

# Geologische und geothermische Ergebnisse aus dem Projekt

## Mitteltiefe Erdwärmesonde Heubach



Johann-Gerhard Fritsche und Projektteam:  
Anne Kött, Matthias Kracht, Heinz-Dieter Nesbor, Thomas Reischmann  
(Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, HLUG)



# Projektkonsortium

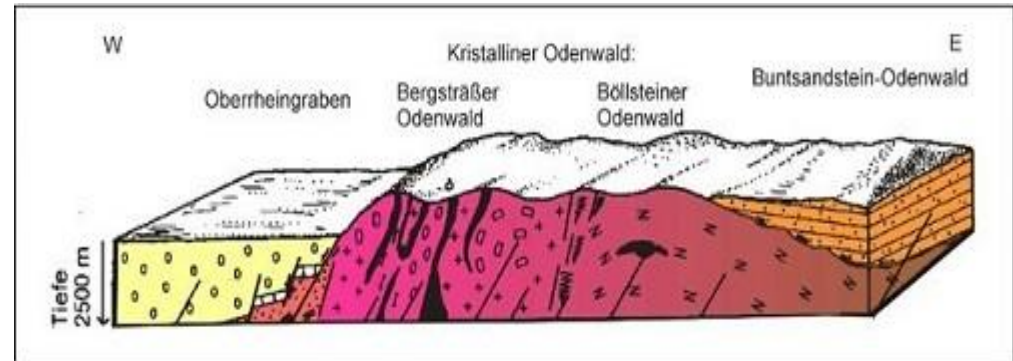
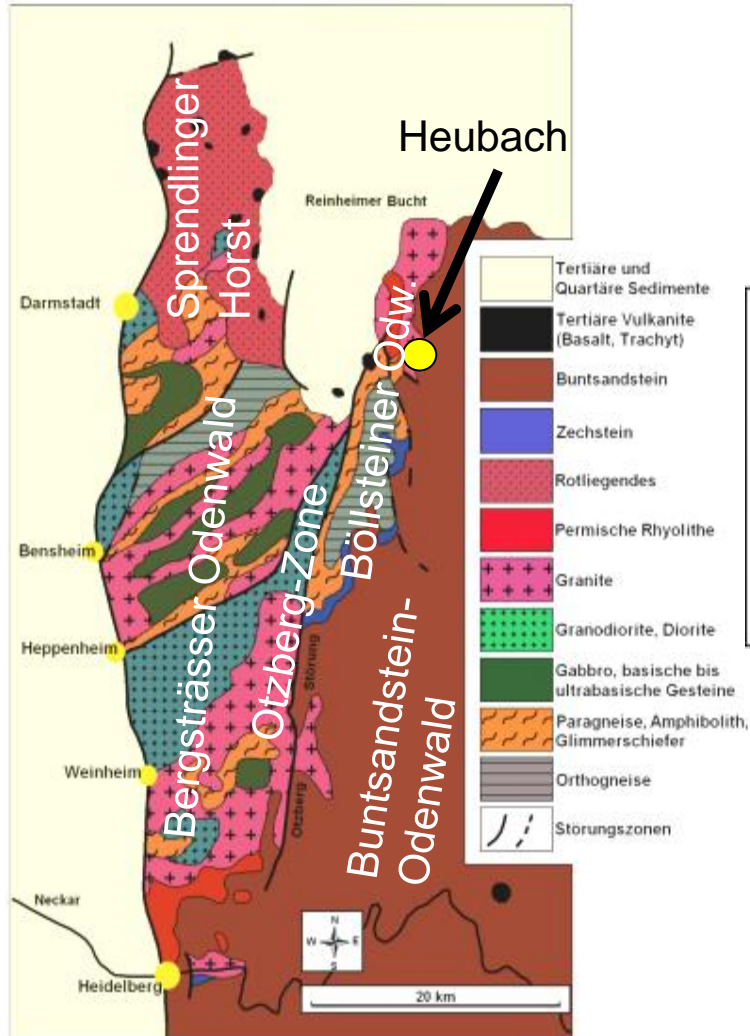
- **Projektleitung:** HEAG Südhessische Energie AG (HSE)
- **Projektpartner:**
  - Frenger Systemen BV –Heiz- und Kühltechnik GmbH → Standort, Anwender und Multiplikator
  - Viessmann Werke GmbH & Co KG → Anwendung und Optimierung der Wärmepumpentechnik
  - H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH → Anwendung und Optimierung Bohrtechnik
- **Wissenschaftliche Begleitung:**
  - Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie → Geologie, Hydrogeologie, geothermische Parameter
  - Universität Kassel → Messkonzept und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung
  - IAG TU Darmstadt → geothermische u. hydraulische Parameter
- **Förderung** durch das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV), mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)



## Daten zum Objekt:

- Standort Heubach bei Groß-Umstadt
- Produktion von Strahlungsheizungen und -kühlungen (Frenger Systemen BV GmbH)
- Fläche Produktion/Lager: ca. 6.000 m<sup>2</sup>, Büro: ca. 1.400 m<sup>2</sup>
- Spezifischer Heizenergieverbrauch: 30 W/m<sup>2</sup>
- Heizsystem: Niedertemperatur-Deckenheizung
- Anforderungen:
  - Wärmeleistung  $P_{th} = 140$  kW, Vorlauftemperatur ca. 35 °C
  - Kühlleistung  $P_{th} = 45$  kW, Vorlauftemperatur ca. 17 °C
- 1 mitteltiefe Erdwärmesonde ca. 800 m, Arbeitszahl > 5, Wasser als Wärmeträgermedium, Wärmeentnahme und Wärmespeicherung
- 8 oberflächennahe Doppel-U-Sonden, ges. ca. 900 Sondenmeter, zum Wärmen und Kühlen

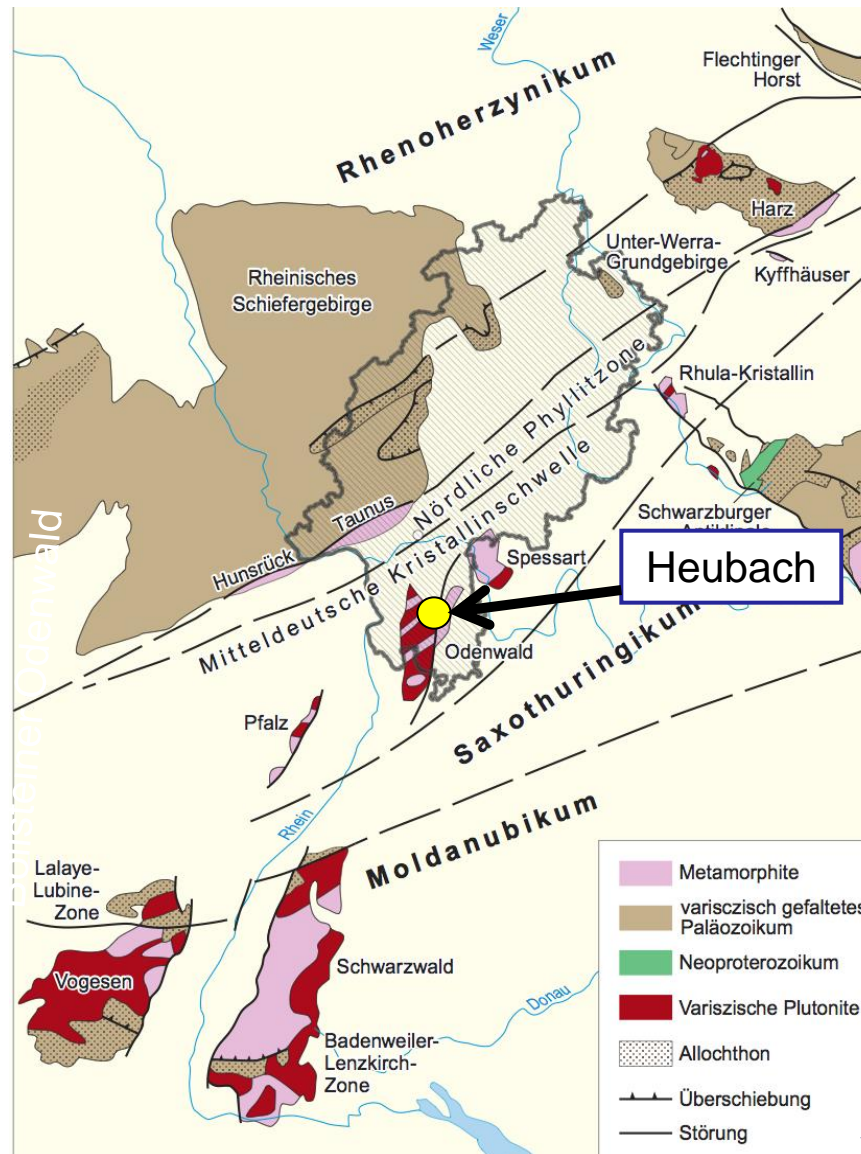
# Lage und Geologischer Rahmen



West-Ost-Profil durch die Baueinheiten des Geo-Naturpark-Gebietes, verändert nach SCHMITT 1985 und [www.geo-naturpark.net](http://www.geo-naturpark.net)

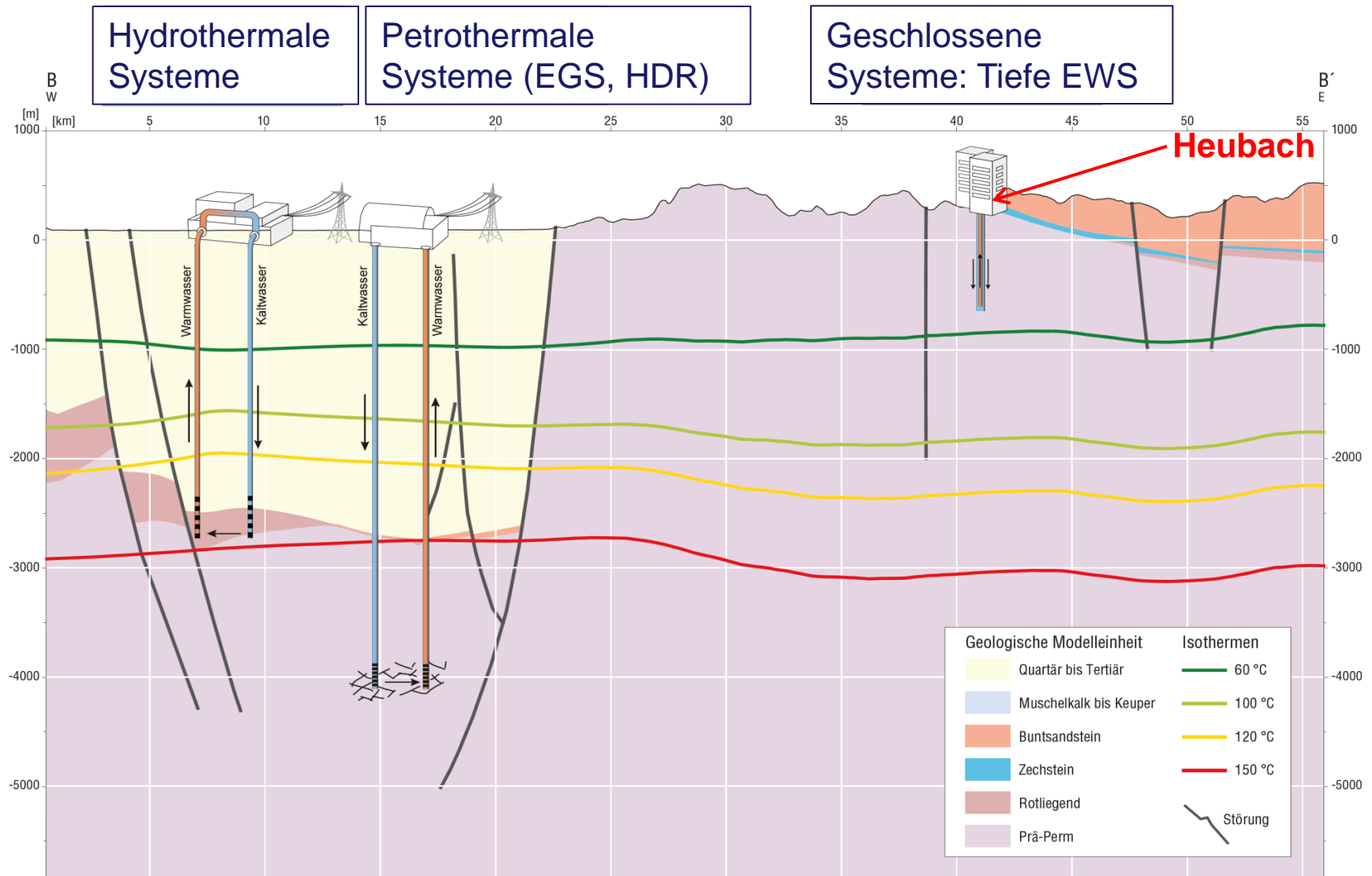
# Lage und Geologischer Rahmen

Gebirgsbildung  
vor ca. 330 Mio  
Jahren

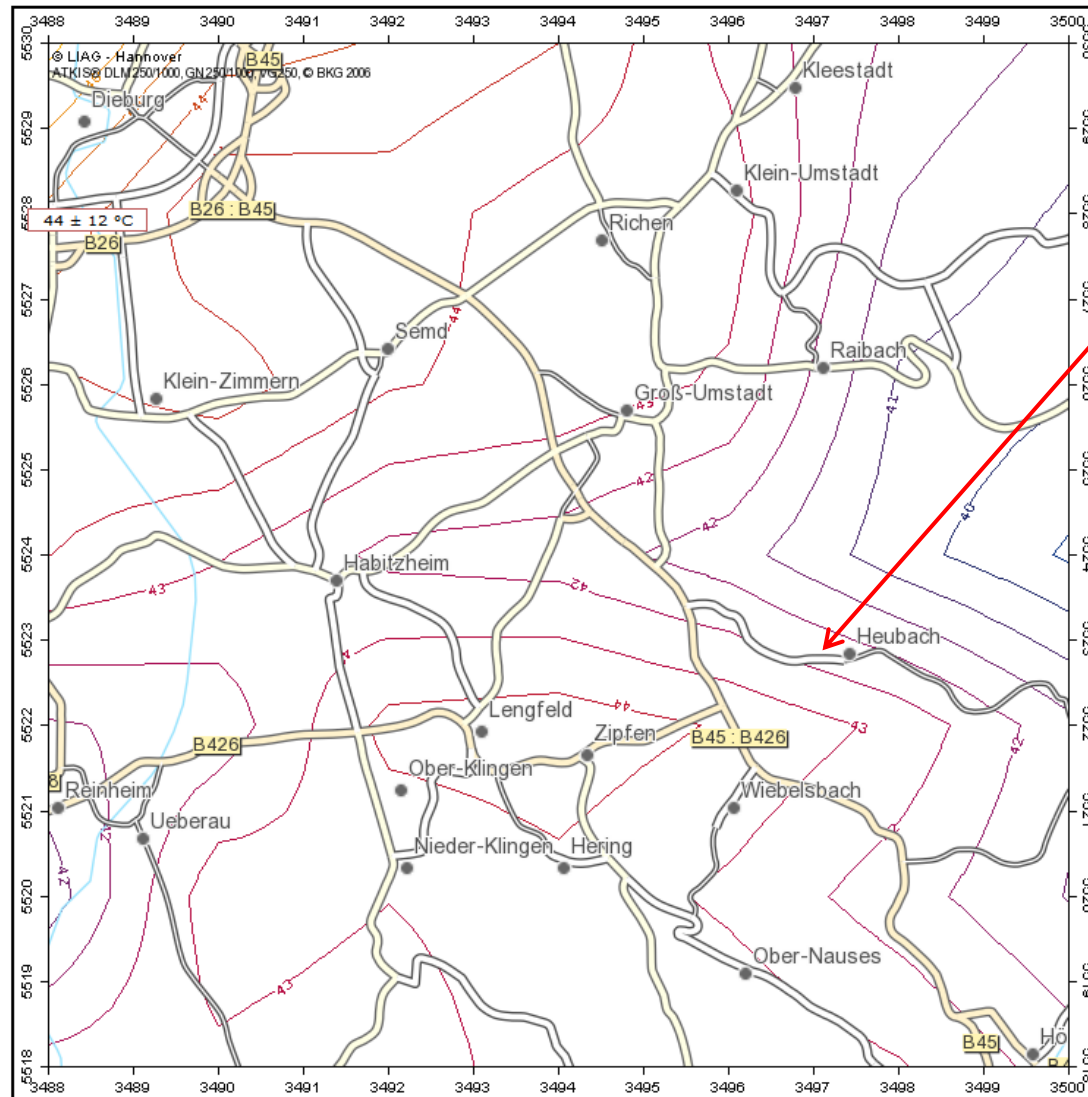


Verändert nach FRANKE (2000)

# Geologischer Schnitt (aus „Hessen 3 D“) und Nutzungsformen der Tiefen Geothermie

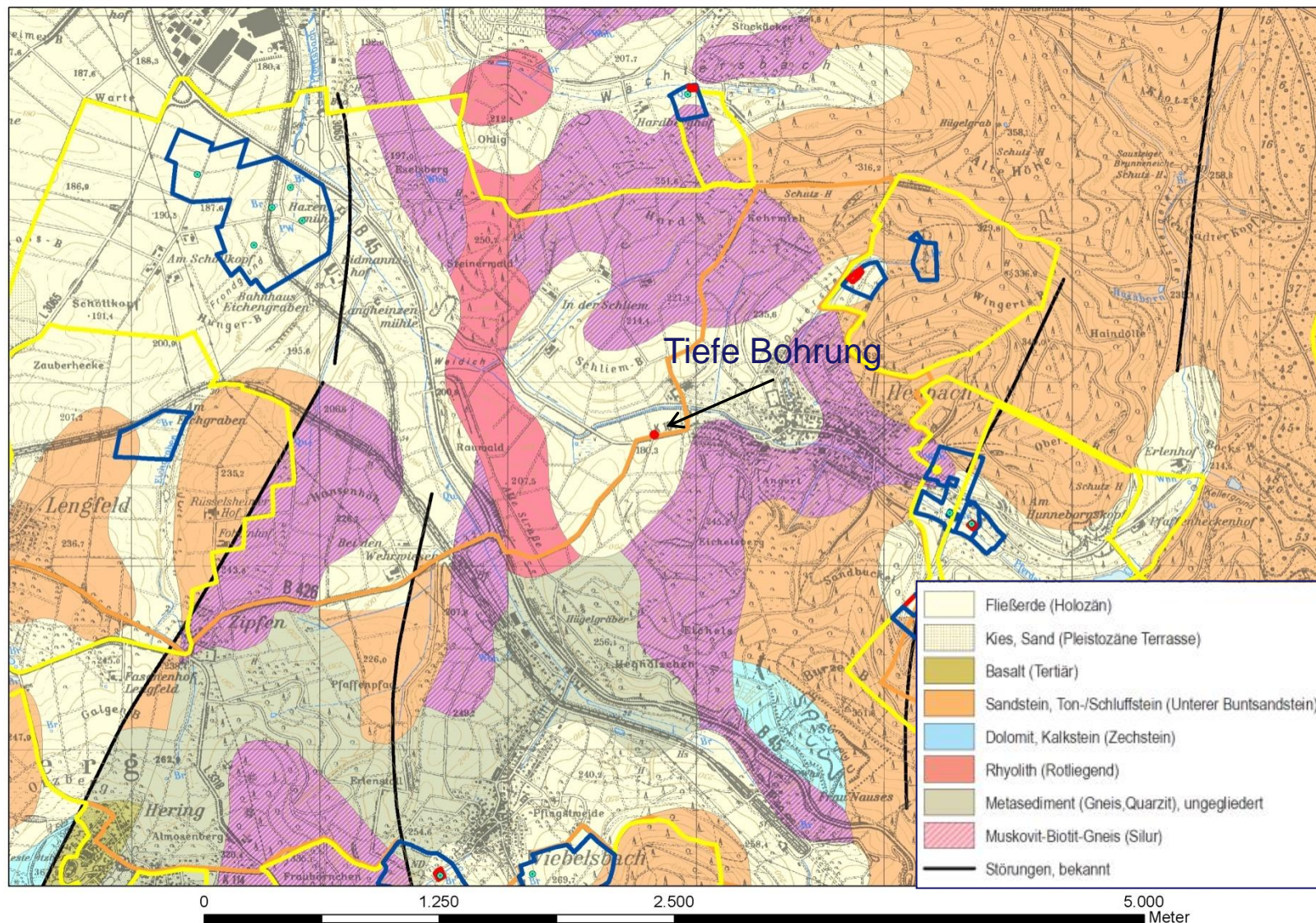


# Temperaturisolinien in 800 m Tiefe (GeotIS)



**GeotIS: ca. 42 °C  
± 12°C in 800 m  
Tiefe**

# Geologische Übersicht (Ausschnitt aus GÜK 300)





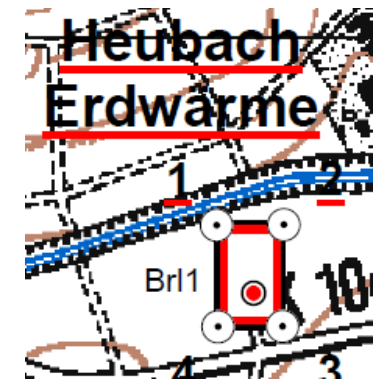
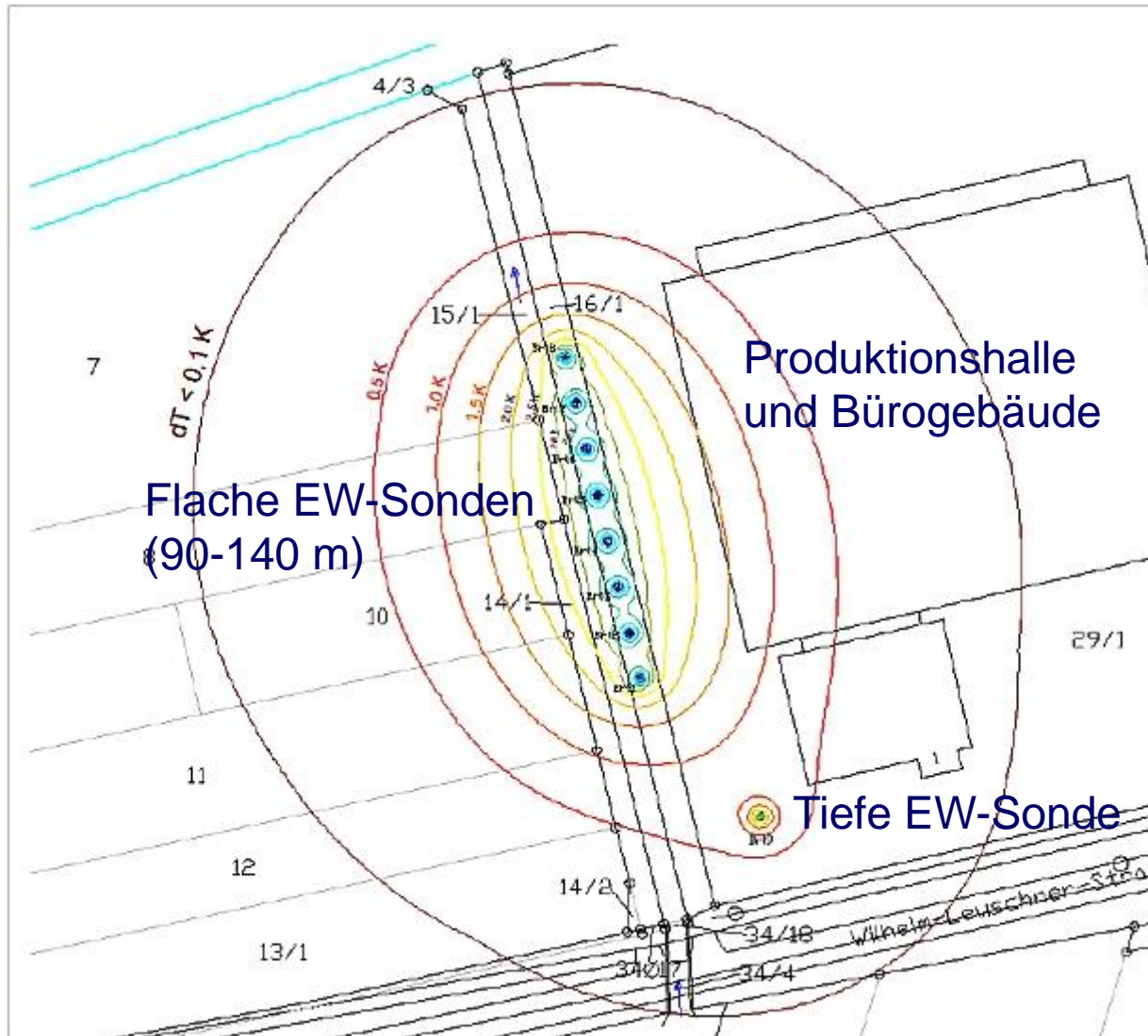
# Parameter zur Planung der tiefen Sonde (Fa. TEWAG)

Parameter	Wert	Einheit
Wärmeleitfähigkeit	2,5	W / (m·K)
Wärmekapazität	2,3	MJ / (m <sup>3</sup> ·K)
Temperatur an der Erdoberfläche	11	°C
Geothermischer Gradient	3,5	K / 100 m
Grundwasser - Filtergeschwindigkeit	0	m / s

Sonde	Tiefe & Ausbauvariante	Befüllung	Max. Entzugsleistung	Jährlicher Wärmeentzug	Max. Eintragsleistung	Jährlicher Wärmebeitrag
FEWS	888 m, Doppel-U	Glykol 10-25%	41 kW	80 MWh/a	45 kW	20,5 MWh/a
TEWS	800 m, Variante 2	Wasser	61 kW	130 MWh/a	0 kW	0 MWh/a

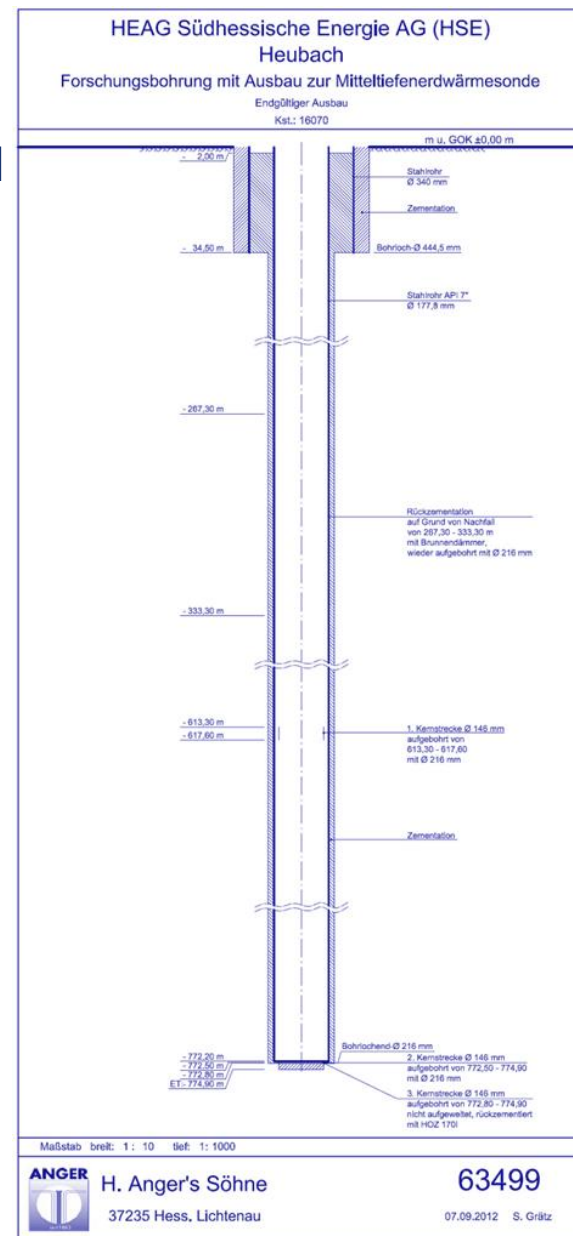
# Bewilligungsfeld zur Entnahme von Erdwärme:

Simulierte Temperaturentwicklung nach 15 Jahren (TEWAG)



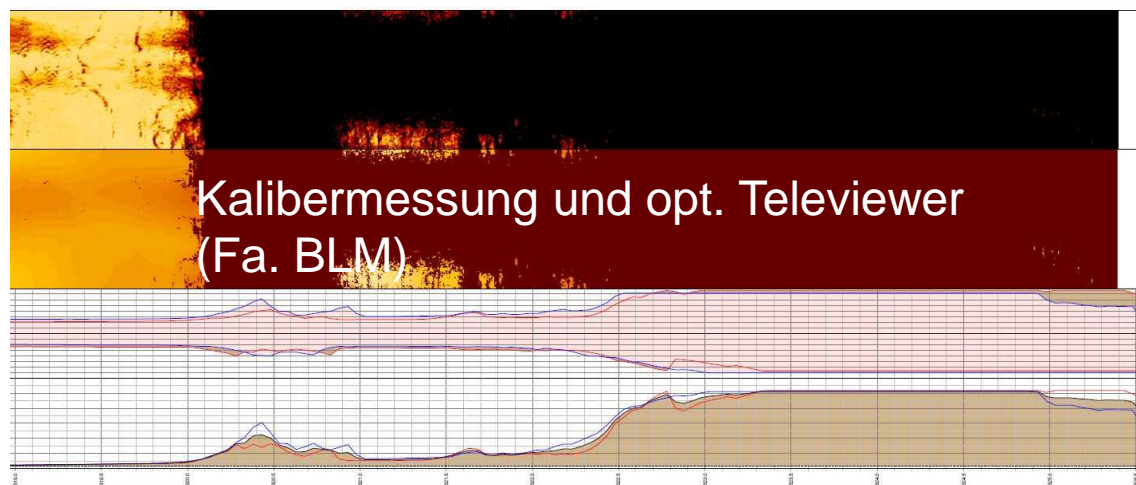
# Eckdaten der Bohrung für die mitteltiefe EWS

- **Ansatzpunkt:** R 34 96 800, H 55 22 750,179 m ü. NN
- **Bohrdurchmesser:**
  - 35 m: 444 mm – 17½“ (Meißel)
  - 250 m: 305 mm – 12“ (Imlochhammerverfahren)
  - 772,5 m: 216 mm - 8½“ (Meißel, Lufthebeverfahren)
 davon Kernstrecken:
  - 613,3 bis 617,8 m (diamantimpägnierte Krone)
  - 772,5 bis 772,8 m (diamantbesetzte Krone, unverrohrtes Bohrloch)
  - 772,8 bis 774,9 m (diamantbesetzte Krone, verrohrtes Bohrloch)
- **Komplettierung:**
  - bis 35,5 m Stahlrohr 340 mm, zementiert
  - bis 772,2 m API-Stahlrohr 7“ (177,8 mm)
  - bis ca. 769 m GfK-Steigrohr 3.46“ (87,8 mm) bzw. 4.60“ (116,8 mm) an Rohrflanschen, PE-Gleitkufen, Glasfaserkabel, Messfühlerkette



# Chronologie

- **Nov. 2011:** Erlaubnis Sonderbetriebsplan Tiefbohrung
- **15.12.2011:** Erteilung Bewilligungsfeld
- **22.12.2011:** Inbetriebnahme der Tiefbohrung durch Frau Min. Puttrich
- **12.01.2012:** Eigentlicher Beginn des Bohrens
- **26.01.2012:** Absetzen und Zementieren Stahl-Sperrohr bei 35 m
- **03.02.2012 bis 12.02.2012:** Bohrungsstillstand wegen starkem Frost
- **27./28.02.2012:** Umrüstung vom Imlochhammer- auf Lufthebeverfahren, Bohrlochgeophysik (HLUG) bis 251 m
- **15.03.2012:** Teufe der Bohrung 415 m, Nachfall aus Bereich 320-325 m (hydrothermal alterierte Zone), Kalibermessung und opt. Televiewer BLM



## Chronologie (Fortsetzung)

- **29.03.2012:** Zementation des Nachfallbereichs
- **02.04.-04.04.2012:** Bohrlochgeophysik (LIAG) bis 320 m
- **11.04./12.04.2012:** Aufbohren des Zements und Weitererteufen
- **27./28.04.2012:** Kernen (613,3 bis 617,8 m)
- **15.05.2012:** Teufe 772,5 m, Gestängebruch
- **16.05.2012:** Bergung des Gestänges
- **21.05.2012:** 0,3 m Kernen (Kronenschleiß)
- **29.-31.05.2012:** Umfangreiche Bohrlochgeophysik durch LIAG
- **04./05.06.2012:** Einbau 7“ Rohrtour
- **13./14.06.2012:** Zementation 7“ Rohrtour
- **20.06.2012:** Kernen von 772,8 bis 773,8 aus Rohrtour heraus
- **29.06.2012:** Kernen von 773,3 bis 774,9 m nach Umbau Bohrkopf
- **03.07.2012:** Zementation der untersten Kernstrecke
- **23./24.08.2012:** Einbau GfK-Steigrohr + Glasfaserkabel



# Geologische Untersuchungen: Spülbohrungen



**Bohrklein (Cuttings)  
aus der Spülung**



**Säubern und Vorbereiten  
für weitere Analysen**



# Geologische Untersuchungen: Bohrkerne

## Analyse der Strukturen

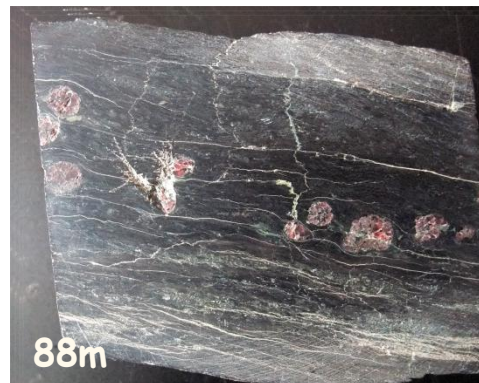


Quarz

Boudins

Klüfte

Scherzone  
mit Granat

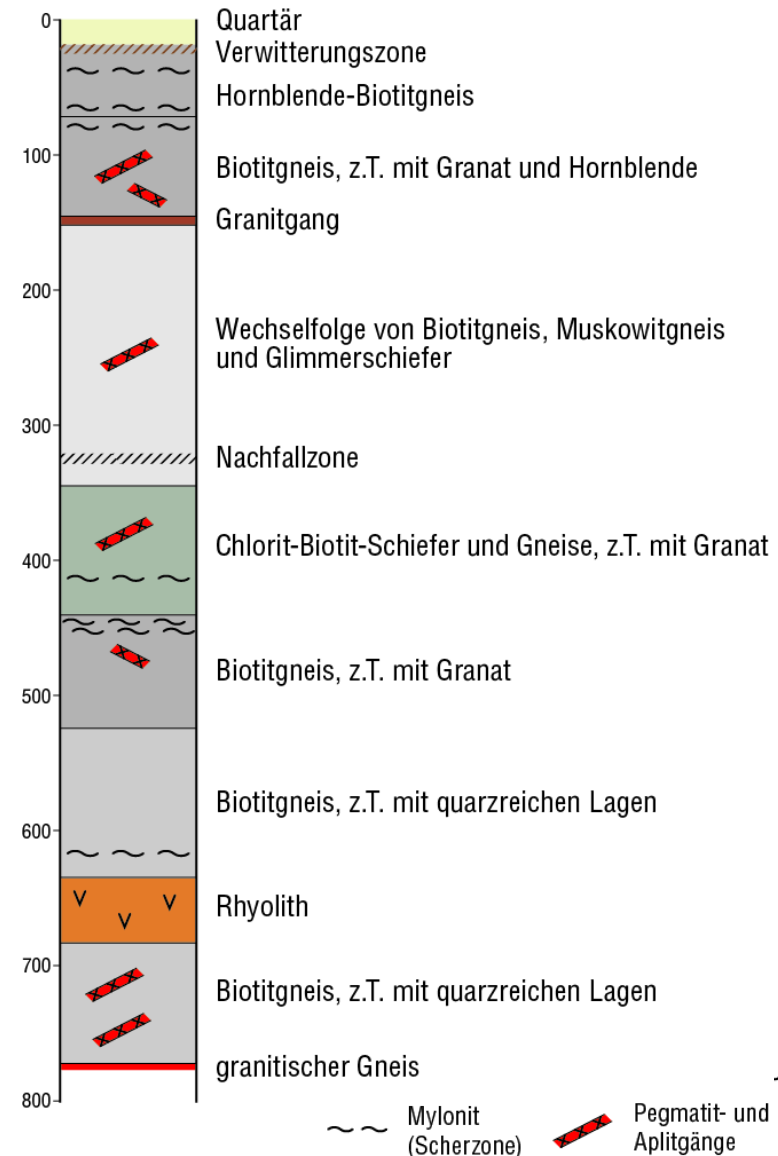


Petrographie etc.



Proben für  
Dünnschliffe

# Dokumentation, makroskopische Aufnahme





## Untersuchungen am HLUG in Zusammenarbeit mit:

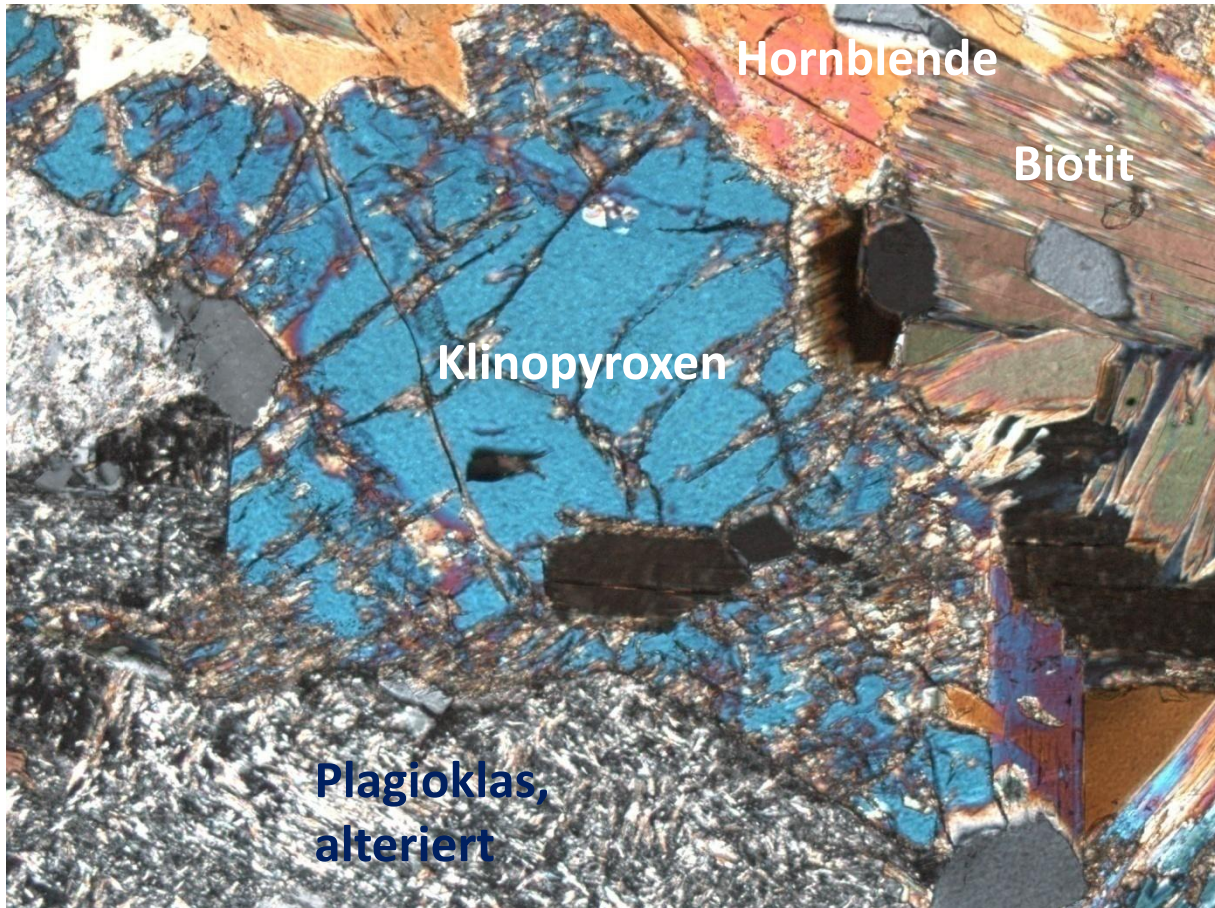
**Universität Potsdam:** Petrologie

**Universität Frankfurt:** Geochronologie, Gefügeanalysen,  
Mikrostrukturen, Kartierung der Umgebung

**Universität Darmstadt:** Gesteinsphysikalische und  
geothermische Eigenschaften

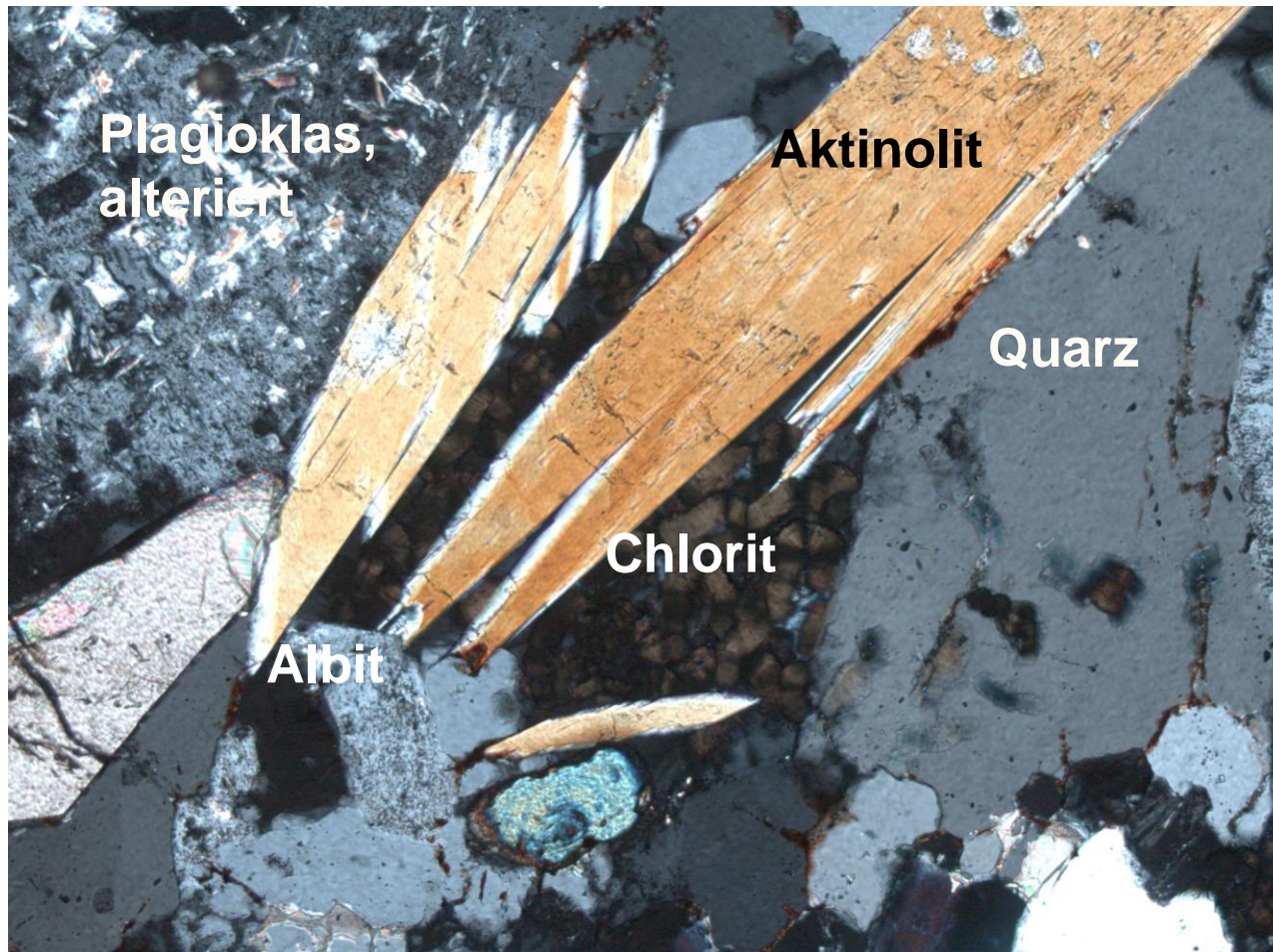
**LIAG Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik:**  
Geophysikalische Bohrlochmessungen

## Petrologie



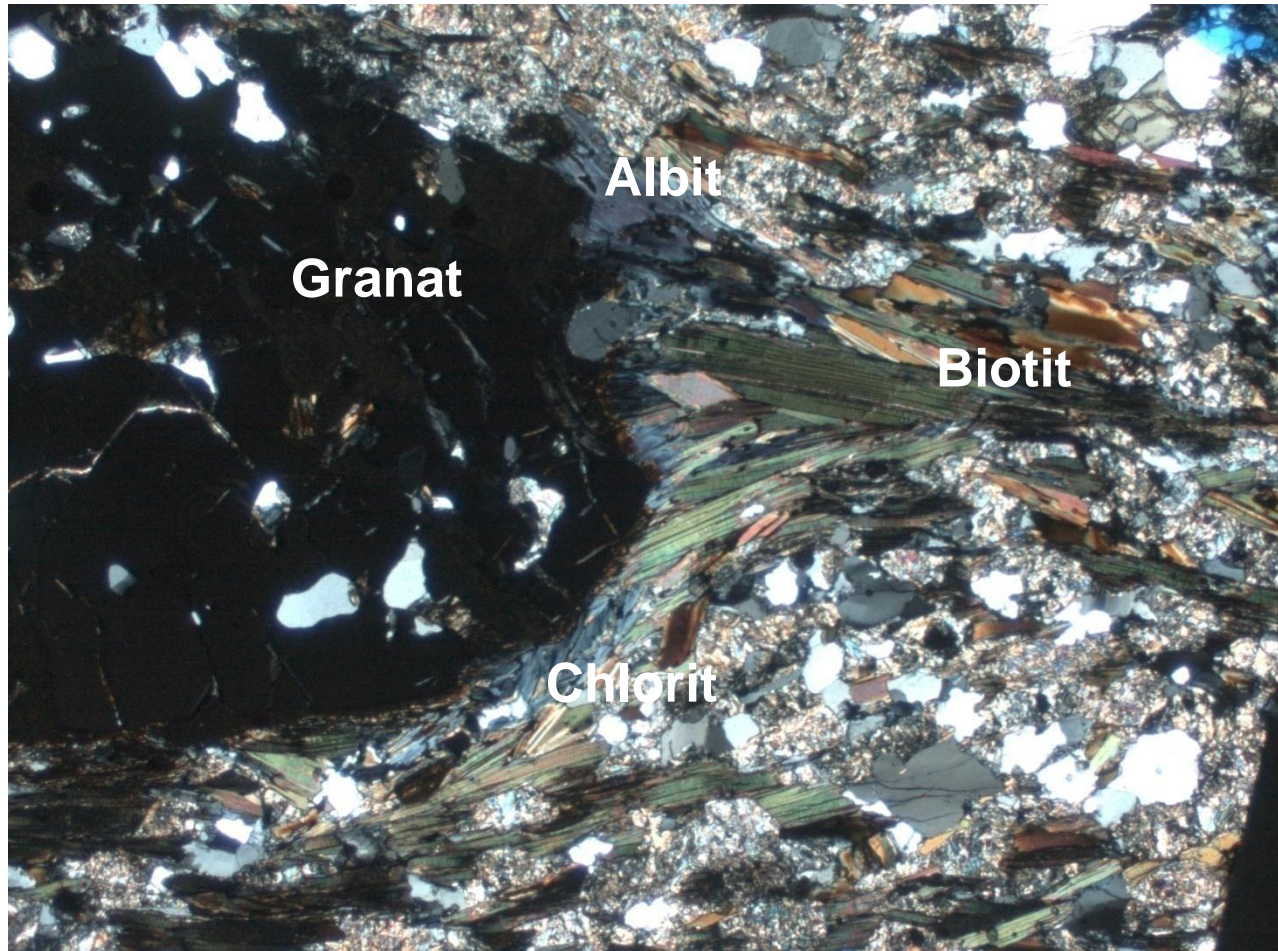
Reliktischer Klinopyroxen,  
Bohrung Heubach, Probe 44475, Teufe: 34,80-35,0 m  
Lange Bildseite 1,1mm; gekreuzte Polarisatoren

## Petrologie

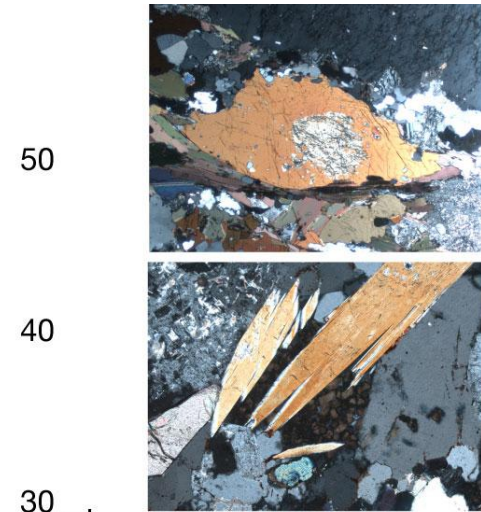
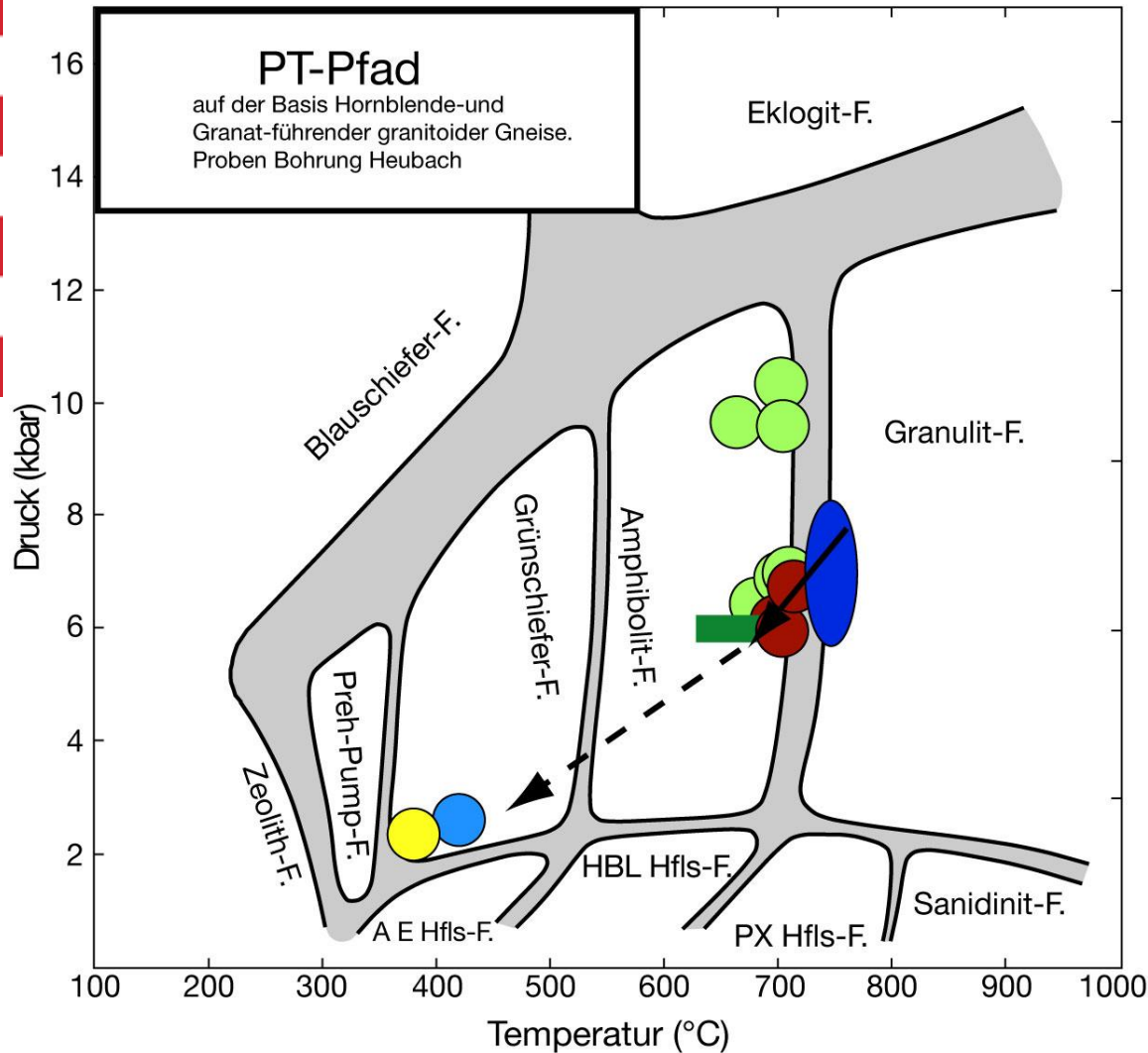


**Idiomorpher Aktinolith mit Chlorit und Albit**  
(grünschiefer-fazielle Paragenese), Bohrung Heubach, Probe 44475, Teufe:  
34,80-35,0 m, Lange Bildseite: 1,1mm ; gekreuzte Polarisatoren

## Petrologie



Im Druckschatten “alten” Granates wächst retrograd Albit und Chlorit (Grünschiefer-fazielle Paragenese), Bohrung Heubach, Probe 45317, Teufe: 83,90-m Länge Bildseite: 1,1mm ; gekreuzte Polarisatoren



Oben: Hornblende (Stadium II) umschließt Klinopyroxen (Stad. I).  
 Unten: Hornblende (Stad. II) wird von idiomorphem Aktinolith (Stad. III) überwachsen

- PT Berechnung**  
 mittels  
**Al-Ti-in Hbl-Thermobarometrie**
- Hornblende, "alt", xenomorph
  - Idiomorphe retrograde Neubildungen
  - 
  - Chlorit-Albit-Aktinolith Analysen
  - Hbl-Plag. Thermometrie Barometrie, kombiniert mit Al-in-Hbl-Barometrie
  - Granat-Biotit-Thermometrie
  - Reliktischer Klinopyroxen (magmatisch, metamorph?)

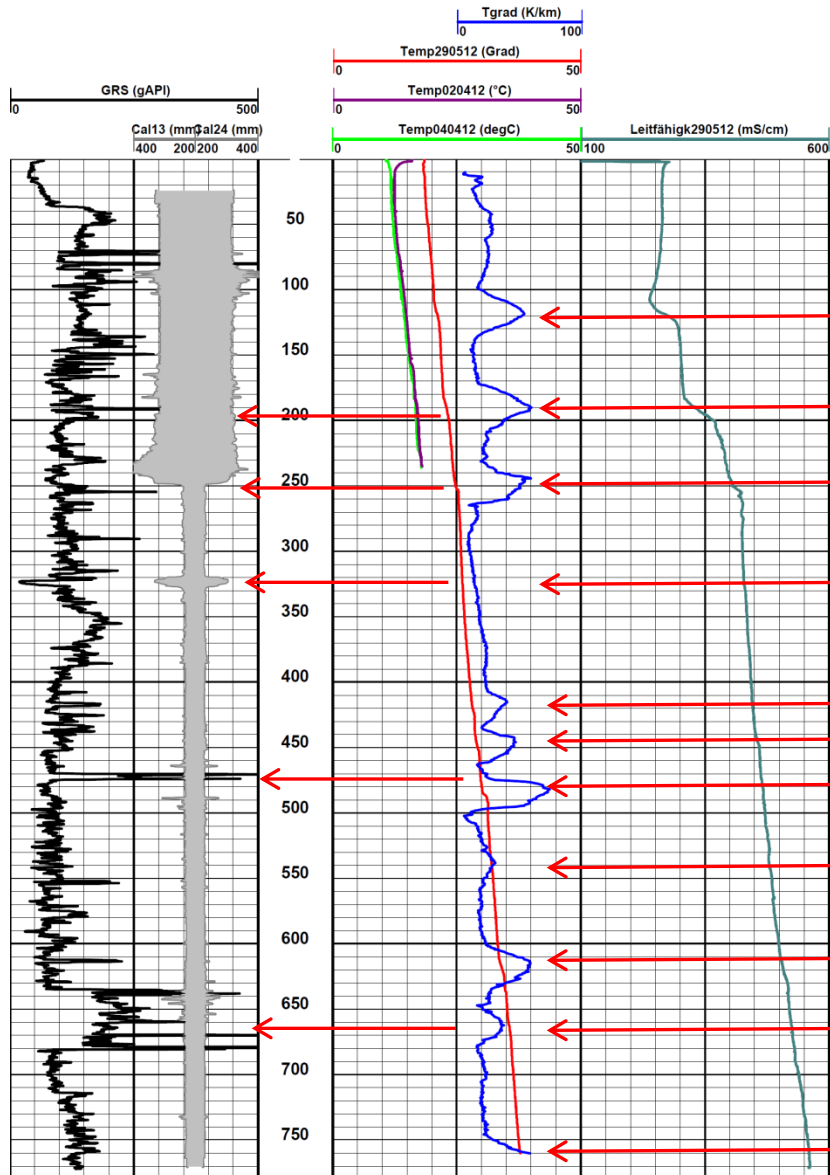
## Erkenntnisse zur **Geologie** des Odenwaldes

- Erste tiefe Bohrung im kristallinen Grundgebirge in Hessen
  - Nördlicher Böllsteiner Odenwald wird überwiegend aus Biotitgneisen magmatischen Ursprungs aufgebaut
  - Komplexe metamorphe Geschichte: Obere Amphibolitfazies:  $T > 700^{\circ}\text{C}$ ,  $P > 6-10\text{kbar}$  (20-30km)
  - Heraushebung: Scherzonen und Mylonite in der unteren Grünschieferfazies:  $T \sim 350-400^{\circ}\text{C}$ ,  $P \sim 2-3\text{kbar}$  (6-10km)
  - Im Perm intrudierten Rhyolithe in das Grundgebirge
- Wesentliche weitere Untersuchungsergebnisse zu erwarten

# Geophysikalische Bohrlochmessungen (WONIK, LIAG, 2012)

→ Y-Ray-Log, Kaliber, Temperatur und Leitfähigkeit, Petrographie

## Beobachtung an Spülproben



Pegmatite, 112m, 135 m, 148-152 m

191-193 m: Cuttings sehr fein, hydrothermal alteriert

240-241 m: Starke Rotfärbung, Kluftbeläge

321-326 m: Hydrothermal alteriert, Nachfallzone

416 m: Pegmatit, geringmächtig

432 m: Pegmatit

467-471 m: Aplit

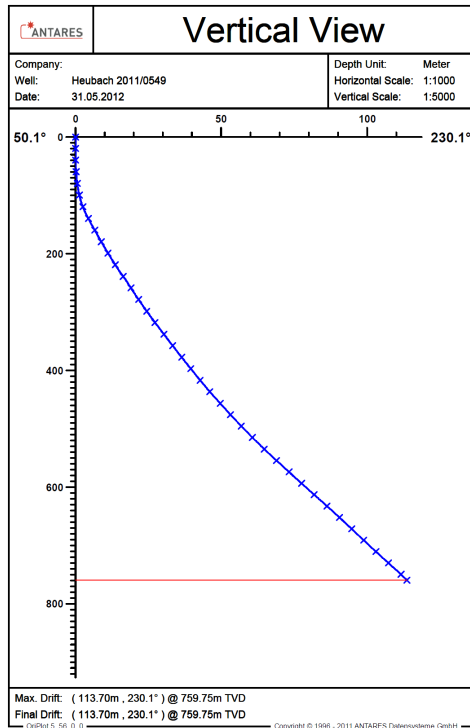
539 m: Pegmatit

611 und 613 m: Aplit

634-679m: Rhyolith

ab 762 m granitoider Gneis

# Geophysikalische Bohrlochmessungen (WONIK, LIAG, 2012)

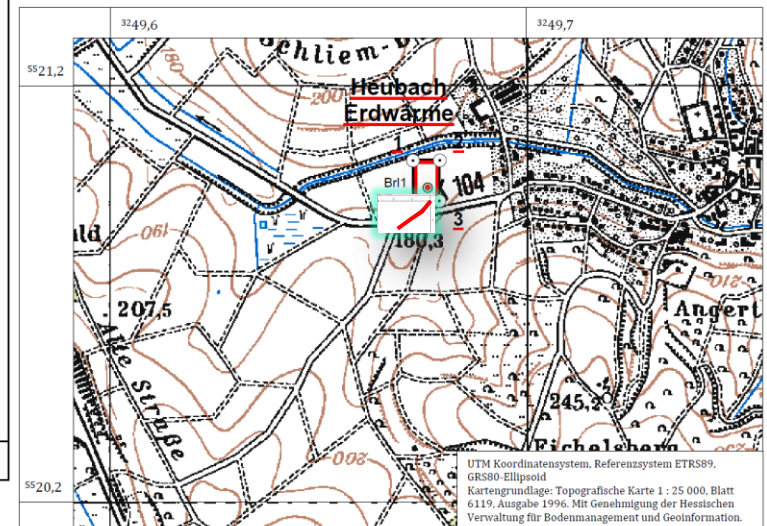
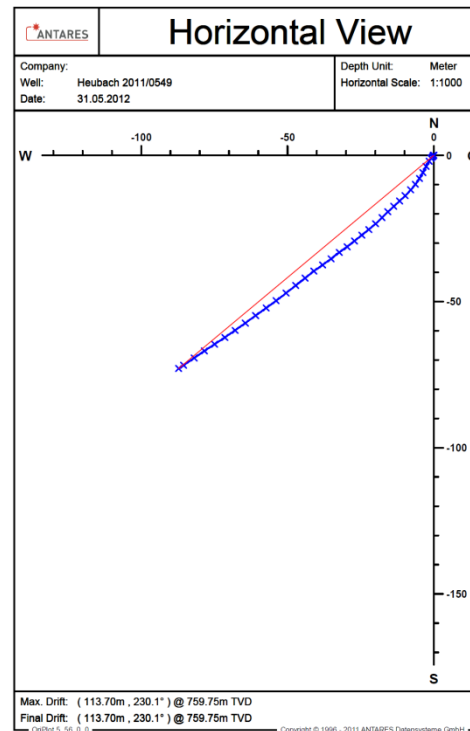


## Bohrlochverlauf (mit akust. Televiewer):

- 100 m Abweichung nach SW, Schieferung fällt nach NE ein
- Bohrlochneigung: 12° ab ca. 560 m bis ET

## ➔ Resultat:

- Bewilligungsfeld muss geändert werden

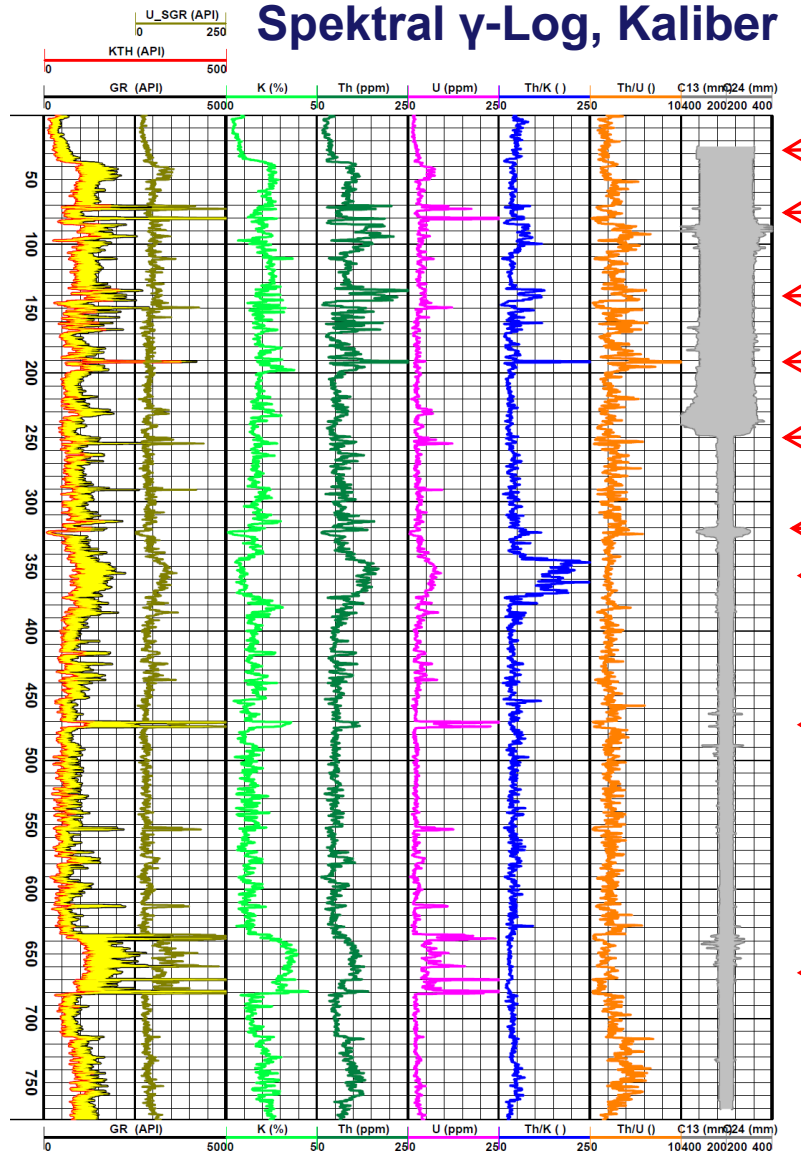




# Geophysikalische Bohrlochmessungen (WONIK, LIAG, 2012)

## Spektral $\gamma$ -Log, Kaliber

## Beobachtung an Spülproben



- ← 39-40 m: Mylonitischer Bereich
- ← 70 + 80 m: etwas Pegmatitanteil in Cuttings
- ← 150 m: Pegmatit
- ← 191-193 m: Cuttings sehr fein, hydrothermal alteriert
- ← 252 m - 257 m: Granitoider Gneis und Pegmatit
- ← 321-326 m: Hydrothermal alteriert, Nachfallzone
- ← 330-386 m: Chlorit-Biotit-Schiefer
- ← 467-471 m: Aplit
- ← 634-679 m: Rhyolith

# Geophysikalische Bohrlochmessungen (WONIK, LIAG, 2012)

## Weitere Messungen:

- Spezifischer Elektrischer Widerstand (Dual-Laterolog)
  - Seismische Geschwindigkeit (VP-Log): Aufwendige Auswertung, aber Klüfte gut erkennbar
  - Magnetische Suszeptibilität
  - Dichte
  - Chemische Elementbestimmung (C, O, Ca, Si, H, Fe)
- 
- Auswertung erst in der Anfangsphase
  - Untersuchung auf Cluster mit gleichen physikalischen Eigenschaften und Vergleich mit Petrologie und geothermischen Eigenschaften folgt

# Fazit und wichtigste erste Ergebnisse

- Durchteufte Schichten: Quartär-Kristallin-Rotliegend-Kristallin
- Meist feinkörnige Biotitgneise
- Wichtige Erkenntnisse zur Metamorphosegeschichte des Böllsteiner Odenwalds
- Häufig Scherzonen, z.T. mineralogisch verändert, bohrungstechnisch problematisch, Pegmatite, Aplite, Rhyolithgang
- Wassertemperatur: ca. 38°C bei Endteufe
- Geothermischer Gradient: ca. 3,7° C/100 m, leicht erhöhter Wärmefluss ( $\pm 0,85 \text{ W/m}^2$ )
- Wasserzuläufe in Störungszonen, Pegmatiten, Apliten
- Wärmeleitfähigkeit bei ET (quarzitische Gneise): ca. 3,5-4 W/(m\*K) (WELSCH, IAG TU Da)
- Geothermische Parameter übertragbar auf ähnliche Gesteine, bessere Potenzialabschätzungen möglich
- Erkenntnisgewinn aus Bohrlochgeophysik sehr hoch, Aussagekraft und Anwendungsmöglichkeiten auf andere Kristallingebiete übertragbar, z.B. Kristallin im Oberrheingraben
- Wichtige Erkenntnisse auch zur Projektplanung, Projektstrukturierung, Zeitplanung, Kostenansatz, Verantwortlichkeiten

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## ...und vielen Dank an das Projektteam, an Herrn Lemeš (HSE) und an die Herren Dr. Brans und Vogel (HMUELV)



## <http://www.hlug.de/start/geologie/erdwaerme-geothermie/tiefe-geothermie/projekte-erdwaermesonde-heubach>

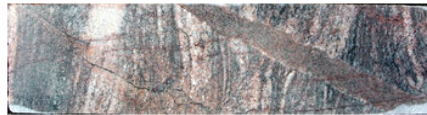
Die Informationen über den Stand und die wissenschaftlichen Arbeiten rund um die 800 m tiefe Geothermiebohrung Heubach werden in regelmäßigen Abständen aktualisiert.  
Kontakt: Dr. Johann Gerhard Fritsche, Tel. 0611 - 6030-077 und Anna Kött, Tel. 0611 - 6030-734

MONTAG, 23.07.2021

Am Mittwoch, den 20.06. wurde von 772,8 bis 773,8 m gekernt. Dann konnte kein Bohrfortschritt mehr erzielt werden. Nach Ausbau und Begutachtung der Bohrkronen wurde festgestellt, dass der mangelnde Bohrfortschritt nicht auf Verschleiß der Krone, sondern eher auf Drehmoment, die Rotationsgeschwindigkeit des Gestänges und die Hakenlast zurückzuführen sein könnte. So wurde die Krone wieder eingebaut und am 26.06. mit erhöhter Drehzahl weiter von 773,8 bis 774,9 m gekernt, bis wiederum kein Bohrfortschritt erreicht wurde. Statt der angestrebten 9 m Kern wurden daher nur insgesamt 2,1 m erzielt. Aufgrund der anstehenden Kosten durch erneuten Gestängeein- und -ausbau und um das Gesamtprojekt nicht durch einen eventuellen, erneuten Gestängebruch zu gefährden, wurde auf ein weiteres Kernern verzichtet. Dies ist besonders schade, weil es sich bei den untersten Kernstücken um einen migmatitischen Gneis handelt und nun leider nur sehr wenig Material für detaillierte gesteinsphysikalische und geochemische Untersuchungen zur Verfügung steht.

Am 28.06. wurde durch das HLUG eine Drucksonde eingebaut, um möglichen Zufluss im untersten, nichtverrohrten Teufenbereich anhand der Wiederanstiegskurve festzustellen. Der ermittelte Zufluss beläuft sich auf weniger als 0,1 Liter/Stunde. Trotzdem wurde das Bohrlloch am 03.07. ab Unterkante Außenrohr bis zur Endteufe zementiert, um einen geschlossenen Kreislauf des Wärmeträgermediums zu garantieren. Am 04.07. wurde das Bohrgerät abgebaut und abtransportiert. Damit ist die Bohrung Heubach mit einer erreichten Endteufe von 774,9 m endgültig beendet.

Im Anschluss erfolgt(e) das Setzen des Schachtes und der Einbau des Sonden-Innenrohrs.



© HLUG

Kernabschnitt 774,2-774,5 m (zum Vergrößern Klicken)



- Startseite
- Atlanten
- Boden
- Fachzentrum Klimawandel
- Geografische Informationssysteme
- Geologie
  - Georisiko
  - CO2-Speicherung
  - Erdbeben
  - Erdwärme / Geothermie
    - Oberflächennahe Geothermie
    - Tiefe Geothermie
  - Genehmigungsverfahren, Hinweise zur Planung
  - Geothermisches Potenzial: Projekt Hessen 3D
  - Projekte: Erdwärmesonde Heubach
    - Aktuelles
    - Vortragsveranstaltungen
    - Downloads und Links
  - Geo-Info-Hessen
  - Geologische Landesaufnahme
  - Geotope
  - Ingenieurgeologie
  - Historie
  - Hydrogeologie
  - Rohstoffe
  - Lärm
  - Luft
  - Nachhaltigkeit / Indikatoren
  - Strahlenschutz
  - Wasser