



Bundesamt für Strahlenschutz

Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	56332000	HF	RB	0020	00	Stand: 08.08.2016

Titel der Unterlage:
TEMPERATURMESSUNGEN IN DER EBRG. 700-2

Ersteller:
BGR

Stempelfeld:

Freigabe durch bergrechtlich verantwortliche Person:	Freigabe durch atomrechtlich verantwortliche Person:	Freigabe PL:	Freigabe zur Anwendung:
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift	Datum und Unterschrift

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.



Bundesamt für Strahlenschutz

Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	B2531724 00 U	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN		Stand: 08.08.2016
9A	56332000	HF	RB	0020	00		

Titel der Unterlage:
TEMPERATURMESSUNGEN IN DER EBRG. 700-2

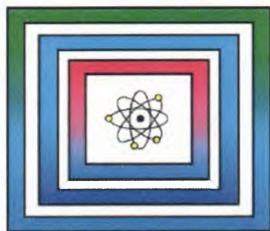
Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer	Rev. Seite	Kat.*	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
Kategorie S = substantielle Änderung
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden

Projekt Asse

9A5633200000

Temperaturmessungen in der
EBrg. 700-2



Ergebnisbericht

Hannover, August 2016

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE
HANNOVER

Projekt Asse

Geophysikalische Untersuchungen (ohne EMR) unter Tage

Temperaturmessungen in der EBrG. 700-2

Ergebnisbericht

Autor:

Auftraggeber:	Bundesamt für Strahlenschutz
Auftragsnummer:	9A5633200000/9A/56332000/HF/ RB/0020/00
Geschäftszeichen:	B3.5/B50152-08/2016-0002/001
Datum:	08.08.2016
TK-Nummer:	TK 25 3830 Schöppenstedt

Im Auftrag:

Geologisch-geotechnische Erkundung

Inhaltsverzeichnis	Seite
Verkürzte Zusammenfassung	3
1 Vorgang	4
2 Messsystem und Durchführung	4
2.1 Messsystem	4
2.2 Durchführung der Messung	5
3 Zusammenfassung der Ergebnisse	5
4 Schlussfolgerungen	9
Literaturverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis	12
Tabellenverzeichnis	13
Abbildungsverzeichnis	14

Gesamtblattzahl: 14

Verkürzte Zusammenfassung

Autor:

Titel:

Temperaturmessungen in der EBrG. 700-2

Schlagwörter:

Asse, Bohrung, Salzstruktur, Temperatur

Im Rahmen des Asse-Arbeitspaketes 9A5633200000, Geophysikalische Untersuchungen (ohne EMR) unter Tage, wurde im Juni 2016 eine Temperaturmessung in der EBrG. 700-2 durchgeführt. Diese Messung stellt den Versuch dar, potenzielle Laugenzuflüsse in die Bohrung anhand einer thermischen Signatur zu identifizieren. Es wurden zwei auffällige Strukturen in der Temperaturmesskurve erkannt, die allerdings keine eindeutige Zuordnung auf einen lokalen Laugenzufluss zulassen.

1 Vorgang

Das Erkundungsprogramm durch Bohrungen östlich des Grubengebäudes der Asse umfasst neben der vertikalen Bohrung Remlingen 15 je zwei horizontale Bohrungen von der 574-m-Sohle und der 700-m-Sohle. Der Ansatzpunkt der Erkundungsbohrung EBrG. 700-2 liegt im Osten der 700-m-Sohle in einem Bohrrort direkt vor dem verfüllten Dammbauwerk hinter der Abzweigung zum Gesenk 10. Im Zuge des Stoßens der EBrG. 700-2 wurde der Zutritt von Lösung in die Bohrung festgestellt. Die Aufnahme eines Temperaturprofils entlang der Bohrungsachse stellt einen Versuch dar, Hinweise auf die Lokation von Lösungszutritten anhand thermischer Veränderungen im Bohrlochfluid zu finden.

2 Messsystem und Durchführung

2.1 Messsystem

Die Komponenten des eingesetzten Messsystems sind in Tab. 2.1 zusammengestellt. Die eigentlichen Messwerte sind elektrische Widerstände (Platin-Fühler), die mittels einer Kalibrierung in Temperaturen umgerechnet werden. Die Kalibrierung des Gesamtsystems erfolgte im Nachgang der Messung am 15.06.2016 unter Verwendung eines geeichten Präzisions-Temperaturmessgeräts vom Typ KELVIMAT 4323. Eine ausführliche Beschreibung zum Messsystem und der Kalibrierung findet man bei FURCHE et al. (2013).

Tab. 2.1: Komponenten des eingesetzten BGR- Temperaturmesssystems

Kurzbezeichnung	Beschreibung
TB-A-1	Temperatur-Bohrlochsonde ($\varnothing=40$ mm) mit einem zentralen Messfühler (PT200), Länge 0,75 m, Distanz Sondenspitze – Sensorspitze 0,16 m
KI2001-1	Digitalvoltmeter
BGR_KAB-3	Kabeltrommel, 320 m 7-adriges Messkabel
	Messrechner
GSC 2/2.0	Aluminium-Schubgestänge, manuell verfahren

Während der Messung werden zwei Dateien geschrieben:

- Alle drei Sekunden wird ein Messwert erfasst und mit dem Zeitstempel abgespeichert. Diese Messwerte werden gleichzeitig in Temperaturen umgerechnet und grafisch auf dem Messrechner dargestellt.

- Die Stabilisierung der Temperaturwerte nach Vorschub der Sonde auf einen neuen Teufenpunkt wird anhand der Grafik beobachtet. Die Speicherung des Messwerts für den spezifischen Teufenpunkt wird manuell per Tastendruck ausgelöst. Dabei werden immer drei Werte mit einem zeitlichen Abstand von einer Sekunde abgespeichert, um zusätzlich ein Maß für die Variation der Messwerte zu erhalten. In dieser Datei wird der Temperaturwert mit der Bohrlochteufe verknüpft.

2.2 Durchführung der Messung

Die Messung erfolgte am 01.06.2016 zwischen 14.00 Uhr und 20.00 Uhr. Nach dem Aufbau des Messsystems einschließlich Funktionstest wurde die Sonde (Bezugspunkt Sensorspitze) auf eine Bohrlochteufe 0,12 m (Bezugspunkt Stoßebene) geschoben. Bis in eine Bohrlochteufe von 150,12 m wurde mit einem Teufenpunktabstand von 2 m gearbeitet (entspricht manuellem Vorschub der Länge eines einzelnen Gestängeelements), danach wurde auf einen Teufenpunktabstand von 1 m verkürzt. Eine weitere Verfeinerung des Abstandes auf 0,5 m wurde aufgrund der gemessenen Temperaturdaten ab einer Teufe von 243,12 m vorgenommen. Mit diesem Abstand wurde bis zur Endteufe verfahren, die bei 254,12 m lokalisiert wurde (letzter Messpunkt 253,96 m). Zur Verifizierung der Daten des letzten Teufenabschnitts ab 243,12 m wurde das Gesamtsystem bis auf eine Bohrlochteufe von 240,12 m ohne Demontage von Gestängeelementen herausgezogen und 15 Minuten abgewartet. Danach folgte eine Nachmessung des Bereichs 240,12 m bis 253,96 m mit einem Datenpunktabstand von 1 m.

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die dargestellte Stratigraphie (vgl. Tab. 3.1) ist den Bohrkernbeschreibungen aus den Tagesberichten der Firma GeoService GmbH (GEOSERVICE, 2016) entnommen und als vorläufig anzusehen.

Tab. 3.1: Vorläufige Stratigraphie der EBrG. 700-2 nach GEOSERVICE (2016)

Top (m)	Basis (m)	Stratigraphie/Ausbau
0,0	21,0	Standrohr
21,0	160,5	Liniensalz bis Buntes Salz
160,5	186,9	Anhydritmittelsalz
186,9	191,0	Anhydritmittel
191,0	194,3	Anhydritmittelsalz
194,3	198,8	Anhydritmittel
198,8	208,0	Anhydritmittelsalz
208,0	254,0 ; Endteufe	Anhydritmittel

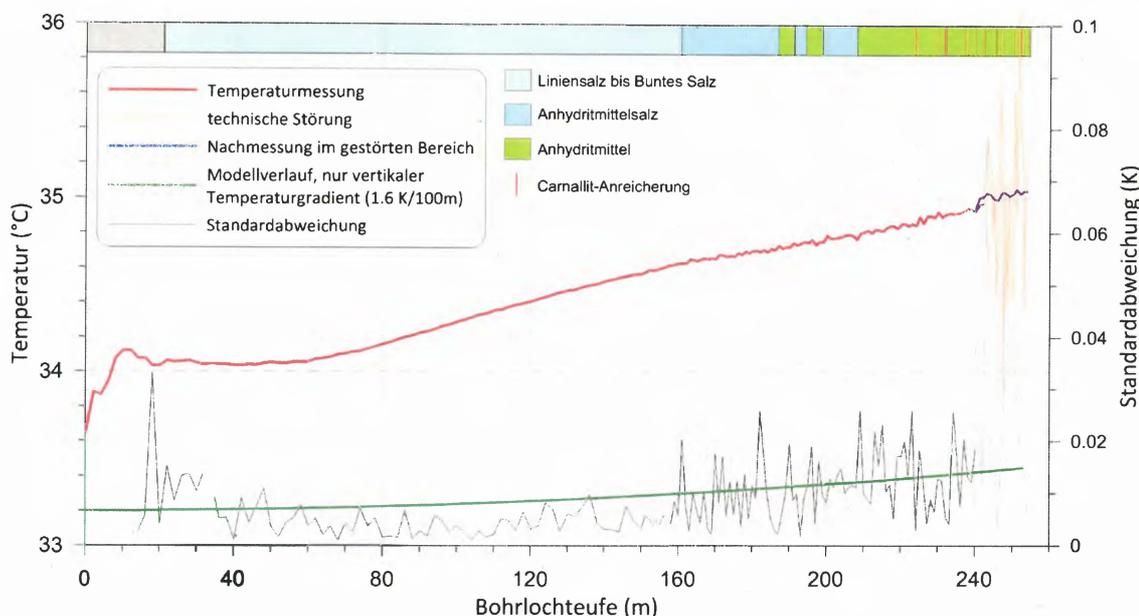


Abb. 3.1: EBrG. 700-2, Temperaturverlauf entlang der Bohrlochachse

Die Abb. 3.1 zeigt die gemessene Temperaturkurve. Ab einer Teufe von 243,12 m sind sehr große Variationen der Temperatur mit Amplituden bis zu 1 K zu erkennen. Dies ist auf ein technisches Problem zurückzuführen. Die Nachmessung nach einem Neustart des Messsystems in dem betreffenden Bereich zeigt zwar Variationen, allerdings mit deutlich kleineren Amplituden im Bereich von einigen 1/100 K. Weitere Kurven in der Abb. 3.1 sind ein berechneter Modellverlauf, der, ausgehend von einem Startwert von 33,2 °C, nur einem vertikalen Temperaturgradienten von 1,6 K/100m unter Berücksichtigung des vorläufigen Bohrlochverlaufs folgt, sowie die Standardabweichung als Maß für die Variabilität der gemessenen Werte. Der Wert des vertikalen Temperaturgradienten wurde mit Hilfe des Temperaturlogs aus der Erkundungsbohrung Remlingen 15 abgeschätzt (vgl. Abb. 3.2), ebenso das Niveau der Modellkurve. Im Nachgang hat sich allerdings herausgestellt, dass dieses Temperaturprofil direkt nach Abschluss der Bohrtätigkeiten und einem Spülsaustausch aufgenommen wurde (TERRATEC, 2016, Messzeitpunkt: 13.04.2014). Deswegen muss von einem deutlich gestörten Umfeld ausgegangen werden, so dass eine realistische Abschätzung sowohl des Temperaturniveaus als auch der vorliegenden Temperaturgradienten nach dieser Datenlage nicht möglich ist.

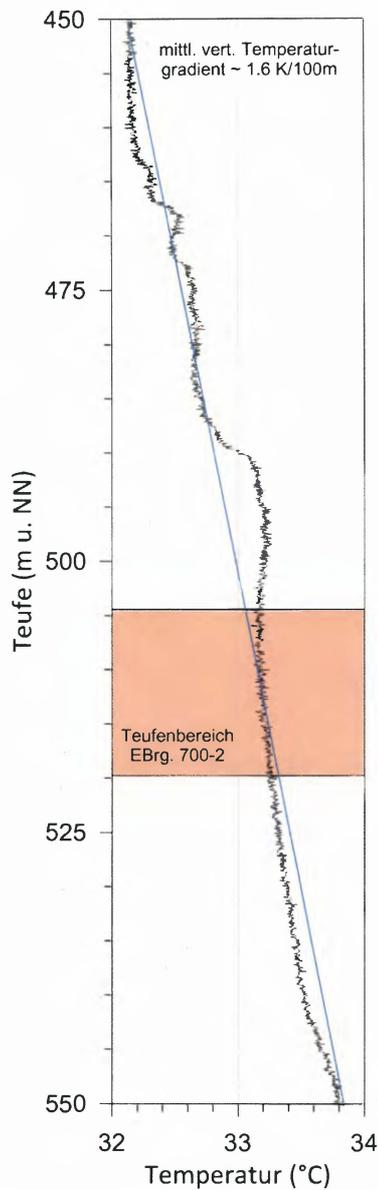


Abb. 3.2: Temperatur-Log in der Erkundungsbohrung Remlingen 15

Als wesentliche Beobachtungen lassen sich zusammenfassen (vorbehaltlich der eingeschränkten Verwendbarkeit der Vergleichsdaten aus der Erkundungsbohrung Remlingen 15):

- Alle gemessenen Temperaturen sind deutlich größer als erwartet ($\Delta T > 0,8 \text{ K}$, als Vergleich diene das vertikale Temperatur-Log in der Erkundungsbohrung Remlingen 15)
- Die Steigung der Temperaturkurve insbesondere im Bereich nach 80 m ist deutlich größer als der Modellverlauf, der ausschließlich einen vertikalen Gradienten berücksichtigt.

- Ab einer Bohrlochteufe von ca. 160 m wird die Variabilität der Messwerte größer.

Zur genaueren Untersuchung des Steigungsverhaltens ist in Abb. 3.3 der Teufenbereich von 80 m bis 243,12 m dargestellt. Man erkennt deutlich eine Abflachung der Messkurve nach 160 m. Beide Äste lassen sich mittels linearer Regression durch Geraden anpassen, dabei verringert sich der Temperaturgradient entlang der Bohrlochachse um mehr als 2 mK/m. Zusätzlich erkennt man einen Sprung in der Temperaturkurve für den Teufenbereich ab ca. 225 m. Dieser Bereich liegt oberhalb der Regressionsgeraden des vorangegangenen Bereichs und ist etwas steiler. Ein gleichzeitiger Wechsel in der Geologie liegt nicht vor.

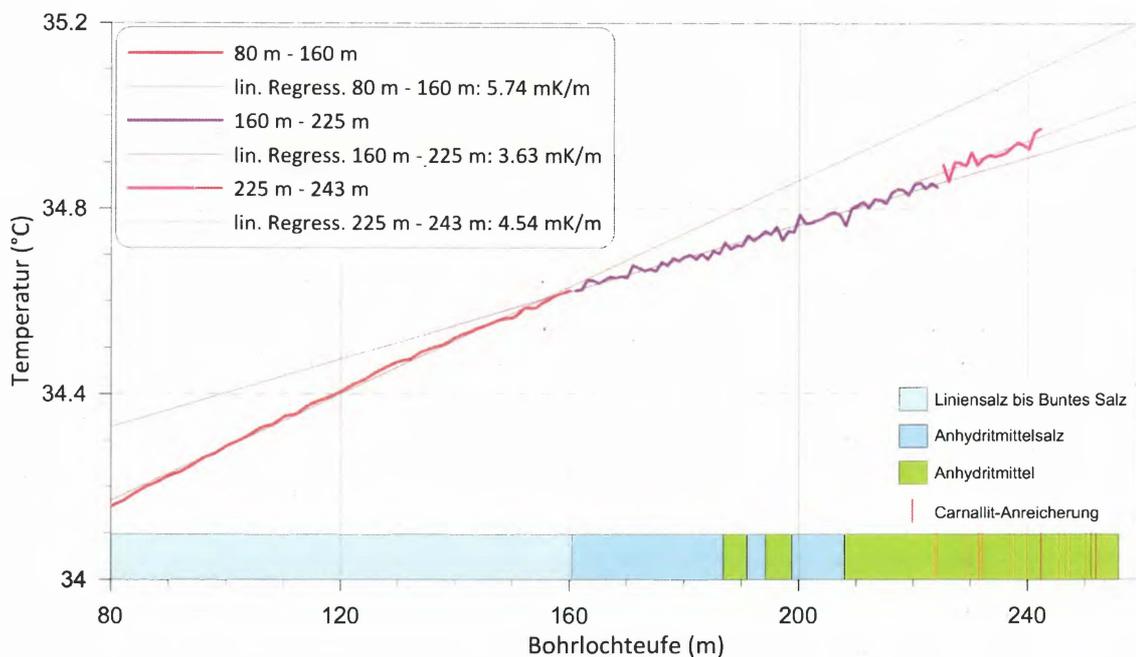


Abb. 3.3: EBrG. 700-2, Ausschnitt des Temperaturverlaufs entlang der Bohrlochachse im Bereich 80 m bis 243 m

Die Abb. 3.4 konzentriert sich auf den Teufenbereich von 200 m bis Endteufe und dient zur Darstellung des in Abb. 3.3 beobachteten Temperatursprungs bei 225 m. Hier ist zusätzlich die Kurve der Wiederholungsmessung berücksichtigt, obwohl man durch das zweifache Befahren von thermisch gestörten Bedingungen ausgehen muss. Die Darstellung der Messwerte erfolgt mit einem gleitenden Mittel über 5 Werte. Deutlich zu erkennen ist der Temperatursprung ab ca. 225 m Teufe, die Temperaturdifferenz beträgt hier 0,025 K. Ein weiterer Temperatursprung von etwa 0,05 K ist bei 243 m Teufe zu erkennen. Die Steigungen der Regressionsgeraden in den drei Sektoren sind ähnlich. Auffällig ist, dass die Temperatursprünge in dem Bereich auftreten, in dem im Rahmen der Bohrkernbeschreibungen eine Vielzahl von Carnallit-Einschlüssen im Anhydrit identifiziert worden sind.

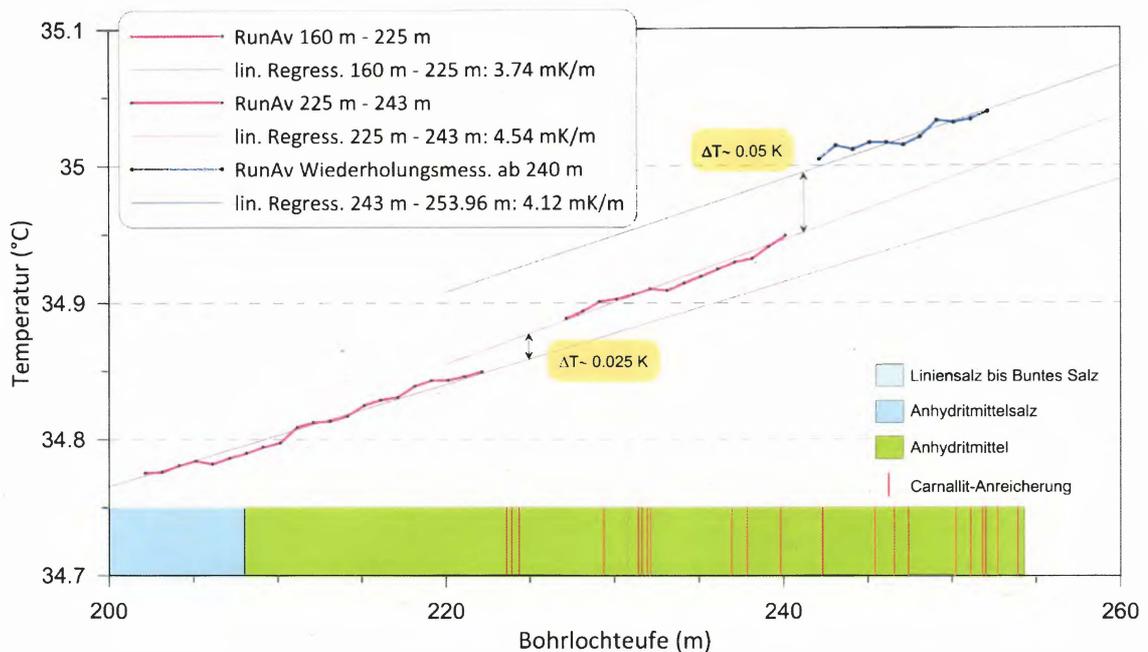


Abb. 3.4: EBrG. 700-2, Detailausschnitt des Temperaturverlaufs für den Bereich ab 200 m

4 Schlussfolgerungen

- Die beobachteten Temperatursprünge bei 225 m bzw. 243 m sind die einzigen thermischen Indikatoren für potentielle Zuflüsse von Lösung in die Bohrung, ohne diese dadurch eindeutig räumlich abzugrenzen. Aufgrund der nicht ausreichenden Datenlage kann nicht abgeschätzt werden, ob das Temperaturniveau oder der gemessene Temperaturgradient durch den Fluidzufluss gegenüber den lokalen Verhältnissen geändert wurde. Ein ungestörtes Temperaturlog in der Erkundungsbohrung Remlingen 15 würde dazu belastbare Hinweise liefern.
- Die diskrete Änderung der Steigung der Temperaturkurve im Bereich von 160 m scheint geologisch bedingt, da dort der Übergang in das Anhydritmittelsalz erfolgt. Ursache könnten geringfügige Änderungen der Wärmeleitungseigenschaften sein.
- Die Variabilität nimmt ab der Teufe von 160 m ebenfalls zu, allerdings suggeriert die Kurve der Standardabweichung aus Abb. 3.1 eine sprunghafte Zunahme. In Abb. 4.1 ist der Verlauf der Temperatur als Funktion der Messzeit dargestellt. Die obere Teilabbildung zeigt die Temperatur (rote Kurve) bis zum Eintritt der technischen Störung bei 243 m sowie die zur Messzeit erreichte Bohrlochteufe (blaue Kurve). Die untere Teilabbildung zeigt den Ausschnitt für den Teufenbereich von ca. 145 m bis 210 m. In der Temperaturkurve des Ausschnitts ist eine kontinuierliche Zunahme der Variationen über den gesamten Bereich zu beobachten. Ursache könnten turbulente Strömungen mit abnehmender Tendenz zu geringerer Bohrlochteufe sein.

Während der Öffnungszeit der Bohrung für die Temperaturmessung ist eine Lösungsmenge von 294 l gefasst worden (ASSE GMBH, 2016). Das durch den Einbau der Messeinrichtung (Sonde + Gestänge) verdrängte Volumen kann auf ca. 120 l abgeschätzt werden. Der Gesamthalt der Bohrung ergibt sich zu 1916 l. Damit sind während der Messung etwa 15% des Gesamthalts ausgetreten, dementsprechend muss von einer weitgehenden Störung/Bewegung der Fluidsäule ausgegangen werden, die sich in der für eine Messung in einem Fluid relativ großen Varianz der Messwerte widerspiegelt.

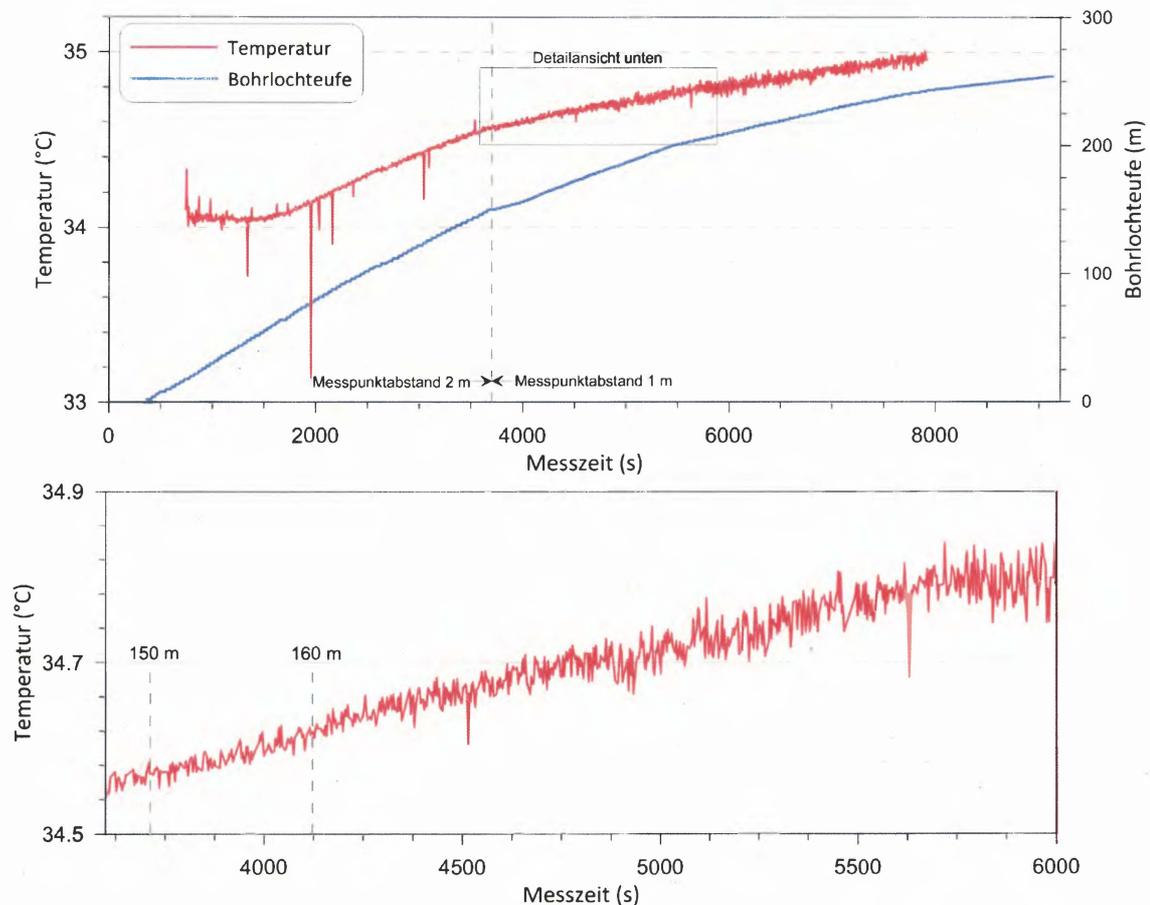


Abb. 4.1: EBrG. 700-2, Verlauf der Temperatur als Funktion der Messzeit

Literaturverzeichnis

ASSE GMBH (2016): Erkundung Schacht 5, Bohrung Ebrg. 700-2, Messwerte Bohrlochdruck und Lösungsmenge.

(2013): Projekt Gorleben: Temperaturmessungen in Bohrungen im Erkundungsbereich 1 - Ergebnisbericht. BGR Hannover. Bericht im Auftrag des BfS.

GEOSERVICE (2016): Geologischer Tagesbericht Nr. 25 für die Erkundungsbohrung Ebrg. 700-2 vom 17.02.2016, GeoService GmbH, Georgsdorf. Bericht im Auftrag der Asse GmbH

TERRATEC (2016): Geophysikalische Messungen in der Erkundungsbohrung Remlingen 15 – Abschlussbericht. Terratec Büro f. Geologie und Geophysik, Heitersheim. BfS-KZL 9A/23440000/HF/RB/0011/00

Abkürzungsverzeichnis

BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
EBrG.	Erkundungsbohrung
EMR	Elektromagnetische Reflexion
Log	Bohrlochmesskurve
K	Kelvin
PT200	Platin-Widerstandsthermometer mit einem Nennwiderstand von 200 Ohm
T	Temperatur
°C	Grad Celsius
ΔT	Delta T, Temperaturänderung

Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 2.1: Komponenten des eingesetzten BGR- Temperaturmesssystems.....	4
Tab. 3.1: Vorläufige Stratigraphie der EBrG. 700-2 nach GEOSERVICE (2016).....	5

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 3.1: EBrG. 700-2, Temperaturverlauf entlang der Bohrlochachse	6
Abb. 3.2: Temperatur-Log in der Erkundungsbohrung Remlingen 15	7
Abb. 3.3: EBrG. 700-2, Ausschnitt des Temperaturverlaufs entlang der Bohrlochachse im Bereich 80 m bis 243 m	8
Abb. 3.4: EBrG. 700-2, Detailausschnitt des Temperaturverlaufs für den Bereich ab 200 m	9
Abb. 4.1: EBrG. 700-2, Verlauf der Temperatur als Funktion der Messzeit	10