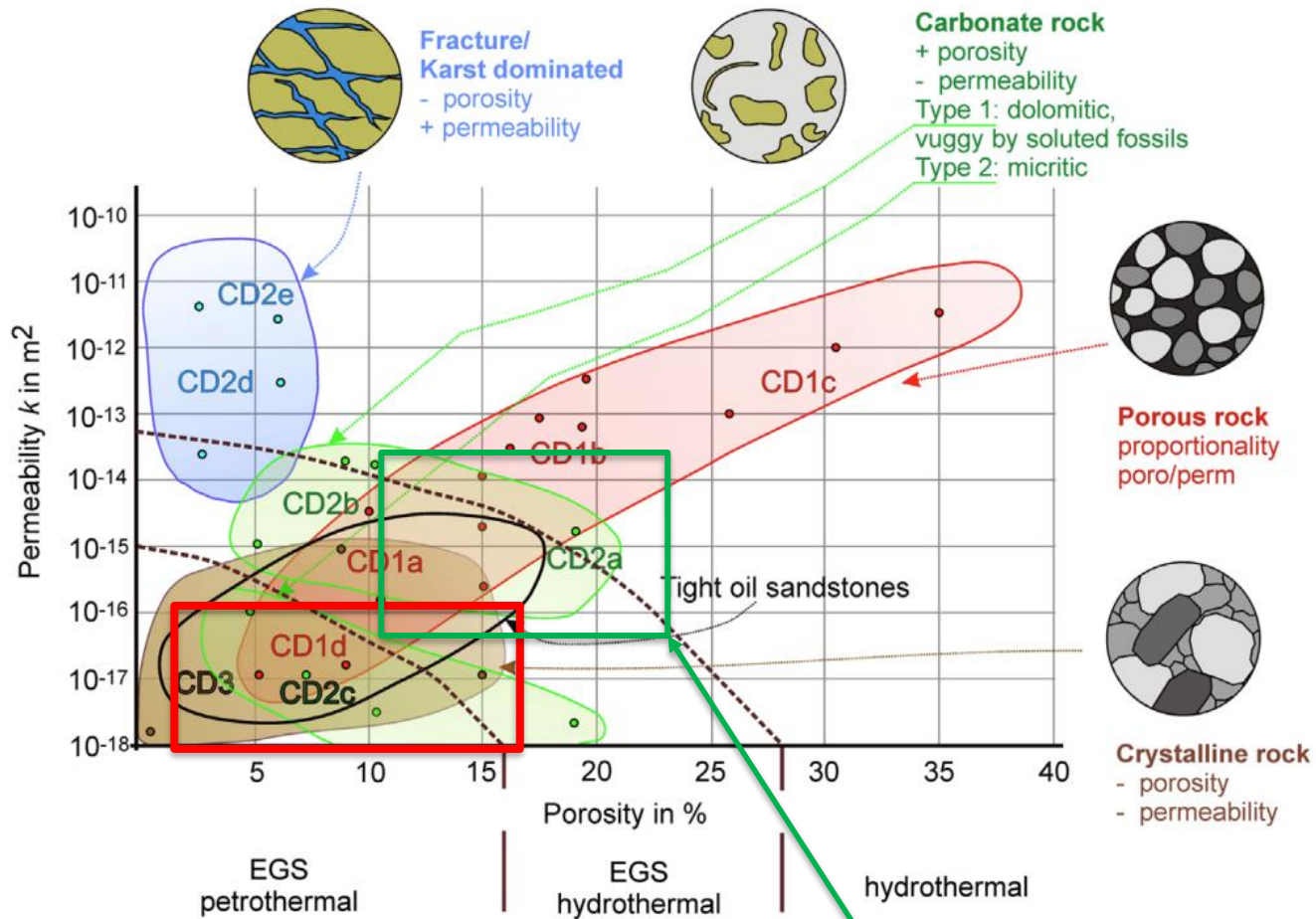
Vorteile	Nachteile (Lilienthal)
bekannte Geologie	komplexe Verrohrung mit mehr als 200 m <sup>3</sup> Zement
keine oder niedrige Bohrkosten	komplett verfüllt
unverfüllte Bohrungen beim LBEG gelistet (Lilienthal nicht gelistet, da verfüllt)	bergrechtlich ungeklärt (Bergschaden, Haftung,...)
	Integrität des Bohrlochs unbekannt

Verrohrung : 30"-Standrohr = 24,0 m gerammt  
 24 1/2"-Rohre = 142,0 m zement. mit 42 t Class G bis zutage  
 18 5/8"-Rohre = 354,3 m zement. mit 39,38 t Class G bis zutage  
 13 3/8"-Rohre = 2503,0 m zement. mit 221,2 t Pz. 80 bis zutage  
 9 5/8"-Rohre = 4870,0 m zement. mit 200 t HMR. ZK: 1820 m  
 7"-Liner von 4765 - 5193,5 m zement. mit 14,6 t HMR. ZK: 5170 m  
 7"-Liner verlängert bis zutage, zement. mit 50,4 t HMR

82616  
 Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung  
 Archiv

Lilienthal Z1

# Bestandsbohrungen Lilienthal – Permeabilität und Porosität als Schlüsselparameter



## Lilienthal Sued\_Z1:

- Wustrow Member, Ebstorf Member und Dethlingen Formation (Rotliegend):
  - Porosität: 2-17,7 %
  - Permeabilität: 0,087 bis 17 mDarcy

**T (5100 m) = ~ 130 °C**

Schätzungen für den Bundsandstein mit T ~ 110 °C

# Möglicher Nutzbarer Horizont auf 5100 m im Rotliegenden

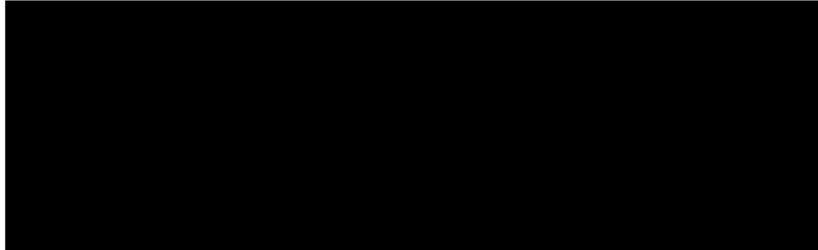
2. Kern von (5078 - 5087 m), Gewinn 9,15 m

Sandstein, mittelrotbraun, stellenweise rotgrau, wechselnd fein- bis grobkörnig, Korngrößen um 0,16 - 1,2 mm; bis 5084,9 m wechselnd mäßig bis schlecht sortiert, darunter etwas gleichkörniger, mäßig sortiert; Gesamtkern ziemlich karbonatisch, stellenweise schwach anhydritisch, mit einzelnen Anhydriteinschlüssen bis 2 cm Ø. Im Kornbestand

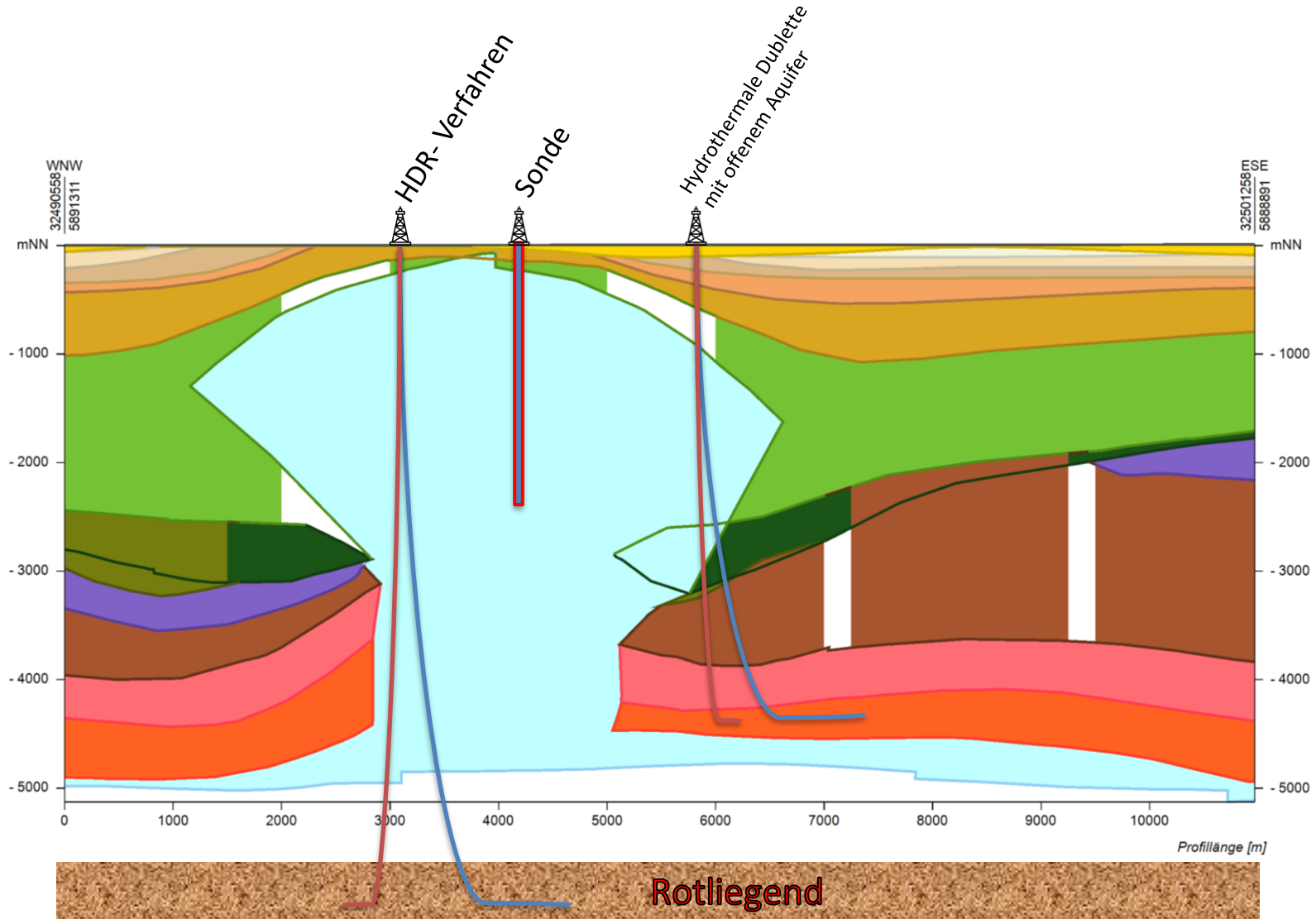
viele dunkle Gemengteile und relativ wenig kaolinische Feldspäte als Porezement. Gestein wechselnd fest bis mürbe, größtenteils gut absandend (zerreibbar), gelegentlich offene Porenzwickel. Schichtung an Korngrößenwechsel und mm-dünnen, oft unregelmäßig versetzten Tonhäutchen bzw. -schlieren erkennbar.

Einfallen flach, vereinzelt (lagenweise) Schrägschichtung - 20°.

Gasanzeigen:



# Techniken zur Nutzung tiefer Geothermie



# Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Verfahren

	Sonde	Hydrothermale Dublette	HDR-Verfahren
Potenzieller Zielhorizont	Zechstein (Salzdiapir)	Mittlerer Bundsandstein	Rotliegend
Teufe [m]	<2500 m	3500 – 5000 m	5500 m +
Anzahl Bohrungen	1	2	2
Zieltemperatur	<70 °C	~ 110 °C	> 130 °C
Energieausbeute (Annahme)	< 1MW	>5 MW + evtl. Verstromung	> 40 MW zzgl. Verstromung
Vor- und Nachteile	Niedrige Energieausbeute bei ähnlichen Explorationskosten, geringe Bohrkosten	Fündigkeit nur gegeben bei vorhandemem Aquifer, ansonsten auch Stimulation, hohes Fündigkeitsrisiko, keine Informationen zu Porositäten und Permeabilitäten im Zielgebiet, sehr hohe Investitionskosten	Stimulation erforderlich, hohe Temperaturen, Verstromung möglich, hohe Grundlast, sehr hohe Investitionskosten

# Probleme und potentielle Gefahren - Verbreitung von Sulfatgesteinen



## Sedimente des Deckgebirges

Maastricht (min. 100 m) überdeckt das gesamte Salzstock-Dach, randlich Campan. Darüber, nach Schichtlücke, tief erodiertes Oberpaläozän und Untereozän (min. 75 m), darüber randlich transgressives Mitteloligozän und Untermiozän, im Kulminationsbereich Quartär (Lilienthal Z 1: 30 m q) direkt dem Untereozän auflagernd.

## Caprock

9 m dolomitischer Kalkstein, darunter 103 m Anhydrit (Lilienthal Z 1)

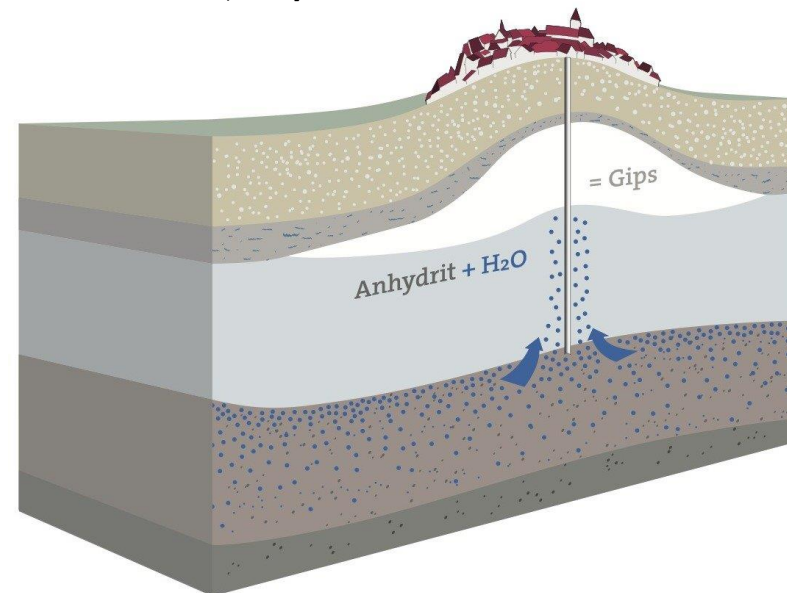
## Innentektonik

Lilienthal Z1 durchörterte den gesamten Salzstock und traf den Zechstein in normaler Ausbildung an. Mangels orientierter Kerne sind keine Angaben über die Innentektonik möglich.

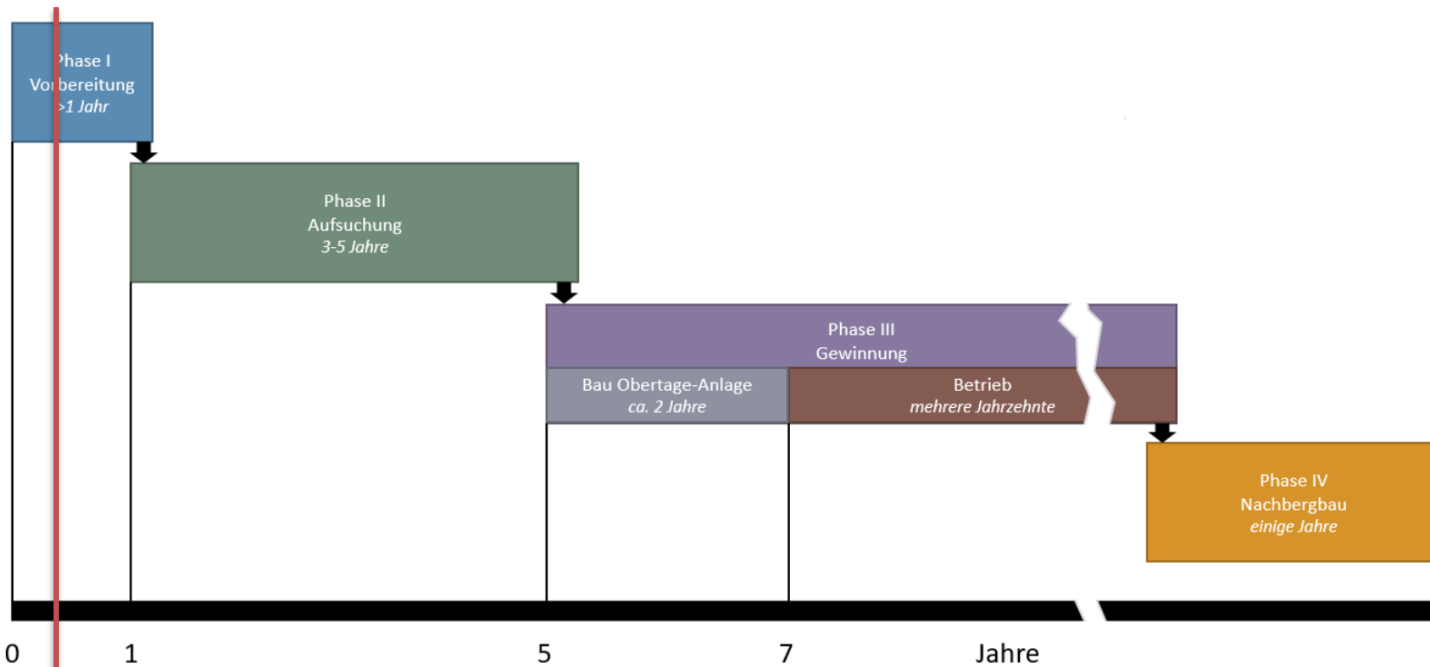
## Flanken, Überhänge, Kissenfüße, Satzkeile

Flanken ab 2000 m Tiefe konvergierend. Allseitig Überhänge im Campan und Maastricht, bis 2 km breit und max. 1200 m mächtig (im Bereich der Bohrung Lilienthal 1: >549 m); Kissenfuß (max. 900 m) nur im südlichen Abschnitt der NW-Flanke. Satzkeile wurden nicht beobachtet.

[Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands, Untersuchung und Bewertung von Salzformationen, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 1995]



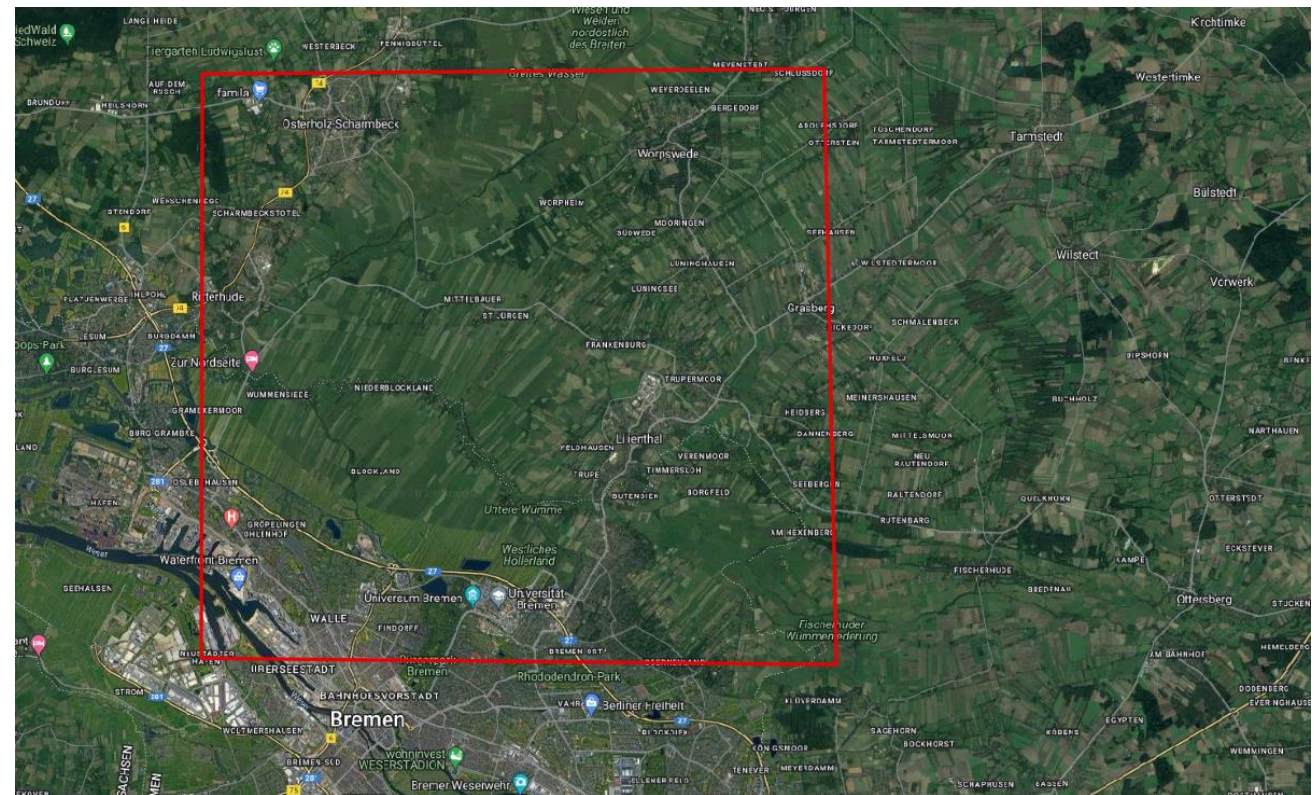
# Ausblick – Zeitrahmen und Leitfaden des BVEG



Vorgangsname	Dauer	Detailed Gantt Chart
PHASE 1 - Vorbereitung	335 Tage	
Allg. Interesse	150 Tage	
Projektidee	105 Tage	
Vorstudien	170 Tage	
Beginn einer kontinuierlichen Öffentlichkeitsarbeit	80 Tage	
PHASE 2 - Aufsuchung	1020 Tage	

# Ausblick - Vorstudie

- Vorstudie beauftragt: Ergebnisse werden bis Q1/24 für den Großraum Lilienthal erwartet
  - Ermittlung der geologischen Verhältnisse
    - Auswertung bestehender seismischer Daten und Bohrlochinformationen
  - Ermittlung und Bewertung möglicher Reservoirhorizonte
  - Potenzielle Bohrlokationen
    - Vor-Ort-Analyse
    - Ausschlusskriterien definieren
  - Ermittlung des Wärmebedarfs und mögl. Abnehmer
    - ~ 6000 Gebäude in Lilienthal (Kerngebiet)
    - Gewerbe und Industrie als Großabnehmer
    - Verstromung
  - Kostenschätzung und Zeitplan





reon

Zur alten Wörpe 6  
28865 Lilienthal

+49 4298 69915-0

[www.reon-ag.com](http://www.reon-ag.com)