



Forschungsbohrung Frankfurt Rebstock - Wissenschaftlicher Bericht -



Mit Beiträgen von

Rumohr, S., Fritsche, J.-G., Hug-Diegel, N., Homuth, B., Marx, J. (Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)

Kraml, M., Bär, K. (Vulcan Energy Subsurface Solutions GmbH)

Ferreiro-Mählmann, R. (TU Darmstadt, Institut für angewandte Geowissenschaften)

Titelfoto: Rumohr

Inhalt

1	Einführung und allgemeine Angaben	5
1.1	Anlass und Ziel	5
1.2	Allgemeine Angaben zur Forschungsbohrung	7
2	Überblick über die geologische und hydrogeologische Situation	7
3	Oberflächennahe geothermische Situation	8
3.1	Übersicht Stadtgebiet	8
3.2	Standort Rebstockbad	10
4	Genehmigungsprozess	11
5	Bohr- und Ausbauarbeiten	13
5.1	Bohrarbeiten	13
5.1.1	Allgemeine bohrtechnische Angaben	14
5.1.2	Angaben zum Bohrlochdurchmesser	14
5.1.3	Angaben zu den Verrohrungen und Zementationen	17
5.1.4	Havarien und Fangarbeiten	18
5.1.5	Verfüllungen	18
5.1.6	Filtereinbau / Perforation	18
5.1.7	Zustand des Bohrlochkopfes und Bohrplatzes nach Beendigung der Arbeiten	19
5.1.8	Potenzielle Bohrrisiken: Gas, Arteser etc.	21
5.1.9	Eingetretene Bohrrisiken und -probleme beim Abteufen der Bohrung	23
6	Geologie	27
6.1	Quartär (0 m – 6,7 m)	29
6.2	Tertiär (6,7 m – 900 m)	29
6.3	Permokarbon (900 m – 1060 m)	31
7	Hydrogeologie	34
7.1	Hydrostratigraphie	34
7.2	Pumpversuche	36
7.2.1	Pumpversuch 13.07. – 14.07.2023 (Airlift)	36
7.2.2	Pumpversuch 17.07.2023 (Tauchpumpe)	38

7.2.3	Pumpversuch 30.07. – 31.07.2023 (Airlift)	40
7.2.4	Pumpversuch 07.08. – 10.08.2023 (Tauchpumpe)	45
7.2.5	Pumpversuch 10.10. –27.10.2023 (Tauchpumpe / nach Perforation)	48
7.2.6	Pumpversuchsauswertung	51
7.3	Bestimmung der Gesteinspermeabilität an Bohrkernen	55
8	Hydrochemie (Michael Kraml, Vulcan Energie Ressourcen GmbH).....	59
8.1	Probenahme und Analytik	59
8.2	Ergebnisse Hydrochemie	65
8.3	Implikationen für die hydrogeothermische Nutzung	66
8.4	Schlussfolgerungen Hydrochemie	69
9	Bohrlochgeophysik	71
9.1	Temperaturen (TEMP)	72
9.1.1	Temperatur-Profil (1): 100 m tiefe Erdwärmesonde rd. 180 m westlich der Forschungsbohrung.....	73
9.1.2	Temperatur-Profile (2a), (2b) und (2c): Messungen Fa. Terratec.....	73
9.1.3	Temperatur-Profil (3): Messung LIAG am 11.07.2023	76
9.1.4	Temperatur-Profil (4): Messung LIAG 03.08.2023	79
9.1.5	Temperatur-Profil (5): Messung LIAG 26.03.2024	79
9.2	Salinität (Leitfähigkeit, SAL)	89
9.3	Gamma Ray und Spektrales Gamma Ray (GR, SGR).....	93
9.4	Televiewer (Akustisch, ABI)	98
9.5	Dual Laterolog (Spezifischer elektrischer Widerstand in fokussierter Anordnung, DLL) 102	
9.6	Dipmeter (DIP)	104
9.7	Sonic (P- und S-Welle)	104
9.8	Magnetische Suszeptibilität (SUSZ)	105
10	Paläotemperaturen (Prof. Dr. Rafael Ferreira Mählmann, TU Darmstadt)	107
11	Ableitungen zur geothermischen Situation der erschlossenen Schichtenfolge	108
12	Zusammenfassung.....	113

13	Nutzungsmöglichkeiten am Standort Rebstockbad	114
14	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	115
15	Abbildungsverzeichnis.....	117
16	Tabellenverzeichnis.....	120
17	Anlage.....	122

1 Einführung und allgemeine Angaben

1.1 Anlass und Ziel

Im Zusammenhang mit der Errichtung großer geothermischer Anlagen wurden ab etwa dem Jahr 2006 an zahlreichen Standorten im Bereich von Frankfurt Temperaturdaten des Untergrundes bis in eine Tiefe von meist 100 m, teils bis 250 m erhoben. Die erste gezielte Auswertung dieser Daten durch das HLNUG im Jahr 2012 (Rumohr, 2013) belegte die Existenz einer oberflächennahen Temperaturanomalie im westlichen Innenstadtgebiet von Frankfurt, die sich mit Temperaturen von 18 – 23 °C in 100 m und in einem Fall mit 26 °C in 150 m Tiefe deutlich vom weiteren Umfeld mit durchschnittlichen 12 – 14 °C in gleichen Tiefen abhebt (Abb. 1). Der geothermische Gradient, der in Deutschland im Mittel 3 K/100 m beträgt, liegt im Bereich der Anomalie bei bis zu 9 K/100 m, der geothermische Wärmefluss bei bis zu 120 mW/m², die Wärmeleitfähigkeit im Tiefenbereich bis 100 m ist mit 1,3 – 1,8 W/m/K gering.

Aufgrund der vorliegenden Daten wurde bereits von Rumohr (2013) davon ausgegangen, dass ein tief liegendes Thermalwasservorkommen vermutlich von Tiefenwässern aus dem Oberrheingraben gespeist wird. Dieses Vorkommen bedingt einen erhöhten geothermischen Wärmestrom in den überlagernden Schichten und führt zu den erhöhten Temperaturen im oberflächennahen Bereich. Da in Messstellen und Brunnen mit Tiefen um 100 m – 150 m neben einer erhöhten Temperatur auch meist eine erhöhte NaCl-Konzentration nachgewiesen wird, ist zu vermuten, dass es auch einen Aufstieg von Thermalwasser gibt.

Die bis zum Frühjahr 2023 tiefste Bohrung im Frankfurter Stadtgebiet wurde zwischen 1881 und 1883 in Sachsenhausen bis auf eine Tiefe von 286 m abgeteuft und erschloss gemäß dem in v. REINACH (1894) veröffentlichten Schichtenverzeichnis das Rotliegend ab einer Tiefe von 268 m. Der in dieser Tiefe beobachtete Zutritt mindestens 30 °C warmen Wassers mit einem Lösungsgehalt von 2.500 mg/l (überwiegend NaCl) war der früheste Hinweis auf ein Thermalwasservorkommen im Frankfurter Stadtgebiet. Auch zu späteren Zeitpunkten wurde gelegentlich Thermalwasser erschlossen (KÜMMERLE & SEIDENSCHWANN, 2009), die Bohrungen in der Regel aber aufgrund einer fehlenden Nutzbarkeit wieder verschlossen.

Bereits im Jahr 2013 nahm das HLNUG erstmal Kontakt zum Energiereferat des damaligen Umweltministeriums (HMUELV) und der Stadt Frankfurt auf, um für die Erkundung der Ano-

malie und ihrer potenziellen Nutzung zur geothermischen Wärmeversorgung des Stadtgebietes zu werben. Es folgte unmittelbar ein Antrag des HLNUG zur Durchführung der Erkundung der Anomalie im Rahmen der vom Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik (LIAG) im April 2013 ausgeschriebenen „Forschungsbohrung des LIAG 2015“. Da dieser Antrag nicht erfolgreich war, wurden seitens des HLNUG mit Unterstützung zu diesem Zeitpunkt bereits im Wirtschaftsministerium (heute HMWVW) angesiedelten Energiereferates Gespräche mit weiteren potenziellen Kooperationspartnern sowie zu verschiedenen Bohrstandorten im Bereich der Anomalie geführt.

Ab dem Jahr 2021 führten letztlich Gespräche mit dem Energiereferat der Stadt Frankfurt auf den Standort des neu zu bauenden Rebstockbades. An diesem Standort ließ die Stadt Frankfurt am Main, vertreten durch das Energiereferat als Bauherrin von Anfang November 2022 bis August 2023 am Standort des Rebstockbades die „Forschungsbohrung Rebstock“ (nachfolgend FB Rebstock) in Kooperation mit dem HLNUG im Rahmen der geologischen Landesaufnahme durchführen. Das HMWVW sowie die Stadt Frankfurt stellten hierfür finanzielle Mittel zur Verfügung; die Landesenergieagentur (LEA) unterstützte bei finanziellen Abwicklung des Vorhabens. Mit der bohrtechnischen Planung, der Erarbeitung von Unterlagen zu bergrechtlichen Genehmigungsverfahren und der Bauaufsicht wurde die Firma Geologische Landesuntersuchungen GmbH, Freiberg (GLU) beauftragt. Die Bohrarbeiten wurden von der Firma Daldrup & Söhne AG ausgeführt.

Das HLNUG konzipierte und leitete im Rahmen der geologischen Landesaufnahme federführend die wissenschaftlichen Untersuchungen unter Beteiligung mehrerer Kooperationspartner, u. a. das Leibniz-Institut für Geophysik (LIAG), die Firmen Vulcan Energy Subsurface Solutions GmbH und Vulcan Energie Ressourcen GmbH sowie das Institut für angewandte Geowissenschaften der TU Darmstadt. Nach Abschluss der wissenschaftlichen Untersuchungen wurde die Bohrung von der BäderBetriebe Frankfurt GmbH übernommen.

1.2 Allgemeine Angaben zur Forschungsbohrung

Landkreis:	Kreisfreie Stadt Frankfurt am Main
Stadt/Gemeinde:	Stadt Frankfurt am Main
Gemarkung:	Frankfurt Bezirk 16
Koordinaten (GK Zone 3):	R: 34 72 908,53 H: 55 52 853,42
Höhe (DHHN2016):	95,51 m NHN
Berechtigungsinhaber für Herstellung und Betrieb:	Stadt Frankfurt am Main Der Magistrat Adam Riese Straße 25, 60327 Frankfurt am Main
Grundstückseigentümer:	BäderBetriebe Frankfurt GmbH Am Hauptbahnhof 16, 60329 Frankfurt am Main

2 Überblick über die geologische und hydrogeologische Situation

Der Ansatzpunkt der Forschungsbohrung liegt zwischen den geologischen Strukturräumen Oberrheingraben und Hanau-Seligenstädter-Senke. Bei beiden Strukturen handelt es sich um Teile des europäischen känozoischen Riftsystems, welches maßgeblich die Geologie und Morphologie des Rhein-Main-Gebiets bestimmt. Im Nordwesten werden diese känozoischen Strukturen vom Taunus, einem Teil des Rheinischen Schiefergebirges, begrenzt, im Süden von Odenwald und Spessart, die Teile der Mitteldeutschen Kristallinzone sind.

Während des Rotliegend vor ca. 258 – 299 Millionen Jahren wurden in einem WSW-ENE verlaufenden System intramontaner Molassebecken, das von Lothringen über Hessen bis nach Sachsen-Anhalt reichte, vorherrschend in Flüssen und Seen Sand- und Tonsteine abgelagert, in welche vulkanische Lagen eingeschaltet sind.

Im Tertiär, etwa ab dem Eozän, senkte sich der Oberrheingraben ab. Durch Flüsse und Seen wurden auf der damaligen Rotliegend-Oberfläche Tone, Sande und Kiese abgelagert. In Zeiten besonders starker Absenkung kam es zu Meereseinbrüchen und der Ablagerung mariner Sedimente, z. B. Kalkstein und Mergel. So bestand beispielsweise im Oligozän vor ca. 31 Millionen Jahren zeitweise eine Verbindung über die Niederhessische Senke bis zur Nordsee. Nach Süden reichte der Meeresarm möglicherweise bis zur Paratethys.

Im Quartär, ab 2,6 Millionen Jahren, wurde der Sedimentationsraum durch die Ablagerungen des Mains und Einwehungen von Löss geprägt.

Die Bohrung liegt am östlichen Rand des Oberrheingrabens.

3 Oberflächennahe geothermische Situation

3.1 Übersicht Stadtgebiet

Der dem Tiefenbereich der oberflächennahen Geothermie bis 400 m Tiefe zugehörige Untergrund von Frankfurt am Main ist mittels Bohrungen überwiegend nur bis 100 m Tiefe erschlossen worden. Nur wenige Bohrungen im Stadtgebiet haben eine Tiefe ≥ 250 m. Bohrungen der vergangenen Jahre mit Tiefen von 100 m – 250 m wurden ausschließlich für geothermische Anlagen mit Erdwärmesonden oder geothermische Brunnen niedergebracht. Bisherige geothermische Erkundungen mit In-situ-Messungen zur Bestimmung der Untergrundtemperatur und / oder der effektiven Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes beschränken sich somit entsprechend überwiegend auf den Tiefenbereich bis 100 m. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich somit entsprechend auf den Tiefenbereich bis 100 m, sofern nicht anders angegeben.

Für die insbesondere im östlichen Stadtgebiet unter einer meist nur geringen Überdeckung anstehende miozäne Schichtenfolge aus Tonen und Schluffen mit kalkigen Einschaltungen wurden an verschiedenen Standorten effektive Wärmeleitfähigkeiten bestimmt, die stets innerhalb eines Wertebereichs von 1,3 – 1,8 W/m/K liegen. Innerhalb dieses Wertebereichs verursachen vermutlich grundwasserführende Schichten, z. B. Kalksande oder geklüftete bis verkarstete Kalksteinbänke höhere effektive Wärmeleitfähigkeiten.

Bei den im südwestlichen Bereich des Stadtgebietes in Mächtigkeiten von über 100 m anstehenden quartären bis pliozänen Mainterrassen aus überwiegend Sanden und Kiesen wurden effektive Wärmeleitfähigkeiten von 2,4 – 3,2 W/m/K ermittelt, wobei die innerhalb des Wertebereichs höheren effektiven Wärmeleitfähigkeiten vermutlich auf eine stärkere Grundwasserströmung zurückzuführen sind. Im Übergang zum Taunus, im nordwestlichen Stadtgebiet, erschließen Erdwärmesonden-Bohrungen in einer zunehmenden Mächtigkeit auch Festgesteine (Schiefer, Gneise), was je nach Anteil der Festgesteine in der Schichtenfolge zu effektiven Wärmeleitfähigkeiten bis zu 3 W/m/K führt.

Die Untergrundtemperaturen des oberflächennahen Untergrundes sind im zentralen Stadtgebiet von Frankfurt aufgrund einer geothermischen Anomalie gegenüber dem Umfeld deutlich erhöht. Kennzeichnend für die Anomalie sind Temperaturen von mehr als 16 °C in 100 m Tiefe (Abb. 1), die nach bisherigem Kenntnisstand abseits bekannter Thermalwasseraufstiege

in Hessen ausschließlich in Frankfurt überschritten werden. Ansonsten werden in dieser Tiefe hessenweit überwiegend Temperaturen von weniger als 12 °C und nur im Bereich des südlichen Taunusrandes bis über 15 °C gemessen.

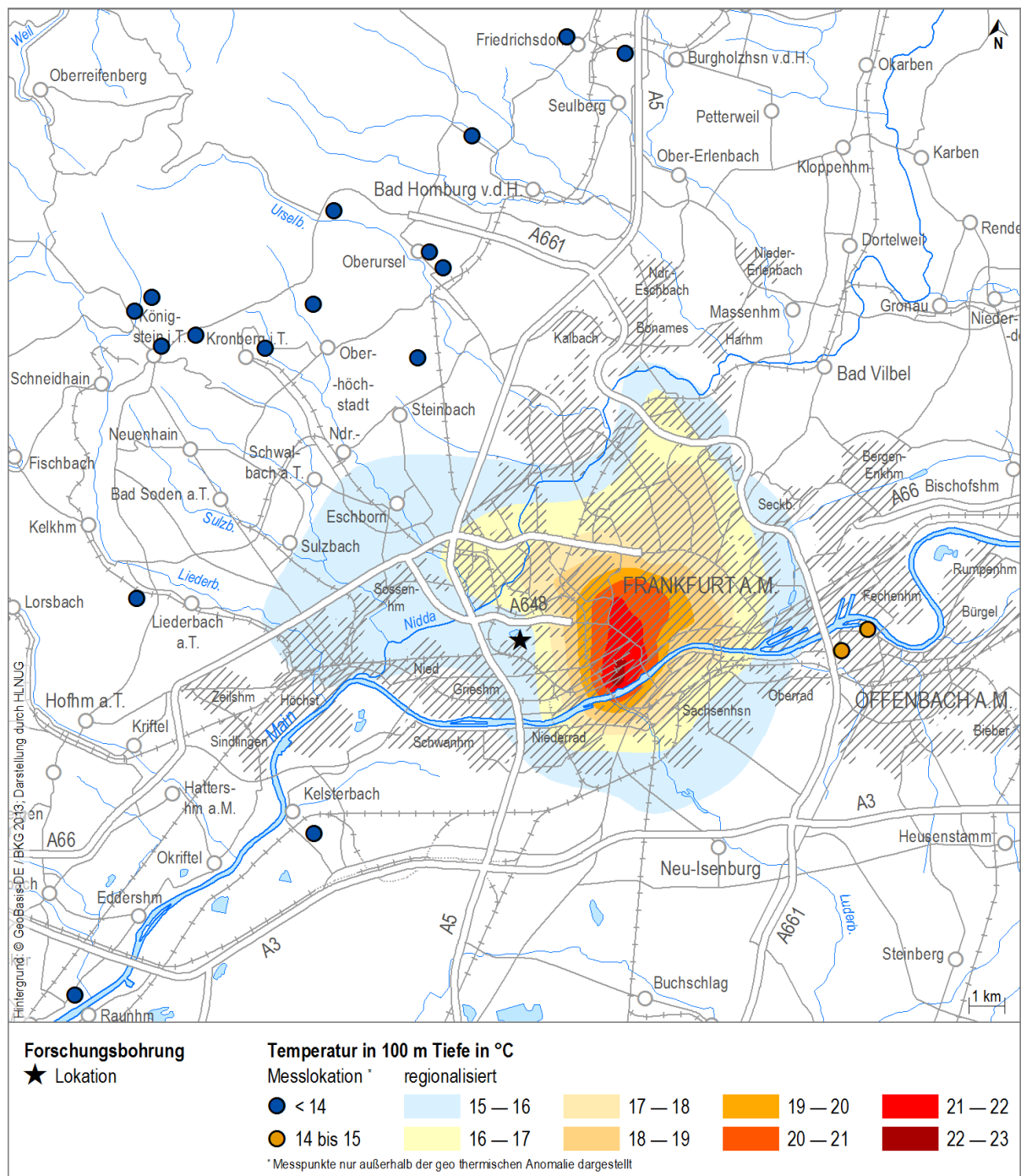


Abb. 1: Karte der geothermischen Anomalie Frankfurt a.M.

Innerhalb der gemäß vorliegenden Daten etwa Nord-Süd gestreckten Anomalie wurden maximale Temperaturen von über 23 °C in 100 m Tiefe (Bereich Gutleutstraße) und 26 °C in 150 m Tiefe (östlich des Senckenberg Naturmuseums) gemessen (Abb. 1). Im südlichen Preungesheim und somit im nordöstlichen Randbereich der Anomalie wurden in 100 m Tiefe 21 °C sowie 24 °C in 240 m Tiefe gemessen. Bereits im Jahr 1883 wurde mit einer 286 m tiefen Bohrung für Brauwasser in Sachsenhausen ein 30 °C warmes Wasser erschlossen (v. REINACH, 1894), wobei unbekannt ist, ob die Temperaturmessung im Bohrlochtiefsten oder am Bohrlochkopf erfolgte.

Die ungleichmäßige räumliche Verteilung der Bohrungen mit Temperaturdaten erschwert eine sichere Ableitung von Bereichen gleicher Temperaturen innerhalb der Anomalie. Deutlich ist jedoch, dass der zentrale, etwa Nord-Süd erstreckte Bereich der Anomalie näher an der westlichen Grenze der Anomalie liegt (Entfernung ca. 1,5 km), als an der östlichen Grenze (Entfernung ca. 4,5 km). Ursächlich ist vermutlich der westlich der zentralen Anomalie liegende Niddagraben und die damit zunehmende Überdeckung der miozänen Schichtenfolgen durch pliozäne und quartäre Sande/Kiese.

3.2 Standort Rebstockbad

Die am Rebstockbad in der Forschungsbohrung und in der rd. 160 m westlich am Rebstockweiher errichteten 100 m tiefen Pilot-EWS gemessenen Temperaturprofile zeigen bei Berücksichtigung des unterschiedlichen Ausbaus beider Bohrungen und zudem der in der Forschungsbohrung nicht auszuschließenden Konvektionsströmung eine vergleichsweise gute Übereinstimmung (vgl. Abb. 28). In beiden Fällen ist der Gradient bis in mehrere Zehnermeter zunächst sehr gering bzw. im Falle der Pilot-EWS bis circa 60 m unter GOK sogar leicht negativ. Erst ab Tiefen von etwa 50 m – 60 m im Falle der Pilot-EWS bzw. 50 m im Falle der Forschungsbohrung zeichnet sich ein höherer Gradient ab, der auf eine geringere effektive Wärmeleitfähigkeit der ab dieser Tiefe anstehenden Gesteine (= Praunheim-Formation) zurückzuführen ist.

Die nordöstlich der Forschungsbohrung nächstgelegene Temperaturmessung innerhalb der Anomalie in rd. 1.400 m Entfernung ergab eine Temperatur von 18,3 °C in 100 m Tiefe.

4 Genehmigungsprozess

Der Hauptbetriebsplan (HBP) nach § 127 BBergG für die Errichtung und den Betrieb der Forschungsbohrung Rebstockbad Frankfurt am Main wurde im Auftrag der Antragstellerin, Magistrat der Stadt Frankfurt am Main, vertreten durch das Energiereferat, von der Fa. Geologische Landesuntersuchung GmbH (GLU) Freiberg erstellt und am 02.05.2022 bei der Bergbehörde des Regierungspräsidiums Darmstadt eingereicht. Mit Schreiben vom 04.08.2022 wurde der Hauptbetriebsplan mit Geltungsdauer vom 01.07.2022 bis 30.06.2024 zugelassen. Diese bergrechtliche Zulassung umfasst nur die Herstellung und den Betrieb der Bohrung sowie beinhaltet die wasserrechtliche Erlaubnis gemäß §§ 8 und 9 i. V. m. § 49 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) für Einleitung und Einbringen von Stoffen in das Grundwasser.

Im Laufe der Bohrarbeiten erfolgten unter anderem folgende Änderungen des Hauptbetriebsplans (HBP) (Änderungsanträge jeweils gestellt von der Fa. GLU):

Am 24.10.2022 wurde der Bergbehörde eine Änderung des HBP vorgelegt, der unter anderem eine Trockenbohrung bis 15 m Teufe mit Ausbau als Hilfsverrohrung, Regelungen zu den oberen drei Bohrsektionen für das Lufthebebohrverfahren bzw. für die Rotary-Spülbohrung und die Gewinnung von Bohrkernen des Rotliegenden in der vierten Bohrsektion zum Inhalt hatte.

Mit E-Mail vom 07.02.2023 wurde der Bergbehörde ein Zementationsprogramm zur Stabilisierung des Bohrloches und der Vermeidung von Spülungsverlusten für eine Länge von 10 m im Bohrkanal, in einer Tiefe von etwa 166 m – 176 m, vorgelegt. Die Änderung wurde am 08.02.2023 zugelassen.

Mit E-Mail vom 10.02.2023 wurde der Bergbehörde eine „Anzeige Forschungsbohrung Rebstockbad, Rückzementation und weiteres Vorgehen, Zeitraum 08.02.2023 bis voraussichtlich Ende Februar 2023“ als Änderung und Ergänzung des o. a. Hauptbetriebsplanes gesendet, die am 13.02.2023 zugelassen wurde. Anlass für beide Änderungen waren hohe Spülungsverluste und das Antreffen von biogenem Methan bei einer Bohrteufe von 176 m.

Am 08.03.2023 wurden Änderungen und Ergänzungen zum Hauptbetriebsplan in Hinblick auf vorzeitigen Wechsel der Bohranlage von der Bergbehörde genehmigt. Grund waren die oft notwendigen Bohrwerkzeugwechsel wegen des häufigen Wechsels von Kalkbänken mit tonig-mergeligen Schichten, die bei dem eingesetzten Lufthebeverfahren zu Verstopfungen

im Bohrstrang führten. Mit dem vorzeitigen Austausch der Bohranlage Wirth B3A gegen die im Genehmigungsverfahren bereits geplante Bohranlage Wirth B4 konnte somit das Bohrverfahren vom Lufthebe- auf das direkte Rotary-Spülbohrverfahren umgestellt werden, was den Bohrfortschritt erheblich beschleunigte.

Ein am 11.05.2023 eingereichter Nachtrag zum Hauptbetriebsplan betraf die von den geplanten 480 m auf ca. 695 m verlängerte Absetzteufe der Bohrsektion 3 und die darauf folgende außerplanmäßige Bohrsektion 3 b, mit der das Tertiär ab 695 m bis zur Oberkante des Rotliegend im Rotary-Direktspülverfahren mit einer 5 ½" B - Vollbohrgarnitur (Bohrlochdurchmesser: 161,9 mm) vollständig durchteuft werden sollte, um das eindeutige Erreichen des Tops des Rotliegend durch die geologische Ansprache von Bohrklein nachzuweisen. Anschließend sollte der Einbau einer 5 ½"-Verrohrung erfolgen, die im Bereich des Zementkopfes (ca. 670 m) abschraub- und ausbaubar ist. Hierdurch sollte schließlich eine vollständig gekernte Bohrung durch das Rotliegend mit einer 4 ¼"-Seilkerngarnitur erfolgen. Die bergrechtliche Zulassung erfolgte am 23.05.2023.

Am 31.05.2023 wurde eine Ergänzung des HBP zur Durchführung hydraulischer Tests zugelassen.

Ein am 26.07.2023 eingereichter und am 27.07.2023 zugelassener Änderungsantrag zum HBP betraf aufgrund der angetroffenen geologischen und hydrogeologischen Situation die veränderten Bedingungen für die hydraulischen Tests und die geophysikalischen Bohrlochmessungen.

Ein weiterer Änderungsantrag hinsichtlich Unterbrechung der Arbeiten mit vorläufiger Sicherung der Bohrung wurde am 27.08.2023 bis zum 30.09.2023 zugelassen.

Am 15.09.2023 wurde eine Ergänzung zum HBP für weiterführende Arbeiten mit einer Workover-Anlage (Soilmec RC 50) beantragt. In der offenen, aber teilweise verstürzten Bohrlochstrecke sollte nach einem Checktrip bzw. Freiräumen das 4 ¼" Seilkern-Gestänge (SK-Gestänge) im Bohrlochtiefsten bis 1060 m u. GOK verbleiben und eine Schussperforation von 930 m - 960 m und 1030 m - 1050 m Teufe durchgeführt werden. Im Anschluss sollte der Bohrstrang bei 870 m geschnitten und gezogen werden, so dass der untere Teil des Gestänges als verlorener Ausbau im Bohrloch verbleibt. Danach sollten 10-tägige Pumpversuche und geophysikalische Bohrlochmessungen erfolgen. Zugelassen wurde diese Ergänzung am

19.09.2023. Die Workover-Arbeiten wurden dann vom 22.09. bis 13.10.2023 durchgeführt, anschließend der Pumpversuch bis 27.10.2023.

Der Abschlussbetriebsplan wurde am 08.11.2023 eingereicht und am 23.12.2023 zugelassen.

Am 22.03.2024 wurde ein Nachtrag zum Abschlussbetriebsplan zur Durchführung von Temperaturmessungen (LIAG und HLNUG) zugelassen, die am 26.03.2024 durchgeführt wurden.

Einleitung von Grundwasser aus den Pumpversuchen

Die Stadtentwässerung Frankfurt am Main erteilte am 20.07.2023 eine Genehmigung mit Festlegung von Einleit-Richtwerten über die Einleitung von Grundwasser aus dem Vorhaben in die öffentliche Kanalisation (Mischwasserkanal Ecke Zum Rebstockbad / Montgolfier Allee MWK).

Lärmschutz

Ein für zukünftige Bohrungen im Innenstadtgebiet wichtiges Ergebnis sind Anforderungen des Lärmschutzes und der zur Umsetzung erforderlichen Maßnahmen. Bei der Durchführung von Bohrarbeiten sind grundsätzlich neben den Vorschriften des Bundes-Immissionsschutzgesetzes die Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen (AVV-Baulärm) zu beachten.

Für die Forschungsbohrung musste hierfür u. a. die Geeignetheit der Bohranlage in Hinblick auf die Geräuschimmissionen anhand einer Immissionsprognose vor Beginn des Einsatzes nachgewiesen werden. Zudem musste für die nächstgelegene Wohnnutzung ein Immissionsrichtwert von 55 dB(A) eingehalten werden. Um dies zu erreichen wurden im Bauablauf Lärmschutzzäune aufgestellt.

5 Bohr- und Ausbauarbeiten

5.1 Bohrarbeiten

Die Bohrung wurde in sechs Sektionen teleskopiert ausgebaut (Abb. 2). Nachdem die oberen fünf Sektionen mit zementhinterfüllten Vollrohren ausgestattet waren, blieb zunächst der

Bereich des Permokarbon offen (Abb. 6). Mit insgesamt vier Pumpversuchen wurde angestrebt, das Bohrloch von der in das Gebirge eingedrungenen Bohrspülung (insgesamt ca. 250 m³) frei zu spülen, die hydraulischen Eigenschaften des Gesteins zu testen und Wasserproben zu entnehmen. Hierbei zeigte sich, dass die klüftigen Sandsteine und die Störungsbereiche in diesem Bohrabchnitt (insbesondere im Tiefenbereich um 930 m) zu Bohrlochwandausbrüchen neigen. Dadurch konnten sowohl nicht alle geophysikalischen Bohrlochmessungen bis zur Endteufe durchgeführt als auch keine befriedigenden Ergebnisse bei den Pumpversuchen erzielt werden. Im Oktober 2023 erfolgte die Herstellung eines behelfsmäßigen Brunnenfilters in dem bis dahin offenen Bohrlochabschnitt von 900 m – 1060 m, um das Gebirge zu stabilisieren und die Möglichkeit für einen erfolgreichen Pumpversuch mit Wasserprobenahme zu bieten. Hierzu wurde das 4 ¼"-SK-Gestänge genutzt, das nach Einfahren bis auf 1060 m in den Tiefenbereichen 930 m – 960 m und 1030 m – 1050 m mittels Hohlladungen mit insgesamt 962 geschossenen Löchern versehen und dann ebenfalls mittels Hohlladung bei 870 m Tiefe abgetrennt wurde. Bis Ende Oktober 2023 wurde ein Pumpversuch mit Entnahme von Wasserproben durchgeführt.

5.1.1 Allgemeine bohrtechnische Angaben¹

erster Bohrtag:	24.10.2022 (Greiferbohrung) 8.12.2022 (Rotary-Lufthebe-Verfahren)
letzter Bohrtag:	06.07.2023
Endteufe:	1060,0 m
ausführendes Bohrunternehmen	Daldrup und Söhne AG
Bohrplanung und -überwachung	Geologische Landesuntersuchung GmbH Freiberg
Bohrart und Bohrgerät	• bis 145,0 m Lufthebeverfahren / Wirth B3A • bis 1060,0 m (ET) Rotary-Direktspülverfahren / Wirth B4 (DS03) • Soilmec RC 50 I für das Setzen des verlorenen Ausbaus (perforierter Bohrstrang als Filter)

5.1.2 Angaben zum Bohrlochdurchmesser

<u>Bohrteufe</u>	<u>Bohrverfahren</u>	<u>Bohrlochdurchmesser</u>
0,0 – 15,0 m	Greiferbohrung	880 mm
15,0 – 58,0 m	Lufthebeverfahren	23" (584,2 mm)
58,0 – 357,0 m	Lufthebe-/Rotary- Direktspülbohren	14 ¾" (374,7 mm)

¹ Daten gemäß Abschlussbericht GLU

357,0 – 695,0 m	Rotary-Direktspülbohren	10 5/8" (269,9 mm)
695,0 – 900,0 m	Rotary-Direktspülbohren	6 1/4" (158,8 mm)
900,0 – 1060,0 m	Rotary-Kernbohrung	4 1/4" (120,7 mm)



5.1.3 Angaben zu den Verrohrungen und Zementationen

660 mm Hilfsstandrohr

Einbaudatum: 26.10.2022

Rohrschuhteufe: 15,0 m

Wandstärke: 6,3 mm

Höhe der Zementsäule: über Tage

Zementmenge / -art: 4,9 m³ Portlandzement (Heidelberg Cement CEM I 42,5 R)

Sektion 1: 18" Standrohr

Einbaudatum: 21.12.2022

Rohrschuhteufe: 58,42 m

Wandstärke: 6,3 mm

Höhe der Zementsäule: über Tage

Zementmenge / -art: 9,16 m³ Portlandzement (Heidelberg Cement CEM I 42,5 R)

Sektion 2: 11 ¾" Ankerrohrtour

Einbaudatum: 27.03.2023

Rohrschuhteufe: 355,0 m

Wandstärke: 9,53 mm

Höhe der Zementsäule: über Tage

Zementmenge/-Art: 31,4 m³ Portlandzement (Dyckerhoff API Class C Grad O)

Sektion 3: 8 5/8" Linerrohrtour

Einbaudatum: 24.04.2023

Liner-OK: 309,32 m

Rohrschuhteufe: 688,50 m

Wandstärke: 10,16 mm

Höhe der Zementsäule: 310,0 m

Zementmenge/-Art: 28,0 m³ Portlandzement (Dyckerhoff API Class C Grad O)

Sektion 4: 5 ½" Endrohrtour

Einbaudatum: 09.06.2023

Rohrschuhteufe: 897,0 m

Seal Stem/PBR Höhe: 309,32 m

Wandstärke: 6,2 mm

Höhe der Zementsäule: 310,0 m

Zementmenge/-Art: 12,3 m³ Portlandzement (Dyckerhoff API Class C Grade O)

Sektion 5: 4 ¼" verlorener Ausbau (Ausbau nach Erreichen der Endteufe)

Einbaudatum: 05.10.2023

Rohrschuhteufe: 1060,9 m (gemäß Tagesbericht vom 06.10.2023, Fa. Daldrup)

OK Verrohrung: 870,0 m

Wandstärke: 6,3 mm

Perforationsstrecken: 930 m – 960 m, 1030 m – 1050 m

5.1.4 Havarien und Fangarbeiten

04.02.2023	Gas (methanhaltig) bei 176 m Teufe angetroffen, Bohrloch bis 94 m zugestürzt, danach Rückzementation bis 56,4 m (Rohrschuh 18" Rohrtour), 04.02.2023 – 10.02.2023: Gaswache
25.02.2023 – 26.02.2023	Verlust von 114 m Bohrgestänge im Bohrloch durch Abdrehen des Bohrstrangs während Bohrvorgang, Fishing-Versuch am 26.02.2023 erfolgreich
16.03.2023 – 17.03.2023:	Bolzen der Rotary-Zange im Bohrloch verloren, Fishing-Versuche ohne Erfolg
27.04.2023	Leckage an Spülpumpe; Spülung auf Dichtungsbahn aufgefangen und abgepumpt
26.10.2023	Verlust eines Datenloggers Mikrolog P2 beim Ausbau der Pumpe vom vorangehenden Pumpversuch festgestellt. Kein Fishing-Versuch.

5.1.5 Verfüllungen

Die ausgebaute Bohrung wurde nicht verfüllt, da eine weitere Nutzung der Bohrung zur Gewinnung der Erdwärme in Erwägung gezogen wird.

5.1.6 Filtereinbau / Perforation

Durch die Installation eines 4 ¼" (108 mm) Stahlrohres mit einer Wandstärke von 6,3 mm von 870 m u. GOK bis 1059 m u. GOK wurde die unterste Bohrlochstrecke im Permokarbon vor Versturz geschützt. Die für die Durchführung der Pumpversuche (siehe 7.2) notwendige hydraulische Anbindung des untersten Bohrlochbereiches an die in diesem Teufenintervall erschlossenen Rotliegend-Formation wurde durch die Perforation des 4 ¼" (108 mm) Seilkern (SK) - Rohres in den Intervallen von 930 m – 960 m u. GOK und 1030 m – 1050 m u. GOK realisiert. Die von der Fa. Balnce Point Control GmbH durchgeführte Perforation erfolgte dabei durch eine 2 1/8" Perforationskanone mit einem Schussbild von 60°-Schussversatz und einer Schusspunktdichte von 6 Schuss / Fuß bzw. etwa 20 Schuss / Meter. Auf einer Intervalllänge von 10 m erfolgten demnach 192 Schuss. Insgesamt wurde das 4 ¼" (108 mm) SK - Rohr mit 960 Schuss perforiert. Als Perforationsbesatz wurden Ladungen vom Typ Hero SDP-2107-410 verwendet. Die durch die Perforation erzeugten Löcher haben einen durchschnittlichen Lochdurchmesser von 0,26" bzw. 6,6 mm. Die Eindringtiefe wird mit etwa 25,2" bzw. 640 mm angenommen. Nach Herstellung der Perforation wurde das 4 ¼" (108 mm) SK-Rohr mittels Schneidschuss bei 870 m u. GOK abgetrennt und der darunter liegende Abschnitt als verlorener Ausbau im Bohrloch belassen.

5.1.7 Zustand des Bohrlochkopfes und Bohrplatzes nach Beendigung der Arbeiten

Nach Beendigung der Bohr- und Versuchsarbeiten wurde der aus Beton bestehende Bohrkeller mit einem abnehmbaren Deckel der Lastklasse D400 versehen und so zu einer Brunnenstube umfunktioniert (siehe Abb. 3 und Abb. 4). Der Zugang zur Brunnenstube ist über eine im Deckel befindliche, abschließbare Zugangsluke (Mannloch) gegeben. Der Bohrkopf ist mit einem 11 ¾" Abschlussdeckel (API 5K) mit einer Druckstabilität von 5.000 psi gesichert. Der Deckel ist druckfest mit dem auf der 11 ¾" Rohrtour aufgeschweißten Flansch verschraubt und trennt zugleich den Ringraum zwischen 5 ½" und 11 ¾" Verrohrung vom Inneren der 5 ½" Verrohrung ab. Die Möglichkeit zum Monitoring des Ringraumes zwischen der 5 ½" und 11 ¾" Verrohrung wie auch des Inneren der 5 ½" Verrohrung sind jeweils ein 3-Wege-Kugelhahn mit Gasmessleitung und Manometer (Messbereich bis 200 bar) angebracht. Auf dem Bohrplatz sind alle Betriebsanlagen zurückgebaut. Der oberhalb der Sperrschicht aufgetragene Schotter wurde entfernt und der darunter befindliche, unbelastete Schotter in Absprache mit den Nachnutzern und Eigentümern der genutzten Flächen in reduzierter Mächtigkeit über die Parkbucht ausgebreitet.

Der die Brunnenstube / den Bohrkeller aufliegende Deckel muss für Probenahmen oder bohrlochgeophysikalische Befahrungen der Bohrung abgenommen werden.

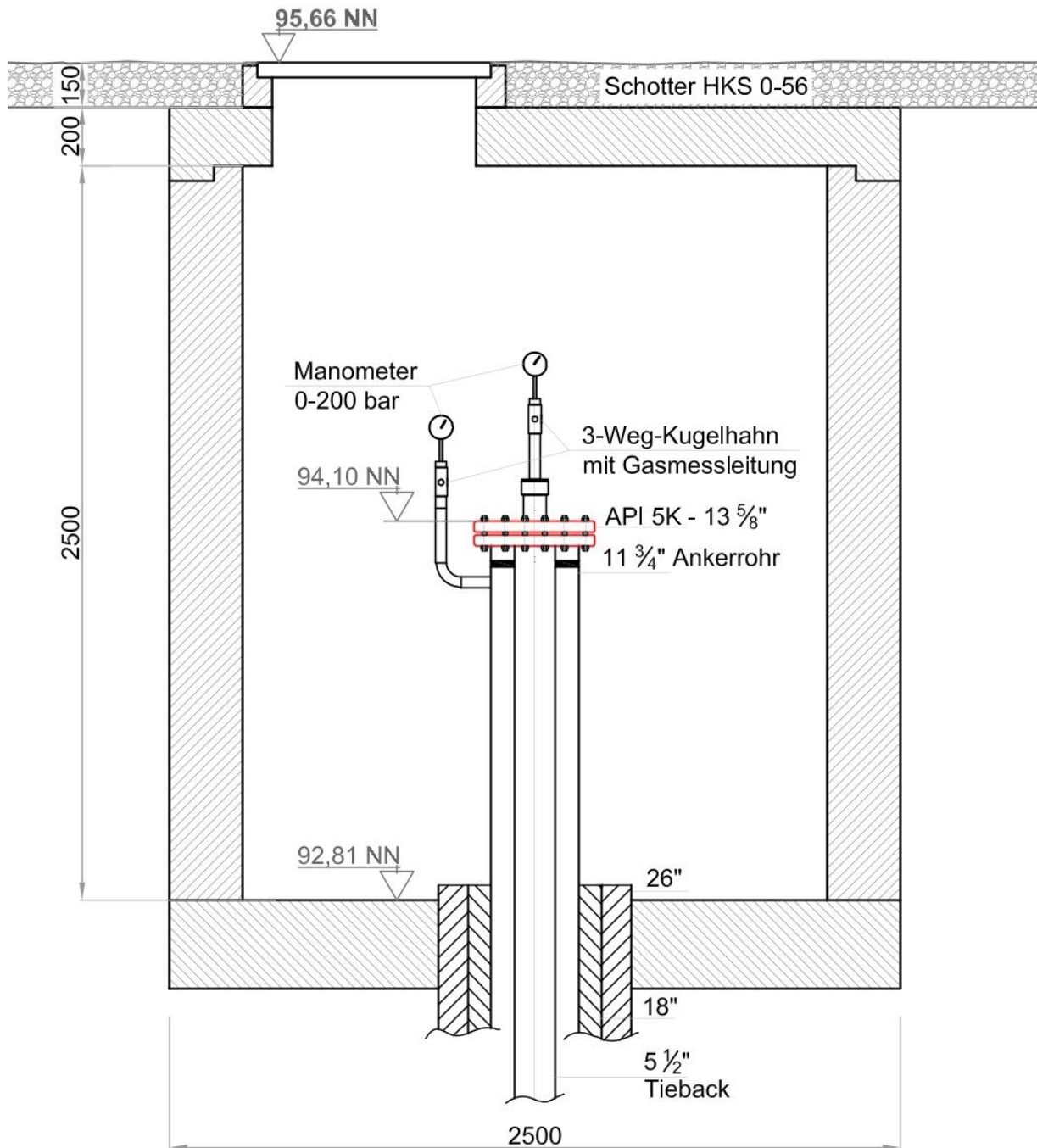


Abb. 3: Brunnenstube (Zeichnung Fa. Daldrop GmbH).



Abb. 4: Blick in die Brunnenstube (Foto Rumohr).

5.1.8 Potenzielle Bohrrisiken: Gas, Arteser etc.

Bei Planung der Bohrung wurden folgende mögliche Bohrrisiken für den Standort Rebstockgelände benannt, die auf Basis des damaligen Kenntnisstandes über den Untergrund der Stadt Frankfurt durch das HLNUG identifiziert wurden:

Arteser bzw. gespanntes Grundwasser

Artesische Verhältnisse wurden als sehr wahrscheinlich eingeschätzt, waren aber in der am Standort ebenfalls niedergebrachten 100 m tiefen Pilot-Erdwärmesonde nicht festgestellt worden. Ein Restrisiko wurde für den zu bohrenden Teufenbereich 100 m – 260 m gesehen.

Quellen von Tonen

Konkrete Informationen aus Bohrungen in der näheren Umgebung gab es dazu nicht. Dem HLNUG ist ein Vorhaben aus dem Frankfurter Stadtgebiet bekannt, bei dem das Zugehen eines Bohrlochs innerhalb von ca. 18 – 24 Stunden von rd. 150 mm auf 100 mm festgestellt wurde, was vermutlich eher durch den Gebirgsdruck als das Quellen von Tonen verursacht wurde. Innerhalb der mächtigen tonigen Abfolgen der Schichten des Tertiärs (insbesondere in den Hydrobien-Schichten (Frankfurt- und Wiesbaden-Formation) war Tonquellen nicht vollkommen auszuschließen.

Karsthohlräume

Im Kalktertiär (Rüssingen-Formation und Cerithien-Schichten, Teufenbereich 200 m – 350 m) sind Karsthohlräume bekannt. Spülungsverluste wurden insbesondere bei unverrohrter Bohrung für möglich gehalten.

Oberflächennahes Gas

Eine wenige Zehnermeter tiefe Bohrung hat vor ca. 20 Jahren am Westhafen (biogenes) Methan erschlossen. Nach wenigen Stunden waren keine Gasanzeichen mehr festzustellen. Zudem wurden im Bereich Frankfurt-Nied im 32,55 m tiefen Selzerbrunnen Gasaustritte mit einem Gasvolumen von etwa 0,4 l/s gemessen, wovon Methan einen Anteil von 70 % hatte (Erläuterungen zur GK 25 5817 Frankfurt a. M. West). Der Austritt oberflächennahen Erdgases (Methan) konnte daher bei der Bohrung nicht ausgeschlossen werden.

Tieferliegende Gasvorkommen

Die Wahrscheinlichkeit auf Öl- oder Gasvorkommen zu treffen, wurde als sehr gering eingeschätzt und nur für die Hydrobienschichten ein Restrisiko gesehen. Analog zu Bohrungen im Oberrheingraben wurde von geringen Überdrücken und geringen Volumina ausgegangen (max. 10 – 15 bar werden für den Oberrheingraben angegeben, durch die wesentlich geringere Tiefenlage im Bereich von Frankfurt müsste es hier viel geringer sein). Außerdem wurde Erdgasführung in den PechelbronnGruppe oberhalb des Rotliegend nicht gänzlich ausgeschlossen.

CO₂ und H₂S (Angaben u. a. aus den Erläuterungen zur GK 25 5817 Frankfurt a. M. West)

CO₂-Aufstiege im Stadtbereich von Frankfurt sind nicht bekannt. Die ehemaligen Heilquellen von Offenbach, die aus dem Rotliegend förderten, zeichneten sich durch geringe Gehalte an

freiem CO₂ aus. Allerdings sind einige Mineralwässer am Taunussüdrand (Bad Soden, Kronberg und Bad Vilbel) CO₂-führend. Es war daher nicht gänzlich auszuschließen, dass über Störungen CO₂-haltige Wässer in das Gebiet der Bohrung aufsteigen.

Schwefelwasserstoff (H₂S) tritt aus tertiären Schichten dem Wasser hinzu und ist vor allem im Verbreitungsgebiet der miozänen Wiesbaden- und Frankfurt-Formation in den oberen 50 m – 100 m in den westlichen Stadtteilen von Frankfurt in vielen Bohrungen/Brunnen nachweisbar, war also auch am geplanten Bohrungsstandort nicht auszuschließen.

Induzierte Seismizität

Das Gelände des Rebstockbades befindet sich in der Erdbebenzone 0 nach DIN EN 1998-1. Die natürliche Seismizität war daher hier als gering einzuschätzen und es wurden daher keine notwendigen Sicherheitsvorkehrungen empfohlen. Die Wahrscheinlichkeit, durch eine zunächst geplant 700 m – 800 m tiefe, letztlich aber 1060 m tiefe Bohrung, allein nur durch den Bohrvorgang eine signifikante Seismizität zu induzieren, wird nach aktuellem Kenntnisstand auch nach erfolgter Forschungsbohrung als vernachlässigbar eingeschätzt.

In der Vergangenheit wurden Bohrungen bis in das Rotliegend im Bereich von Frankfurt (hier Sachsenhausen) und Offenbach (hier die ehemaligen Heilquellen) niedergebracht. Im Bereich von Neuhoef (südöstlich Dreieich) hat eine ca. 500 m tiefe Bohrung das Rotliegend durchteuft und das Kristallin erreicht. Alle diese Bohrungen wurden ohne Hinweise auf eine induzierte Seismizität abgeteuft.

5.1.9 Eingetretene Bohrrisiken und -probleme beim Abteufen der Bohrung

Erhebliche Probleme entstanden beim Lufthebebohren in den obersten 145 m durch die Wechsellagerung von Tonen und Mergeln mit Kalksteinbänken, das Verstopfen der Bohrmeißel (Blockaden mit Kalksteinbrocken im Flügelmeißel oder „Bit balling“ des Rollmeißels im plastischen Ton) und den dadurch bedingten häufigen Wechsel des Bohrwerkzeugs mit entsprechender großer zeitlicher Verzögerung der Bohrung. Dolomitisierte, teils kavernöse Kalksteine und poröser Kalksteingrus führten zu Spülungsverlusten. Die Bohrung verstürzte u. a. durch den zu diesem Zeitpunkt noch nicht durchgeführten 24-Stunden- / 7-Tage-Betrieb mit entsprechenden Stillstandszeiten mehrfach und musste jeweils wieder aufgebohrt und teilweise nachzementiert werden. Durch den Wechsel der Bohranlage Wirth B3A mit Bohren im

Lufthebeverfahren auf das wesentlich größere Bohrgerät Wirth B4 mit Bohren im direkten Rotary-Spülbohrverfahren ab 18.03.2023 und durch die Umstellung auf den 24-Stunden-Bohrbetrieb war dieses Problem behoben, siehe auch Abb. 5 (Bohrfortschritt).

Oberflächennahes Gas

Am 04.02.2023 wurde während des Bohrbetriebs bei einer erreichten Teufe von 176 m im Bereich der untermiozänen Wiesbaden-Formation (Untere Hydrobienschichten) durch den Sensor der Firma Geo Service GmbH an der Sieb-Einheit biogenes Methan detektiert und ein Alarm ausgelöst. Einhergehend mit der Detektion von Gas wurde ein kurzzeitiger Anstieg der Bohrspülung und im Anschluss ein Spülungsverlust von 2,5 m³ innerhalb von 10 Minuten festgestellt. Die Bergbehörde forderte daraufhin einen 24-Stunden-Bohrbetrieb. Vermutlich infolge des Bohrungsstillstandes aufgrund des Gasaustrittes verstürzte das Bohrloch in einer Tiefe von 94 m. Zur Stabilisierung des Bohrlochs erfolgte eine Rückzementation bis 56,4 m. Der am 06.07.2023 gezogene Bohrkernabschnitt 1058 m – 1060 m wies Anzeichen von Gas auf. Die Bohrarbeiten wurden hierauf eingestellt.

Zusammenfassung und Empfehlung für künftige Bohrungen

Da die mit der Forschungsbohrung erschlossene Schichtenfolge gegenüber dem geologischen Vorprofil erhebliche Abweichungen in der Mächtigkeit einzelner Schichtglieder insbesondere der Tertiärabfolge zeigt, wird vor dem Abteufen ähnlich tiefer Bohrungen im Frankfurter Stadtgebiet eine seismische Vorerkundung dringend angeraten. Dies hat erhebliche Vorteile hinsichtlich der Planung der Bohrdurchmesser und -längen sowie der Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge in den festzulegenden Bohrsektionen. Das Bohren in klüftigen oder porösen Abschnitten mit zu erwartenden Spülungsverlusten, eventuelle Gasführung oder stark tonige Abschnitte können mit einem besser prognostizierten Vorprofil wesentlich vorausschauender geplant werden. Eine seismische Vorerkundung für neue Vorhaben ist insbesondere dann sehr aussichtsreich, wenn ein vertikales seismisches Profil (VSP-Log) aus der Forschungsbohrung vorliegt. Die in der Forschungsbohrung angetroffene Schichtabfolge kann damit den Reflektoren im VSP Log zugeordnet werden. Bei einer seismischen Vorerkundung eines neuen Vorhabens können die darin aufgezeichneten Reflektoren nun den einzelnen Schichtgliedern zugeordnet werden, so dass eine Auflösung der Tiefenlage der Schichtabfolge und ein Erkennen des Verlaufs und der Versatzbeträge von Störungen möglich wird.

Die Durchführung eines VSP-Logs in der FB Rebstock wird daher als äußerst sinnvolle Maßnahme zur Gewinnung von Daten für weitere Projekte empfohlen.

Für die Bohrungsdurchführung wird empfohlen, künftige Bohrungen von Beginn an im direkten Rotary-Spülverfahren abzuteufen, um ein Verstopfen des Bohrwerkzeugs bzw. Bohrstranges durch Gesteinsbruchstücke oder durch zähe Tone in den Abschnitten des Tertiärs zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sind von vornherein umfangreiche Lärmschutzprognosen und -maßnahmen durchzuführen, da insbesondere die für die Spülung verwendete Pumpe hohe Lärmemissionen erzeugt.

Nach den Erfahrungen in der Forschungsbohrung ist im Stadtgebiet von Frankfurt nicht mit tiefliegenden, stark druckhaften Gasvorkommen zu rechnen. Mit der Bergbehörde ist daher abzustimmen, ob zur Ableitung oberflächennaher biogener Methanvorkommen in den Hydrobienschichten ein Diverter ausreicht oder ob ein Blowout-Preventer eingebaut werden muss.

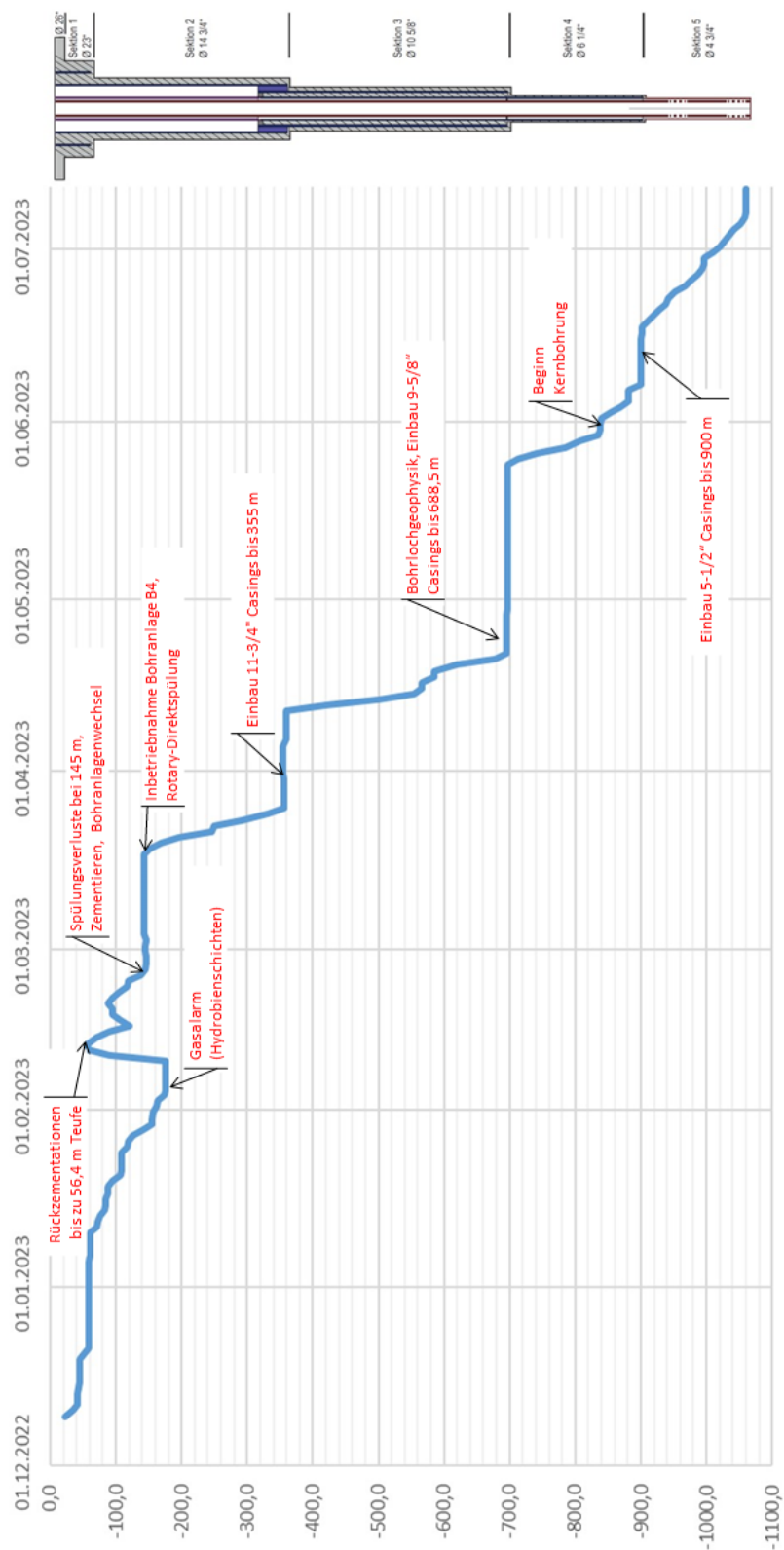


Abb. 5: Bohrfortschritt und wichtige Ereignisse, die den Bohrablauf beeinflussten.

6 Geologie

Das geologische Ziel der Forschungsbohrung war die vollständige Durchteufung des Rotliegend. Durch die gegenüber dem Vorprofil erheblich größere Mächtigkeit des Tertiärs wurde die Bohrung wesentlich tiefer, als es die Planung mit 800 m vorgesehen hatte. Die Bohrung hätte aus Zeit- und Kostengründen bei 1100 m u. GOK eingestellt werden müssen, wurde jedoch aufgrund von Gasanzeichen im letzten Bohrkernabschnitt bei einer Tiefe von 1060 m eingestellt. Die Bohrung hat das Rotliegend somit nur auf einer Länge von 160 m erschlossen (Abb. 6). Das geologische Ziel einer Bohrung bis zum präpermischen Untergrund wurde daher nicht erreicht. Es ist daher auch nicht geklärt worden, ob im präpermischen Untergrund gefaltete paläozoische Gesteine des Rhenoharzynikums bzw. der nördlichen Phyllitzzone oder kristalline Gesteine der Mitteldeutschen Kristallinzone (Saxothuringikum, wie im Oberrheingraben im Westen) anstehen.

Nachfolgend werden die in der Forschungsbohrung Rebstock angetroffenen Gesteinseinheiten und deren stratigraphische Einstufung vom Jüngsten ins Älteste beschrieben. Bis 838,5 m Bohrtiefe wurde im Lufthebe- und direkten Rotary-Bohrverfahren lediglich Bohrklein aus der Bohrspülung gewonnen. Ab 838,5 m wurden im Seilkern-Bohrverfahren durchgehende Bohrkernkerne entnommen, mit einer Unterbrechung zwischen 880,5 und 902,5 m. Das Schichtenverzeichnis findet sich in Anlage A.

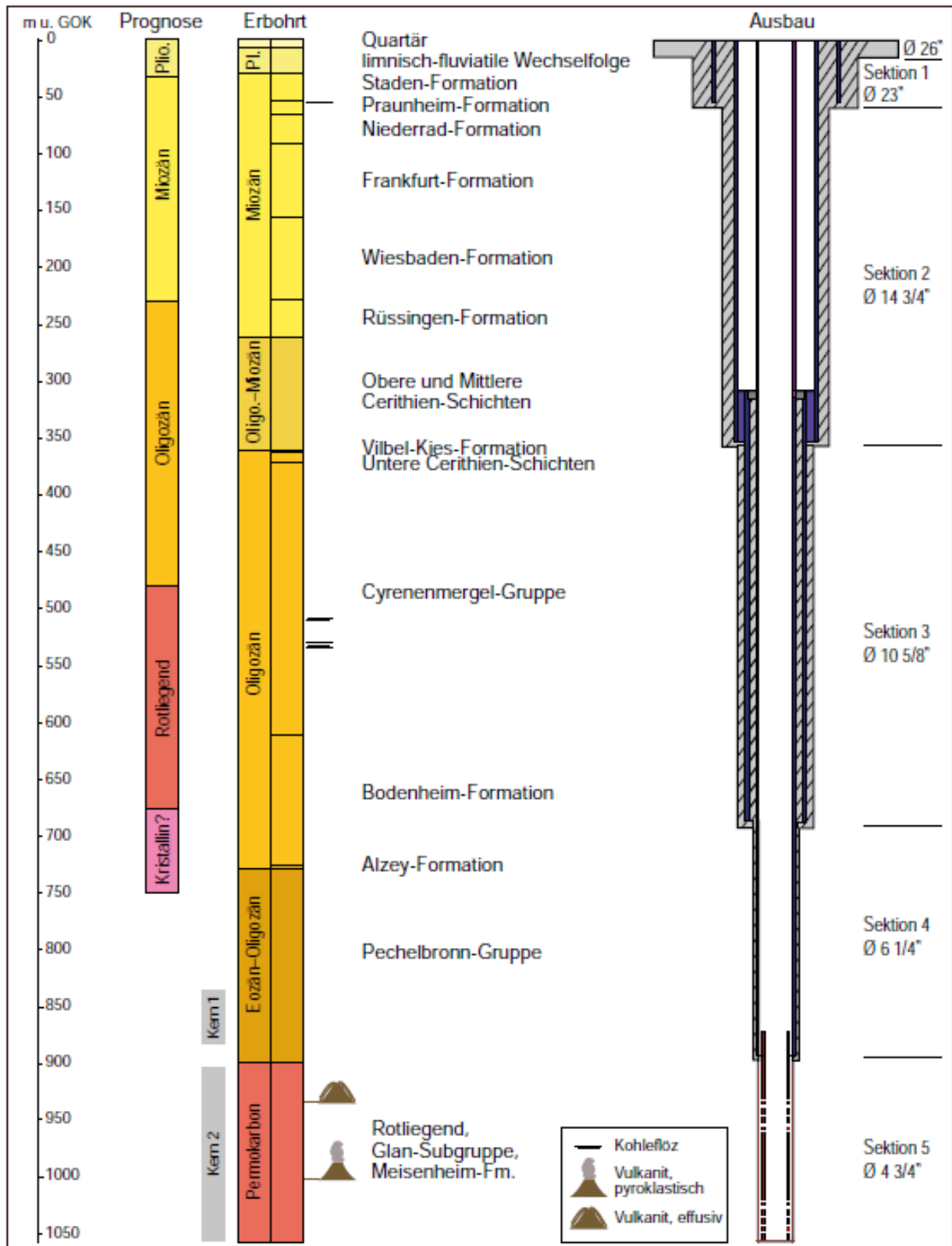


Abb. 6: Erbohrtes Schichtprofil (Mitte) im Vergleich mit dem prognostizierten Profil (links), endgültiger Bohrungsausbau (ganz rechts).

6.1 Quartär (0 m – 6,7 m)

Nach den obersten 0,5 m anthropogenen Ablagerungen folgen bis 6,7 m eiszeitliche Schotter des Mains in Form von hellgraubraunen Terrassensanden und -kiesen.

6.2 Tertiär (6,7 m – 900 m)

Die obersten Schichten des Tertiärs werden von kalkfreien, meist gräulichen, teils braunkohlehaltigen Sanden und Tonen der limnisch-fluviatilen Wechselfolge des Oberpliozäns (6,7 m – 29 m) aufgebaut.

Die in weiten Teilen des Stadtgebiets abgelagerten miozänen Basalte fehlen an dieser Stelle. Es folgen die Sedimente des Untermiozäns mit Tonen, Schluffen und Sanden der Staden-Formation (29 m – 53 m), welche, ähnlich wie die pliozänen Ablagerungen, in einer Seen-Flüsse-Landschaft (limnisch-fluviatil) entstanden sind. Im Liegenden der Wiesbaden-Formation folgen die Relikte von Sumpfwäldern und Sümpfen in Form von Braunkohlen und bituminösen (Mergel-)Tonen der Praunheim-Formation (53 m – 65 m). Im Liegenden schließt sich die Niederrad-Formation (65 m – 92 m) mit ihren dunkelgrauen, teils grün- und blautichigen Schluffmergeln und Mergeltonen an (Abb. 7a), in die, neben dünnen Dolomitsteinbänken, immer wieder Algenriffe eingeschaltet sind. Sie sind Ausdruck eines relativ flachen, lichtdurchfluteten Gewässers mit limnisch-brackischer Salinität. Deutlich eintöniger dagegen sind die Frankfurt-Formation (92 m – 156 m) und Wiesbaden-Formation (156 m – 229 m) – aufgrund ihres weiten Verbreitungsgebiets in der Frankfurter Innenstadt auch „Frankfurter Tone“ und wegen des durchgängigen Vorkommens von Hydrobien (kleine Wattschnecken) früher auch als „Hydrobienschichten“ bekannt. Sie bestehen aus dunkelgrauen Mergeltonen, in die nur vereinzelt geringmächtige Dolomitsteinbänke und Algenriffe eingeschaltet sind, und sind die Zeugen eines brackischen bis schwach marinen Binnengewässers. Die Obergrenze der Wiesbaden-Formation wird von einem markanten Horizont (156 m – 160 m) aus nahezu kalkfreien Sanden und Tonen ausgebildet. Darunter folgen die Dolomitsteine und Mergeltone der Rüssingen-Formation (229 m – 262 m), die durch das Leitfossil *Hydrobia inflata* stratigraphisch gut abgegrenzt werden kann. Die Ablagerung geschah in einem flachen Binnengewässer mit stark schwankenden Salinitäten.

Es schließen sich die Oberen und Mittleren Cerithien-Schichten (262 m – 362 m) an, die in erster Linie aus kalksandigen, gräulichen Mergeltonen und Mergeln bestehen, in die gele-

gentlich Kalkstein- und Dolomitsteinbänke eingeschaltet sind. Reste von Schnecken und Muscheln sind vergleichsweise häufig. Als Ablagerungsraum wird ein relativ flaches Gewässer mit brackischer bis annähernd mariner Salinität angenommen. Unterbrochen werden die tonig-mergeligen Sedimente der Cerithien-Schichten von stark sandigen Feinkiesen der Vilbel-Kies-Formation bei (362 m – 364 m), welche als Schüttungen aus dem Bereich des Rheinischen Schiefergebirges im Norden gedeutet werden. Unterhalb davon schließen sich die Unteren Cerithien-Schichten (364 m – 373 m) mit Mergeln, Algenkalksteinen und schwach verfestigten, kalkigen Feinsande an.

Im Liegenden bilden Schluffmergel, Mergeltone, Mergel, sowie kalkige, schwach verfestigte Feinsande die Cyrenenmergel-Gruppe (373 m – 606 m). Lagenweise treten Fossilien von Schnecken und Muscheln auf. Im unteren Abschnitt sind zudem geringmächtige Braunkohleflöze eingeschaltet. Die Artenvielfalt ist vergleichsweise gering und deutet auf brackische Verhältnisse hin, wohingegen die Kohleflöze die zeitweise starke Aussüßung des Gewässers widerspiegeln. Deutlich monotoner hingegen sind die Ablagerungen der Bodenheim-Formation (606 m – 728 m). Diese, ehemals als „Rupelton“ bezeichnet, setzen sich größtenteils aus dunkelolivgrauen bis dunkelbraunen Mergeltonen zusammen. Makrofossilien sind selten, jedoch kann – typisch für marine Bedingungen – eine artenreiche Foraminiferenfauna (Einzeller) vorgefunden werden (Abb. 7b). Die im Liegenden der Bodenheim-Formation befindliche Alzey-Formation (728 m – 730 m), auch „Meereskalk“ genannt, wurde in Form eines kalkhaltigen, feinsandigen Schluffes erbohrt und stellt den küstennahen Aufarbeitungshorizont der zweiten Rupel-Transgression dar.

Den Abschluss der tertiären Schichtenfolge bildet die Pechelbronn-Gruppe (730 m – ca. 900 m). Sie lässt sich dreiteilen, wobei die Oberen Pechelbronn-Schichten größtenteils aus grauen, teils kieshaltigen Quarzsanden in schluffiger Matrix bestehen, in die bunte Ton-/Schluffsteine eingeschaltet sind. Es handelt sich um fluviatil-alluviale Bildungen. Die Mittleren Pechelbronn-Schichten in ihrer typisch brackisch-marinen Ausbildung (Erste Rupeltransgression) konnten in der Bohrung bisher nicht zweifelsfrei identifiziert werden. So enthalten die Proben bei 790 m – 814 m neben grauen und bunten Ton-/Schluffsteinen zwar, wenn auch nur untergeordnet, Mergel, jedoch fehlt die für diese Schichten typische Fossilfauna. Schwarzpelite (organikreiche, dunkle Tonsteine), die in der Literatur als Altwasserablagerun-

gen gedeutet werden, sind dagegen häufig. Es ist denkbar, dass die brackisch-marinen Sedimente nicht bis in diese Region vorgedrungen sind. Die Unteren Pechelbronn-Schichten setzen sich aus bunten Ton-, Schluff- und Sandsteinen sowie Brekzien zusammen. Die Gesteine wurden fluviatil-alluvial abgelagert. Gelegentlich kommen Wühl- und Grabgänge vor. Die bunten, meist roten und gelben Ton-/Schluffsteine weisen auf Phasen intensiver Bodenbildung hin (Abb. 7c, d).

6.3 Permokarbon (900 m – 1060 m)

Ab 902,5 m wurden bis zur Endteufe Bohrkerne gewonnen.

Von 902,5 m – 912 m Teufe dominieren graue, mittel- bis grobkörnige, feldspatreiche, feste Sandsteine und Konglomerate (Abb. 7e). Sie sind Ablagerungen eines relativ energiereichen, sogenannten verwilderten Flusssystems.

Von 912 m – 922 m folgt ein stark zerbohrter Abschnitt aus grauen Schluff- und Sandsteinen, die vermutlich in einer Störungszone tektonisch brekziiert wurden. Unterhalb von 922 m dominieren bis 944 m weiterhin graue Feinsand- und Schluffsteine, in die mehrere Schwarzpelite sowie einzelne dünne schwarze Kohlelagen mit pyritisierten Pflanzenresten eingelagert sind. In einer der Schwarzpelite ist ein 90 cm mächtiger, basaltisch-andesitischer, sekundär stark alterierter Vulkanit eingeschaltet (Abb. 7f).

Von 944 m – 977 m sind die Sandsteine tendenziell grobkörniger, enthalten jedoch weiterhin Schwarzpelit- und Kohlelagen. Die Sedimente dieses sandsteindominierten Bereichs entstanden in einer reliefarmen Flussebene mit Deltas und schlecht durchlüfteten Altarmen und Seen, in die vereinzelt vulkanische Ablagerungen gelangten.

Eine graue Konglomeratbank zwischen 977 m und 980 m mit Geröllen bis 8 cm Durchmesser belegt größere Strömungsenergien.

Der Abschnitt von 980 m – 1035 m wird von einer Wechsellagerung von Ton-Schluffsteinen und Feinsandsteinen eingenommen. Die Sedimentfarbe ist zunächst weiterhin grau, erst unterhalb von 1001 m sind einige rotbraune, meist tonig-schluffige Bereiche eingeschaltet (Abb. 7g). Auffallend sind ein biogener Kalkstein mit Strukturen von Algenmatten, eine vulkaniklastische Schicht sowie mehrere grünlichgraue feinkörnige Lagen, bei denen es sich eben-

falls um vulkanische Tuffe handeln könnte. Schwarzepelite und Kohlen kommen in diesem Abschnitt nicht vor. Die Sedimente wurden im relativ gut durchlüfteten Uferbereich eines Sees abgelagert, in den zeitweise vulkanische Auswurfprodukte eingetragen wurden.

Unterhalb von 1035 m schalten sich einige kiesige Sandsteine und Konglomeratlagen in die weiterhin feinkörnig dominierte Abfolge ein. Ab 1055 m kommen auch Schwarzepelit- und sehr dünne Kohlelagen wieder vor. Dies spricht für wechselnd gut oder schlecht durchlüftete Bereiche eines Deltas in einen See, mit zeitweise hoher Strömungsenergie in Fließrinnen.

Die ab ca. 900 m erbohrten Festgesteine wurden vorläufig der Meisenheim-Formation (Glan-Subgruppe, frühes Rotliegend) zugeordnet. Es gibt jedoch bislang noch keine Beweise, dass es sich nicht um Ablagerungen des späten Rotliegend oder des Oberkarbons handelt. Sogar die Einstufung in das Tertiär (Eozän bis Unter-Oligozän) bis zur Endteufe schien zunächst grundsätzlich denkbar, da die Ablagerungsmilieus in diesen drei Zeitabschnitten im Rhein-Main-Gebiet sehr ähnlich waren. Dies konnte anhand paläobotanischer Untersuchungen jedoch ausgeschlossen werden (Dr. Uhl, Senckenberg Forschungsinstitut Frankfurt/M., in Vorb.).

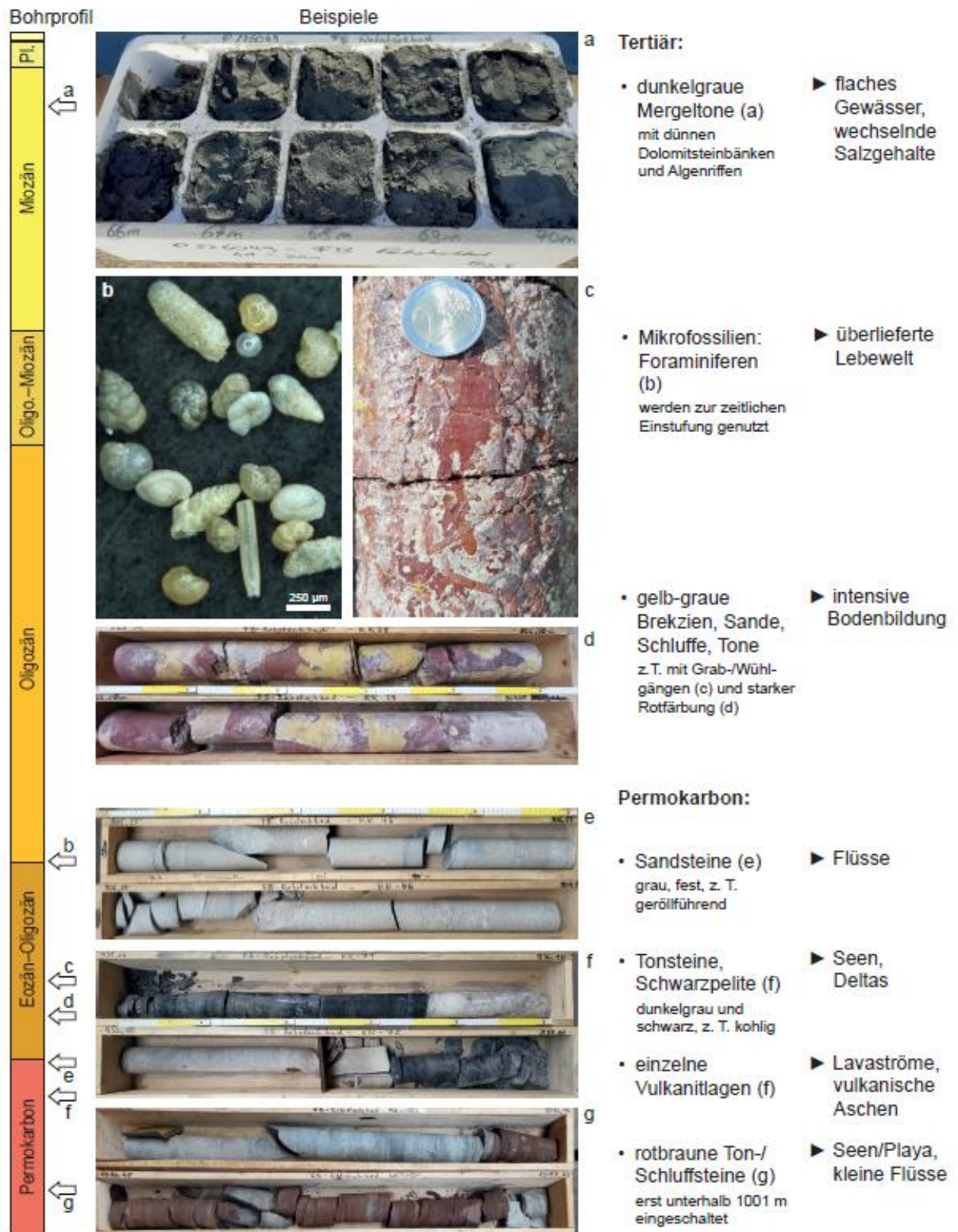


Abb. 7: Spülproben, Fossilien und Bohrkerne aus der FB Rebstock (mit exemplarischen Ableitungen der Ablagerungsmilieus).

7 Hydrogeologie

7.1 Hydrostratigraphie

Innerhalb der pleistozänen, tertiären und prätertiären Schichtenfolge ist ein Grundwasserstockwerksbau ausgebildet. Grundwasserleiter sind Sande und Kiese insbesondere in der pleistozänen und pliozänen Schichtenfolge sowie geklüftete und auch verkarstete Karbonate der tertiären Schichtenfolge. Tiefenlage und Mächtigkeit grundwasserleitender Schichten der tertiären Schichten lassen sich ebenso wie deren Durchlässigkeit und Druckspiegel nicht bis kaum prognostizieren. Ihr Vorhandensein wird vielfach nur durch Spülungsverluste erkannt, wobei die Höhe der Verluste ein Hinweis auf die Durchlässigkeit dieser Schichten ist.

Abb. 8 fasst die Angaben zu Spülungsverlusten in den Tagesberichten der Fa. Daldrup grafisch zusammen. Deutlich wird, dass diese insbesondere im Tiefenbereich 100 – 170 m und somit in den Schichten der Frankfurt-Formation und oberen Wiesbaden-Formation (siehe Abschnitt 6.2) sowie im Tiefenbereich 800 – 1.000 m (tieferes Tertiär bis Permokarbon) auftraten.

Im Prätertiär stehen ausschließlich Festgesteine an, bei denen die Grundwasserführung überwiegend an offene Klüfte gebunden ist. Stockwerkstrennend sind Schluffe, Tone und Mergeltone sowie Festgesteine ohne offene Klüfte.

Der Grundwasserstockwerksbau des Frankfurter Stadtgebietes zeichnet sich durch Druckpotenzialunterschiede zwischen den einzelnen Stockwerken aus. Im westlichen Stadtgebiet tritt nahe von Main und Nidda artesisch gespanntes Grundwasser innerhalb der tertiären Schichtenfolge auf, dessen Neubildungsfläche vermutlich im nordwestlich des Stadtgebietes liegenden Taunusvorland liegt.

Der Nachweis einer erhöhten Mineralisation des Grundwassers tieferer Stockwerke (hier Proben aus Tiefen meist um 100 m, teils bis 300 m) erfolgt überwiegend im Bereich der oberflächennahen geothermischen Anomalie, so dass von einem Zusammenhang auszugehen ist. Vermutlich ist dieser Zusammenhang auf einen Aufstieg von erhöht mineralisiertem Thermalwasser zurückzuführen. Derzeit wird von einem Zustrom aus der Rotliegend-Schichtenfolge ausgegangen.

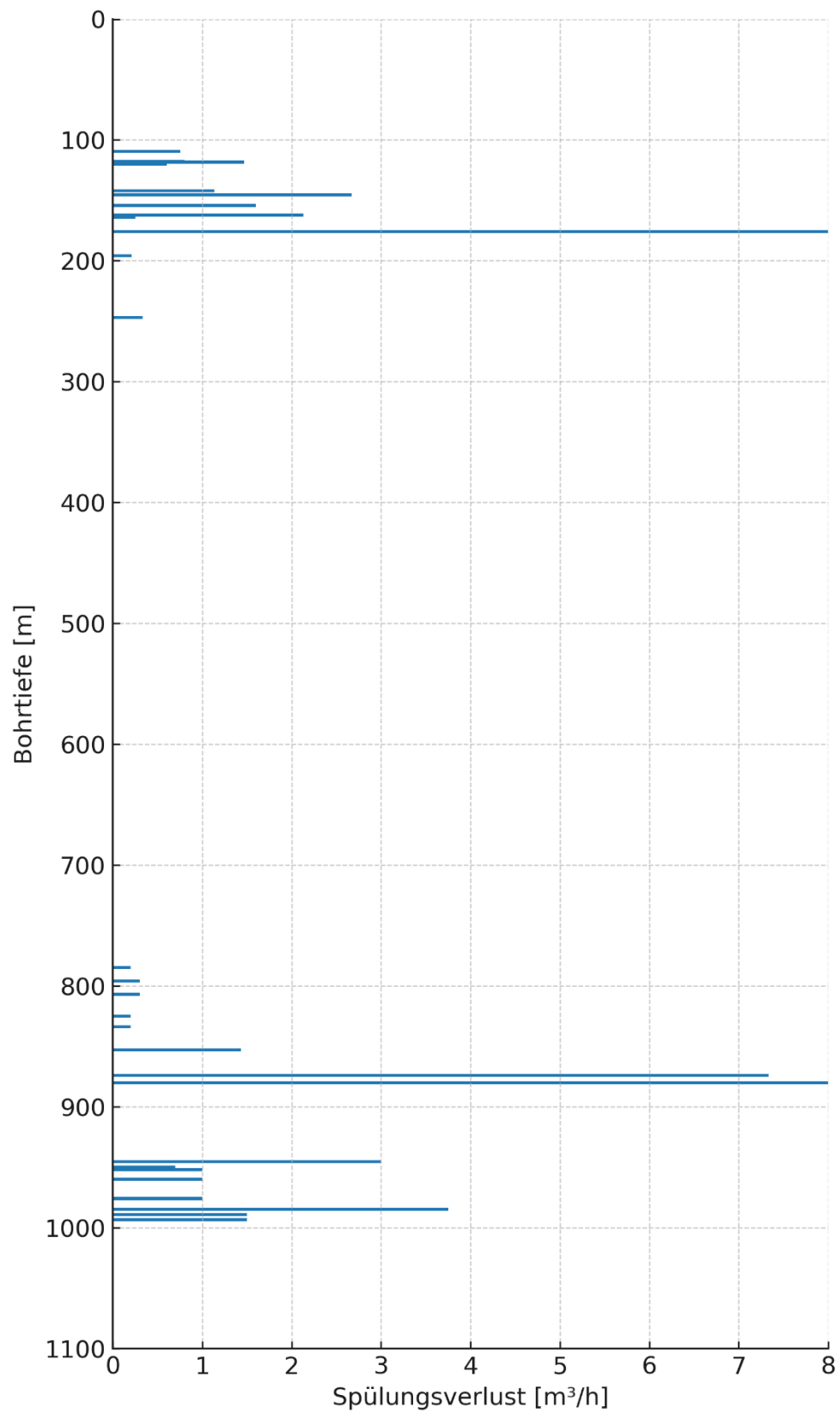


Abb. 8: Tiefenlage und Rate der für die Bohrarbeiten dokumentierten Spülungsverluste

7.2 Pumpversuche

Zur Untersuchung der geohydraulischen und hydrochemischen Situation wurden zwischen Juli und Oktober 2023 fünf Pumpversuche zu unterschiedlichen Ausbauzuständen der Bohrung mittels Airlift oder Tauchpumpe durchgeführt.

Bei allen Pumpversuchen führten bereits geringe Förderraten zu großen Absenkungen, was vermutlich auf eine geringe Ergiebigkeit der von 900 m – 1060 m erschlossenen Schichtenfolge zurückzuführen ist. Eine schlechte hydraulische Anbindung des verrohrten Bohrlochs an den offenen bzw. zuletzt mit einem perforierten Bohrgestänge ausgebauten Bohrlochabschnitt von 900 m – 1060 m kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Die mit überwiegend $\leq 1,0$ l/s geringen und variierenden Förderraten bei gleichzeitig großen Absenkungen, variierende hohe Lösungsgehalte bzw. Dichten und variierende Temperaturen, teils starke Eintrübungen sowie unvollständig erfasste Wiederanstiegsphasen führten dazu, dass mit Ausnahme des letzten Pumpversuchs nach Perforation keine Auswertung, z. B. zur Bestimmung der Gebirgsdurchlässigkeit, mit klassischen Verfahren möglich ist.

7.2.1 Pumpversuch 13.07. – 14.07.2023 (Airlift)

Der Pumpversuch wurde in zwei Intervallen mit gleichem Luft-Einblasdruck durchgeführt.

Pumpversuchsdaten Intervall 1: 13.07.2023

Ausbau:

Verrohrung:	5 ½ " bis 900 m u. GOK
Offene Bohrlochstrecke:	897 m – 1060 m

Einblastiefe (UK Luftgestänge):	180 m u. GOK
---------------------------------	--------------

Wasserspiegel vor Beginn des Pumpversuchs:	k. A. im Tagesprotokoll zwei Tage zuvor Wasser bei 0,0 m
--	---

Dauer des Pumpversuchs:	07:30 - 22:00 (14,5 h)
-------------------------	------------------------

Fördermenge:	23,25 m ³
--------------	----------------------

Wiederanstieg:	22:15 – 137,0 m u. GOK 06:00 – 77,0 m u. GOK
----------------	---

Messung CO ₂ , H ₂ S, Methan:	kein Nachweis
---	---------------

Pumpversuchsdaten Intervall 2: 14.07.2023

Ausbau:

Verrohrung:	5 ½ " bis 900 m u. GOK
Offene Bohrlochstrecke:	897 m – 1060 m

Einblastiefe (UK Luftgestänge):	180 m u. GOK
Wasserspiegel vor Beginn des Pumpversuchs:	77,0 m u. GOK
Dauer des Pumpversuchs:	06:00 - 10:30 (4,5 h)
Fördermenge:	5,75 m ³ (siehe ²)
Wiederanstieg:	10:45 – 160,1 m u. GOK 12:45 – 89,1 m u. GOK ³
Messung CO ₂ , H ₂ S, Methan:	kein Nachweis

Ergebnisse

Bis drei Tage vor dem Airlift-PV lag der Bohrspülungsspiegel während der Bohrarbeiten mehrere Zehnermeter (37 m – 95 m) unter Gelände. Infolge des am 10.07.2023 erfolgten Austauschs von 34 m³ Bohrspülung (Dichte ca. 1,15) gegen Klarwasser stieg der Spülungsspiegel bis auf GOK an und es kam am frühen Morgen des 11.07.2023 zu einem Überlauf der Bohrung mit ca. 200 l/h.

Für den 11. + 12.07.2023 wurde der Spülungsspiegel nicht dokumentiert, doch ist zu vermuten, dass dieser bis zu Beginn des Airlift-Pumpversuchs bei etwa GOK verblieb. Aufgrund der geringeren Dichte der Bohrspülung gegenüber der Dichte des Wassers in der Rotliegend-Formation spiegelt der Bohrspülungsspiegel den Druckspiegel der Rotliegend-Formation nur bedingt wider.

Beim Airlift-Intervall 1 konnte trotz einer Absenkung des Wasserspiegels von etwa GOK auf 137 m u. GOK nur eine mittlere Förderrate von 0,45 l/s erzielt werden. Beim Intervall 2 am Folgetag wurde bei einer Absenkung von rd. 77 m u. GOK auf rd. 160 m u. GOK eine mittlere Förderrate von 0,35 l/s erzielt.

Für beide Airlift-Intervalle besteht die Vermutung, dass die geringe Ergiebigkeit auf ein Verstäurzen des Bohrlochs bei rd. 930 m und somit im oberen Bereich der von 897 – 1060 m offenen Bohrlochstrecke zurückzuführen ist. Ein Indiz hierfür ist, dass es sowohl beim Einbau des Bohrgestänges zum Spülungstausch vor dem Airlift-PV am 10.07.2023 zum Aufstand des Gestänges sowie am 11.+12.07.2023 bei den bohrlochgeophysikalischen Messungen des LIAG zum wiederholten Aufstand der Messsonde bei rd. 930 m kam.

² Die im PV-Protokoll angegebenen 29 m³ sind die Summe aus beiden Intervallen.

³ Messung nach Ausbau Luftgestänge

7.2.2 Pumpversuch 17.07.2023 (Tauchpumpe)

Pumpversuchsdaten

Ausbau:	
Verrohrung:	11 ¾ " bis 355 m 8 5/8 " bis 688,5 m 5 ½ " bis 900 m
Offene Bohrlochstrecke:	900 m – 1060 m
Pumpe:	Lowara Z875 10
Einbautiefe Pumpe (OK):	276,5 m u. GOK (geplant: 300 m)
Wasserspiegel vor Beginn des Pumpversuchs:	16.07.2024 06:00: 36 m u. GOK 17.07.2023 12:15: 14,76 m u. GOK
Dauer des Pumpversuchs:	13:15 - 15:00 (1,75 h)
Förderrate:	2 – 12 l/s mit Unterbrechungen und Problemen bei Einregelung auf 5 l/s; Mittelwert über 1,75 h: 0,8 l/s
Fördermenge:	5 m ³
Absenkung (maximal)	177,5 m u. GOK
Wiederanstieg:	18.07.2024 06:00 – 36 m u. GOK inkl. Einfüllen von Frischwasser
Messung CO ₂ , H ₂ S, Methan:	k. A.

Ergebnisse

Der Pumpversuch konnte aufgrund eines Pumpendefekts nicht planmäßig durchgeführt werden. Die innerhalb der Laufzeit des nur rd. 105-minütigen Pumpversuchs erhobenen Daten sind nicht auswertbar.

Zum Pumpendefekt kam es durch das Stahlseil, an dem der Datenlogger rd. 600 m unterhalb der Pumpe eingehängt werden sollte. Das Stahlseil hatte sich um die Pumpe gelegt (Abb. 9), die Isolierung eines Pumpenstromkabels aufgerieben und einen Kurzschluss verursacht.

Möglicherweise setzte der Datenlogger beim Einbau am Stahlseil an der Oberkante des Hanger-Liners bei rd. 309 m Tiefe auf, so dass es zum Aufsetzen des nachgeführten Stahlseils und Verstopfen des 11 ¾ "-Rohr oberhalb von rd. 309 m Tiefe kam. Für diese Annahme spricht, dass beim Einbau der Pumpe eine Lastabnahme bei einer Einbautiefe von 277,5 m festgestellt wurde.



Abb. 9: Tauchpumpe mit Drahtseil, das sich um die Pumpe gelegt hat (Foto: Rumohr)

Als Ursache für die Lastabnahme wurde ein Verklemmen der Pumpe und des Förderstrangs durch das Stromkabel vermutet, so dass die Pumpe für den Versuch um 1 m auf 276,5 m angehoben wurde. Aufgrund des Schadensbildes ist jedoch anzunehmen, dass die Pumpe beim Einbau in das oberhalb von rd. 309 m Tiefe aufsitzende Stahlseil von ca. 575 m Länge eintauchte und letztlich bei 277,5 m Tiefe hängen blieb. Vibrationen der Pumpe nach Beginn der Förderung haben dann vermutlich zum Aufreißen der Isolierung geführt.

7.2.3 Pumpversuch 30.07. – 31.07.2023 (Airlift)

Pumpversuchsdaten

Ausbau:

Verrohrung:	5 ½ " bis 900 m u. GOK
Bohrstrang:	eingebaut bis 895 m u. GOK
Offene Bohrlochstrecke:	900 m – 1060 m u. GOK

Einblastiefe (UK Luftgestänge): 200 m u. GOK

Wasserspiegel vor Beginn des Pumpversuchs: GOK

Letzte Messung 18.07.2023 – 36 m u. GOK

Durchführung des Pumpversuchs: 30.07.2023 11:30 – 31.07.2023 12:14
(rd. 24,25 h)

Förderrate: > 3 l/s abnehmend auf 0,3 l/s;
Mittelwert: 0,38 l/s

Dauer Wiederanstiegsbeobachtung: 31.07.2023 12:14 – 15:25 (bereits ab 13:15
Ausbau Luftgestänge; ab 15:25 Beginn
Checktrip bis 1060 m u. GOK)

Fördermenge: k. A.

Messung CO₂, H₂S, Methan: kein Nachweis

Durchführung des Pumpversuchs

Das mittels Airlift geförderte Wasser wurde in den bereits für die Bohrarbeiten genutzten Spülwannen gesammelt und bei Erreichen ihres maximalen Füllvolumens in den Kanal abgeleitet. Zur Abschätzung der Förderrate wurde der Füllstand der Spülwannen von Mitarbeitern der Fa. Daldrup 15-minütig gemessen und ausgewertet.

Die Entwicklung von Förderrate und Fördervolumen kann Abb. 10 entnommen werden. Zu Beginn wurde kurzzeitig eine Förderrate von über 3 l/s erzielt, die mit schneller Absenkung des Wasserstands auf 0,3 – 0,4 l/s zurückging. Die mittlere Förderrate über die gesamte Versuchsdauer betrug 0,38 l/s. Die Gesamtfördermenge betrug rd. 35 m³, was rd. 280 % des Volumens von verrohrtem und unverrohrtem Bohrloch entsprach.

Die Dokumentation des Wasserstandes in der ausgebauten Bohrung während des Pumpversuchs erfolgte mittels einer Druck-/Temperatur-Messsonde P-LOG3023 der Fa. Driesen & Kern, die in einem von der Fa. Daldrup speziell angefertigten Käfig im Bohrgestänge (= Förderstrang) rd. 300 m über der Bohrkrone installiert wurde (siehe Abb. 11).

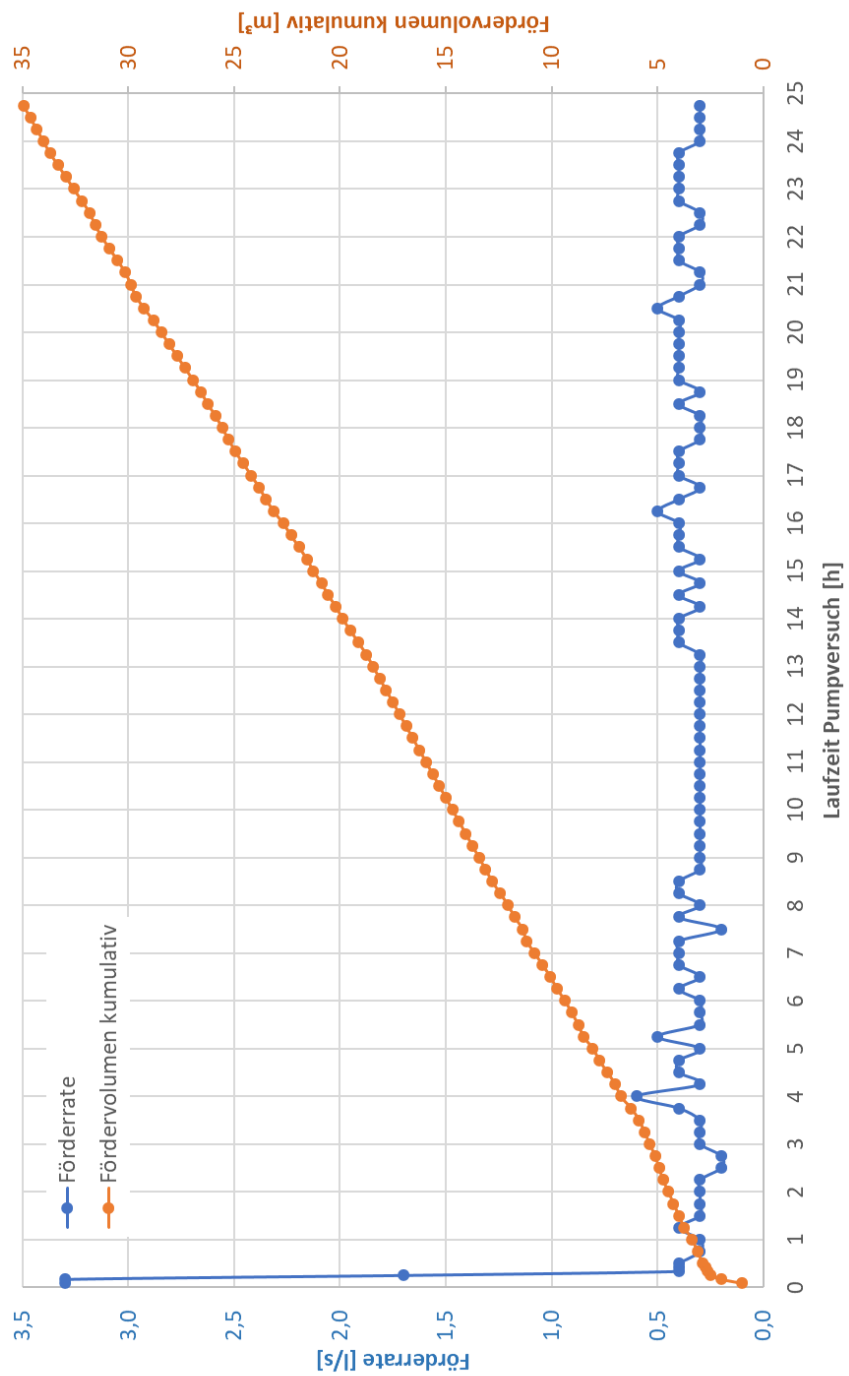


Abb. 10: Pumpversuch 30.07. – 31.07.2023 (Airlift): Förderrate und Fördermenge



Abb. 11: „Käfig“ im Bohrgestänge, Anfertigung der Fa. Daldrup (Foto: Rumohr).

Ergebnisse

Mit der bekannten Einbautiefe der Messsonde zu bestimmten Zeitpunkten während des Einbaus und korrespondierenden Druckdaten wurde eine mittlere Dichte des geförderten Rohwassers (Gemisch aus Bohrspülung und Grundwasser) von 1,02 kg/l abgeschätzt (Abb. 12).

Die Dokumentation des Pumpversuchs durch Beschreibung der Höhe der über der Drucksonde stehenden Wassersäule basiert dabei auf der Annahme, dass die Dichte dieser Wassersäule konstant 1,02 kg/l betrug, wobei zu berücksichtigen ist, dass sich die Dichte im Verlauf des Lufteinblasens und Abnahme der Höhe der belüfteten Wassersäule vermutlich verändert hat. Die Dichte ist zudem nur auf den Teil der Wassersäule zu beziehen, der durch das

Luftblasen nicht im Bohrloch aufsteigt, sondern weiter auf der Drucksonde lastet. Zudem wird, abgesehen von den ersten Minuten der Förderung, von einer weitgehend kontinuierlichen Förderung um 0,38 l/s ausgegangen (s. o.).

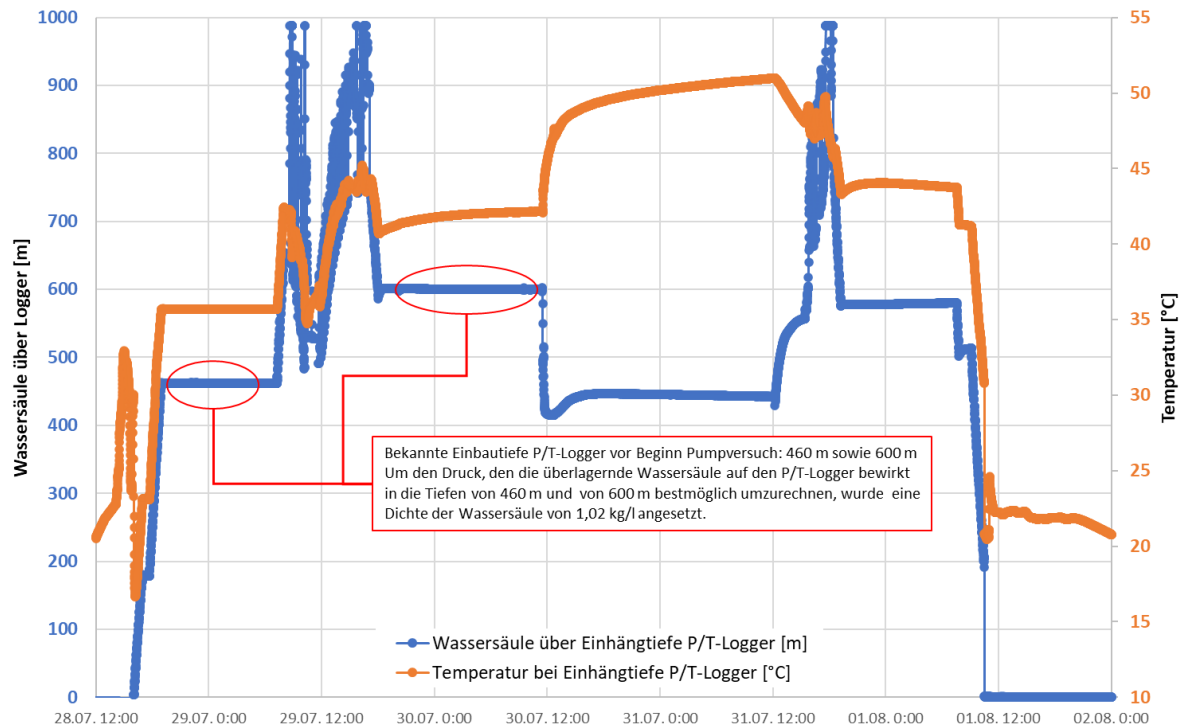


Abb. 12: Abschätzung der mittleren Dichte des in der Bohrung oberhalb der Drucksonde stehenden Wassers auf Grundlage der bekannte Einbautiefen 460 m und 600 m

Abb. 13 zeigt die Mächtigkeit der die Druck-/Temperatur-Messsonde überlagernden Wassersäule, die sich aus einer mittleren Dichte des Rohwassers von 1,02 kg/l ergibt. Da der Wasserstand nach Einbau des Förderstrangs in Höhe der Oberkante der Verrohrung lag (Abstich = 0 m), entspricht diese Mächtigkeit (= 600 m) der Einbautiefe der Drucksonde.

Mit Beginn der Förderung sinkt der Wasserstand innerhalb von rd. 60 Minuten schnell auf eine maximale Absenkung von rd. 185 m unter OK Verrohrung, um anschließend wieder anzusteigen. Rd. 7 Stunden nach Förderbeginn stellt sich eine quasistationäre Absenkung bei rd. 154 m unter OK Verrohrung ein, die bis zum Förderstopp nach weiteren fast 18 Stunden wieder langsam um rd. 4 m auf rd. 158 m unter OK Verrohrung zunimmt.

Rd. 3 Stunden nach Förderstopp wurde der Bohrstrang weiter ins Bohrloch eingefahren, so dass der Wiederanstieg nicht bis zum Erreichen eines Ruhewasserspiegels beobachtet werden konnte. Aufgrund des beobachteten Beginns des Wiederanstiegs ist jedoch davon auszugehen, dass sich ein Ruhewasserstand von einigen Zehnermetern unter OK Verrohrung eingestellt hätte, vermutlich im Bereich des vor Einbau des Förderstrangs am 18.07.2023 zuletzt dokumentierten Wasserstandes bei 36 m unter GOK.

Die Ursache des in der Frühphase des Versuchs beobachteten Verlaufs der Absenkung (das „Durchschwingen“ mit nachfolgendem Wiederanstieg) ist unklar. Möglich ist, dass es sich um das Einstellen eines Gleichgewichts des im Auftrieb befindlichen Wasser-Luftgemischs und der Wassersäule handelt, die auf der Drucksonde lastet. Möglich ist auch, dass ein verzögerter Zustrom von Wasser aus dem Gebirge in das Bohrloch ursächlich ist.

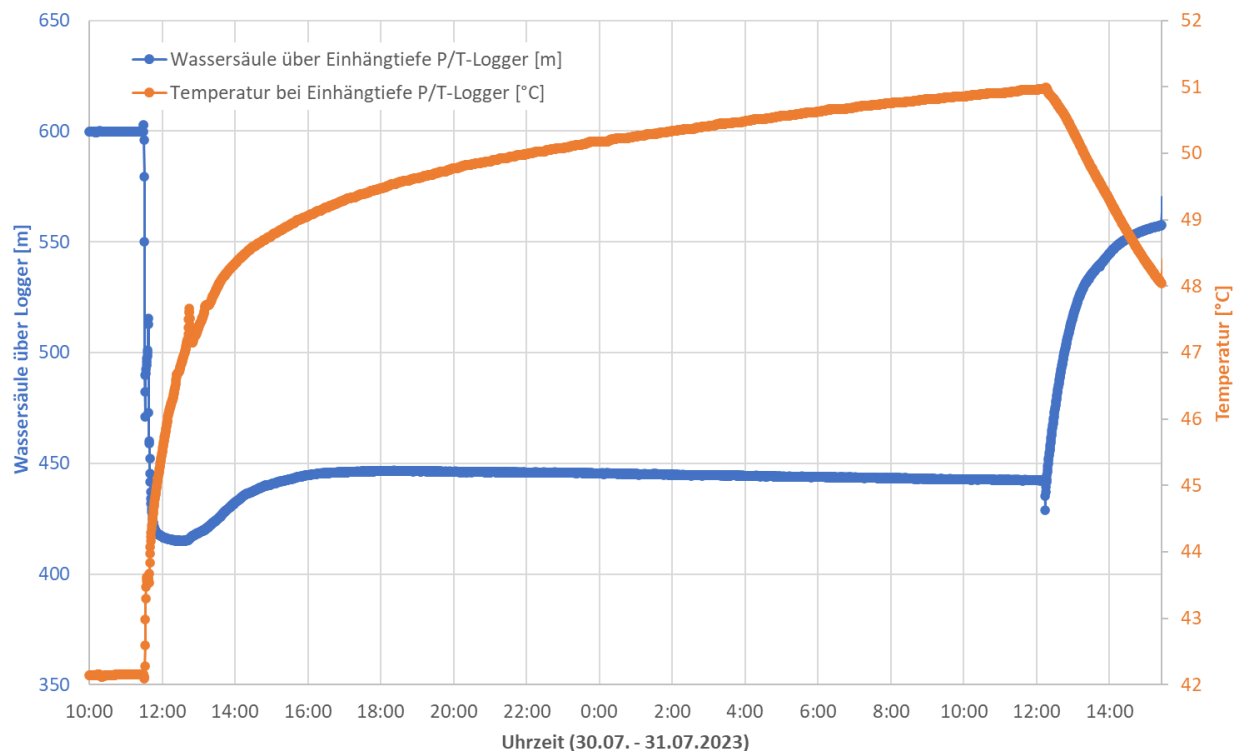


Abb. 13: Pumpversuch 30.07. - 31.07.2023 (Airlift): Entwicklung Wasserstand und Temperatur.

Die bei einer mittleren Förderrate von 0,38 l/s in nur wenigen Minuten erreichte Absenkung von rd. 180 m kann grundsätzlich sowohl durch eine sehr geringe Durchlässigkeit des mit der

offenen Bohrlochstrecke 900 m – 1060 m erschlossenen Gebirges, als auch durch eine verminderte Durchlässigkeit innerhalb des Bohrlochs verursacht sein.

Einen Hinweis auf ein Verstürzen innerhalb der offenen Bohrlochstrecke gab es beim Checktrip am Vortag des Pumpversuchs (siehe Tagesbericht 237) durch einen Druckanstieg beim Zirkulieren der Spülung auf 40 bar bei Erreichen einer Bohrstrang-Einbautiefe von 900 m sowie durch die Notwendigkeit des Nachbohrens im Tiefenbereich 1026 m – 1030 m u. GOK.

Bei dem nur rd. 3 Stunden nach Ende des Airlifts durchgeführten Checktrip von 895 m – 1060 m gab es erneut Hinweise auf ein Verstürzen der offenen Bohrlochstrecke

Der während des Pumpversuchs bis 895 m u. GOK eingebaute Bohrstrang wurde ab 15:25 (= 03:10 h nach Ende Airlift) zwecks Checktrip wieder bis auf Bohrendteufe bei 1060 m eingebaut. Nach einem Aufsetzen des Bohrstrangs bei 928 m u. GOK sowie hoher Drehmomente und Lastabnahmen bis 980 m war ein Nachbohren von 928 m – 931 m u. GOK erforderlich.

7.2.4 Pumpversuch 07.08. – 10.08.2023 (Tauchpumpe)

Pumpversuchsdaten

Ausbau:

Verrohrung:	11 ¾ " bis 355 m
	8 ⅝ " bis 688,5 m
	5 ½ " bis 900 m
Offene Bohrlochstrecke:	900 m – 1060 m

Pumpe:

Fa. Odesse

Einbautiefe Pumpe (OK):

200 m u. GOK

Wasserspiegel vor Beginn des Pumpversuchs:

07.08.2023 06:00 – 3,15 m u. GOK

Dauer des Pumpversuchs (4 Intervalle):

07.08.2023	11:15 – 14:15 Intervall 1
	14:15 – 17:00 Wiederanstieg
07.08.2023	17:00 – 21:00 Intervall 2
	21:00 – 07:00 Wiederanstieg
08.08.2023	09:15 – 12:00 Intervall 3
	12:00 – 15:00 Wiederanstieg
09.08.2023	15:00 – 16:30 Intervall 4
	16:30 – 07:00 (10.08.2023) Wiederanstieg

Förderrate:	≥ 5 l/s zu Beginn jeder Pumpphase; jeweils schnell abnehmend auf 0,6 l/s (Intervall 1) bis 0,5 l/s (Intervalle 2 – 4).
Fördermenge:	ca. 44 m ³ (siehe Fußnote ⁴)
Absenkungen (maximal)	Intervall 1: 140,14 m u. GOK Intervall 2: 137,20 m u. GOK Intervall 3: 132,63 m u. GOK Intervall 4: 133,35 m u. GOK
Wiederanstieg bis:	43,04 m u. GOK (10.08.2023 10:35)

Durchführung des Pumpversuchs

Die Planung des Versuchs sah mehrere Pumpintervalle bis zum Abschalten der Pumpe aufgrund des Trockenlaufschutzes vor. Ziel war die Auswertung der Wiederanstiegsphasen im Hinblick auf deren Dauer. Hierbei sollte geprüft werden, ob der Wiederanstieg nach mehreren Pumpintervallen schneller erfolgt. Dies wäre ein Hinweis, dass durch den hydraulischen Impuls der Entnahme eine Verengung in der offenen Bohrlochstrecke⁵ oder Kolmationen der Bohrlochwand infolge des Bohrvorgangs entfernt werden.

Die Länge der Pump- und Wiederanstiegsintervalle wurde so gewählt, dass nach zwei Pumpintervallen eine lange Wiederanstiegsphase über Nacht beobachtet werden konnte (siehe oben: Pumpversuchsdaten).

Aus- / Bewertung des Pumpversuchs

Bei allen vier Pumpintervallen ging die Förderrate innerhalb weniger Minuten deutlich auf rd. 1 l/s und bis zum Ende der max. 3 Stunden langen Intervalle auf 0,6 l/s (Intervall 1) bis 0,5 l/s (Intervalle 3 – 4) zurück. Die erzielte maximale Absenkung verringerte sich vom ersten zum vierten Intervall von 140,14 m u. GOK auf 133,35 m u. GOK (Abb. 14), wobei das

⁴ Das IDM hat auch in Pumpen-Stillstandsphasen Förderraten von bis zu 0,03 l/s angezeigt. Diese Werte wurden auf 0 gesetzt. Die Gesamtfördermenge wurde als Summe über die Gesamtdauer des Pumpversuchs aus den IDM-Daten berechnet.

⁵ Auch im Vorfeld dieses Pumpversuchs setzten das Logging-Tool des LIAG sowie das Bohrgestänge wiederholt im Tiefenbereich 928 – 938 m auf – ein Hinweis auf ein Verstürzen des Bohrlochs.

vierte Pumpintervall vorzeitig nach nur rd. 90 Minuten aufgrund eines Pumpendefekts endete⁶.

Der Ruhewasserspiegel von 3,15 m u. GOK vor Beginn des Pumpversuch-Intervalls 1 wurde innerhalb der Beobachtungsphase des Pumpversuchs nicht annähernd wieder erreicht, wobei aufgrund des dokumentierten Wiederanstiegs anzunehmen ist, dass sich nach einer längeren Beobachtungsphase ein Ruhewasserspiegel von circa 40 m u. GOK eingestellt hätte.

Die Temperatur des geförderten Wassers stieg mit und innerhalb jedes Pumpintervalls und erreichte im vierten Intervall einen Maximalwert von 37,6 °C.

Eine Beschleunigung des Wiederanstiegs nach Wiederholung mehrerer Pumpintervalle mit einer Förderrate von 0,5 – 0,6 l/s trat nicht ein (Abb. 14), d. h. es wurden keine ggf. vorhandenen Verengungen des Bohrlochs durch Verstürzen oder vom Bohrvorgang erzeugte Kollimationen der Bohrlochwand entfernt. Unklar ist hierbei, ob eine stärkere Absenkung, die bis zur Pumpen-Einhängtiefe bei 200 m geplant war, ein anderes Ergebnis ergeben hätte.

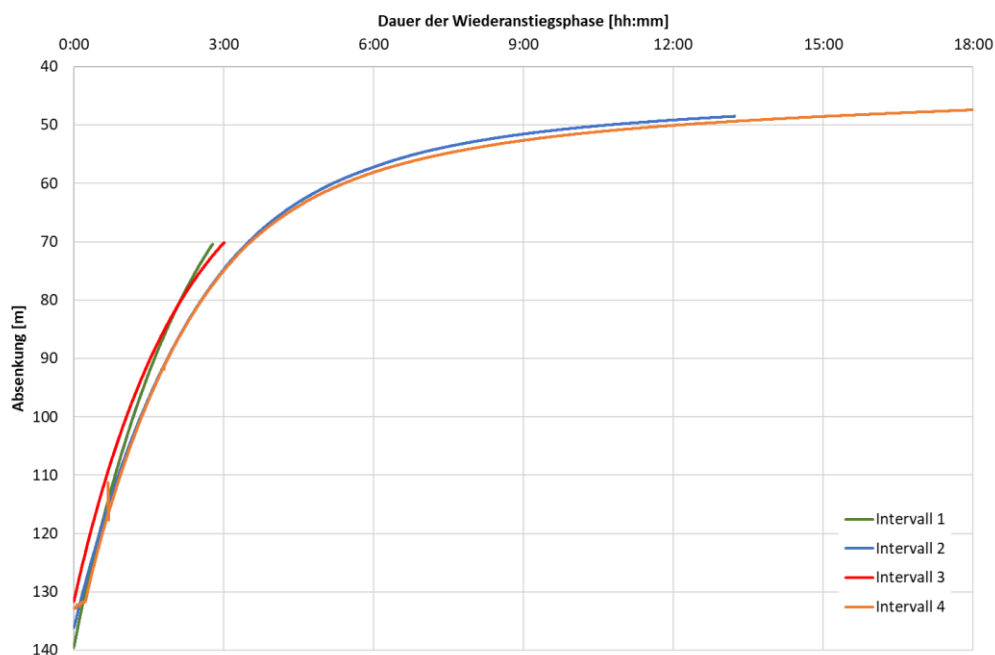


Abb. 14: Vergleich der Wiederanstiegsphasen nach den Pumpintervallen 1 – 4.

⁶ Seitens der Firma Daldrup wurde bereits vor dem Pumpversuch darauf hingewiesen, dass der Pumpenmotor zwar für eine Temperatur von 70°C ausgelegt ist, allerdings eine Umströmung von 1,5 m/s benötigt wird, um die Pumpe ausreichend zu kühlen. Bei einer Förderleistung von 0,5 l/s wurde diese Umströmung nicht annähernd erreicht. Seitens der Firma Daldrup wird daher vermutet, dass die Ursache für den Pumpendefekt war.

Der nach ausreichend langer Zeit vermutlich bis ca. 40 m u. GOK erfolgte Wiederanstieg nach der letzten Pumpphase entspricht der bei der Planung des Pumpversuchs getroffenen Annahme eines Ruhewasserspiegels von ca. 35 m u. GOK. Der Ausgangswasserspiegel von 3,15 m u. GOK vor Beginn des ersten Pumpintervalls ist vermutlich auf die unter Spülung erfolgten Arbeiten vor Beginn des Pumpversuchs und den Einbau der Pumpe mit Steigleitung zurückzuführen. Letztlich ist bereits dies ein Hinweis auf entweder die geringe Gebirgsdurchlässigkeit der offenen Bohrlochstrecke oder ein Verstürzen des Bohrlochs im Tiefenbereich um 930 m.

7.2.5 Pumpversuch 10.10. –27.10.2023 (Tauchpumpe / nach Perforation)

Pumpversuchsdaten

Ausbau:	
Verrohrung:	11 ¾ " bis 355 m 8 ⅝ " bis 688,5 m 5 ½ " bis 900 m
Filterstrecke (perforiertes Bohrgestänge):	4 ¼ " bis 1060 m Perforationsabschnitte: 930 m – 960 m 1030 m – 1050 m
Pumpe:	Grundfos SP 7-37 (regelbar)
Einbautiefe Pumpe (OK):	195,47 m u. GOK (Eintrittsöffnung)
Wasserspiegel vor Beginn des Pumpversuchs:	09.10.2023 06:00: 5,30 m u. GOK (vor Einbau Pumpe und Steigleitung) 10.10.2023 10:30: 4,50 m u. GOK (Start des Pumpversuchs)
Durchführung des Pumpversuchs:	
Pumpintervall 1:	10.10.2023 10:30 bis 12.10.2023 15:00 25 Pump- und Wiederanstiegs-Intervalle mit Förderraten 1,0 – 1,5 l/s mit Absenkung bis auf Pumpenniveau und jeweils einstündigem Wiederanstieg.
Pumpintervall 2:	12.10.2023 15:00 bis 14.10.2023 19:00
Wiederanstieg:	14.10.2023 19:00 bis 15.10.2023 07:00

Pumpintervall 3:	15.10.2023 07:00 bis 18.10.2023 11:15
Wiederanstieg:	18.10.2023 11:15 bis 26.10.2023 12:10
	25.10.2023 13:00: sprunghafter Anstieg Wasserspiegel, der gemäß Angabe Fa. Dal- drup durch den Zulauf von Oberflächen- wasser (Regenwasser) in die Bohrung ver- ursacht wurde.
Förderraten:	1,0 – 1,5 l/s (10.10.2023 – 12.10.2023) 0,754 l/s (12.10.2023 – 18.10.2023)
Fördermenge:	220 m ³ (gemäß Aufzeichnung Fa. Daldrup)
Absenkungen (maximal)	siehe Abb. 15
Wiederanstieg:	siehe Abb. 15

Der Ausbau der Bohrung während des Pumpversuchs nach Perforation kann Abb. 2 entnommen werden. Der PV wurde mit einer regelbaren Pumpe (Grundfos SP 7-37) durchgeführt, die mittels Steigleitung in einer Tiefe von rd. 195,47 m unter GOK (Eintrittsöffnung) eingebaut wurde.

Es wurden insgesamt 4 kombinierte P-/T-Sonden, davon eine von der Fa. Daldrup gestellte kabelgebundene P-/T-Sonde sowie drei vom HLNUG gestellte kabellose P-/T-Sonden in unterschiedlichen Tiefen an der Pumpe bzw. der Steigleitung befestigt (Tab. 1). Während für die an der Pumpe installierten Sonden angenommen werden kann, dass sie für den Förderstrom aus dem Reservoir repräsentativ ist, erfassen die oberhalb der Pumpe installierten P-/T-Sonden die sich über der Pumpe langsam senkenden Wassersäule, deren Temperatur einerseits durch das umgebende Gebirge, andererseits durch das Wasser innerhalb der Steigleitung beeinflusst ist.

Tab. 1: Einbautiefen der P-/T-Sonde während des Pumpversuchs 10.10.-27.10.2023

P-/T-Sonde	Einbautiefe [m]	Bemerkung
Mikrolog P2; Nr. 20254	0,00	Luftdruck-Messung
Mikrolog P2; Nr. 20262	90,73	
Mikrolog P2; Nr. 20100	150,00	Sonde im Bohrloch verloren
Mikrolog P2; Nr. 20408	195,47	Einbautiefe der Pumpe

Zur Umrechnung des vom Sensor in 195,47 m Tiefe erfassten Drucks (Druck Wassersäule + Luftdruck) in die Höhe der die Sonde überdeckenden Wassersäule wurden die erfassten Messwerte des Sensors „195,47 m“ im ersten Schritt um den Luftdruck und die vor Einbau der Sensoren festgestellte Abweichung beider Sensoren reduziert. Im zweiten Schritt wurde die Höhe der Wassersäule entsprechend der in den Analysen gemessenen Dichte des geförderten Wassers von 1,11 korrigiert.

Bei Beginn des Pumpversuchs am 10.10.2023 wurde zunächst im Intervallbetrieb gepumpt, d. h. die Förderrate wechselte im etwa einstündigen Rhythmus zwischen 0 und bis zu 3 l/s, siehe Abb. 15. Dies erfolgte zum Freispülen von in das Gebirge eingedrungenen Spülung mit Bohrklein und somit zum Öffnen von Hohlräumen sowie zur Entfernung der eingebrachten Spülung aus dem Bohrloch, bis annähernd Leitfähigkeitskonstanz im geförderten Wasser erzielt und reines Formationswasser aus dem Rotliegenden gefördert wurde.

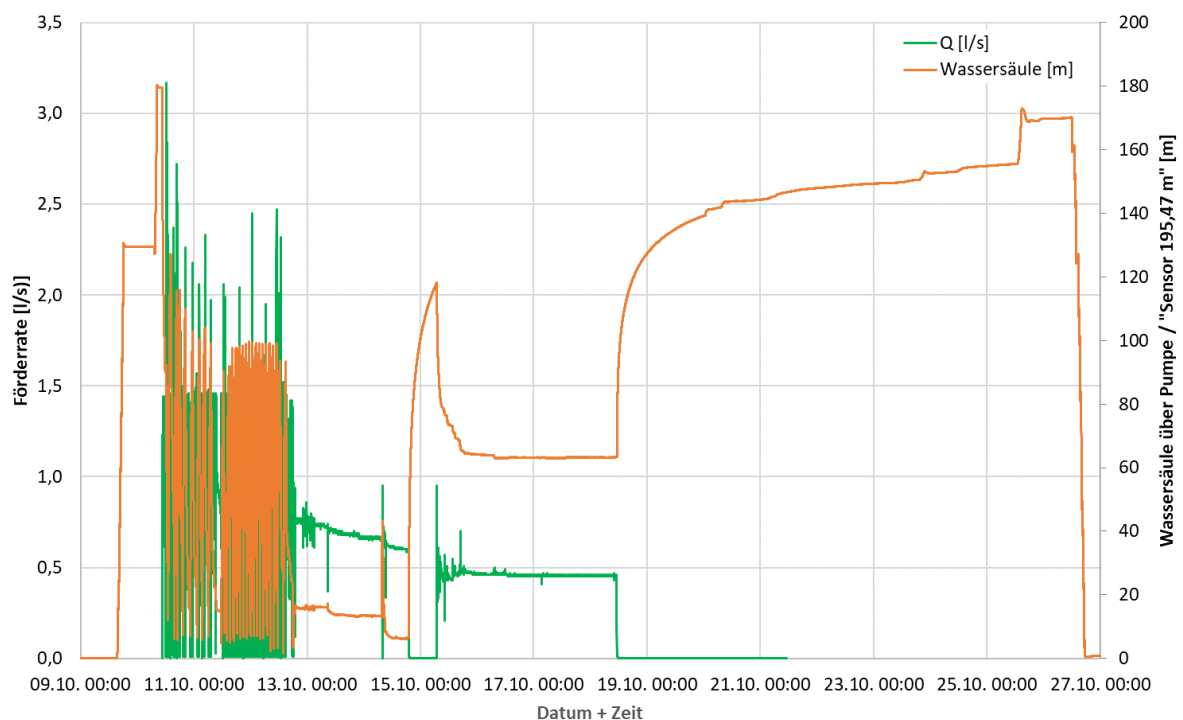


Abb. 15: Förderraten und Mächtigkeit der Wassersäule über der Pumpe während des Pumpversuchs 10.10. – 27.10.2023. Die maximale Mächtigkeit der Wassersäule am 11.10.2023 entspricht nicht der Einbautiefe des Sensors bei 195,47 m, was vermutlich auf eine zu diesem Zeitpunkt abweichende Dichte der Wassersäule zurückzuführen ist.

Ab dem Vormittag des 15.10.2023 wurde dann mit einer kontinuierlichen Förderrate von 0,5 l/s gepumpt und der Wasserspiegel erreichte eine Beharrung bis zum 18.10.2023 um ca. 13:00 h. Die dichtekorrigierte Wassersäule betrug ca. 63 m, der Wasserspiegel lag somit bei ca. 132 m u. GOK. Danach wurde der Wiederanstieg bis zum Ausbau von Pumpe und Steigleitung am 26.10.2023 ab ca. 12 Uhr gemessen, der bis auf rd. 169 m über Pumpe (entsprechend rd. 31 m unter GOK) erfolgte. Der abrupte Anstieg der Wassersäule am Mittag des 26.10.2023 um rd. 16 m wurde nach Mitteilung der Fa. Daldrup durch Regenwasser verursacht, dass in den Bohrkeller und letztlich die Bohrung floss⁷.

Für die Folgetage nach dem Ausbau von Pumpe und Steigleitung sind keine Abstichsmessungen dokumentiert. Erst für den 14.11.2023 ist eine Abstichsmessung dokumentiert, die einen Flurabstand von 9,76 m unter GOK ergab.

7.2.6 Pumpversuchsauswertung

Eine orientierende Berechnung der Durchlässigkeitsbeiwerte des Rotliegenden wurde für den Pumpversuch nach Perforation (10.10. – 27.10.2023) sowohl über die Absenkung bei der kontinuierlichen Förderrate bis zum Beharrungszustand, als auch über den Wiederanstieg durchgeführt. Unklar bleibt dabei, welchen Einfluss die geringe Eintrittsfläche des Filters (d. h. der Perforation) im Verhältnis zur Gesamtfläche der Verrohrung im Rotliegend hat (mit 0,033 m² nur 0,06 % der Oberfläche der Verrohrung von 54,3 m² im Rotliegend)⁸. Zudem ist unbekannt, ob evtl. Trüb-/Schwebstoffe die Perforation eventuell teilweise zugesetzt hat. Die Herleitung von Permeabilität und Durchlässigkeitsbeiwert muss daher als unsicher bis sehr unsicher angesehen werden.

⁷ Der Anstieg des Wasserspiegels allein durch den Zutritt von Niederschlagswasser ist ein weiterer Hinweis auf die geringe Durchlässigkeit des Gebirges oder der schlechten hydraulischen Anbindung des perforierten Rohres an die Bohrlochwand.

⁸ Zum Vergleich: ein Blatt DIN A4 hat eine Fläche von 0,062 m²

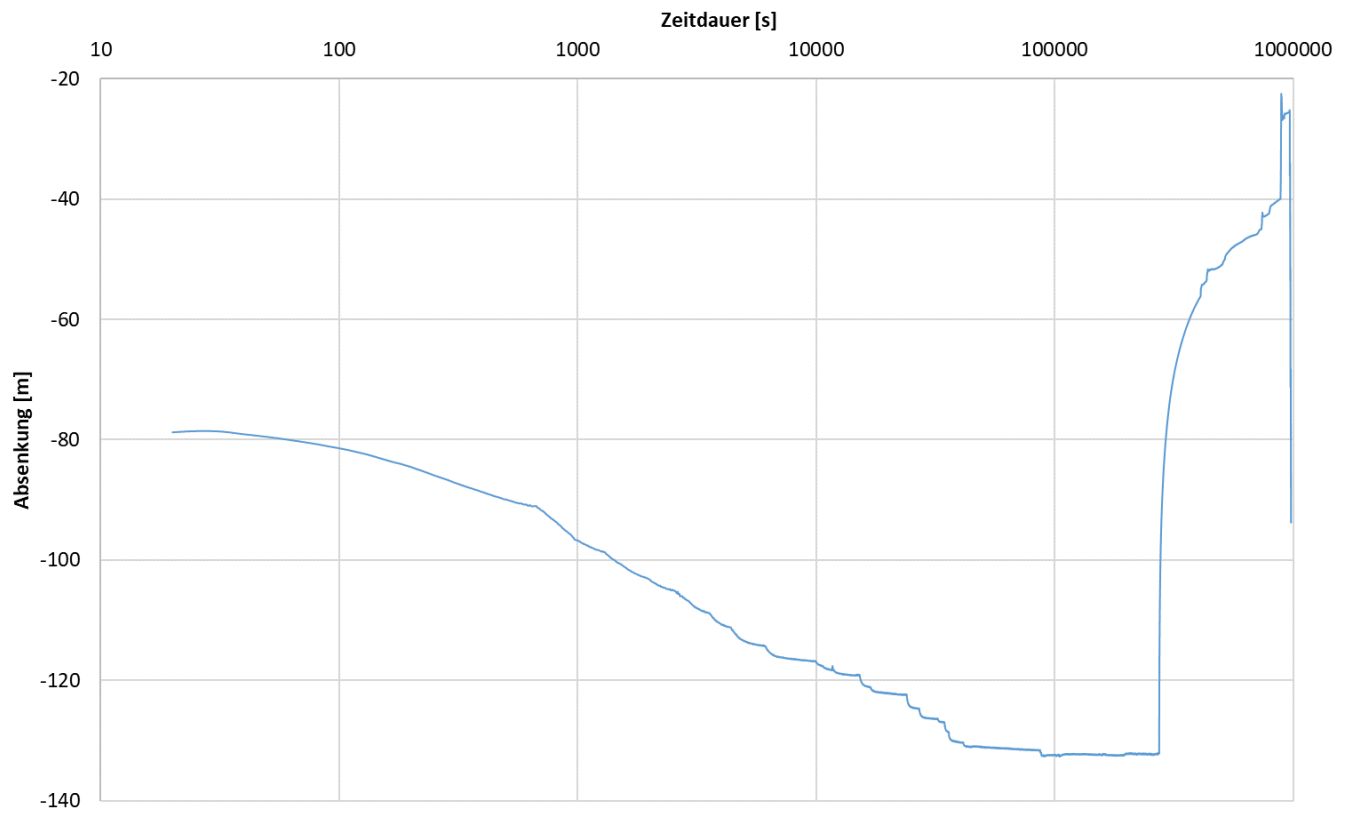


Abb. 16: Zeitdauer der Absenkungs- und Wiederanstiegsphase in der letzten Pumpstufe mit 0,5 l/s.

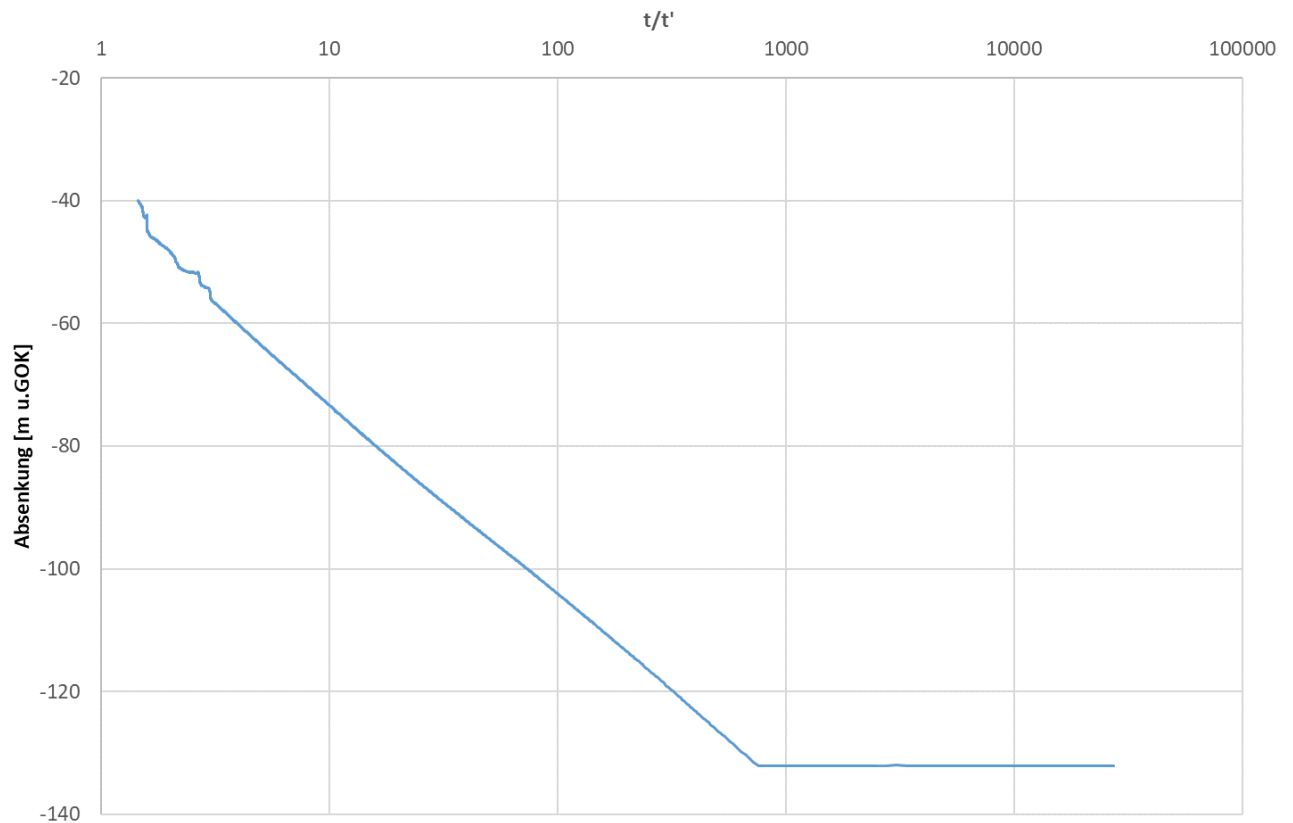


Abb. 17: Auswertung des Wiederanstiegs im Geradlinienverfahren nach THEIS UND JACOB

Die Transmissivität wurde über den Wiederanstiegsbetrag im gerade verlaufenden Teil der halblogarithmischen Wiederanstiegskurve t/t' (Abb. 17) größenordnungsmäßig berechnet.

$$T = \frac{0,183 \cdot Q}{\Delta s}$$

Förderrate Q : $0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$, Wiederanstiegsbetrag im gerade verlaufenden Teil: 88 m (Geradlinienverfahren nach THEIS UND JACOB).

Die Transmissivität wurde so zu $1,03 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ berechnet. Der k_f -Wert (= Quotient aus Transmissivität und Mächtigkeit des Grundwasserleiters, hier als die erbohrte Rotliegendmächtigkeit von 160 m angenommen) liegt bei $6,5 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$. Bei Berücksichtigung einer Dichte des Wassers von 1,11 kann so eine Permeabilität von ca. $8,7 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ ermittelt werden.

Würden als Grundwasserleiter nur die von der Perforation erfassten Bereiche des Rotliegenden mit einer Länge von 50 m angenommen (da nicht klar ist, wie und ob überhaupt die zwischen der Perforation liegenden Bereiche an die Bohrung hydraulisch angeschlossen sind) ergibt sich ein k_f -Wert von ca. $2,07 \cdot 10^{-8}$ m/s bzw. eine Permeabilität von $2,77 \cdot 10^{-15}$ m².

Eine einfache orientierende Berechnung für gespannte Verhältnisse nur über die Absenkung in der letzten Pumpphase wurde zum Vergleich durchgeführt:

$$k_f = \frac{Q}{\Delta h * M}$$

Mit $Q = 0,0005$ m³/s, Absenkung Δh : 132m - 79m = 53 m und Grundwasserletermächtigkeit M : 160 m

Der so errechnete Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 5,9 \cdot 10^{-8}$ m/s liegt nahe an dem Ergebnis für die Wiederanstiegsberechnung für den perforierten Bereich.

In nur wenigen Rotliegend-Bohrungen in Hessen wurden bislang Pumpversuche zur Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit durchgeführt. Pumpversuche in folgenden Bohrungen aus der Umgebung wurden im Rahmen des Projekts Hessen 3 D 1.0 mit orientierenden Methoden ausgewertet, nachfolgend einige Beispiele:

- Thermalwasserbohrung 1975/76 Bad Salzhausen, R 34 98 980, H 55 86 350, Endteufe 1.000 m: k_f : $4 \cdot 10^{-9}$ m/s, Rotliegend zwischen 653 und 1.000 m u. GOK (nicht differenziert, dominierend tonig-schluffig).
- Kaiser Friedrich Quelle, R 34 82 580, H 55 51 860, Teufe: 285,00, Entnahme im PV 0,2-0,5 l/s, Absenkung 59,8 m, GWL-Mächtigkeit 177 m. k_f : $5,25 \cdot 10^{-8}$ m/s.
- Versuchsbohrung Diebach (Gründau), R 35 06 160, H 55 68 120, Teufe: 200,00 m, Entnahme im PV 25 l/s, GWL-Mächtigkeit 141 m (Rotliegendes ab 6 m u. GOK), k_f : $5,87 \cdot 10^{-6}$ m/s.
- Thermalwasserbohrung Herbstein, R 35 24 500, H 56 035 80, Oberrotliegend ab 389 m u. GOK bis ET 640 m u. GOK, Länge Filterstrecke 62 m, k_f : $3,81 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Die Ergebnisse für die Bohrungen im Beispiel streuen zwischen ca. k_f : $5 \cdot 10^{-6}$ m/s (gering, in der oberflächennahen Bohrung Diebach) und k_f : $4 \cdot 10^{-9}$ m/s (sehr gering, nach HYDROGEOLO-

GISCHE KARTIERANLEITUNG, GEOL. JB. REIHE G, HEFT 2, 1997) in der Bohrung Bad Salzhausen in großer Tiefe. Dies zeigt, dass die Gebirgsdurchlässigkeiten durch die geringere Anzahl von Klüften und kleinerer Kluftöffnungsweiten zur Tiefe hin abnehmen und natürlich auch von der faziellen bzw. lithologischen Ausprägung des Rotliegenden am jeweiligen Standort abhängig sind.

7.3 Bestimmung der Gesteinspermeabilität an Bohrkernen

Im Rahmen einer Masterarbeit am KIT Karlsruhe Institute for Technology, Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften, Institut für Angewandte Geowissenschaften (SCHLEGEL, 2023) erfolgten Messungen zur Bestimmung der Matrixpermeabilität der Bohrkern der FB Rebstock mit dem Luftpermeameter TinyPerm3 (NEW ENGLAND RESEARCH, 2015). Mit diesem Gerät können Matrixpermeabilitäten (Maßeinheit Darcy bzw. D) zwischen 1 mD bis 10 D bzw. 10^{-15} bis 10^{-11} m² mit einer Messunsicherheit von ± 5 % (BROWN & SMITH, 2013) gemessen werden.

Die Matrixpermeabilität wurde an den Rotliegend-Bohrkernen der FB Rebstock im Teufenabschnitt 900 m und 1034 m gemessen. Dabei wurde versucht, pro Meter Bohrkern einen Messpunkt zu nehmen. Ausnahmen wurden an Bohrkernen gemacht, die anderweitig beprobt werden sollten wie z. B. Bohrkernmeter 935,0 m – 936,10 m. So wurden an 128 Messpunkten jeweils 3 bis 5 Messungen durchgeführt. Damit konnten insgesamt 409 Messwerte gewonnen werden. Anhand der Messdaten wurde für jeden der Messpunkte die mittlere Permeabilität sowie die Standardabweichung (Einheit: m²) berechnet. Anhand dieser Mittelwerte und Standardabweichungen konnten der Mittelwert, Median und Standardabweichung der gesamten Bohrung berechnet werden. Anhand der Gesteinsfazies wurden Schichten gleicher Ausbildung zusammengefasst und ein Mittelwert für die Schicht gebildet (

Tab. 2).

Tab. 2: Ergebnisse der Permeabilitäts-Messungen für den Rotliegend-Abschnitt der FB Rebstock (Schlegel, 2023) im Vergleich zu Messungen an Rotliegend-Bohrungen aus dem Projekt Hessen 3 D 1.0 (SASS ET AL., 2011).

Messreihe, Bohrung	Permeabilität, Mittelwert [m ²]	Stratigraphische Einordnung	Gesteinsbezeichnung
Rebstock	$2,2 \times 10^{-14}$	Meisenheim-Formation (Glan-Subgruppe, Unter- rotliegend)	Tonstein, Siltstein, Sandstein, Feinsandstein, Grobsand- stein, konglomeratischer Sandstein, Aschentuff
Sterbfritz	$2,4 \times 10^{-16}$	Oberrotliegend, „Weißlie- gend“, Zechsteinkonglo- merat	Tonstein, Sandstein, Feinsandstein, konglomerati- scher Sandstein
Gelnhaar	$7,0 \times 10^{-17}$	Rotliegend	Siltstein, Feinsandstein, Kon- glomerat
Rohrbach	$8,2 \times 10^{-17}$	Oberrotliegend	Konglomerat
B89-B04, westlich Gelnhausen	$1,6 \times 10^{-14}$	Unterrotliegend, Lind- heim- und Altstadt-For- mation	Grobsandstein, Fanglomerat, Konglomerat
B89-B03, bei Geislitz, s' Gelnhausen	$1,7 \times 10^{-14}$	Unterrotliegend, Lind- heim- und Altstadt-For- mation	Tonstein, Siltstein, Feinsand- stein
Schlagmühle	$5,3 \times 10^{-15}$	Oberrotliegend, Nierstein- Formation (Standenbühl- Fm.)	Tonstein, Siltstein, Feinsand- stein, Mittelsandstein, Grob- sandstein

Der Mittelwert der Messungen an Rotliegend-Bohrkernen verschiedener Bohrungen in Hes-
sen aus dem Projekt Hessen 3D 1.0 zeigt eine geringere Matrixpermeabilität als der Mittel-
wert der Messungen in der FB Rebstock (Abb. 18) mit Ausnahme der in

Tab. 2 aufgeführten Bohrungen B89-03 und B89-B04, die ebenfalls das Unterrotliegend erschlossen haben. Die markierte Mindestpermeabilität für hydrothermale Nutzung beträgt $0,25 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ (PERSONENKREIS TIEFE GEOTHERMIE, 2008).

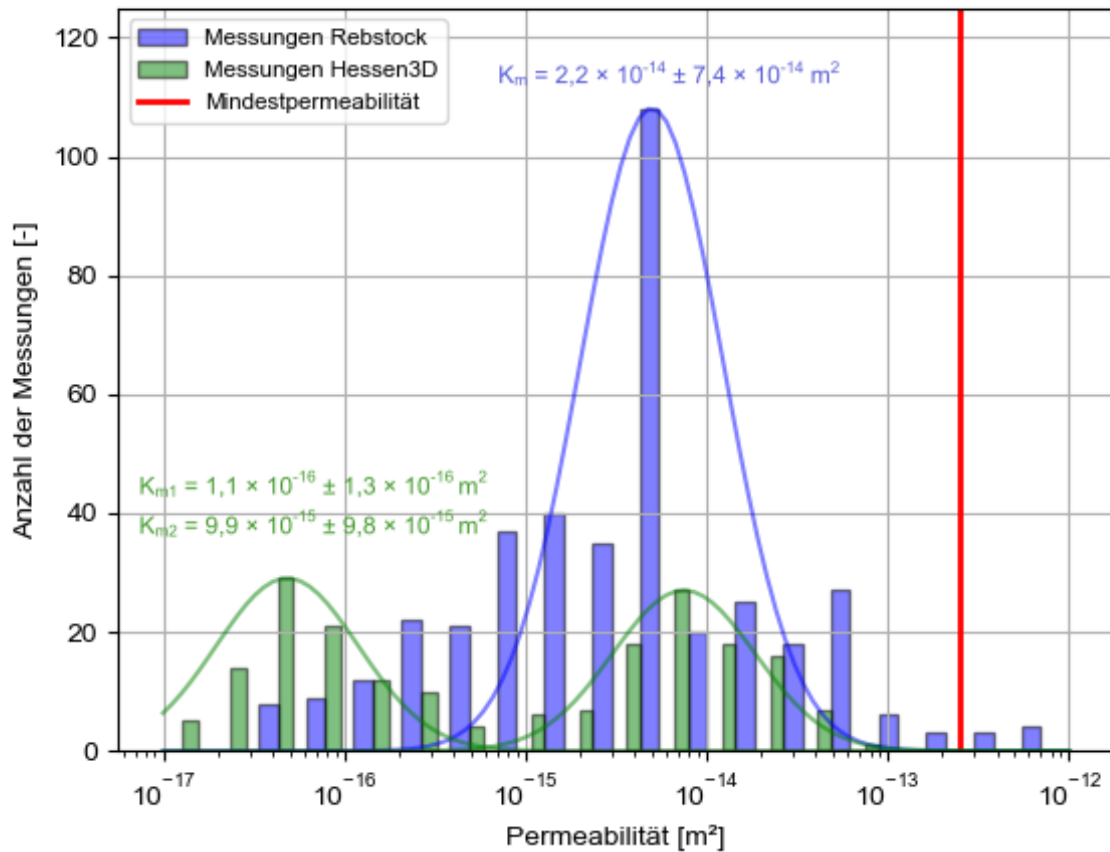


Abb. 18: Matrixpermeabilität: Vergleich der Messungen Rebstock mit Messungen an Rotliegend-Bohrkernen von Hessen3D (SCHLEGEL, 2023).

Schlegel hat die hydraulische Durchlässigkeit der Gesteinsmatrix berechnet, das Resultat zeigt

Tab. 3.

Tab. 3: Hydraulische Durchlässigkeit (k_f -Wert) des von der FB Rebstock erschlossenen Rotliegend (SCHLEGEL, 2023)

	Mittelwert [m/s]	Standardabweichung [m/s]	Minimum [m/s]	Median [m/s]	Maximum [m/s]
FB Rebstock	$1,7 \times 10^{-7}$	$5,6 \times 10^{-7}$	$4,1 \times 10^{-15}$	$4,1 \times 10^{-8}$	$5,6 \times 10^{-6}$

Der Mittelwert ist nach der Hydrogeologischen Kartieranleitung als „geringe Durchlässigkeit“ zu bezeichnen, ist also höher als mit dem Pumpversuch ermittelt.

Fazit zur Permeabilität bzw. Durchlässigkeit des Rotliegenden

Die im 5. Pumpversuch an der Bohrung Rebstock ermittelten Permeabilitäten bzw. Durchlässigkeiten zeigen abhängig von den zwei gewählten Auswertemethoden Wiederanstieg bzw. Absenkung im Pumpversuch eine sehr geringe Durchlässigkeit von $k_f = 6,5 \cdot 10^{-9}$ (m/s) bzw. $k_f = 5,9 \cdot 10^{-8}$ m/s. Die unter Berücksichtigung der Dichte des geförderten Wassers von 1,11 errechnete Permeabilität liegt zwischen $8,7 \cdot 10^{-16}$ m² und $2,77 \cdot 10^{-15}$ m², je nachdem, ob die Berechnung für das gesamte erbohrte Rotliegend oder nur für die perforierten Strecken erfolgte. Die Werte liegen im Bereich der im Projekt Hessen 3 D 1.0 durch Auswertung von Pumpversuchen bestimmten Durchlässigkeiten an tiefen Bohrungen im Rotliegend außerhalb des Oberrheingrabens. Oberflächennahe und/oder in der Nähe von Störungszonen liegende Bohrungen zeigen erwartungsgemäß höhere Permeabilitäten des Rotliegenden. Im Vergleich dazu fallen die Mittelwerte der Messungen mit dem Minipermeameter an Bohrkernen der FB Rebstock jeweils um eine Zehnerpotenz höher aus. Einige der in Hessen 3 D 1.0 mit Minipermeameter gemessenen Werte liegen in ähnlicher Höhe wie diejenigen, die durch Pumpversuche ermittelt wurden, andere aber näher an den gemessenen Werten des KIT. Die Ursache könnte darin begründet sein, dass die Messungen in geringmächtigen Sandsteinlagen in den Bohrkernen der FB Rebstock die Mittelwertbildung dominieren und für Hessen 3 D 1.0 Bohrungen mit sehr unterschiedlicher faziesbedingter lithologischer Ausbildung gemessen wurden.

8 Hydrochemie (Michael Kraml, Vulcan Energie Ressourcen GmbH)

Das Ziel der Produktionstests war es zum einen zu zeigen, wie hoch die Produktivität der Reservoir-Sektion im Rotliegend (ca. 900 m bis 1060 m ET) ist (siehe Abschnitt 8.3) und zum anderen Wasserproben für hydrochemische und Isotopen-Analysen zu entnehmen, um die Eignung für eine stoffliche und/oder energetische Nutzung festzustellen. Dazu wurden mehrere Versuche unternommen, da das offene Bohrloch im obersten Bereich wiederholt bei etwa 930 m kollabierte.

8.1 Probenahme und Analytik

Der erste Produktionstest wurde im Lufthebeverfahren (Airlift) durchgeführt und begann am 30.07.2023 um 11.30 Uhr. Die Fließrate ging von anfänglich 5 l/s kontinuierlich auf 0,3 l/s am 31.07.2023 um 11.30 Uhr zurück als die erste Probenahme stattfand. Die eingeblasene Luft und das produzierte Fluid sind gleichzeitig durch dieselbe 4,5-“ Leitung geflossen, welches ein ringförmiges Fließregime zur Folge hatte mit der injizierten Luft in der Mitte der Leitung. Dies könnte neben der konduktiven Abkühlung der Sole während des langsamen Aufstiegs aus rund 1.000 m Tiefe ein weiterer Grund für die geringe Temperatur des produzierten Fluids von nur 23,9 °C (verglichen mit der an der Bohrlochsohle gemessenen Temperatur von rund 61 °C) gewesen sein.

Im Laufe des 24-stündigen Airlift-Tests wurden zwar 52 m³ Fluid produziert, welches dreimal dem Bohrloch-Volumen entspricht aber die 203 m³ der in die Formation verlorenen Bohrspülung nicht ausgeglichen hat. Negative Temperaturanomalien in dem am 03.08.2023 vom LIAG gemessenen Temperaturprofil (siehe 9.1.4) sind hierbei vermutlich eine Folge von Spülungsverlusten.

Die Dichte der Bohrspülung im Bereich der Verlustzonen lag bei 1,16 g/cm³, welche durch Zugabe von Steinsalz erreicht wurde. Beim Anmischen der Bohrspülung bei Umgebungstemperatur an der Erdoberfläche mit Leitungswasser entspricht deren Dichte einer NaCl-Konzentration von ca. 210 g/l (SCHRÖDER ET AL., 2021). Somit ist bei der ersten Probenahme mit einer deutlichen Kontamination mit Bohrspülung zu rechnen.



Abb. 19: Probenahmestelle am Ausfluss der Thermalsole (Airlift am 31.07.2023)

Darüber hinaus war das Fluid durch eine braune Farbe gekennzeichnet (Abb. 19), welches auf eine so hohe Suspensionsfracht zurückzuführen war, so dass die vor-Ort-Filterung mittels 0,45 µm Spritzenfilter verhindert wurde und im Labor nur mit einer Maschenweite von 2 - 4 µm gefiltert werden konnte. Die vor der Zugabe von supra-purer Salpetersäure (HNO_3) im Fluid verbliebenen und durch die Salpetersäurezugabe aufgelösten Tonminerale (Alumosilikate) sind insbesondere an der außergewöhnlich hohen Aluminium- und Silizium-Konzentration zu erkennen (

Tab. 4 und Tab. 5).

Die eingeblasene Luft bzw. der darin enthaltene Luftsauerstoff verhindert durch Oxidbildung und deren Ausfällung die verlässliche Bestimmung der redox-sensitiven Elemente wie Eisen und Mangan. Die NaCl-dominierte Sole mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 151 mS/cm (Tab. 6) stellt eine Mischung aus der hoch-salinaren Bohrspülung mit einem nicht quantifizierbaren Anteil an Formationswasser dar.

Tab. 4: Konzentration der gelösten Kationen im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 31. Juli 2023 (ICP-OES-Analyse im Vulcan Labor). Die sehr hohe Aluminium-Konzentration der nur grob gefilterten Probe beruht auf der Auflösung von Tonmineralen durch Zugabe von Salpetersäure vor der Analyse.

Probe	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Mg ²⁺	Ba ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
A1-1	24,6	48449	1724	2851	148	445	1	40	1	26

Tab. 5: Konzentration der gelösten Kationen sowie Bor (B) und Silizium (Si) im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 31. Juli 2023 (ICP-OES-Analyse im Vulcan Labor). Die sehr hohe Si-Konzentration der nur grob gefilterten Probe beruht auf der Auflösung von Tonmineralen durch Zugabe von HNO₃ vor der Analyse.

Probe	Rb ²⁺	Pb ²⁺	As ³⁺	Sb ²⁺	Cr ²⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	B [*]	Si [#]	SiO ₂ ber.
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
A1-1	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	0,2	0,2	<d.l.	0,6	3	64	136,9

* Bor und # Silizium treten als undissoziierte Borsäure und Kieselsäure auf; d.l. = Nachweisgrenze

Tab. 6: Konzentration der gelösten Anionen (Produktionstest am 31.7.2023; IC-Analyse im Vulcan Labor).

Probe	Br ⁻	Cl ⁻	F ⁻	I ⁻	SO ₄ ²⁻ gem.	SO ₄ ²⁻ ber.*	TDS ber.	LF Labor	pH Labor	Cl/Br
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[g/L]	[mS/cm]	[-]	[-]
A1-1	47	90367	36	<d.l.	726	599	145	151	7,77	1923

* Berechnet auf der Basis des gemessenen Gesamtschwefels (200 mg/L)

Um eine weniger mit Bohrspülung kontaminierte Probe zu erhalten, wurde am 9. August (Pumpversuchsdaten siehe 7.2.4) ein zweiter Versuch mit einer Tiefpumpe gestartet. Die anfängliche Produktionsrate betrug 2 l/s bevor die Pumpe ausfiel. Daher wurde die zweite Probe mit einem Tiefenwasserschöpfer vom in der Steigleitung der Tiefpumpe verbliebenen Fluid am 10. August entnommen. Dazu wurde der Tiefenwasserschöpfer mit einer Winde auf 180 bis 200 m hinabgelassen, so dass die Probenahme durch Schließen des Ventils bei den Druck-Temperaturbedingungen in dieser Tiefe erfolgen konnte. Daher war es möglich bei der Umfüllung des Fluids in die Probengefäße und einhergehender Druckentlastung die Entweichung der Gasphase durch leichte Blasenbildung zu beobachten.

Das trübe Fluid der Tiefenschöpfer-Probe wurde zuerst an der Technischen Universität Darmstadt zentrifugiert, bevor es mit einer Maschenweite von 0,45 µm gefiltert werden konnte. Die Salinität (elektrische Leitfähigkeit: 119 mS/cm) ist etwas geringer als die der ersten Probe. Dies könnte jedoch auf Leitungswasser zurückzuführen sein, welches beim Durchstoßen („checktrip“) des auf einer Strecke von 8 m verstürzten Bohrlochs (siehe Abschnitt 7.2.4, Fußnote 5) verwendet wurde, um geophysikalische Messungen und den Zufluss auch aus dem unteren Bereich des offenen Bohrlochs zu ermöglichen. Da das Bohrloch im selben oberen Abschnitt erneut verstürzte, sank die Produktionsrate der Pumpe stark, bevor sie wahrscheinlich durch Überhitzung ausfiel. Die Zusammensetzung der ebenfalls noch mit Bohrspülung kontaminierten zweiten Probe kann

Tab. 7 und Tab. 8 entnommen werden. Außerdem fallen hier die geringen Konzentrationen an Fluorid und Silizium auf, welche durch die Ausfällung von CaF_2 und SiO_2 im abkühlenden Fluid in der Steigleitung erklärt werden können.

Tab. 7: Konzentration der gelösten Kationen im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 10. August 2023 (ICP-OES-Analyse im Vulcan Labor). Die höhere Silizium-Konzentration der nur zentrifugierten (nicht gefilterten) Probe beruht auf der Auflösung von Tonmineralen durch Zugabe von Salpetersäure vor der Analyse.

Probe	Rb ²⁺	Pb ²⁺	As ³⁺	Sb ²⁺	Cr ²⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	B*	Si [#]	SiO ₂ ber.
	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
A1-2	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	2	3	5	10,7
	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	<d.l.	2	3	28	59,9

* Bor und # Silizium treten als undissoziierte Borsäure bzw. Kieselsäure auf; d.l. = Nachweisgrenze

Ein dritter Pumptest (siehe 7.2.5) wurde erst durchgeführt, nachdem mit dem Bohrstrang inklusive Bohrmeißel der verstürzte Bereich bis zur Bohrlochsohle durchfahren war und dieser im Bohrloch verblieben ist, um einen erneuten Kollaps der Bohrlochwand zu verhindern. Um einen Thermalwasserzutritt zu erlauben, war es notwendig den Bohrstrang zu perforieren.

Die dritte und letzte Beprobung fand am 13. und 18.10.2023 (siehe 7.2.5, Intervalle 2 und 3) am Ende des Produktionstests statt. Das produzierte Fluidvolumen lag am 13. und 18.10. bei 171 m³ und 370 m³, welches etwa dem 0,8- und 1,7-fachen der in die Formation verlorenen

Bohrerspülung entspricht (ohne Berücksichtigung der Leitungswassermenge, welche für das zweimalige Durchstoßen des verstärzten Bereichs verwendet wurde).

Tab. 8: Konzentration der gelösten Anionen im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 10. August 2023 (IC-Analyse im Vulcan Labor). Das Cl/Br-Verhältnis von rund 2100 weist auf oligozänes Salz hin. Die Fluorid-Konzentration liegt unterhalb der Nachweisgrenze, welches auf die Ausfällung von CaF_2 in der stehenden und abkühlenden Sole in der Steigleitung der Pumpe zurückgeführt wird. Ausfällungsprozesse von SiO_2 sind in der gefilterten Probe (

Tab. 7) auch für die niedrigste Silizium-Konzentration aller Proben verantwortlich.

Probe	Br ⁻ [mg/L]	Cl ⁻ [mg/L]	F ⁻ [mg/L]	I ⁻ [mg/L]	SO ₄ ²⁻ gem. [mg/L]	SO ₄ ²⁻ ber.* [mg/L]	TDS ber. [g/L]	EC @ 25°C Labor [mS/cm]	pH Labor [-]	Cl/Br [-]
A1-2	43	89391	<d.l.	<d.l.	547	761	140	119		2079
	46	98759	<d.l.	<d.l.	551	755	150	134	7,81	2147

* Berechnet auf der Basis des gemessenen Gesamtschwefels (254 und 252 mg/L)

Die vor-Ort-Parameter wurden mittels einer Durchflussmesszelle mit drei Sonden für die Messung der elektrischen Leitfähigkeit (TetraCon® 925), pH-Wert (SenTix® 980) und Redox-Potential (SenTix® 900) durchgeführt, welche an ein Multimeter (WTW 3430) angeschlossen sind (Tab. 9,

Tab. 10)

Tab. 9: Vor-Ort-Parameter des Rebstockbad Fluids vom Produktionstest am 13. Oktober 2023, welche mit WTW-Sonden, einem Test-Kit von Merck zur Bestimmung der Alkalinität und Sulfid-Teststreifen von Macherey-Nagel bestimmt wurden. Die 2-3 m oberhalb der Pumpe gemessene Temperatur im Bohrloch betrug 39,7 °C. ORP = Redoxpotential.

Probe	Ausflusstemperatur [°C]	Fließrate [l/s]	pH vor-Ort [-]	ORP [mV]	LF @ 37,3°C vor-Ort* [mS/cm]	S ²⁻ oder HS ⁻ [mg/L]
K1-2	37,9	0,70	6,22	-165	188,7	<5

* Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit (LF) wurde ohne Temperaturkompensation durchgeführt

Tab. 10: Vor-Ort-Parameter des Rebstockbad-Fluids vom Produktionstest am 18. Oktober 2023, welche mit WTW-Sonden, einem Test-Kit von Merck zur Bestimmung der Alkalinität und Sulfid-Teststreifen von Macherey-Nagel bestimmt wurden. Die 2-3 m oberhalb der Pumpe gemessene Temperatur im Bohrloch betrug 35,1 °C. ORP = Redoxpotential.

Probe	Ausflus- temperatur [°C]	Fließ- rate [l/s]	pH vor- Ort [-]	ORP vor-Ort [mV]	Eh ber. vs. SHE [mV]	LF @ 33.4°C* [mS/cm]	S ²⁻ oder HS ⁻ [mg/L]	Alkalinität (@ pH 4.3) [mmol/L]	HCO ₃ ber. [mg/L]
K1-3	33,6	0,45	6,11	-216	-17	171,6	<5	5,9	360

* Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit wurde ohne Temperatur-Kompensation durchgeführt

Da die Wasserproben in zwei unterschiedlichen Laboratorien mit unterschiedlichen Messverfahren hydrochemisch analysiert wurden (im Vulcan-Labor u. a. mittels ICP-OES und in der TU Darmstadt mittels ICP-MS), sind die überlappend gemessenen Kationen in Abb. 20 gegenübergestellt.

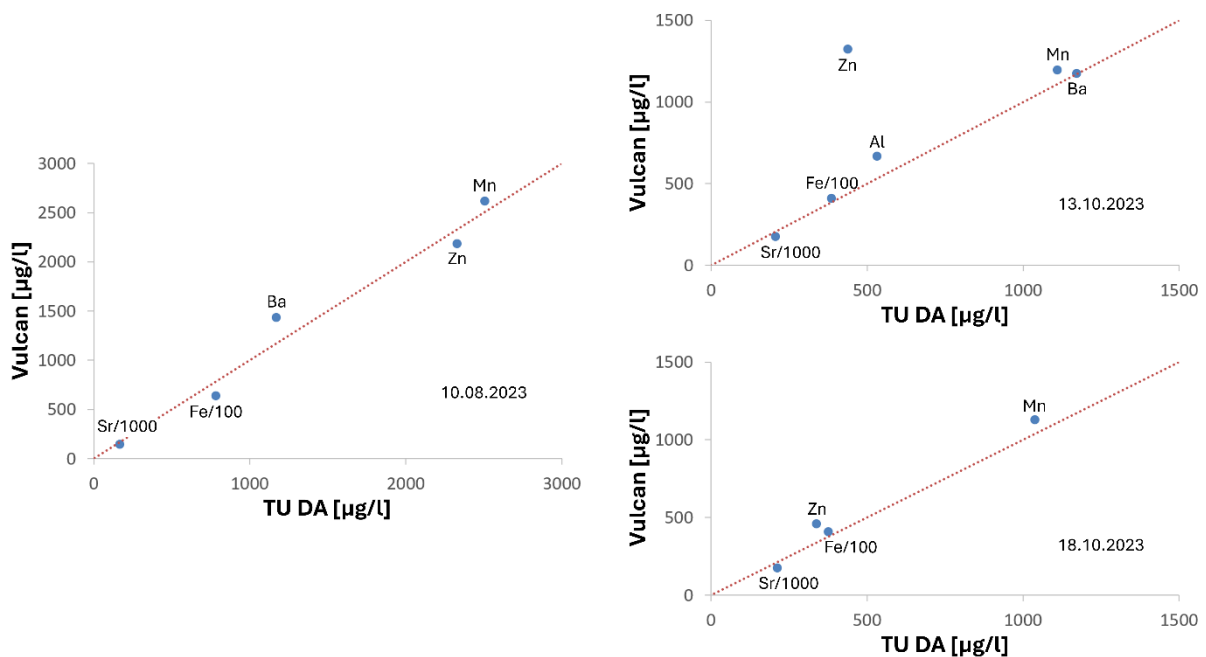


Abb. 20: Vergleich der in beiden Laboren mittels ICP-OES und ICP-MS überlappend gemessenen Kationen.

Abb. 20 zeigt, dass die Werte der in beiden Laboren mit unterschiedlichen Verfahren (ICP-OES und ICP-MS) gemessenen Parameter, mit Ausnahme von Zink in der am 13.10.2023 ent-

nommenen Probe, recht gut übereinstimmen. Die Qualität der Vollanalysen des Vulcan-Labors zeigt sich auch an dem jeweils unter 5 % betragenden Ionenbilanzfehler der Haupt-Anionen und -Kationen.

8.2 Ergebnisse Hydrochemie

Beim Rebstockbad-Fluid handelt es sich um eine hoch-mineralisierte Sole mit einem Gesamtlösungsinhalt von 141 g/l bei der ersten Probe bis 108 g/l bei der letzten Probe. Bei der ersten Probe liegt der Salzgehalt somit viermal und selbst bei der letzten Probe noch dreimal über dem von Meerwasser. Abb. 21 zeigt, dass auch das Muster der Konzentrationen der einzelnen Ionen des Rebstockbad-Fluids sich deutlich von Meerwasser unterscheidet.

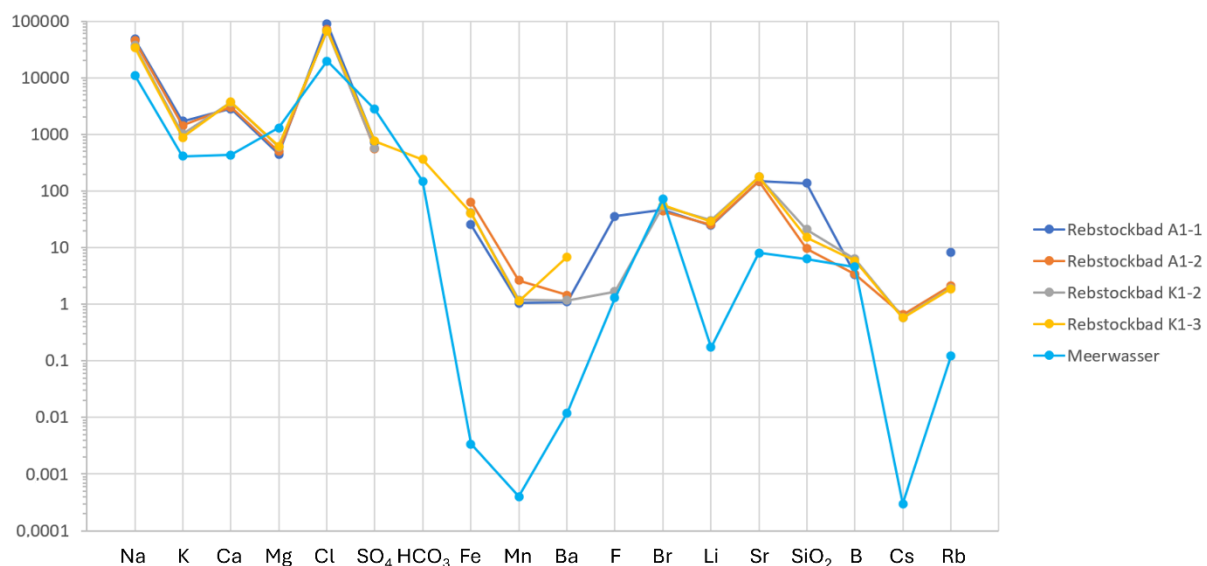


Abb. 21: Modifiziertes Schöller-Diagramm der Elemente der Rebstockbad-Proben im Vergleich zu Meerwasser.

An der Zusammensetzung der Hauptelemente kann man erkennen, dass die Sole von Natrium-Chlorid (Steinsalz) dominiert wird (Abb. 21). Abb. 22 (links) zeigt ein in seiner Entwicklung weit fortgeschrittenes („reifes“) geothermisches Fluid an. Aus Abb. 22 (rechts) geht hervor, dass die Auflösung von Steinsalz eine (mit zunehmender Pumpdauer) immer weniger dominierende Rolle bei der Fluid-Entwicklung spielt. Das im Diagramm angezeigte aufgelöste Steinsalz stammt jedoch höchstwahrscheinlich vom Salzzusatz, um die Dichte der Bohrspülung zu erhöhen und nicht von natürlichem Steinsalz. Letzteres ist im Rotliegend-Aquifer nicht zu erwarten.

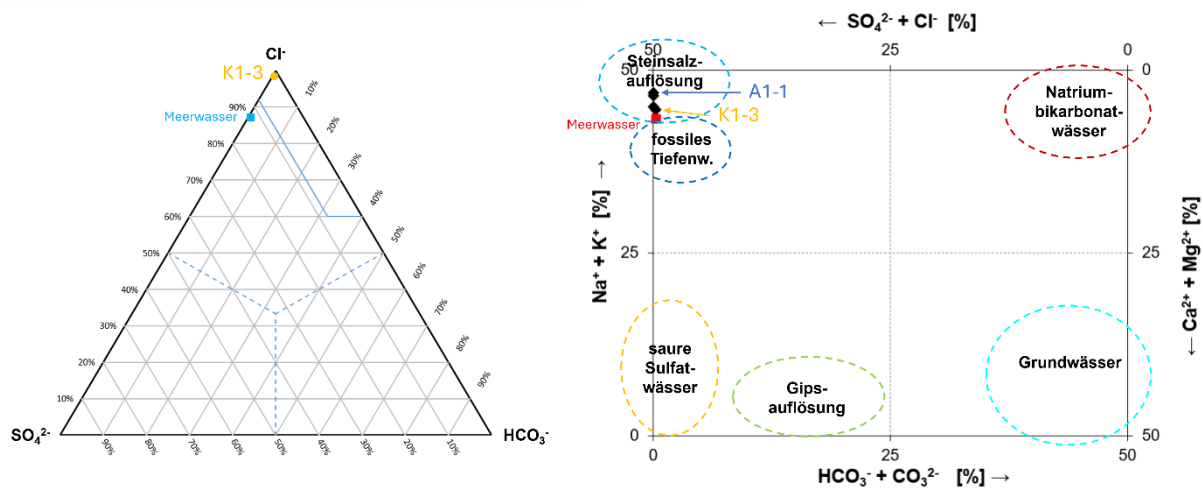


Abb. 22: Dreiecksdiagramm mit den Hauptanionen Chlorid, Sulfat und Hydrogenkarbonat und Ludwig-Langelier-Diagramm mit den Feldern unterschiedlicher Wassertypen und wichtigen Prozessen der Fluid-Entwicklung.
 (links) Dreiecksdiagramm mit den Hauptanionen Chlorid, Sulfat und Hydrogenkarbonat (= Bikarbonat). Probe K1-3 wurde am Ende der Produktionstests entnommen;
 (rechts) Ludwig-Langelier-Diagramm mit den Feldern unterschiedlicher Wassertypen und wichtigen Prozessen der Fluid-Entwicklung. Probe A1-1 wurde beim ersten Produktionstest entnommen.

Eine intensive Beschreibung der Analysenergebnisse wurde dem HLNUG von der Fa. VULCAN vorgelegt, sprengt aber den Rahmen dieses Ergebnisberichts. Daher wird im Folgenden nur die Interpretation der Fa. VULCAN der Ergebnisse hinsichtlich einer geothermischen Nutzung erläutert.

8.3 Implikationen für die hydrogeothermische Nutzung

Die am 03.08.2023 und 26.03.2024 in 1060 m Tiefe gemessene Temperatur an der Bohrlochsohle von 61 °C impliziert einen erhöhten linearen geothermischen Gradienten von 47,5 K/km bei einer Jahresdurchschnitts-Temperatur von 10,7 °C in Frankfurt (siehe 9.1.5). Die geringen Fließraten von unter 1 l/s legen andererseits eine geringe Risspermeabilität nahe, welche durch die Entfernung zu permeablen Störungszonen oder durch abdichtenden Ton entlang der Störungszonen erklärt werden kann.

In Tab. 11 ist auch die berechnete thermische Leistung aufgelistet, welche auf angenommenen Fließraten und Thermalwasser-Temperaturen am Bohrkopf beruhen. Die Werte der thermischen Leistung der hydrogeothermalen Nutzung können für den Vergleich mit einer tiefen Erdwärmesonde herangezogen werden. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass für eine

hydrogeothermale Nutzung noch eine Injektionsbohrung abgeteuft werden muss und die Reinjektionstemperatur höher als die mittlere Jahrestemperatur sein muss. Letzteres ist durch potenzielle Mineralausfällungen bedingt, welche bei der Abkühlung der Sole sonst im Wärmeübertrager auftreten würden.

Die Tabelle zeigt, dass eine maximale thermische Leistung (**P**) von 3,46 MW berechnet werden konnte bei einer angenommenen Bohrkopf-Temperatur (**T1**) von 60,0 °C, der mittleren Jahrestemperatur in Frankfurt von 10,7 °C (**T2**) und einer geschätzten maximalen Fließrate (**Q**) von 18 l/s, welches keinen Temperatur-Verlust bei der Produktion des Fluids bedingen sollte. Bei den Fließraten unter 18 l/s wurden entsprechende Temperaturverluste angenommen, wie sie bei 0,45 und 0,7 l/s aufgetreten sind.

Tab. 11: Berechnete Dichte (**ρ**) und spezifische Wärmekapazität (**cp**) für den Temperaturbereich der Rebstockbad-Sole basierend auf *in-situ* gemessenen Daten von SCHRÖDER ET AL. (2021).

T [°C]	ρ [kg/m ³]	cp [J/kg K]		T1-T2 [°C]	Q [l/s]	P [MW _{th}]
20	1078	3700		23,9-10,7	0,3	0,016
25	1076	3695		33,6-10,7	0,45	0,041
30	1073	3692		37,9-10,7	0,7	0,075
35	1071	3689		46,0-10,7	3	0,416
40	1068	3687		49,0-10,7	5	0,751
50	1063	3685		55,0-10,7	10	1,731
60	1057	3687		60,0-10,7	18	3,460

Die Sättigungsindices (SIs) der potenziell ausfallenden Minerale sind in Tab. 12 aufgelistet. Werte um Null ($0 \pm 0,5$) zeigen an, dass das Fluid in Bezug auf das jeweilige Mineral gesättigt ist, während Werte $> 0,5$ auf eine Übersättigung hinweisen. Bei 30 °C und 20 °C übersättigte Mineralphasen umfassen Quarz, Sulfate (insbesondere BaSO₄), Karbonate (insbesondere CaMg[CO₃]₂), Oxide (insbesondere Eisenoxide) und Alumosilikate (insbesondere Zeolithe und Tonminerale).

Eine geothermometrische Abschätzung der Reservoir-Temperatur auf Basis der gelösten Bestandteile ergab zwei Temperatur-Cluster. Die höhere Temperatur von 131 ± 6 °C für das tiefe Reservoir im Grundgebirge und 59 ± 5 °C für den Rotliegend-Aquifer (Tab. 13). Die Tiefenreservoir-Temperatur stützt den erhöhten geothermischen Gradienten, welcher durch das aus dem Grundgebirge aufsteigende heiße Fluid verursacht wird und den Rotliegend-Aquifer zurzeit nicht mehr erreicht (siehe hierzu auch Abschnitt 10). Die SiO₂- und der K-Sr-

Geothermometer wurden auf Aquifer-Temperatur zurückgestellt, während die anderen Geothermometer ihre „Erinnerung“ an das tiefe Reservoir, in welchem das Fluid im Gleichgewicht war, behalten haben.

Tab. 12: Beispiele von Sättigungsindices (SIs) von potenziell bei 20 °C und 30 °C ausfallenden Mineralen welche mit PhreeQC Interactive 3.7.1 (PARKHURST & APPELO, 2013) berechnet wurden unter Verwendung der Pitzer- (erste Reihe) und LLNL-Datenbank (zweite und dritte Reihe).

T [°C]	Quarz	Baryt	Dolomit
20	0,68	0,71	0,37
30	0,51	0,58	0,61

T [°C]	Quarz	Baryt	Dolomit	Witherit	Goethit	Hämatit	Magnetit
20	0,57	0,84	0,18	0,60	4,64	10,27	7,87
30	0,36	0,65	0,60	0,52	5,01	11,06	9,17

T [°C]	Stilbit	Mesolit	Heulandit	Illit	Nontronit*	Kaolinit	Montmor,*
20	7,14	5,48	4,08	5,47	14,45	5,02	4,62
30	7,50	6,46	4,52	6,40	14,59	5,86	5,1

* Na-Varietät von Nontronit und Montmorillonit

Tab. 13: Mittels Geothermometrie berechnete Reservoir-Temperaturen an der am geringsten mit Bohrspülung kontaminierten Rebstockbad-Probe, welche am Ende des Pumptestes entnommen wurde.

Geothermometer	T _{ber.} [°C]	Bedingungen für deren Anwendung	Autoren
Mg-Li	134	0-350 °C; geothermische & Formationsfluide von Ölfeldern	KHARAKA & MARINER (1989)
Na-K	134	> 100 °C; annähernd neutraler pH	KHARAKA & MARINER (1989)
Na-Li	140	0-350 °C; geothermische & Formationsfluide von Ölfeldern	KHARAKA & MARINER (1989)
Na-Rb	124	Salinare geothermische Fluide, d.h. ≥ 10635 mg/l Cl	SANJUAN ET AL. (2016)
Na-Cs	127	Salinare geothermische Fluide, d.h. ≥ 10635 mg/l Cl	SANJUAN ET AL. (2016)
K-Mg	125	Geothermische Fluide aus granitischem Grundgebirge	MICHARD (1990)
K-Sr	64	Salinare geothermische Fluide, d.h. ≥ 10635 mg/l Cl	SANJUAN ET AL. (2016)
SiO ₂	54	25-250 °C; konduktiv; Quarz: kein Dampf-Verlust	FOURNIER (1977)
SiO ₂	60	25-250 °C; Quarz: maximaler Dampf-Verlust bei 100 °C	FOURNIER (1977)

Tab. 13 zeigt die Hydrochemie der Rebstockbad-Sole im Vergleich zu Tiefen-Fluiden des mittleren Oberrheingraben. Die geringeren Konzentrationen des gelösten Lithiums, Kaliums,

Strontiums und an Kieselsäure sowie das höhere Na/K-Verhältnis und die höhere Magnesium-Konzentration sind auf die geringere Reservoir-Temperatur der Rebstockbad-Sole zurückzuführen. Das signifikant höhere Cl/Br-Verhältnis zeigt einen Beitrag von aufgelöstem Salz an und die Unterschiede im Reservoir-Fluid lassen sich insbesondere am deutlich höheren Cl/B- und Cl/Li-Verhältnis ablesen.

Tab. 14: Hauptelemente von Tiefen-Fluiden aus dem mittleren Oberrheingraben
(Quelle: Soultz bis Bruchsal aus SANJUAN ET AL., 2016) im Vergleich mit Rebstockbad-Sole (

Tab. 10).

Standort	Tiefe	Li	Na	K	Ca	Mg	Sr	Br	Cl	SO ₄	HCO ₃	SiO ₂	B	Na/K	Cl/Br	Cl/B	Cl/Li
	m	mg/l	g/l	g/l	g/l	mg/l	mg/l	mg/l	g/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l				
Soultz	5000	173	28,1	3,20	7,23	131	455	216	58,6	157	168	201	40,8	8,8	271	1435	338
Insheim	3600	168	29,9	3,82	7,25	99	456	185	64,9	131	150	167	41,1	7,8	351	1579	386
Landau	3044	179	28,2	4,00	7,70	76	430	219	64,2	126	176	159	39,0	7,1	293	1646	359
Rittershof-fen	2580	190	28,5	3,79	7,20	138	498	251	59,9	220	187	146	45,9	7,5	239	1305	315
Cronenbourg	2870	210	31,5	4,03	4,81	126	405	361	62,0	480	134	143	37,9	7,8	172	1636	295
Bruchsal	2542	159	35,1	3,11	7,36	301	391	203	73,6	267	377	77,4	39,4	11,3	362	1867	463
Rebstockbad	1060	29,1	34,4	0,88	3,70	620	177	57	67,0	760	360	15,0	5,8	39,0	1176	11485	2306

8.4 Schlussfolgerungen Hydrochemie

Auch die zuletzt entnommene Wasserprobe mit der geringsten Kontamination an Bohrspülung zeigt stagnierende Bedingungen an, d. h. die für den erhöhten geothermischen Gradient verantwortlichen aus dem Grundgebirge aufsteigenden Wässer sind derzeit nicht in der Lage, den Rotliegend-Aquifer (Hauptwasserzutritt in 993,5 bis 996,4 m Tiefe) zu erreichen. Dies kann daran liegen, dass die Störungszone im Bereich des Ton-reichen Unter-Rotliegend abdichtend wirkt oder keine permeable Störungszone entlang des Bohrpfades im Rotliegend angetroffen wurde.

Die Fluid-Entwicklung ist geprägt durch Wasser-Gesteins-Wechselwirkung mit dem vermutlich kristallinen Grundgebirge und weist einen Beitrag von mesozoischem Salz auf, falls reliktisch vorhandene und beim Pumpstest mitproduzierte Bohrspülung gänzlich ausgeschlossen werden kann.

Ein Vergleich mit Tiefen-Fluiden des Mittleren Oberrheingrabens zeigt, dass die Salinität identisch ist, aber die hydrochemische Zusammensetzung aufgrund der geringeren Reservoir-Temperatur (131 ± 6 °C) und der daraus folgenden geringeren Wasser-Gesteins-Wechselwirkung mit dem Reservoir-Gestein deutlich abweicht.

Die Qualität des Fluids erlaubt deren nachhaltige hydrogeothermale Nutzung falls korrosionsbeständige Materialien (z. B. GFK) zum Einsatz kommen, um das korrosive Fluid mit einer Salinität von > 100 g/L im Leitungssystem zu transportieren und nach dessen Nutzung wieder zu injizieren. Mögliche Ablagerungen (Scales) können durch bekannte Gegenmaßnahmen (Druckhaltung und Inhibitoren) verhindert werden. Dazu ist es jedoch noch erforderlich das Gas-zu-Wasser-Verhältnis zu bestimmen und Tests mit speziell für diese Fluid-Zusammensetzung geeigneten Inhibitoren durchzuführen.

Eine Entscheidung für eine hydrogeothermale Nutzung oder tiefe Erdwärmesonde muss auf Basis einer vergleichenden ökonomischen Betrachtung beider Nutzungsarten getroffen werden.

9 Bohrlochgeophysik

Die bohrlochgeophysikalischen Messungen erfolgten in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) im Juli und August 2023 sowie im März 2024. Zusätzlich wurden durch die Firma Terratec bohrungsbegleitende bohrlochgeophysikalische Messungen im März und April 2023 durchgeführt.

Aufgrund der Teufe der Bohrung von über 1.000 m und einer maximalen Messgeschwindigkeit der unterschiedlichen Sonden von ca. 1–10 m pro Minute wurden zur Durchführung aller Messungen mehrere Tage benötigt. Einige Messungen konnten über die gesamte Länge der Bohrung (verrohrter und unverrohrter Teil) erfolgen, andere nur im zunächst unverrohrten untersten Teil der Bohrung, da eine Messung in der Verrohrung die Messung zu stark beeinflusst hätte und daher nicht sinnvoll gewesen wäre (z. B. akustischer Bohrloch-Imager).

Aufgrund der Instabilität des unverrohrten Bereichs der Bohrung mussten die Messungen zum Teil sektionsweise aus dem Bohrgestänge heraus erfolgen. Die Messsonden setzten dennoch aufgrund von Hindernissen im Bohrloch wiederholt auf, so dass einige Messungen nicht wie ursprünglich geplant durchgeführt werden konnten. Tab. 15 enthält eine Übersicht über die durchgeführten bohrlochgeophysikalischen Messungen in der Forschungsbohrung Rebstock und in welchem Tiefenbereich Messdaten gewonnen werden konnten.

Messfahrten:

1. Am 23.03.2023 (vor Einbau der Ankerrohrtour; durch Terratec): Gamma, Temperatur, Bohrlochabweichung, Kaliber. Gebohrt: 357,50 m; gemessen: 357,71 m, Ausbau: - 3,33 m – 56,00 m: Stahl.
2. Am 22.04.2023 (vor Einbau des Hanger-Liners 5 5/8"; durch Terratec): Gamma, Temperatur, Kaliber. Gebohrt: 484,00 m; gemessen: 483,71 m, Ausbau: 355,00 m – 484,00 m: Offenes Bohrloch 10 5/8", -3,33 m – 355,00 m: Stahl 11 3/4".
3. Am 11./12.07.2023 (vor Pumpversuch; durch LIAG): Gamma, Salinität, Temperatur, Bohrloch-Imager, Spektrales Gamma, Elektrischer Formationswiderstand, Dipmeter, Magnetische Suszeptibilität und Sonic.
Tools bei ca. 930 m aufgesetzt (Bohrloch wahrscheinlich zugefallen).
4. Am 02./03.08.2023 (nach Airlift; durch LIAG): TelevIEWer, Gamma, Elektrischer Formationswiderstand, Sonic P & S-Welle, Spektrales Gamma, Salinität, Temperatur.
Elektrischer Formationswiderstand gemessen im Bereich 901 m – 932 m, akustisches

Bohrloch-Image im Bereich 897 m – 928 m, 934 m – 948 m im „cased-hole“-Modus, akustisches Bohrloch-Image gemessen im Bereich 1008 m – 1060 m im unverrohrten Bohrloch, Sonic P-&S-Welle im Bereich 1008 m – 1060 m, Spektrales Gamma im Bereich 1002 m – 1060 m, Salinität, Temperatur und Gamma im Bereich 0 m – 1060 m.

5. Am 26.03.2024 (durch LIAG): Gamma, Temperatur und Salinität.

Tab. 15: Bohrlochgeophysikalische Messungen durch LIAG in der FB Rebstock

Messlog	erfasster Tiefenbereich	Anmerkungen
Temperatur	0 – 1.060 m	mehrere Messfahrten
Salinität	0 – 1.060 m	mehrere Messfahrten
Gamma Ray	0 – 1.060 m	zu Korrelationszwecken mit jeder Messfahrt gemessen
Televiewer (Akustisch)	897 – 948 m und 1.008 – 1.060 m	Abschnitt 948–1.008 m nicht messbar
Spektrales Gamma Ray	870 – 931 m und 1.002 – 1.060 m	Bereich 932–1.002 m nicht messbar aufgrund von Bohrloch-Instabilitäten; Qualität durch starke Randausbrüche und Washouts beeinträchtigt; Probleme mit der Orientierung
Laterolog (Elektrischer Widerstand)	891 – 932 m	Aufsetzen der Sonde bei 932 m
Dipmeter	890 – 937 m	Aufsetzen der Sonde bei 937 m
Magnetische Suszeptibilität	898 – 930 m	Aufsetzen der Sonde bei 930 m
Sonic (P- und S-Welle)	1.008 – 1.060 m	Bereich 932–1.008 m nicht messbar

9.1 Temperaturen (TEMP)

Messungen der Bohrlochtemperatur erfolgen mit einem elektrischen Widerstandsthermometer, welches eine kontinuierliche Temperaturregistrierung im Bohrloch ermöglicht. Soll die Temperatur der Bohrspülung in oder in nahezu ungestörten Verhältnissen gemessen werden, wird das TEMP-Log (in der Regel in Kombination mit dem SAL-Log) zuerst gefahren. Die Messung erfolgt während des Einfahrens der Sonde in das Bohrloch und nur im Bereich des mit Wasser gefüllten Bohrlochs. Wegen der Jahrestemperaturwelle kann der natürliche Temperaturanstieg mit der Tiefe erst ab etwa 20 m Tiefe beobachtet werden. Abweichungen

vom normalen Temperaturverlauf können auf vertikale Wasserbewegungen im Bohrloch oder im umgebenden Gebirge hindeuten. In solchen Fällen zeigt die Temperaturkurve besonders bei Wasserein- und Wasseraustrittsstellen anormale Werte an.

Im Zeitraum März bis August 2023 sowie im März 2024 wurden in der Forschungsbohrung mehrere Temperatur-Tiefenprofil-Messungen durchgeführt. Da die Messungen bis August 2023 in kurzen Unterbrechungen der Bohr- und Ausbauarbeiten oder nach hydraulischen Tests durchgeführt wurden, konnte bei diesen kein ungestörtes Temperaturprofil ermittelt werden. Um dies zu verdeutlichen sowie aufzuzeigen, welche Ableitungen aus den Temperaturdaten dennoch möglich sind, werden sie nachfolgend beschrieben. Relevant für die Beurteilung der thermischen Situation des Standortes ist die Temperaturprofilmessung vom 26.03.2024, da vor dieser Messung über mehrere Monate das Bohrloch in Ruhe war und damit das Temperaturprofil als thermisch equilibriert angenommen werden kann.

Ergänzend zu den Messungen in der Forschungsbohrung liegt ein Temperatur-Tiefenprofil einer Pilot-Erdwärmesonde vor, die rd. 180 m westlich der Forschungsbohrung zur Erkundung des Temperaturregimes bis 100 m Tiefe errichtet wurde.

9.1.1 Temperatur-Profil (1): 100 m tiefe Erdwärmesonde rd. 180 m westlich der Forschungsbohrung

Das in der Erdwärmesonde bis zu einer Tiefe von 100 m am 25.10.2022 gemessene Temperaturprofil ist als ungestört anzusehen. Es entspricht den im Umfeld in weiteren Erdwärmesonden gemessenen Temperaturprofilen und ebenso weitgehend dem im ehemaligen Betriebsbrunnen des Rebstockbades (rd. 80 m nordwestlich der Forschungsbohrung) gemessenen Temperaturprofil. Hieraus lässt sich eine ungestörte Temperatur von 14 - 15 °C in 100 m Tiefe im Bereich des Rebstockbades ableiten.

9.1.2 Temperatur-Profile (2a), (2b) und (2c): Messungen Fa. Terratec

Die von der Fa. Terratec durchgeführten Temperaturmessungen wurden ergänzend zum eigentlichen Ziel der geophysikalischen Bohrlochmessung von Gamma, Kaliber und Abweichung durchgeführt. Da die Messungen in kurzen Unterbrechungen der Bohrtätigkeit durchgeführt wurden, sind sämtliche Temperaturdaten als beeinflusst und nicht repräsentativ für

den Untergrund anzusehen. Sie werden an dieser Stelle zur Dokumentation der Wirkung der Bohrarbeiten auf die gemessenen Temperaturen beschrieben.

(2a)

Die Messung des Tiefenbereichs 0 m – 357 m erfolgte gemäß Messprotokoll der Fa. Terratec am 23.03.2023, gemäß Tagesbericht der Fa. Daldrup hingegen am 26.03.2023. Da erst am 24.03.2023 eine Bohrtiefe von 332 m erreicht wurde, ist die Datumsangabe der Fa. Daldrup als korrekt anzusehen. Zum Zeitpunkt der Messung war das Bohrloch unterhalb 58,42 m unter GOK nicht verrohrt.

Das Temperaturprofil zeigt für den 26.03.2023 im Wesentlichen eine Dreiteilung in die Tiefenbereiche 30 m – 115 m, 115 m – 160 m und 160 m – 357 m unter GOK mit jeweils relativ konstanten Steigungen (siehe Abb. Abb. 23). Verlängert man den oberen und den unteren Abschnitt liegt ihr Schnittpunkt bei etwa 130 m unter GOK. In dieser Tiefe wurde der spülende Ausbau des Bohrstrangs am 24.03.2023 unterbrochen und am 25.03.2023 fortgeführt. Die im Tiefenbereich 160 m – 357 m unter Gelände vorhandene Spülung hatte somit mehr Zeit zur Temperaturangleichung als die Spülung oberhalb. Der Tiefenbereich 115 m – 160 m unter Gelände wäre dabei als Übergangszone zu interpretieren.

Bis etwa 15 m unter GOK zeigt sich ein für Temperaturmessungen typischer Verlauf: mit Eintauchen in die 5 m unter GOK stehende Bohrspülung steigt die Temperatur gegenüber der kühlen Lufttemperatur im zunächst deutlich an. Drunter steigt die Temperatur bis Unterkante der Bohrsektion 1 (Verrohrungsdurchmesser 26"). Die Ursache für den positiven Temperaturpeak im Tiefenbereich 15 m – 30 m ist unklar.

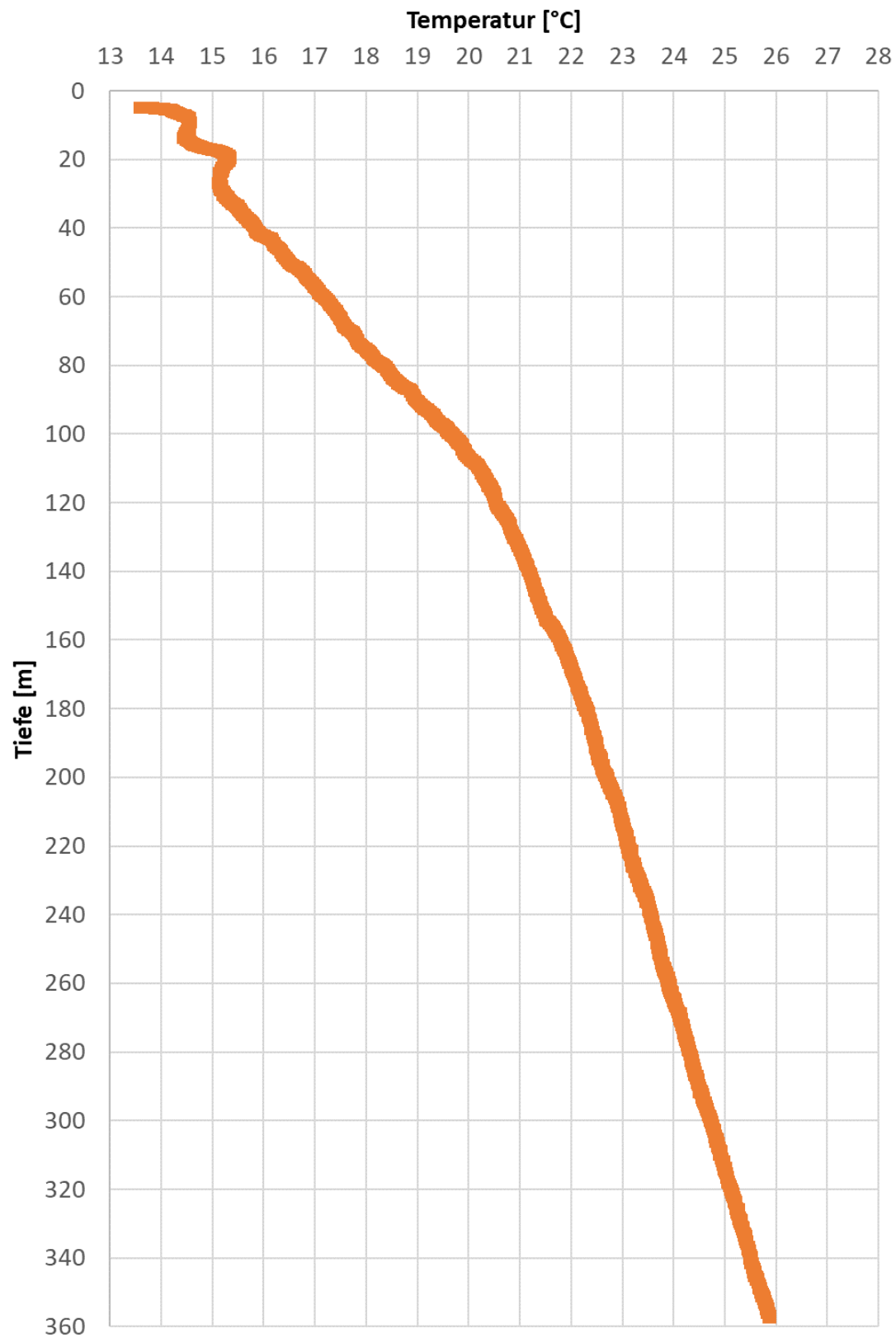


Abb. 23: Temperaturprofil (2a) vom 26.03.2023. Die Temperaturen sind durch vorangehende Bohrarbeiten gestört.

(2b)

Die Messung wurde am 22.04.2023 durchgeführt. Gemäß Tagesbericht erfolgten zwei Einfahrten, die beide bei 483 m unter GOK aufstanden. Mögliche Ableitungen auf Grundlage des Temperaturprofils 330 – 483 m unter GOK werden nicht gesehen.

(2c)

Gemäß Tagesbericht 185 (08.06.2023) erfolgte am 07.06.2023 eine Messfahrt durch die Fa. Terratec, bei der die Messsonde bei 685 m aufstand. Ein Ergebnisprotokoll dieser Messfahrt liegt nicht vor. Nach erneutem Einbau des Bohrgestänges, Nachbohren bis 900 m mit Setzen einer 2 m³ HV-Pille sowie erneutem Ausbau des Bohrgestänges erfolgte am 08.06.2023 eine erneute Temperatur-Messfahrt im Tiefenbereich von 682 m – 899 m unter GOK, für die ein Messprotokoll vorliegt.

Auffällig sind der im Vergleich zu den zwei anderen Temperaturprofilen der Fa. Terratec unruhige Kurvenverlauf und die insgesamt geringe Temperatur (siehe Abb. 24). Beides ist vermutlich durch die umfangreichen Arbeiten im Bohrloch mit Spülungsumlauf unmittelbar vor der Messfahrt bedingt. Mögliche Ableitungen auf Grundlage dieses Temperaturprofils werden nicht gesehen.

9.1.3 Temperatur-Profil (3): Messung LIAG am 11.07.2023

Die Messung wurde vom LIAG parallel zu weiteren Messungen durchgeführt (Gamma etc.). Die Temperatur wurde abwärtsfahrend mit einer Geschwindigkeit von 15-20 m/min gemessen.

Das Temperaturprofil vom 11.07.2023 umfasst den Tiefenbereich 0 m – 930 m (siehe Abb. 25). Am Vortag erfolgte hierzu der Ausbau des Bohrgestänges, nachdem dieses zunächst bei rd. 930 m aufsetzte, dann aber bis 1059 m unter GOK spülend eingefahren werden konnte. Nach Erreichen der Endteufe erfolgte noch am 10.07.2023 ein Austausch der Spülung (Dichte vor Tausch gemäß Tagesbericht: 1,15 kg/l) durch 34 m³ Frischwasser.

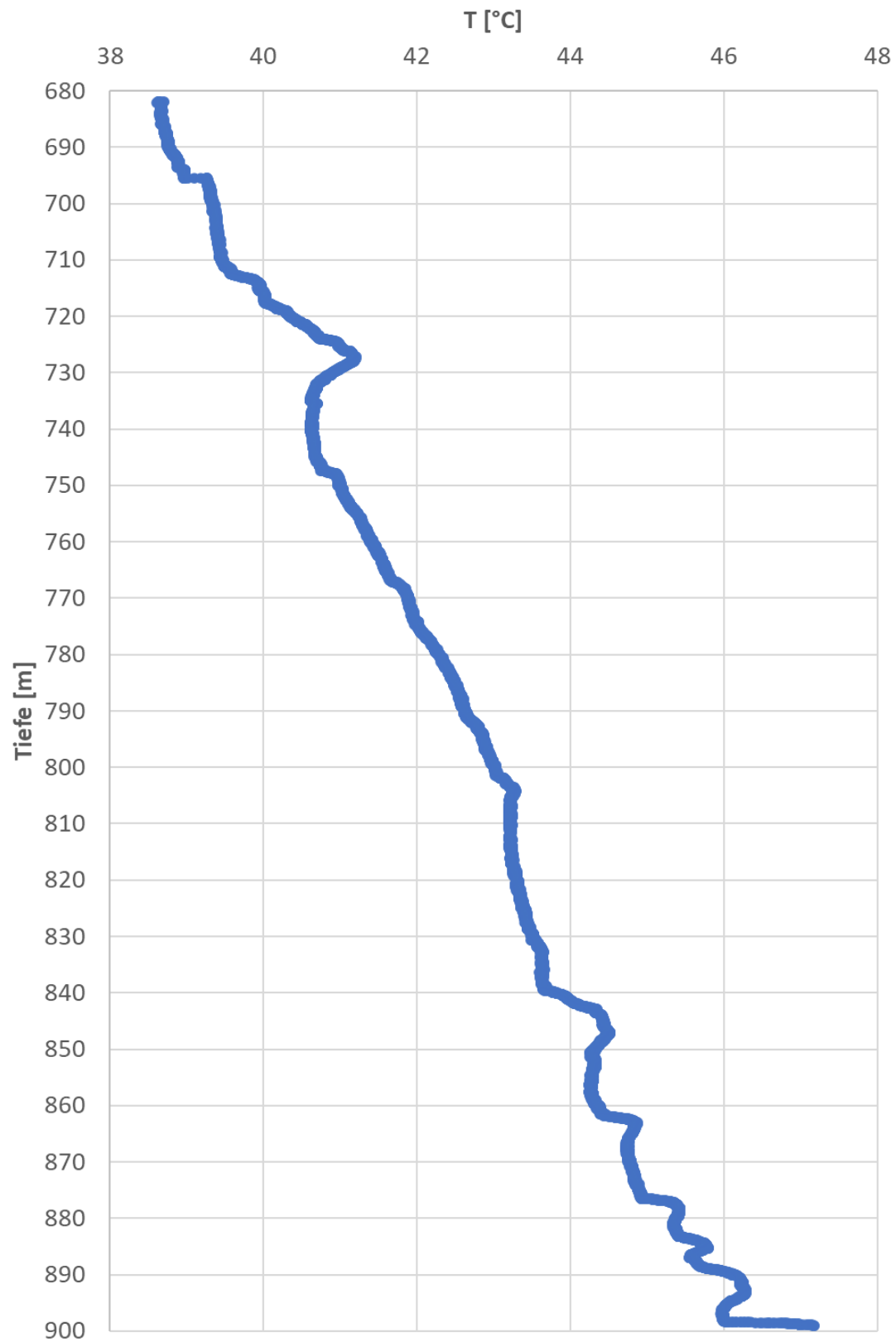


Abb. 24: Temperaturprofil (2c) vom 08.06.2023. Die Temperaturen sind durch vorangehende Bohrarbeiten gestört.

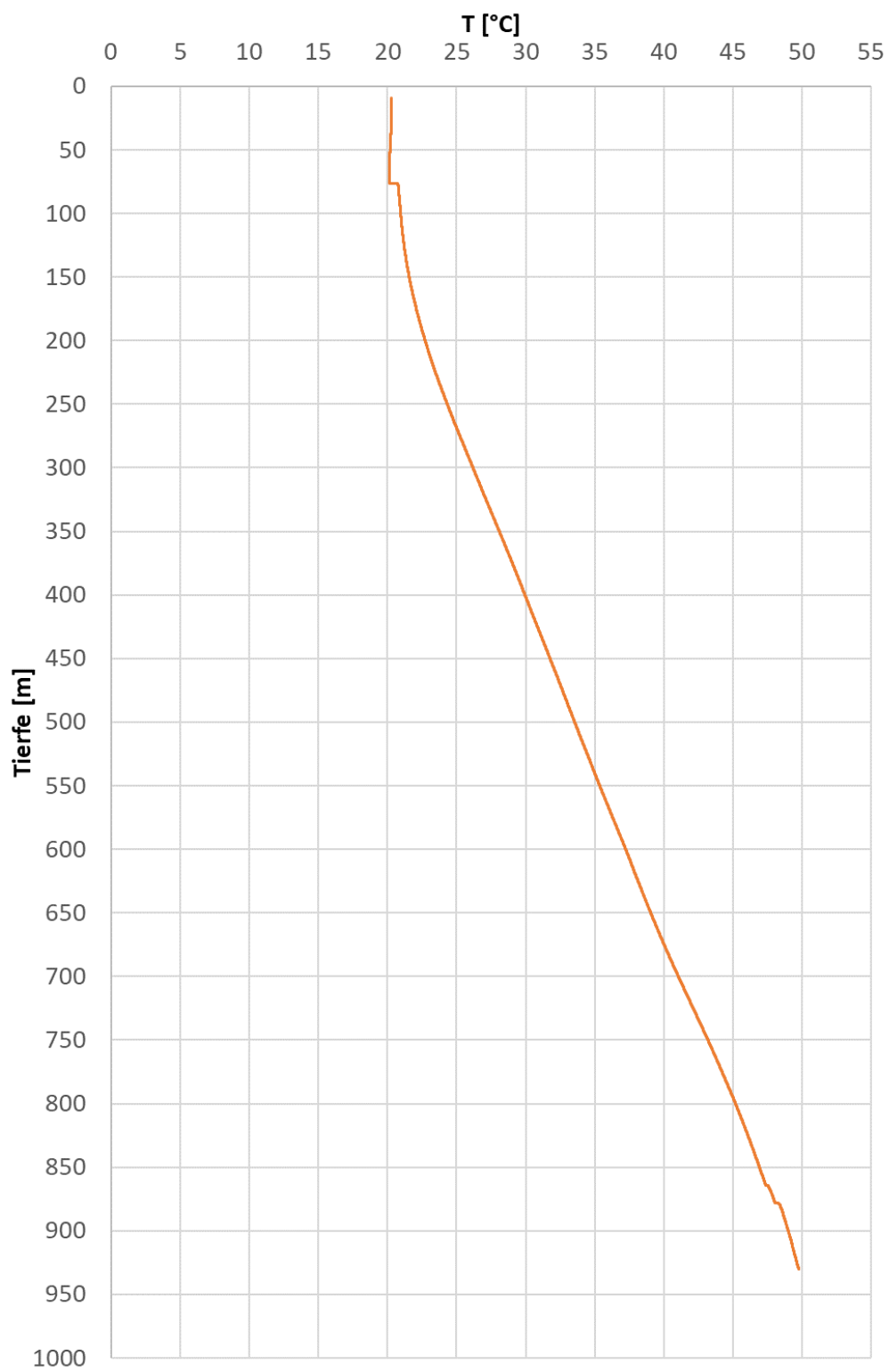


Abb. 25: Temperaturprofil (3) vom 11.07.2023. Die Temperaturen sind durch vorangehende Bohrarbeiten gestört.

Das Aufsetzen von Bohrgestänge am 10.07.2023 und Messsonde des LIAG am 11.07.2023 bei jeweils rd. 930 m unter GOK ist auf eine Instabilität der Bohrlochwand in dieser Tiefe zurückzuführen.

Die bei der Messfahrt am 11.07.2023 im Vergleich zu späteren Messfahrten geringen Temperaturen sind auf den umfangreichen Spülungstausch am Vortag zurückzuführen.

Der Temperatursprung bei rd. 76,5 m unter GOK von 20,16 °C auf 20,77 °C um rd. 0,5 K ist auf eine rd. 10-minütige Unterbrechung der Messfahrt zurückzuführen⁹, die zu einer längeren Anpassung der Messsonden-Temperatur an die der Spülung führt. Dies ist einerseits ein Hinweis auf eine zu schnelle Messfahrt, andererseits ein Hinweis auf die Genauigkeit, mit der Messwerte die Temperatur der Spülung oder des Gebirges widerspiegeln.

9.1.4 Temperatur-Profil (4): Messung LIAG 03.08.2023

Am 03.08.2023 wurde vom LIAG eine erste durchgehende Temperatur-Tiefenprofilmessung von der Erdoberfläche bis zum Bohrlochtiefsten bei 1.060 m durchgeführt (siehe Abb. 26).

Die Messung erfolgte zusammen mit einer Gamma- und Salinitätsmessung abwärtsfahrend mit einer Geschwindigkeit von 10 m/Minute. Da die Messung zum Schutz der Messsonde bis rd. 1.000 m innerhalb des Bohrstrangs und dem Ausbau durchgeführt wurde, und zudem noch kurz zuvor Bohrarbeiten und Pumpversuche liefen, sind die Temperaturen zum Zeitpunkt der Messung beeinflusst.

Negative Temperaturanomalien sind hierbei möglicherweise auf Verluste der gegenüber dem ungestörten Untergrund kühleren Bohrspülung in das Gebirge zurückzuführen (siehe Abb. 27).

9.1.5 Temperatur-Profil (5): Messung LIAG 26.03.2024

Durchführung der Temperatur-Profilmessung:

Die letzte Temperatur-Profilmessung erfolgte mittels kombinierten Logging-Tools für Gammastrahlung, Salinität und Temperatur im ausgebauten Bohrloch mit einer Messfahrtge-

⁹ per E-Mail vom LIAG bestätigt

schwindigkeit von rd. 10 m/Minute und einer Messwertaufnahme etwa alle 5 cm. Temperaturmesswerte wurden für den Tiefenbereich 3,82 m – 1056,20 m u. GOK aufgezeichnet (Abb. 28).

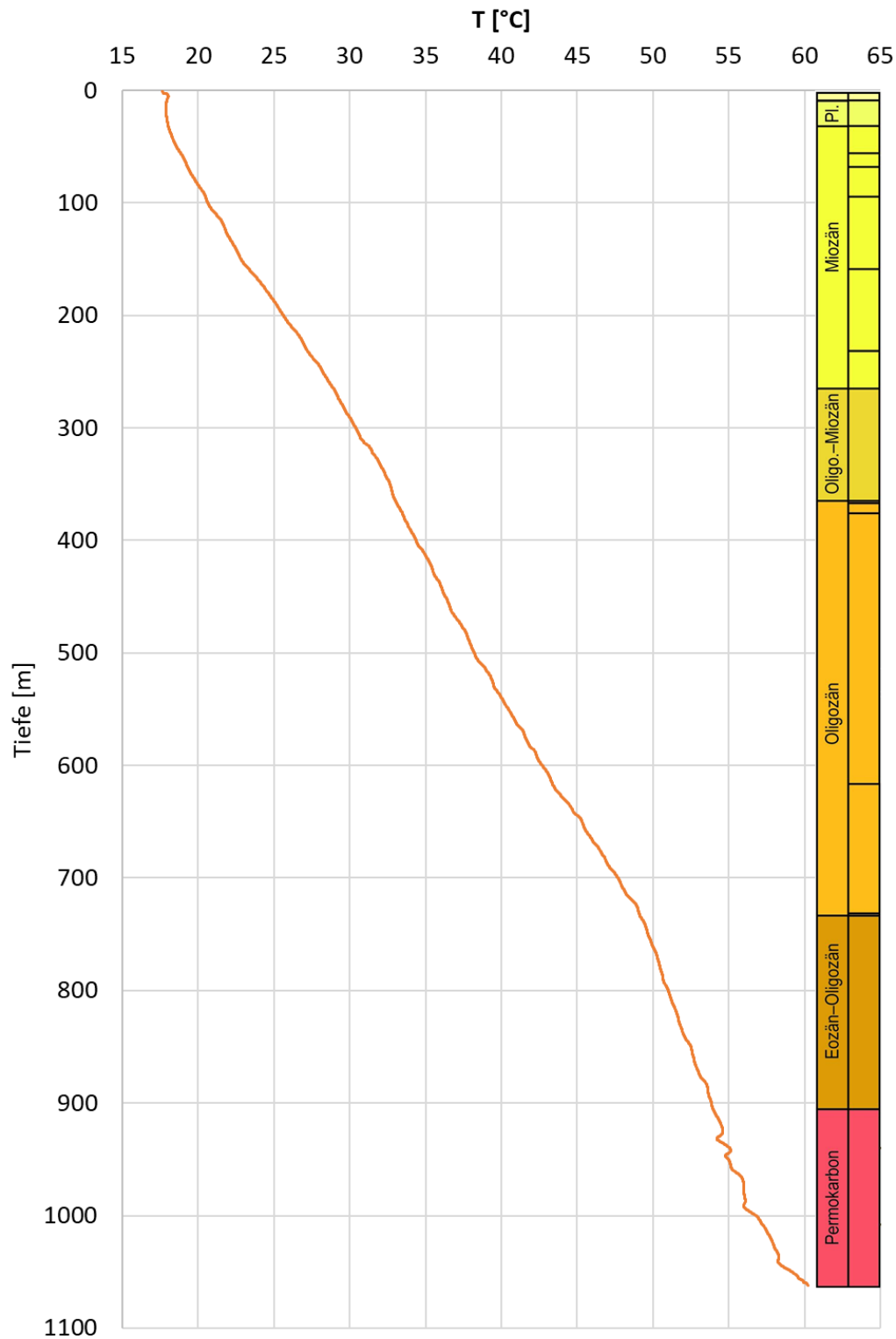


Abb. 26: Temperaturprofil 03.08.2023; gemessen durch LIAG

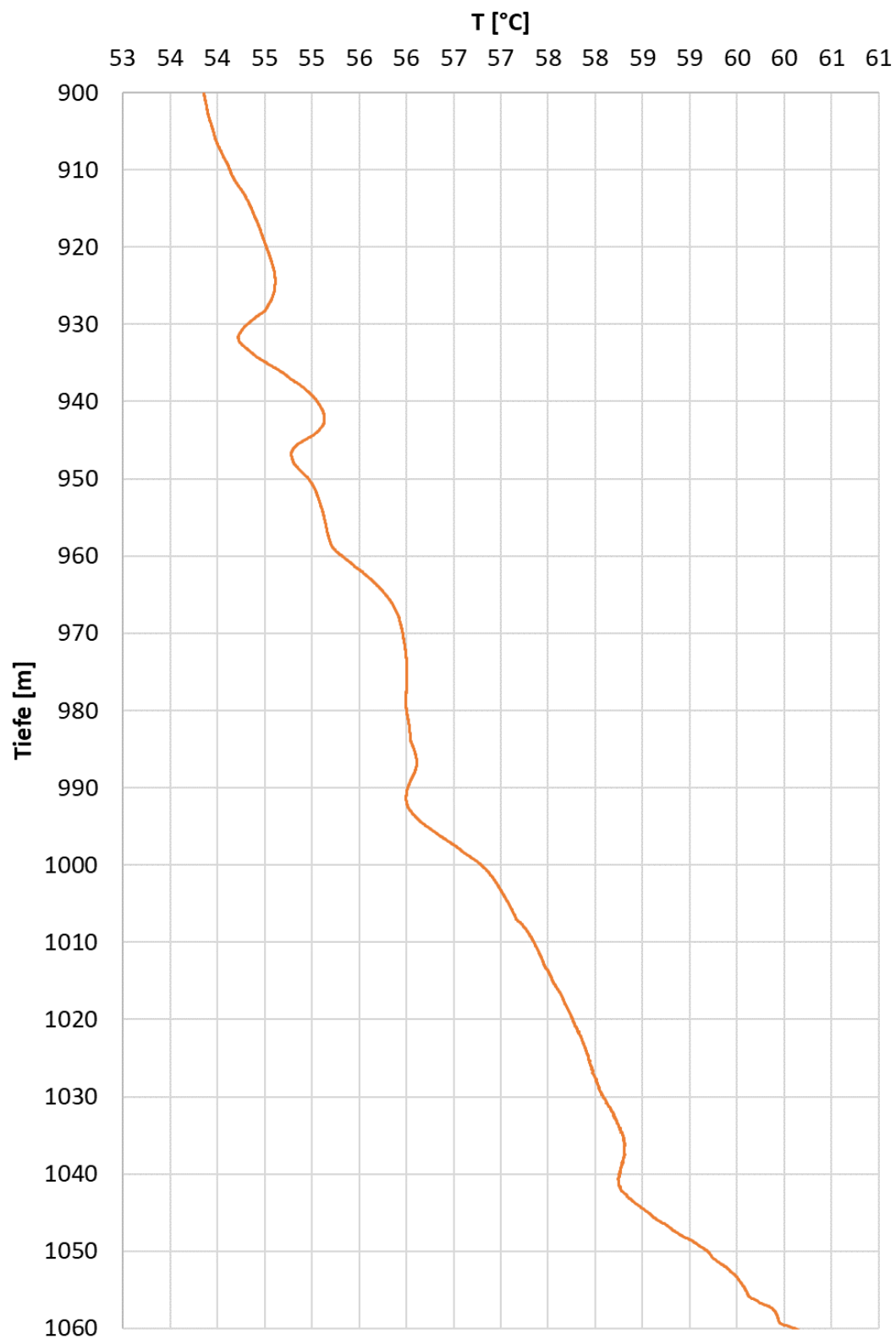


Abb. 27: Temperaturprofil im Tiefenbereich 900 – 1060 m. Negative Temperaturanomalien sind möglicherweise auf Verluste der gegenüber dem ungestörten Untergrund kühleren Bohrspülung in das Gebirge zurückzuführen.

Die Messfahrt wurde bei rd. 321 m u. GOK unterbrochen¹⁰, da der Messbereich der Salinitäts-Sonde von 0 – 3 mS/cm auf 0 - 300 mS/cm umgestellt werden musste. Anschließend wurde die Messsonde um rd. 5 m hochgefahren und die Messfahrt mit einer Überlappung im Tiefenbereich 315,85 – 320,87 m fortgesetzt. Die durch die Messfahrt-Unterbrechung bedingt längere Verweilzeit der Messsonde in gleicher Tiefe (= längere Angleichung zwischen Messsonde und Wasser) führte zu etwas höheren Temperatur-Messwerten ab Fortsetzung der Messfahrt. Für die nachfolgenden Darstellungen und Auswertungen wurden die Daten beider Messfahrten bei 320,87 m zusammengeführt, wodurch sich im Profil ein Temperatursprung von 0,06 °C ergibt, der in Abb. 26 jedoch nicht erkennbar ist.

Bei 1056,2 m u. GOK setzte die Messsonde auf. Die an der Messsonde nach ihrem Ausbau anhaftenden Verschmutzungen zeigen, dass der Tiefenbereich 1056,2 m – 1061 m mit Ausbruchmaterial aus der Bohrlochwand und/oder Schlamm aus abgesetzten Trübstoffen aufgefüllt ist. Die von den Verschmutzungen verursachte Abdeckung des Temperatursensors führte zu einer verzögerten Messwertaufnahme bei der Aufwärtsfahrt, so dass das hierbei gemessene Profil verwischt und geglättet ist. Eine Auswertung dieser Daten aus der Aufwärtsfahrt erfolgte daher nicht.

Bedingt durch den Ausbau der Bohrung, den festgestellten hohen Gradienten und die Salinität des erschlossenen Thermalwassers ist eine Konvektion innerhalb des 5 ½"-Rohres nicht auszuschließen. Im Bereich der Bohrsektion II steht das 5 ½"-Rohr zudem bis in eine Tiefe von 309,32 m u. GOK innerhalb der wassergefüllten 11 ¾"-Ankerrohrtour. Es ist somit davon auszugehen, dass sich vertikale Temperaturunterschiede im Gebirge nur gedämpft („geglättet“) durch zwei Stahlrohre und einen wassergefüllten Ringraum bis ins Innere des 5 ½"-Rohres durchpausen.

¹⁰ Gemäß Mail LIAG vom 27.03.2024 wurde die Messfahrt bei 317 m unterbrochen, die Daten zeigen dagegen eine Überlappung im Tiefenbereich 315,85 m – 320,87 m.

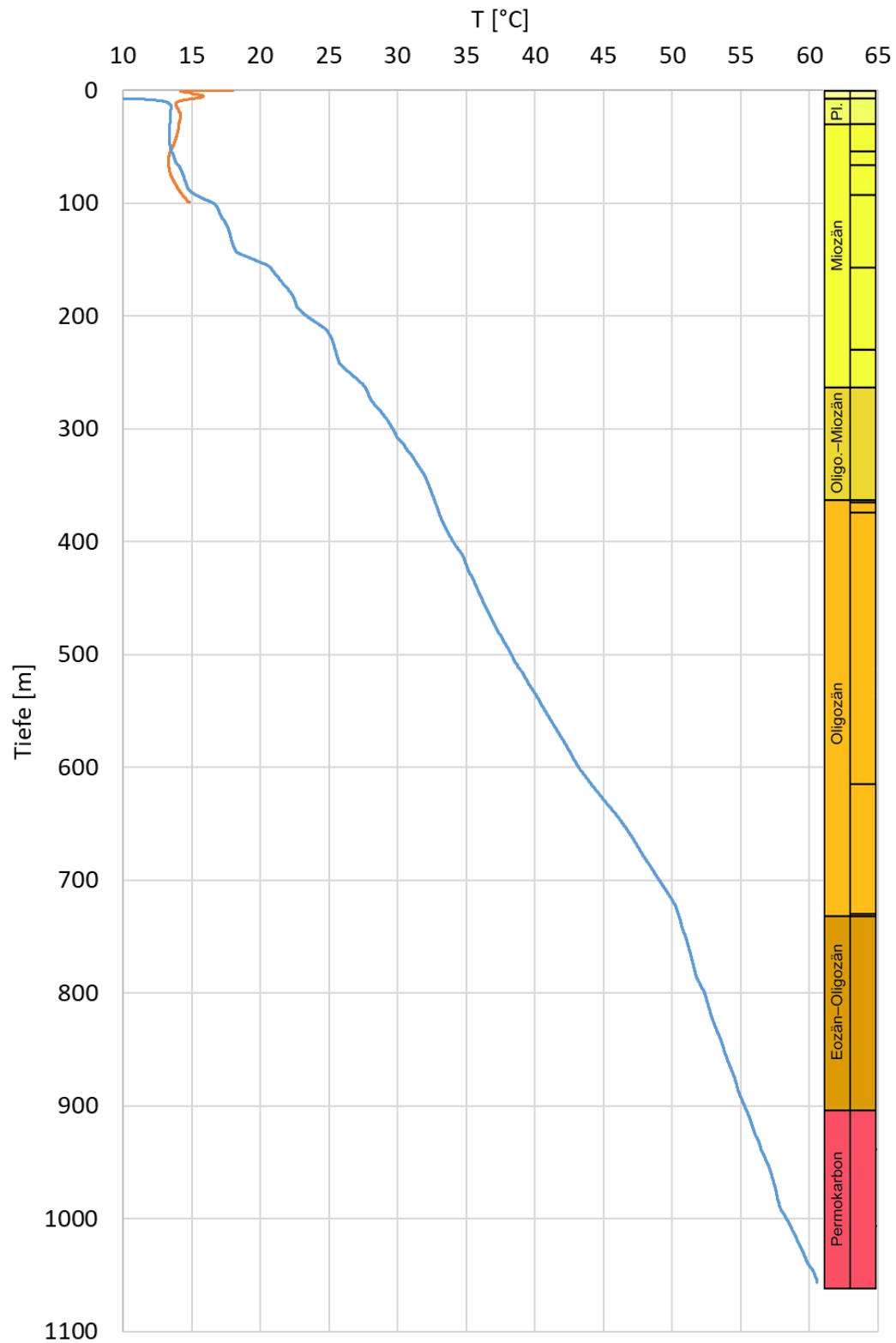


Abb. 28: Temperaturprofil 26.03.2024 der Forschungsbohrung (blau), gemessen durch LIAG. Ergänzend ist das Temperaturprofil der 100 m Erdwärmesonde dargestellt (siehe 9.1.1)

Ergebnis der Temperatur-Profilmessung:

Die Temperatur-Messung zeigt einen Anstieg der Untergrundtemperatur von etwa 9 °C in 10 m u. GOK auf 60,5 °C in 1056 m u. GOK, wobei sich anhand des Temperaturprofil-Verlaufs und unter Berücksichtigung der Stratigraphie (= Tiefenlage von Schichtgrenzen) grob vier Tiefenbereiche unterscheiden lassen:

- I 10 m – 53 m Quartär, Pliozän, Staden-Formation (Miozän)
- II 53 m – 362 m Praunheim-Form. mit Ginnheimer Flöz bis OK Vilbeler Kies
(Miozän - Oberoligozän)
- III 362 m – 728 m Vilbeler Kies, Untere Cerithienschichten, Cyrenenmergel, Rupelton
- IV 728 m – 1056 m Alzey-Form., Pechelbronn-Gruppe, Unterrotliegend

Tiefenbereich I (10 m – 53 m)

Im Tiefenbereich 0 m – 53 m stehen überwiegend rollige Sedimente an, die eine zur Grundwassergewinnung ausreichende Durchlässigkeit aufweisen¹¹.

Im oberflächennächsten Bereich bis 10 m steigt die Temperatur zum Messzeitpunkt März 2024 sprunghaft von rd. 9 °C unmittelbar unterhalb der Erdoberfläche auf rd. 13 °C in 10 m an. Dieser Tiefenbereich ist vom Temperaturgang der Erdoberfläche beeinflusst und somit aufgrund des Messzeitpunktes kühler als im Jahresmittel.

Bis 53 m u. GOK steigt die Temperatur nur geringfügig auf 13,51 °C, was sich einerseits auf eine thermische Beeinflussung von der Erdoberfläche und andererseits auf die Beeinflussung des geothermischen Wärmestroms durch das in diesem Tiefenbereich strömende Grundwasser erklären lässt. Der für diesen Tiefenbereich rechnerisch bestimmbare Gradient von rd. 1,2 K / 100 m ist somit nicht allein vom geothermischen Wärmestrom, sondern deutlich durch den Wärmeaustausch mit der Erdoberfläche beeinflusst.

Tiefenbereich II (53 m – 362 m)

Im Tiefenbereich 53 m – 362 m stehen überwiegend Mergeltone und Schlufftone mit geringmächtigen Einschaltungen von Kalkgrus, Dolomitsteinen und Sanden an. Die Temperatur

¹¹ Diese Sedimente wurden auch vom ehemaligen Brunnen des alten Rebstockbades erschlossen. Ein Kurzpumpversuch im ehemaligen Brunnen am Rebstockbad im Jahr 2006 ergab eine quasistationäre Absenkung von 2,07 m bei einer Förderrate von 50,8 m³/h. Ursächlich für erhöhte Gehalte des Rohwassers an Natrium (131 mg/l) und Chlorid (149 mg/l) wurde bereits 2007 vom HLUG ein möglicher Zustrom erhöht mineralisierten Wassers aus größerer Tiefe vermutet (siehe HLNUG-Archiv 5817/640).

steigt in diesem Abschnitt von rd. 13,5 °C auf rd. 32,7 °C, was einem mittleren Gradienten von 6,2 K/100 m entspricht.

Markante Änderungen des Gradienten zeichnen sich bei etwa 100 m, etwa 144 m und etwa 193 m u. GOK ab, wobei sich kein Zusammenhang mit Schichtwechseln oder dem Ausbau erkennen lässt.

Bis in eine Tiefe von 100 m (Tiefenbereiche I und II) zeigt sich eine in Anbetracht des unterschiedlichen Ausbaus der Bohrungen und einer nicht auszuschließenden Konvektion in der Forschungsbohrung eine gute Übereinstimmung des Tiefenprofilverlaufs mit dem der rd. 160 m westlich errichteten 100 m tiefen EWS (siehe Abb. 28).

Tiefenbereich III (362 m – 728 m)

In diesem Tiefenbereich stehen unterhalb der etwa 2 m mächtigen Vilbeler Kiese mit dem Rupelton überwiegend Mergel und Mergeltone an. Die Temperatur steigt in diesem Bereich von rd. 32,7 °C auf rd. 50,4 °C, was einem mittleren Gradienten von 4,8 K/100 m entspricht. Der gegenüber dem Tiefenbereich II geringere Gradient ist ein Hinweis auf eine höhere Wärmeleitfähigkeit der im Tiefenbereich III anstehenden Tone¹².

Tiefenbereich IV (728 m – 1056 m)

Mit Ausnahme der rd. 2 m mächtigen Alzey-Formation (Meeressand, 728 m – 730 m) stehen im Tiefenbereich IV Festgesteine der Pechelbronn-Gruppe und des Rotliegenden an. Innerhalb des Tiefenbereichs steigt die Temperatur von rd. 50,4 °C in 728 m auf rd. 60,5 °C im Bohrlochtiefsten bei 1056 m, was einem mittleren Gradienten von 3,1 K / 100 m entspricht, woraus sich wiederum eine höhere Wärmeleitfähigkeit der Gesteine dieses Tiefenbereichs im Vergleich zum Tiefenbereich III ableiten lässt.

¹² Zur Überprüfung dieser Annahme sollten Temperaturprofile aus Bohrungen mit einer ausreichend mächtigen miozänen Folge von Tonen/Schluffen über dem oligozänen Rupelton dahingehend ausgewertet werden, ob eine Änderung des Gradienten im Bereich der Schichtgrenze erkennbar ist.

Mittlerer Geothermischer Gradient

Die Ableitung eines mittleren Gradienten zwischen Geländeoberfläche und erreichter Bohrtiefe wird durch die angesetzte Jahresmitteltemperatur beeinflusst, die in den vergangenen Jahrzehnten deutlich gestiegen ist (siehe Abb. 29).

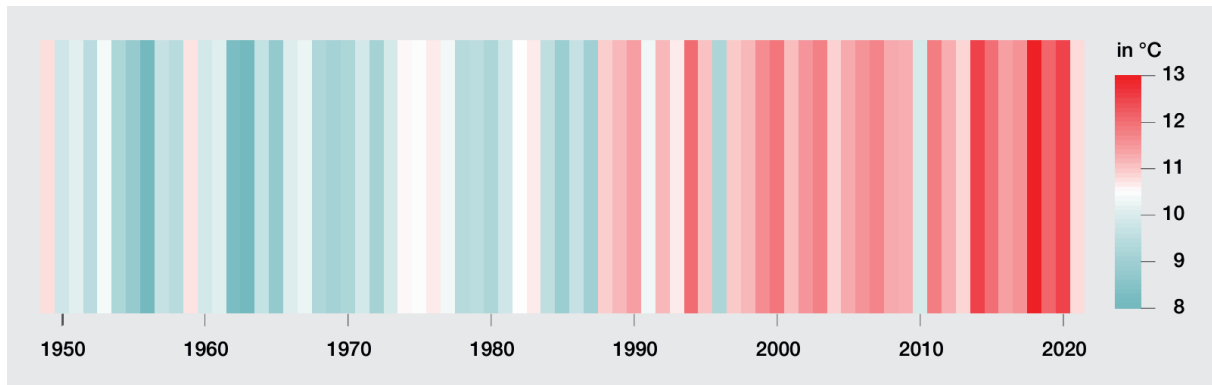


Abb. 29: Durchschnittstemperaturen 1949 bis 2021. Entnommen aus STADT FRANKFURT (2022); Datenquelle: Deutscher Wetterdienst. Station: Frankfurt/M-Flughafen

Die in Abschnitt 8.3 für die Abschätzung des mittleren geothermischen Gradienten bis zu einer Tiefe von 1060 m angesetzte Temperatur der Geländeoberfläche von 10,7 °C entspricht in etwa dem Mittelwert der Jahre 1981 – 2010 (siehe STADT FRANKFURT, 2022). Eine Möglichkeit, den Einfluss des Klimawandels auf die Ableitung des mittleren geothermischen Gradienten zu minimieren, besteht darin, dass hierfür nur Temperaturen unterhalb der sog. neutralen Zone¹³ herangezogen werden, z. B. die 15 °C, die in 100 m Tiefe in der auf dem Rebstockbad befindlichen Erdwärmesonde sowie wiederum die 61 °C, die in 1060 m Tiefe in der Forschungsbohrung Rebstock gemessen wurde (siehe jeweils Abb. 28).

Anhand dieser Daten kann hiermit für den Tiefenbereich 100 m - 1060 m ein vom Klimawandel wahrscheinlich unabhängiger Gradient von 48 K/km abgeleitet werden, der relativ gut mit dem in Abschnitt 8.3 hergeleiteten Gradienten ab der Geländeoberfläche von 47,5 K/km entspricht.

¹³ Neutrale Zone: Die „neutrale Zone“ trennt den oberflächennahen thermisch beeinflussten Bereich (häufig als Temperatur-Pendelzone bezeichnet) von dem tiefer liegenden Bereich, in dem die ungestörten Temperaturen keinen Jahresgang mehr aufweisen.

Mittlere Untergrundtemperatur

Für die Dimensionierung von Erdwärmesonden ist die mittlere Temperatur des jeweils ab der Geländeoberkante erschlossenen Untergrundes relevant. In Abb. 30 ist daher ergänzend zum gemessenen Temperaturprofil die für jede Tiefe ab Geländeoberkante berechnete mittlere Untergrundtemperatur dargestellt. In Tab. 16 sind diese mittleren Untergrundtemperaturen für verschiedene Tiefen zusammengefasst.

Für eine konservative Vordimensionierung weiterer EWS auf dem Areal des Rebstockbades wird ein Abschlag von den in Tab. 16 aufgeführten Temperaturen von 5 % empfohlen.

Tab. 16: Mittlere Untergrundtemperaturen zwischen Geländeoberkante (GOK) und angegebener Tiefe

Tiefe [m]	Mittlere Untergrundtemperatur ab GOK [°C]
100	13,8
150	15,1
200	16,8
300	20,1
400	23,2
500	25,8
600	28,3
700	30,9
800	33,4
900	35,7
1.000	37,8

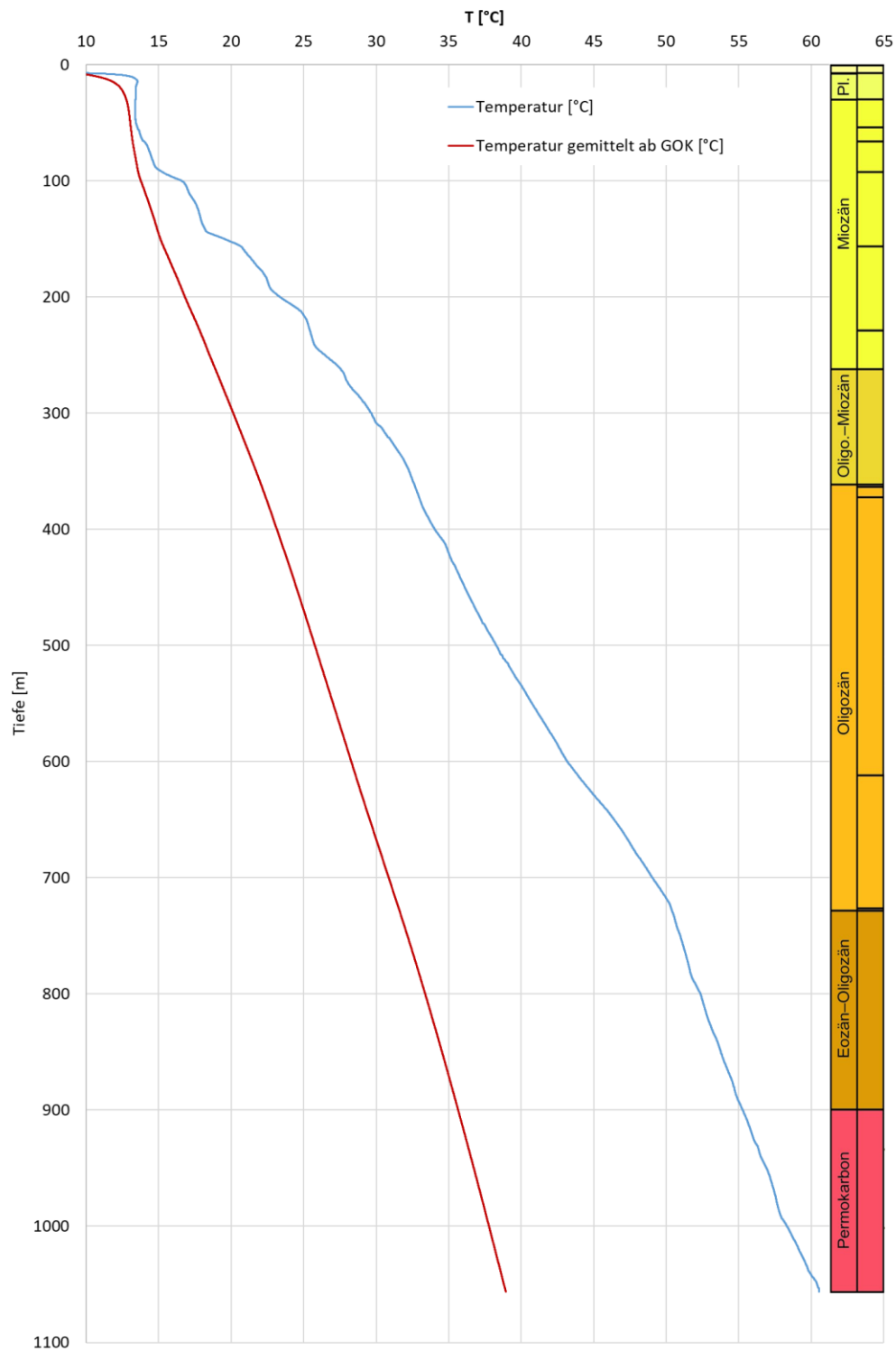


Abb. 30: Absolute Untergrundtemperaturen und mittlere Untergrundtemperaturen zwischen Geländeoberkante und angegebener Tiefe

9.2 Salinität (Leitfähigkeit, SAL)

Salinitäts-/Leitfähigkeits-Logs (SAL-Log) wurden am 11.07.2023, 03.08.2023 und 26.03.2024 gemessen. Dabei wird der spezifische elektrische Widerstand der Bohrlochflüssigkeit gemessen. Das SAL-Log wird in der Regel zusammen mit dem TEMP-Log gefahren. Die Messung erfolgt während des Einfahrens der Sonde in das Bohrloch. Salinitäts-/Leitfähigkeitsmessungen dienen hauptsächlich zur Korrektur bei der Ermittlung des wahren spezifischen Gesteinswiderstandes aus fokussierten Widerstandsmessungen. In ausgebauten Brunnen oder Festgesteinsbohrungen können unter Umständen auch Wasserzuflüsse oder –abflüsse erkannt werden. Für die Berechnung des Gesamtsalzgehaltes der Bohrlochflüssigkeit wird das Salinometer im Labor mit Standardsalzlösungen kalibriert. Gebräuchlich sind Bohrlochsonden, bei denen wie oben erwähnt gleichzeitig die Temperatur der Bohrlochflüssigkeit mit gemessen wird, dies wurde auch in der Forschungsbohrung so gehandhabt.

Die SAL- Logs vom 11.07. und 03.08.2023 sind durch den Einsatz von NaCl zur Beschwerung der Bohrspülung und die den Messfahrten jeweils unmittelbar vorangehenden hydraulischen Tests stark gestört. Nach rund 5-monatiger Ruhepause am Bohrloch wurde am 26.03.2024 ein weiteres SAL-Log gemessenen (Abb. 31).

Abb. 32 zeigt das Leitfähigkeits-Profil im Tiefenbereich 860 m bis 1060 m zusammen mit dem Temperaturprofil. Ergänzend sind in Abb. 32 farblich der bis 900 m verrohrte Bereich der Bohrung (grau) sowie die Perforationsstrecken (gelb) des in die zunächst offene Bohrlochstrecke 900 – 1060 m eingestellten Bohrgestänges markiert.

Beide Abbildungen zeigen eine zur Tiefe zunehmende Leitfähigkeit mit einigen Sprüngen, die mit dem Ausbau der Bohrung korrelieren, so dass ein Zusammenhang anzunehmen ist. Während die im Bohrloch gemessene Leitfähigkeit bis zu einer Tiefe von 510 m mit $< 50 \text{ mS/cm}$ deutlich geringer ist, als die von Proben des letzten Pumpversuchs (siehe Abschnitt 8), ist sie unterhalb von 510 m mit Werten von 190 mS/cm bis zu 266 mS/cm teils deutlich höher.

Bei 900 m ist der Übergang vom verrohrten zum offenen Bohrlochabschnitt (Abb. 32) sichtbar, in dem das abgesetzte und bei 870 m Tiefe mittels Schneidschuss abgetrennte Bohrgestänge steht. Eine Hinterfüllung des Ringraums des eingestellten Bohrgestänges erfolgte nicht, so dass bei 900 m ein hydraulischer Kontakt zwischen Innenrohr und Ringraum bzw. dem dortigen Grundwasser besteht. Dieser wird vermutlich ursächlich für den in dieser Tiefe erfassten Leitfähigkeitssprung sein.

Die Leitfähigkeitssprünge bei rd. 930 m und rd. 955/956 m Tiefe korrelieren mit der oberen Perforationsstrecke 930 m – 960 m, wobei der untere, deutlich stärker ausgeprägte Sprung einige Meter über dem unteren Ende der Perforationsstrecke liegt.

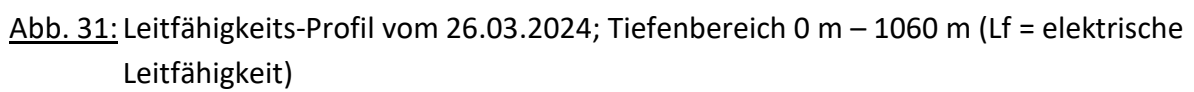
Im Bereich der unteren Perforationsstrecke 1030 m – 1050 m tritt kein Leitfähigkeitssprung auf, jedoch geht die Leitfähigkeit etwas unterhalb bei rd. 1051 m deutlich zurück.

Auffällig ist neben den Leitfähigkeitssprüngen eine stärkere Zunahme der Leitfähigkeit unterhalb etwa 992 m unter ROK und somit im nicht perforierten Bohrgestänge-Abschnitt, insbesondere, da sie mit einer stärkeren Zunahme der Temperatur einhergeht.

Eine mögliche Ursache für die Salinitätsverteilung ist eine Dichteschichtung innerhalb der Bohrung, obwohl davon ausgegangen werden muss, dass das 5 ½"-Rohr am Ende des letzten Pumpversuchs im Oktober 2023 (siehe 7.2.5) vollständig mit Thermalwasser aus dem Reservoir gefüllt war.

Zu einem Zutritt von Frischwasser in die Bohrung kam es jedoch am Ende des letzten Pumpversuchs und insbesondere beim Ausbau von Steigleitung und Pumpe, bei dem Steigleitung und Pumpe gemäß Mitteilung der Bohrfirma Daldrup von außen mit Frischwasser abgespritzt wurde, dass in die Bohrung floss. Eine Angabe zur Menge dieses Wassers konnte die Fa. Daldrup nicht machen. Ein weiterer Zufluss von Frisch- oder Oberflächenwasser nach dem letzten Pumpversuch in die Bohrung ist nicht dokumentiert bzw. nicht bekannt.

Der deutliche Rückgang der Leitfähigkeit beim Aufsetzen des Logging-Tools ist sehr wahrscheinlich durch ein Verschmutzen des Sensors bedingt.



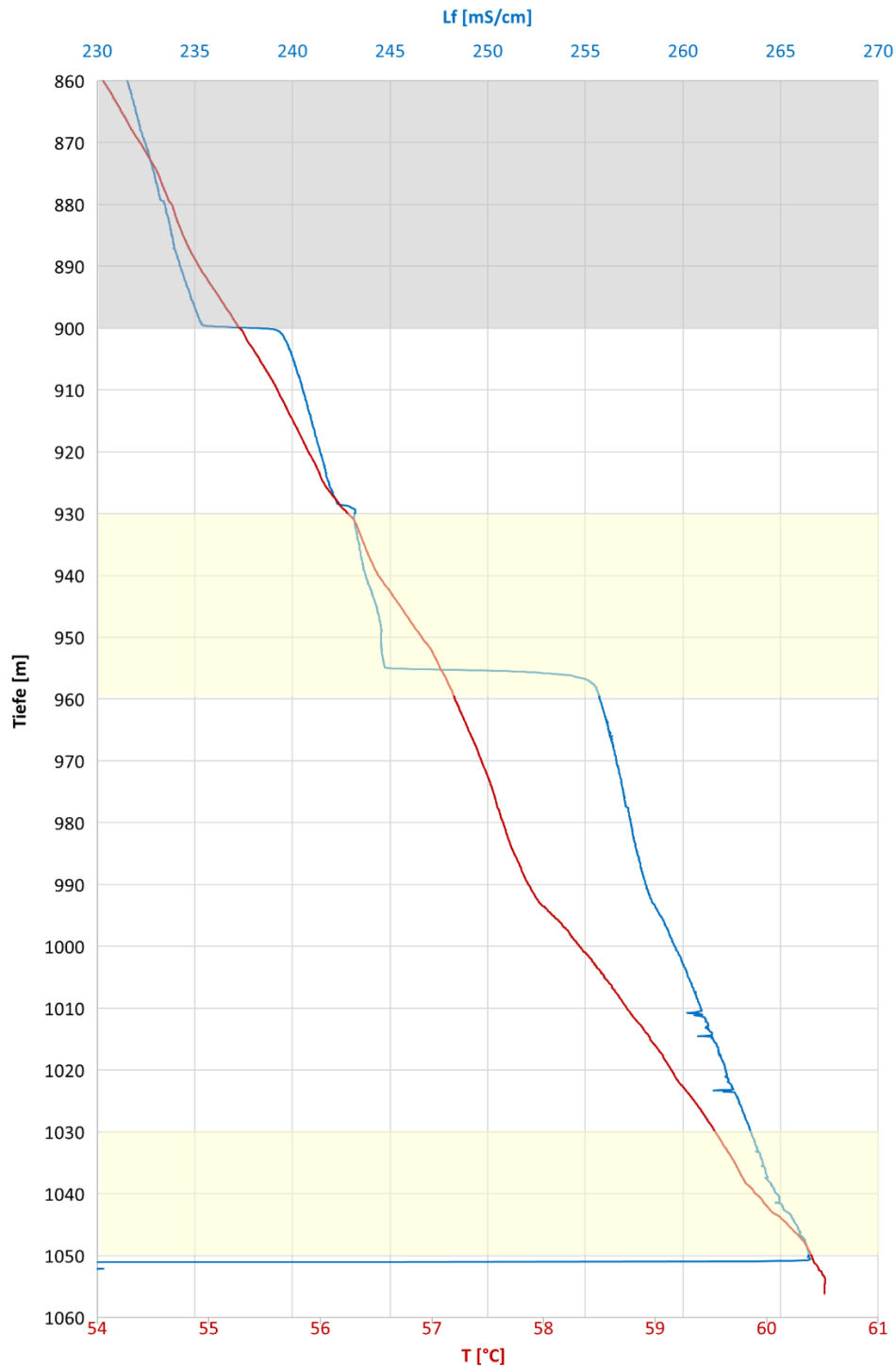


Abb. 32: Leitfähigkeits- und T-Profil vom 26.03.2024; Tiefenbereich 860 m – 1060 m. (Lf = elektrische Leitfähigkeit). Grau hinterlegt ist die Vollrohrstrecke, gelb hinterlegt sind die perforierten Abschnitte des eingestellten Bohrgestänges.

9.3 Gamma Ray und Spektrales Gamma Ray (GR, SGR)

Die mit der Gammasonde (GR) gemessene natürliche Gammastrahlung ist auf das Isotop $^{40}\text{Kalium}$ und auf die Isotope der Uran- und Thorium-Reihen zurückzuführen. Diese Isotope sind wesentliche Bestandteile von Tonen, wobei sie normalerweise in einem festen Mengenverhältnis stehen. Die Gammamessung gestattet also im Regelfall Ton- und Sandschichten zu unterscheiden und bei mehr oder weniger tonigen Sedimenten den Tongehalt abzuschätzen. Andere strahlungsaktive Mineralien, wie z. B. Glaukonit, K-Feldspat und Glimmer, machen sich in gleicher Weise wie Tone im Log bemerkbar, sie können daher nur mit Hilfe zusätzlicher geologischer bzw. mineralogischer Information erkannt werden. Uranerze – im Vergleich mit Tonen äußerst selten auftretend - verursachen scharfe auffällige Spitzen mit hoher Zählrate im GR-Log. Eine eindeutige Entscheidung, um welche Minerale es sich tatsächlich handelt, kann nur mit einer Spektral-Gamma-Ray (SGR) Sonde getroffen werden. Diese Sonde misst die Spektralanteile der natürlichen Gamma-Strahlungsaktivität der Zerfallsreihen $^{40}\text{Kalium}$, $^{238}\text{Uran}$ und $^{232}\text{Thorium}$ mit Hilfe eines Wismut–Germanium–Detektors. Nach Kalibrierung mit Standards ist es möglich, die Konzentrationen von Kalium, Uran und Thorium in % bzw. ppm anzugeben. Die Fahrgeschwindigkeit der Bohrlochsonde wird so gewählt, dass die theoretisch zu erwartenden mittleren statistischen Fehler etwa $\pm 5\%$ der Zählrate nicht überschreiten und – ausreichender Kontrast der Strahlungsintensitäten vorausgesetzt – Gebirgsschichten von etwa 0,3 m Mächtigkeit im Diagramm noch erkannt werden können. Messungen der natürlichen Gammastrahlung können auch in trockenen und verrohrten Bohrungen durchgeführt werden.

Durch das LIAG wurden Gammamessungen am 11.07.2023 sowie am 02.08. und 03.08.2023, als auch am 26.03.2024 durchgeführt. Die GR-Logs wurden abwärts fahrend mit einer Geschwindigkeit von 20 m/Minute über die gesamte Bohrlochstrecke gemessen. Spektrale GR-Logs wurden im Tiefenbereich von 1060 m – 1002 m (Abb. 34) und von 931 m – 870 m aufwärtsfahrend mit einer Geschwindigkeit von 1,2 m/Minute gemessen. Die Gammamessungen dienen als Hilfestellung für die stratigraphische Einteilung der Bohrung.

Im Bereich von 0 m – 700 m ist das GR-Log (Abb. 33) relativ unauffällig/einheitlich. Darunter sind mehr Schwankungen erkennbar. Besonders auffällige Bereiche finden sich bei ca. 310 m (negativer Ausschlag = geringere natürliche Gammastrahlung; hier ist auch im SAL-Log eine

Änderung erkennbar), bei 373 m (positiver Ausschlag = höhere natürliche Gammastrahlung, korreliert mit dem Übergang zur Cyrenenmergel-Gruppe); 390 m – 410 m (positiver Ausschlag, Bereich karbonatführender Tonschluffe), 690 m – 705 m (positiver Ausschlag, korreliert ca. mit dem Übergang von Hochberg- zu Wallau-Subformation), 720 m – 730 m (negativer Ausschlag, korreliert mit der Alzey-Formation und dem Beginn der Pechelbronn-Gruppe), 769 m (positiver Ausschlag), 790 m – 800 m (negativer Trend, korreliert mit Vorkommen der Mittleren Pechelbronn-Schichten), 800 m – 820 m (negativer Trend, korreliert mit Übergang zu Unteren Pechelbronn-Schichten), 873 m – 885 m (negativer Ausschlag, Übergang von Tonsteinen zu Sandsteinen und Brekzien), 895 m – 905 m (positiver Ausschlag, Übergang zum Rotliegend), ca. 914 m – 916 m (starker positiver Ausschlag, Störungsbereich mit Störungsbrekzie, korreliert mit $^{238}\text{Uran}$ -Peak im SGR-Log), 985 m (negativer Ausschlag, korreliert mit Wechsellagen von Ton-Schluffsteinen und Feinsanden), 1005 m (negativer Ausschlag; im SAL-Log Sprung erkennbar; korreliert mit Vorkommen von pyroklastischem Gestein und Lapilli-Aschentuffen), 1017 m (schwaches Signal im GR-Log, im SGR-Log ist ein $^{40}\text{Kalium}$ -Peak erkennbar) und bei 1025 m (positiver Ausschlag, korreliert mit einem $^{232}\text{Thorium}$ -Peak im SGR-Log). Der im GR-Log besonders auffällige Bereich von 895 m – 955 m mit mehreren Peaks korreliert mit einer Änderung der Leitfähigkeit im SAL-Log.

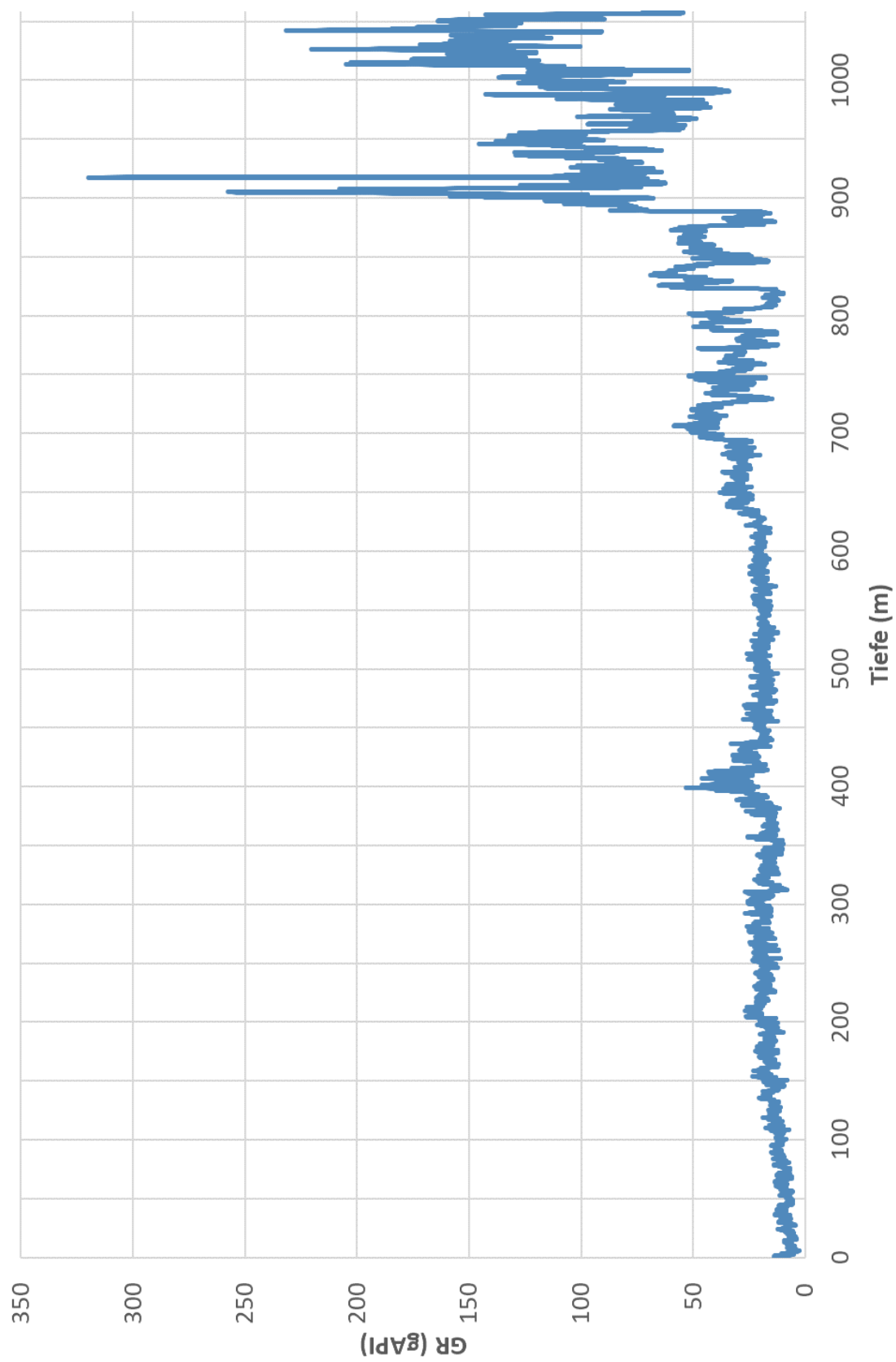


Abb. 33: GR-Log vom 03.08.2023

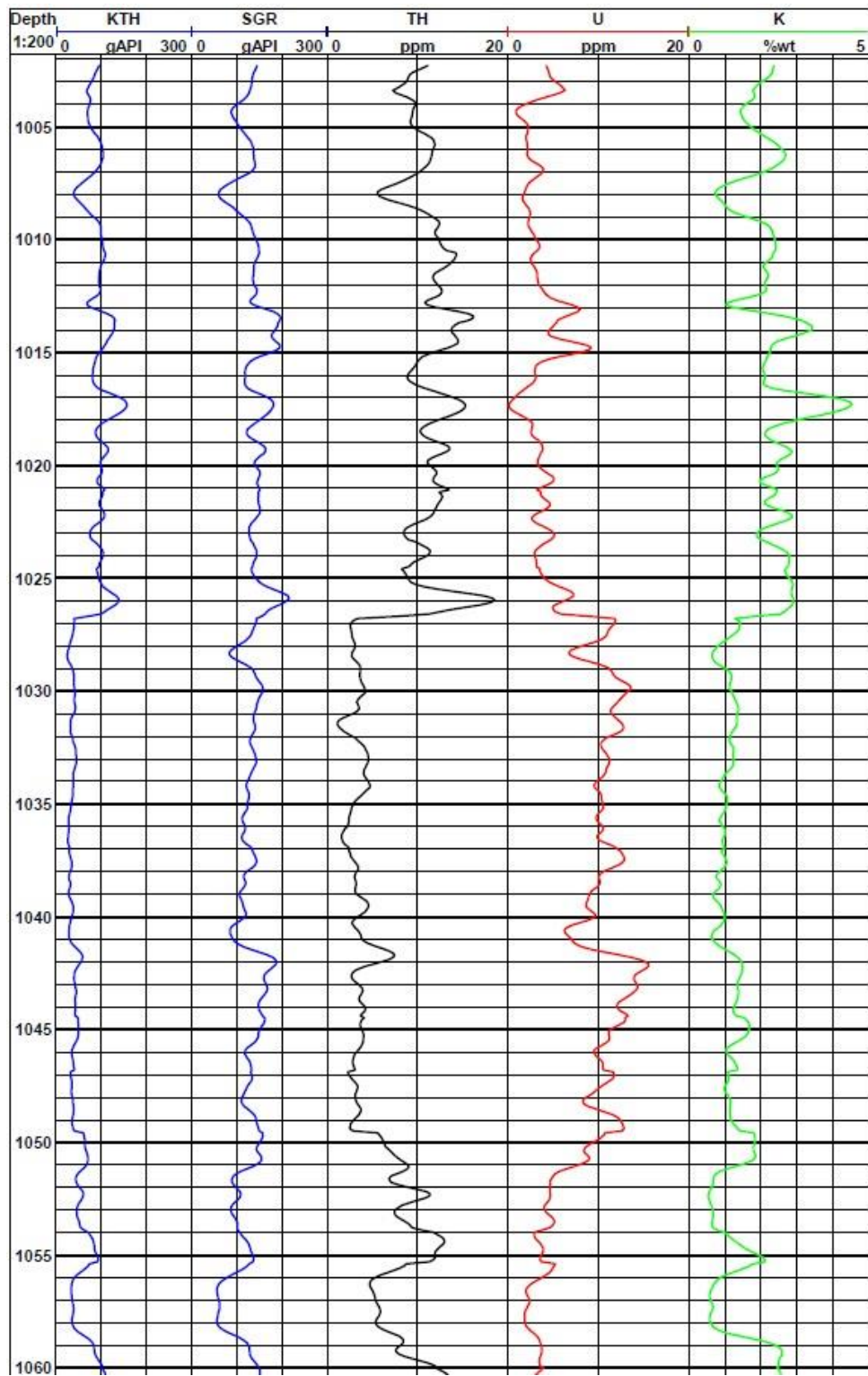


Abb. 34: Spektral-Gamma-Ray-Log vom 02.08.2023 im Tiefenbereich 1002 m – 1060 m. Dargestellt sind das Summengamma (SGR), sowie die Einzelisotope $^{232}\text{Thorium}$ (TH), $^{238}\text{Uran}$ (U) und $^{40}\text{Kalium}$ (K).

Die Spektral-Gamma-Ray-Logs können verwendet werden, um Aussagen über die mineralische Zusammensetzung und die Häufigkeitsverhältnisse der wichtigsten radioaktiven Elemente ableiten zu können. Dafür kann z. B. das Thorium/Kalium-Verhältnis berechnet werden. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich hierbei nicht um ein dimensionsloses Verhältnis handelt, da Thorium in ppm und Kalium in Prozent gemessen wird. Somit ergibt sich für $\text{Th}=12 \text{ ppm}$ und $\text{K}=4 \text{ \%}$ ein Th/K -Verhältnis von 3, wobei die Einheiten normalerweise nicht erwähnt werden, tatsächlich jedoch $\text{ppm}/\%$ beträgt. Es kann sein, dass reine Sande manchmal hohe Gammastrahlenwerte erzeugen, die sie leicht als Tone in der Interpretation verwechseln lassen. Zu diesen Sandsteinen gehören solche, die Feldspäte, Glimmer, Glaukonit und schwere Mineralien einschließlich uranhaltiger Erze enthalten. Die zusätzlichen Informationen, die das Spektral-Gamma-Ray-Log liefert, können in den meisten Fällen dabei helfen, diese zu erkennen und die Menge der jeweils vorhandenen radioaktiven Mineralien zu berechnen. Abb. 35 und Abb. 36 zeigen die Kreuzdiagramme von Thorium und Kalium für die Tiefenbereiche 879 m – 931 m (Abb. 35) und 1002 m – 1060 m (Abb. 36), aus denen Hinweise zur mineralogischen Zusammensetzung abgeleitet werden.

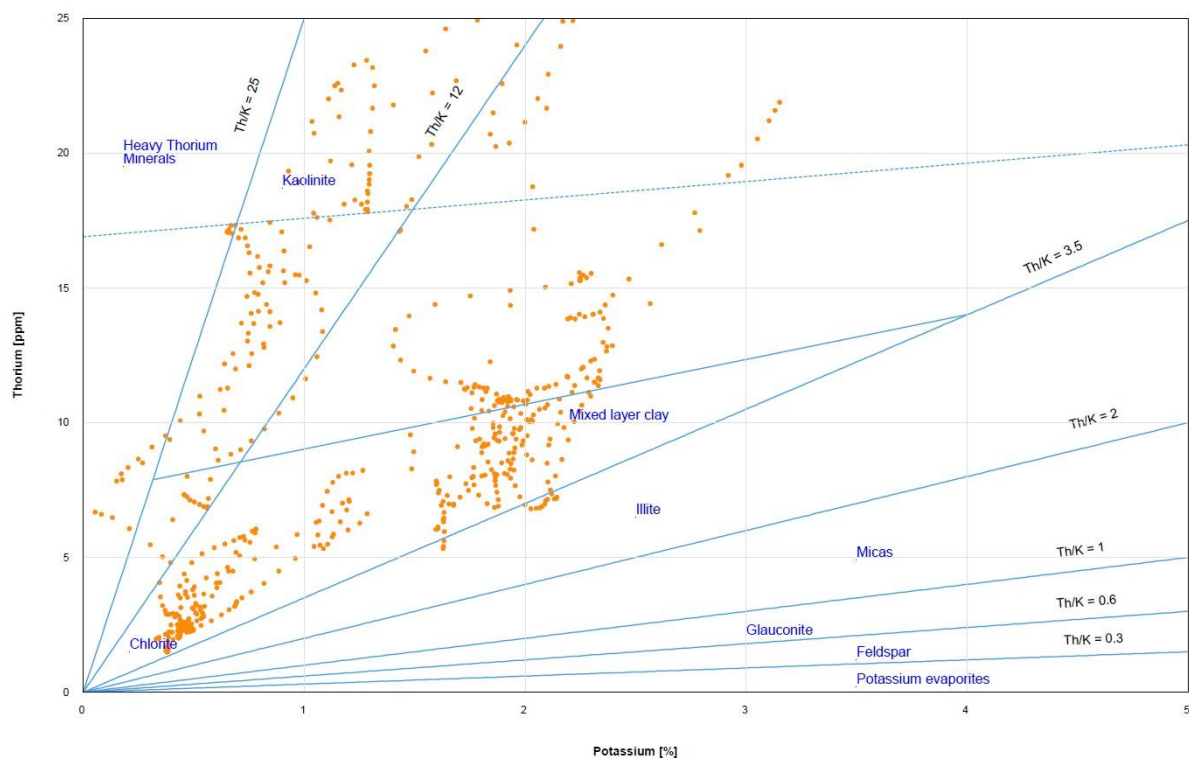


Abb. 35: Kreuzdiagramm von Thorium und Kalium für den Tiefenbereich von 879 m – 931 m.

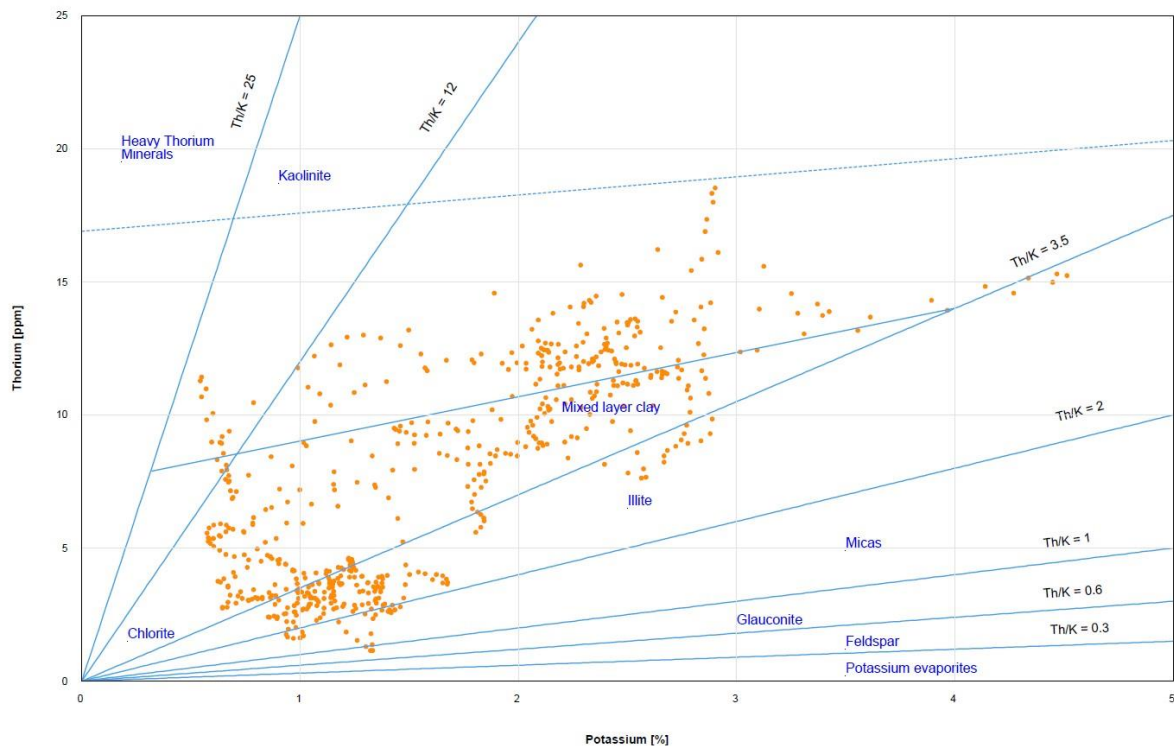


Abb. 36: Kreuzdiagramm von Thorium und Kalium für den Tiefenbereich von 1002 m – 1060 m.

Im Tiefenbereich von 879 m – 931 m sind vor allem Montmorillonit/Smektit und Kaolinit, sowie vereinzelt Illit und schwere Thorium-Mineralen vertreten. Im Tiefenbereich von 1002 m – 1060 m verschiebt sich das Th/K-Verhältnis von Kaolinit und Montmorillonit zu Montmorillonit/Smektit und Illit mit einigen Glimmern und Glaukonit. Der Anteil an Montmorillonit/Smektit stammt sehr wahrscheinlich aus den in der Analyse des Bohrkerns vorgefundenen Aschentuffen und pyroklastischen Gesteinen. Das Vorkommen von Glimmern in Schluffsteinen des Bohrkernes kann nachvollzogen werden.

9.4 Televiewer (Akustisch, ABI)

Die akustische Abbildung der Bohrlochwand (BHTV) wird nach dem Prinzip des Impulsechoverfahrens erzeugt. Ein rotierender Schallsender tastet mit ca. 250 Ultraschallimpulsen pro Umdrehung die Bohrlochwand ab, was einer Auflösung von rund 1,5° azimuthal entspricht. Pro Sekunde führt der Sender 3 - 6 Umdrehungen durch. Laufzeit und Amplitude des empfangenen Signals werden registriert. Da die Sonde gleichzeitig mit einer Geschwindigkeit

von ca. 2 m/min im Bohrloch nach oben bewegt wird, erfolgt die Abtastung der Bohrlochwand spiralförmig. Ein auf einem 3-Achsen Fluxgate-Magnetometer basierendes Orientierungssystem registriert die Position des rotierenden Messkopfes und ermöglicht die räumliche Orientierung der Daten. Die Laufzeit und Amplitude der Echos werden in Falschfarben als Abwicklung über dem Bohrlochumfang nordorientiert dargestellt und ergeben damit ein hochauflösendes Abbild der Bohrlochwand.

Um gute Ergebnisse zu erhalten, darf der Gehalt an Feststoffen in der Spülung nicht zu hoch sein, da diese zu Reflexionen der Ultraschallimpulse führen können. Außerdem muss die ABI-Sonde zentriert gefahren werden, da sonst die Echos nicht in Richtung des Empfängers reflektiert werden. Gleiches gilt für eine raue oder gar zerklüftete Bohrlochwand, die die Ergebnisse bis zur Unbrauchbarkeit verschlechtern kann, jedoch auch Aussagen in Bezug auf das geomechanische Verhalten und die Bohrlochinstabilität liefern kann. Neben der räumlichen Abbildung der Bohrlochwand in sehr hoher Auflösung ermöglicht die ABI-Sonde die Bestimmung von Trennfugen, Schichtgrenzen, Klüften und Störungszonen und deren Raumlage. Die Orientierung von spannungsinduzierten Bohrlochwandausbrüchen liefert Rückschlüsse auf das lokale Spannungsfeld.

Die akustischen ABI-Logs wurden vom LIAG am 11.07.2023 sowie am 02.08.2023 und 03.08.2023 gemessen. Dabei mussten verschiedene Probleme überwunden werden. Bei der Erstmessung am 11.07.2023 wurde der Tiefenbereich von 928 m – 896 m aufwärtsfahrend gemessen. Nach Ziehen der Sonde an die Oberfläche stellte sich heraus, dass der Zentrierer nicht ordnungsgemäß funktioniert hatte und die Sonde somit nicht zentriert gefahren wurde. Beim nächsten Versuch am 02.08.2023 musste aufgrund von Bohrlochinstabilitäten durch eine bearbeitete Bohrkrone gemessen werden. Der erste Versuch scheiterte, da die Sonde durch eine Engstelle im offenen Bohrloch nicht durchkam. Nachdem die Fa. Daldrup erneut bis 1060 m durchbohrte und den Bohrstrang bis etwa 1011,7 m ausbaute, konnte beim nächsten Versuch gemessen werden. Von 1008 m – 1060 m konnte ab 1011,7 m im unverrohrten Bohrloch gemessen werden. Im verrohrten Bohrlochbereich von 897 m – 948 m wurde im „cased hole“-Modus gemessen. Der Bereich zwischen 948 m – 1008 m konnte aufgrund von Bohrlochinstabilitäten nicht gemessen werden.

Die ABI-Logs wurden prozessiert im WCL-Format vom LIAG zur Verfügung gestellt. Die Lieferung umfasste mehrere Versionen, von denen nur zwei mehr oder weniger interpretierbare Images enthalten:

- Rebstockbad_20230711_2.wcl (898,0 m – 925,3 m)
- Rebstockbad_20230802_ABI_Televiewer.wcl (1012,7 m – 1058,0 m)

Die für die Reservoircharakterisierung sehr wichtigen Image-Logs sind nur von mäßiger bis schlechter Qualität mit vielen Artefakten bei der Datenaufnahme. Auch bestehen Zweifel an der Korrektheit der Tool-Orientierung, was sich negativ auf die Sicherheit der gemessenen Orientierungen von Strukturen auswirkt. Zonen starker Randausbrüche und Washouts (insbesondere 898,0 – 900,5 m; 902,3 – 902,6 m; 905,3 – 905,9 m; 907,3 – 908,2 m; 922,5 – 925,1 m; 1023,5 – 1024,1 m; 1029,0 – 1029,1 m; 1029,9 – 2030,2 m; 1031,7 – 1032,2 m; 1038,3 – 1038,9 m; 1041,0 – 1046,3 m) zeigen sich insbesondere an sich schneidenden Bruchflächen und erschweren eine strukturgeologische Auswertung.

Die strukturgeologische Interpretation der ABI-Logs ist durch eine streckenweise sehr schlechte Image-Qualität sehr stark erschwert und mit relativ großen Unsicherheiten behaftet. Die interpretierten Bruchorientierungen (Abb. 37) streichen vornehmlich NW-SE, mit einer relativ großen Streuung (Abb. 37).

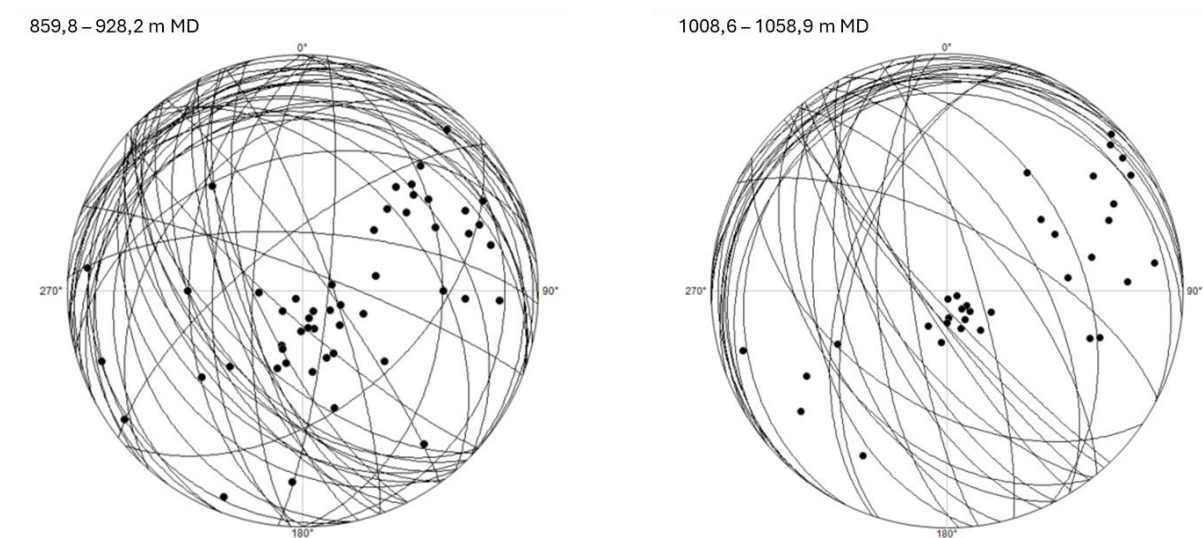


Abb. 37: Bruchorientierungen interpretiert in ABI-Logs in den Tiefenintervallen 859,9 – 928,2 m und 1008,6 – 1058,9 m. Dargestellt sind die Flächenpole und dazugehörigen Großkreise projiziert in der unteren Hemisphäre (Schmidt).

Abb. 38 zeigt ein Datenbeispiel im Tiefenbereich 915 m – 918 m. Mittels der Auswertung der ABI-Logs können im Idealfall Informationen zu offenen Kluftbereichen, zum Schichtfallen und der Orientierung offener Brüche, als auch zu bohrungsinduzierten Zugrissen gewonnen werden.

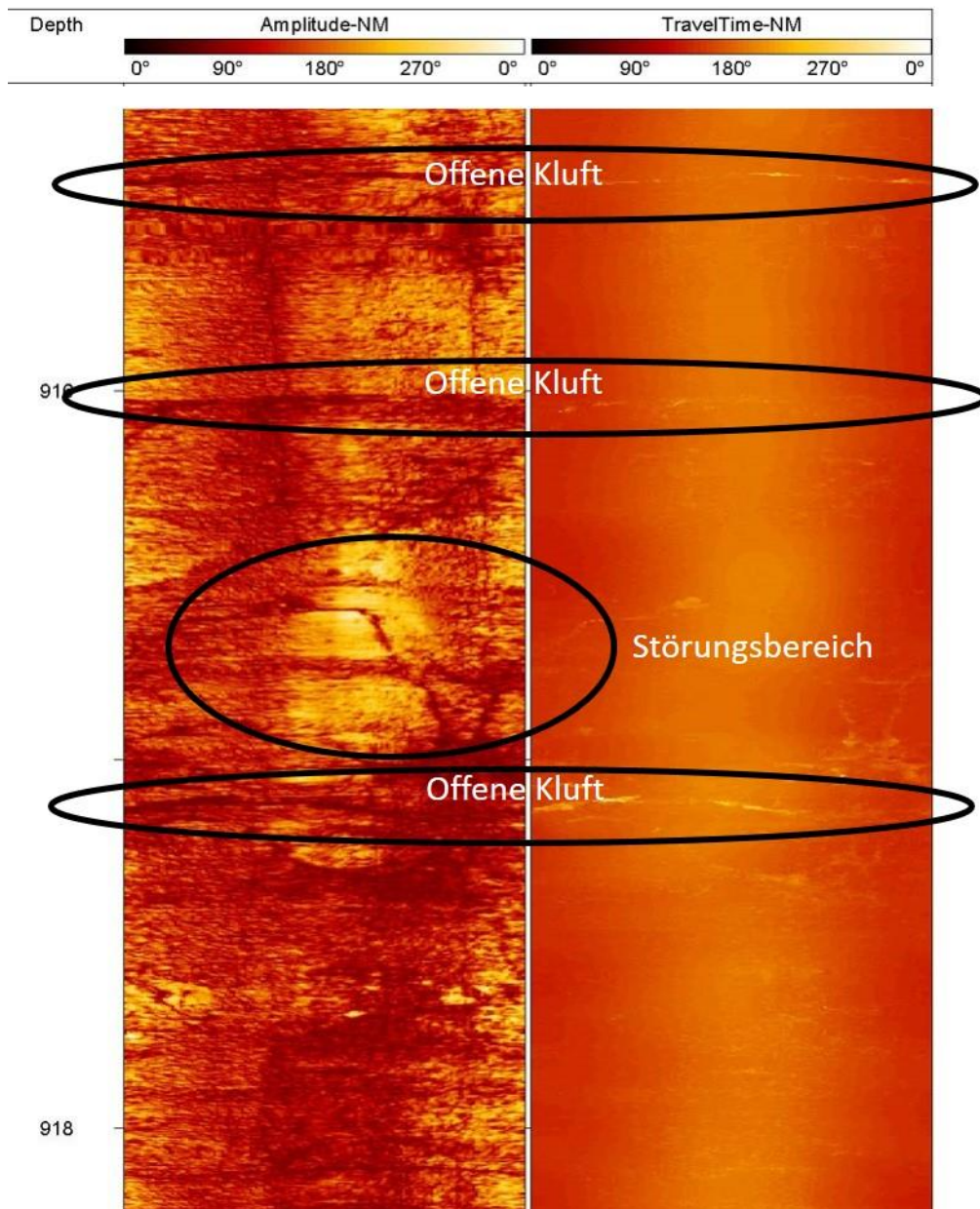


Abb. 38: Auszug aus dem ABI-Log vom 11.07.2023 für den Tiefenbereich 915 m – 918 m. Störungsbereiche als auch offene Klüfte sind sichtbar.

Eine ausführlichere Auswertung der ABI-Logs in der Zusammenschau mit den anderen Logs befindet sich derzeit noch in Bearbeitung.

9.5 Dual Laterolog (Spezifischer elektrischer Widerstand in fokussierter Anordnung, DLL)

Ein Dual Laterolog (DLL) misst den elektrischen Widerstand der Formation in zwei Eindringtiefen (tief und flach) mit relativ hoher vertikaler Auflösung. Das Dual Laterolog (DLL) ist die Kombination von zwei Laterolog-Systemen mit unterschiedlichen Eindringtiefen, die gemeinsam aufgezeichnet werden. Das weniger tief eindringende System (shallow Laterolog, LLs) misst den Widerstand der infiltrierten Zone, das tief eindringende System (deep Laterolog, LLd) wird hauptsächlich vom Widerstand der ungestörten Formation beeinflusst.

Der Haupteinsatzbereich elektrischer Widerstandsmessungen ist die Berechnung der Wassersättigung einer Lagerstättenformation. Daneben gibt es auch eine Reihe qualitativer Verwendungszwecke, vor allem (i) Hinweise auf die Lithologie, (ii) Fazies- und Elektrofaziesanalyse, (iii) Korrelation, (iv) Bestimmung des Überdrucks, (v) Bestimmung der Porosität von Tonschiefern, und (vi) Hinweise auf Kompaktion.

Das DLL wurde vom LIAG am 11.07.2023 im Bereich von 932 m – 890 m aufwärtsfahrend mit einer Geschwindigkeit von 10 m/Minute gemessen. Im Log ist klar erkennbar, dass bei einer Teufe von 901 m die Sonde aus dem verrohrten in den unverrohrten Bereich gelangt (Abb. 39). Im verrohrten Bereich ist das Log nicht aussagekräftig, daher wird hier nur der Messbereich im unverrohrten Bereich ab 901 m betrachtet. Im Tiefenbereich von 901 m – 917 m ist ein kontinuierlicher Anstieg des spezifischen elektrischen Widerstandes erkennbar. Darunter nimmt er wieder geringfügig ab. Bei 907 m, 909 m und im Tiefenbereich von 921 m – 923 m sind positive Anomalien (höhere spezifische elektrische Widerstände) erkennbar, die sehr wahrscheinlich durch Widerstände der ungestörten Formation hervorgerufen werden, da sie im LLd besonders ausgeprägt sind. Dies könnte in Zusammenhang mit dem in diesem Bereich festgestellten stark zerbohrten Abschnitt aus grauen Schluff- und Sandsteinen stehen, die vermutlich in einer Störungszone tektonisch brekziiert wurden. Höhere spezifische elektrische Widerstände deuten auf Bereiche geringerer Porosität. Bei einer Tiefe von 932 m ist die Sonde aufgesetzt.

Da das DLL ohne GR gefahren wurde, erfolgt eine Korrelation mit den Parametern aus anderen Tool-Runs über die gemessene Kabellänge.

Eine erneute Messung des Laterologs bis zur Endteufe im August 2023 war nicht möglich.

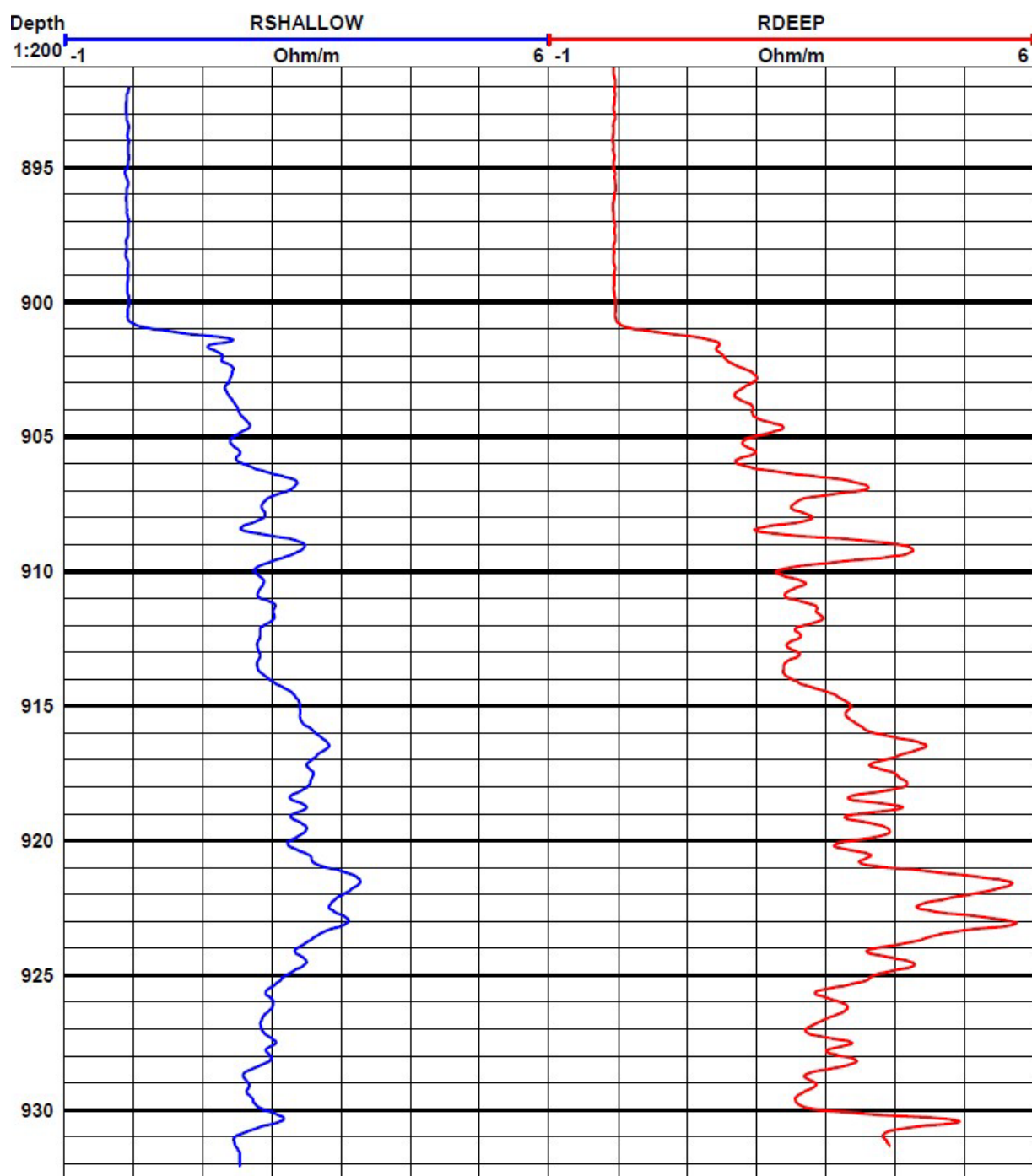


Abb. 39: Laterolog vom 11.07.2023 im Tiefenbereich 890 m – 932 m

9.6 Dipmeter (DIP)

Die Dipmeter-Sonde ermittelt mit vier im Winkel von 90° zueinanderstehenden Armen, an denen neben dem Kaliber der elektrische Widerstand beim Überstreichen entlang der Bohrlochwand gemessen wird, das Einfallen von Schichten. Zur Orientierung der Raumlage der Sonde und der Arme wird parallel eine zusätzliche Messeinheit mitgeführt. Dieser sogenannte Abweichungsteil der Sonde beinhaltet Beschleunigungsaufnehmer und Magnetfeldsensoren, die jeweils in drei Achsen montiert sind, so dass mit den eigentlichen Dipmetersignalen (4 Mikrowiderstandskurven und 4 Kaliber) bis zu 14 Signale gleichzeitig registriert werden. Mittels einer Kreuzkorrelation lassen sich die gewünschten Parameter Fallwinkel, Fallrichtung, Bohrlochdurchmesser, Neigung und geographische Orientierung der Bohrlochachse berechnen und darstellen. Das Dipmeterverfahren ist technisch sehr aufwendig, gleichzeitig jedoch das einzige Verfahren, das die Parameter "Fallen und Streichen" im Bohrloch zu messen gestattet.

In der Forschungsbohrung wurde vom LIAG am 11.07.2023 im Tiefenbereich von 890 m – 937 m ein DIP-Log aufwärtsfahrend mit einer Geschwindigkeit von 10 m/Minute gemessen. Die Auswertung dieses Logs erfolgt zusammen mit den akustischen ABI-Logs zu einem späteren Zeitpunkt.

9.7 Sonic (P- und S-Welle)

Mit dem Sonic-Log werden die Laufzeiten von Schallwellen (Kompressions- und Scherwellen) im bohrlochnahen Formationsbereich gemessen. Damit lassen sich die dynamischen Elastizitäts-Parameter (v , K , E , G , λ) und die Sonic-Porosität ableiten. In Kombination mit einem Dichte-Log lassen sich zudem offene Klüfte detektieren und ein synthetisches Seismogramm erstellen.

Das Sonic-Log zur Reservoir-Charakterisierung wird im offenen (unverrohrten) Bohrloch gefahren. Es reagiert besonders empfindlich auf plötzliche Durchmesseränderungen und auf Schräglagen der Sonde im Bohrloch. Durch Sonden mit mehreren Schallsendern und -empfängern und entsprechende Verarbeitung der damit gemessenen Laufzeiten lassen sich diese Bohrlocheinflüsse weitgehend kompensieren.

Ein Sonic-Log wurde am 02.08.2023 durch das LIAG aufwärtsfahrend mit einer Geschwindigkeit von 4,6 m/Minute gemessen. Aufgrund von Schwierigkeiten mit der Bohrlochstabilität musste der erste Versuch der Messung durch die bearbeitete Bohrkronen eingestellt werden, da die Sonde durch eine Engstelle nicht durchkam. Nach erneuter Durchbohrung bis 1060 m konnte eine Messung im Bereich von 1008 m – 1060 m erfolgen. Das Sonic-Log weist dabei P-Wellengeschwindigkeiten im Bereich von 2500 – 4.000 m/s, im untersten Bereich von 1.056 m auch kurzzeitig über 5.000 m/s auf (Abb. 40). Bis 1040 m ist das Log relativ stabil, ab 1.040 m bis Bohrlochende nimmt die durchschnittliche P-Wellengeschwindigkeit kontinuierlich zu (Kompaktionstrend?).

9.8 Magnetische Suszeptibilität (SUSZ)

Zur Messung der magnetischen Suszeptibilität wird eine Sendespule mit einem hochfrequenten konstanten Wechselstrom gespeist. Das entstehende elektromagnetische Wechselfeld induziert im Gebirge Sekundärströme, die konzentrisch zur Achse des Gerätes bzw. des Bohrlochs verlaufen. Die Sekundärströme erzeugen ein weiteres elektromagnetisches Wechselfeld, das in einer 0,2 m entfernten Empfängerspule registriert wird. Das Signal am Empfänger wird in zwei Anteile, einen gleichphasigen und einen phasenverschobenen, zerlegt. Der gleichphasige Anteil des Empfangssignals ist proportional zur magnetischen Suszeptibilität. Diese Materialgröße beschreibt die Magnetisierbarkeit von Stoffen. Sie schwankt von sehr kleinen Werten bei Sedimenten zu höheren Werten in Magmatiten. Magnetische Erze und Erzlagerstätten sind daher gut mit einer SUSZ-Sonde detektierbar. Kalibriert wird die Sonde mittels Gesteinsproben bekannter magnetischer Suszeptibilitäten. Aufgrund ihres Wirkungsprinzips kann die Sonde auch in plastikverrohrten und trockenen Bohrungen eingesetzt werden.

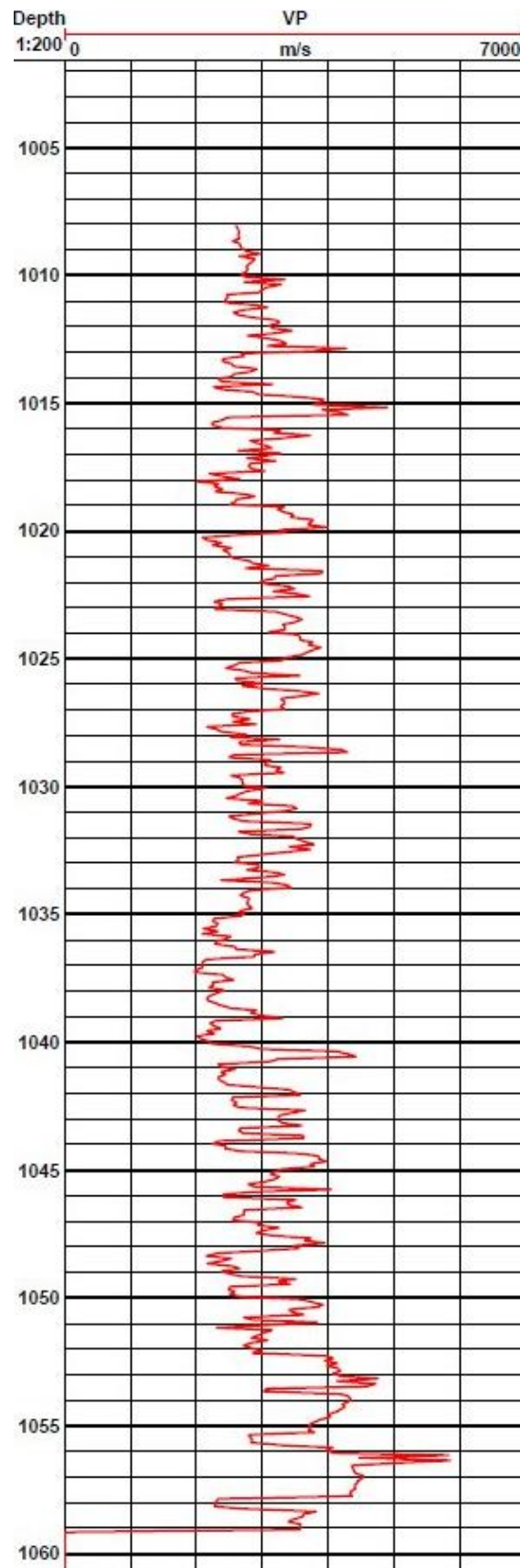


Abb. 40: Sonic-Log vom 02.08.2023 der P-Wellengeschwindigkeit für den Tiefenbereich 1008 m – 1060 m.

Ein SUSZ-Log wurde vom LIAG am 11.07.2023 aufwärtsfahrend mit einer Geschwindigkeit von 5 m/Minute im Tiefenbereich 898 m – 930 m gemessen. Es folgt mehr oder weniger dem Verlauf des GR-Logs mit einem welligen Anteil im Bereich von 900 m – 910 m und einem positiven Peak bei 916 m – 918 m (Störungsbereich, Abb. 41). Bei 930 m setzte die Sonde auf.

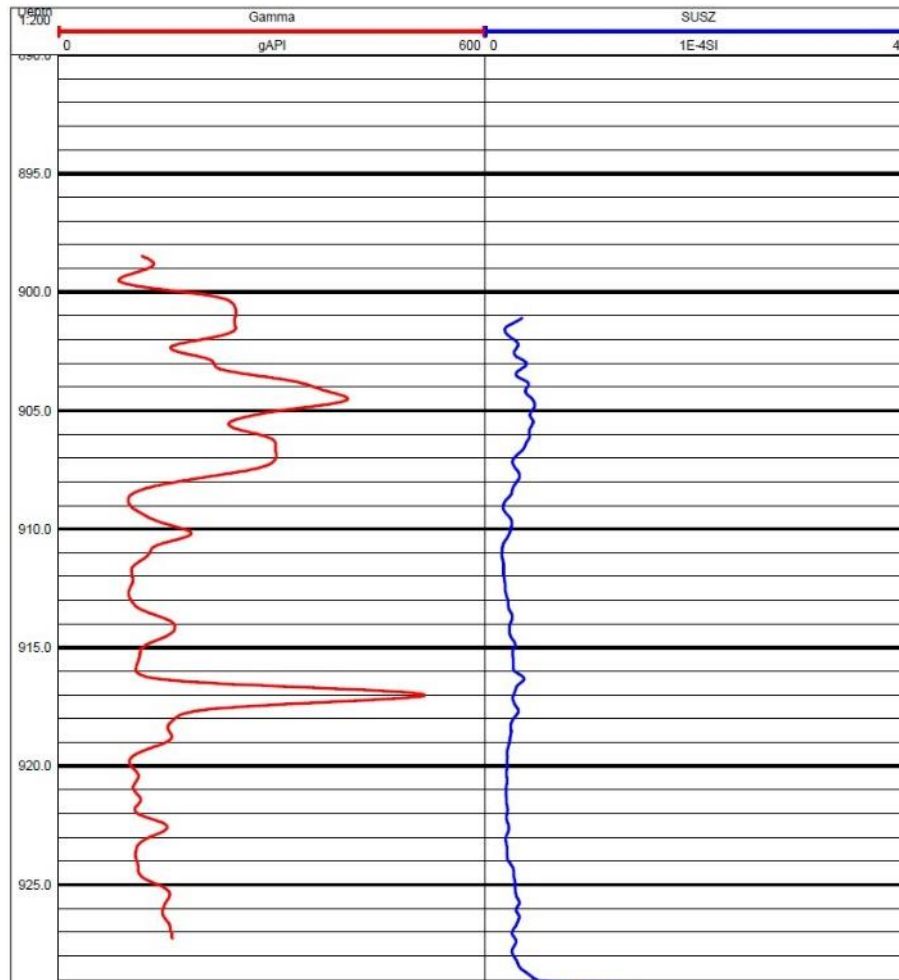


Abb. 41: SUSZ-Log vom 11.07.2023 für den Tiefenbereich von 898 m – 930 m zusammen mit GR-Log.

10 Paläotemperaturen (Prof. Dr. Rafael Ferreiro Mählmann, TU Darmstadt)

Die geothermische Geschichte, die zur Bildung der Kohlen führte, wurde durch Herrn Prof. Dr. Rafael Ferreiro Mählmann, TU Darmstadt, Fachgebiet Technische Petrologie anhand von Bestimmungen zur Vitrinitreflexion (Maturität bzw. Reifegrad der Kohlen) an drei Proben aus den Tiefen 935,8 m, 953,9 m und 1056,7 m ermittelt. Hierbei wurden hohe Paläotemperaturen der permokarbonischen Schichtenfolge rekonstruiert. Die starke Zunahme der Vitrinitreflexion im Abstand von 102,8 m zwischen der oberen und der unteren entnommenen Probe

unten ist doppelt so hoch wie normal und daher einem hyperthermalen Gradienten zuzuordnen. Die Wahrscheinlichkeit ein fossiles thermales System entdeckt zu haben ist groß. Ein rezentales thermales System mit einem hohen Fluidanteil ist an diesen Proben aber nicht erkennbar, da ein Gleichgewicht zwischen dem aktuell gemessenem Temperaturverlauf (bottom hole temperature 60,5°C in 1056 m Tiefe) und den mit ca. 80-110 °C hohen rekonstruierten Paläotemperaturen (Proben im Gasflammkohle-Stadium bis Übergang zum Gaskohle-Stadium) nicht gegeben ist. Die aktuell im Bohrloch gemessenen Temperaturen stimmen also nicht mit den abgeleiteten Paläotemperaturen überein und somit ist für den Bereich der durch die Bohrung erschlossenen Rotliegend-Abfolge kein Hinweis auf eine bis heute stabile thermische Anomalie (steady state temperatures) vorhanden (vergleiche auch Darlegungen zur Hydrochemie, Abschnitt 8.3). Seit dem Zeitpunkt der höchsten Maturität der Kohle bis heute muss daher eine Abkühlung stattgefunden haben.

Weitere Untersuchungen der in Schwarzepeliten und Kohlen enthaltenen Pollen, Sporen und Pflanzenreste (Palynologie, Paläobotanik und die Bestimmung der mineralogischen Zusammensetzung der Sandsteine und vulkanischen Gesteine (Dünnschliffmikroskopie, Mineralogie, Gesteinschemie) sowie radiometrische Altersdatierungen sind an verschiedenen Instituten noch in Arbeit.

Die korrekte stratigraphische Einstufung hat große Bedeutung, unter anderem für die Rekonstruktion der Paläogeographie, der Versenkungsgeschichte des Oberrheingrabens sowie nicht zuletzt der großtektonischen Strukturen und deren Verarbeitung in 3D-Modellen des Rhein-Main-Gebietes.

11 Ableitungen zur geothermischen Situation der erschlossenen Schichtenfolge

An der Forschungsbohrung bzw. den hier gewonnenen Gesteinsproben wurden bisher keine Wärmeleitfähigkeitsuntersuchungen durchgeführt. In der Forschungsbohrung und in weiteren Bohrungen im Stadtgebiet Frankfurt gemessene Temperaturen sowie an EWS-Pilotbohrungen mittels Thermal-Response-Tests im Stadtgebiet ermittelte effektive Wärmeleitfähigkeiten lassen jedoch Schätzungen der Wärmeleitfähigkeiten der von der Forschungsbohrung erschlossenen Schichtenfolge zu.

Die effektiven Wärmeleitfähigkeiten der miozänen Schichtenfolge im östlich der Forschungsbohrung gelegenen Innenstadtgebiet liegen stets im Wertebereich 1,3 – 1,8 W/m/K. Für

Bohrungen im östlichen Stadtgebiet von Frankfurt und Offenbach, die überwiegend Rupelton erschlossen haben, wurden effektive Wärmeleitfähigkeiten von rd. 2 W/m/K ermittelt. Für eine 130 m tiefe Bohrung im Stadtgebiet von Offenbach, die unter einer 10 m mächtigen pleistozänen (sandigen) Überdeckung rd. 96 m Rupelton und rd. 24 m Rotliegend erschlossen hat, wurde eine effektive Wärmeleitfähigkeit von 2,5 W/m/K ermittelt.

Die mittels Gl. 1 für EWS-Pilotbohrungen im Stadtgebiet von Frankfurt ermittelte geothermische Wärmestromdichte q^{14} beträgt überwiegend $> 70 \text{ mW/m}^2$ und erreicht im zentralen Bereich der Anomalie Werte von $120 - 130 \text{ mW/m}^2$.

Für den Standort der Forschungsbohrung wird von einer Wärmestromdichte q von $80 - 90 \text{ mW/m}^2$ bis zur OK der miozänen Schichtenfolge ausgegangen. In den darüber anstehenden rolligen Sedimenten der Staden-Formation sowie von Pliozän und Pleistozän wird die Temperatur deutlich von der Erdoberfläche bzw. durch hierin strömendes Grundwasser beeinflusst, so dass für diesen Tiefenbereich keine geothermische Wärmestromdichte ableitbar ist.

Ausgehend von der Annahme, dass die Wärmestromdichte q in den Tiefenbereichen II bis IV (siehe Abschnitt 9.1.5 bzw. Fußnote¹⁵) konstant ist, kann man nach Umstellen der Gl. 1 zu Gl. 2 die Wärmeleitfähigkeiten λ der einzelnen Tiefenabschnitte ermitteln, mit der man den bekannten Temperaturanstieg ΔT erzielt.

$$q = \frac{\Delta T \times \lambda}{\Delta M} \quad (\text{Gl. 1})$$

$$\Delta T = \frac{q \times \Delta M}{\lambda} \quad (\text{Gl. 2})$$

¹⁴ Definition: Die Wärmestromdichte q ist der Wärmestrom aus der Erde pro Einheitsfläche.

¹⁵ Tiefenbereiche I bis IV

I	10 m – 53 m	Quartär, Pliozän, Staden-Formation (Miozän)
II	53 m – 362 m	Praunheim-Form. mit Ginnheimer Flöz bis OK Vilbeler Kies (Miozän)
III	362 m – 728 m	Vilbeler Kies, Untere Cerithienschichten, Cyrenenmergel, Rupelton
IV	728 m – 1056 m	Alzey-Form., Pechelbronn-Gruppe, Unterrotliegend

Die Abschätzung der Wärmeleitfähigkeiten für die Tiefenabschnitte II bis IV wurden mit Gl. 2 für Wärmestromdichten q von 80 mW/m^2 (Tab. 17) sowie 90 mW/m^2 (Tab. 18) durchgeführt.

Tab. 17: Wärmeleitfähigkeiten bei Annahme einer Wärmestromdichte von 80 mW/m^2

Tiefenbereich		Wärmestrom- dichte (W/m^2)	Temperatur- änderung (K)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/m/K)
Nr.	von – bis (m)		von – bis ($^{\circ}\text{C}$)	
II	53 – 362	0,08	13,51 – 32,65	1,29
III	362 – 728	0,08	32,65 – 50,39	1,65
IV	728 – 1056	0,08	50,39 – 60,52	2,59

Tab. 18: Wärmeleitfähigkeiten bei Annahme einer Wärmestromdichte von 90 mW/m^2

Tiefenbereich		Wärmestrom- dichte (W/m^2)	Temperatur- änderung (K)	Wärmeleitfähigkeit λ (W/m/K)
Nr.	von – bis (m)		von – bis ($^{\circ}\text{C}$)	
II	53 – 362	0,09	13,51 – 32,65	1,45
III	362 – 728	0,09	32,65 – 50,39	1,86
IV	728 – 1056	0,09	50,39 – 60,52	2,92

Für den Tiefenbereich I kann die Wärmeleitfähigkeit anhand des in der Pilot-EWS auf dem Gelände des Rebstockbades durchgeführten Thermal-Response-Tests abgeschätzt werden, wenn man bei dieser Bohrung für den Tiefenbereich 48 m – 100 m vereinfachend die Wärmeleitfähigkeit des Tiefenbereichs II ansetzt, d. h. $1,29 - 1,45 \text{ W/m/K}$. Hieraus folgt eine geschätzte Wärmeleitfähigkeit des Tiefenbereichs 0 m – 48 m von $2,1 - 2,3 \text{ W/m/K}$.

Ausgehend von den für eine Wärmestromdichte von $0,09 \text{ W/m}^2$ ermittelten Wärmeleitfähigkeiten für Tiefenbereiche konstanter Gradienten lassen sich in einem zweiten Schritt die Wärmeleitfähigkeiten für unterschiedliche Bohrtiefen jeweils ab Geländeoberkante (GOK) ableiten (Abb. 42), die in Tab. 19 ergänzend mit den mittleren Temperaturen der Tab. 16 zusammengefasst sind.

Deutlich wird hierbei, dass durch eine Erhöhung der EWS-Tiefe am Standort Rebstockbad über die derzeit in Frankfurt üblichen EWS-Tiefen von 100 - 150 m zwar höhere Mitteltemperaturen erzielt werden können, die mittlere Wärmeleitfähigkeit aber bis zu einer EWS-Tiefe von rd. 360 m abnimmt.

Tab. 19: Abgeschätzte mittlere Untergrundtemperaturen und Wärmeleitfähigkeiten am Standort der Forschungsbohrung zwischen Geländeoberkante und angegebener Tiefe

Tiefe (m), 0 bis ...m	Temperatur (°C)	Wärmeleitfähigkeit (W/m/K)
100	13,8	1,73
150	15,1	1,58
200	16,8	1,51
300	20,1	1,43
400	23,2	1,43
500	25,8	1,48
600	28,3	1,51
700	30,9	1,63
800	33,4	1,74
900	35,7	1,82
1.000	37,8	1,86

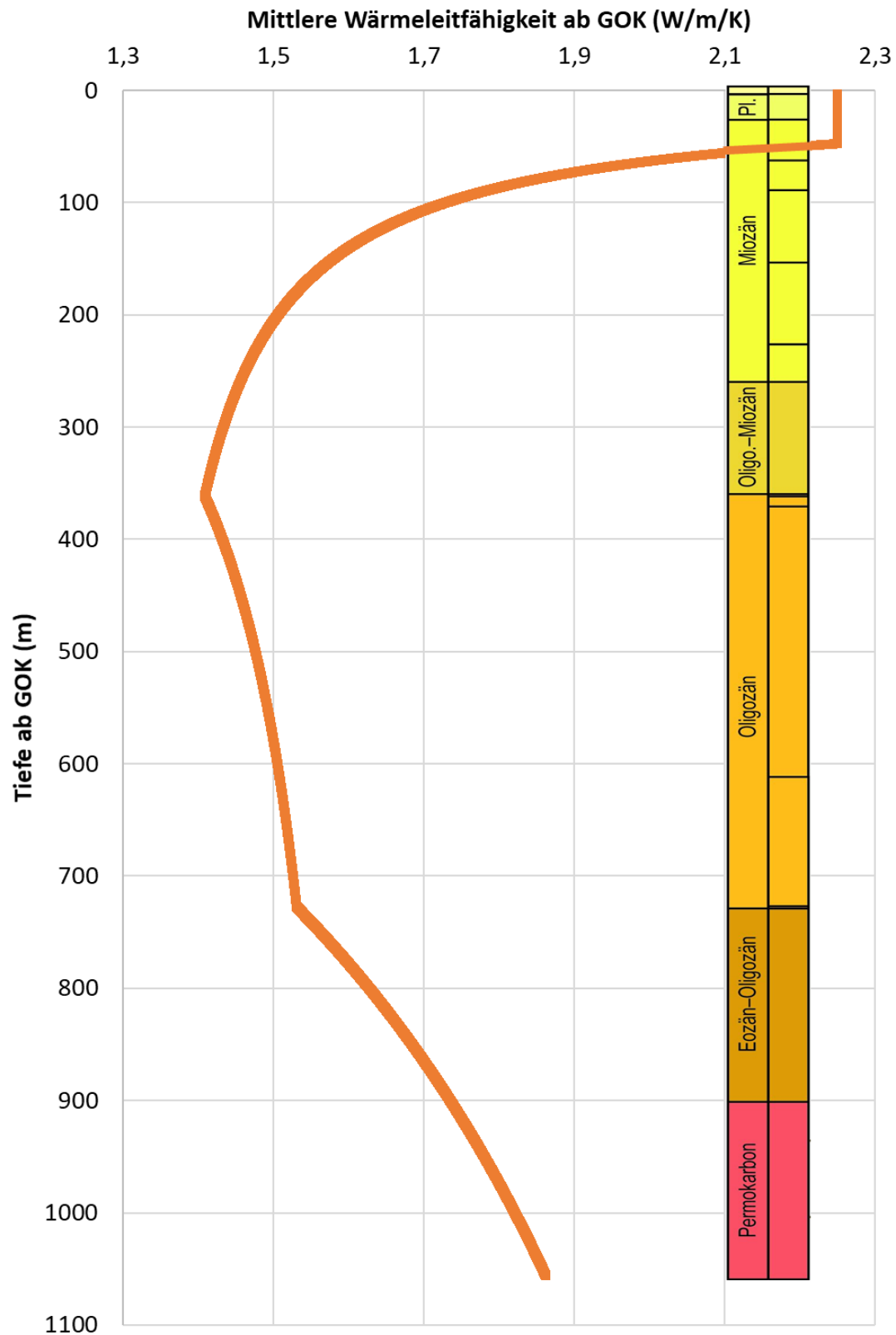


Abb. 42: Abgeschätzte mittlere Wärmeleitfähigkeiten am Standort Rebstockbad zwischen Geländeoberkante und angegebener Tiefe.

12 Zusammenfassung

Die von der Stadt Frankfurt, vertreten durch das Energiereferat auf Initiative und unter wissenschaftlicher Leitung des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) im Rahmen der geologischen Landesaufnahme durchgeführte Forschungsbohrung Rebstock diente der Erkundung der geologischen und geothermischen Situation des mitteltiefen Untergrundes im Bereich der vom HLNUG im Jahr 2012 nachgewiesenen oberflächennahen geothermischen Anomalie (Rumohr, 2013).

Mit der Bohrung wurde eine wesentlich mächtigere tertiäre Schichtenfolge erschlossen als anhand der bis dahin verfügbaren Daten zuvor prognostiziert wurde. Das geologische Ziel, die Thermalwasser-führende Rotliegend-Folge mit einer max. 800 m tiefen Bohrung zu durchteufen, wurde auch mit der bis letztlich auf 1060 m vertieften Bohrung nicht erreicht. Es konnte daher auch nicht geklärt werden, ob im präpermischen Untergrund gefaltete paläozoische Gesteine des Rhenoharzynikums bzw. der nördlichen Phyllitzone oder kristalline Gesteine der Mitteldeutschen Kristallinzone (Saxothuringikum, wie im Oberrheingraben im Westen) anstehen.

Der Nachweis eines erhöht mineralisierten Thermalwasservorkommens in der Rotliegendfolge, die bereits von RUMOHR (2013) als wahrscheinliche Ursache für die oberflächennahe geothermische Anomalie prognostiziert wurde, konnte mit der Bohrung erbracht werden. Es konnte aber durch Inkohlungsuntersuchungen auch gezeigt werden, dass die Rotliegend-Gesteine in der geologischen Vergangenheit wesentlich höheren Temperaturen als heute ausgesetzt waren. Die heutige Temperatur in der von 900 m – 1060 m erschlossenen Rotliegend-Folge beträgt zwischen rd. 55 °C in 900 m Tiefe und rd. 61 °C in 1060 m Tiefe. Das als Mischwasser aus dieser Folge gewonnene Thermalwasser hat einen Lösungsgehalt von etwa 108 g/l und ist als fortgeschrittenes geothermisches Fluid anzusehen (siehe 8.2).

Die Permeabilität der mit der Forschungsbohrung erschlossenen 160 m Rotliegendfolge ist am Standort des Rebstockbades mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr gering. Hierfür spricht, dass bei mehreren Pumpversuchen nur eine dauerhafte Förderung von etwa 0,5 l/s bzw. 1,8 m³/h möglich war. Dies kann daran liegen, dass die Störungszone im Bereich des Tonreichen Unter-Rotliegend abdichtend wirkt oder keine permeable Störungszone entlang des Bohrpfades im Rotliegend angetroffen wurde.

Ob und in welchem Maß der Ausbau der Bohrung, d. h. die mittels Perforation hergestellten Filterabschnitte in den Tiefenbereichen 930 – 960 m und 1030 – 1050 m (siehe 5.1.6 und 7.2.5 - 7.2.6) die erzielbare Förderleistungen beeinflussten, konnte nicht abschließend geklärt werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass der Einfluss des Ausbaus auf die Förderleistung nur begrenzt ist, d. h., dass auch im Falle einer perfekten hydraulischen Anbindung des Ausbaus an den Untergrund, die Förderleistung nicht erheblich höher wäre.

Eine sichere Aussage, ob die Ergebnisse der hydraulischen Tests auf das östliche Innenstadtgebiet bzw. den zentralen Bereich der oberflächennahen geothermischen Anomalie übertragbar sind, ist dabei derzeit nicht möglich. Hierfür sind weitere Erkundungen (z. B. weitere mitteltiefe Bohrungen, Seismik, Gravimetrie) notwendig. Dringend empfohlen wird dazu, ein vertikales seismisches Profil an der Forschungsbohrung zu messen, um 2-D und 3-D-seismische Untersuchungen für künftige Projekte wesentlich besser deuten zu können.

13 Nutzungsmöglichkeiten am Standort Rebstockbad

Auf Grundlage der Ergebnisse der geothermischen Erkundungsarbeiten am Standort Rebstockbad ist eine direkte Nutzung des Thermalwassers aus dem Rotliegend nicht möglich. Hinsichtlich der Wärmegewinnung mittels mitteltiefer Erdwärmesonden bis 900 m Tiefe weist der Standort Rebstock vergleichbare Verhältnisse auf, wie sie im zentralen Stadtgebiet mittels meist 100 – 150 m tiefer Erdwärmesonden erkundet wird: die effektive Wärmeleitfähigkeit der erschlossenen Schichtenfolge wird im Bereich von ca. 1,5 – 1,9 W/m/K liegen, die mittlere ungestörte Untergrundtemperatur zwischen 13,8 °C (Bohrtiefe 100 m) bis 37,8 °C (Bohrtiefe 1.000 m) betragen (siehe Abschnitt 11).

Die Forschungsbohrung selbst kann zu einer maximal 900 m tiefen Koaxialsonde umgebaut werden, wofür der Tiefenbereich 900 – 1060 m abzudichten ist. Zudem sollte geprüft werden, ob eine Verfüllung der derzeit noch wassergefüllten Ringräume im oberflächennahen Bereich mit einem thermisch verbesserten Verfüllbaustoff sinnvoll ist.

14 Literatur- und Quellenverzeichnis

BROWN, S., SMITH, M.: A transient-flow syringe air permeameter. *GEOPHYSICS* **78**(5), D307-D313 (2013). doi: 10.1190/geo2012-0534.1

FOURNIER R.O. (1977): Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics* 5: 41-50

KHARAKA Y.K. & MARINER R.H. (1989): Chemical Geothermometers and Their Application to Formation Waters from Sedimentary Basins. In: N.D. Naeser & T.H. McCulloh (Eds.): *Thermal History of Sedimentary Basins - Methods and Case Histories*. Springer, Hoboken: 99-117

KÜMMERLE, E. & SEIDENSCHWANN, G. (2009, 3. Aufl.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Blatt Nr. 5817 Frankfurt am Main West. – 308 S.; Wiesbaden.

MICHARD, G. (1990) Behaviour of Major Elements and Some Trace Elements (Li, Rb, Cs, Sr, Fe, Mn, W, F) in Deep Hot Waters from Granitic Areas. *Chemical Geology*, 89, 117-134.

NEW ENGLAND RESEARCH (2015): TinyPerm3

PARKHURST D.L. & APPELO C.A.J. (2013): Description of input and examples for PHREEQC version 3—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chapter A43, 497 Seiten

PERSONENKREIS (PK) TIEFE GEOTHERMIE (2008): Nutzungen der geothermischen Energie aus dem tiefen Untergrund (Tiefe Geothermie) – geowissenschaftliche Parameter und Untersuchungsverfahren –

RUMOHR, S. (2013): Frankfurt am Main – Heißes Pflaster für die oberflächennahe Geothermie; Vortrag GeoTHERM 2013, Offenburg

SANJUAN B., MILLOT R., INNOCENT C., DEZAYES C., SCHEIBER J. & BRACH M. (2016): Major geochemical characteristics of geothermal brines from the Upper Rhine Graben granitic basement with constraints on temperature and circulation. *Chemical Geology* 428: 27-47

SASS I., HOPPE A., ARNDT D., BÄR K., FRITSCHKE J.-G. & KRACHT M. (2011): Forschungs- und Entwicklungsprojekt „3D-Modell der geothermischen Tiefenpotenziale von Hessen“ – Abschlussbericht. (<http://www.energielandhessen.de/mm/3-D-Modell-HessenEndbericht.pdf>)

SCHLEGEL, B. (2023): Bestimmung der Matrixpermeabilität an Rotliegend Sandsteinen aus der Forschungsbohrung Rebstock, Frankfurt – Masterarbeit Karlsruhe Institut für Technologie - Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften (BGU), Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW)

SCHRÖDER E., KRAML M., THOMASKE K., KUHN D., JODOCY M., THORWART K. & WOLFGGRAMM M. (2021): In-situ Measurement of Physico-Chemical Parameters of Geothermal Waters and Brines – Results of R&D Project PETHER. Proceedings World Geothermal Congress 2020+1 Reykjavik, Iceland, April - October 2021, 10 Seiten

STOBER I. & BUCHER K. (2000): Herkunft der Salinität in Tiefenwässern des Grundgebirges – unter besonderer Berücksichtigung der Kristallinwässer des Schwarzwaldes. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie 3/2000: 125-140

STADT FRANKFURT (2022): Frankfurt wird wärmer – der konstante Temperaturanstieg von 1949 bis heute. In statistik.aktuell – Broschüre der Stadt Frankfurt am Main.

REINACH, A. V. (1894): Resultate einiger Bohrungen, die in den Jahren 1891-93 in der Umgebung von Frankfurt ausgeführt wurden. Bericht der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft. 1894, 17-42.

15 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Karte der geothermischen Anomalie Frankfurt a.M.	9
Abb. 2:	Endausbau der Forschungsbohrung Rebstock.	16
Abb. 3:	Brunnenstube (Zeichnung Fa. Daldrup GmbH).	20
Abb. 4:	Blick in die Brunnenstube (Foto Rumohr).	21
Abb. 5:	Bohrfortschritt und wichtige Ereignisse, die den Bohrablauf beeinflussten.	26
Abb. 6:	Erbohrtes Schichtprofil (Mitte) im Vergleich mit dem prognostizierten Profil (links), endgültiger Bohrungsausbau (ganz rechts).	28
Abb. 7:	Spülproben, Fossilien und Bohrkern aus der FB Rebstock (mit exemplarischen Ableitungen der Ablagerungsmilieus).	33
Abb. 8:	Tiefenlage und Rate der für die Bohrarbeiten dokumentierten Spülungsverluste	35
Abb. 9:	Tauchpumpe mit Drahtsteil, das sich um die Pumpe gelegt hat (Foto: Rumohr)	39
Abb. 10:	Pumpversuch 30.07. – 31.07.2023 (Airlift): Förderrate und Fördermenge	41
Abb. 11:	„Käfig“ im Bohrgestänge, Anfertigung der Fa. Daldrup (Foto: Rumohr).	42
Abb. 12:	Abschätzung der mittleren Dichte des in der Bohrung oberhalb der Drucksonde stehenden Wassers auf Grundlage der bekannte Einbautiefen 460 m und 600 m	43
Abb. 13:	Pumpversuch 30.07. - 31.07.2023 (Airlift): Entwicklung Wasserstand und Temperatur.	44
Abb. 14:	Vergleich der Wiederanstiegsphasen nach den Pumpintervallen 1 – 4.	47
Abb. 15:	Förderraten und Mächtigkeit der Wassersäule über der Pumpe während des Pumpversuchs 10.10. – 27.10.2023. Die maximale Mächtigkeit der Wassersäule am 11.10.2023 entspricht nicht der Einbautiefe des Sensors bei 195,47 m, was vermutlich auf eine zu diesem Zeitpunkt abweichende Dichte der Wassersäule zurückzuführen ist.	50
Abb. 16:	Zeitdauer der Absenkungs- und Wiederanstiegsphase in der letzten Pumpstufe mit 0,5 l/s.	52
Abb. 17:	Auswertung des Wiederanstiegs im Geradlinienverfahren nach THEIS UND JACOB	53
Abb. 18:	Matrixpermeabilität: Vergleich der Messungen Rebstock mit Messungen an Rotliegend-Bohrkernen von Hessen3D (SCHLEGEL, 2023).	57

Abb. 19: Probenahmestelle am Ausfluss der Thermalsole (Airlift am 31.07.2023)	60
Abb. 20: Vergleich der in beiden Laboren mittels ICP-OES und ICP-MS überlappend gemessenen Kationen.	64
Abb. 21: Modifiziertes Schöller-Diagramm der Elemente der Rebstockbad-Proben im Vergleich zu Meerwasser.	65
Abb. 22: Dreiecksdiagramm mit den Hauptanionen Chlorid, Sulfat und Hydrogenkarbonat und Ludwig-Langelier-Diagramm mit den Feldern unterschiedlicher Wassertypen und wichtigen Prozessen der Fluid-Entwicklung. (links) Dreiecksdiagramm mit den Hauptanionen Chlorid, Sulfat und Hydrogenkarbonat (= Bikarbonat). Probe K1-3 wurde am Ende der Produktionstests entnommen; (rechts) Ludwig-Langelier-Diagramm mit den Feldern unterschiedlicher Wassertypen und wichtigen Prozessen der Fluid-Entwicklung. Probe A1-1 wurde beim ersten Produktionstest entnommen.	66
Abb. 23: Temperaturprofil (2a) vom 26.03.2023. Die Temperaturen sind durch vorangehende Bohrarbeiten gestört.	75
Abb. 24: Temperaturprofil (2c) vom 08.06.2023. Die Temperaturen sind durch vorangehende Bohrarbeiten gestört.	77
Abb. 25: Temperaturprofil (3) vom 11.07.2023. Die Temperaturen sind durch vorangehende Bohrarbeiten gestört.	78
Abb. 26: Temperaturprofil 03.08.2023; gemessen durch LIAG	80
Abb. 27: Temperaturprofil im Tiefenbereich 900 – 1060 m. Negative Temperaturanomalien sind möglicherweise auf Verluste der gegenüber dem ungestörten Untergrund kühleren Bohrspülung in das Gebirge zurückzuführen.	81
Abb. 28: Temperaturprofil 26.03.2024 der Forschungsbohrung (blau), gemessen durch LIAG. Ergänzend ist das Temperaturprofil der 100 m Erdwärmesonde dargestellt (siehe 9.1.1)	83
Abb. 29: Durchschnittstemperaturen 1949 bis 2021. Entnommen aus STADT FRANKFURT (2022); Datenquelle: Deutscher Wetterdienst. Station: Frankfurt/M-Flughafen	86
Abb. 30: Absolute Untergrundtemperaturen und mittlere Untergrundtemperaturen zwischen Geländeoberkante und angegebener Tiefe	88
Abb. 31: Leitfähigkeits-Profil vom 26.03.2024; Tiefenbereich 0 m – 1060 m (Lf = elektrische Leitfähigkeit)	91

Abb. 32: Leitfähigkeits- und T-Profil vom 26.03.2024; Tiefenbereich 860 m – 1060 m. (Lf = elektrische Leitfähigkeit). Grau hinterlegt ist die Vollrohrstrecke, gelb hinterlegt sind die perforierten Abschnitte des eingestellten Bohrgestänges.	92
Abb. 33: GR-Log vom 03.08.2023	95
Abb. 34: Spektral-Gamma-Ray-Log vom 02.08.2023 im Tiefenbereich 1002 m – 1060 m.	96
Abb. 35: Kreuzdiagramm von Thorium und Kalium für den Tiefenbereich von 879 m – 931 m.	97
Abb. 36: Kreuzdiagramm von Thorium und Kalium für den Tiefenbereich von 1002 m – 1060 m.	98
Abb. 37: Bruchorientierungen interpretiert in ABI-Logs in den Tiefenintervallen 859,9 – 928,2 m und 1008,6 – 1058,9 m. Dargestellt sind die Flächenpole und dazugehörigen Großkreise projiziert in der unteren Hemisphäre (Schmidt).	100
Abb. 38: Auszug aus dem ABI-Log vom 11.07.2023 für den Tiefenbereich 915 m – 918 m. Störungsbereiche als auch offene Klüfte sind sichtbar.	101
Abb. 39: Laterolog vom 11.07.2023 im Tiefenbereich 890 m – 932 m	103
Abb. 40: Sonic-Log vom 02.08.2023 der P-Wellengeschwindigkeit für den Tiefenbereich 1008 m – 1060 m.	106
Abb. 41: SUSZ-Log vom 11.07.2023 für den Tiefenbereich von 898 m – 930 m zusammen mit GR-Log.	107
Abb. 42: Abgeschätzte mittlere Wärmeleitfähigkeiten am Standort Rebstockbad zwischen Geländeoberkante und angegebener Tiefe.	112

16 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einbautiefen der P-/T-Sonde während des Pumpversuchs 10.10.-27.10.2023	49
Tab. 2: Ergebnisse der Permeabilitäts-Messungen für den Rotliegend-Abschnitt der FB Rebstock (Schlegel, 2023) im Vergleich zu Messungen an Rotliegend-Bohrungen aus dem Projekt Hessen 3 D 1.0 (SASS ET AL., 2011).....	56
Tab. 3: Hydraulische Durchlässigkeit (k_f -Wert) des von der FB Rebstock erschlossenen Rotliegend (SCHLEGEL, 2023)	58
Tab. 4: Konzentration der gelösten Kationen im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 31. Juli 2023 (ICP-OES-Analyse im Vulcan Labor). Die sehr hohe Aluminium- Konzentration der nur grob gefilterten Probe beruht auf der Auflösung von Tonmineralen durch Zugabe von Salpetersäure vor der Analyse.....	61
Tab. 5: Konzentration der gelösten Kationen sowie Bor (B) und Silizium (Si) im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 31. Juli 2023 (ICP-OES-Analyse im Vulcan Labor). Die sehr hohe Si-Konzentration der nur grob gefilterten Probe beruht auf der Auflösung von Tonmineralen durch Zugabe von HNO_3 vor der Analyse.....	61
Tab. 6: Konzentration der gelösten Anionen (Produktionstest am 31.7.2023; IC-Analyse im Vulcan Labor).....	61
Tab. 7: Konzentration der gelösten Kationen im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 10. August 2023 (ICP-OES-Analyse im Vulcan Labor). Die höhere Silizium-Konzentration der nur zentrifugierten (nicht gefilterten) Probe beruht auf der Auflösung von Tonmineralen durch Zugabe von Salpetersäure vor der Analyse.....	62
Tab. 8: Konzentration der gelösten Anionen im Rebstockbad-Fluid vom Produktionstest am 10. August 2023 (IC-Analyse im Vulcan Labor). Das Cl/Br-Verhältnis von rund 2100 weist auf oligozänes Salz hin. Die Fluorid-Konzentration liegt unterhalb der Nachweisgrenze, welches auf die Ausfällung von CaF_2 in der stehenden und abkühlenden Sole in der Steigleitung der Pumpe zurückgeführt wird. Ausfällungsprozesse von SiO_2 sind in der gefilterten Probe (.....	63
Tab. 9: Vor-Ort-Parameter des Rebstockbad Fluids vom Produktionstest am 13. Oktober 2023, welche mit WTW-Sonden, einem Test-Kit von Merck zur Bestimmung der Alkalinität und Sulfid-Teststreifen von Macherey-Nagel bestimmt wurden. Die 2-3 m oberhalb der Pumpe gemessene Temperatur im Bohrloch betrug 39,7 °C. ORP = Redoxpotential.....	63

Tab. 10:	Vor-Ort-Parameter des Rebstockbad-Fluids vom Produktionstest am 18. Oktober 2023, welche mit WTW-Sonden, einem Test-Kit von Merck zur Bestimmung der Alkalinität und Sulfid-Teststreifen von Macherey-Nagel bestimmt wurden. Die 2-3 m oberhalb der Pumpe gemessene Temperatur im Bohrloch betrug 35,1 °C. ORP = Redoxpotential.	64
Tab. 11:	Berechnete Dichte (ρ) und spezifische Wärmekapazität (cp) für den Temperaturbereich der Rebstockbad-Sole basierend auf <i>in-situ</i> gemessenen Daten von SCHRÖDER ET AL. (2021).	67
Tab. 12:	Beispiele von Sättigungsindices (SIs) von potenziell bei 20 °C und 30 °C ausfallenden Mineralen welche mit PhreeqC Interactive 3.7.1 (PARKHURST & APPELO, 2013) berechnet wurden unter Verwendung der Pitzer- (erste Reihe) und LLNL-Datenbank (zweite und dritte Reihe).	68
Tab. 13:	Mittels Geothermometrie berechnete Reservoir-Temperaturen an der am geringsten mit Bohrspülung kontaminierten Rebstockbad-Probe, welche am Ende des Pumptests entnommen wurde.	68
Tab. 14:	Hauptelemente von Tiefen-Fluiden aus dem mittleren Oberrheingraben (Quelle: Soultz bis Bruchsal aus SANJUAN ET AL., 2016) im Vergleich mit Rebstockbad-Sole (.....	69
Tab. 15:	Bohrlochgeophysikalische Messungen durch LIAG in der FB Rebstock.....	72
Tab. 16:	Mittlere Untergrundtemperaturen zwischen Geländeoberkante (GOK) und angegebener Tiefe.....	87
Tab. 17:	Wärmeleitfähigkeiten bei Annahme einer Wärmestromdichte von 80 mW/m ²	110
Tab. 18:	Wärmeleitfähigkeiten bei Annahme einer Wärmestromdichte von 90 mW/m ²	110
Tab. 19:	Abgeschätzte mittlere Untergrundtemperaturen und Wärmeleitfähigkeiten am Standort der Forschungsbohrung zwischen Geländeoberkante und angegebener Tiefe	

17 Anlage

A Schichtenverzeichnis

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
0,50	0,50	Kiessand [Sand, kiesig, schwach schluffig] (Ziegelbruch, Kies: Brechkorn (RC-Material)); graubraun, orangerot (Ziegelbruch); kalkhaltig; vorherrschend eckig Aufschüttung; Chronostratigraphie: Holozän	qh[A]
6,70	6,20	Kiessand [Sand, stark kiesig, schwach steinig] (Kies: Buntsandstein, Milchquarz, Muschelkalk, Lydit); hellgraubraun; kalkarm; mässig gerundet bis gut gerundet Terrasse ungliedert; Chronostratigraphie: Pleistozän (vermutlich Main-Terrasse)	qpT
7,70	1,00	Sand [Feinsand, mittelsandig] (viele Braunkohlestücke, vereinzelt Hellglimmer); hellgrau, schwarz (Kohle); carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr hoch; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
10,00	2,30	Sand [Feinsand, mittelsandig] (vereinzelt Hellglimmer); hellgrau; carbonatfrei Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
11,70	1,70	kohliges Lockergestein [Feinsand, mittelsandig] (Braunkohle); grau (Sand), dunkelbraun, schwarz (Kohle); carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr hoch; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig; Gefüge: fein geschichtet Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
13,00	1,30	Sand [Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig] (vereinzelt Braunkohleflitter); grau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
14,00	1,00	Sand [Feinsand]; hellgrau; carbonatfrei Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
16,00	2,00	Sand [Feinsand] (vereinzelt kleine Braunkohleflitter); hellgrau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
17,00	1,00	Sand [Feinsand] (vereinzelt kleine Braunkohleflitter); mittelgrau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
18,00	1,00	Sand [Mittelsand, stark grobsandig, schwach feinsandig] (einige Braunkohleflitter); dunkelgrau, schwarz (Kohle); carbonatfrei; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
19,00	1,00	Sand (sehr vereinzelt Braunkohleflitter); carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
21,00	2,00	Sand [Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig] (sehr vereinzelt Braunkohleflitter); mittelgrau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
23,70	2,70	Sand [Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig, vereinzelt Feinkies] (sehr vereinzelt Braunkohleflitter); mittelgrau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
25,00	1,30	Schluffton [Ton, schluffig, schwach sandig, sehr schwach feinkiesig]; beige-grau; carbonatfrei Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
26,00	1,00	Schluffton [Ton, schluffig, schwach sandig, sehr schwach feinkiesig]; mittelgrau; carbonatfrei Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
27,00	1,00	Sand [Feinsand] (fein verteilter Braunkohlestaub); hellgrau, schwarz (Kohle); carbonatfrei; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
28,00	1,00	Sand [Feinsand, mittelsandig, schwach grobsandig]; hellgrau; carbonatfrei Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
29,00	1,00	Sand [Feinsand, mittelsandig] (vereinzelt Braunkohleflitter); hellgrau, schwarz (Kohle); carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Limnisch-fluviatile Wechselfolge; Chronostratigraphie: Pliozän	tplW
30,00	1,00	Tonschluff [Schluff, tonig]; blaugrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
31,00	1,00	Tonschluff [Schluff, tonig]; hellgrüngrau, hellbraun; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
32,00	1,00	Tonschluff [Schluff, tonig, schwach feinsandig]; mittelgrau, bläulich-grau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
32,30	0,30	[Kernverlust]; keine Probe auffindbar	

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
33,30	1,00	Sand [Feinsand] (sehr vereinzelt winzige Holzreste); hellbraungrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
34,20	0,90	Tonschluff [Schluff, tonig, schwach feinsandig]; grüngrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
35,90	1,70	Sand [Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig]; hellbraungrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
36,70	0,80	Tonschluff [Schluff, tonig, sandig]; grüngrau, ockergelb angewittert; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
38,00	1,30	Schluffton [Ton, schwach schluffig]; beige, hellgrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
39,00	1,00	Schluffton [Ton, schwach schluffig]; grünlichgrau, hellbraungrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
40,00	1,00	Schluffton [Ton, schwach schluffig]; mittelgrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
41,00	1,00	Tonschluff [Schluff, tonig, schwach feinsandig]; mittelgrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
43,00	2,00	Ton [Ton, schwach schluffig, sehr schwach feinsandig]; mittelgrau, hellgrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
44,00	1,00	Ton [Ton, schwach schluffig]; hellolivgrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
45,00	1,00	Ton [Ton, schwach schluffig] (vereinzelt Karbonatkonkretionen); blaugrau, mittelgrau, dunkelgrau; carbonatarm Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
46,00	1,00	Ton [Ton, schwach schluffig]; hellgrau, beige; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
47,00	1,00	Sand [Feinsand]; hellbraungrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
48,00	1,00	Sand [Feinsand, schwach mittelsandig]; hellbraungrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
49,00	1,00	Sand [Feinsand]; hellgelbgrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
50,00	1,00	Sand [Mittelsand, grobsandig, feinsandig]; hellbraungrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
51,00	1,00	Schluffton [Ton, stark schluffig, schwach feinsandig]; blaugrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
52,00	1,00	Schluff [Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig]; blaugrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
53,00	1,00	Tonschluff [Schluff, tonig, schwach feinsandig]; blaugrau; carbonatfrei Staden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuSt
54,00	1,00	Sandschluff [Schluff, feinsandig]; dunkelbraungrau, dunkelgrau, mittelgrau, hellgrau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr hoch; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuP
55,00	1,00	Braunkohle [Braunkohle, schluffig, schwach tonig, schwach feinsandig]; schwarz, dunkelgraubraun; carbonatfrei Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) (Ginnheimer Flöz)	tmiuP
56,00	1,00	Braunkohle [Braunkohle, tonig, schwach schluffig]; schwarz, dunkelgraubraun; carbonatfrei Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) (Ginnheimer Flöz)	tmiuP
57,00	1,00	Ton [Ton, schwach schluffig] (ve. Holzreste); dunkelgrau, olivgrau; carbonatarm; Anteil org. Substanz: sehr hoch; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuP
58,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig]; olivgrau, dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuP
60,00	2,00	Mergelton [Ton, schluffig]; olivgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: unbestimmt; Fossilzustand: Teilfragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuP

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
63,00	3,00	Schluffmergel [Schluff, stark tonig, schwach feinsandig]; olivgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: unbestimmt; Fossilzustand: Teilfragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuP
65,00	2,00	Mergelton [Ton, stark schluffig]; olivgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Praunheim-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuP
66,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, kalksandig]; olivgrau, schwarz (Kalksand); carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
67,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, kalksandig]; blaugrün, grau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
68,00	1,00	Schluffmergel [Ton, stark schluffig, kalksandig] (Kalksandlagen); grau, hellgrau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
69,00	1,00	Schluffmergel [Ton, stark schluffig, kalksandig] (Kalksandlagen, Algenkalkgrus); grau, hellgrau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
70,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach kalksandig]; grünblaugrau, hellgrüngrau, hellblaugrau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
72,00	2,00	Mergel [Schluff, tonig] (viel Kalksteinbruch); hellgrau, mittelgrau, dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
73,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, kalksandig]; bläulich-grau, dunkelgrau bis schwarz (Kalksand); carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
75,00	2,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, kalksandig]; olivgrau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
76,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, kalksandig] (Dolomitsteinbruch); hellgrau bis dunkelgrau, grüngrau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
78,00	2,00	Kalksand [Kalksand, schwach tonig, schwach schluffig] (Mergeltonlagen); schwarz, mittelgrau bis dunkelgrau (Mergelton); carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
79,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, kalksandig]; olivgrau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
81,00	2,00	Kalksand [Kalksand, schwach schluffig, schwach tonig] (Kalksand: Algenkalkgrus); grau, olivgrau angelaufen; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil	tmiuN
82,00	1,00	Kalksand [Kalksand, tonig, schluffig] (ein Kalksteinbruchstück (Ostrakodenschill, glattschalige)); mittelgrau bis dunkelgrau, olivgrau angelaufen; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
83,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, schwach kalksandig]; mittelgrau bis dunkelgrau, hellgraue Schluff-Feinsand-Lamellen; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
85,00	2,00	Mergel [Ton, schluffig, kalksandig] (viel Dolomitsteinbruch); hellgrau, hellbraungrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
87,00	2,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach kalksandig]; dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
88,00	1,00	Dolomitstein [Dolomitsand, stark tonig, schluffig]; mittelgrau bis dunkelgrau; dolomitreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
89,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig]; oliv; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: unbestimmt; Fossilzustand: Teilfragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuN
90,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, sehr schwach sandig]; dunkelolivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
91,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, sandig] (Quarzsand); dunkelolivgrau; carbonatreich Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
92,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach feinsandig]; olivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Niederrad-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuN
93,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig]; dunkelgrau, olivgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
94,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig]; dunkelgrau, olivgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
103,00	9,00	Mergelton [Ton, schluffig]; grauoliv bis olivgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
104,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig]; grau bis dunkelgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
105,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach kalksandig] (etwas Kalksteinbruch); grau bis dunkelgrau; kalkreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
106,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig] (verfestigt); dunkelgrau, oliv; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
107,00	1,00	Kalksand [Kalksand, tonig, schluffig] (Kalksteinbruchstücke); mittelgrau bis dunkelgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
108,50	1,50	Mergelton [Ton, schluffig] (verfestigt, wenige Kalksteinbruchstücke); dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobia sp.; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuF
109,00	0,50	Kalkstein (völlig zerbohrt); olivgrau, dunkelgrau, mittelgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
110,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
111,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
114,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau; carbonathaltig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
115,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, sehr schwach sandig]; grauoliv; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
117,00	2,00	Mergelton [Ton, schluffig, sehr schwach sandig]; dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
117,75	0,75	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau, blaugrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
118,10	0,35	Dolomitstein (mikritisch, hart); dunkelgrau, hellgrau gefleckt; dolomitreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
118,40	0,30	Mergelton [Ton, schluffig] (verfestigt); olivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
120,00	1,60	Mergelton [Ton, schwach schluffig, sehr schwach dolomitsandig] (vereinzelt Dolomitsteinbruchstücke); mittelgrau bis dunkelgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
121,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; mittelgrau bis dunkelgrau, olivgrau; carbonatreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
122,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig] (kohlige Lamellen); dunkelgrau, schwarz; carbonatreich; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
136,00	14,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau, dunkelolivgrau angelaufen; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
137,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau, dunkelolivgrau angelaufen; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
141,00	4,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau, dunkelolivgrau angelaufen; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
144,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelstahlgrau; carbonathaltig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobia sp.; Fossilzustand: Teilfragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuF
145,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig bis schluffig] (helle Kalkschlufflagen (Algenblüten?)); dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
146,00	1,00	Mergel [Ton, schwach schluffig] (schwach verfestigt, Dolomitsteinbank); dunkelgrau; dolomitreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
147,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
148,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelstahlgrau; carbonathaltig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobia sp.; Fossilzustand: Teilfragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuF
150,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
150,15	0,15	Mergelton [Ton, schwach schluffig] (verfestigt); dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
151,10	0,95	Dolomitstein (hart, mikritisch, Dolomitkristallrasen auf Kluftflächen); dunkelgrau; dolomitreich Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
152,00	0,90	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; mittelgrau bis dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
153,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
154,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
155,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
156,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgraubraun, graublau, dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Frankfurt-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuF
157,00	1,00	Sand [Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig] (Quarzsand); blaugrau, mittelgrau; carbonatarm Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
158,00	1,00	Ton [Ton, schwach schluffig, schwach feinsandig, schwach mittelsandig] (teilweise verfestigt und carbonatfrei); stellenweise schwach carbonathaltig; dunkelblaugrau, oliv (verfestigter Ton); carbonathaltig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
159,00	1,00	Ton [Ton, schluffig, schwach feinsandig] (teilweise schwach verfestigt, sehr vereinzelt Dolomitsteinbruchstücke, Quarzsand); dunkelgrau, grünlich-dunkelgrau; carbonatarm; Anteil org. Substanz: mittel Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia sp.; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuW
160,00	1,00	Ton [Ton, schluffig, schwach feinsandig] (teilweise verfestigt, Quarzsand); hellblaugrau; carbonatarm Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobien und unbestimmte Bivalven; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuW

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
161,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; hellblaugrau, mittelgrau; kalkhaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
161,80	0,80	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; hellblaugrau, mittelgrau; kalkhaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
162,10	0,30	Dolomitstein (hart, mikritisch, Dolomitkristallrasen auf Kluftflächen); mittelgrau bis dunkelgrau; dolomitreich Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
163,00	0,90	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; braungrau, mittelgrau, hellgrau; carbonathaltig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
168,00	5,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig] (vereinzelt Dolomitsteinbruchstücke); dunkelolivgrau, dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
172,00	4,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach feinsandig]; mittelgrau bis dunkelgrau, olivgrau angelaufen; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
174,00	2,00	Mergelton [Ton, schluffig, kalksandig] (Kalksand: Algenkalkgrus (Bakterienmatten)); grünlich-mittelgrau; carbonathaltig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
175,00	1,00	Algenkalkstein (Bakterienmatten, mit Mergelton vermengt); grau; carbonatreich; Art der Verwitterung: vergüst Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
176,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig]; dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
178,00	2,00	Kalksand [Kalksand, Kalkfeinkies, tonig, schluffig] (Komponenten: mikritischer Kalkstein und ve. Algenkalkgrus; mit Mergelton vermengt); olivgrau; carbonatreich Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
181,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (mit mikritischem Kalksteinbruch vermengt); dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
184,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Kalksand: Ooide, glattschalige Ostracoden, Hydrobien, ug. Dolomitsteinbruch); dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
185,00	1,00	Carbonatsand [Kalksand, schwach schluffig, schwach tonig] (Komponenten: mikritischer Kalkstein, Dolomitstein, Hydrobien; mit etwas Mergelton vermengt); dunkelgrau; carbonatreich Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia sp.; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuW
186,00	1,00	Carbonatsand [Kalksand, schluffig, tonig] (Komponenten: mikritischer Kalkstein, Dolomitstein, Hydrobien; mit viel Mergelton vermengt); dunkelgrau; carbonatreich Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
188,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Kalksand und Dolomitsteinbruch); dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
193,00	5,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch; Kalksand (Ostracoden)); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Eucypris sp.; Bemerkung zur Fossilführung: ug. Hydrobien	tmiuW
194,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch; Kalksand (Ostracoden), Dolomitsteinbruch); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
196,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch; Kalksand: Ooide, Ostracoden (Eucypris), ug. Hydrobien); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia sp.; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuW

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
199,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Kalksand: Ooide, Ostracoden (Eucypris), ug. Hydrobien); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
200,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch; Kalksand: Ooide, Ostracoden (Eucypris), ug. Hydrobien); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
211,00	11,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Dolomitsteinbruch; Kalksand: Ooide, ug. Hydrobien und Ostracoden (glattschalig)); dunkelgrau, dunkelolivgrau, beige (Dolomitstein); carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
215,00	4,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Dolomitsteinbruch; Kalksand: Ooide, ug. Hydrobien und Ostracoden (glattschalig)); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
225,00	10,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Kalksand: Ooide, Hydrobien, Ostracoden (glattschalig); ug. Quarzsand, Dolomitsteinbruch); dunkelgrau, dunkelolivgrau; graubraun, mittelgrau (Dolomitstein); carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
228,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (Carbonatsand: mikritischer Dolomitsteinbruch); dunkelgrau, dunkelgrauoliv; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Cypridopsis obliqua; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuW
229,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Carbonatsand: mikritischer Dolomitsteinbruch); dunkelgrau, dunkelgrauoliv; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wiesbaden-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuW
236,00	7,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig bis kalksandig] (etwas Dolomitsteinbruch; Kalksand: Ooide, Hydrobienbruch, ug. Ostracoden (glattschalig)); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia inflata, Hydrobia sp.; Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend; Bemerkung zur Fossilführung: Hydrobia inflata-Bruchstücke bei 229-230 m; erste komplette H. inflata bei 235-236 m	tmiuR

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
240,00	4,00	Dolomitstein (zerbohrt, Dolomitkristallrasen (orange) auf Karst-/Kluftflächen, mit viel Mergelton vermischt, kalksandig); braungrau (Dolomit), dunkelgrau (Mergelton); dolomitreich Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuR
244,00	4,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig bis stark kalksandig] (etwas Dolomitsteinbruch; Kalksand: Hydrobienbruch); dunkelgrau; c3; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobia inflata, Hydrobia sp.; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: sehr häufig vorkommend	tmiuR
245,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (etwas Dolomitsteinbruch; viel Kalksand: Hydrobienbruch); dunkelgrau; c3; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobia inflata; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend	tmiuR
249,00	4,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig bis kalksandig] (viel Dolomitsteinbruch und Kalksteinbruch: stark zerklüftet und mit sparitisch verheilt); dunkelgrau, dunkelolivgrau, gelbbraun/gelbgrau (Dolomit/Kalkstein); carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobia inflata; Fossilzustand: Ganzkörper Fossil in schlechtem Zustand; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuR
250,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig bis kalksandig] (massenhaft Ooide); dunkelgrau, dunkelolivgrau, gelbbraun/gelbgrau (Dolomit/Kalkstein); carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobia sp.; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tmiuR
251,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig bis kalksandig]; dunkelgrau, dunkelolivgrau, gelbbraun/gelbgrau (Dolomit/Kalkstein); carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän)	tmiuR
252,00	1,00	Mergelton (Kalksand: Ooide, Hydrobienbruch; dünne Kalkschlufflagen, Dolomitsteinbruch, Algenkalksteinbruch); dunkelgrau, hellbraungrau (Kalkschlufflagen); carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Foraminiferen-Algen-Onkoide; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: Hydrobien; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend	tmiuR

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
254,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Dolomitsteinbruch; Kalksand: Ooide, Ostracoden (glattschalig), Hydrobien); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia inflata (?); Fossilzustand: Fragmente	tmiuR
257,00	3,00	Kalkstein (teils dolomitisiert, teils Hydrobienkalkstein; Kristallrasen auf Karst-/Kluftflächen; mit viel Mergelton vermischt); grüngrau, grau, braungrau; carbonatreich Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia inflata (256-257 m); Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend; Bemerkung zur Fossilführung: vereinzelt Bivalvenreste	tmiuR
261,00	4,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch mit orangen Dolomitekristallrasen auf Kluft/Karstflächen; Kalksand: wenige Ooide); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia sp.; Häufigkeit des Fossils: mehrfach vorkommend; Bemerkung zur Fossilführung: außerdem glattschalige Ostracoden	tmiuR
262,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch mit orangen Dolomitekristallrasen auf Kluft/Karstflächen; Kalksand: wenige Ooide); dunkelgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Rüssingen-Formation; Chronostratigraphie: Frühes Miozän (Untermiozän) Fossil; Fossilgruppe: Schnecken; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia inflata; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend; Bemerkung zur Fossilführung: zudem glattschalige Ostracoden und Morone aequalis	tmiuR
266,00	4,00	Dolomitstein (oranger Dolomitekristallrasen auf Kluft/Karstflächen; Kalksand: Ooide; mit Mergelton vermischt); olivgrau; dunkelgrau bis dunkelolivgrau (Mergelton); dolomitreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
268,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (etwas Dolomitsteinbruch, Ooide, Pyritsand); dunkelgrau, hellgraue Lamellen; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Gastropoden, Bivalven (perlmutterartig)	tolo/miuCe
271,00	3,00	Dolomitstein (kompakt, Mergeltonlagen, etwas Kalksand (Ooide, Ostracoden, Pyrit)); olivgrau, dunkelgrau (Mergelton); dolomitreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän 270,00 bis 271,00 m unter BAP: Fossil; Fossilgruppe: Muscheln; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: u.a. Dreissena brardii; Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend	tolo/miuCe

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
274,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Kalksteinbruch (dolomitisch), Ooide, Pyritsand); dunkelolivgrau, grünlich-grau, mittelgrau, ug. hellgrau; Dolomit: mittelgrau, olivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia sp., unbestimmte Mollusken, glattschalige Ostracoden	tolo/miuCe
275,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Kalksteinbruch (dolomitisch), Ooide, Pyritsand); dunkelolivgrau, grünlich-grau, mittelgrau, ug. hellgrau; Dolomit: mittelgrau, olivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
276,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Kalksteinbruch (dolomitisch), Ooide, Pyritsand); dunkelolivgrau, grünlich-grau, mittelgrau, ug. hellgrau; Dolomit: mittelgrau, olivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: unbestimmt; Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend	tolo/miuCe
277,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Kalksteinbruch (dolomitisch), Ooide, Pyritsand); mittelgrau, ug. hellgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
279,00	2,00	Mergelton (Kalksteinbruch, kalkig gebundener Quarzsandsteinbruch, Kalksand: Hydrobien, Pyrit, ug. Ooide, Ostracoden, Quarzsand); mittelgrau bis dunkelgrau, olivgrau (Kalkstein), hellgrüngrau (kalkiger Sandstein); carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hydrobia sp., Bivalven, Ostracoden (glattschalig); Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend	tolo/miuCe
280,00	1,00	Mergel [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (mit Mergelton wechsellagernd, etwas Kalkstein, etwas kalkig gebundener Quarzsandstein); grünlich-mittelgrau bis grünlich-dunkelgrau, ug. grünlich-hellgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
281,00	1,00	Mergel [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (mit Mergelton wechsellagernd, viel Dolomitsteinbruch (mikritisch), ug. kalkig gebundener Quarzsandstein); grünlich-mittelgrau bis grünlich-dunkelgrau, ug. grünlich-hellgrau; Dolomitstein: olivgrau, grünbraun; kalkig gebundener Sandstein: hellgrüngrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
282,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Dolomitstein (mikritisch), Kalkstein (mikritisch), kalkig gebundener Quarzsandstein); dunkelolivgrau; Dolomitstein/Kalkstein: mittelgrau, hellgrau; kalkig gebundener Quarzsandstein: hellgrüngrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
283,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (etwas Kalksteinbruch); dunkelolivgrau, dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
284,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Pyritsand); dunkelgrau, dunkelolivgrau; Kalkstein: grau, dunkelgrau, hellgrüngrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Ostracoden (glattschalig), Cytheromorpha, Hydrobia sp., unbestimmte Mollusken; Häufigkeit des Fossils: mehrfach vorkommend Fossil	tolo/miuCe
286,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (kalkig gebundener Quarzsandsteinbruch, Dolomitsteinbruch); dunkelolivgrau, hellgrüngrau; kalkig gebundener Sandstein: hellgrüngrau; Dolomitstein: dunkelolivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Ostracoden (glattschalig), Cytheromorpha, Hydrobia sp., unbestimmte Mollusken	tolo/miuCe
288,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (viel Dolomitsteinbruch, kalkig gebundener Quarzsandsteinbruch); dunkelolivgrau, hellgrüngrau, ug. hellgrau; kalkig gebundener Sandstein: hellgrüngrau; Dolomitstein: dunkelolivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Ostracoden (glattschalig), Hydrobia sp., unbestimmte Mollusken	tolo/miuCe
289,00	1,00	Dolomitstein (mit viel Mergelton(lagen), kalksandig); dunkelgrau, dunkelolivgrau; dolomitreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
295,00	6,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig bis stark kalksandig] (viel Dolomitsteinbruch, kalkig gebundener Quarzsandstein); dunkelgrau, mittelgrau, dunkelolivgrau, ug. hellgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
296,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch, kalkig gebundener Quarzsandstein); dunkelgrau, mittelgrau, dunkelolivgrau, ug. hellgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
297,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (sehr wenig Dolomitsteinbruch); dunkelgrau, mittelgrau, dunkelolivgrau, ug. hellgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Ostracoden (glattschalige), Cytheromorpha; Häufigkeit des Fossils: mehrfach vorkommend	tolo/miuCe
298,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (Kalksand: Molluskenbruch, Pyritsand); mittelgrau, mittelolivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: viel Hydrobienbruch, unbestimmte Mollusken, vereinzelt Cytheromorpha	tolo/miuCe
300,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (Dolomitsteinbruch, Kalksteinbruch, Kalksand: Molluskenbruch, Pyritsand); oliv, grauoliv; Dolomitstein: dunkelolivgrau; Kalkstein: hellgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: viele Hydrobien, unbestimmte Mollusken, vereinzelt Cytheromorpha, Hemicyprideis rhenana, Quinqueloculina	tolo/miuCe
301,00	1,00	Kalkstein (Dolomitstein, kalkiger Schluffstein, Mergeltonlagen); Kalkstein: hellgrau, mittelgrau; Dolomitstein: dunkelgrau; Schluffstein: hellgrüngrau bis hellgrau; Mergelton: mittelgrau, dunkelgrau, olivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
302,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (Kalksteinbruch); olivgrau, grau, dunkelgrau, ug. hellgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
303,00	1,00	Mergelton (Kalksteinbruch, Dolomitsteinbruch, Kalksand: Molluskenbruch); mittelgrau, olivmittelgrau, ug. hellgrau; Dolomitstein: dunkelgrau; Kalkstein: hellgrau, mittelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
304,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (Kalksteinbruch, Dolomitsteinbruch, Kalkschluffsteinbruch; quarzsandig, Ooide); dunkelolivgrau, grau, grünlich-hellgrau, dunkelgrau; Kalkstein: hellgrau, mittelgrau; Dolomitstein: dunkelgrau; Kalkschluffstein: hellgrüngrau, hellgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
306,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Kalksteinbruch, Dolomitsteinbruch, Kalkschluffsteinbruch; quarzsandig, Ooide); dunkelolivgrau, grau, grünlich-hellgrau, dunkelgrau; Kalkstein: hellgrau, mittelgrau; Dolomitstein: dunkelgrau; Kalkschluffstein: hellgrüngrau, hellgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
309,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Quarzsand, Kalksteinbruch, Ooide); grau, olivgrau; Kalkstein: hellgrau Braun; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Cytheromorpha sp.; Häufigkeit des Fossils: mehrfach vorkommend	tolo/miuCe
310,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; dunkelolivgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
311,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Carbonatgesteinbruch); olivgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
312,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig]; olivgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
315,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Carbonatgesteinbruch); olivgrau, dunkelolivgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
316,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; grau, olivgrau, grünlich-grau, dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
317,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig]; olivgrau, grau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
318,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; olivgrau, grau, hellgrau, dunkelgrau, graubraun; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
319,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; olivgrau, dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
320,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Carbonatgesteinbruch); grauoliv, grau, dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
322,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; olivgrau, dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
323,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Dolomitsteinbruch); olivgrau, dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Hemicyprideis rhenana, Cytheromorpha, Eucypris, Hydrobien; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tolo/miuCe
324,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Carbonatgesteinsbruch); grüngrau, grauliv, grau bis dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
326,00	2,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (vereinzelt Carbonatgesteinsbruch); grüngrau, grauliv, grau bis dunkelgrau; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän 325,00 bis 326,00 m unter BAP: Fossil; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Cytheromorpha, Characeen-Oogone; Häufigkeit des Fossils: vereinzelt vorkommend	tolo/miuCe
327,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, sehr schwach kalksandig]; olivgrau, ve. grüngrau, mittelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Pterygocythereis	tolo/miuCe
328,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; hellolivbraun, olivgrau, mittelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
329,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Carbonatgesteinsbruch); grauliv, mittelgrau bis dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
330,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (mit Mergel wechsellagernd, etwas Carbonatgesteinsbruch); hellolivgrau, mittelgrau, hellgrau, ug. grünlich-grau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
331,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (mit Mergel wechsellagernd, Carbonatgesteinsbruch); hellolivgrau, mittelgrau, hellgrau, ug. grünlich-grau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Loxoconcha	tolo/miuCe
332,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (mit Mergel wechsellagernd); hellgrau, grau, ug. graubraun; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
333,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (mit Mergel wechsellagernd); hellgrau, grau, ug. graubraun, grün; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Loxoconcha	tolo/miuCe
334,00	1,00	Mergel [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Carbonatgesteinsbruch); olivgrau, hellgrau bis mittelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
335,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Carbonatgesteinsbruch); olivgrau bis mittelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
336,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; olivgrau, grau, hellgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
337,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, kalksandig] (wenig Carbonatgesteinsbruch); olivgrau, grau, hellgrau, ug. dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
338,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; olivgrau; carbonathaltig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
339,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig]; olivgrau bis dunkelolivgrau, mittelgrau bis dunkelgrau, grünlich-grau, hellgrau; carbonathaltig Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
340,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (mit Mergellagen); hellolivgrau, hellgrau, olivgrau, hellgrüngrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
343,00	3,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (mit Mergellagen, Carbonatgesteinsbruch); olivgrau, grünlich-hellgrau, dunkelolivgrau, mittelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän Fossil; Fossilgruppe: Muschelkrebse; Gattungs- u./od. Artnamen des Fossils: Loxoconcha	tolo/miuCe
344,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (mit Mergellagen); dunkelbraungrau, dunkelgrau, grünlich-mittelgrau, grüngrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
347,00	3,00	Mergel [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig] (wenig Kalksteinbruch (etwas dolomitisiert)); grünlich-mittelgrau, grünlich-hellgrau; Mergelton teilweise dunkelbraungrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
348,00	1,00	Mergel [Ton, schwach schluffig, schwach quarzfeinsandig] (mit Mergeltonlagen, Glaukonit); grüngrau, hellgrüngrau, Mergelton: graugrün, blaugrau, dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
359,00	11,00	Mergel [Ton, schwach schluffig, schwach quarzfeinsandig, schwach kalksandig] (mit Mergeltonlagen, wenig Carbonatgesteinsbruch); grüngrau, hellgrüngrau, Mergelton: graugrün, blaugrau, dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
360,00	1,00	Mergelton [Ton, schwach schluffig, schwach kalksandig, schwach quarzfeinsandig] (etwas Kalksteinbruch, Glaukonit); grüngrau, graugrün, blaugrau, dunkelgrau; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
362,00	2,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, quarzsandig] (mit Mergeltonlagen, Salzkruste auf getrockneter Probe (eventuell durch Bohrspülung)); mittelgrau, grüngrau, hellgrüngrau; Mergelton: graugrün, dunkelgraubraun; carbonatreich Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän bis Frühes Miozän	tolo/miuCe
364,00	2,00	Kies [Feinkies, stark sandig] (Komponenten: Quarz, ug. Gesteinsbruchstücke (Gneis etc.)); hellgrau, weiß, mittelgrau, dunkelgrau; carbonatfrei; vorherrschend eckig Vilbel-Kies-Formation; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän (Oberoligozän)	toloVK
368,00	4,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, schwach quarzsandig] (viel Kalkstein-und Dolomitsteinbruch, viele Salzkristalle auf trockener Probe (eventuell durch Bohrspülung)); grünlich-grau, beige-grau; Dolomitstein: olivgrau; Kalkstein: hellgrau; carbonatreich Untere Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän (Oberoligozän)	toloCeu
369,00	1,00	kalkiger Feinsandstein (kalkig zementierter Feinsandstein (Quarz), Mergellagen); hellgrau, hellbraungrau; Mergel: hellgrüngrau, hellblaugrau; carbonatreich Untere Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän (Oberoligozän) (unsicher)	toloCeu
373,00	4,00	Algenkalkstein (kalkig gebundener Quarzfeinsandstein, Onkoide, Algenstengel, ve. mikritischer Dolomitstein); grünlich-grau, mittelgrau; Dolomit: dunkelgrau; carbonatreich Untere Cerithien-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Oligozän (Oberoligozän)	toloCeu
375,00	2,00	kalkiger Feinsandstein (ve. mikritischer Dolomitstein); grünlich-grau, mittelgrau; Dolomit: dunkelgrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
376,00	1,00	kalkiger Feinsandstein (Mergeltonlagen, Mergellagen, ve. mikritischer Dolomitstein); hellgrüngrau, hellblaugrau, mittelgrau; Mergel: grünlich-grau; Mergelton: graugrün; Dolomit: dunkelolivbraun; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
381,00	5,00	carbonatführender Schluff [Schluff, schwach tonig, schwach quarzsandig, schwach kalksandig] (Mergeltonlagen, wenig kalkig gebundener Feinsandstein, Algenstengel); graugrün, hellgrau, Mergelton: graublau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
382,00	1,00	carbonatführender Schluff [Schluff, schwach tonig, schwach quarzsandig, schwach kalksandig] (viel Kalksand: gerundete Kalkkörner; Mergeltonlagen, wenig kalkig gebundener Feinsandstein, Algenstengel); graugrün, hellgrau, Mergelton: graublau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
383,00	1,00	kalkiger Feinsandstein; grünlich-grau, hellgrau, grüngrau, mittelgrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
384,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig] (kalkig gebundene Feinsandsteinlagen); hellblaugrau, hellgrau; Feinsandstein: hellblaugrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
385,00	1,00	Mergelton (Kalksteinbruch); blaugrau, grüngrau, grünbraun, mittelgrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
386,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, schwach quarzfeinsandig] (wenig Kalksteinbruch); braun, blaugrau, hellgrau, rostbraun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
388,00	2,00	carbonatführender Tonschluff [Ton, stark schluffig, quarzfeinsandig]; grünbraun, ve. blaugrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
389,00	1,00	Sand [Grobsand, mittelsandig] (Quarzsand); weiß/farblos; carbonatfrei; eckig bis kantengerundet Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
392,00	3,00	carbonatführender Tonschluff [Ton, schluffig]; grünlich-grau, mittelgrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
393,00	1,00	carbonatführender Tonschluff [Ton, schluffig, schwach quarzsandig, schwach quarzfeinkiesig]; grünlich-grau, mittelgrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
394,00	1,00	carbonatführender Tonschluff [Schluff, stark tonig]; grüngrau, blaugrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
395,00	1,00	carbonatführender Tonschluff [Schluff, tonig] (stellenweise blaugrüner Ton; vereinzelt karbonatreich); grüngrau, braungrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
396,00	1,00	[Kernverlust]	
398,00	2,00	carbonatführender Tonschluff [Schluff, tonig] (stellenweise blaugrüner Ton; vereinzelt karbonatreich); grüngrau, braungrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
399,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, quarzfeinsandig, schwach kalksandig]; grüngrau, braungrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
400,00	1,00	Mergel [Ton, schluffig bis schwach schluffig, schwach quarzfeinsandig] (mit blaugrünem Mergelton wechsellagernd; vereinzelt dunkelgrauer Dolomitsteinbruch); grüngrau; karbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
401,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig]; graugrün, hellgraugrün, blaugrün, ve. dunkelbraun; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
403,00	2,00	carbonatführender Schluff [Schluff, stark tonig, schwach feinsandig] (mit mergeligem Ton wechsellagernd; kohlige Pflanzenreste); grüngrau bis graugrün; carbonatarm; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
404,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig]; grüngrau bis graugrün, hellgraugrün, bläulich-grau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
405,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach quarzsandig, schwach kalksandig] (Sandlagen); grüngrau bis graugrün, hellgraugrün, bläulich-grau, dunkelgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
406,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach sandig]; hellgrüngrau, grüngrau, ug. dunkelgrau, hellbraun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
410,00	4,00	Mergelton [Ton, schluffig, sehr schwach sandig]; grüngrau, mittelgrau, hellgrüngrau, ug. blaugrün; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
411,00	1,00	[Kernverlust]	
412,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach sandig]; grüngrau, dunkelbraungrau, mittelgrau, hellgrüngrau, ug. blaugrün; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
414,00	2,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, schwach sandig] (ve. Braunkohle); stahlgrau, grünlich-grau bis grünlich-dunkelgrau, ug. hellgrüngrau, mittelblaugrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
415,00	1,00	carbonatführender Schluffsand [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schluffig] (Quarzsand); bräunlich-mittelgrau; carbonatarm; vorherrschend eckig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
417,00	2,00	carbonatführender Tonschluff [Schluff, tonig, schwach quarzfeinsandig]; grünlich-mittelgrau, ve. dunkelgrau, grünlich-dunkelgrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
418,00	1,00	carbonatführender Sandschluff [Schluff, feinsandig, schwach tonig]; blaugrau, grüngrau, ve. dunkelbraun; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
420,00	2,00	Sandstein (Quarz- und Kalksand, schwach carbonatisch gebunden, teils schluffige Lagen); carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe	toluCG
422,00	2,00	carbonatführender Sandschluff [Schluffsa, feinsandig, schwach tonig] (dunkelgrüngraue Mergeltonlagen); hellgrüngrau, hellgrünbraun, hellgrau, ve. dunkelgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
425,00	3,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, schwach feinsandig]; hellgrüngrau, hellgrau, grüngrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
426,00	1,00	[Kernverlust]	
428,00	2,00	carbonatführender Schluffsand [Quarzfeinsand, stark schluffig] (ve. grau-grüne Mergeltonlagen); hellgrüngrau, grüngrau, hellgrau, mittelgrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
429,00	1,00	carbonatführender Tonschluff [Schluff, tonig, schwach feinsandig]; hellgrüngrau, grüngrau, hellgrau, mittelgrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
430,00	1,00	carbonatführender Tonschluff [Schluff, tonig, schwach feinsandig]; hellgrüngrau, hellgrau, ug. grüngrau; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
431,00	1,00	carbonatführender Tonschluff [Schluff, tonig, schwach feinsandig] (ve. tonigere Lagen); hellgrünbraun; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
432,00	1,00	carbonatführender Schluffton [Ton, stark schluffig]; grauoliv, ve. hellgrau, dunkelgrau, grauoliv; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
434,00	2,00	carbonatführender Schluffton [Ton, stark schluffig, schwach quarzfeinsandig]; grauoliv, braunrote Flecken, ve. hellgrau, dunkelgrau, grauoliv; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
435,00	1,00	carbonatführender Schluffsand [Quarzfeinsand, schluffig, schwach tonig] (tonige Lage); hellgrau, grauoliv, dunkelbraun; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
436,00	1,00	carbonatführender Sandschluff [Schluff, stark quarzfeinsandig, schwach tonig] (glimmerhaltig (fein), ve. hellbraune Limonitkonkretionen, ve. tonigere Lagen); grüngrau, blauoliv, ve. hellgrau, weiß, rotbraun gefleckt; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
439,00	3,00	Schluffsand [Quarzfeinsand, schluffig, sehr schwach tonig] (glimmerhaltig (fein), ve. hellbraune Limonitkonkretionen, ve. tonigere Lagen); grüngrau, blauoliv, ve. hellgrau, weiß, rotbraun gefleckt; carbonatfrei Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
440,00	1,00	Carbonatschluffsand [Quarzfeinsand, stark schluffig, sehr schwach tonig] (glimmerhaltig (fein), ve. hellbraune Limonitkonkretionen, ve. tonigere Lagen); grüngrau, blaugrau, ve. hellgrau, weiß, rotbraun gefleckt; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
441,00	1,00	[Kernverlust]	
442,00	1,00	Mergel [Schluff, quarzfeinsandig, schwach kalkfeinsandig, sehr schwach tonig] (ve. dunkelbrauner Mergelton, braune Limonitkonkretionen, schwach glimmerhaltig (fein)); grüngrau, ug. graugrün; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
445,00	3,00	Mergel [Schluff, schwach tonig, schwach quarzfeinsandig] (schwach glimmerhaltig (fein)); grünlich-mittelgrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
446,00	1,00	Mergel [Schluff, tonig, quarzfeinsandig] (glimmerhaltig (fein)); grünlich-mittelgrau bis grünlich-dunkelgrau, ve. hellgrüngrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
457,00	11,00	Mergel [Schluff, tonig, quarzfeinsandig] (glimmerhaltig (fein), ve. mürber Quarzfeinsandstein, grüner und blaugrün Mergelton); grüngrau, mittelgrau, graugrün, ug. hellgrau, hellgrüngrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
458,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, quarzfeinsandig]; grün, blaugrün, graugrün; kalkhaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
459,00	1,00	Mergel [Schluff, tonig, quarzfeinsandig] (glimmerhaltig (fein), ve. mürber Quarzfeinsandstein, grüner und blaugrün Mergelton); grüngrau, mittelgrau, graugrün, ug. hellgrau, hellgrüngrau; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
462,00	3,00	Mergelton [Ton, Schluff] (mit Schluffmergel wechsellagernd); hellgrüngrau, hellgraugrün, hellgrau, blaugrau, grüngrau, helloliv; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
466,00	4,00	Mergelton [Ton, schluffig bis stark schluffig]; helloliv, ve. mittelgrau, braunrot, kohlig schwarz; carbonatarm; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
467,00	1,00	Mergel [Schluff, stark tonig]; bläulich-mittelgrau, olivgrau, ug. grünlich-hellbraun; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
470,00	3,00	Mergelton [Ton, Schluff]; grauoliv, bläulich-mittelgrau, grünlich-braun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
474,00	4,00	Mergel [Schluff, feinsandig, schwach tonig] (glimmerhaltig (fein), mit Mergelton wechsellagernd); grüngrau, ve. grünbraun; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
477,00	3,00	Mergel [Schluff, schwach feinsandig, tonig] (leicht glimmerhaltig (fein), mit Mergelton wechsellagernd); grüngrau, ve. grünbraun; carbonatreich Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
479,00	2,00	Mergelton [Ton, Schluff, schwach feinsandig]; grüngrau, grünbraun, bläulich-hellgrau, hellgraubraun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
480,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, stark feinsandig, schwach tonig]; grüngrau, grünbraun, bläulich-hellgrau, hellgraubraun, ve. hellgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
482,00	2,00	Schluffmergel [Schluff, stark quarzsandig, schwach tonig] (glimmerhaltig (fein), pyritartig, ve. tonigere Lagen); hellgrau, bläulich-mittelgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
483,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, feinsandig, tonig] (glimmerhaltig (fein), pyritartig, ve. tonigere Lagen); hellgrau, bläulich-mittelgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
485,00	2,00	Mergelton [Ton, stark schluffig]; mittelgrau, grüngrau angelaufen, grünbraun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
486,00	1,00	[Kernverlust]	
501,00	15,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, sehr schwach feinsandig] (schwach glimmerhaltig (fein)); mittelgrau, hellgrau, ug. dunkelgrau, braun, ve. bläulich-mittelgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
503,00	2,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, schwach feinsandig] (glimmerhaltig (fein)); stahlgrau, mittelgrau; c2 Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
507,00	4,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, sehr schwach feinsandig] (Kalksteinbank im Bereich von 505 bis 506 m); mittelgrau, hellgrau, ug. dunkelgrau, braun, ve. bläulich-mittelgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
508,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig]; mittelgrau, ug. hellgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
509,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig]; mittelgrau, olivgrau, dunkelgrau, dunkelbraungrau bis schwarz, bläulich-hellgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
511,00	2,00	Mergelton [Ton, stark schluffig] (dünne Braunkohlelagen); bläulich-hellgrau bis bläulich-mittelgrau, stahlgrau, ug. dunkelbraungrau bis schwarz (Braunkohle); carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
512,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig] (viel Braunkohle; Schluffmergellagen); bläulich-hellgrau bis bläulich-mittelgrau, stahlgrau, ug. dunkelbraungrau bis schwarz (Braunkohle); carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
516,00	4,00	Mergelton [Ton, Schluff, schwach feinsandig] (ve. dunkelgraubraune bituminöse Mergeltonlagen sowie Braunkohle); hellgrau, mittelgrau ug. bläulich hellgrau bis bläulich-mittelgrau, ve. hellgrün, blaugrün; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
521,00	5,00	Mergel [Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig] (ve. dunkelbraune organogene Lagen); mittelgrau, ug. hellgrau, bläulich-hellgrau ve. graugrün; carbonatreich; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: häufig vorkommend	toluCG
522,00	1,00	Mergel [Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig] (ve. dunkelbraune organogene Lagen); mittelgrau, ug. hellgrau, bläulich-hellgrau ve. graugrün; carbonatreich; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: ungleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: u.a. "Cerithien"; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: mehrfach vorkommend	toluCG

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
524,00	2,00	Schluffmergel [Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig] (viele dunkelbraungraue bis schwarze organogene Lagen, zersetzte Braunkohle); bläulich-hellgrau, grüngrau, hellgrau, mittelgrau, grünblau, ve. grün, braungrün; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: u.a. "Cerithien"; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: mehrfach vorkommend	toluCG
525,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig bis stark tonig, sehr schwach feinsandig] (vereinzelte Braunkohle); mittelgrau, dunkelgrau, grünlich-mittelgrau, hellgrüngrau, ve. hellgrün, grünbraun; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) Fossil; Fossilgruppe: Weichtiere; Gattungs- u./od. Artname des Fossils: u.a. "Cerithien"; Fossilzustand: Fragmente; Häufigkeit des Fossils: mehrfach vorkommend	toluCG
528,00	3,00	Schluffmergel [Schluff, tonig bis stark tonig, sehr schwach feinsandig] (dunkelgraubraune organische Lagen, Braunkohle); mittelgrau, hellgrau, olivgrau, ug. grüngrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
530,00	2,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig] (dunkelgraubraune organogene Lagen, schwach glimmerhaltig (fein)); mittelgrau, hellgrau, dunkelgrau, olivgrau, ug. bläulich-mittelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
531,00	1,00	[Kernverlust]	
532,00	1,00	Braunkohle; schwarz; carbonatfrei Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
533,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig] (dunkelgraubraune organogene Lagen, schwach glimmerhaltig (fein)); mittelgrau, hellgrau, dunkelgrau, olivgrau, ug. bläulich-mittelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
534,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig] (schwach glimmerhaltig (fein)); mittelgrau, ug. hellgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
535,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig] (schwach glimmerhaltig (fein), dunkelgraubraune organogene Lagen); mittelgrau, grauoliv ug. hellgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
536,00	1,00	Braunkohle (mit hellgrauem und blaugrünem Mergelton, schwach glimmerhaltig (fein)); schwarz; carbonatarm Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
537,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, sehr schwach feinsandig] (ve. dunkelbraune organogene Lagen); mittelgrau, hellgrau, grünlich-hellgrau, olivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
538,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach feinsandig] (ug. Braunkohlestücke und dunkelbraune organogene Lagen); mittelgrau, ug. hellgrau, ve. grünlich-hellgrau, bläulich-hellgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
539,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach feinsandig] (ve. dunkelbraune organogene Lagen); mittelgrau, ug. hellgrau, ve. grünlich-hellgrau, bläulich-hellgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
551,00	12,00	Schluffmergel [Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach feinsandig] (Glimmergehalt (fein) nimmt zur Basis hin ab); mittelgrau, ug. hellgrau, ve. grünlich-hellgrau, bläulich-hellgrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
566,00	15,00	Schluffmergel [Schluff, tonig bis stark tonig, schwach feinsandig] (kaum glimmerhaltig (fein), ve. Braunkohlelagen im Topbereich, zur Basis hin toniger); mittelgrau, ug. hellgrau, grünlich-hellgrau, ve. grüngrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
570,00	4,00	Mergelton [Ton, schluffig] (eingeschaltete, giftgrüne carbonatführende Tonschluffe bei 568-570 m, ve. grüngraue Mergel); mittelgrau bis dunkelgrau, ve. blaugrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
573,00	3,00	Mergelton [Ton, stark schluffig] (viel Dolomitsteinbruch, ve. rostbraune Limonit-Siderit?-Konkretionen bei 570-571 m); mittelgrau bis dunkelgrau, ve. blaugrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
585,00	12,00	Mergelton [Ton, schluffig, sehr schwach feinsandig] (sehr wenig Dolomitsteinbruch und kohlige Pflanzenreste, nicht glimmerhaltig); mittelgrau bis dunkelgrau, ve. grünblaugrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
587,00	2,00	Mergelton [Ton, schluffig, sehr schwach feinsandig] (sehr ve. Dolomitsteinbruch und kohlige Pflanzenreste, nicht glimmerhaltig); grünlich-mittelgrau bis grünlich-dunkelgrau, ve. grünblaugrau; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
591,00	4,00	Mergelton [Ton, schluffig] (Mergel-Lagen); mittelgrau, grünlich-mittelgrau, ve. graugrün, graubraun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
592,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig] (viel olivgrauer bis olivdunkelgrauer Dolomitsteinbruch; Mergel-Lagen); mittelgrau, grünlich-mittelgrau, ve. graugrün, graubraun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
596,00	4,00	Schluffmergel [Schluff, tonig] (Mergel-Lagen); mittelgrau, grünlich-mittelgrau, ve. graugrün, graubraun; carbonathaltig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
599,00	3,00	Schluffmergel [Schluff, stark tonig] (Mergel-Lagen); mittegrau bis dunkelgrau, olivstichig; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
600,00	1,00	[Kernverlust]	
602,00	2,00	Schluffmergel [Schluff, tonig] (Mergel-Lagen, Mergelton-Lagen); mittelgrau, dunkelgrau, olivstichig; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
606,00	4,00	Schluffmergel [Schluff, tonig] (Mergel-Lagen, Mergelton-Lagen, ve. Hellglimmer (mehrere mm Kantenlänge)); mittelgrau, dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Cyrenenmergel-Gruppe; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluCG
609,00	3,00	Mergelton [Ton, schluffig] (bei 607-608 m ve. Hellglimmer (mehrere mm Kantenlänge)); olivdunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rosenberg-Subformation (Oberer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluRo
610,00	1,00	[Kernverlust]	

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
613,00	3,00	Mergelton [Ton, schluffig] (ve. große Hellglimmer); olivdunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rosenberg-Subformation (Oberer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluRo
637,00	24,00	Mergelton [Ton, schluffig]; olivgrau, grauoliv; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rosenberg-Subformation (Oberer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluRo
640,00	3,00	Mergelton [Ton, schluffig] (stellenweise schwarze, stark bituminöse Lagen); olivgrau, grauoliv; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rosenberg-Subformation (Oberer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluRo
641,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig]; olivgrau, grauoliv; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Rosenberg-Subformation (Oberer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluRo
643,00	2,00	carbonatführender Ton [Ton, schwach schluffig]; dunkelbraun/schokoladenbraun, dunkelgraubraun, dunkelolivbraun; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Hochberg-Subformation (Fischschiefer, Mittlerer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluH
645,00	2,00	carbonatführender Ton [Ton, schwach schluffig] (ve. dünne mittelgraue bis hellblaugraue Schlufflagen); dunkelbraun/schokoladenbraun, dunkelgraubraun, dunkelolivbraun; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Hochberg-Subformation (Fischschiefer, Mittlerer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluH
650,00	5,00	carbonatführender Ton [Ton, schwach schluffig, schwach feinsandig]; dunkelbraun/schokoladenbraun, dunkelgraubraun, dunkelolivbraun; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Hochberg-Subformation (Fischschiefer, Mittlerer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluH
659,00	9,00	carbonatführender Ton [Ton, schwach schluffig, schwach feinsandig]; dunkelbraun/schokoladenbraun, dunkelgraubraun, dunkelolivbraun; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Hochberg-Subformation (Fischschiefer, Mittlerer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluH

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
662,00	3,00	carbonatführender Ton; grauoliv, olivgrau, dunkelbraungrau, dunkelgrauoliv; carbonatarm; Anteil org. Substanz: mittel; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Hochberg-Subformation (Fischschiefer, Mittlerer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluH
673,00	11,00	carbonatführender Ton (mergelige Lamellen bei 672-673); grauoliv, olivgrau, dunkelbraungrau, dunkelgrauoliv, ve. mittelgrau bis dunkelgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering Hochberg-Subformation (Fischschiefer, Mittlerer Rupelton)	toluH
695,00	22,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, sehr schwach feinsandig] (bei 688-689 vereinzelt kohlige Schmitzen); dunkelgrauoliv bis dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering Hochberg-Subformation (Fischschiefer, Mittlerer Rupelton); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluH
696,00	1,00	Mergelton [Ton, stark schluffig, sehr schwach feinsandig] (ve. hellgraue Lamellen); dunkelgrauoliv bis dunkelolivgrau; carbonathaltig; Anteil org. Substanz: gering Wallau-Subformation (Foraminiferen-Mergel, Unterer Rupelton, Meereskalk); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluW
719,00	23,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach feinsandig]; olivgrau; carbonathaltig Wallau-Subformation (Foraminiferen-Mergel, Unterer Rupelton, Meereskalk); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluW
720,00	1,00	Schluffmergel [Schluff, tonig, feinsandig] (Glaukonitfeinsand); grüngrau; carbonathaltig Wallau-Subformation (Foraminiferen-Mergel, Unterer Rupelton, Meereskalk); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluW
727,00	7,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach feinsandig]; olivgrau; carbonathaltig Wallau-Subformation (Foraminiferen-Mergel, Unterer Rupelton, Meereskalk); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluW
728,00	1,00	Mergelton [Ton, schluffig, schwach feinsandig]; mittelgrau, dunkelgrau, olivstichig; carbonatreich; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: gleichmäßig Wallau-Subformation (Foraminiferen-Mergel, Unterer Rupelton, Meereskalk); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluW
730,00	2,00	carbonatführender Sandschluff [Schluff, feinsandig, tonig]; olivgrau; carbonathaltig Alzey-Formation (Meeressand); Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluA
733,00	3,00	Schluffsand [Feinsand, schluffig, schwach tonig] (Quarzsand); schwach carbonathaltig durch Bohrspülung/Nachfall; hellgrau bis mittelgrau; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
735,00	2,00	Schluffsand [Mittelsand, feinsandig, schluffig, tonig] (Quarzsand); schwach carbonathaltig durch Bohrspülung/Nachfall; hellgrau bis mittelgrau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal; eckig bis mässig gerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
749,00	14,00	Schluffsand [Feinsand, mittelsandig, schluffig schwach tonig] (Quarzsand, kleine Braunkohleflitter); mittelgrau; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
750,00	1,00	Tonschluff [Schluff, tonig, quarzsandig]; braunrot, orange, hellgrün, hellgrau, braun; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
752,00	2,00	Tonschluff [Schluff, tonig bis stark tonig, quarzsandig]; braunrot, orange, hellgrün, hellgrau, braun; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
756,00	4,00	Schluffsand [Sand, stark schluffig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; eingeschaltete Tonschluffe; ve. Braunkohleflitter); hellgrau; Tonschluffe: rotgrau, hellgrau bis weiß, dunkelgraugrün, ve. violett; carbonatfrei; eckig bis mässig gerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
757,00	1,00	Schluffsand [Sand, stark schluffig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; eingeschaltete Tonschluffe; ve. Braunkohleflitter); hellgrau; Tonschluffe: rotgrau, grüngelb, hellgrau bis weiß, dunkelgraugrün, ve. violett; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal; eckig bis mässig gerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
758,00	1,00	Schluffsand [Feinsand, schwach mittelsandig, schluffig, sehr schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; ug. eingeschaltete Tonschluffe; ve. Braunkohleflitter); hellgrau; Tonschluffe: rotgrau, grüngelb, hellgrau bis weiß, dunkelgraugrün, ve. violett; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal; eckig bis mässig gerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
759,00	1,00	Schluffsand [Sand, stark schluffig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; eingeschaltete Tonschluffe; ve. Braunkohleflitter); hellgrau; Tonschluffe: rotgrau, grüngelb, hellgrau bis weiß, dunkelgraugrün, ve. violett; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: sehr gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal; eckig bis mässig gerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
761,00	2,00	Schluffsand [Feinsand, schwach mittelsandig, schluffig, sehr schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; ve. Tonschluffe); hellgrau bis mittelgrau; Tonschluffe: Tonschluffe: rotgrau, grüngelb, hellgrau bis weiß, dunkelgraugrün, ve. violett; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
764,00	3,00	Schluffsand [Grobsand, mittelsandig, schluffig, schwach feinsandig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; Gesteinsbruchstücke (Grobsand), ve. Tonschluffe, ve. Braunkohleflitter); schluffige Matrix: hellgrau bis mittelgrau; Tonschluffe: hellgelb, hellgrau, ve. grüngrau, rot; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
768,00	4,00	Schluffsand [Feinsand, mittelsandig, schluffig, schwach grobsandig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix); hellgrau bis mittelgrau; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
770,00	2,00	Schluffsand [Feinsand, mittelsandig, schluffig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix); hellgrau bis mittelgrau; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
771,00	1,00	Schluffsand [Feinsand, stark schluffig, mittelsandig, schwach tonig, sehr schwach grobsandig] (Quarzsand in schluffiger Matrix); hellgrau bis mittelgrau; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
772,00	1,00	Schluffsand [Feinsand, mittelsandig, schluffig, schwach tonig, schwach grobsandig] (Quarzsand in schluffiger Matrix); hellgrau bis mittelgrau; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
773,00	1,00	Schluffsand [Feinsand, stark mittelsandig, schluffig, schwach grobsandig bis grobsandig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix); hellgrau bis mittelgrau; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
774,00	1,00	Schluffsand [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schluffig, schwach tonig, sehr schwach feinkiesig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; ve. Tonschluffe); hellgrau bis mittelgrau; Tonschluffe: gelb, rot; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
775,00	1,00	Schluffsand [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schluffig, schwach tonig, sehr schwach feinkiesig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; eingeschaltete Tonschluffe); hellgrau bis mittelgrau; Tonschluffe: gelb, rot; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
776,00	1,00	Schluffsand [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schluffig, schwach tonig, sehr schwach feinkiesig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; ve. Tonschluffe); hellgrau bis mittelgrau; Tonschluffe: gelb, rot; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
777,00	1,00	Schluffsand [Mittelsand, feinsandig, schluffig, schwach grobsandig, schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix, ve. Tonschluffe); hellgrau bis mittelgrau; Tonschluffe: grüngrau mit dunkelgrauen Flecken, lilagrau mit dunkellila Äderchen; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
779,00	2,00	Schluffsand [Grobsand, feinsandig, mittelsandig, schwach schluffig, schwach feinkiesig, sehr schwach tonig] (Quarzsand in schluffiger Matrix; ve. Tonschluffe); hellgrau bis mittelgrau; Tonschluffe: hellgrüngrau-rot-marmoriert, grüngelb, gelb; carbonatfrei; eckig bis kantengerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
781,00	2,00	Kiessand [Grobsand, feinkiesig, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig] (Quarz und Gesteinsbruchstücke); weiß bis hellgrau (Sand), mittelgrau (Gesteinsbruchstücke und Matrix); carbonatfrei; eckig bis kantengerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
782,00	1,00	Kiessand [Grobsand, feinkiesig, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig] (Quarz und Gesteinsbruchstücke; ve. Schlufftone); Sand: weiß bis hellgrau; Gesteinsbruchstücke und Matrix: mittelgrau; Tonschluffe: orangerot-gelb-marmoriert; carbonatfrei; eckig bis kantengerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
784,00	2,00	Kiessand [Grobsand, feinkiesig, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig] (Quarz und Gesteinsbruchstücke; ve. Schlufftone); Sand: weiß bis hellgrau; Gesteinsbruchstücke und Matrix: mittelgrau; Tonschluffe: orangerot-gelb-marmoriert, helllila; carbonatfrei; eckig bis kantengerundet; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
786,00	2,00	Sand [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schwach schluffig] (v.a. Milchquarz); weiß bis mittelgrau; carbonatfrei Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
790,00	4,00	Sand [Grobsand, mittelsandig, feinsandig, schwach feinkiesig] (v.a. Milchquarz); weiß bis hellgrau; carbonatfrei; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	toluPSo
791,00	1,00	Sand [Grobsand, mittelsandig, feinsandig, schwach feinkiesig] (v.a. Milchquarz, ug. Tonschluffe und Mergel); Sand: weiß bis hellgrau; Tonschluffe: gelb, rot, hellgrüngrau, grüngelb; Mergel: grüngrau; carbonatfrei; vorherrschend eckig Obere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	toluPSo
794,00	3,00	Tonschluff [Schluff, tonig] (häufig eingeschaltete Schwarzpelite (feinstgeschichtet) und Mergel; wenig Quarzsand (eventuell Nachfall)); schwach verfestigt; Tonschluffe: gelb, rot, hellgrüngrau, grüngelb; Mergel: grüngrau; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
796,00	2,00	Tonschluff [Schluff, tonig] (ug. Mergel; wenig Quarzsand (eventuell Nachfall)); schwach verfestigt; Tonschluffe: gelb, orange, hellgrüngrau; Mergel: grüngrau; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm
798,00	2,00	Tonschluff [Schluff, tonig] (ug. Mergel, ug. Schwarzpelite, wenig Quarzsand (eventuell Nachfall)); schwach verfestigt; Tonschluffe: mittelgrau, gelb, ug. rotorange, hellgrüngrau mit roten Äderchen, ve. hellrot mit roten Äderchen, rot-gelb-marmoriert; Mergel: grüngrau; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm
800,00	2,00	Tonschluff [Schluff, tonig] (ca. 20-40 % Schwarzpelite, ug. Mergel, wenig Quarzsand (eventuell Nachfall)); schwach verfestigt; Tonschluffe: mittelgrau, gelb, ug. rotorange, hellgrüngrau mit roten Äderchen, ve. hellrot mit roten Äderchen, rot-gelb-marmoriert; Mergel: grüngrau; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm
802,00	2,00	Tonschluff [Schluff, tonig, schwach sandig] (Schwarzpelite (10-20 %), Mergel (10 %), Quarzsand: Milchquarze bis Grobsand); schwach verfestigt; Tonschluffe: hellgrau bis mittelgrau, rot-grüngrün-marmoriert, hellgrau-rot-marmoriert, grüngrau; Mergel: grün, grünlich-grau, grau, orangerot; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm
805,00	3,00	Tonschluff [Schluff, tonig, schwach sandig] (Schwarzpelite (10-20 %), Mergel (20 %), Quarzsand: Milchquarze bis Grobsand); schwach verfestigt; Tonschluffe: hellgrau bis mittelgrau, rot-grüngrün-marmoriert, hellgrau-rot-marmoriert, grüngrau; Mergel: (grau-)grün, grünlich-grau, grau, orangerot; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm; Anteil org. Substanz: hoch; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm
806,00	1,00	Sand [Feinsand, stark mittelsandig, schwach grobsandig] (Quarzsand; Mergel (10-20 %), Tonschluffe (10-20 %), Schwarzpelite (10-20 %)); Tonschluffe: hellgrau bis mittelgrau, rot-grüngrün-marmoriert, hellgrau-rot-marmoriert, grüngrau; Mergel: (grau-)grün, grünlich-grau, grau, orangerot; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm
807,00	1,00	Tonschluff [Schluff, tonig] (Mergel (20 %), Schwarzpelite (10 %), wenig Quarzsand, ve. rote kalkig gebundene Quarz-Feinsandsteine); schwach verfestigt; Tonschluffe: hellgrau bis mittelgrau, rot-grüngrün-marmoriert, hellgrau-rot-marmoriert, grüngrau; Mergel: (grau-)grün, grünlich-grau, grau, orangerot; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm Mittlere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän) (unsicher)	toluPSm

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
808,00	1,00	Sand (Quarzsand, Mergel (15-20 %), Tonschluffe (15-20 %), Schwarzpelite (10 %)); Tonschluffe: hellgrau bis mittelgrau, rot-grüngelb-marmoriert, hellgrau-rot-marmoriert, grüngrau; Mergel: (grau-)grün, grünlich-grau, graugelb, orangerot, ve. blau; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
813,00	5,00	Sand [Feinsand, mittelsandig] (Quarzsand, ug. Tonschluffe, Schwarzpelite, ve. Mergel); Tonschluffe: hellgrau bis mittelgrau, rot-grüngelb-marmoriert, hellgrau-rot-marmoriert, grüngrau; Mergel: (grau-)grün, grünlich-grau, graugelb, orangerot, ve. blau; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
814,00	1,00	Sand [Feinsand, mittelsandig] (Quarzsand, ug. (10-15 %) Tonschluffe, Schwarzpelite, ve. Mergel); Tonschluffe: hellgrau bis mittelgrau, rot-grüngelb-marmoriert, hellgrau-rot-marmoriert, grüngrau; Mergel: (grau-)grün, grünlich-grau, graugelb, orangerot, ve. blau; Schwarzpelite: kohlschwarz mit feinst verteiltem, goldenen Pyritstaub; carbonatfrei; Anteil org. Substanz: gering; Verteilung org. Substanz: vereinzelt/lokal Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
817,00	3,00	Sand [Feinsand, stark mittelsandig] (Quarzsand); farblos/hellgrau; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
824,00	7,00	Sand [Mittelsand, stark feinsandig]; farblos, hellgrau; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
826,00	2,00	Sand [Mittelsand, stark feinsandig] (Kiese: Milchquarz; viel Tonschluff, vereinzelt Schwarzpelite); Tonschluffe: mittelgrau, rot-gelb-marmoriert, orange, beige, gelb, graugelb; Schwarzpelite: schwarz; carbonatfrei; eckig bis kantengerundet Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
828,00	2,00	Sand [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schwach feinkiesig] (Kiese: Milchquarz; viel Tonschluff (ca. 40-50 %), vereinzelt Schwarzpelite); Tonschluffe: mittelgrau, rot-gelb-marmoriert, orange, beige, gelb, graugelb; Schwarzpelite: schwarz; carbonatfrei; eckig bis kantengerundet Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
829,00	1,00	Tonschluff (kaum Quarzsand/kies); schwach verfestigt; rot, gelb, mittelgrau bis dunkelgrau, hellgrau bis weiß; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
830,00	1,00	Tonschluff (sehr viel (knapp 50%) Quarzsand); schwach verfestigt; rot, gelb, mittelgrau bis dunkelgrau, hellgrau bis weiß; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
831,00	1,00	[Kernverlust]	
838,50	7,50	Tonschluff (quarzsandig, vereinzelt Schwarzpelit); schwach verfestigt; hellgrüngrau, mittelgrau bis dunkelgrau, gelb, helllila, dunkelpurpur, orangerot, ve. hellgrau, grün; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
838,70	0,20	Schluffsand [Mittelsand, feinsandig, schluffig, schwach grobsandig] (Quarzsand, Feldspäte, Gesteinsbruch); Matrix graubraun, Sand weiß bis hellgrau; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
839,50	0,80	Tonstein [Ton, schluffig] (intensiv bioturbirt (v.a. senkrechte, meist wenige Zentimeter lange, 4-5 mm breite Grabgänge), zerrüttet, bröckelig, Bodenbildungserscheinungen); dunkelbraunrot bis purpurrot; grünlich-hellgrau und gelblich-hellgrau marmoriert; Rottöne nehmen zur Basis hin ab; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
840,00	0,50	Tonstein (intensiv bioturbirt (v.a. senkrechte, meist wenige Zentimeter lange, 4-5 mm breite Grabgänge), zerrüttet, bröckelig, Bodenbildungserscheinungen); (hell-)braunrot, purpurrot; grünlich-hellgrau und gelblich-hellgrau marmoriert; Rottöne seltener und meist in Grabgängen; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
842,40	2,40	Tonstein [Ton, schluffig, sehr schwach fein- bis grobsandig] (vereinzelte Grabgänge, flache einfallende Störungen mit Harnischflächen bei 841,10 m (ca. 40°), 81,45 m (ca. 10°)); rötlich-mittelgrau, mittelgrau, gelblich-hellgraubraun, grünlich-hellgrau, braun, Grabgänge: braunrot, dunkellilarot, purpurrot; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
844,40	2,00	Tonstein [Ton, schluffig, sehr schwach fein- bis grobsandig] (große, senkrechte Grabgänge (wenige cm Durchmesser), flache einfallende Störungen mit Harnischflächen bei 841,10 m (ca. 40°), 81,45 m (ca. 10°)); rötlich-mittelgrau, mittelgrau, gelblich-hellgraubraun, grünlich-hellgrau, braun, Grabgänge: dunkelrot; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
844,45	0,05	Tonstein [Ton, schluffig, sandig]; hellgrüngrau; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
844,50	0,05	Sandstein [Mittelsand, feinsandig, grobsandig] (Quarzsand); hellgrau; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
844,80	0,30	[Kernverlust]	

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
845,50	0,70	Siltit (Carbonatschluffstein) [Ton, Schluff] (mürbe); gelbgrau, (hell-)lilagrau marmoriert; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Frühes Oligozän (Unteroligozän)	teo/toluPSu
845,70	0,20	Grobsandstein [Grobsand, feinkiesig, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig] (Quarzsand); grünlich-hellgrau; carbonatarm; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
845,95	0,25	Sandstein [Grobsand, mittelsandig, feinsandig, schluffig] (Quarzsand, locker (vermutlich zerbohrt)); grünlich-hellgrau; carbonatarm; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
846,25	0,30	Grobsandstein [Grobsand, stark feinkiesig, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig] (Quarzsand, schwach verfestigt); grünlich-hellgrau; carbonatarm; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
846,35	0,10	Feinkies-Konglomerat [Feinkies] (Milchquarz); hellgrau bis weiß; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
846,65	0,30	Feinsandstein [Feinsand, mittelsandig, grobsandig, schluffig, schwach feinkiesig] (schwach verfestigt); grünlich-hellgrau; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
846,80	0,15	Feinsandstein [Feinsand, stark schluffig] (Quarzsand, schwach verfestigt, mürbe); grünlich-hellgrau; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
847,00	0,20	Siltit (Carbonatschluffstein) [Schluff, feinsandig] (mürbe); grünlich-hellgrau, ve. hellbraune Limonitflecken, rote Äderchen; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
847,65	0,65	Grobsandstein [Grobsand, stark feinkiesig, mittelsandig, schwach schluffig, schwach feinsandig] (Quarzsand); hellgrüngrau, hellbraune und lila Flecken (mehrere cm Durchmesser); carbonatarm; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
847,85	0,20	Siltit (Carbonatschluffstein) [Schluff, Ton, schwach sandig]; grünlich-hellgrau, hellgraubraun, dunkelrote Äderchen (wenige mm breit); carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
848,60	0,75	Brekzie [Feinkies, mittelkiesig, grobsandig, mittelsandig, schwach feinsandig]; hellgrau bis grünlich-hellgrau, ve. limonitische Flecken; carbonatarm; Gefüge: coarsening-upward Sequenz; kantengerundet bis eckig; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
848,62	0,02	Feinsandstein [Feinsand] (Quarzsand); hellgrau bis grünlich-hellgrau; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
848,80	0,18	Brekzie [Feinkies, mittelkiesig, grobsandig, mittelsandig, schwach feinsandig]; hellgrau bis grünlich-hellgrau, ve. limonitische Flecken; carbonatarm; Gefüge: coarsening-upward Sequenz; kantengerundet bis eckig; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
848,95	0,15	Feinsandstein [Feinsand, schwach schluffig bis schluffig] (mürbe); hellgrau bis grünlich-hellgrau, ve. limonitische Flecken; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
849,00	0,05	Feinsandstein [Grobsand, stark mittelsandig, feinsandig, schwach schluffig]; hellgrau bis grünlich-hellgrau; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
849,15	0,15	Feinsandstein [Feinsand, schwach schluffig bis schluffig]; hellgrau bis grünlich-hellgrau; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
849,30	0,15	carbonatführender Tonschluff [Schluff, tonig bis stark tonig] (locker, manche Bereiche etwas verfestigt (vermutlich stärker dolomitisiert?)); dunkellila, dunkellrot, grünlich-hellgrau marmoriert; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
850,20	0,90	Siltit (Carbonatschluffstein) [Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig] (Sandgehalt nimmt zur Basis hin zu); hellbraun bis braun, hellgrau an verheilten Rissen, ug. graurot; carbonatarm; Gefüge: Störung, Harnisch, fining-upward Sequenz (flache Störungen bei 849,40 und 849,60 und 849,95 m) Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
850,50	0,30	Sandstein [Sand, stark schluffig, schwach tonig] (fest); hellbraun bis braun; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
851,80	1,30	Brekzie [Feinkies, stark mittelkiesig, grobsandig, schluffig, schwach tonig] (mürbe; Kiese: Milchquarze und Taunusquarzit, tonig-seidig glänzend); hellgrau, hellgraubraun, hellbraun, dunkellilarote Flecken (mehrere cm breit); carbonatarm; eckig bis mässig gerundet; vorherrschend kantengerundet Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
851,90	0,10	Sandstein [Sand, schluffig, schwach feinkiesig, schwach tonig]; hellgrau, hellgraubraun, hellbraun, dunkellilarote Flecken (mehrere cm breit); carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Untere Pechelbronn-Schichten	teo/toluPSu
852,20	0,30	Brekzie [Feinkies, stark mittelkiesig, grobsandig, schluffig, schwach tonigSand, schluffig, schwach feinkiesig, schwach tonig]; hellgrau, hellgraubraun, hellbraun; carbonatarm; eckig bis kantengerundet; vorherrschend mässig gerundet Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
853,50	1,30	Siltit (Carbonatschluffstein) [Schluff, stark tonig, schwach sandig, schwach grobsandig bei 853,20-853,30 m]; hellgrau bis grünlich-hellgrau, viele braunrote Äderchen (mehrere mm breit) in verheilten Rissen, hellbraune limonitische Höfe; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
856,60	3,10	Siltit (Carbonatschluffstein) (sehr viele feine, verästelte, braune Gänge (Wurzeln?); oberste 10 cm relativ fest, darunter zur Basis hin sehr mürbe); hellgrau bis grünlich-hellgrau, mittelgrau; langgezogene, bis zu 5 cm breite, dunkelrote hämatitisierte Bereiche (Grabgänge?); carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
857,00	0,40	Schluff (Silt) -stein; grünlich-hellgrau, lilagrau, ve. lilarote "Gänge"; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
858,50	1,50	Tonstein; hellgrau bis grünlich-hellgrau; graulila, lilagrau, dunkelpurpur, dunkelrot fleckig-äderig geflammte, vertikale Störungszone; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
860,30	1,80	Tonstein [Ton, schluffig]; hellgrau bis grünlich-hellgrau, mittelgrau, über weite Bereiche grünlich-braun bis rostbraun limonitisiert; carbonatfrei; Gefüge: Störung, Harnisch (Störungen bei 859,20-589,35 m (steil, ca. 60-70° Einfallen) und bei 859,55-859,75 m und bei 860,14-860,20 m (flache Störung, ca. 30-40° Einfallen) Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
860,80	0,50	Tonstein [Ton, schluffig, schwach kalksandig, schwach kalkfeinkiesig]; grünlich-braun, rostbraun, grünlich-hellgrau, ug. rotgrau, lilagrau; Farben oft gangartig verlaufend; carbonatarm; Gefüge: Störung, Harnisch (mäßig steile bis steile Störungen bei 860,40 m, 860,50 m 860,80 m. Bei letzteren beiden dunkelblutrote Harnischflächen) Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän Konkretion (diag.): Erz (ungleichmäßig-rundlich, oft hohl); vermutlich Eisen-Mangan-Konkretionen; Durchmesser: minimal 0,20 cm bis maximal 0,80 cm; schwarz; carbonatfrei	teo/toluPSu
863,30	2,50	Tonstein [Ton, schluffig]; grünlich-braun, rostbraun, grünlich-hellgrau, ug. rotgrau, lilagrau; Farben oft gangartig verlaufend; carbonatarm; Gefüge: Störung, Harnisch (steile Störungen (ca. 60-70°) bei 862,55 m und 863,10 mit dunkelblutroten Harnischflächen) Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
866,70	3,40	Tonstein [Ton, schluffig]; grünlich-hellgrau, hellbraun, rötlich-mittelgrau; dunkelrot, dunkelpurpur, dunkellila geflammt/fleckig; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
870,20	3,50	Tonstein [Ton, schluffig] (mürbe); grünlich-hellgrau; dunkelrot, blutrot und dunkelgraurot grob geflammt und fein geädert (ca. 1 mm); carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
875,40	5,20	Tonstein [Ton, schluffig]; hellgrau (ca. 40 %), Rest: kräftig rot bis ziegelrot und lilarot geflammt, ve. dunkelgraue bis schwarze Flecken (wenige mm) in den roten Bereichen; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
876,35	0,95	Siltit (Carbonatschluffstein) [Schluff, tonig, feinsandig] (etwas mürbe); grünlich-hellgrau; dunkelpurpur, lilarot, dunkelrot geflammt und fein geädert; carbonatarm; Gefüge: fining-upward Sequenz Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
876,75	0,40	Feinsandstein [Feinsand, schluffig, schwach tonig] (etwas mürbe); hellgrau, purpurrot geflammt/gefleckt; carbonatarm Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
876,90	0,15	Grobsandstein [Grobsand, mittelsandig, feinsandig, schwach schluffig, schwach tonig]; hellgrau, purpurrot geflammt/gefleckt; carbonatarm; Gefüge: fining-upward Sequenz Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
877,40	0,50	Brekzie [Feinkies, grobsandig, mittelsandig, schwach mittelkiesig, schwach feinsandig] (Milchquarze); hellgrau, ve. rot verfärbt; carbonatfrei; Gefüge: fining-upward Sequenz; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
877,50	0,10	Brekzie [Mittelkies, stark feinkiesig, schwach grobsandig, schwach mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig, sehr schwach tonig] (Milchquarze); hellgrau, ve. rot verfärbt; carbonatfrei; Gefüge: fining-upward Sequenz; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
878,00	0,50	Sandstein [Sand, schluffig, sehr schwach feinkiesig] (Quarzsand); rotbraun; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
878,50	0,50	Grobsandstein [Grobsand, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach schluffig, schwach feinkiesig, schwach mittelkiesig, sehr schwach tonig] (Milchquarze, ve. Tonschlufflinsen); rotbraun; carbonatfrei; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
879,00	0,50	Mittelsandstein [Mittelsand, stark feinsandig, schwach grobsandig] (Quarzsand, mürbe); bräunlich-hellgrau; carbonatfrei Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
879,50	0,50	Mittelsandstein [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, feinkiesig, schwach schluffig] (Quarzsand); bräunlich-hellgrau bis bräunlich-mittelgrau, ug. rotgrau; carbonatfrei; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
879,95	0,45	Brekzie [Kies, sandig, schluffig, schwach tonig] (Milchquarze bis 4 cm Kantenlänge); hellgrau, ug. hellbraun; carbonatarm; eckig bis kantengerundet Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
880,20	0,25	kalkführender Mittelsandstein [Mittelsand, stark grobsandig, schwach feinsandig, schwach feinkiesig] (Quarzsand); hellbraungrau, beige hellgrau; kalkhaltig; eckig bis kantengerundet Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
880,50	0,30	kalkführender Grobsandstein [Grobsand, stark mittelsandig, schwach feinsandig, schwach feinkiesig, schwach mittelkiesig] (Quarzsand, alle Körner mit Calcitkristallen überzogen; Milchquarze an Basis max. 2 cm Kantenlänge); hellgrau, beige hellgrau; kalkhaltig; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu
886,00	5,50	kalkführender Mittelsandstein [Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schwach feinkiesig] (Quarzsand (Quarz, Milchquarz, Quarzit), Matrix vmtl. bunt marmorierter Tonschluff wie in gekernter Strecke); Bohrgut: Sand, schwach schluffig-tonig, braun-gelbbraun, untergeordnet Tonschluff-, Tonmergel- und Schwarzpelit-Cuttings (evtl. z. T. Nachfall); grau, ockergelb; Tonschluffe: rot-orange-gelb marmoriert, rot-weiß marmoriert, Tonmergel: grau, grüngrau; carbonatarm; Art der Verwitterung: entfestigt (allgemein); eckig bis gerundet; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän Konkretion (diag.); Eisenoxide, Pyrit: Volumenanteil sehr gering	teo/toluPSu
887,00	1,00	kalkführender Grobsandstein [Grobsand, mittelsandig, feinsandig, schwach feinkiesig] (Quarzsand wie vor); Bohrgut wie vor; grau, ockergelb; Tonschluffe: grüngrau, grauoliv; carbonatarm; Art der Verwitterung: entfestigt (allgemein); eckig bis gerundet; vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän Konkretion (diag.); Eisenoxide, Pyrit: Volumenanteil sehr gering	teo/toluPSu
888,00	1,00	kalkführender Mittelsandstein [Mittelsand, grobsandig, feinsandig] (Quarzsand wie vor); Bohrgut wie vor; grau, ockergelb; carbonatarm; Art der Verwitterung: entfestigt (allgemein); vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän	teo/toluPSu

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
890,00	2,00	kalkführender Grobsandstein [Grobsand, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach feinkiesig] (Quarzsand wie vor, Matrix vmtl. bunt marmorierter Tonschluff wie in gekernter Strecke); Bohrgut: Sand, schwach schluffig-tonig, hellrötlich braun, untergeordnet (10-20%) Tonschluff-Cuttings, sehr vereinzelt Schluffmergel- und Schwarzepelit-Cuttings (evtl. z. T. Nachfall); grau, Sandkörner oft gelb überzogen; Tonschluffe: violett-gelb marmoriert, gelb-orange marmoriert, gelb, rot; Schluffmergel: grau, grüngrau, rot; carbonatarm; Art der Verwitterung: entfestigt (allgemein); vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän Konkretion (diag.); Eisenoxide, Pyrit: Volumenanteil sehr gering nicht einzuordnende räumliche Ausprägung: Feinsandstein ["Schluff- bis Feinsandstein"] (mit kleinen schwarzen organischen Flittern, blaugrünen Körnern (Glaukonit) und hellen leistenförmigen Komponenten (Feldspat?)); Cuttings: Lagen oder Lithoklasten oder evtl. Nachfall?: Volumenanteil sehr gering; grau; carbonatfrei	teo/toluPSu
893,00	3,00	kalkiger Grobsandstein [Grobsand, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach feinkiesig] (Quarzsand wie vor, Matrix vmtl. bunt marmorierter Tonschluff wie in gekernter Strecke); Bohrgut: Sand, stark schluffig-tonig, dunkelrotbraun, untergeordnet Tonschluff-Cuttings, sehr vereinzelt Schluffmergel- und Schwarzepelit-Cuttings (evtl. z. T. Nachfall); grau, Sandkörner oft gelb überzogen; Tonschluffe: violett-gelb marmoriert, gelb-orange marmoriert, gelb, rot; Schluffmergel: grau, grüngrau, rot; carbonathaltig; Art der Verwitterung: entfestigt (allgemein); vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän Konkretion (diag.); Eisenoxide, Pyrit: Volumenanteil sehr gering nicht einzuordnende räumliche Ausprägung: Feinsandstein ["Schluff- bis Feinsandstein"] (mit kleinen schwarzen organischen Flittern, blaugrünen Körnern (Glaukonit) und hellen leistenförmigen Komponenten (Feldspat?)); Cuttings: Lagen oder Lithoklasten oder evtl. Nachfall?: carbonatfrei nicht einzuordnende räumliche Ausprägung: Schluff (Silt) -stein ["Schluff- bis Feinsandstein"] (ähnlich wie Schwarzepelit); Cuttings: Lagen oder evtl. Nachfall?: grau und schwarz; carbonatfrei; Gefüge: fein laminiert	teo/toluPSu
899,00	6,00	kalkiger Grobsandstein [Grobsand, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach feinkiesig] (Quarzsand wie vor, Matrix vmtl. bunt marmorierter Tonschluff wie in gekernter Strecke); Bohrgut: Sand, stark schluffig-tonig, hellrotbraun, untergeordnet Tonschluff-Cuttings, sehr vereinzelt Schluffmergel- und Schwarzepelit-Cuttings (evtl. z. T. Nachfall); grau, Sandkörner häufiger rötlich überzogen; Tonschluffe: rot-violettrot-weiß marmoriert/gesprenkelt; Schluffmergel: grau, grüngrau, rot; carbonathaltig; Art der Verwitterung: entfestigt (allgemein); vorherrschend eckig Untere Pechelbronn-Schichten; Chronostratigraphie: Spätes Eozän bis Frühes Oligozän Konkretion (diag.) (häufig in grauen Schluff- bis Feinsandsteinen); Pyrit: Volumenanteil gering nicht einzuordnende räumliche Ausprägung: Feinsandstein ["Schluff- bis Feinsandstein"] (mit kleinen schwarzen organischen Flittern, blaugrünen Körnern (Glaukonit) und hellen leistenförmigen Komponenten (Feldspat?)); Cuttings: Lagen oder Lithoklasten oder evtl. Nachfall?: grau; carbonatfrei	teo/toluPSu
900,00	1,00	unbestimmt; keine Probe gefunden; Carbonatgehalt nicht bestimmt unbestimmt (Grenze Tertiär / Rotliegend)	ub
902,25	2,25	unbestimmt; nur zwei "nicht repräsentative Proben: Zementsand" (aufgebohrte Zementierung); Carbonatgehalt nicht bestimmt unbestimmt (Grenze Tertiär / Rotliegend)	ub

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
903,90	1,65	feldspatreicher Sandstein [fein- bis grobsandig, Übergänge zu Feinkies-Konglomerat, mittelkiesig]; Beginn der Kernstrecke, ganz überwiegend feste Kerne, glatte Kernaußenflächen; hellgrau; carbonatfrei; vorherrschend sehr schlecht sortiert Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
904,75	0,85	feldspatreicher Mittelsandstein [mit mm-dünnen Feinsand- und Tonlagen, Tonfasern]; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
905,85	1,10	feldspatreicher Grobsandstein [mittelsandig]; hellgrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
906,05	0,20	feldspatreicher Feinsandstein (vorherrschend Milchquarz-Körner); hellgrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
906,45	0,40	feldspatreicher Mittelsandstein (vorherrschend Milchquarz-Körner); hellgrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
912,40	5,95	Feinkies-Konglomerat [bereichsweise mittelkiesig] (feldspatreich, teilweise eckige, spätige Kristalle bis 5 mm); carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
921,80	9,40	Störungsbrekzie (Klasten aus Feinsandstein, Schluffstein, Grobsandstein bis 15 cm Kantenlänge); hellgrau; carbonathaltig Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 912,40 bis 921,80 m unter BAP: Störung/Störungsbereich	ru
931,30	9,50	Feinsandstein (lagenweise carbonathaltig (dann meist hellbraun), wenig Feinglimmer); hellgrau, z. T. hellbraun; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 922,00 bis 922,15 m unter BAP: Konkretion (diag.); Siderit; dunkelbraun; carbonathaltig 922,30 bis 922,35 m unter BAP: Lage, Lagen: Mergelstein; gelblich hellbraun; carbonathaltig 929,15 bis 929,30 m unter BAP: Lage, Lagen: Feinsandstein (mit braunen, carbonathaltigen Punkten (Siderit-Konkretionen)); grau bis bräunlich grau; carbonatfrei 930,10 bis 930,30 m unter BAP: Lage, Lagen: Feinsandstein (mit braunen, carbonathaltigen Punkten (Siderit-Konkretionen)); grau bis bräunlich grau; carbonatfrei unregelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Schluff (Silt) -stein (lagenweise carbonathaltig); hellgrau, z. T. hellbraun; carbonatfrei Konkretion (diag.); Calcit/Dolomit; weiß; carbonathaltig	ru
935,00	3,70	Tonstein; dunkelgrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) Störung/Störungsbereich	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
935,10	0,10	Kohle-Festgestein (weich/bröckelig); brennbar; schwarz; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
935,50	0,40	Pelit; schwarz und grau geflammt; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) unregelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Tonstein; schwarz; carbonatfrei unregelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Schluff (Silt) -stein; grau; carbonatfrei	ru
935,80	0,30	Tonstein; "Schwarzpelit"; schwarz; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Lagenharnisch Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) Schliere, Schlieren: Schluff (Silt) -stein; grau; carbonatfrei Konkretion (diag.); Pyrit	ru
936,70	0,90	Vulkanit, modal (Geländeansprache) (Top und Basis sehr feinkörnig, glasig?); scharfe Hangend- und Liegendkontakte; hellgrau, Top und Basis gelblich mit hellgrauen Schlieren; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig (oben und unten blasig (weiß gefüllt), in der Mitte weniger) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
936,80	0,10	Tonstein; "Schwarzpelit"; schwarz; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Lagenharnisch (wie 935,5 - 935,8 m) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) Schliere, Schlieren: Schluff (Silt) -stein; grau; carbonatfrei Konkretion (diag.); Pyrit	ru
940,00	3,20	Tonstein [nahezu ohne Schluff]; Liegendgrenze ungefähr/vorläufig; dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Lagenharnisch Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 937,80 bis 940,00 m unter BAP: Störung/Störungsbereich; bereichsweise Brekzie aus Tonsteinklasten; Gefüge: Klüftung (senkrechte und flache Klüfte)	ru
943,20	3,20	Tonstein; Liegendgrenze ist Störungskontakt (tonige "Ruschelzone"); dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: Bioturbationsgefüge (z. T. pyritisiert, z. B. um 942 m) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) Lage, Lagen: Schluff (Silt) -stein ["z. T. bis Feinsandstein"] (wenig Feinglimmer); grau; carbonatfrei Lage, Lagen: Schluff (Silt) -stein; hellbräunlich-grau; carbonatfrei; Gefüge: laminiert (knotig, ähnlich Alge laminiten) Konkretion (diag.); Calcit: Volumenanteil sehr gering; carbonatreich Konkretion (diag.): Volumenanteil hoch; carbonatfrei Konkretion (diag.); Pyrit Störung/Störungsbereich; viele "Ruschelzonen" von wenigen cm, in Abständen von ca. 10 - 20 cm; Gefüge: Klüftung (senkrechte Klüfte mit Brekzienfüllung)	ru
944,15	0,95	Feinsandstein (glimmerführend, mit schwarzen Körnern (kohlige Substanz?)); hellgrau mit schwarzen Laminae; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Rippelgefüge, Schrägschichtung, planar/angular Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
957,60	13,45	Mittelsandstein [feinsandig] (vorherrschend transparente Quarzkörner, insges. wenig Hellglimmer (jedoch lagenweise angereichert, große Hellglimmer, z. B. bei 954,0 m), schwarze Körner (kohlige Substanz?) gleichmäßig verteilt; z. T. poröser Sandstein); hellgrau; carbonatfrei; Gefüge: Schrägschichtung, planar/angular, horizontal geschichtet (Schichten ca. 20° einfallend); kieseliges Bindemittel Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 945,85 bis 946,00 m unter BAP: Lage, Lagen: Tonstein; dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Störungsgefüge, Harnisch (blättrig zerfallend) 948,05 bis 948,10 m unter BAP: Intraklasten: Tonstein; großer Tonklast bzw. Bruchstück einer Tonsteinlage; dunkelgrau bis schwarz; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Entwässerungsgefüge (convolute bedding), Belastungsmarke (Liegendgrenze sehr wellig-wulstig (Entwässerungsstrukturen?), Hangendgrenze Belastungsmarken) 950,06 bis 950,07 m unter BAP: Lage, Lagen: Kohle-Festgestein (mit Pyrit-Schlieren/-Linsen (Konkretionen)); Kohlelage-Fetzen in hellgrauem Feinsandstein; schwarz; carbonatfrei 952,38 bis 952,42 m unter BAP: Aufarbeitungshorizont (kleine schwarze bis dunkelgraue Tonklasten (dünnplattig-blättrig)); Liegendgrenze scharf 953,92 bis 953,95 m unter BAP: Lage, Lagen: Kohle-Festgestein (glänzende Mazerale, pyritisierte Pflanzenreste); schwarz; carbonatfrei; Fossilgruppe: Pflanzen 952,64 bis 954,65 m unter BAP: Lage, Lagen: Kohle-Festgestein (mit glänzenden Mazeralen); schwarz; carbonatfrei 955,93 bis 956,00 m unter BAP: Aufarbeitungshorizont (dunkelgraue Tonklasten, schwarzes Kohle-Bruchstück (blättrig, glänz. Macerale), Pyrit-Konkretionen (< 5 mm, meist oval-platt, z. T. rund und radialstrahlend); weiße Körner vermutl. Milchquarz (< 2 mm, carb.frei), graue Quarzit (< 4 mm, dicht, carb.frei)) 956,30 bis 956,32 m unter BAP: Lage, Lagen: Pelit; dunkelgrau; carbonatfrei (Hangendgrenze mit Belastungsmarken, Liegendgrenze ist Rippeloberfläche) 956,35 bis 956,41 m unter BAP: Aufarbeitungshorizont (große dunkelgraue Tonstein-Fetzen in Fein- bis Mittelsandstein) 956,50 bis 957,00 m unter BAP: Lage, Lagen: Mittelsandstein (porös); grau, dunkelgrau-schwarze tonige Beläge auf internen Schichtflächen; carbonatfrei; Gefüge: Schrägschichtungsgefüge, parallel, wellige Schichtflächen 957,11 bis 957,13 m unter BAP: Lage, Lagen: Tonstein (kohlig); schwarz bis dunkelgrau; carbonatfrei 957,13 bis 957,18 m unter BAP: Lage, Lagen: Sandstein ["tonflaserig"]; carbonatfrei; Gefüge: Harnisch Lage, Lagen: Feinsandstein (glimmerführend, mit schwarzen Körnern (verm. kohlige Substanz)); hellgrau mit schwarzen Laminae; carbonatfrei	ru
960,00	2,40	Mittelsandstein [feinsandig] (mit schwarzen Körner (wie vor), fest zementiert); grau; carbonatfrei; Gefüge: Klüftung (stark geklüftet, ca. 45°); kieseliges Bindemittel Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
976,70	16,70	Fein- bis Mittelsandstein [Mittelsandstein und Feinsandstein, z. T. tonflaserig] (z. T. Kohleflasern); Abfolge wie 944,15 - 957,6 m, aber fast keine Kohle- oder Schwarzpelitlagen mehr; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Schrägschichtung, planar/angular, horizontal geschichtet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 963,17 bis 963,28 m unter BAP: Kernverlust 965,25 bis 965,57 m unter BAP: Kernverlust 967,60 bis 967,61 m unter BAP: Lage, Lagen: Kohle-Festgestein (glänzende Macerale, große Pyrit-Konkretionen); schwarz; carbonatfrei 968,15 bis 968,16 m unter BAP: Intraklasten: Kohle-Festgestein (mit großen Pyrit-Konkretionen / pyritisierten Pflanzenresten); schwarz; Fossilgruppe: Pflanzen; Bemerkung zur Fossilführung: cm-großes kohliges Bruchstück, Pflanzenstängel? 967,90 bis 968,20 m unter BAP: Lage, Lagen: Grobsandstein ["feinkiesig (bis 5 mm)"] (Feinkiesanteil Milchquarz (weiß) und Quarzit (grau); dunkelgrau Tonflaser/-fetzen); carbonatfrei; Gefüge: Schrägschichtungsgefüge; vorherrschend gerundet 969,28 bis 969,43 m unter BAP: Kernverlust 969,83 bis 970,18 m unter BAP: Kernverlust 974,00 bis 974,10 m unter BAP: Kernverlust 974,35 bis 974,70 m unter BAP: Lage, Lagen: Pelit ["Tonschluff- bis Tonstein"]; dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, coarsening-upward Sequenz (?) 974,80 bis 975,80 m unter BAP: Kernverlust 975,80 bis 976,25 m unter BAP: Lage, Lagen: Pelit; dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig, fein geschichtet (massig bis feingeschichtet)	ru
979,70	3,00	Konglomerat [Kieskomponente meist 2-3 cm, max. 8 cm, oval] (Komponenten: graue Quarzite (z. T. mit weißen Milchquarz-Kluftfüllungen), weiße Milchquarze); sek. weiße Salzausblühungen durch NaCl-Bohrspülung!; grau; carbonatfrei; vorherrschend gut gerundet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) (Liegendgrenze = Formationsgrenze vmtl.) 979,70 bis 979,70 m unter BAP: Extraklasten; Quarz; Durchmesser: bis maximal 0,40 cm; rosa; vorherrschend gerundet	ru
981,93	2,23	Schluff (Silt) -stein (viel Feinglimmer auf Schichtflächen); grau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Rippelgefüge, Klüftung, Störungsgefüge (bis undeutlich geschichtet, Klüftung steil, z. T. Bruchzonen) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) Lage, Lagen: Tonstein (sehr viel Feinglimmer und organische Substanz (?) auf Schichtflächen); tonige Laminae; nach unten zunehmend häufiger; dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet (sehr ebene Schichtflächen) Lage, Lagen: Feinsandstein: Volumenanteil sehr gering; vertikales Ausmaß: bis maximal 1,00 cm; hellgrau; carbonatfrei Konkretion (diag.) (oval); dunkelgrau mit hellem Saum; carbonatfrei	ru

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
983,40	1,47	pelitdominierte Psammit-Pelit-Wechselfolge [Ton-Schluffstein, Schluffstein, Feinsandstein]; dünnsschichtige Wechsellagerung; dunkelgrau-schwarz, grau, hellgrau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 982,32 bis 982,32 m unter BAP: Konkretion (diag.) (unregelmäßige Form); Pyrit-Konkretion; schwarz-messingfarben 982,26 bis 982,50 m unter BAP: Lage, Lagen: Feinsandstein (mit hellbeigen, sehr harten, carbonatfreien bis -armen "Tonklasten", die durch Feinschichtung z. T. umflossen werden; z. T. Löcher); hellgrau; carbonatfrei 982,92 bis 983,40 m unter BAP: Lage, Lagen: Feinsandstein; hellgrau; carbonatfrei regelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Pelit ["Ton-Schluffstein"] (mit organischer Substanz, Glimmer); dunkelgrau-schwarz; carbonatfrei; Gefüge: horizontal geschichtet, Linsenschichtung, Rippelgefüge (selten Übergang zu Rippelschichtung) regelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Schluff (Silt) -stein; grau; carbonatfrei; Gefüge: horizontal geschichtet, Linsenschichtung, Rippelgefüge (selten Übergang zu Rippelschichtung) regelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Feinsandstein (z. T. mit Tonfasern, z. T. weiß-beige Tonklasten); hellgrau; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig (bis undeutlich geschichtet)	ru
984,90	1,50	pelitdominierte Psammit-Pelit-Wechselfolge [Ton-Schluffstein, Schluffstein, Feinsandstein]; dünnsschichtige Wechsellagerung; dunkelgrau-schwarz, grau, hellgrau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Störungsgefüge (stark gestört/brüchig) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 983,65 bis 983,95 m unter BAP: Konkretion (diag.) (oval); karbonatische Konkretionen; Durchmesser: bis maximal 0,50 cm; weiß; carbonathaltig 984,10 bis 984,20 m unter BAP: Lage, Lagen: Pelit; höchste rotbraune Lage, diffus begrenzt; carbonatfrei; Gefüge: Klüftung (an zahlreichen Klüften/Brüchen grau) 983,90 bis 984,55 m unter BAP: Lage, Lagen: Tonstein; grau, dunkelgrau, bei 984,10 - 984,17 m z. T. rotbraun; carbonatfrei; Gefüge: Störungsgefüge, brekziös	ru
986,60	1,70	Feinsandstein [z. T. mittelsandig, z. T. schluffig] (hart zementiert, glimmerführend, schwarze organische "Flitter" (?)); grau; carbonatfrei; Gefüge: Schrägschichtungsgefüge, Rippelgefüge (undeutlich schräggeschichtet, z. T. diffuse schluffige Flasern mit Rippelgefüge); kieseliges Bindemittel Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
991,00	4,40	Schluff (Silt) -stein; grau, bereichsweise blassrotbraun gefleckt (s. u.; höchste rötliche Farbtöne der prätertiären Kernstrecke); carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig, Flaserschichtung ("massig-diffus-flaserig", ebene, leicht knotige Schichtflächen) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 989,80 bis 989,83 m unter BAP: Bereich: Schluff (Silt) -stein; grau, blassrotbraun gefleckt 990,50 bis 991,00 m unter BAP: Bereich: Schluff (Silt) -stein; grau, blassrotbraun gefleckt Lage, Lagen: Pelit ["Ton-Schluffstein"] (mit organischer Substanz?); vertikales Ausmaß: minimal 0,30 cm bis maximal 5,00 cm; dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: Störungsgefüge (oft brüchig zerschert)	ru
993,05	2,05	Feinsandstein [feinsandig-schluffig, z. T. mittelsandig] (schwarze dünne "Flitter", sehr harte, glatte Kerne); evtl. Vulkaniklastit?; grünlich-grau, z. T. dunkelgraue, kleine unregelmäßige Flasern; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig (nur z. T. undeutliche flaserige Schichtung) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 991,52 bis 991,57 m unter BAP: Lage, Lagen: Mittelsandstein ["feinsandig, grobsandig"] (mit Dunkelglimmer, hart zementiert); carbonatfrei	ru

Bohrung:	9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760	TK 25:	5817	
Auftraggeber:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Rechtswert:	3472909	
Bohrfirma:	Daldrup & Söhne AG	Hochwert:	5552853	
Bearbeiter:	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Bohransatzhöhe:	95,51 m	
Datum:	31.01.2023	Endteufe:	1060,00 m	

Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
993,35	0,30	Schluff (Silt) -stein [feinsandig, mit tonigen Flasern] (hart zementiert); hellgrau, tonige Flasern dunkelgrau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
993,72	0,37	Tonstein [mit hellen schluffigen? Laminae]; dunkelgrau, leicht grünlich; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet (Varven?) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
994,40	0,68	Schluff (Silt) -stein [mit Tonflasern]; graduelle Liegendgrenze; hellgrau, dunkelgrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 993,72 bis 993,95 m unter BAP: Bereich; blass hellrotbraun gefleckt, hellgrau an Schichtfugen und Klüften; Gefüge: fein geschichtet, Klüftung Lage, Lagen: Tonstein; tonige Flasern/Laminae; nach unten abnehmend; dunkelgrau	ru
994,80	0,40	Feinsandstein (hart zementiert); evtl. Vulkaniklastit?; scharfe Liegendgrenze; grünlich-grau; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 994,76 bis 994,80 m unter BAP: Lithoklasten (scharfkantig); Quarz; unregelmäßig verteilt; Durchmesser: bis maximal 0,20 cm; weiß oder transparent; vorherrschend eckig	ru
995,35	0,55	Grobsandstein [feinkiesig, feinsandig] (Komponenten: weiße Milchquarze (oder Feldspäte?), graue Quarzite (?), rosa-transparente Quarze, dunkelgraue Tonschiefer (?), blassgrüne Lithoklasten; sehr harter, glatter Kern); graduelle Liegendgrenze; grau; carbonatfrei; Gefüge: coarsening-upward Sequenz Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
996,40	1,05	Feinsandstein; hellgrau, leicht grünlich, z. T. dunkelgraue tonige Schlieren; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 995,35 bis 995,60 m unter BAP: Lage, Lagen: Tonstein ["mit Schluffstein-Lagen"]; dunkelgrau, grünlich; carbonatfrei 996,10 bis 996,20 m unter BAP: Lage, Lagen: Tonstein ["mit Schluffstein-Lagen"]; dunkelgrau, grünlich; carbonatfrei	ru
1001,44	5,04	Schluff (Silt) -stein [feinsandig] (glimmerreich auf Schichtflächen); hellgrau, z. T. dunkelgraue tonige Laminae und Flasern; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet (z. T. Varven?) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 998,28 bis 998,37 m unter BAP: Lage, Lagen: Tonstein ["mit schluffigen Laminae"]; dunkelgrau, grünlich; carbonatfrei 1000,80 bis 1001,44 m unter BAP: Lage, Lagen: Tonstein ["mit schluffigen Laminae"]; dunkelgrau, grünlich; carbonatfrei	ru
1001,85	0,41	Tonstein; rotbraun, unten grau; carbonatfrei; Gefüge: geschichtet (wellig) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
1002,05	0,20	Pyroklastisches Gestein, ungegliedert [stark tonig] (mit Tonstein-Klasten? und smektitischen Anteilen); "Tuff" oder siliziklastisches Sediment?; dunkelgrau, aschgrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1001,90 bis 1001,95 m unter BAP: unregelmäßig, partienweise (talkartig, weich); "Smektit-Zone", Hygrophyllit?; blassgrünlich	ru
1004,20	2,15	Schluff (Silt) -stein [feinsandig]; ähnlich wie 996,40 - 1001,44 m; "Tuff" oder siliziklastisches Sediment?; hellgrau-grünlich; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, parallel, wellige Schichtflächen (z. T.) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1002,20 bis 1002,30 m unter BAP: Lage, Lagen: Pelit ["Ton-Schluffstein"] (hart, mit Feinglimmer); dunkelgrau; Gefüge: ungeschichtet, massig, Harnisch 1003,90 bis 1004,20 m unter BAP: Lage, Lagen: Feinsandstein (Glimmer); scharfe Liegendgrenze, nicht gefrittet; hellgrau; Gefüge: Rippelgefüge	ru
1005,30	1,10	Lapilli-Aschentuff [sehr feinkörnige Matrix, mit erbsengroßen Lapilli und einzelnen cm-großen Lithoklasten] (Lithoklasten: Sandstein, grünlicher Vulkanit (smektit. Tuff?); nur in einzelnen Hohlräumen carbonathaltig); scharfe Hangendgrenze (glasig abgeschreckt?); Liegendgrenze am Kernkistenende; violettrotlich-hellgrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
1007,90	2,60	Schluff (Silt) -stein [z. T. feinsandig] (glimmerführend); hellgrau-grünlich, z. T. dunkelgraue tonige Schlieren/Laminae; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, parallel, wellige Schichtflächen Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1007,65 bis 1007,80 m unter BAP: Bereich; rotbraun mit grauen Flasern und Schlieren, diffuse Farbgrenzen 1007,80 bis 1007,90 m unter BAP: Lage, Lagen: Pelit ["Ton-Schluffstein"]; dunkelgrüngrau; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig (an der Basis mit Sandkörnern/Ooiden)	ru
1008,25	0,35	Kalkarenit (Kalksandstein) [z. T. kiesig, Matrix feinkörnig] (Komponenten: Ooide/Onkoide, meist 1 - 2 mm Durchmesser, z. T. bis Kieskorngroße, häufig Tonflaser/-laminae); grau, weißgrau, dunkelgraue Flaser/Laminae; carbonatreich Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1008,20 bis 1008,25 m unter BAP: Lage, Lagen: Stromatolithenkalkstein (graue, länglich-ovale, konzentrische Kalkstein-Knollen, z. T. senkrecht nach oben orientiert, bis 2 cm Durchmesser); carbonatreich	ru
1010,10	1,85	Pelit [Ton-Schluffstein und Schluffstein, feinsandig] (glimmerführend); rotbraun und grünlich-hellgrau, diffuse Farbgrenzen (nicht an Korngrößengrenzen gebunden); carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, parallel, wellige Schichtflächen (z. T., undeutlich) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1009,00 bis 1009,00 m unter BAP: Lage, Lagen: Pelit; rotbraun; carbonatfrei; Gefüge: Belastungsmarke (vermutl. Belastungswülste mit kleinen weißen carbonatischen Konkretionen)	ru
1011,05	0,95	Fein- bis Mittelsandstein [z. T. grobsandig]; hellgrau-grünlich, bereichsweise rotbraun; carbonatfrei; vorherrschend schlecht sortiert Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1010,10 bis 1010,18 m unter BAP: Bereich ["tonig"]; rotbraun 1010,80 bis 1010,85 m unter BAP: Bereich ["tonig"]; rotbraun	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
1013,00	1,95	Pelit [tonig-schluffig, sandig, z. T. stark sandig, Typ Md-Mds] (glimmerführend); Liegendgrenze graduell; dunkelviolettrotschwarz und grünlich-grau; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig (diffus-schlierig, kaum zu untergliedern) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1011,30 bis 1011,30 m unter BAP: Konkretion (diag.) (cm-groß, dicht, hart); grau; kalkhaltig 1012,30 bis 1012,30 m unter BAP: Konkretion (diag.) (cm-groß, dicht, hart); grau; kalkhaltig	ru
1013,60	0,60	Pelit [Ton-Schluffstein]; grau; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
1020,00	6,40	Pelit [tonig-schluffig, sandig, Typ Md-Mds] (glimmerführend); rotbraun; carbonatfrei; Gefüge: ungeschichtet, massig (massig-diffus) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1013,60 bis 1014,25 m unter BAP: Lage, Lagen: Sandstein ["Fein- bis Grobsandstein"]; grau; carbonatfrei 1015,20 bis 1016,20 m unter BAP: Lage, Lagen: Sandstein ["Fein- bis Grobsandstein"]; grau; carbonatfrei 1016,67 bis 1016,77 m unter BAP: Lage, Lagen: Sandstein ["Fein- bis Grobsandstein"] (glimmerreich); grau; carbonatfrei Lage, Lagen: Pelit ["Ton-Schluffstein"]; nach unten zunehmend häufiger; grau; carbonatfrei	ru
1029,45	9,45	Sandstein (Psammit)-Ton/Schluffstein (Pelit)-Wechselfolge [Ton-Schluffstein und Sandstein]; grau, selten rotbraun; carbonatfrei; Gefüge: fining-upward Sequenz Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1022,00 bis 1022,65 m unter BAP: Konkretion (diag.) (in dunkelgrauem Pelit): Volumenanteil hoch; hellgrau; carbonatfrei 1022,80 bis 1023,10 m unter BAP: Lage, Lagen: Grobsandstein; diffuse Hangend- und Liegendgrenze; grau; carbonatfrei 1023,80 bis 1023,90 m unter BAP: Lage, Lagen: Grobsandstein; diffuse Hangend- und Liegendgrenze; grau; Gefüge: Bioturbationsgefüge (?) 1025,45 bis 1025,65 m unter BAP: Lage, Lagen: Grobsandstein ["feinkiesig"]; diffuse Hangend- und Liegendgrenze; grau; carbonatfrei 1026,80 bis 1027,15 m unter BAP: Lage, Lagen: Grobsandstein (mit weißen Körnern (Milchquarz/Feldspat?) und dunkelgrauen Tonklasten); grau, dunkelgraue Schlieren; carbonatfrei; Gefüge: Schrägschichtung, planar/angular 1027,25 bis 1027,90 m unter BAP: Lage, Lagen: Grobsandstein; grau und dunkelgrau; carbonatfrei 1028,00 bis 1028,28 m unter BAP: Konkretion (diag.) (diffus begrenzt, in grauem Sandstein ?); Durchmesser: bis maximal 8,00 cm; hellgrau 1026,35 bis 1029,45 m unter BAP: Bereich: Grobsandstein ["überwiegend Grobsandstein, andere Lithotypen der Wechselfolge treten nach unten zunehmend zurück"]; carbonatfrei regelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Sandstein (Komponenten (vorläufig, makroskopisch): Quarz, Feldspat (weiß), Dunkelglimmer (schwarz)); carbonatfrei	ru
1034,80	5,35	Pelit [Ton-Schluffstein, Übergänge zu Typ Md]; rotbraun, stellenweise grünlich hellgrau; carbonatfrei; Gefüge: Klüftung, Störungsgefüge, Lagenharnisch (an Brüchen und Klüften grünlich hellgrau) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1034,50 bis 1034,80 m unter BAP: Bereich: Pelit; rotbraun und grau; carbonatfrei; Gefüge: Störungsgefüge, brekziös (stark brüchig)	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
1038,00	3,20	Pelit [Ton-Schluffstein und Schluffstein, an der Basis zunehmend sandig, bis Sandstein] (z. T. schwarze "Flitter" (kohlig?)); grünlich-grau, z. T. dunkelgraue Fläsern; carbonatfrei; Gefüge: parallel, wellige Schichtflächen, Klüftung (engständige, senkrechte Klüfte) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1035,75 bis 1035,80 m unter BAP: Bereich; diffus rötlich 1036,45 bis 1037,00 m unter BAP: Bereich; diffus rötlich Konkretion (diag.); ?: Volumenanteil gering	ru
1041,23	3,23	Mittelsandstein [konglomeratisch] (z. T. schwarze "Flitter" (kohlig?)), Kieskomponente vorherrschend graue Lithoklasten, aber auch weiße granitische Gerölle, gut gerundet (...); hellbeigegrau; carbonatfrei (keine klaren fining- oder coarsening-upward-Zyklen, graduelle Korngrößenübergänge); kantengerundet bis gerundet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1038,00 bis 1038,15 m unter BAP: verfüllte Trennfläche: Pelit (steilere Kluft durchschneidet den pelitisch gefüllten "Gang", subhorizontale Schichtfugen gehen durch "Gang" und umgebenden Sandstein); "Gang", synsedimentäre Spaltenfüllung? (in konglomeratischem Sandstein); grau Lage, Lagen: Konglomerat ["bis max. 4 cm Durchmesser/Kantenlänge"] (Kieskomponente vorherrschend graue Lithoklasten (...)); graduelle Korngrößenübergänge zum Sandstein; carbonatfrei; kantengerundet bis gerundet	ru
1045,53	4,30	Sandstein [oben mittel- bis feinsandig, nach unten zunehmend grobsandig, bis feinkiesig] (z. T. große Hellglimmer, schwarze "Flitter" (kohlig?)); hellbeigegrau; carbonatfrei; Gefüge: fining-upward Sequenz Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1045,50 bis 1045,53 m unter BAP: Aufarbeitungshorizont; dunkelgrüngraue Tonsteinklasten; Gefüge: erosive Schichtgrenze (relativ scharf)	ru
1048,15	2,62	Schluff (Silt) -stein [z. T. tonige Fläsern/Laminae, z. T. feinsandige Lagen] (z. T. kleine Tonklasten); überwiegend grüngrau, z. T. diffus rötlich; carbonatfrei; Gefüge: nicht parallel, wellige Schichtflächen (wellig-diffus geschichtet) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1046,10 bis 1046,44 m unter BAP: Bereich; rotbraun, blassviolettrot und grüngrau; Gefüge: Bioturbationsgefüge	ru
1048,97	0,82	Konglomerat [Feinkies-Konglomerat, am Top übergehend in Grobsandstein, an der Basis Gerölle bis 10 cm Durchmesser]; hellbeigegrau; carbonatfrei; Gefüge: fining-upward Sequenz Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1048,15 bis 1048,40 m unter BAP: Lage, Lagen: Feinsandstein ["bis Schluffstein"]; am Top eingeschaltet in Grobsandstein; grau 1048,87 bis 1048,97 m unter BAP: Geröll (Lithoklast): Schluff (Silt) -stein; offenbar aus liegender Schicht aufgearbeitet; Durchmesser: bis maximal 10,00 cm; grau; carbonatfrei 1048,95 bis 1048,97 m unter BAP: Bereich; unmittelbar über Liegendgrenze sehr stark und dicht kieselig zementiert; Gefüge: erosive Schichtgrenze (scharfe Liegendgrenze); kieseliges Bindemittel	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
1054,60	5,63	pelitdominierte Psammit-Pelit-Wechselfolge [Schluffstein, Ton-Schluffstein, Feinsandstein]; oben (bis 1052,30 m) überwiegend rotbraun, unten grau und rotbraun; carbonatfrei; Gefüge: grob geschichtet (diffuse Schichtung, diffuse Korngrößen-Übergänge) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) unregelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Schluff (Silt) -stein ["Übergänge zu Ton-Schluffstein"]: Volumenanteil hoch; grau, z. T. blässrötlich; carbonatfrei; Gefüge: Bioturbationsgefüge (bereichsweise, z. B. 1049,5 - 1050, 00 m) unregelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Pelit ["Ton-Schluffstein, z. T. schwach sandig"] (glimmerführend, z. T. Tonklasten): Volumenanteil mittel; intensiv rotbraun; carbonatfrei unregelmäßige Gesteinseinheit einer Wechselfolge: Feinsandstein (mit schwarzen "Flittern" (kohlig?) bzw. Körnern); dunkelgrau; carbonatfrei	ru
1055,15	0,55	Störungsbrekzie [aus Schluffstein und Ton-Schluffstein] (ursprünglich sehr mürbe, bei Aufnahme hart verbacken); bräunlich hellgrau; carbonatfrei; Gefüge: Tektonisches Gefüge (Hangendkontakt scharf, ca. 45° steil) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
1055,42	0,27	Pelit (kohlig, sehr mürb); "Schwarzpelit" (bei Aufnahme aufgequollen, überwiegend zerfallen, mit weißen Ausblühungen an Kernaußenflächen, evtl. von Bohrspülung oder Pyrit/Markasit alteriert); dunkelgrau-schwarz; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
1056,10	0,68	[Kernverlust]	
1056,25	0,15	Feinsandstein; hellgrau, mit dunkelgrau-schwarzen kohligen Fasern und Laminae; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, parallel, wellige Schichtflächen Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) 1056,17 bis 1056,18 m unter BAP: Lage, Lagen: Kohle-Festgestein (mit ca. 5 cm großem Pflanzenrest, parallele Rillen deutlich erkennbar); kohlige Lage; Fossilgruppe: Pflanzen	ru
1056,50	0,25	Konglomerat [bis 15 mm Durchmesser, lagenweise Übergänge zu feinkiesigem Mittelsandstein] (Kieskomponente vorherrschend graue Lithoklasten, einzelne hellrötlich (...)); hellbeige-grau; carbonatfrei; kantengerundet bis gerundet Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
1057,10	0,60	Pelit [Ton-Schluffstein]; "Schwarzpelit"; dunkelgrau-schwarz; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet (an der Basis Rippelgefüge) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm) Lage, Lagen: Schluff (Silt) -stein (in dünnen Lagen und Linsen); nach unten zunehmend häufiger; grau-hellgrau; carbonatfrei; Gefüge: Rippelgefüge (z. T.)	ru
1058,85	1,75	Feinsandstein (lagenweise viele große Hellglimmer); grau mit dunkelgrau-schwarzen kohligen Laminae; carbonatfrei; Gefüge: fein geschichtet, Klüftung (ebene Schichtflächen, horizontal- oder flach schräggeschichtet, oben vereinzelt Rippelgefüge; steile Klüftung) Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m



Schichtdaten

Interpretation: 0

Teufe unter BAP in m	Mächtigkeit in m	Schichtbeschreibung	Stratigraphie
1059,28	0,43	Feinkies-Konglomerat (sehr porös und mürb); hellbeigegrau; carbonatfrei Unterrotliegend; Chronostratigraphie: Rotliegend (Unterperm)	ru
1060,00	0,72	[Kernverlust]; keine Kerne/Proben	

Bohrung: 9444 FB Frankfurt Rebstock 2022/760

TK 25: 5817

Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rechtswert: 3472909

Bohrfirma: Daldrup & Söhne AG

Hochwert: 5552853

Bearbeiter: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Bohransatzhöhe: 95,51 m

Datum: 31.01.2023

Endteufe: 1060,00 m

