

Bericht zum Bohrlochtemperatur-Logging und zu Messungen thermisch-hydraulischer Gesteinskennwerte an Bohrkernen für die Geothermiebohrungen Gt Schwerin 6/17 und Gt Schwerin 7/20 (Schwerin, MV)

(<https://doi.org/10.5880.GFZ.4.8.2024.004>)

Bearbeiter Dr. Sven Fuchs (fuchs@gfz-potsdam.de)
Dr. Ben Norden
Robert Peksa

Sektion 4.8 Geoenergie,
Arbeitsgruppe 4.8.7 Exploration Thermischer Geosysteme

Datum Potsdam | 28.08.2024

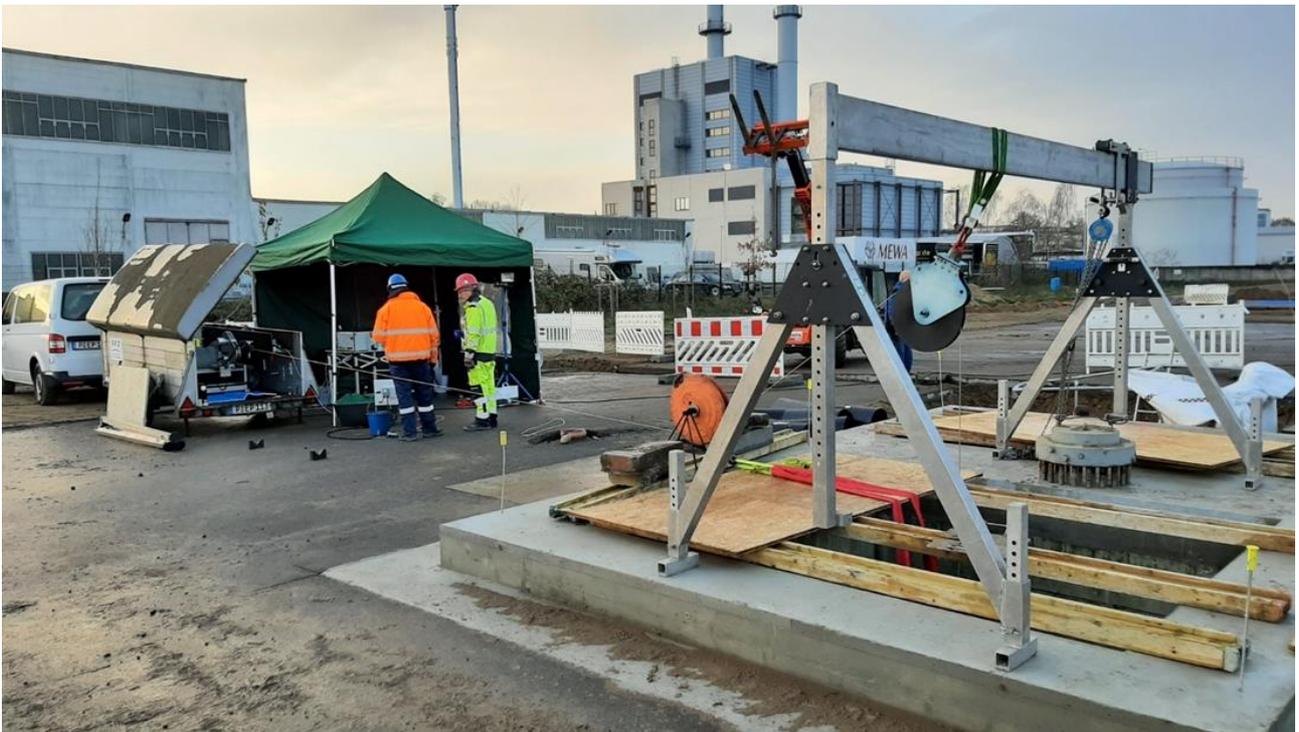


Abbildung 1: Messeinsatz an der Bohrung-Gt S 6/17 (Schwerin, November 2022)

Autoren

	Last name	First name	Affiliation (Name, City, Country)	ORCID	email
1	Fuchs	Sven	GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany	0000-0002-2896-6662	fuchs@gfz-potsdam.de
1	Norden	Ben	GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany	0000-0003-2228-9979	norden@gfz-potsdam.de
1	Peksa	Robert	GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany	0009-0005-8387-1307	robpe@gfz-potsdam.de

Lizenz

Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)



Zitation

Fuchs, S.; Norden, B., Peksa, R. (2024). Bericht zum Bohrlochtemperatur-Logging und zu Messungen thermisch-hydraulischer Gesteinskennwerte an Bohrkernen für die Geothermiebohrungen Gt Schwerin 6/17 und Gt Schwerin 7/20 (Schwerin, MV) GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880.GFZ.4.8.2024.004>

Inhalt

Autoren	3
Lizenz	3
Zitation	3
1. Veranlassung und Zielstellung.....	4
2. Messeinsatz und geophysikalisches Messprogramm	4
3. Logging-Daten - Messprotokolle	6
Bohrung Gt S 6/17 - Produktionsbohrung	6
Bohrung Gt S 7/20 – Injektionsbohrung (Sportplatz)	7
4. Thermisch-hydraulisches Messprogramm an Bohrkernen	7
5. Zusammenfassung	9
6. Haftungseinschränkung	9
7. Datenbeschreibung.....	10
Logging-Daten	10
Labor-Daten.....	10
8. Anlagenverzeichnis.....	11
Anlage 1: Profile der Bohrungen Gt S 6/17 und Gt S 7/20.....	12
Anlage 3: Reservoir-Profile (1.080 –1.310 m)	13
Anlage 4: Probenliste	14

1. Veranlassung und Zielstellung

In diesem Bericht werden die durch das GFZ durchgeführten Messungen zu den Bohrungen Gt S 6/17 und Gt S 7/20 zusammengefasst. Grundlage für die Bearbeitung stellt der Kooperationsvertrag zwischen dem Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ (GFZ) und der Energieversorgung Schwerin GmbH & Co. Erzeugung KG (EVSE) vom 26.02./09.03.2021 dar. Der Bericht gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil werden die durchgeführten Bohrlochmessungen der ungestörten Temperaturprofile beschrieben, während der zweite Teil die Ergebniszusammenstellung thermisch-hydraulischer Gesteinskennwerte, welche an Bohrkernmaterial aus den Bohrungen bestimmt wurden, umfasst.

Hochaufgelöste und ungestörte Temperatur-Tiefen-Profile erlauben bei Kenntnis der thermischen Gesteinseigenschaften (1) die Bestimmung von Wärmestromprofilen und (2) die Analyse des Einflusses von paläoklimatischen Effekten auf das geothermische Temperaturfeld. Ungestörte Temperaturprofile können in Bohrungen mit längeren Standzeiten gewonnen werden, d.h. wenn das Temperaturfeld nicht mehr durch den Bohrprozess oder durch hydraulische Tests oder Produktion thermisch gestört ist. Die oben genannten Bohrungen in Schwerin wurden 2017/2018 bzw. 2020/2021 durchgeführt und nach Fertigstellung bereits bohrlochgeophysikalisch vermessen und hydraulisch getestet. Die Stillstandszeiten der Bohrlöcher (Zeitraum zwischen Bohrungsabschluss, bzw. letzter hydraulisch-thermischer Beeinflussung und Temperaturlogging) liegen für Gt S 6/17 (Bohrungsende: 12/2018) bei rund 4 Jahren und für Gt S 7/20 (Bohrungsende: 02/2021) bei rund 21 Monaten, weshalb zum Zeitpunkt der Messungen im November 2022 von vom Bohrprozess ungestörten Gebirgstemperaturen ausgegangen werden kann.

Logistische Unterstützung vor Ort wurde geleistet durch Benjamin Kielgas (EVSE), Marco Paschka (Plant Process Maintenance Consultancy GmbH) und weiteren Kollegen der EVSE. Die Messungen an den Bohrkernen wurden im thermisch-petrophysikalischen Labor des GFZ durchgeführt.

2. Messeinsatz und geophysikalisches Messprogramm

In den Bohrungen Gt S 6/17 und Gt S 7/20 (Schwerin) wurden am 24. und 25. November 2022 durch das GFZ bohrlochgeophysikalische Messungen mit dem Ziel der Gewinnung hochaufgelöster und ungestörter Temperatur-Tiefen-Profile durchgeführt. Für das GFZ vor Ort als Messdurchführende waren Sven Fuchs, Ben Norden und Robert Peksa (alle Sektion 4.8 Geoenergie).

In den Bohrungen Gt S 6/17 und Gt S 7/20 wurde jeweils ein Messeinsatz (wire line) durchgeführt. Als geophysikalische Messapparatur kam ein mobiles 2,3 km-Windensystem der Firma Login zum Einsatz. Die Temperaturmessungen wurden bei der Einfahrt in die Bohrung erfasst.

1. Messeinsatz Gt S 6/17 am 24.11.2022

Bohrung saiger und komplett verrohrt, Verfilterung im Reservoirbereich (Postera Sandstein, Rhät-Keuper, Trias)

Einfahrt bis ca. 1.225,74 m, dann Beendigung und Ausfahrt aufgrund von Zugkraftverlust.

Messparameter:

0–1.225,74 m TEMP, GR, CCL, ACC, TEN, SPEED

1. Messeinsatz Gt S 7/20 am 25.11.2022

Bohrung saiger und komplett verrohrt, Verfilterung im Reservoirbereich (Postera Sandstein, Rhät-Keuper, Trias)

Einfahrt bis ca. 1.301,58 m, dann Beendigung und Ausfahrt aufgrund von Zugkraftverlust.

Messparameter:

0–1.301,58 m TEMP, GR, CCL, ACC, TEN, SPEED

Winde: MW-2500, Firma LogIn Bohrlochmessgeräte GmbH,
Baujahr 11/2019

Sonde: Kombination 1632 + Tele28
(Länge: 2075 mm; Durchmesser: 43 mm; Gewicht: 14 kg)

Kabel: 4-H-220A; 4-Ader 7/32^{mm} Rochester (5,69 mm Durchmesser,
Länge 2.215 m)

Die Messungen wurden am 24.11.2022 unter neblig-regnerischen Bedingungen bei 4°C und am 25.11.2022 bei sonnigen 8°C durchgeführt (Abbildung 1 und Abbildung 2).



Abbildung 2: Winde (links), Messwerterfassung (mitte) und Messaufbau (rechts) während der Bohrmessung an der Bohrung Gt S7/20

3. Logging-Daten - Messprotokolle

Die Messdaten sind digital in 0,25-m-Auflösung abrufbar. Eine graphische Darstellung der Messkurven ist im Anhang dieses Berichts enthalten. Alle Messdaten wurden mit dem vorliegenden Master-GR der jeweiligen Bohrung teufen-korreliert.

Bohrung Gt S 6/17 - Produktionsbohrung

Koordinaten:	33260472,58; 5951078,18 (UTM <u>33</u>), ca. +47,1 m NN
Datum:	24.11.2022
Referenzpunkt:	Rohroberkante (ROK)
Wasserspiegel:	70,0 m u. ROK (nach Temperatur)
Zieltiefe:	1.296 m u. Geländeoberkante (GOK)
Geloggte Tiefe:	0 – 1225, 74m u. ROK
Temperatur:	55,79 °C in 1.225,70 m u. ROK
Mittl. geoth. Gradient	38,1 °C/km
Einfahrtgeschwindigkeit:	5 m/min (bis 1.172 m), dann 2 m/min bis Endteufe der Messung
Einstellungsgrund:	Bei 1.216,50 m wurde ein Zugkraftverlust von ca. 1.300 auf ca. 1.115 N und weiter fallend festgestellt. Ein Wiederholungsversuch erbrachte das gleiche Ergebnis. Um Risiken für Mess-Sonde und Bohrungsausbau zu minimieren, wurde die Messung beendet.
Einfahrt:	11:45 – 15:55

Ausfahrt: 16:23 – 17:20

Besonderheiten: -

Bohrung Gt S 7/20 – Injektionsbohrung (Sportplatz)

Koordinaten: **33259605,87; 5951027,47 (UTM 33)** ca. +49,7 m NHN

Datum: 25.11.2022

Referenzpunkt: Rohroberkante (ROK)

Wasserspiegel: 70,66 m u. ROK (nach Temperatur)

Zieltiefe: 1.307,84 m u. GOK (BLM)

Geloggte Tiefe: 0 – 1.301,58 m u. ROK

Temperatur: **56,57 °C in 1.301,58 m u. ROK**

Mittl. geoth. Gradient 36,5 °C/km

Einfahrtgeschwindigkeit: 5 m/min bis 1.182 m, dann 2 m/min bis Endteufe der Messung

Einstellungsgrund: Bei 1301,6 m wurde ein Zugkraftverlust festgestellt, daher wurde die Messfahrt beendet.

Einfahrt: 11:07 – 15:50

Ausfahrt: 15:55 – 16:45

Besonderheiten: Bei der Ausfahrt ist die Sonde ölig-verklebt (Siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Die Messsonde war nach Sondenausfahrt aus der Bohrung Gt S7/20 zum Teil stark ölig verklebt

4. Thermisch-hydraulisches Messprogramm an Bohrkernen

Die Kernstrecken der Bohrungen Gt S 6/17 und Gt S 7/20 wurde für die laborative Bestimmung von thermischen (Wärmeleitfähigkeiten und Temperaturleitfähigkeit) und petrophysikalisch-hydraulischen Gesteinseigenschaften (Porosität, Dichte, Permeabilität) beprobt. Die Beprobung erfolgte am 02.09.2021 durch Sven Fuchs, Ben Norden

und Jan-Kristian Piekarski im Kernlager Sternberg des LUNG. Es wurden 24 Bohrkernproben der Bohrung Gt S 6/17 (zwischen 1,102 m und 1,286 m Tiefe) sowie weitere 11 Proben der Bohrung Gt S 7/20 (zwischen 1,172 und 1,305 m Tiefe) entnommen. Insgesamt wurden 35 Proben aufgenommen, lithologisch beschrieben und fotografiert (Fotos im Anhang):

- Gt S 6/17 (1102.65 – 1286.21 m; n = 24), Hettang, n = 9; Triletes, n = 2; Contorta, n = 2; Postera, n = 11
- Gt S 7/20 (1263.79 – 1305.35 m; n = 11), Postera, n = 11

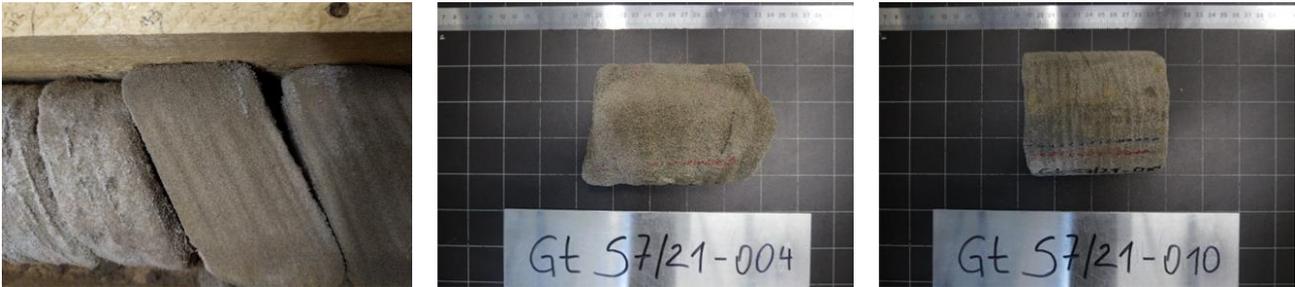


Abbildung 4: Probenbeispiele

An diesen Proben wurden im Labor messtechnisch untersucht (siehe auch Abbildung 5):

- die Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit mittels optischer Messung (Thermal Conductivity Scanner, TCS) an der Probenstirnfläche (Tensor in Richtung der Kernachse) und am Probenmantel (Tensor in der horizontalen Ebene, senkrecht zur Probenzylinderachse). Diese Messungen wurden unter ambienten Laborbedingungen und unter trockenen und saturierten Bedingungen (entionisiertes Wasser und Isooctan für die Tone) durchgeführt. Es wurden jeweils drei Wiederholungsmessungen durchgeführt.
- Die Massen unter getrockneten, gesättigten und getauchten Bedingungen wurden genutzt um die Matrixdichte, die wassergesättigte Gesamtdichte und die Porosität mittels Tauchwägung (Archimedes) zu bestimmen.
- die Luft-Permeabilität an getrockneten Proben mittels Tiny-Perm-Hand-Permeameter. Es wurden jeweils drei Wiederholungsmessungen durchgeführt.



Abbildung 5: Markierungen für die Dokumentation der Messrichtungen bei der Bestimmung der thermischen Eigenschaften mit der TCS Apparatur (links) und Durchführung von TinyPerm-Messungen auf den Kernen (rechts)

Die Ergebnisse zum thermisch-hydraulischen Bohrkernmessprogramm sind im Anhang 3 gelistet. Reportiert sind die ct-Messungen (Tensor parallel zur Bohrkernachse). Sehr geringe Anisotropien von im Mittel 1,04 wurden für die Sandsteine ermittelt, die Mantel-Messungen sind daher nicht reportiert.

5. Zusammenfassung

Es gelang in beiden Bohrungen ein Temperatur-Telemetrie-Messprogramm durchzuführen. Die erfassten Temperaturen sind von hoher Qualität und konnten durch die ebenfalls erfasste natürliche Radioaktivität der Gesteine (GR-Log) mit den bereits vorliegenden Bohrlochmessungen von 2017 bzw. 2020 teufenkorreliert werden. Die dargestellten Messdaten sind auf Geländeoberkante referenziert.

Die petrophysikalischen Eigenschaften wie Dichte und Porosität zeigen für den Reservoirbereich veränderte Eigenschaften im Vergleich zu den Messungen die im Zuge der Kernanalyse durch GTN unmittelbar nach Kerngewinnung durchgeführt wurden. Im Vergleich zu den Messdaten von GTN sind unsere Gesteinsdichten leicht erhöht und die Porositäten reduziert. Wir interpretieren diese als eine lagerungsbedingte, künstliche Ausfällung von Salzen und damit einhergehender Porositätsreduktion auf Grund der salzhaltigen Spülung (Die Kerne wurden nicht gespült und gewaschen). Die gemessenen thermischen Eigenschaften (i.e. Wärmeleitfähigkeit) zeigen demzufolge verhältnismäßig hohe Werte, welche in Bezug auf die veränderten Porositätsdaten nur korrigiert verwendet werden sollten.

6. Haftungseinschränkung

Das GFZ übernimmt keinerlei Gewährleistung für die Eignung der Daten für die beim Nutzer vorgesehene Verwendung.

7. Datenbeschreibung

Logging-Daten

Die Logging-Daten liegen für jede Bohrung als txt-Datei vor:

- data_temp_logging_2022_Gt6.txt
- data_temp_logging_2022_Gt7.txt

Tabelle 1: Logging-Daten-Struktur

Spalte	Einheit	Beschreibung
Teufe	m	Teufe
Temp	°C	Temperaturwert Logging
gradT	°C/km	Temperaturgradient
GR	cps	Radioaktivität, Gamma-Log
CCL	mV	Casing Collar Locator, elektromagnetische Messung der Metallstärkenänderung der Verrohrung
Accel	g	Beschleunigung
Speed	m/min	Einfahrtgeschwindigkeit
Zugkraft	*10 N	Zugkraft an Winde

Labor-Daten

Die Kern-Messungen liegen für die beiden Bohrungen als txt-Datei vor:

- data_Labor_Ergebnisse.txt

Tabelle 2: Labor-Daten-Struktur

Spalte	Einheit	Beschreibung
#	-	Lfd. Nummer
Probe	-	Probenbezeichnung
Tiefe top	m	Tiefe der Oberkante der Probe
Haupt-Lithologie	-	Gesteinstyp Hauptkomponente
Stratigraphie	-	Stratigraphische Formation
Dichte.mat	g/cm ³	Dichte der Gesteinsmatrix
Dichte.sat	g/cm ³	Dichte der wassergesättigten Gesteinsprobe
Porosität	%	Porenanteil
WLF.tro.mean	W/(mK)	Wärmeleitfähigkeit trocken Mittelwert (entlang der Messlinie über alle Wiederholungen)
WLF.tro.sd	W/(mK)	Wärmeleitfähigkeit trocken Mittelwert der Standardabweichung (1σ) von WLF.tro.mean (entlang der Messlinie über alle Wiederholungen)
WLF.sat.mean	W/(mK)	Wärmeleitfähigkeit gesättigt Mittelwert (entlang der

		Messlinie über alle Wiederholungen)
WLF.sat.sd	W/(mK)	Wärmeleitfähigkeit gesättigt Mittelwert der Standardabweichung (1σ) von WLF.sat.mean (entlang der Messlinie über alle Wiederholungen)
TLF.tro.mean	mm ² /s	Temperaturleitfähigkeit trocken Mittelwert (entlang der Messlinie über alle Wiederholungen)
TLF.tro.sd	mm ² /s	Temperaturleitfähigkeit trocken Mittelwert der Standardabweichung (1σ) von TLF.tro.mean (entlang der Messlinie über alle Wiederholungen)
TLF.sat.mean	mm ² /s	Temperaturleitfähigkeit gesättigt Mittelwert (entlang der Messlinie über alle Wiederholungen)
TLF.sat.sd	mm ² /s	Temperaturleitfähigkeit gesättigt Mittelwert der Standardabweichung (1σ) von TLF.sat.mean (entlang der Messlinie über alle Wiederholungen)
Perm.mean	mD	Permeabilität (Mittelwert aus 5 Messungen)
Perm.sd	mD	Standardabweichung (1σ) des Mittelwerts

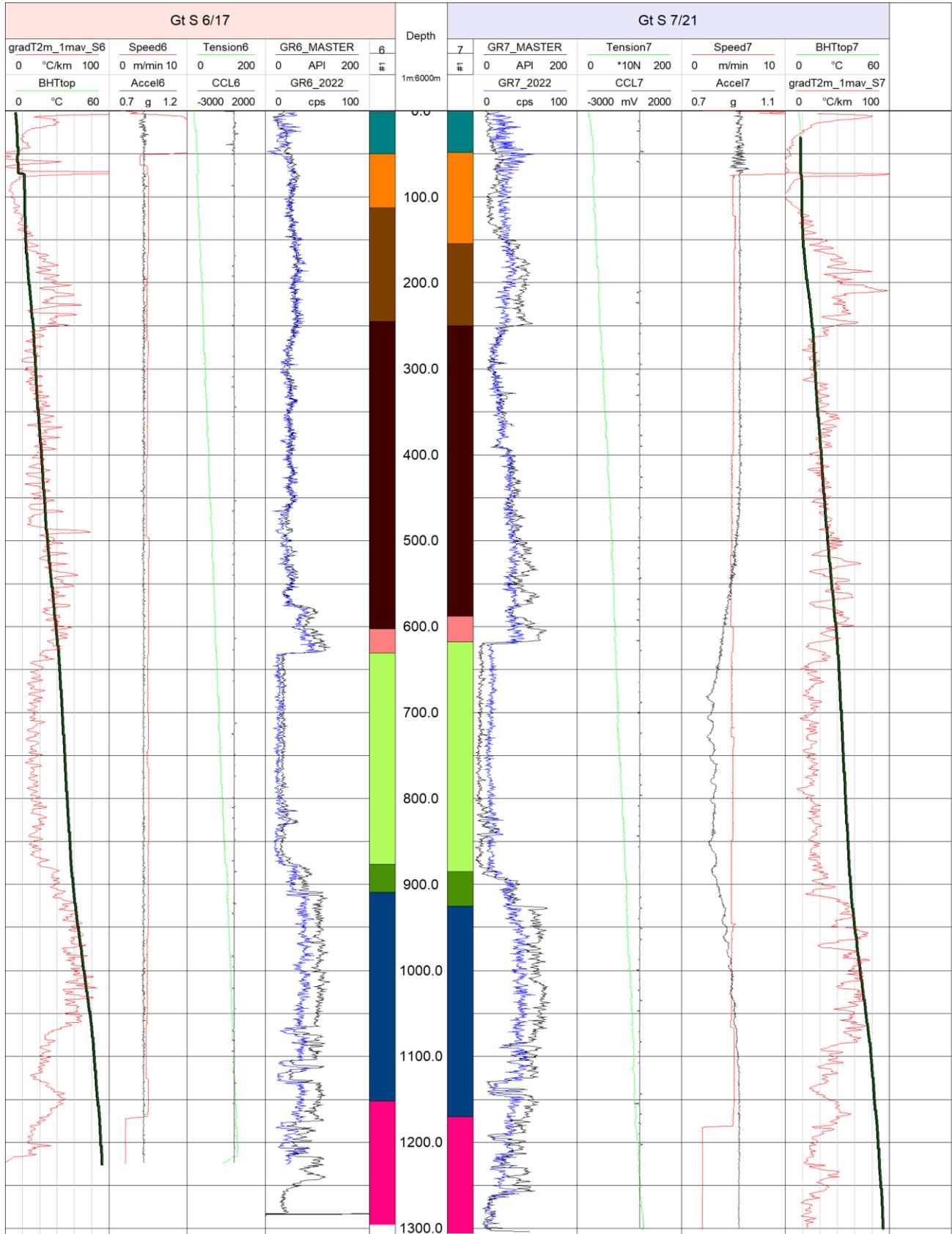
8. Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Profile der Bohrungen Gt S 6/17 und Gt S 7/21

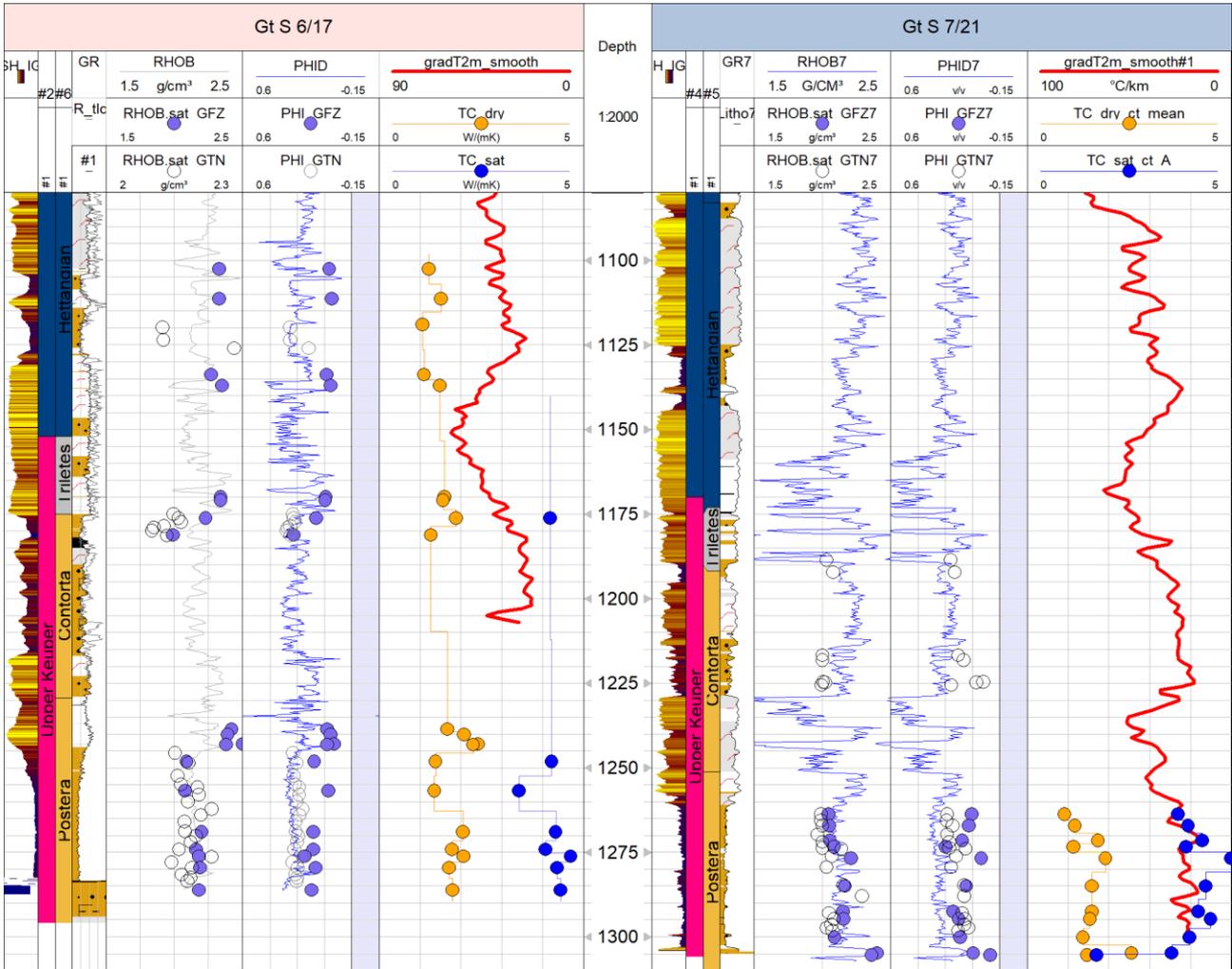
Anlage 2: Reservoirprofile

Anlage 3: Probenliste

Anlage 1: Profile der Bohrungen Gt S 6/17 und Gt S 7/20



Anlage 3: Reservoir-Profil (1.080 – 1.310 m)



Anlage 4: Probenliste

#	Probe	Tiefe top m	Haupt-Lithologie	Stratigraphie/Dichte.mat		Porosität %	WLF.tro.me: WLF.tro.sd W/(mK)	WLF.sat.me: WLF.sat.sd W/(mK)	TLF.tro.me:ar TLF.tro.sd mm ² /s	TLF.tro.me:ar TLF.tro.sd mm ² /s	TLF.sat.me:ar TLF.sat.sd mm ² /s	TLF.sat.me:ar TLF.sat.sd mm ² /s	Perm.mean mD	Perm.sd mD		
				Dichte.sat g/cm ³	Dichte.mat g/cm ³											
1	Gt-S6/17-001	1286.21 fs-mS	Postera	2.51	2.18	22.2%	1.80	0.19	4.43	0.03	1.09	1.02	0.19	4272.2	5882.7	
2	Gt-S6/17-002	1276.04 mS-fS	Postera	2.58	2.18	25.6%	2.07	0.17	4.69	0.16	1.18	0.22	1.03	0.16	441.7	251.0
3	Gt-S6/17-003	1279.51 fs	Postera	2.49	2.19	20.1%	1.72	0.07	4.35	0.06	1.09	0.11	0.88	0.25	2261.1	10148.4
4	Gt-S6/17-004	1274.18 mS-fS; Sandmergel	Postera	2.47	2.16	20.6%	1.78	0.12	4.07	0.01	1.12	0.13	1.17	0.16	13994.4	125530.0
5	Gt-S6/17-005	1268.96 sand	Postera	2.51	2.20	20.5%	2.05	0.11	4.31	0.07	1.32	0.11	1.17	0.15	2194.4	7351.9
6	Gt-S6/17-006	1256.79 fs	Postera	2.23	2.08	12.7%	1.35	0.11	3.42	0.07	1.02	0.11	1.04	0.15	6388.9	29156.0
7	Gt-S6/17-007	1248.16 fs	Postera	2.38	2.09	20.6%	1.38	0.37	4.22	0.03	0.89	0.39	0.82	0.2	794.4	653.2
8	Gt-S6/17-008	1243.15 Tst	Postera	2.64	2.38	13.4%	2.30	0.07	-	-	1.20	0.17	-	-	28.4	187.9
9	Gt-S6/17-009	1242.95 Tst	Postera	2.97	2.75	9.8%	2.42	-	-	-	1.24	-	-	-	0.2	1.2
10	Gt-S6/17-010	1240.21 Tst	Postera	2.62	2.39	11.8%	2.09	-	-	-	1.01	-	-	-	3.7	16.7
11	Gt-S6/17-011	1238.65 Tst	Postera	2.69	2.42	13.4%	1.68	-	-	-	0.90	-	-	-	0.2	1.3
12	Gt-S6/17-012	1181.19 fs	Contorta	2.60	1.99	31.8%	1.27	-	-	-	0.91	-	-	-	8069.4	69999.7
13	Gt-S6/17-013	1176.16 fs	Contorta	2.52	2.23	19.4%	1.89	0.14	4.19	0.08	1.17	0.18	1.05	0.2	663.9	1761.2
14	Gt-S6/17-014	1171 Tst, heterolithische WL	Trilettes	2.63	2.34	14.5%	1.56	0.15	-	-	0.85	0.16	-	-	27.9	231.6
15	Gt-S6/17-015	1170 Tst, heterolithische WL	Trilettes	2.61	2.34	14.2%	1.60	-	-	-	0.91	-	-	-	1.2	7.9
16	Gt-S6/17-017	1137.25 Silt-Tonstein	Hettang	2.58	2.35	11.8%	1.48	-	-	-	0.90	-	-	-	0.1	0.4
17	Gt-S6/17-018	1133.84 Siderit	Hettang	2.53	2.27	13.9%	1.10	-	-	-	0.79	-	-	-	2.5	18.6
18	Gt-S6/17-023	1111.33 Silt-Tonstein; Heterolith	Hettang	2.54	2.33	11.0%	1.52	-	-	-	0.97	-	-	-	0.0	0.0
19	Gt-S6/17-024	1102.65 Siltstein	Hettang	2.57	2.33	12.4%	1.21	-	-	-	0.91	-	-	-	0.1	0.5
20	Gt-S7/20-001	1305.05 Tonstein	Postera	2.46	2.36	5.4%	1.47	0.02	-	-	0.7	0.02	-	-	136.4	1950.7
21	Gt-S7/20-002	1304.75 Silt-Tonstein	Postera	2.69	2.40	14.5%	2.55	0.02	-	-	1.27	0.04	-	-	4.6	31.2
22	Gt-S7/20-003	1300.08 fs	Postera	2.39	2.09	21.9%	1.37	0.01	3.97	0.02	1.14	0.05	1.1	0.04	1622.2	1993.7
23	Gt-S7/20-004	1294.84 gS	Postera	2.49	2.15	22.6%	1.53	0.02	4.48	0.11	1.03	0.02	0.92	0.06	12438.9	55610.5
24	Gt-S7/20-005	1292.55 mS	Postera	2.55	2.15	25.6%	1.59	0.02	4.19	0.07	1.13	0	1.16	0.03	858.3	2534.4
25	Gt-S7/20-006	1285.02 fs	Postera	2.43	2.17	18.4%	1.58	0.04	4.37	0.18	1.01	0.01	1.16	0.18	436.1	354.5
26	Gt-S7/20-007	1276.7 mS	Postera	2.35	2.21	10.0%	1.91	0.02	4.98	0.23	1.04	0.02	0.81	0.15	5169.4	16582.5
27	Gt-S7/20-008	1273.35 fs	Postera	2.54	2.08	29.8%	1.14	0.02	3.88	0.02	1.85	0.02	0.93	0.05	8788.9	10173.2
28	Gt-S7/20-009	1271.55 fs	Postera	2.33	2.05	20.6%	1.74	0.01	4.29	0.11	1.22	0.02	1.03	0	4208.3	4523.6
29	Gt-S7/20-010	1267.06 fs	Postera	2.26	2.05	16.8%	1.16	0.01	3.94	0.04	0.93	0.01	0.91	0.02	11083.3	47849.8
30	Gt-S7/20-011	1263.68 fs	Postera	2.24	2.04	15.5%	0.92	0.01	3.69	0.1	0.48	0.02	0.88	0.02	11797.2	20641.5