

## Projekt und Ergebnisse der Forschungsbohrung Frankfurt-Rebstock



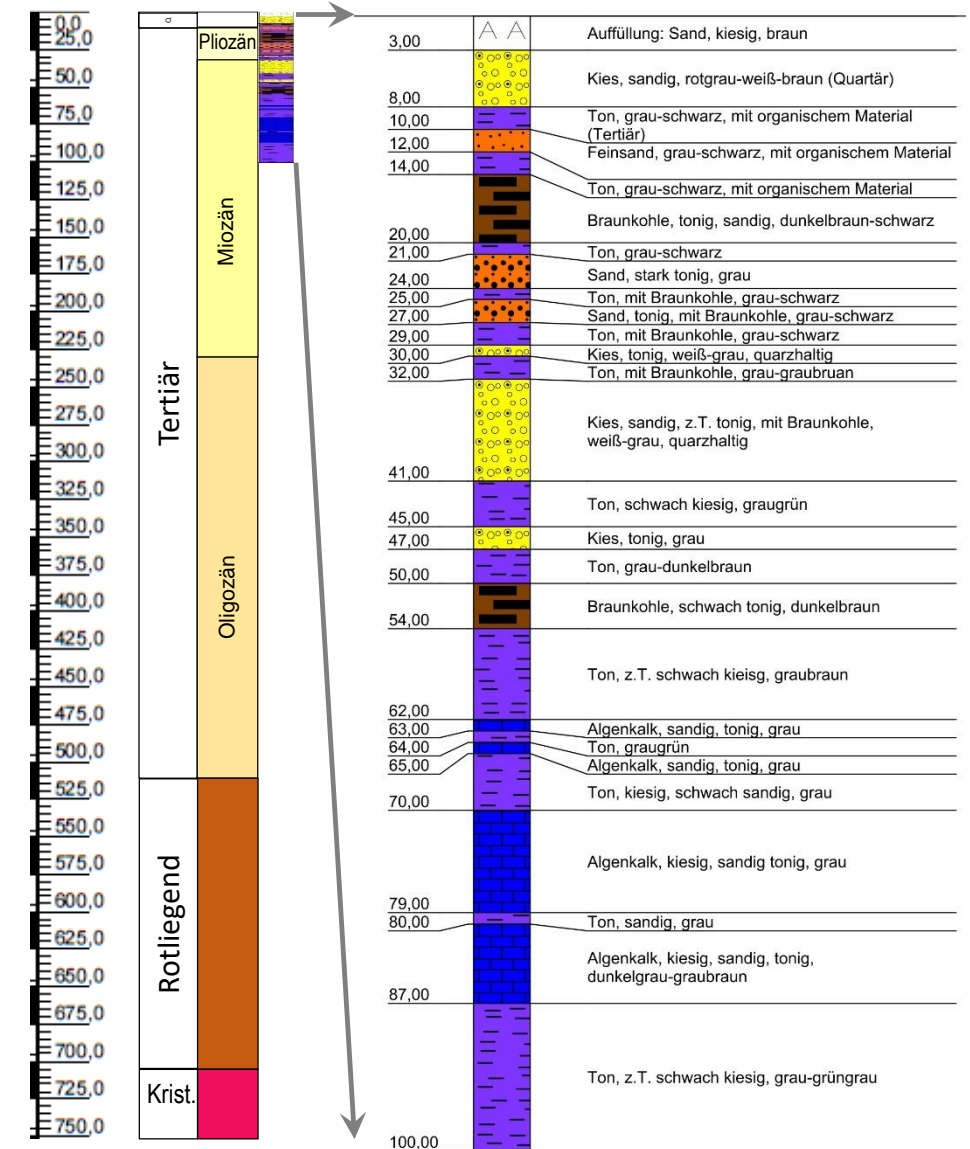
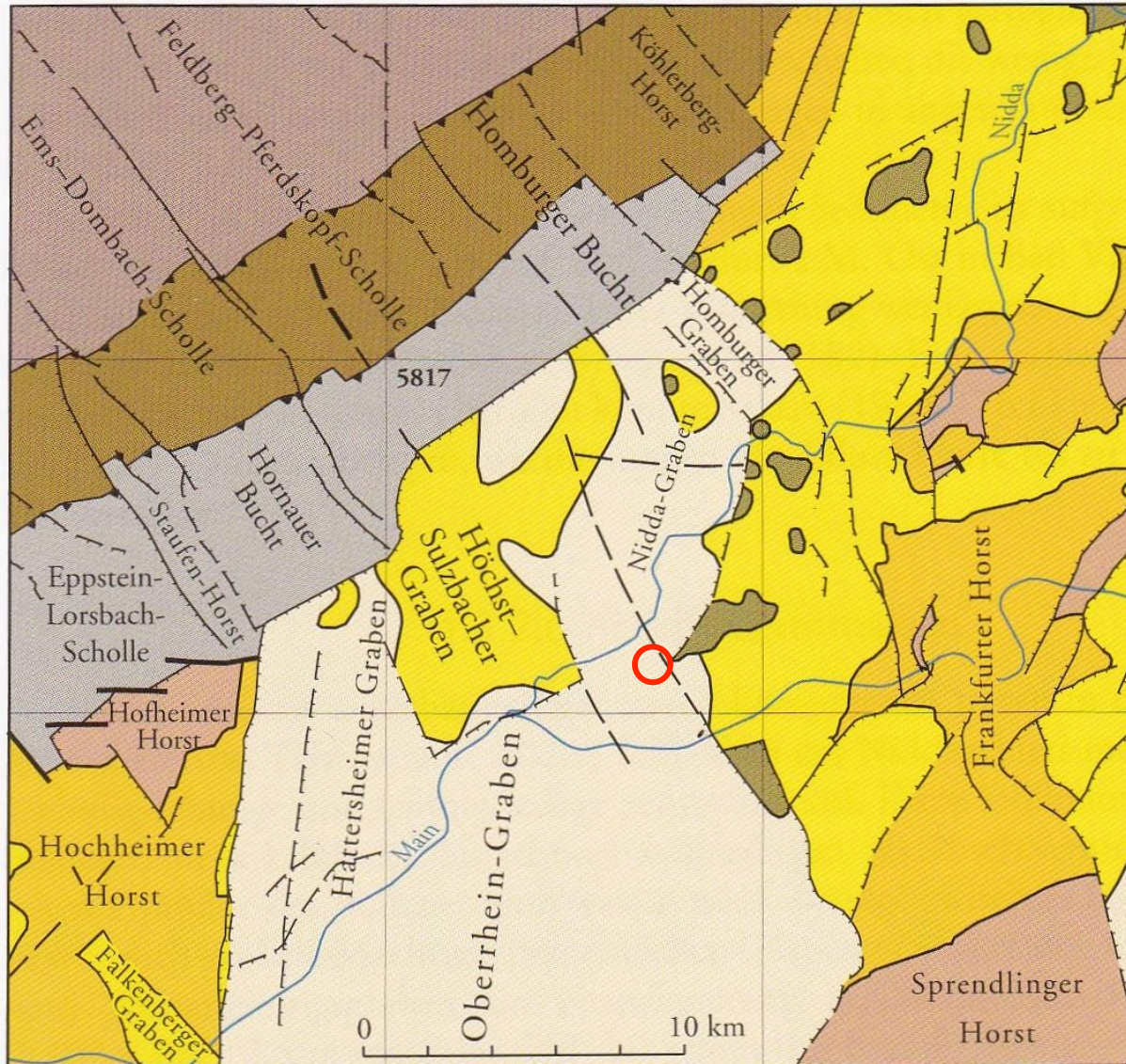
© Digitalat/Heibel

Dr. Sven Rumohr,  
Dr. Johann-Gerhard Fritsche, Jan Marx, Dr. Nicola Hug-Diegel



# Ausgangslage

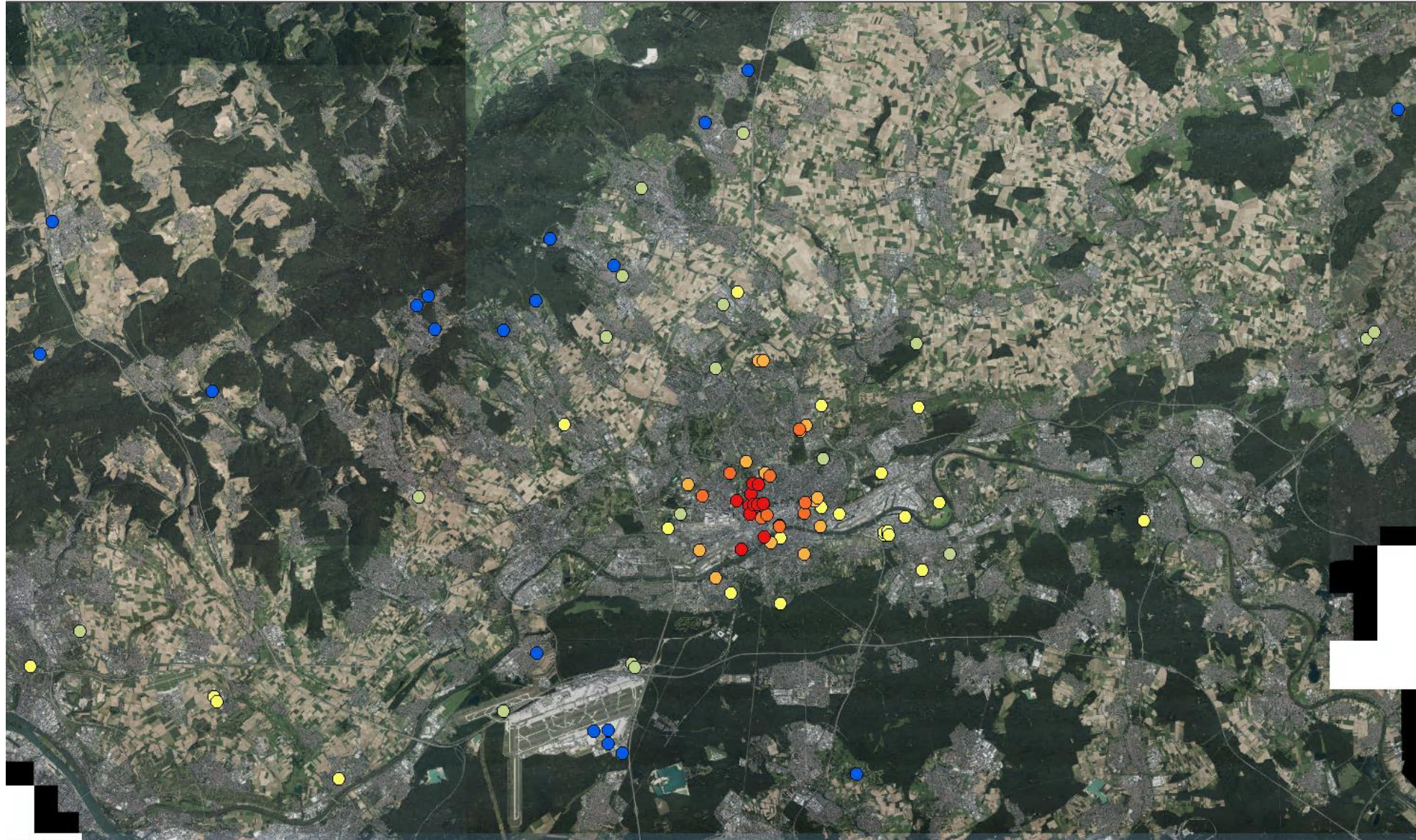
## Geologische Situation; Standardprofil Stadtzentrum Frankfurt und Profil EWS-Bohrung Rebstockbad





# Ausgangslage

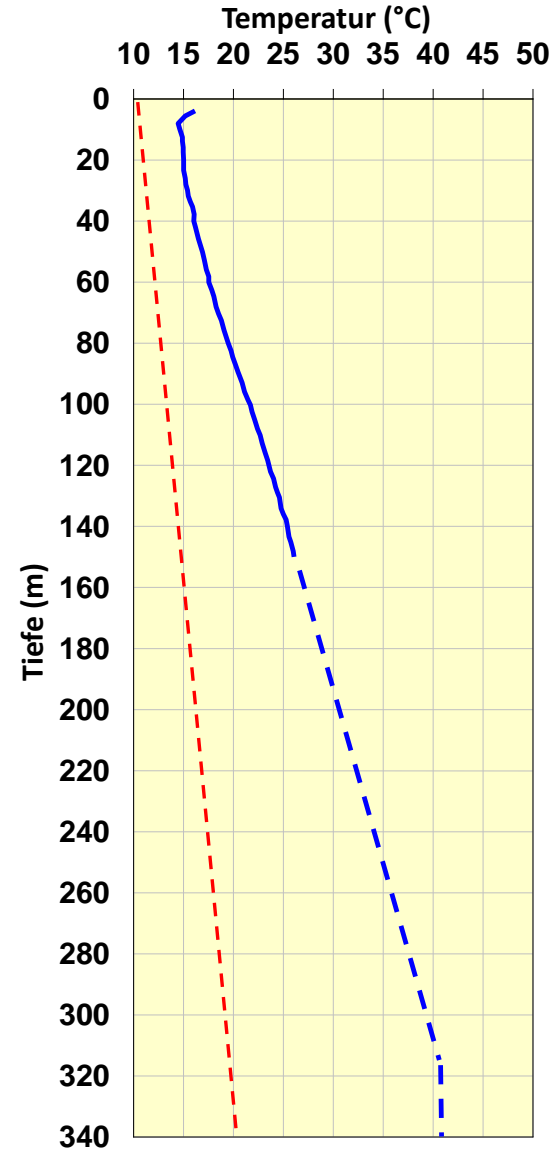
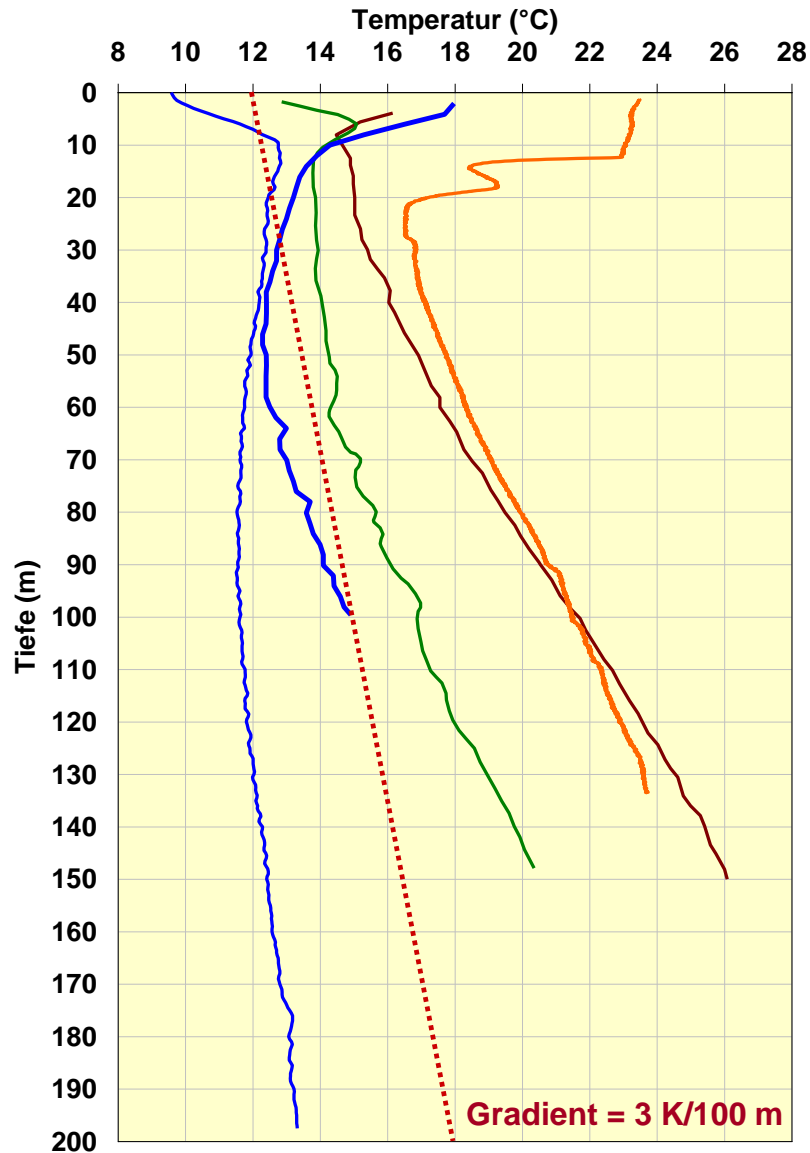
Existenz einer oberflächennahen geothermischen Anomalie im zentralen Stadtgebiet





# Ausgangslage

## Temperaturdaten sowie Annahme zur Temperatur in größerer Tiefe im zentralen Bereich der Anomalie



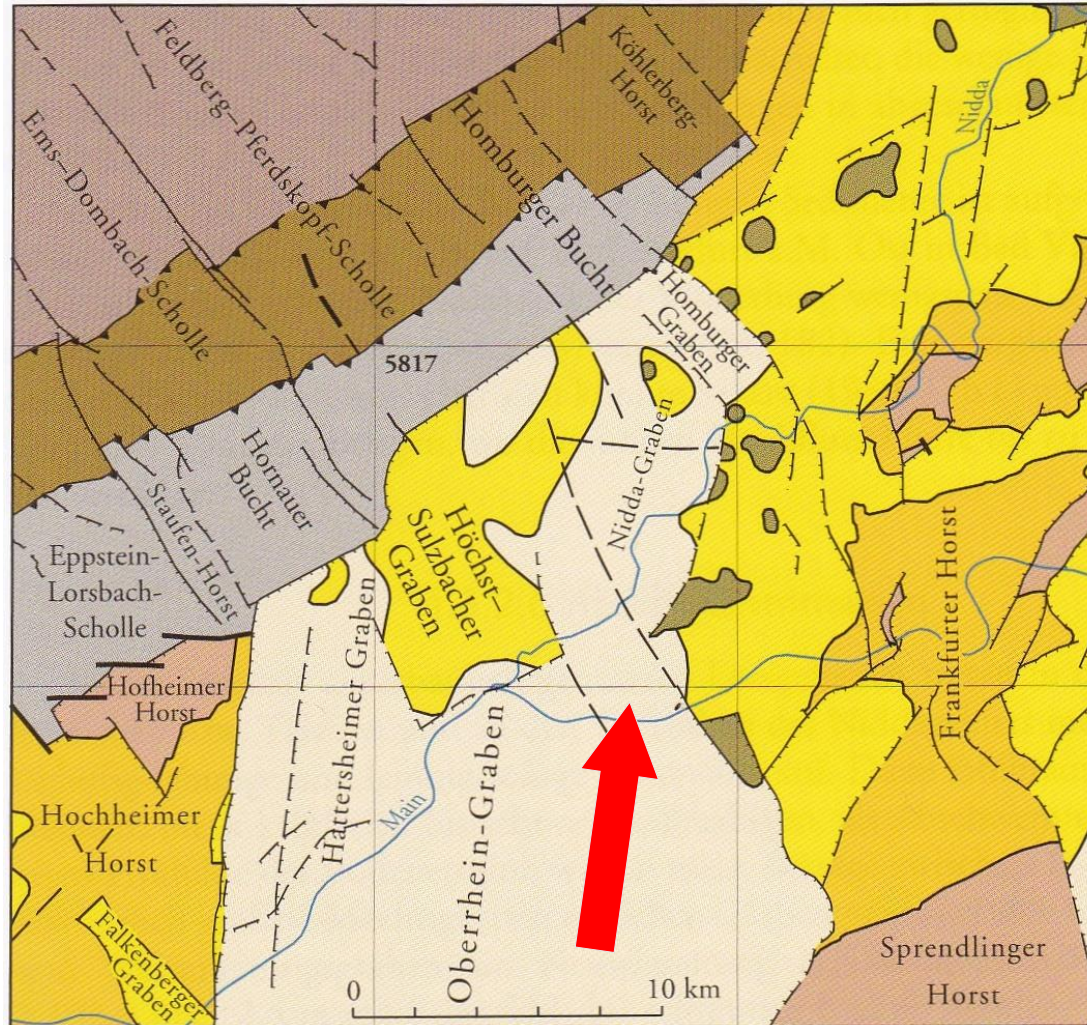
Vorprofil

Gradient = 9 K / 100 m  
(50 m – 150 m)

$T_{320m} \approx 40^\circ \text{C}$   
 $Q_{50/150m} \approx 120 \text{ mW/m}^2$

# Ausgangslage

## Hypothese zur Entstehung der Anomalie

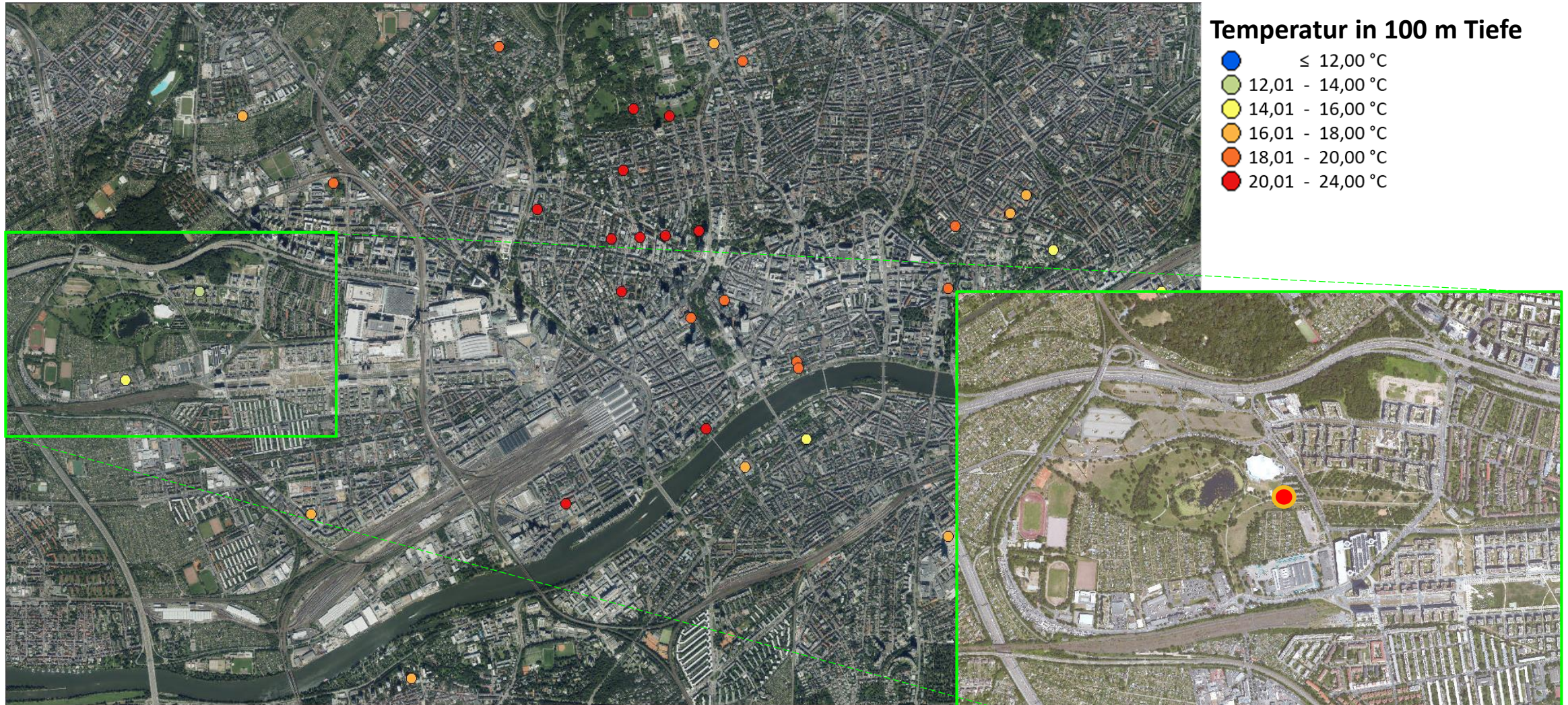


- > Thermalwasser strömt im Rotliegenden aus dem Bereich des Oberrheingrabens entlang von Störungen in den Bereich des Innenstadtgebietes von Frankfurt am Main.
- > Das Thermalwasser ist ursächlich für die hohen Temperaturen und einen ungewöhnlich hohen geothermischen Wärmestrom in der Überdeckung des Rotliegenden.
- > Die Temperatur im Rotliegenden beträgt über 40 °C.



# Ausgangslage

## Ziel der Forschungsbohrung und Wahl des Bohrstandortes

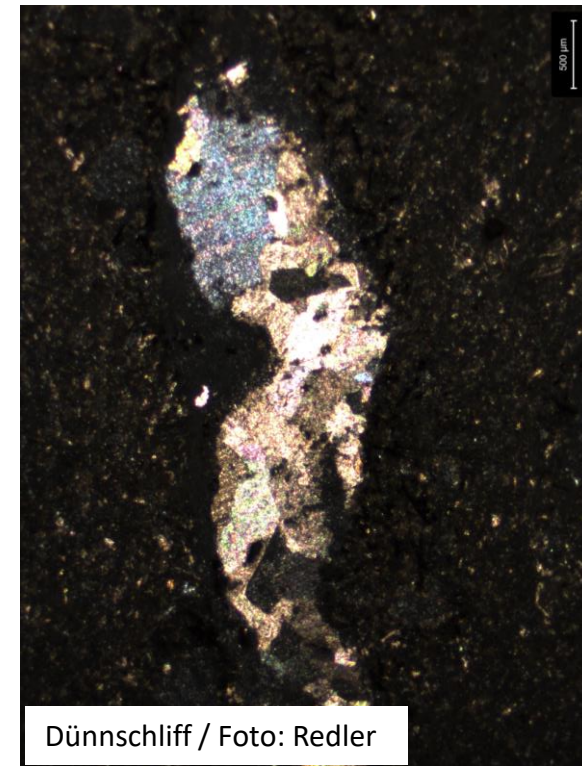




# Ergebnisse

Die Vor-Ort-Arbeiten (Bohrarbeiten, Probenahmen, Bohrlochtests) wurden in der zweiten August-Woche beendet. Es konnten noch nicht alle Untersuchungen und Auswertungen abgeschlossen werden.

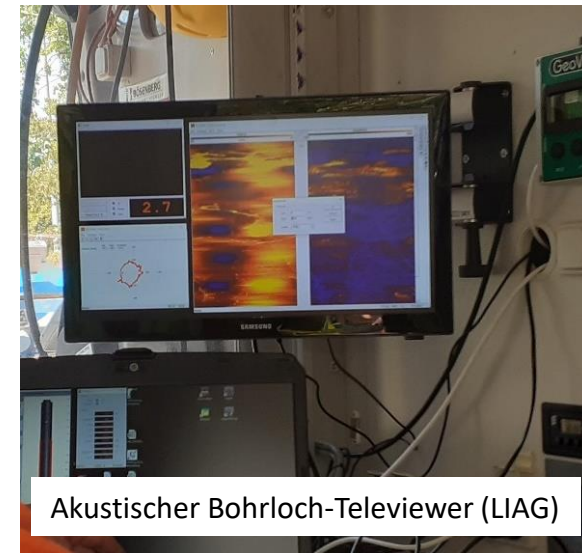
➤ **Es liegen noch nicht alle Ergebnisse vor!**



Dünnschliff / Foto: Redler

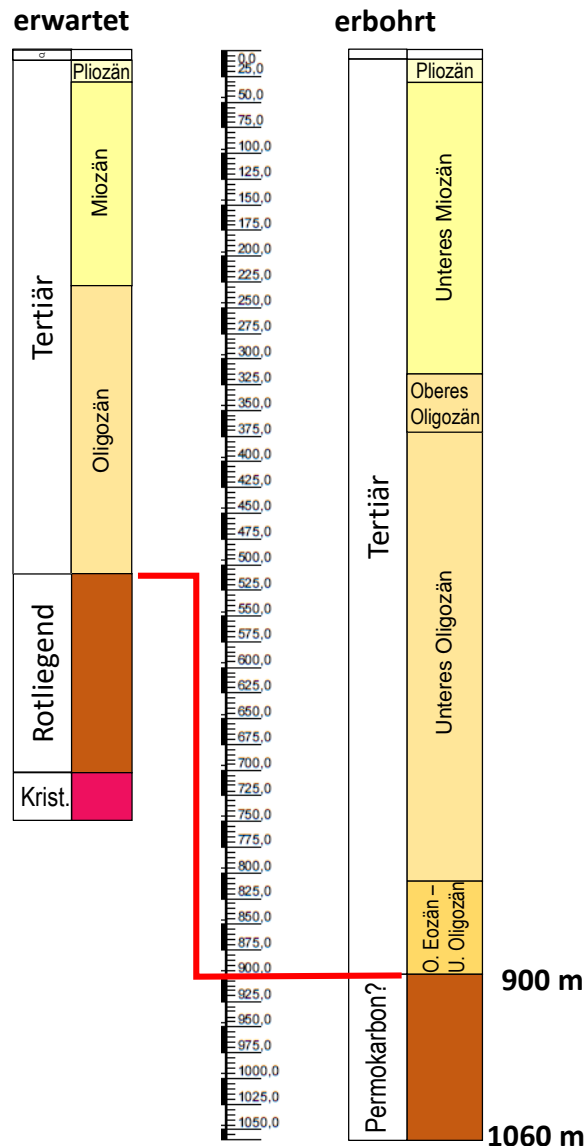


„Käfig“ für Messsonde



Akustischer Bohrloch-Televier (LIAG)

# Geologische Situation

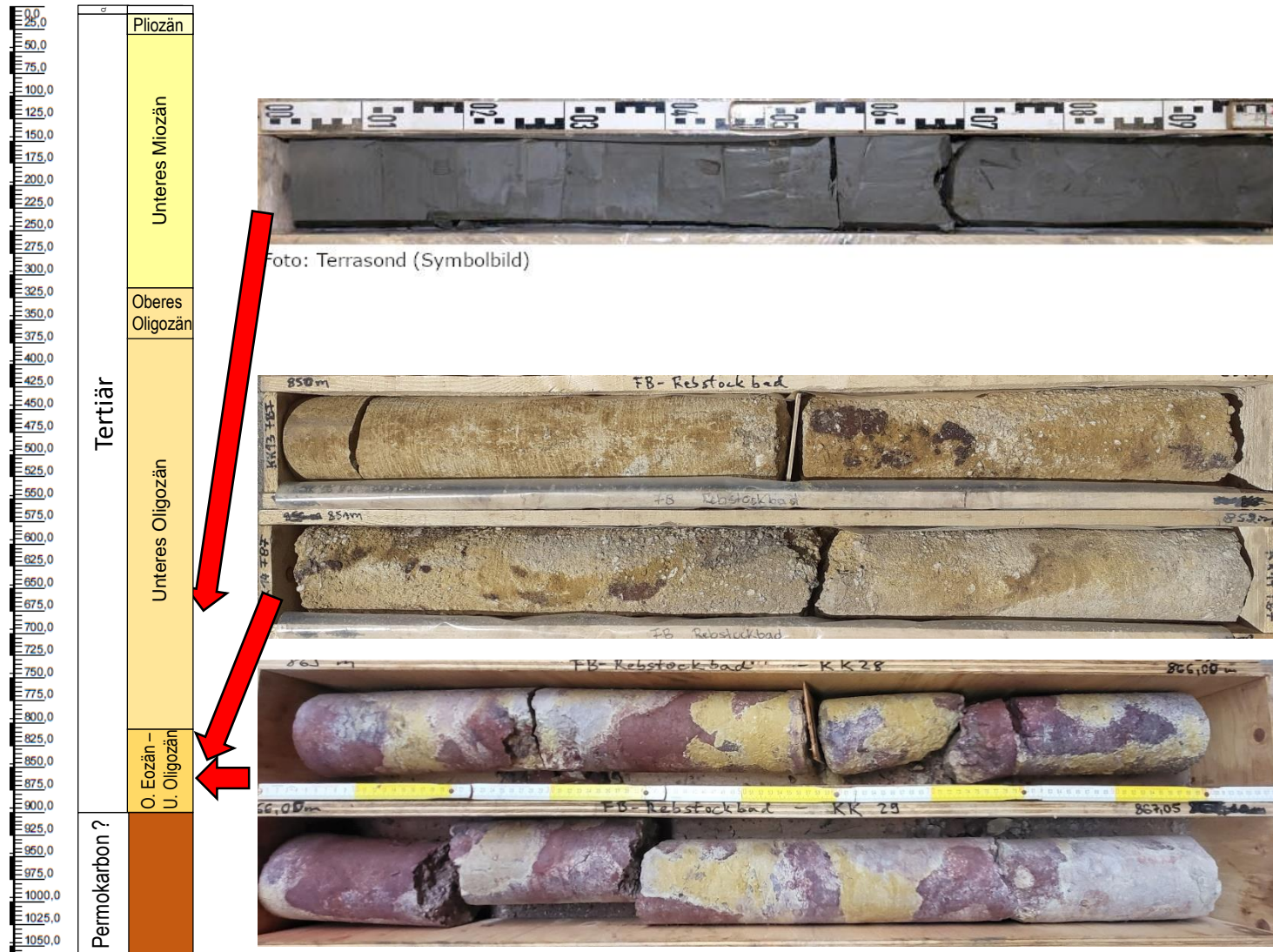


- fast 400 m größere **Mächtigkeit des Tertiärs** als erwartet
  - Auftreten der **Pechelbronn-Schichten** (in Frankfurt in der Regel nicht abgelagert)
- Grund: Bohrpunkt liegt westlich einer großen Abschiebung im **Ober rheingraben**
- Auftreten grauer Sedimente des **Permokarbon** (?)
  - evtl. größere Ausdehnung des permokarbonzeitlichen **Saar-Nahe-Beckens** als bisher bekannt



# Geologische Situation

## Tertiär-Gesteine



- **dunkle Mergeltone:** (Bodenheim-Formation) ➤ Meeresarm (küstenfern)

- **Brekzien, Sande, Schluffe und Tone:** (Untere Pechelbronn-Schichten) ➤ Flüsse & Seen

- **starke (Rot-)Färbung:** (Untere Pechelbronn-Schichten) ➤ intensive Bodenbildung



# Geologische Situation

## Gesteine des Permokarbon ?

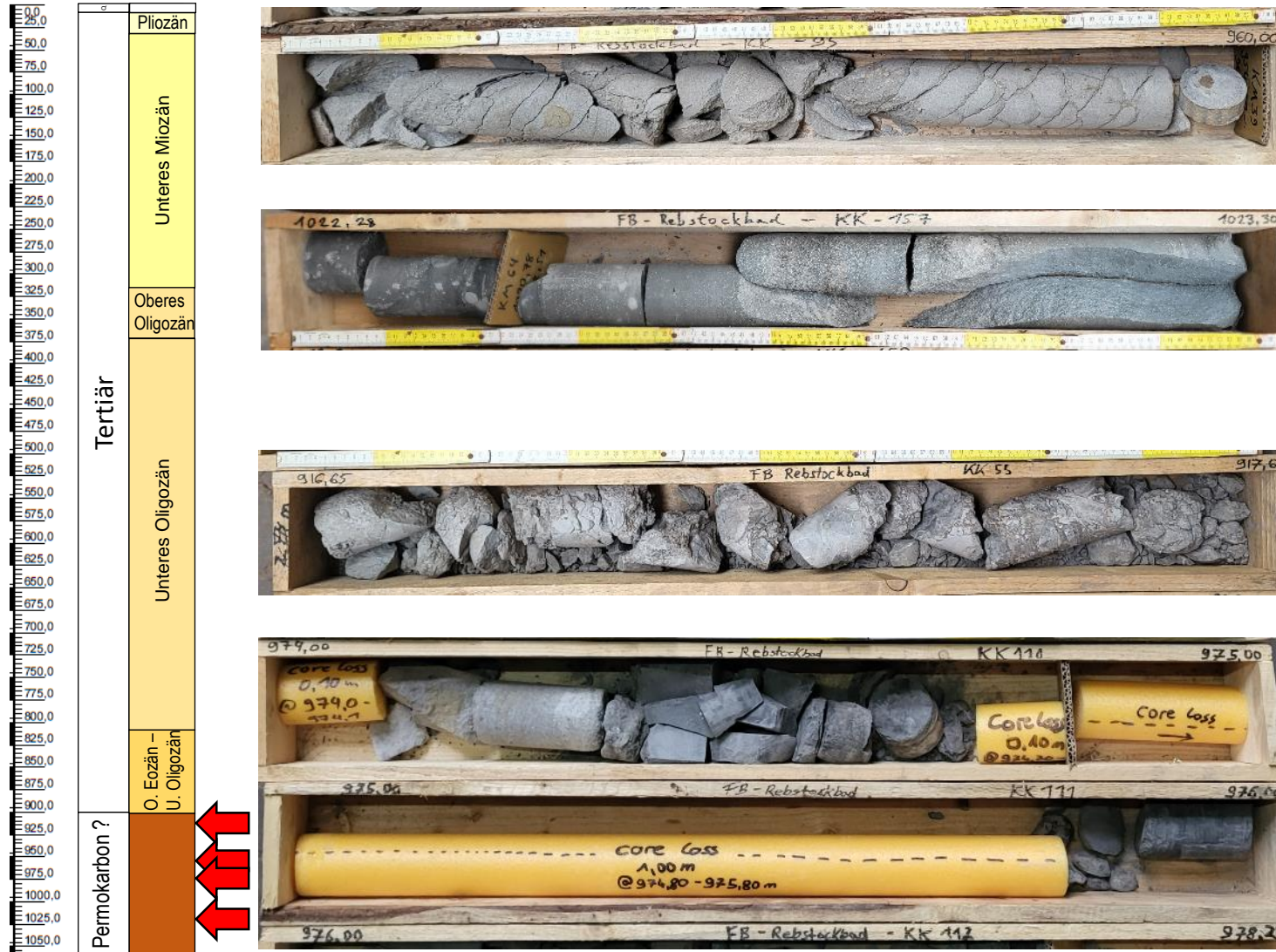


- **Sandsteine:**
  - Flüsse
  - grau, fest,
  - z. T. geröllführend
- **Tonsteine:**
  - Seen
  - schwarz und dunkelgrau,
  - z. T. kohlig
- einzelne **Vulkanit-Lagen**
  - Lavaströme / vulkanische Tuffe
- erst unterhalb 1001 m
  - Flüsse
  - einige rotbraune Schichten



# Geologische Situation

## Gesteine des Permokarbon ?



- **Klüftung**

- **Störungsgefüge:**  
Bewegungsbahnen, Harnische, zerbrochenes Gestein (Brekzien), Kernverluste, Spülungsverluste



# Bohr- und Georisiken

## Vermutete Risiken

- Nicht standfestes Gebirge
- Gasvorkommen
- Arteser

## Beobachtungen

- Wiederholtes Verstürzen des offenen Bohrlochabschnittes bei etwa 930 m unter GOK
- Detektion von (biogenem) Methangas bei rd. 175 m Tiefe mit 65 % UEG
- Keine artesischen Druckverhältnisse

## Einschätzung

Die genannten Risiken sind i. d. R. gut beherrschbar. Probleme bei der Forschungsbohrung mit nicht standfestem Gebirge sind dem kleinen Bohrdurchmesser ab 900 m Tiefe geschuldet.



Verstopfter Meißel nach Check Trip, 07.08.2023, Fotos: Beermann, Fa. Daldrup



Gas-Kontrolle während der Pumpversuche



# Ergebnisse anschließender Tests zu berücksichtigende Beeinflussungen

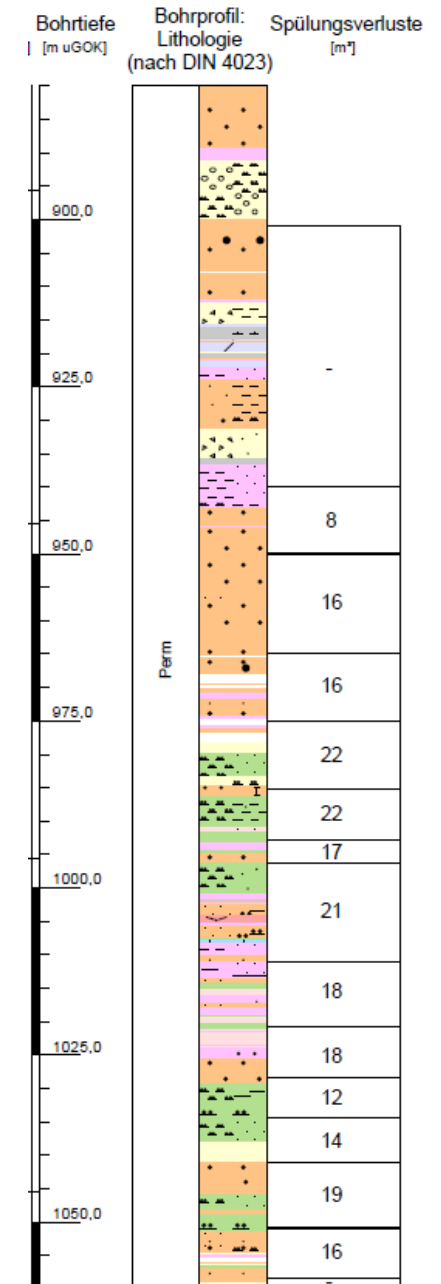
## Beschwerung der Bohrspülung mit Salz



## Spülen und Zirkulieren der Bohrspülung

Tag	Stand, Maßnahme etc.
03.08.	Drehend <b>spülend</b> eingebaut von 895 m bis 928 m; Aufstand bei 928 m; Drehend <b>spülend</b> eingebaut von 928 m bis 1002 m
04.08.	<b>Spülend</b> drehend eingebaut von 939 m bis 967 m; <b>Zirkulieren</b> ; <b>Spülend</b> drehend eingebaut von 958 m bis 1005 m; <b>Zirkulieren</b>
05.08.	Ausbau Bohrstrang von 939 m bis 920 m, Einbau drehend <b>spülend</b> von 920 m bis 948 m
06.08.	Aufnehmen Oddesse Pumpe. Montage Drucksonden. Einbau Pumpe von GOK bis 200 m.
07.08.	<b>Pumpversuch</b>

## Bohrspülungsverluste



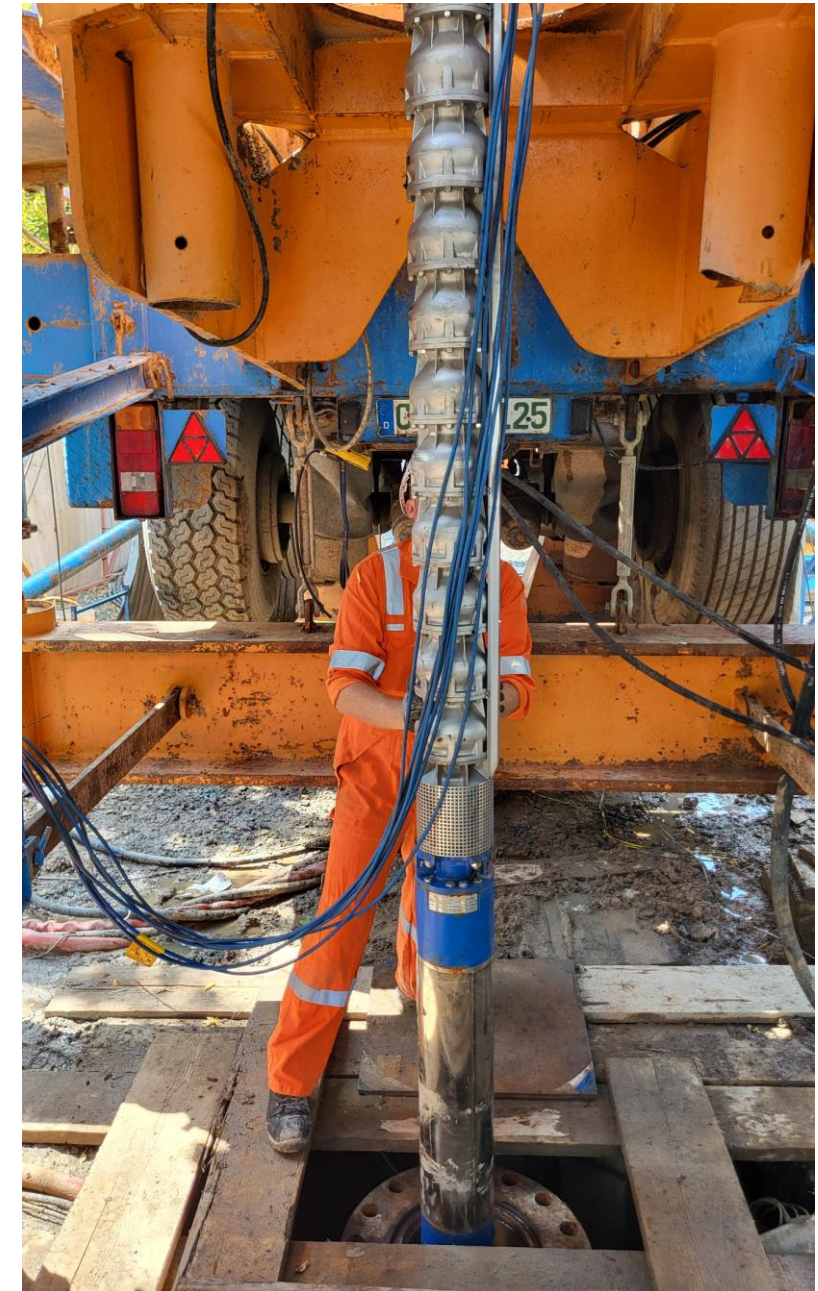


# Pumpversuche

## Durchführung von vier Pumpversuchen (PV)

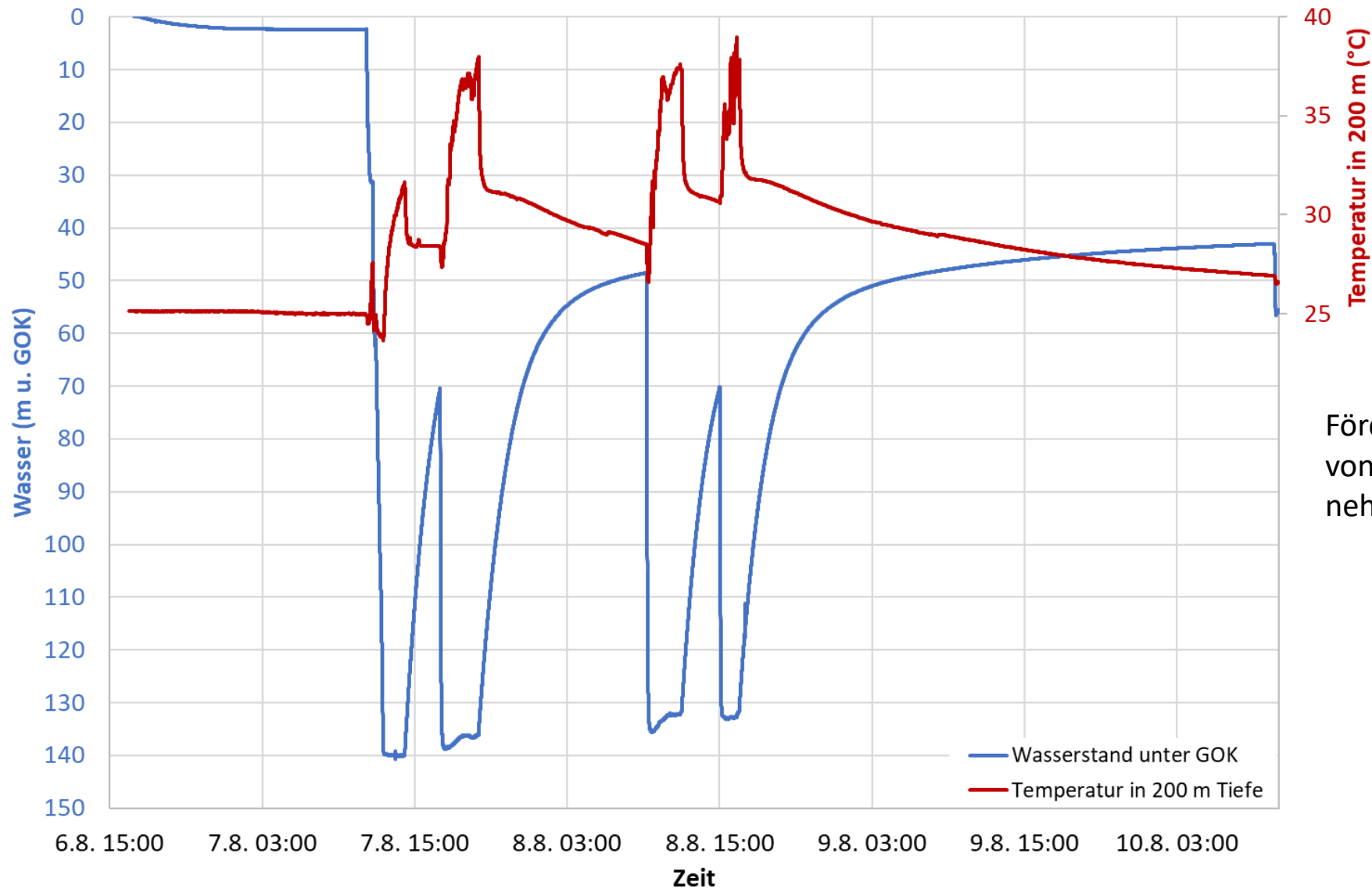
- PV 1 14.07. – 15.07.2023 (Airlift; Einblastiefe: 200 m)**  
PV diene insbesondere dem Austrag beschwerter Spülung
- PV 2 18.07.2023 (Tauchpumpe)**  
Förderrate extrem schwankend (2 – 12 l/s)  
Pumpendefekt nach rd. 30 Minuten
- PV 3 31.07. – 01.08.2023 (Airlift; Einblastiefe: 200 m)**  
Förderrate < 0,5 l/s
- PV 4 07.08. – 08.08.2023 (Tauchpumpe)**  
Förderrate schwankend (0,1 – 2 l/s)  
Pumpendefekt nach rd. 30 Stunden

Die Beobachtungen der PV 1, 3 + 4 werden als Hinweis auf eine schlechte hydraulische Anbindung der verrohrten an die offene Bohrlochstrecke interpretiert.  
Als Ursache hierfür werden Bohrlochwandinbrüche bei rd. 930 m gesehen.





# Pumpversuch 7.8. - 8.8.2023



Förderrate ab Beginn jeder Pumpphase von max. 3 l/s auf unter 0,1 l/s stark abnehmend ( $\bar{\phi} = 0,7$  l/s).

## Grobe Abschätzung $k_f$ -Wert

Wasserzutritt: 900 m – 930 m

Absenkung: 105 m

Förderrate: 0,7 l/s

**$k_f$ -Wert:  $2 \cdot 10^{-7}$  m/s**



## Beschaffenheit des Grundwassers in der Rotliegend-Folge

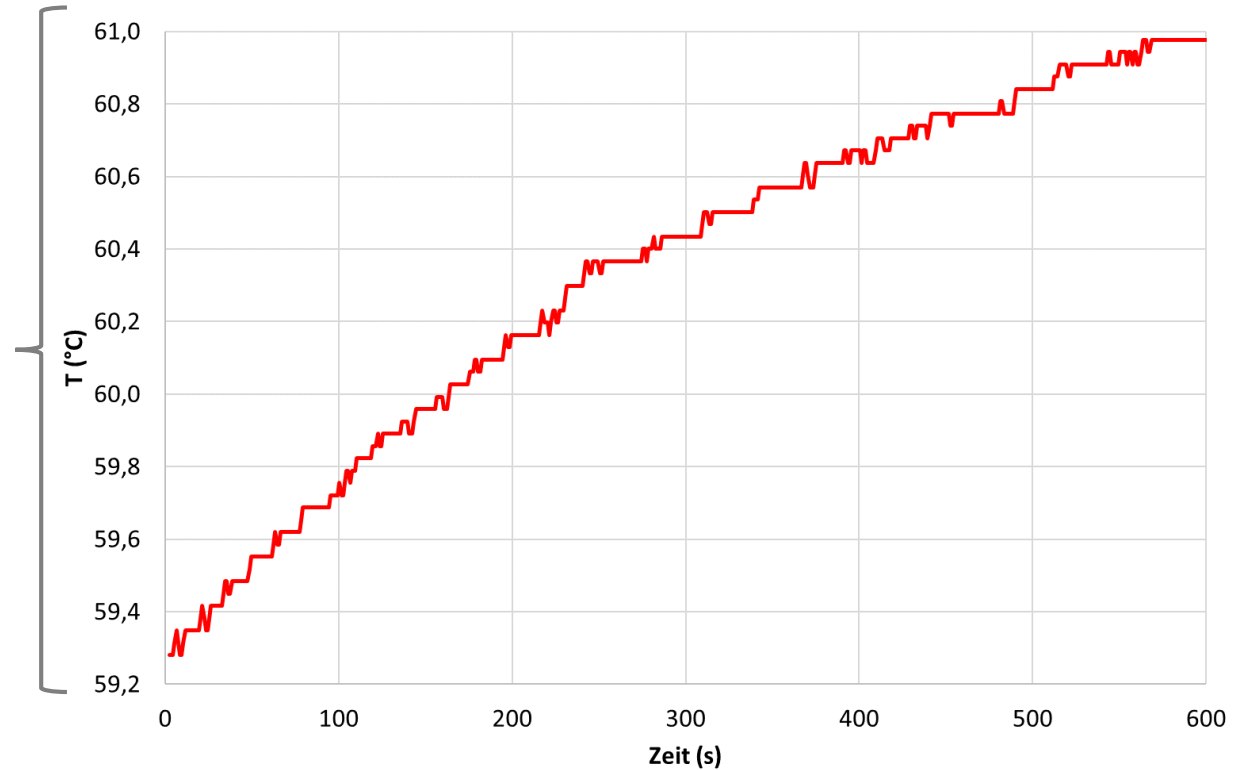
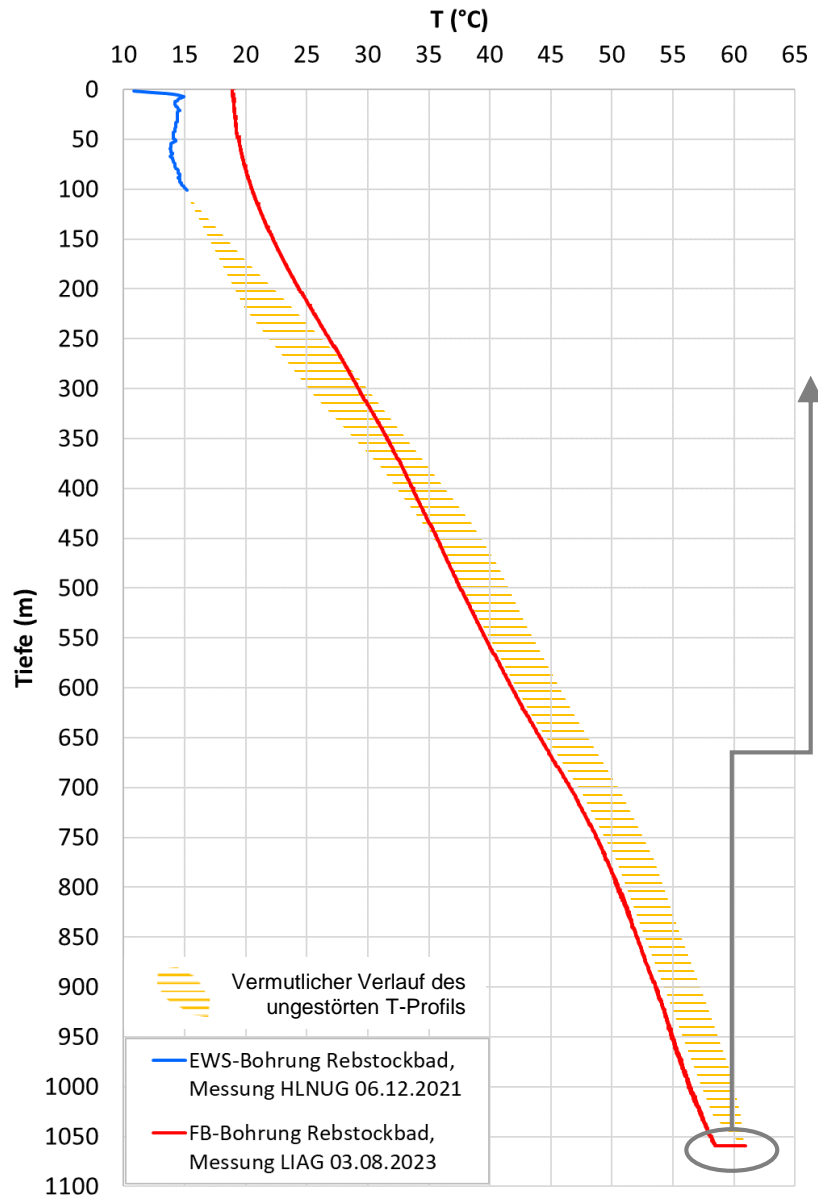


Den Spülungsverlusten innerhalb der (offenen Bohrlochstrecke) von rd. 220 m<sup>3</sup> steht eine Gesamtfördermenge von nur rd. 50 m<sup>3</sup> gegenüber. Das bisher geförderte Wasser ist somit stark bis sehr stark durch das zur Spülung eingesetzte Frischwasser und die Spülungszusätze (Salz) beeinflusst.

**Eine Aussage zur Beschaffenheit des Wassers im Rotliegenden ist somit erst nach einem künftigen Langzeitpumpversuch möglich.**



# Geothermische Situation



Erste Einschätzung:

- Bohrlochtemperaturen bei T-Messung 03.08.2023 noch durch Bohr-, Ausbau- und Testarbeiten gestört. **Weitere Messungen erforderlich!**
- Gradient von 100 m (15 °C) bis 1060 m (61 °C): **4,8 °C pro 100 m**



# Zusammenfassung

- Das Tertiär ist am Standort der Bohrung rd. 400 m mächtiger als erwartet, so dass das Rotliegende als Thermalwasser führender Horizont deutlich tiefer liegt. Das Rotliegende konnte daher nicht vollständig bis zum Kristallin durchteuft werden.
- Das Vorhandensein der geothermischen Anomalie ist auch am Rand der bekannten oberflächennahen Ausdehnung mit 61 °C in 1060 m Tiefe nachgewiesen. Es ist wahrscheinlich, dass die Temperaturen im zentralen Bereich der Anomalie (= Innenstadtgebiet) in gleicher Tiefenlage noch höher sind.
- Die große Mächtigkeit des Tertiärs am Standort der Bohrung hat anfangs zu bohrtechnischen Problemen und Verzögerungen geführt. Bei zukünftigen Bohrungen können diese Probleme durch eine entsprechende Bohrtechnik verhindert werden.
- **Die Forschungsbohrung hat bereits jetzt wichtige, grundlegend neue Erkenntnisse zur Geologie und für zukünftige tiefe Bohrungen / geothermische Nutzungen im Frankfurter Stadtbereich erbracht, so dass sie als erfolgreich zu bewerten ist.**
- **Die Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für weitere Untersuchungen wie z.B. Seismik im Stadtgebiet**
- **Durch den nachträglichen Einbau eines abschnittweise perforierten Rohres in die Bohrlochstrecke 900 m – 1060 m werden weitere wichtige Untersuchungen (Pumpversuche, Hydrochemische Analyse, Bohrlochgeophysik) möglich.**





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



Das HLNUG auf Twitter:  
[https://twitter.com/hlnug\\_hessen](https://twitter.com/hlnug_hessen)



Für eine lebenswerte Zukunft