

Geochemische Untersuchungen des Tiefenwassers während des Leistungstestes
Bohrung Schwerin Gt S6/17

BERICHT

Bestellung:	07.01.2019
Auftraggeber:	Schulze Druckmessungen
Bearbeitungszeitraum:	18.01.2019 bis 11.02.2019
Textumfang:	12
Tabellen:	6
Abbildungen:	3
Anhang:	1 (Probenahmeprotokolle)
Bearbeiter:	Dr. Andrea Seibt

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbemerkung	3
2.	Ergebnisse Kopfproben	4
2.1.	Vor-Ort-Parameter	4
2.2.	Wasserinhaltsstoffe.....	6
3.	Ergebnisse PDS-Proben.....	8
3.1.	Gasgehalt und Gaszusammensetzung	8
3.2.	Vor-Ort-Parameter	10
3.3.	Wasserinhaltsstoffe.....	10
4.	Radioaktivität.....	12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zeitliche Vor-Ort-Parametererfassung am 22.01.2019	4
Abbildung 2:	Zeitliche Vor-Ort-Parametererfassung am 24.01.2019	5
Abbildung 3:	Entgasungsapparatur	8

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Vor-Ort-Parameter- der 3 Kopfproben	5
Tabelle 2:	Analysenergebnisse Kopfproben	7
Tabelle 3:	Gaszusammensetzung der Proben Gt S6/17-20190123-PDS I und PDS II in Vol.-%	9
Tabelle 4:	Gasgehalt und Gaszusammensetzung (mit gelöstem Kohlendioxid im entgasten Fluid) unter Normbedingungen, luftkorrigiert.....	10
Tabelle 5:	Vor-Ort-Parameter Tiefenproben	10
Tabelle 6:	Analysenergebnisse Tiefenproben	11

1. Vorbemerkung

Die Untersuchung des thermalen Wassers umfasste die Beprobung von Wasserproben gegen Ende des Casinglifttests am 22.01.2019 und während der Flowmetermessung am 24.01.2019.

Folgende Leistungen wurden erbracht:

22.01.2019 und 24.01.2019:

- Online-Messung und Dokumentation von pH-Wert, Redoxpotenzial, Leitfähigkeit, Sauerstoff und Temperatur
- Organoleptische Bewertung
- Erstellung von 4 Probenahmeprotokollen (s. Anhang 1)
- Probenahme von 3 Kopfproben

30.01.2019

- Bestimmung Gas-Wasser-Verhältnis, drei Proben wurden entgast
- Online-Messung und Dokumentation von pH-Wert, Redoxpotenzial, Leitfähigkeit und Temperatur
- Organoleptische Bewertung

Analysenumfang von 5 Proben (3 Kopfproben und 2 PDS-Proben):

- Vor-Ort-Messung von Säurekapazität (KS 4,3) und Basekapazität (KB 8,2)
- Dichte bei T=20°C
- Kationen: Na, K, Mg, Ca, Sr, Ba, Fe(ges.), Mn, NH₄
- Spurenelemente: Cr, Pb, Cu, Zn
- Bor, Si
- Anionen: Chlorid, Bromid, Iodid, Sulfat
- Abdampfrückstand bei 180°C
- Mineralisation
- Gesamt- und Karbonathärte
- H₂S gelöst im Wasser
- TOC

Konditionierung der Proben:

- Anionen ORIGINAL
- Kationen (allg.) Filtration mittels Membranfilter Porenweite 0,45 µm,
Zugabe von HNO₃ Supra Pur (pH<2)
- TOC ORIGINAL in braunen Glasflaschen

Bestimmung der Radioaktivität (natürliche Radionuklide...nRN)

- Natürliche Radionuklide Probe Gt S6/17-2090124-K1 Lifttest: Filtration mittels Membranfilter
Porenweite 8 µm, (700 ml + 3 ml konz. HCl)
Probe Gt S6/17-2090124-K3 -Ende Lifttest (1 Liter + 4 ml konz. HCl)
Probe Gt S6/17-2090123-PDS II (500 ml + 2 ml konz. HCl)
- Radonprobe: Probe Gt S6/17-2090124-K3. ORIGINAL 250 ml Schliffflasche

Bestimmung der Gaszusammensetzung (Ar, O₂, N₂, CO₂, CH₄, H₂, sowie höhere KW (C₁-C₆) und He) von 2 Proben

2. Ergebnisse Kopfproben

2.1. Vor-Ort-Parameter

An beiden Probenahmetagen wurden ca. 100 m³/h Thermalwasser gefördert. Vor Ort wurden der pH-Wert, die Leitfähigkeit, das Redoxpotenzial im Wasser bei einer konstanten Fließrate von 3,5 L/min über einen längeren Zeitraum in einer Messzelle gemessen. In Abbildung 1 und Abbildung 2 sind die Parameter dargestellt.

Die Leitfähigkeit und der pH-Wert des geförderten Fluids ist während des Casinglifttests konstant. Das während der Flowmetermessung geförderte Fluid erreicht erst nach ca. 1 h eine konstante Temperatur von T=50°C. Die Leitfähigkeit und der pH-Wert entsprechen ab dieser Zeit den Werten, die während des Casinglifttestes bestimmten wurden (vgl. Tabelle 1). Die Schwankungen im Redoxpotenzial werden durch die Änderungen des gelösten Sauerstoffes im Fluid hervorgerufen.

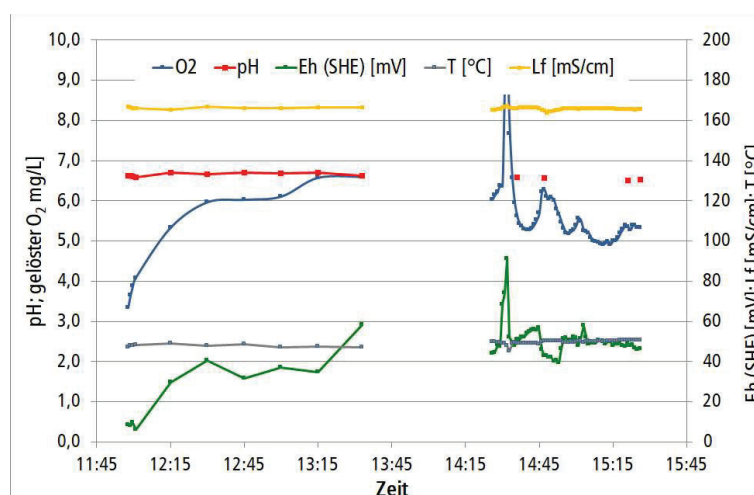


Abbildung 1: Zeitliche Vor-Ort-Parametererfassung am 22.01.2019

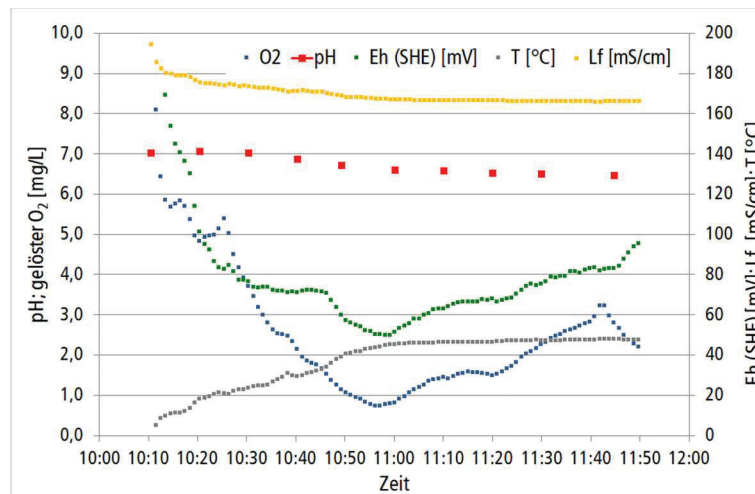


Abbildung 2: Zeitliche Vor-Ort-Parametererfassung am 24.01.2019

Die Untersuchung des thermalen Wassers umfasste die Beprobung von Wasserproben gegen Ende des Casinglifttestes am 22.01.2019 und der Flowmetermessung am 24.01.2019. Die chemisch-physikalischen Eigenschaften des untersuchten Wassers sind in der Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1: Vor-Ort-Parameter- der 3 Kopfproben

Probenbezeichnung		Gt S 6/17- 20190122-K1	Gt S 6/17- 20190122-K2	Gt S 6/17- 20190124-K3
Datum		22.01.2019	22.01.2019	24.01.2019
Uhrzeit	Einheit	14:45 Uhr	15:20 Uhr	11:30 Uhr
Färbung (visuell)		rotbraun	rotbraun	leicht rötlich
Trübung (visuell)		keine	keine	keine
Bodensatz		ja	ja	ja
Geruch		arttypisch	ohne	ohne
Durchflussgeschw.	[L/min]	3,5	3,5	3,5
Probenahmetemperatur	[°C]	49,8	50,4	50,4
pH-Wert		6,57	6,51	6,51
Redoxpotenzial	[mV]	-121,9	-118,5	-120,4
Standardredoxpotenzial Eh (SHE)	[mV]	46±5	49±5	51±5
Spez. elektr. Leitfähigkeit, Lf (25°C)	[mS/cm]	165,2	165,8	166,5
Gel. Sauerstoff	[mg/L]	6,21	5,35	2,26
Säurekapazität (KS 4,3)	[mmol/L]	1,90	1,90	1,65
Basekapazität (KB 8,2)	[mmol/L]	2,80	2,30	2,43

Probenbezeichnung		Gt S 6/17- 20190122-K1	Gt S 6/17- 20190122-K2	Gt S 6/17- 20190124-K3
Datum Uhrzeit	Einheit	22.01.2019 14:45 Uhr	22.01.2019 15:20 Uhr	24.01.2019 11:30 Uhr
Laborwerte bei T=20°C				
pH-Wert		6,36	6,40	6,41
Spez. elektr. Leitfähigkeit, Lf	[mS/cm]	175,1	175,2	175,1
Dichte	[g/cm³]	1,100	1,100	1,100
Sulfid	[mg/L]	<0,03	<0,03	<0,03
Gesamthärte	[mmol/L]	122	120	120
	[°dH]	686	675	675
Karbonathärte	[mmol/L]	1,90	1,90	1,65
	[°dH]	5,32	5,32	4,62
TOC	[mg/L]	4,3	0,90	3,1

2.2. Wasserinhaltsstoffe

In Tabelle 2 sind die gelösten Kationen, Anionen und Spurenbestandteile sowie die Ionenbilanzen der drei Analysen aufgeführt.

Tabelle 2: Analysenergebnisse Kopfproben

Bezeichnung			Gt S 6/17- 20190122-K1	Gt S 6/17- 20190122-K2	Gt S 6/17- 20190124-K3
Probenahmedatum			22.01.2019	22.01.2019	24.01.2019
Uhrzeit			14:45	15:20	11:30
Casing-Lifttest (gef. Menge)	m ³		520	610	810
Parameter	Einheit				
Kationen					
Natrium (Na)	mg/l		52900	49000	51900
Kalium (K)	mg/l		229	220	218
Calcium (Ca)	mg/l		3400	3370	3330
Magnesium (Mg)	mg/l		906	878	902
Strontium (Sr)	mg/l		240	229	227
Barium (Ba)	mg/l		0,942	0,958	0,944
Ammonium (NH ₄)	mg/l		44,0	43,1	44,4
Eisen, gesamt (Fe)	mg/l		7,3	8,4	8,3
Mangan, gesamt (Mn)	mg/l		4,24	4,08	4,21
Anionen					
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l		89700	85500	86700
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l		890	884	907
Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	mg/l		116	116	101
Bromid (Br ⁻)	mg/l		167	160	162
Iodid (I ⁻)	mg/l		8,4	6,5	5,9
Ionenbilanz					
Σ Kationen	mmol/l		2559	2386	2511
Σ Anionen	mmol/l		2553	2434	2468
Ionenbilanzfehler	%		0,13	-1,01	0,87
TDS (ber.)	g/l		148,6	140,4	144,5
Gesamttrockenrückstand bei 180°C	g/l		154,3	154,9	154,7
Sonstige					
Kieselsäure (SiO ₂)	mg/l		12,4	13,5	12,8
Borsäure, H ₃ BO ₃	mg/l		33,7	33,3	32,9
Metalle					
Chrom (Cr)	µg/l		<3,50	<3,50	<3,50
Zink (Zn)	µg/l		350	202	149
Kupfer (Cu)	µg/l		1,89	<0,500	5,01
Blei (Pb)	µg/l		<0,700	<0,700	1,36

3. Ergebnisse PDS-Proben

3.1. Gasgehalt und Gaszusammensetzung

Die jeweilige Gas/Wasserprobe (595 ml) wurde über das Auslassventil am Autoklaven in eine evakuierte Apparatur ($p=0,001$ mbar) mit Gassammelrohr (100 ml) zur Aufnahme der Gasphase zwecks Bestimmung der Gaszusammensetzung überführt (s. Abbildung 3). Die Entgasung des Fluids erfolgte innerhalb von 15 min (inkl. einer 5minütigen Entgasung durch Ultraschall). Aufgrund der sehr geringen Gasmenge stieg der Systemdruck in der entgasten Apparatur auf ca. 40 mbar an.



Abbildung 3: Entgasungsapparatur

Bezogen auf Normalbedingungen (STP ... „Standard Temperature and Pressure“; $T=273,15$ K, $p=1,01325$ hPa) und auf 1000 ml Fluid wurden in den Proben folgende Gasmengen ermittelt:

Gt S 6/17-20190123-PDS I (13:17 Uhr) – 37,0 Nml

Gt S 6/17-20190123-PDS II (15:35 Uhr) – 43,2 Nml

Gt S 6/17-20190123-PDS III (17:40 Uhr) – 36,4 Nml

Zur Bestimmung der Gaszusammensetzung wurden die Gassammelrohre noch am 30.01.2019 an ein akkreditiertes Labor versandt. Aufgrund der sehr geringen Gasmenge (ca. 25 ml) konnte eine Luftkontamination während der Probenbearbeitung dort nicht ausgeschlossen werden. Angenommen wird, dass im Tiefenwasser kein Sauerstoff gelöst ist. Die Analysen wurden entsprechend Luft frei umgerechnet. Die Gaszusammensetzung der beiden Proben ist nahezu identisch (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Gaszusammensetzung der Proben Gt S6/17-20190123-PDS I und PDS II in Vol.-%

	Gt S6/17-20190123-PDS I			Gt S6/17-20190123-PDS II		
Datum	23.01.2019			23.01.2019		
Zeit	13:17 Uhr			15:35		
		O ₂ -frei berechnet			O ₂ -frei berechnet	
Denomination						
Stickstoff	78,0	79,81	79,81	79,0	83,23	83,23
Sauerstoff	6,2			12,0		
Argon	0,90	0,91	0,91	0,90	0,89	0,89
Kohlendioxid	13,0	18,9	18,9	6,3	15,2	15,2
Methan	0,27	0,39	0,39	0,26	0,63	0,63
Ethen	<0,005			<0,005		
Ethan	<0,005			<0,005		
Propen	<0,005			<0,005		
Propan	<0,005			<0,005		
1-Buten	<0,005			<0,005		
n-Butan	<0,005			<0,005		
i-Butan	<0,005			<0,005		
1-Penten	<0,005			<0,005		
n-Pentan	<0,005			<0,005		
2-Methylbutan	<0,005			<0,005		
2,2-Dimethylpropan	<0,005			<0,005		
n-Hexan	<0,005			<0,005		
2-Methylpentan	<0,005			<0,005		
3-Methylpentan	<0,005			<0,005		
2,2-Dimethylbutan	<0,005			<0,005		
Helium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Wasserstoff	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Sofort nach Öffnen der Probenahme flaschen wurde mit einem Multisensor-Messgerätsystem MS 08 für H₂S geprüft, ob Schwefelwasserstoff im Fluid gelöst ist. In keiner der drei Proben konnte H₂S nachgewiesen werden. Das noch im entgasten Fluid gelöste Kohlendioxid wurde über die Basekapazität (KB-Wert bis pH=8,2;) bestimmt. Unter Berücksichtigung des gelösten Kohlendioxids wurden die Gasgehalte korrigiert:

Gt S 6/17-20190123-PDS I (13:17 Uhr) – 105 Nml

Gt S 6/17-20190123-PDS II (15:35 Uhr) – 109 Nml

(Gt S 6/17-20190123-PDS III (17:40 Uhr) – 113 Nml...keine Gasanalyse)

Unter Normbedingungen (T=273,15 K, p=1,01325 hPa) sind durchschnittlich 107 Nml Gas in 1 Liter Fluid gelöst. Die geänderte Gaszusammensetzung unter Hinzurechnung des ermittelten Anteils an Kohlendioxid ist in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4: Gasgehalt und Gaszusammensetzung (mit gelöstem Kohlendioxid im entgasten Fluid) unter Normbedingungen, luftkorrigiert

	Gaszusammensetzung [Vol.-%]					
	CO ₂	N ₂	CH ₄	Ar	H ₂	He
Gt S 6/17-20190123-PDS I	71,2	28,4	0,14	0,32	<0,1	<0,1
Gt S 6/17-20190123-PDS II	66,5	32,9	0,25	0,35	<0,1	<0,1

3.2. Vor-Ort-Parameter

Die chemisch-physikalischen Eigenschaften des untersuchten Wassers sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Vor-Ort-Parameter Tiefenproben

Probenbezeichnung		Gt S 6/17- 20190123-PDS I	Gt S 6/17- 20190123-PDS II	Gt S 6/17- 20190123-PDS III
Proben zur Analytik		Fluid/Gas	Gas/nRN	Fluid
Datum Entgasung	Einheit	30.01.2019	30.01.2019	30.01.2019
Färbung (visuell)		hellgelb	farblos	farblos
Trübung (visuell)		keine	keine	keine
Bodensatz		nein	nein	nein
Geruch		ohne	ohne	ohne
Probenahmetemperatur	[°C]	20,0	20,7	20,1
Schwefelwasserstoff	[mg/L]	n.n.	n.n.	n.n.
pH-Wert		6,76	6,82	6,81
Redoxpotenzial	[mV]	-105,8	-119,5	-132,3
Standardredoxpotenzial Eh (SHE)	[mV]	96±5	82±5	70±5
Spez. elektr. Leitfähigkeit, Lf (25°C)	[mS/cm]	179,1	174,6	174,5
Säurekapazität (KS 4,3)	[mmol/L]	2,60	n.b.	3,02
Basekapazität (KB 8,2)	[mmol/L]	3,00	2,95	3,40
Dichte	[g/cm ³]	1,100	n.b.	1,100
Gesamthärte	[mmol/L] [°dH]	124 699	n.b.	126 709
Karbonathärte	[mmol/L] [°dH]	2,60 7,28	n.b.	3,02 8,46
TOC	[mg/L]	27,0	n.b.	19,1

n.n.nicht nachweisbar

n.b.nicht bestimmt

3.3. Wasserinhaltsstoffe

In Tabelle 6 sind die gelösten Kationen, Anionen und Spurenbestandteile sowie die Ionenbilanzen der drei Analysen aufgeführt.

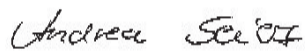
Tabelle 6: Analysenergebnisse Tiefenproben

Bezeichnung			Gt S 6/17- 20190123-PDS I	Gt S 6/17- 20190123-PDS III
Probenahmedatum			30.01.2019 00:00	30.01.2019 00:00
Parameter	Einheit			
Kationen				
Natrium (Na)	mg/l		51300	50300
Kalium (K)	mg/l		227	227
Calcium (Ca)	mg/l		3400	3480
Magnesium (Mg)	mg/l		964	957
Strontium (Sr)	mg/l		228	228
Barium (Ba)	mg/l		1,07	0,983
Ammonium (NH ₄)	mg/l		42,6	41,9
Eisen, gesamt (Fe)	mg/l		24,8	29,9
Mangan, gesamt (Mn)	mg/l		4,98	4,64
Anionen				
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l		86500	85200
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l		789	792
Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	mg/l		181	184
Bromid (Br ⁻)	mg/l		164	172
Iodid (I ⁻)	mg/l		7,3	8,1
Ionenbilanz				
Σ Kationen	mmol/l		2495	2455
Σ Anionen	mmol/l		2461	2425
Ionenbilanzfehler	%		0,68	0,62
TDS (ber.)	g/l		143,8	141,6
Gesamt trockenrückstand bei 180°C	g/l		153,2	153,0
Sonstige				
Kieselsäure (SiO ₂)	mg/l		16,5	16,2
Borsäure, H ₃ BO ₃	mg/l		30,2	30,4
Metalle				
Chrom (Cr)	µg/l		3,97	3,41
Zink (Zn)	µg/l		125	123
Kupfer (Cu)	µg/l		78,0	43,9
Blei (Pb)	µg/l		7,61	6,72

4. Radioaktivität

Zur Ermittlung der natürlichen Radioaktivität der Tiefenfluide ist eine Wiederholungsmessung in 6 Wochen nach Probenahme erforderlich. Deshalb stehen die Daten erst Mitte März zur Verfügung und werden dann nachgereicht.

Neubrandenburg, den 11.02.2019



Dr. Andrea Seibt
Geschäftsführerin