

Ergebnisbericht

Revitalisierung der Tiefbohrung Oelsnitz/Erzgeb. zur Entnahme von Grubenwasser/Sole unter Bei- behaltung ihrer derzeitigen Funktion



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



SN CZ
Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg VA / 2014-2020

Projekt-Nr. G.E.O.S.: 30180087

Auftraggeber: Stadt Oelsnitz/Erzgeb.
Rathausplatz 1
09376 Oelsnitz/Erzgeb.

Halsbrücke, 13.01.2020

G.E.O.S.

Ingenieurgesellschaft mbH

09633 Halsbrücke
Schwarze Kiefern 2

09581 Freiberg, Postfach 1162
Telefon: +49(0)3731 369-0
Telefax: +49(0)3731 369-200
E-Mail: info@geosfreiberg.de
www.geosfreiberg.de

Geschäftsführer:
Jan Richter

Beiratsvorsitzender:
Dr. h. c. Lothar de Maizière

HRB 1035 Amtsgericht
Registergericht Chemnitz

Sparkasse Mittelsachsen
IBAN:
DE30 8705 2000 3115 0191 48
SWIFT (BIC): WELADED1FGX

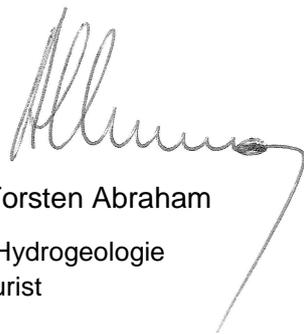
Deutsche Bank AG
IBAN:
DE59 8707 0000 0220 1069 00
SWIFT (BIC): DEUTDE8CXXX

USt.-IdNr. DE811132746

Auftraggeber:	Stadt Oelsnitz/Erzgeb. Rathausplatz 1 09376 Oelsnitz/Erzgeb.
Projekt-Nr. G.E.O.S.:	30180087
Bearbeitungszeitraum:	2018 bis 13.01.2020 ergänzte, überarbeitete Fassung von 02-2020
Bearbeiter:	Dr. Torsten Abraham Dr. Heike Fischer (Kap. 6.5 und Anl. 10, Mikrobiologie) Dr. Frank Haubrich (Anl. 14.3, Schwefel-Isotope)
Land/Landkreis/Kommune:	
Messtischblatt:	
Seitenanzahl Text:	49
Anzahl der Anlagen:	17 (Einzelaufstellung siehe Anlagenverzeichnis)

Halsbrücke, 13.01.2020

ppa.



Dr. Torsten Abraham
FBL Hydrogeologie
Prokurist

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Aufgabenstellung	7
2 Untersuchungsumfang und methodische Aspekte.....	9
3 Analyse der Entwicklung des ansteigenden Flutungswasserspiegels.....	10
3.1 Statistische Auswertungen.....	10
3.2 Analyse der Wiederanstiegsphasen nach Pumpzyklen	12
4 Besonderheiten im Ausbau der GWM Oelsnitz	14
5 Erkundungsarbeiten an der Bohrung.....	16
5.1 Kamerabefahrung.....	16
5.2 Wandstärkemessung	17
5.3 In-situ-Probenahme (Druckbehälter)	18
6 Pumpversuch.....	19
6.1 Analyse der Einsatzmöglichkeit mobiler Pumptechnik.....	19
6.2 Randbedingungen und Ablauf des Pumpversuchs.....	19
6.3 Hydraulisches Ergebnis des Pumpversuchs	21
6.4 Analytische Begleitung des Pumpversuchs.....	22
6.4.1 Erfassung der Sofort-Parameter in kontinuierlicher Aufzeichnung.....	22
6.4.2 Hydrochemische Sonderproben in der PV-Begleitung	23
6.4.3 Untersuchung der gelösten Gase in der PV-Begleitung	26
6.4.4 Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung	27
6.5 Mikrobiologische Untersuchungen in der PV-Begleitung.....	28
7 Zusammenfassende Aussagen zum Status der Messstelle.....	29
7.1 Technischer Status	29
7.2 Fazit und Empfehlung hinsichtlich technischer Sanierungsarbeiten	30
7.3 Bewertung der PV-Ergebnisse auf den Status der Messstelle	31
7.4 Mitnutzung der Messstelle zur Solegewinnung	32
7.5 Beendigung des Wiederanstiegs nach Abpumpzyklus	34
7.6 Einsatz Pumptechnik	37
8 Analyse der Entwicklung der Flutungswasserqualität	38
8.1 Hydrochemische Verhältnisse Oelsnitz.....	38
8.2 Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in Oelsnitz.....	42
8.2.1 Tritium.....	42
8.2.2 Stabile Isotope $\delta^2\text{H}$ und $\delta^{18}\text{O}$ im Wasser.....	43
8.2.3 ^{14}C und $\delta^{13}\text{C}$	43

8.2.4	Schwefel-Isotope	44
8.2.5	Edelgas-Isotope	44
8.2.6	Isotopische Spezialuntersuchungen an den Druckproben	45
8.3	Abweichende Grundwasserbeschaffenheit in Gersdorf	45
9	Fazit	47
10	Empfehlung	49

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite	
Tabelle 1	Durchschnittlicher Anstieg des Flutungswasserspiegels	10
Tabelle 2	Unterschiedliche Höhen des Flutungswasserspiegels	11
Tabelle 3	Handmessungen der Grundwasserhöhen	12
Tabelle 4	Vor-Ort-Parameter bei der Beprobung während des PV's	23
Tabelle 5	Veränderung hydrochemischer Parameter während des PV's	24
Tabelle 6	Gelöste Gase im Grubenwasser beim PV und Vergleich mit früheren Daten	26
Tabelle 7	Messergebnisse Isotope während der Betreuung des PV's	27
Tabelle 8	Steckbriefe Pumpen	37

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite	
Abbildung 1	Wiederanstiegsgeschwindigkeit nach Pumpzyklen an der GWM Oelsnitz	13
Abbildung 2	Neuralgischer Bereich des Ausbaus	15
Abbildung 3	Abheben der Dachkonstruktion zur Baufreimachung am Bohrungskopf	16
Abbildung 4	Q-s-Diagramm aus den PV-Ergebnissen für die 3 Pumpphasen	21
Abbildung 5	Veränderungen im Makrochemismus während des PV's	25
Abbildung 6	Pumpversuch Oelsnitz - Analyse des Wiederanstiegs (Detailbild)	35
Abbildung 7	Vergleich der Mineralisation zwischen Oelsnitz und Gersdorf	46

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1 Lageplan mit Darstellung der GWM Oelsnitz
- Anlage 2 Wasserspiegelentwicklung des gefluteten Grubenwassers
 - 2.1 Gesamtdarstellung 2006-2018 für die GWM Oelsnitz
 - 2.2 Detaildarstellungen für jeweils 3-jährige Zyklen für die GWM Oelsnitz
 - 2.3 Vergleich von Wiederanstiegsverläufen nach Pumpphasen in der GWM Oelsnitz
- Anlage 3 Ausbauspezifikation der GWM Oelsnitz
 - 3.1 Bohrlochbild (62988, H. Anger's Söhne)
 - 3.2 Detailzeichnung Manschettenpacker (E 54291a, H. Anger's Söhne)
 - 3.3 Detailzeichnung Packermanschette (E 54290, H. Anger's Söhne)
- Anlage 4 Ergebnisse der Kamerabefahrung an der GWM Oelsnitz
 - 4.1 Ergebnisbericht Terratec
 - 4.2 Video der Kamerabefahrung (als DVD beiliegend)
- Anlage 5 Wandstärkenmessung für Teile des Ausbaustrangs
 - 5.1 Steckbrief/Kennblatt zu Messgerät und Messverfahren
 - 5.2 Darstellung der Messergebnisse (Terratec)
- Anlage 6 Pumpversuchsdaten
 - 6.1 Wasserspiegelentwicklung in den 3 PV-Stadien
 - 6.2 Entwicklung der Milieuparameter während des PV's
(elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Redox-Potenzial, Temperatur)
- Anlage 7 Hydrochemische Sonderproben in der PV-Begleitung – Laborprotokolle Eurofins
(PV-1, PV-2, PV-3, PV4)
- Anlage 8 Gelöste Gase in der PV-Begleitung – Laborprotokolle Eurofins
(PV-1, PV-2, PV-4)
- Anlage 9 Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung
 - 9.1 Laborbericht Tritium (Hydroisotop)
 - 9.2 Laborbericht $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ (Hydroisotop)
 - 9.3 Laborbericht $\delta^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ (Hydroisotop)
 - 9.4 Laborprotokoll $\delta^{34}\text{S}$ (G.E.O.S./TU Dresden)
 - 9.4 Laborbericht Edelgas-Isotope (helis – Uni Bremen)
- Anlage 10 Mikrobiologische Untersuchungen von Grundwasserproben der TB Oelsnitz

- Anlage 11 Gesamtdarstellung vorliegender hydrochemischer Analysendaten, Standort Oelsnitz
- 11.1 Tabelle
 - 11.2 Diagramme mit Konzentrationsentwicklungen der Einzelparameter
- Anlage 12 Gesamtdarstellung vorliegender hydrochemischer Analysendaten, Standort Gersdorf
- Anlage 13 Gesamtüberblick über die vorliegenden isotopehydrogeologischen Daten, Standort Oelsnitz (Tabelle)
- Anlage 14 Auswertungen isotopehydrogeologischer Daten
- 14.1 Tritium
 - 14.2 stabile Isotope $\delta^2\text{H}$ / $\delta^{18}\text{O}$ (CRAIG-Diagramm)
 - 14.3 $\delta^{134}\text{S}$ (Prüfbericht G.E.O.S. vom 06.05.2019: Schwefelisotope in Wasserproben der Tiefbohrung Oelsnitz“)
- Anlage 15 Druckprobe aus 605 m Tiefe (Gase und deren Isotope - Hydroisotop)
- Anlage 16 Pumpversuch Oelsnitz – Analyse des Wiederanstiegs
- Anlage 17 Pumpenkennlinien

LITERATURVERZEICHNIS

- /Lit.1/ Projekt der Stadtverwaltung Oelsnitz/Erzgeb. im Rahmen des EU-Projekts Vita-Min (TP 231.6): Analyse zu speziellen Inhaltsstoffen in Gruben- und Haldenwässern aus dem ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Revier sowie Inhaltsstoffen der Böden und Quellen und Erarbeitung von Varianten für deren industriellen Nutzung: HGC Hydro-Geo-Consult GmbH, Halsbrücke, 12-2018
- /Lit. 2/ Ergebnisbericht Monitoring 2018/19: Weiterführung der isotopehydrogeologischen Untersuchungen des Grundwassers am Standort der Tiefbohrung Oelsnitz/Erzgebirge. G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, Halsbrücke, im Auftrage des LfULG, 11-2019

1 Aufgabenstellung

Die vorliegende Projektbearbeitung wurde durch die Stadt Oelsnitz als Auftraggeber im Rahmen des Vita-Min Projekts - *Leben mit dem Bergbau* initiiert. Bei „Vita-Min“ handelt es sich um ein EU-Programm, gefördert durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) mit hier spezieller Blickrichtung auf Entwicklungen in ehemaligen und aktiven Bergbaugebieten und gleichzeitig mit grenzüberschreitender Zusammenarbeit in einem sächsisch-tschechischen Kooperationsprogramm. Partner dieses EU-geförderten Vita-Min Programms sind das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. und der tschechische Bezirk Ústecký.

Für die Stadt Oelsnitz spielt die perspektivische Entwicklung von durch den ehemaligen Steinkohlenbergbau geprägten Hinterlassenschaften eine zentrale Rolle. Ein überaus wichtiger Aspekt dabei ist das tiefe Grund-/Grubenwasser, das die früheren bergbaulichen Abbaubereiche aktuell fortschreitend flutet und das somit kontinuierlich ansteigt.

Zur Überwachung dieser Flutungswässer stehen im Raum Oelsnitz zwei tiefe Grundwassermessstellen zur Verfügung:

Dies ist zum einen im Zentrum des ehemaligen Oelsnitzer Teilreviers direkt in der Ortslage Oelsnitz die Hy Sie 1A/2003b, die unter der MKZ G52426003 auch im staatlichen Messnetz Grundwasserüberwachung des LfULG sowohl zur Überwachung der Grundwasserhöhen, als auch der Grundwasserbeschaffenheit eingebunden ist. Sie erschließt in -634 m unter GOK die karbonischen Steinkohlenflöze, also die früheren Abbaubereiche mit den dort anstehenden Grubenwässern.

Die zweite tiefe Grundwassermessstelle befindet sich in Gersdorf im Bereich der ehem. Kaisergrube, also ca. 2 km von der Oelsnitzer Messstelle entfernt. Sie wurde 2013 durch das Sächsische Oberbergamt (SOBA) mit einer Teufe von -674 m unter GOK gebohrt, zwischen -590 und -654 m als Grundwassermessstelle (GWM) ausgebaut und steht damit gleichfalls mit dem Zielhorizont in den früheren Abbaubereichen der karbonischen Steinkohlenlagerstätte. Als G52420005 ist auch sie in das staatliche Überwachungsnetz Grundwasser eingebunden, allerdings und im Gegensatz zu Oelsnitz hier routinemäßig nur für die Kontrolle der Grundwasserhöhen.

Für die Stadt Oelsnitz ist wichtig, verlässliche Informationen zu diesen Flutungswässern zu generieren, zu sammeln und auszuwerten.

Dies betrifft aber nicht nur den Anstiegsverlauf des Flutungswasserspiegels, sondern auch die hydrochemische Zusammensetzung des ansteigenden Grubenwassers, seine (hydro-)genetischen Besonderheiten und/oder dessen altersstrukturelle Zusammensetzung. Die letzten Punkte können

und werden somit für das Gesamtgebiet im Wesentlichen über die Tiefenmessstelle in Oelsnitz beschrieben.

Die Lage der Oelsnitzer Messstelle ist in der Anlage 1 dargestellt.

→ Anlage 1

An der Messstelle in Oelsnitz wurden vom Betreiber LfULG bzw. dessen ausführenden Bereich BfUL in den letzten Jahren Veränderungen festgestellt. Dies betrifft die Zulaufcharakteristik der Messstelle sowie vor allem die erzielbaren Abpumpraten bei der Beprobung. Es steht somit die Frage im Raum, inwieweit die Messstelle ggf. technisch beeinträchtigt ist und somit u.U. auch die Gefahr besteht, dass sie die an sie zu stellenden Anforderungen nicht mehr problemfrei und sicher erfüllen kann.

Dies ist umso wichtiger mit Blickrichtung auch auf die Stadt Oelsnitz. Seitens der Stadt ist für die weitere Ortsentwicklung angedacht, perspektivisch die Option einer anteiligen Mitnutzung der Oelsnitzer Grubenwässer aufgrund und im Sinne ihrer Eigenschaft als Thermalsole zu entwickeln. Dabei spielt dann natürlich auch wieder der Standort der Hy Sie 1A/2003b eine entscheidende Rolle, da hier eine gute Option für ein anteiliges zu Tage fördern der Sole bestehen könnte. Die technische Leistungsfähigkeit der Messstelle wäre dafür ein entscheidender Faktor.

Die Aufgabenstellungen für das vorliegende Projekt gliedern sich in mehrere Schwerpunkte:

Erster und wichtigster Komplex ist die geohydraulische Zustandskontrolle der tiefen Oelsnitzer Messstelle. Hier sind eine Kamerabefahrung, Messungen zur Ausbaukontrolle und auch die Durchführung eines Pumpversuchs in der vorher beräumten Messstelle vorgesehen.

Zweiter Komplex sind die Recherchen und das Zusammentragen aller bisherigen hydrochemischen und sonstigen Beschaffenheitsuntersuchungen insbesondere für den Standort Oelsnitz, aber auch der Vergleich mit den zu Gersdorf verfügbaren Daten. Der an unterschiedlichen Institutionen generierte Datenpool wird gemeinsam betrachtet und mit eigenen aktuellen Untersuchungen - beispielsweise aus der Pumpversuchsbegleitung - aktualisiert.

Dritter Komplex sind die zusammenfassenden Auswertungen und die Entwicklung von Strategien zur Verfahrensweise mit der Messstelle, die sich insbesondere aus den Ergebnissen des ersten Komplexes herleiten lassen. Aus dem technischen Zustand der Messstelle ergeben sich für deren Nutzung notwendige Verfahrensrandbedingungen sowie Besonderheiten für u.a. auch die Technik, mit der die Messstelle nach Abschluss der Untersuchungen und Revitalisierungsarbeiten wieder auszurüsten ist.

2 Untersuchungsumfang und methodische Aspekte

Für die drei umrissenen Bearbeitungskomplexe sind die einzelnen methodischen Bestandteile wie folgt aufzulisten:

Als geohydraulische Zustandskontrolle werden an der Messstelle Oelsnitz G52426003 folgende Einzeluntersuchungen durchgeführt:

- Analyse des Anstiegsverhaltens des Flutungswasserspiegels und Vergleich der Oelsnitzer Daten mit den Daten der Gersdorfer Messstelle. Methodisch wird diese Analyse und Auswertung durchgeführt
 - a) anhand der Kurvenentwicklung des Flutungswasserspiegels und einer statistischen Auswertung und Bewertung der Anstiegsamplituden, und
 - b) anhand der Betrachtung früherer Wiederanstiegsphasen nach Pumpzyklen an der Oelsnitzer Messstelle. Zielstellung ist hier das Erkennen von möglichen Veränderungen im Laufe der Jahre seit 2006 und Bestehen der Messstelle.
- Analyse und Beschreibung der Besonderheiten im Ausbau der tiefen Oelsnitzer Messstelle
- Geophysikalische Zustandskontrolle der Oelsnitzer Messstelle über
 - a) eine Kamerabefahrung über die gesamte Teufe,
 - b) einer Dichtheitskontrolle der Verbindungen des Ausbaustrangs, und
 - c) einer Wandstärkenbestimmung für den in der Bohrung verbliebenen SKS-Rohrstrang als möglicherweise neuralgisches Element im bestehenden Ausbau
- Analyse der Einsatzmöglichkeit von mobiler Pumptechnik in der Oelsnitzer Messstelle
- Planung, Durchführung, Darstellung und Auswertung eines längeren Pumpversuchs an der Oelsnitzer Messstelle zur Ermittlung der hydraulischen Eigenschaften und der Zufluss-Charakteristik über nach Möglichkeit mehrere Pumpstufen.
- Während des Pumpversuchs erfolgt eine Beschaffenheitskontrolle des geförderten Wassers über hydrochemische Analysen und isotopenhydrogeologische Untersuchungen.
- Ableitung von Aussagen nach dem Pumpversuch zur Repräsentativität der Oelsnitzer Messstelle hinsichtlich der an sie zu stellenden Anforderungen

Die Recherche und Aktualisierung des Datenpools zu den bisher durchgeführten Beschaffenheitsuntersuchungen erfolgt für beide Messstellen - für Oelsnitz und Gersdorf.

- Die Auswertung erfolgt jeweils standortbezogen sowie auch als Vergleich beider GWM
- Methodisch kann an frühere zusammenfassende Darstellungen angeknüpft werden (wie beispielsweise /Lit. 1/).
- Die beim Pumpversuch neu generierten Daten werden in die Auswertung integriert.

Die zusammenfassenden Auswertungen betreffen

- die Zustandsbewertung des Bohrlochausbaus,
- die Potenziale und Grenzen einer möglichen Solegewinnung durch die Stadt Oelsnitz,
- die Recherche zu notwendiger Pumptechnik in Abhängigkeit von den ermittelten Leistungsparametern der Messstelle und den Anforderungen aus der fortsetzenden Überwachungsnotwendigkeit (LfULG, BfUL) sowie der angedachten perspektivischen Sole-Mitnutzung durch die Stadt Oelsnitz.

3 Analyse der Entwicklung des ansteigenden Flutungswasserspiegels

3.1 Statistische Auswertungen

Die ansteigenden Flutungswasserspiegel in Oelsnitz und Gersdorf werden durch LfULG und BfUL mittels kontinuierlich aufzeichnender Drucksonden mit angeschlossenen Datenloggern erfasst. Die Daten sind im www im iDA-System verfügbar (Umweltportal Sachsen: Grundwasserstand).

Die Originaldaten werden als 15-min-Daten aufgezeichnet. Für Oelsnitz (G52426003) sind sie hier in der Datenreihe 2006...2018 in der Anlage 2.1 graphisch dargestellt.

→ Anlage 2.1

Es wird deutlich, dass der Anstieg über die Jahre hinweg nicht gleichmäßig erfolgt. Die im Kurvenverlauf sichtbaren Absenkrektionen sind auf Probenahmezyklen bzw. Pumptests zurückzuführen.

Betrachtet man eine statistische Auswertung und gleichzeitig den Vergleich zwischen Oelsnitz und Gersdorf, so zeigen die drei nachfolgenden Tabellen markante Unterschiede:

Jahr	Oelsnitz (G52426003)				Gersdorf (G52420005)				Diff. Oelsnitz mm/d
	Zeit	Anstieg	Durchschnitte		Zeit	Anstieg	Durchschnitte		
	Tage	Σ m/Jahr	Ø m/Monat	Ø mm/Tag	Tage	Σ m/Jahr	Ø m/Monat	Ø mm/Tag	
2006	184	4,88	0,81	27					
2007	365	8,16	0,68	22					
2008	366	10,62	0,89	29					
2009	365	8,22	0,69	23					
2010	365	12,56	1,05	34					
2011	365	10,59	0,88	29					
2012	366	9,61	0,80	26					
2013	365	9,22	0,77	25					
2014	365	9,62	0,80	26	233	5,60	0,80	24	2,3
2015	365	10,89	0,91	30	365	10,65	0,89	29	0,7
2016	366	13,58	1,13	37	366	12,35	1,03	34	3,4
2017	365	13,72	1,14	38	365	13,49	1,12	37	0,6
2018	273	10,83	1,20	40	365	12,08	1,01	33	6,6

Tabelle 1 Durchschnittlicher Anstieg des Flutungswasserspiegels

Es zeigt sich, dass in den letzten Jahren seit etwa 2015 die Anstiegsamplituden jeweils signifikant größer geworden sind. Aktuell betragen sie in Oelsnitz im Durchschnitt hohe 40 mm/d (zum Vergleich: in der Periode 2012...2014 lag dieser Wert noch bei lediglich 25/26 mm/d).

Auffällig ist weiterhin, dass die Grundwasserspiegel an den Untersuchungsstandorten Oelsnitz und Gersdorf nicht im „Gleichklang“ ansteigen. Die Anstiegsamplituden in Oelsnitz sind seit Beginn der Vergleichsdatenerhebung für Gersdorf höher als in Gersdorf - und diese Tendenz ist zwischen 2014 und einschließlich des Jahres 2018 noch deutlich ansteigend mit zuletzt immerhin einer Differenz von hohen +6,6 mm in den durchschnittlichen Tageswerten des Anstiegs (grüne Zahlenwerte in der Tabelle 1).

Stellt man die absoluten Grundwasserstände zum jeweiligen Jahrestichtag 01.01. zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:

Datum	Flutungswasserspiegel		Diff. Oelsnitz m
	Oelsnitz m NHN	Gersdorf m NHN	
01.01.2007	-39,11		
01.01.2008	-30,95		
01.01.2009	-20,33		
01.01.2010	-12,11		
01.01.2011	0,45		
01.01.2012	11,05		
01.01.2013	20,65		
01.01.2014	30,88		
01.01.2015	39,49	55,69	-16,20
01.01.2016	50,38	66,34	-15,96
01.01.2017	63,96	78,69	-14,73
01.01.2018	77,68	92,18	-14,50

Tabelle 2 Unterschiedliche Höhen des Flutungswasserspiegels

Auffällig ist, dass die Grundwasserhöhen bezogen auf Vergleichsniveau m NHN in Oelsnitz deutlich niedriger liegen als in Gersdorf. Die Differenz betrug zum 01.01.2015 -16,20 m. In der jüngeren Vergangenheit ist diese Differenz geschrumpft auf „nur“ noch 14,50 m.

Der abnehmende Unterschied zwischen beiden Standorten ist auf die oben angesprochene tendenziell höhere Anstiegsamplitude in Oelsnitz gegenüber Gersdorf zurückzuführen.

Bezieht man Handmessungen der Grundwasserstände aus 2019 in die Betrachtung mit ein, so lagen die jüngsten Differenzen nur noch in einer Größenordnung um -13,50 m. In diesem Zeitraum waren die Handmessungen notwendig, da die Drucksonden aufgrund der Testarbeiten in den beiden Messstellen temporär ausgebaut waren.

Datum	Handmessungen Oelsnitz (G52426003)		Handmessungen Gersdorf (G52420005)		Diff. Oelsnitz m
	m unter MPkt	m NHN	m unter MPkt	m NHN	
05.12.2018	-282,48	84,80			
18.02.2019	-280,21	87,07	-234,36	105,89	-18,82
06.05.2019	-276,30	90,98	-235,92	104,33	-13,35
09.07.2019	-273,77	93,51	-233,24	107,01	-13,50
23.07.2019	-273,23	94,05	-232,73	107,52	-13,47
25.09.2019	-270,93	96,35			

Tabelle 3 Handmessungen der Grundwasserhöhen

3.2 Analyse der Wiederanstiegsphasen nach Pumpzyklen

Zur Analyse in der Thematik der in Rede stehenden ggf. nachlassenden Zuflussmengen zur Messstelle Oelsnitz beim und nach dem temporären Pumpbetrieb wird in der Anlage 2.2 die Anstiegskurve der Grundwasserhöhen in Diagrammform im Detail in jeweils 3-jährigen Abschnitten dargestellt. Der Fokus soll dabei auf die einzelnen Pumpphasen gerichtet werden, respektive auf deren Wiederanstiegsverläufe. Es wird sichtbar, dass diese bereits seit Inbetriebnahme der Messstelle immer einen längeren, mehrtägigen Abschnitt beanspruchen, die Wiederanstiege nach kurzzeitigen Pumpphasen also bereits seit Beginn der Aufzeichnungen nicht schlagartig verlaufen.

→ Anlage 2.2

Um Veränderungen sichtbar zu machen, sind ausgewählte markante dieser Wiederanstiegsphasen in der Anlage 2.3 in einer gemeinsamen Darstellung abgebildet. Da aufgrund des Abrisses der jeweiligen Aufzeichnungskurve bei der Absenkung keine exakte t_0 -Ermittlung für den Start des Wiederanstiegs erfolgen kann, muss als Vergleichsmaß insbesondere der hintere Kurvenabschnitt betrachtet werden.

→ Anlage 2.3

Es ist auffällig, dass die älteren Wiederanstiege (2006...2008) ein anderes Muster zeigen als die jüngeren Anstiege. Beginnend bereits ab 2012, insbesondere aber in 2015...2018 verläuft die hintere (letzte) Phase des Wiederanstiegs flacher. Hier spricht sehr viel für eine eingetretene „Behinderung“ beim Zustrom zur oder in die Messstelle.

Die Betrachtung kann weiter untersetzt werden, indem die „Geschwindigkeit“ des Wiederanstiegs als Verhältnis der Wasserspiegeländerung pro Zeitintervall zwischen 2 Messpunkten der Datenaufzeichnung (hier pro 15 min) als $\Delta W_{Sp}/\Delta t$ berechnet und dargestellt wird. Es entstehen Peaks im Diagramm. Deren Verlauf auf dem absteigenden Ast der Kurve ist ein Maß für den Zeitraum, der beim jeweiligen Versuch benötigt wird, bis der Wiederanstieg abgeschlossen ist. Je länger es braucht, bis die Wiederanstiegsgeschwindigkeit auf 0 zurückgeht, desto langsamer verläuft der Wiederanstieg.

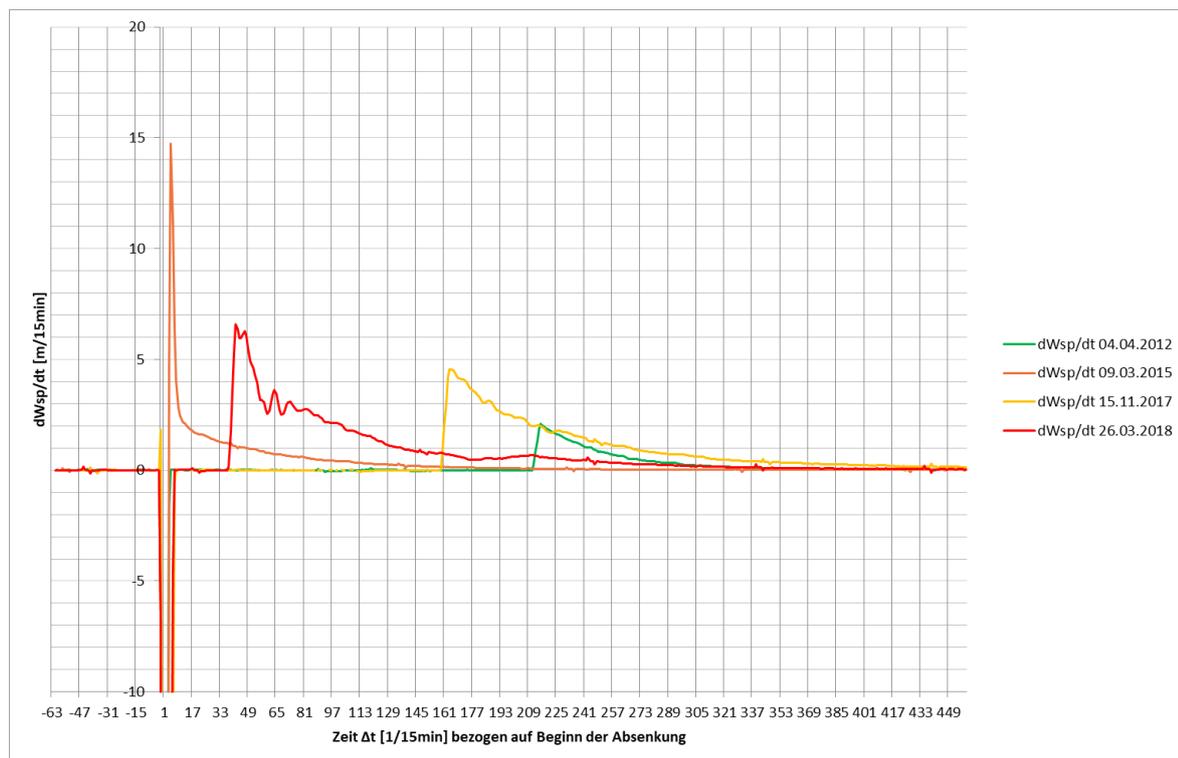
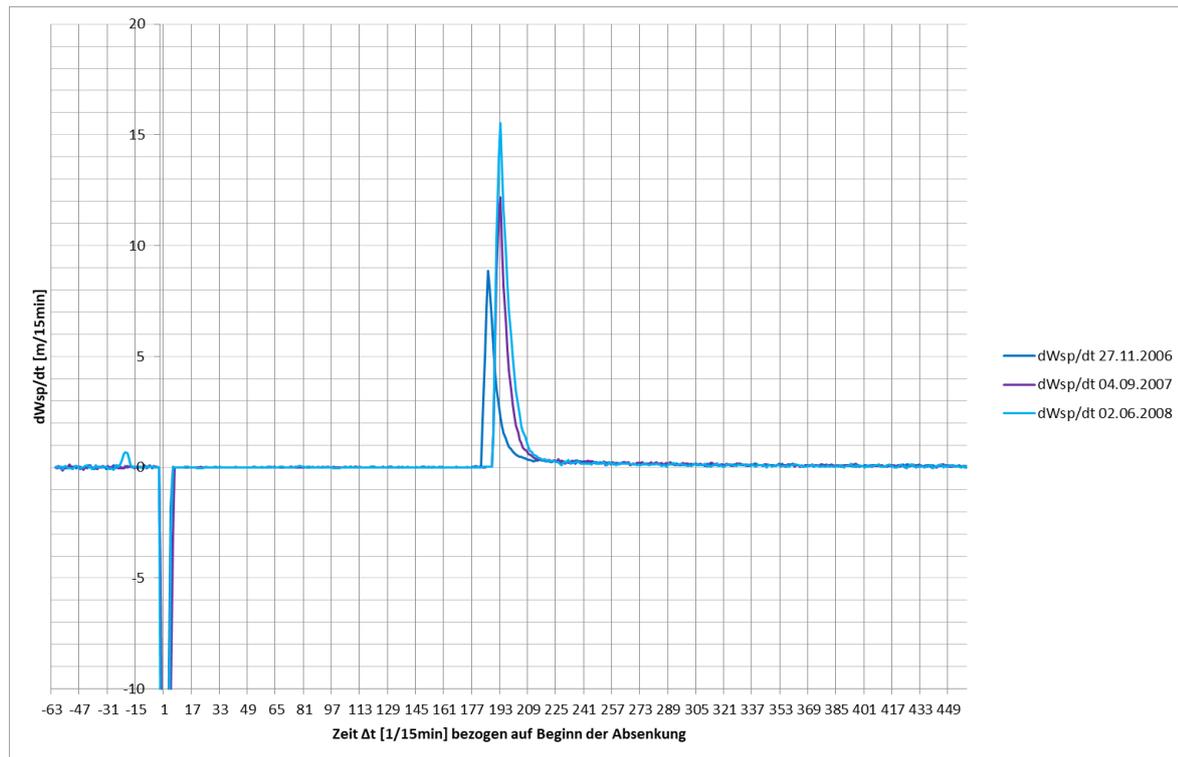


Abbildung 1 Wiederanstiegsgeschwindigkeit nach Pumpzyklen an der GWM Oelsnitz

Mit den Geschwindigkeitsverläufen lassen sich die oben beschriebenen zwei Gruppen noch eindeutiger herausstellen:

- Ältere Wiederanstiege zeigen einen schmalen Peak mit einem raschen, starken Abfall der Wiederanstiegsgeschwindigkeit.

- Jüngere Anstiege (2012 und insbesondere 2017, 2018) zeigen einen breiteren Peak. Die Wiederanstiegsgeschwindigkeit verringert sich deutlich langsamer.

Als Ergebnis ist zusammenzufassen, dass die Vor-Ort-Beobachtungen beim Abpumpen nicht getäuscht haben. Die Messstelle hat seit 2012 beginnend und dann vor allem in 2017 und 2018 in ihrer Leistungsfähigkeit nachgelassen. Die Zulaufbedingungen haben sich offensichtlich verschlechtert. Dies kann sowohl an der Messstelle selbst liegen, als auch an ggf. behinderten Zuflussverhältnissen zum und über den Kieskegel am Fuße der Messstelle.

4 Besonderheiten im Ausbau der GWM Oelsnitz

Der Ausbau der Messstelle wird durch Ausschnitte aus den Dokumentationsunterlagen aus der Zeit der Entstehung der Messstelle belegt. Sie sind als Anlagen 3.1...3.3 beigefügt.

→ Anlagen 3

Das entscheidende Charakteristikum für die Messstelle ist, dass sie nicht wie eine „klassische“ Grundwassermessstelle den Zulauf über einen längeren Filterbereich im Zielhorizont generiert, sondern dies lediglich über die offene Sohle möglich ist. Hintergrund für diesen Ausbau war eine Havarie beim Bohren. Beim Durchteufen der alten Grubenbaue kam es zum „Durchrutschen“ des Bohrstrangs, in dessen Folge sich ein ca. 53 m langes SKS-Gestängestück so an der Basis der Bohrung verkeilt hat, dass es seinerzeit technisch nicht geborgen werden konnte. Unter Abwägung technologischer und seinerzeitiger monetärer Randbedingungen ist damals entschieden worden, diese SKS-Rohrtour mit in den Ausbau zu integrieren.

Das Bohrlochbild ist in der Anlage 3.1 dargestellt.

Der Grundausbau der Bohrung ist in 5½“ GFK errichtet. Damit sollte zumindest materialeitig gewährleistet sein, dass die Messstelle langfristig erhalten bleibt und sie trotz der hohen Salzgehalte bei Förderung der Thermalsole langanhaltend nutzbar ist. Die 5½“ GFK-Verrohrung bindet mit einem 4“-Führungsstück (Edelstahl) in den im Bohrloch verbliebenen SKS-Rohrstrang ein. Dies erfolgt abdichtend über einen Manschettenpacker (Anlage 3.2) mit zugehöriger flexibler Manschette (Anlage 3.3). Der Packer stellt damit sicher, dass keine Verbindung zwischen dem Messstelleninneren und dem Bereich nach außerhalb hinter die 5½“ GFK-Verrohrung besteht und/oder entstehen kann.

Der Zustrom zur Messstelle erfolgt nur über den kleinen Querschnitt der offenen Sohle. Hier wurde ein Kieskegel in die offenen Grubenbaue oder Hohlräume hinein geschüttet, der den Abschluss nach unten und Anschluss an die Zielhorizonte bildet. Der Kies ist vergleichsweise grobkörnig ge-

wählt (3,15...5,6 mm). Er reichte bei der Errichtung der Messstelle von Endbohrteufe -633,80 m bis -605 m und stand damit auch 6,30 m in der verbliebenen SKS-Rohrtour.

Die neuralgischen Punkte sind in der folgenden Abbildung vergrößert sichtbar:

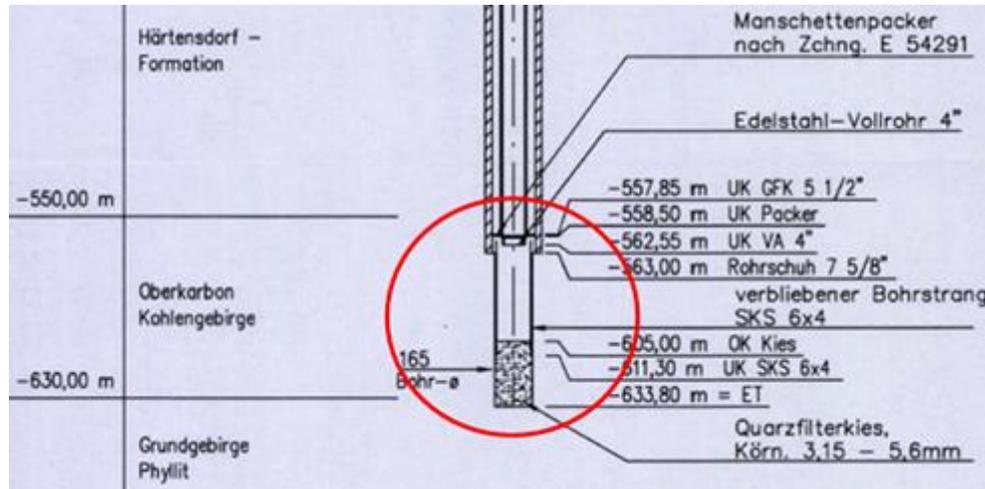


Abbildung 2 Neuralgischer Bereich des Ausbaus

Für die anstehenden Erkundungsarbeiten an der Bohrung zur Feststellung ihres Zustands wurde in mehreren Entscheidungsetappen festgelegt, dass die 5½“ GFK-Verrohrung vorerst nicht ausgebaut wird. Das abgestimmte durchzuführende Untersuchungsprogramm richtet sich somit auf folgende Punkte:

- Kamerabefahrung
 - o zur Kontrolle der Unversehrtheit des 5½“ GFK-Rohrstrangs
 - o zur Kontrolle Unversehrtheit und Dichtheit des Übergangsbereichs zwischen 5½“ GFK-Rohrstrang auf die sich anschließende verbliebene SKS-Rohrtour (Bereich des verbauten Manschettenpackers)
 - o Ermittlung und Sichtkontrolle der freien Endteufe der Messstelle, incl. Beantwortung der Frage nach möglicher Verschlammung an der Basis
- Bestimmung der (Rest-)Wandstärke für den SKS-Rohrstrang
 - o Da der SKS-Rohrstrang aus keinem Spezialmaterial, sondern aus sog. Schwarzstahl besteht, ist eine Gefahr auf Korrosion gegeben. Dies umso mehr, da es sich beim gefördertem und in der Messstelle befindlichen Grubenwasser um eine höher mineralisierte Sole handelt. Der SKS-Rohrstrang hatte gem. Recherche bei der seinerzeitig bohr-ausführenden Firma eine Wandstärke von 10 mm.

Limitierendes Element für den Durchgang ist das unterhalb des Packers als Führungs- und Einfädelhilfe verbaute 4“ Edelstahl-Rohrstück.

5 Erkundungsarbeiten an der Bohrung

Für die Durchführung der Erkundungsarbeiten war die Grundwassermessstelle komplett zu berräumen, d.h. der Pumpenstrang incl. Pumpe wurde ausgebaut, dito auch die Drucksondeneinheit zur Wasserspiegelermittlung. Die Fotos zeigen den Abbau der Dachkonstruktion der Messstellenhütte, um mit Bohrgerät und Technik an die Bohrung (den Bohrkopf) zu gelangen (Quelle der Fotos: M. Thiele).



Abbildung 3 Abheben der Dachkonstruktion zur Baufreimachung am Bohrungskopf

Die technischen (geophysikalischen) Erkundungsarbeiten fanden an der Hy Sie 1A/2003b, der tiefen GWM Oelsnitz am 26.02.2018 statt. Sie wurden von der Spezialfirma terratec geophysical services, Heitersheim durchgeführt.

5.1 Kamerabefahrung

Die Ergebnisse der Kamerabefahrung sind in der Anlage 4.1 (Ergebnisbericht der Firma terratec) und in der Anlage 4.2 (Video) dargestellt.

→ Anlagen 4

Als Rahmenbedingungen sind anzugeben:

- Die Video-Aufnahmen wurden richtungs- und neigungsorientiert aufgenommen.
- Das doppelte Kamerasystem verfügt über axiale wie laterale Sichtichtung.
- Bei der Abwärtsfahrt erfolgte die Blickrichtung i.d.R. axial.
- Beim Verweilen auf Endteufen-Niveau wurden Details in beiden Blickrichtungen aufgenommen.

- Bei der Aufwärtsfahrt erfolgten die Detailaufnahmen in den relevanten Übergangsbereichen zwischen SKS-Rohr und 5½“ GFK-Ausbaustrang i.d.R. als Schau in lateraler Blickachse.

Die Ergebnisse sind wie folgt zusammenzufassen:

- Der 5½“ GFK-Ausbau ist intakt. Es sind an den einzelnen Verschraubungen und Übergängen keinerlei Beschädigungen zu sehen, dito auch keine Einlaufspuren.
- Der Wasserspiegel wurde bei -279,78 m angetroffen. Auf der Wasseroberfläche sind leichte Verunreinigungen aufschwimmend.
- Bei der Kamerafahrt im Wasser sind vereinzelt Schwebstoffe angetroffen. Mit der Teufe nimmt die Schwebstoffführung wieder ab.
- Ab dem ehemaligen Pumpenniveau beginnen weiße Belege an den Rohrinneisen. Die Verbindungen der GFK-Rohre sind aber sehr gut sichtbar. Sie weisen keinerlei Beschädigungen auf.
- Ab Durchfahrt Packer und Engstelle 4“ Edelstahl-Rohrstück ist die axiale Sicht aufgrund von Aufwirbelungen nur sehr eingeschränkt.
- Die Durchfahrt bis zum „harten“ Aufsetzten bei Endteufe erfolgte zu -606,82 m.
- Das Verweilen bei -606,65 m (im Video bei 45:30 min) visualisiert die Basis der Messstelle. Die Kiesoberfläche liegt frei. Es sind keine Verschlammungen etc. sichtbar.
- Interessanterweise ist an der Oberfläche bei Endteufe trotz über 10 min absolut ruhiger stehender Sonde eine starke „Bewegung“ von kleinen Teilchen/Schwebstoffen sichtbar (besonders augenfällig bei axialer Blickrichtung im Video bei 52...55 min). Da hier aufgrund des Ausbaus aber kein „echtes“ Fließen oder Strömung erfolgen kann, sollte es sich bei den zu beobachtenden Erscheinungen um Auswirkungen aus Druckreaktionen (Druckausgleichs-dynamik oder ggf. auch Druckentlastungsreaktionen) handeln können.
- Sämtliche Übergänge im Packerbereich sind mit einheitlichem und durchgängigem Belag überzogen. Dies spricht eindeutig für intakte und abdichtende Packerfunktion. Wenn dies gestört wäre, so hätten an Stellen mit potenziellen Undichtigkeiten (mit möglichen Einläufen wie Austritten) Fließspuren sichtbar sein müssen. Dies ist nicht der Fall.

Es wird aus der Kamerabefahrung geschlussfolgert, dass die Messstelle bautechnisch intakt ist.

5.2 Wandstärkemessung

Die Wandstärkemessungen wurden im Teufenbereich des SKS-Rohrstrangs durchgeführt. Ziel ist die Überprüfung, ob Materialdefizite aufgrund Korrosion festzustellen sind. Sollte dies der Fall

sein, so wäre zu bewerten, welche Auswirkungen dies auf die Haltbarkeit und Langzeit-Funktionssicherheit der Messstelle hat.

Methodisch konnten diese Messungen aufgrund des hohen Salzgehalts der Oelsnitzer Sole nicht über ein „klassisches“ elektromagnetisches Wanddicken-Log (EMDS) durchgeführt werden. Insofern kam ein ABI-40 slimhole acoustic televiewer zum Einsatz, bei dem über Ultraschall-Pulse-Echo-Messungen der Rohrinspektionsmodus zur Erkennung innerer Korrosion, äußerer Korrosion, innerer wie äußerer Sedimentation sowie Rohrwandstärke genutzt wird.

Das Datenblatt zum Messsystem ist in der Anlage 5.1 beigefügt. Die Ergebnisse der Messungen sind in der Anlage 5.2 dargestellt.

→ Anlagen 5

Folgende Aussagen sind abzuleiten und zusammenzufassen:

- Materialverlust spielt aktuell für den SKS-Rohrstrang erfreulicherweise nur eine sehr untergeordnete Rolle. Er liegt i.d.R. deutlich unter ca. 10 %. Lediglich im Bereich zwischen etwa -568...-575 m werden die 10 % leicht angerissen.
- Entsprechend hoch ist die verbliebene Wandstärke ausgewiesen.
- Die als „Sedimentation“ ermittelten Signale sind außen größer als innen. Dies sollte auf eine Wechselwirkung mit dem den SKS-Strang außen umgebenden „Gebirge“ hindeuten.

Es wird aus der Wandstärkenmessung für die SKS-Rohrtour abgeleitet, dass aktuell hier keine Materialprobleme auftreten. Unter Berücksichtigung der bisherigen 15-jährigen Stand- und Nutzungszeit der Messstelle und dieses aktuellen Messbefundes sollte es diesbezüglich auch in überschaubarer Zukunft keine Probleme geben.

5.3 In-situ-Probenahme (Druckbehälter)

Bei den technischen (geophysikalischen) Untersuchungen kam auch ein spezieller Tiefenprobennehmer zum Einsatz, mit dem unter druckstabilen Bedingungen Wasserproben von Vor-Ort, direkt und unverfälscht in -605 m Tiefe an der Basis der Messstelle gewonnen werden konnten.

Insgesamt wurden 3 Proben gehoben:

- Zwei der Druckproben dienten der Untersuchung der vor-Ort-Gasfracht im Grubenwasser, bevor durch das sonstige Pumpen und zu Tage fördern des Wassers eine Druckentlastung und damit Verfälschung der „originalen“ Gasfracht eintritt. An diesen beiden Proben wurden zusätzlich auch spezielle Isotopenuntersuchungen durchgeführt.
- Die dritte Druckprobe wurde zur $\delta^{34}\text{S}$ -Untersuchung verwendet. In der Vergangenheit zeigte sich ein komplexes System mit diversen Schwefelumwandlungen. Unter den speziellen in-situ-Bedingungen an der Basis der Messstelle kann erwartet werden, dass zumindest

partikuläre Sulfide in so einer Menge vorgefunden werden, dass eine entsprechende Messung möglich ist.

Die Auswertung der aus den Druckproben gewonnenen Ergebnisse erfolgt in den späteren Kapiteln zur Wasserbeschaffenheit.

6 Pumpversuch

6.1 Analyse der Einsatzmöglichkeit mobiler Pumptechnik

Im Vorfeld des Pumpversuchs war zu prüfen, auf welche Pumptechnik zurückgegriffen werden kann. Im Blickfeld steht auch die Option, ggf. auf mobile Probenahmetechnik zu setzen.

Im Ergebnis der Recherche ist einzuschätzen, dass dies nicht möglich ist. Die Aussage gilt aktuell für die Oelsnitzer Messstelle gleichermaßen wie auch für die Gersdorfer Messstelle.

Die tiefste, regional verfügbare mobile Probenahmeeinrichtung befindet sich bei der Wismut GmbH. Sie erreicht Teufen von ca. 300 m. Da der Flutungswasserspiegel in Oelsnitz aktuell aber erst bei ca. -270 m liegt und für eine anstehende Beprobung mindestens von ca. 100 m Absenkung als Zusatzteufe ausgegangen werden muss, ist diese Technik für Oelsnitz nicht geeignet. Im Falle von Gersdorf liegt der Flutungswasserspiegel aktuell zwar „nur“ bei ca. -230 m, aber auch hier erscheint die notwendig vorzuhaltende Absenkreise beim Pumpen als (noch) nicht ausreichend.

Es ist somit klar herauszustellen, dass es aktuell keine sinnvoll praktikable Alternative zum festen Verbau einer Fördereinrichtung in der/den Messstelle(n) gibt.

Für den anstehenden Pumpversuch in der Oelsnitzer Messstelle muss auf eine Hochleistungspumpe mit Förderhöhen bis aus -500 m orientiert werden. Praktikabel ist der Einsatz der bisher genutzten Pumpe. Sie war in der Vergangenheit nach Errichtung der Messstelle in ähnlicher Größenordnung verbaut und erfüllt die notwendige Leistungscharakteristik.

6.2 Randbedingungen und Ablauf des Pumpversuchs

Der Pumpversuch dient dem Nachweis der Zulaufcharakteristik der Messstelle. Er wird als Stufenpumpversuch konzipiert und durchgeführt. Es war Zielstellung des Versuchs, nach Möglichkeit mehrere (angestrebt 3) quasi-stationäre Zustände zu erreichen und für die Auswertung zu nutzen.

Die Ausführung des Pumpversuchs erfolgte durch H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH, Hessisch-Lichtenau. Die Firma ist mit der Bohrung vertraut. Sie hat die Messstelle in 2003/2004 errichtet und auch die seither notwendigen Wartungsarbeiten ausgeführt. In unmittelbarer Vorbereitung des Pumpversuchs wurde durch sie Baufreiheit hergestellt.

Der Pumpversuch wurde mit folgendem „Steckbrief“ durchgeführt:

- Ruhewasserspiegel vor Einbau der Pumpengarnitur: -279,78 m unter MPkt (26.02.19)
Ruhewasserspiegel nach Einbau der Pumpengarnitur: -263,99 m unter MPkt
- Einbau der Pumpe an Steigleitung bei -500 m
- 3-stufiger PV + Wiederanstieg

Pumpstufe-1	Beginn	05.03.2019	14:00 Uhr	mit Q = 5 l/min
	Ende	08.03.2019	18:00 Uhr	
Pumpstufe-2	Beginn	08.03.2019	18:00 Uhr	mit Q = 8 l/min
	Ende	09.03.2019	18:00 Uhr	
Pumpstufe-3	Beginn	09.03.2019	18:00 Uhr	mit Q = 10 l/min
	Ende	10.03.2019	18:00 Uhr	
WA	Beginn	10.03.2019	18:00 Uhr	
- Geförderte Wassermengen

Pumpstufe-1	Dauer 76 h	V = 22,8 m ³		
Pumpstufe-2	Dauer 24 h	V = 11,5 m ³	kumulativ:	34,3 m ³
Pumpstufe-3	Dauer 24 h	V = 14,4 m ³	kumulativ:	48,7 m ³
- Erreichte quasi-stationäre Absenkungen in den Pumpstufen

Pumpstufe-1	s = 122 m (ermittelt aus -386 m unter MPkt)
Pumpstufe-2	s = 179 m (ermittelt aus -443 m unter MPkt)
Pumpstufe-3	s = 213 m (ermittelt aus -477 m unter MPkt)
- Die Messwertaufzeichnung des Absenkungsverhaltens erfolgte über Drucksonde und Datenlogger, dito eine Direktokumentation der Fördermenge, sowie der Milieuparameter elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Redox-Potenzial und Temperatur.
- Kontrollmessungen der Fördermenge Q erfolgten als Handmessungen. Diese steuerten die fortlaufende Nachjustierung der Anlage, um konstante Bedingungen der Förderung zu garantieren.
- Der Pumpversuch wurde nach 124 h Förderung und einer gehobenen Wassermenge von 48,7 m³ beendet. Er ist technisch störungsfrei abgelaufen.
- Der sich anschließende Wiederanstieg konnte für insgesamt 18 h unbeeinflusst aufgezeichnet werden. Danach erfolgte der Ausbau des Gestänges und der Pumpengarnitur, incl. der Drucksonden- und Datenloggereinheit.

Der Ablauf des Pumpversuchs ist in der Anlage 6.1 zusammenfassend dargestellt.

Die Anlage 6.2 beinhaltet die beim Pumpversuch mit aufgezeichneten Parameter elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Redox-Potenzial und Temperatur.

→ Anlagen 6

6.3 *Hydraulisches Ergebnis des Pumpversuchs*

Die Zulaufbedingungen zu einem Aufschluss können über eine Q-s-Beziehung dargestellt werden. So lange sich diese linear zeigt, läuft der Brunnen bzw. hier die Messstelle noch nicht gegen ihre technische Leistungsgrenze. Wäre diese erreicht, so würde die Absenkung s im Diagramm überproportional zunehmen. Das ist im Oelsnitzer PV nicht der Fall, wie die nachfolgende Abbildung zeigt.

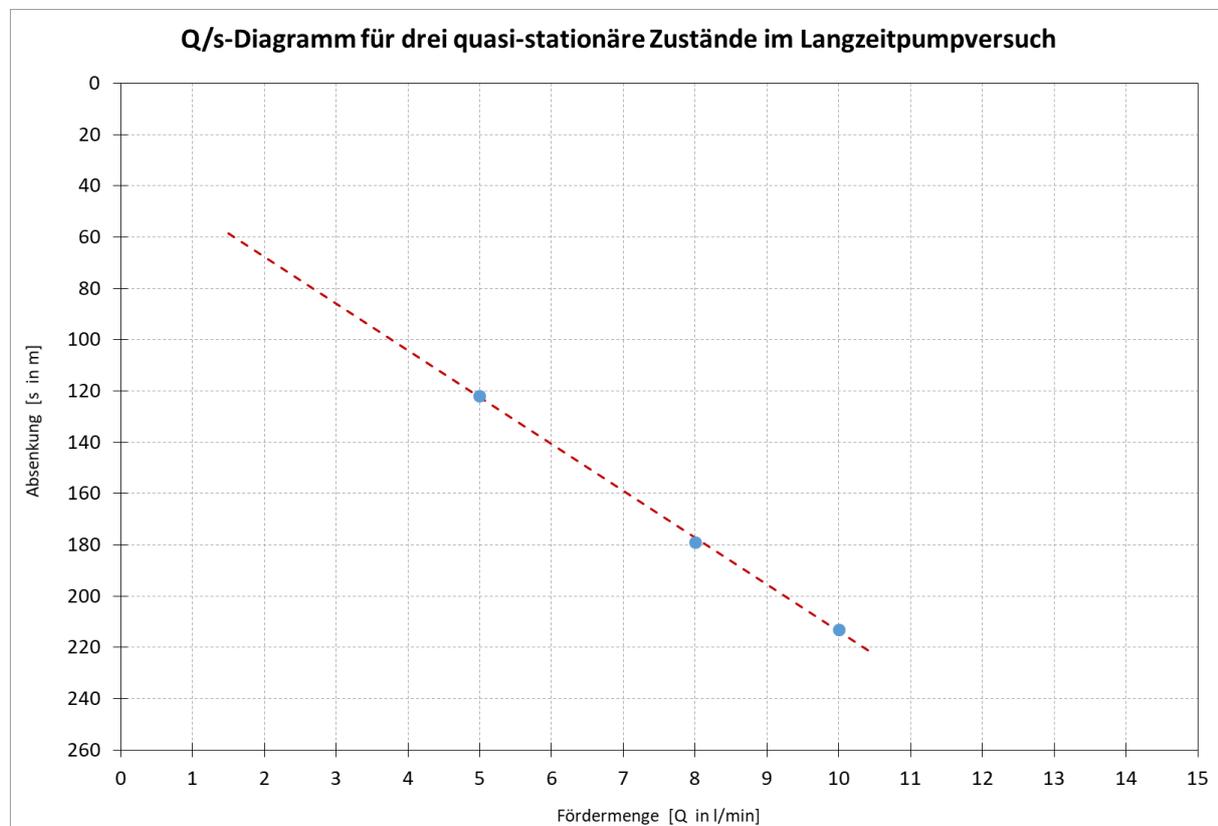


Abbildung 4 Q-s-Diagramm aus den PV-Ergebnissen für die 3 Pumpphasen

Die im PV ermittelten Daten sind für die Pumpphasen 2 und 3 vergleichsweise eindeutig. Die dort ermittelten quasi-stationären Zustände sind belastbar, obgleich am Ende der Stufe-2 im Kurvenverlauf wieder ein leichter Anstieg ansetzt. Anstieg bei gleichbleibender Fördermenge bedeutet per se immer Zunahme im Sinne von Verbesserung der Zulaufbedingungen.

Etwas problematischer stellt sich der Kurvenverlauf für die Pumpstufe-1 dar.

Der quasi-stationäre Zustand wurde hier durch Interpolation ermittelt. Der Grund liegt in der Kurvencharakteristik mit einer fast dramatischen Verschlechterung der Zulaufbedingungen nach

ca. 12 h Pumpzeit und einer Entnahmemenge bis dahin von ca. $3,6 \text{ m}^3$. Just ab diesem Zeitpunkt begann eine Phase der Förderung von stark verschmutztem Wasser. Der Kurvenverlauf der Wasserspiegelentwicklung knickt deutlich nach unten ab. Bei gleichbleibender Pumpleistung reduziert sich der Zulauf zur Messstelle, folglich nimmt die Absenkung deutlich zu. Nach ca. 42 h Pumpzeit mit $Q = \text{konst.} = 5 \text{ l/min}$ (respektive $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$, folglich bis dahin $12,6 \text{ m}^3$ Förderung) kommt es zu einer zweiten Phase des Zulaufs von stark verschmutztem Wasser. Es ist einzuschätzen, dass die Messstelle zu dem Zeitpunkt nicht „frei“ war. Erst beim weiter fortgesetzten Pumpen setzt ab 61 h Pumpzeit und dabei ca. $18,3 \text{ m}^3$ an gefördertem Wasser eine Verbesserung der Zulaufcharakteristik ein. Die Kurve (der Wasserspiegel) beginnt bei gleichbleibender Förderung zu steigen. Dieser Zustand nimmt nach 66 h Pumpzeit in der Stufe-1 sehr deutliche Formen an.

Interpoliert man den Absenkungsverlauf aus dem Stadium vor dem ersten markanten Schmutzwassereintrag und dem offensichtlichen „Freigehen“ der Messstelle nach 66 h Pumpzeit und fast 20 m^3 gefördertem Wasser, so ergibt sich ein quasi-stationärer Zustand für die PV-Leistungsphase 1 bei ca. 386 m unter MPkt. Dieser Wert geht in die Q-s-Auswertung ein und er zeigt auch ein schlüssiges Bild.

Die Q-s-Relation aus den 3 Pumpstufen liefert ein verwertbares Ergebnis.

6.4 Analytische Begleitung des Pumpversuchs

Der Pumpversuch wurde in mehreren Richtungen analytisch begleitet.

6.4.1 Erfassung der Sofort-Parameter in kontinuierlicher Aufzeichnung

Primär wurden die Parameter elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Redox-Potenzial und Temperatur kontinuierlich aufgezeichnet. Wie bereits angemerkt sind die Kurvenverläufe der einzelnen Sofort-Parameter in der [Anlage 6.2](#) graphisch dargestellt. Die 3 Pumpstufen sowie auch die markanten Zuläufe von Schmutzwasser sind in den Diagrammen als Zeitmarken mit hinterlegt.

Beim Kurvenverlauf für die elektrische Leitfähigkeit fällt auf, dass sie aus einem stetigen Anstieg heraus zum Ende der Pumpstufe 1 einen markanten Rückgang aufweist (bei ca. $20 \dots 25 \text{ m}^3$ Fördervolumen), ehe sie dann wieder die frühere leicht steigende Tendenz aufnimmt. Zeitlich parallel mit diesem Rückgang der Leitfähigkeit zeigt der pH-Wert einen Peak. Die temporäre Leitfähigkeitsreduzierung geht also einher mit weniger saurem Wasser.

Der pH-Wert und das Redox-Potenzial sind während des gesamten Pumpversuchs rückläufig. Zeitlich parallel mit dem ersten starken Schmutzwassereintrag (und der damit beginnenden Verschlechterung des Zulaufs zur Messstelle) zeigen beide Parameter signifikante „Antwort“-Reaktionen: der pH-Wert nimmt stark zu (bis fast 7,9), und das Redox-Potenzial nimmt sehr stark

ab (um fast 250 mV). Beides sind Peaks mit etwa gleicher zeitlicher Ausdehnung, d.h. keine langanhaltenden Milieuveränderungen. Ursächlich sollten sie aber im Zusammenhang mit dem Schmutzwassereintrag und dem temporären „Zugehen“ der Messstelle stehen.

Die Temperatur-Kurve aus der Sofort-Parameter-Überwachung des Pumpversuchs ist quasi über den gesamten Zeitraum stetig ansteigend. Am Ort der Förderung wird die 20 °C Marke deutlich überschritten. Insofern handelt es sich im Status um eine Thermalsole.

6.4.2 Hydrochemische Sonderproben in der PV-Begleitung

Neben der Erfassung der Sofortparameter wurde der Pumpversuch auch durch Sonderproben zur Hydrochemie analytisch begleitet. Die Probenahme erfolgte durch G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH, Halsbrücke. Die zugehörige Laboranalytik wurde von Eurofins Umwelt Ost GmbH, Hilbersdorf ausgeführt. Wie bei früheren vergleichbaren Spezialuntersuchungen an stark salzhaltigen Wässern wurde auch hier beim analytischen Handling darauf Wert gelegt, sie ähnlich den Anforderungen an Heilwasseruntersuchungen zu behandeln.

Genommen wurden insgesamt 4 Proben mit den Bezeichnungen PV-1 ... PV-4. Die Zeitpunkte der jeweiligen Probenahmen und damit die Zuordnungen zu den Pumpstufen sind in allen Diagrammen in den Anlagen 6 mit eingezeichnet.

Die Laborergebnisse sind als Protokolle in der Anlage 7 beigefügt.

→ Anlage 7

Die wichtigsten Parameter sind in ihrer Entwicklung in den nachfolgenden beiden Tabellen zusammengefasst. Es zeigt sich, dass im Rahmen des Pumpversuchs sich die Mineralisation des Wassers verändert hat. Über die im Feld gemessenen Vor-Ort-Parameter ergeben sich eine Reduzierung der Salzlast (siehe elektrische Leitfähigkeit) und tendenziell leicht rückläufige pH-Werte.

PV GWM Oelsnitz/E.		PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
		06.03.19	08.03.19	09.03.19	10.03.19
Feldparameter	Einheit				
ph-Wert		6,59	6,39	6,35	6,27
Leitfähigkeit	µS/cm	46.129	45.200	37.500	37.800
Redox	mV	91	76	44	107
Sauerstoff	mg/l	0,77	0,02	0,06	0,66
Temperatur	°C	17,2	19,9	21,0	22,4

Tabelle 4 Vor-Ort-Parameter bei der Beprobung während des PV's

Über die wertbestimmenden Hauptbestandteile fällt auf, dass sich der Chemismus des Wassers zwischen PV-2 und PV-3 signifikant verändert hat.

Anionar ist mit >300 mg/l wieder Sulfat nachgewiesen, während Chlorid deutlich rückläufig ist. Bei den Kationen ist das Bild differenzierter. Auffällig ist ein sehr stark ansteigender Fe-Gehalt auf hohe 160 mg/l. Na, Ca oder Sr sind rückläufig, während andererseits Mg ansteigt. Aufgrund der dann wieder vorhandenen Sulfate im Grubenwasser verschwindet das Barium. Es wird über Fällungsreaktionen gebunden und kann ionar quasi nicht mehr vorkommen.

Der Vergleich der beiden letzten Analysen aus dem Pumpversuch mit früheren Daten zeigt Parallelen mit dem Chemismus, so wie er etwa um 2011 oder noch 2012 charakteristisch war. Es steht zu vermuten, dass mit dem „Freipumpen“ während des Pumpversuchs wieder ein besserer Anschluss an das „freie“ Grubenwasser lagerstättenseits hinter dem Kieskegel hergestellt ist.

PV GWM Oelsnitz/E.		PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
		06.03.19	08.03.19	09.03.19	10.03.19
Laborparameter - 1	Einheit				
Natrium	mg/l	7.160	7.040	5.660	5.780
Kalium	mg/l	80,2	85,1	82,9	84,9
Calcium	mg/l	2.820	2.940	2.070	2.050
Magnesium	mg/l	721	741	935	970
Barium	mg/l	47,2	43,6	1,34	1,38
Strontium	mg/l	61,9	68,6	40,1	29,7
Lithium	mg/l	3,54	3,53	2,82	2,22
Bor	mg/l	1,20	1,20	0,97	0,81
Borat	mg/l	6,5	6,5	5,3	
Eisen -ges.	mg/l	33,3	27,5	179	63,3
Eisen -II	mg/l	24,6	19,1	160	
Mangan	mg/l	1,46	1,39	3,91	2,96
Chlorid	mg/l	18.000	18.000	14.000	14.000
Sulfat	mg/l	<10	11	320	330
Sulfid, leicht freisetzbar	mg/l	<0,04	<0,04	<0,04	
Sulfid, gelöst	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	
Hydrogencarbonat	mg/l	180	200	120	<6
Bromid	mg/l	200	230	180	170
Iodid	mg/l	<10	<10	<10	<10
Fluorid	mg/l	<20	<20	<20	<20
Nitrat	mg/l	<10	<10	<10	<10
Ammonium	mg/l	6,4	5,6	3,3	4,6
Phosphor -ges.	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	
ortho-Phosphat	mg/l	0,32	0,12	0,08	<0,02
Silicium	mg/l	5,40	5,77	9,16	3,03
Silikat (Siliciumdioxid)	mg/l	11,6	12,3	19,6	

Tabelle 5 Veränderung hydrochemischer Parameter während des PV's

Der sich veränderte Chemismus des Wassers während des Pumpversuchs nach der Leistungsstufe 1 wird auch über die zeitliche Reihung der STIFF-Diagramme sichtbar. Die Ionenkonzentrationen sind dabei immer in meq/l angegeben. Der Achsmaßstab wird in den Darstellungen gleich gehalten. Somit wird die Größe der Graphikflächen zum Maß der Mineralisation. Über die jeweils gegenüber liegenden Ionenpaare zeigt sich, welche Kat- und Anionen gegenseitig ausbalanciert sind. Die entstehende Form der Graphikkontur wird zum Vergleichsmaß, insbesondere für genetische Aussagen.

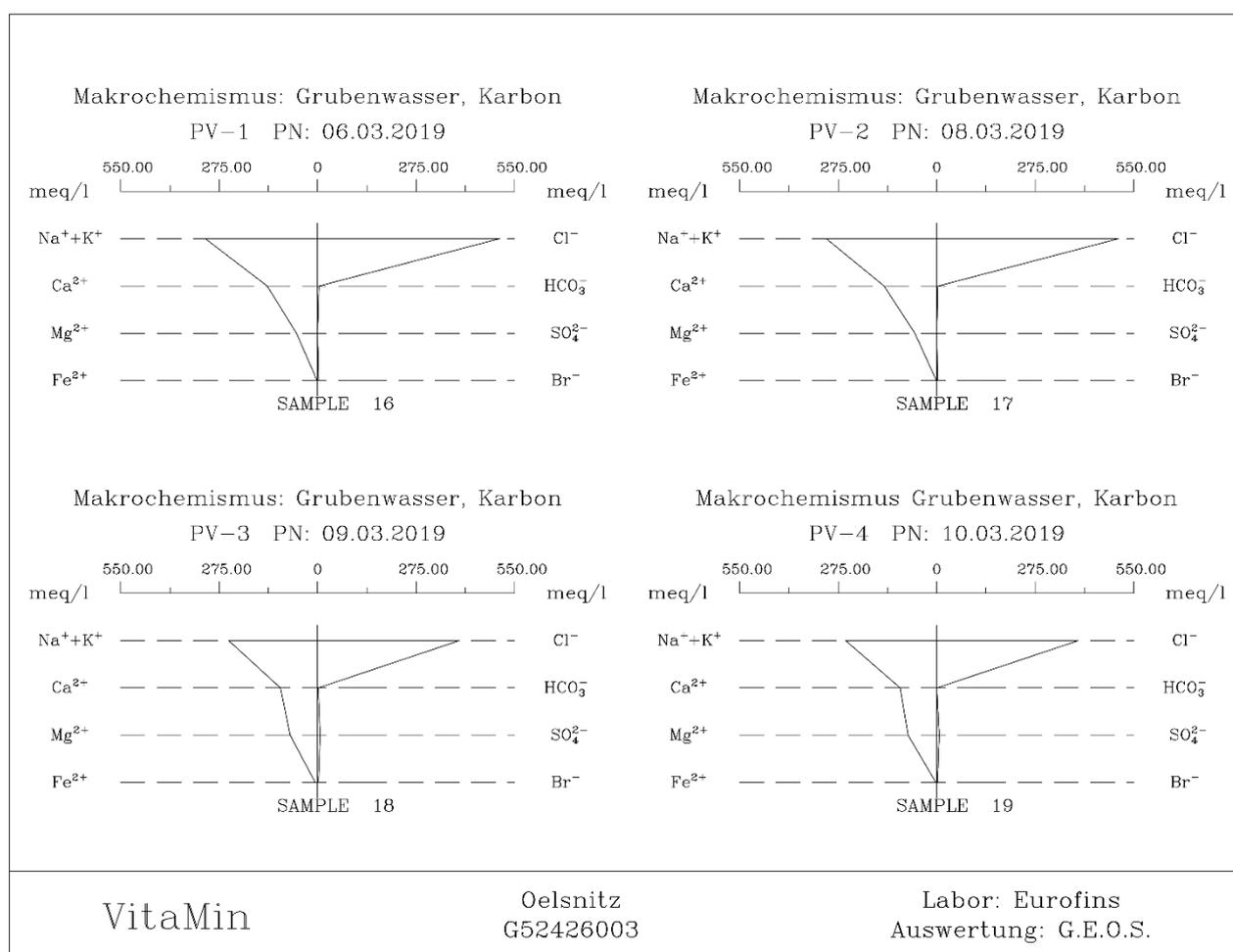


Abbildung 5 Veränderungen im Makrochemismus während des PV's

Es ist sichtbar, dass trotz veränderter, rückläufiger Gesamtmineralisation sich der Grundcharakter der Sole nicht wesentlich verändert hat. Die Chlorid-Dominanz bleibt bestehen. Bei den Hauptkationen nimmt ab der Probe PV-3 der eh schon immer vergleichsweise hohe Mg-Gehalt noch weiter zu. Dies geht zu Lasten des Ca-Anteils. Es kann abgeleitet werden, dass unter mehr „freien“ Zuflussbedingungen Magnesiumchloride aus dem Ursprung der Salzlösung, also in den Lieferbedingungen und den Ausgangsgesteinen eine (mit-)entscheidende Rolle spielen.

6.4.3 Untersuchung der gelösten Gase in der PV-Begleitung

Für das Oelsnitzer Grubenwasser ist charakteristisch, dass beim Pumpen eine hohe Gaslift auftritt. Es handelt sich dabei um eine Art „Seltersflaschen-Effekt“. Beim Druckentlasten entweicht ein Teil der Gasphase. Über und im Pumpenstrang bilden sich beim Fördern Luftblasen von ganz fein dispers bis zu so groß, dass sie auch zu einem Problem für den Trockenlaufschutz der Pumpe werden können.

Untersuchungen zu den gelösten Gasen liegen in kleiner Reihe ab 2016 vor. Sie wurden von der Stadt Oelsnitz initiiert. Die folgende Tabelle stellt die aktuellen in der PV-Begleitung ermittelten Werte den früheren Daten gegenüber.

PV GWM Oeslnitz/E.		Eurofins			PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
		31.05.16	17.05.17	26.03.18	06.03.19	08.03.19	09.03.19	10.03.19
Feldparameter	Einheit							
ph-Wert		7,26	7,27	6,72	6,59	6,39	6,35	6,27
Leitfähigkeit	µS/cm	46.598	45.902	46.356	46.129	45.200	37.500	37.800
Redox	mV	88	62	100	91	76	44	107
Sauerstoff	mg/l	0,71	0,55	3,99	0,75	0,02	0,06	0,66
Temperatur	°C	19,7	20,4	19,1	17,2	19,9	21,0	22,4
Gase	Einheit							
Argon	Vol-%	6,1	8,4	10,5	6,3	7,8		4,1
Kohlenstoffdioxid	Vol-%	4,1	13,2	26,7	19,9	28,2		40,7
Methan	Vol-%	59,2	28,1	33,3	30,8	26,6		14,1
Kohlenstoffmonoxid	Vol-%	<0,5	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
Wasserstoff	Vol-%	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1
Stickstoff	Vol-%	30,6	50,3	29,5	43,0	37,4		41,1
Schwefelwasserstoff	ppm	<7	<7	<7	<7	<7		<7
Sauerstoff	Vol-%	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1

Tabelle 6 Gelöste Gase im Grubenwasser beim PV und Vergleich mit früheren Daten

In der Auswertung zeigen sich folgende Tendenzen, wobei Hauptaugenmerk in der Betrachtung auf die Werte für PV-4 (nach „Freifördern“ der Messstelle) gelegt werden kann:

- Es bleibt auch mit den PV-Daten beim bisherigen Bild, dass die Gasfracht des Oelsnitzer Grubenwassers/Sole aus den vier Komponenten Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, Methan und Argon aufgebaut ist. Andere Komponenten spielen quasi keine Rolle.
- Stabil und manifestiert hat sich der Stickstoff-Anteil mit hohen ca. 40 Vol-%.
- Kohlenstoffdioxid spielt aktuell eine deutlich größere Rolle als zu Beginn der Messreihe und macht inzwischen auch ca. 40 Vol-% aus.
- Stark rückläufig während des Pumpversuchs ist der Methan-Anteil. Er liegt am Ende noch bei ca. 14 Vol-%. Frühere sehr deutlich höhere Werte mit in der Spitze bis zu fast 60 Vol-%

reflektieren offensichtliche Anreicherungsprozesse unter den damals eher „stagnierenden“ Verhältnissen.

- Argon bleibt in den PV-Proben jeweils deutlich unter 10 Vol-%.

Die Analysenergebnisse für PV-1...PV-4 sind als Laborberichte in der Anlage 8 beigefügt.

→ Anlage 8

6.4.4 Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung

Der Pumpversuch wurde auch isotopenhydrogeologisch begleitet. Folgende Messergebnisse wurden generiert:

Messwerte Isotope		PV-1 06.03.2019	PV-2 08.03.2019	PV-3 09.03.2019	PV-4 10.03.2019
³ H-Tritium	TE	1,0 ± 0,3	0,6 ± 0,2	1,5 ± 0,3	1,2 ± 0,2
δ ¹³ C	‰	-14,9 ± 0,3	-15,0 ± 0,3	-19,7 ± 0,3	-18,7 ± 0,3
¹⁴ C	‰-mod.	8,44 ± 0,16	8,09 ± 0,16	35,87 ± 0,26	40,39 ± 0,26
δ ² H-Deuterium	‰	-40,5 ± 1,5	-40,7 ± 1,5	-45,3 ± 1	-45,4 ± 1,5
δ ¹⁸ O Wasser	‰	-6,65 ± 0,15	-6,67 ± 0,15	-7,00 ± 0,15	-6,89 ± 0,15
δ ³⁴ S (SO ₄ - gelöst)	‰	n.b.	n.b.	-0,9 ± 0,2	0,1 ± 0,1
δ ¹⁸ O (SO ₄ - gelöst)	‰	n.b.	n.b.	4,8 ± 0,2	4,5 ± 0,2
δ ³⁴ S (Sulfid - partikulär)	‰	(-1,5 ± 0,2) ^{*)}	-8,3 ± 0,2		
³ He	Nml/kg	4,11 • 10 ⁻⁹	1,91 • 10 ⁻⁹		
⁴ He	Nml/kg	3,00 • 10 ⁻²	1,59 • 10 ⁻²		
³ He / ⁴ He		1,37 • 10 ⁻⁷	1,20 • 10 ⁻⁷		
Ne / He		0,024	0,024		

^{*)} Die unter PV-1 angegebene Schwefelprobe (partikuläres Sulfid) entstammt nicht dem PV selbst, sondern ist eine Druckprobe aus 605 m Tiefe, zeitlich direkt vor dem PV (sie entspricht also noch in etwa dem Beginn des PV).

Pumpzeit vor PN	hh:mm	22:15	70:30	92:30	123:00
Abpumpmenge vor PN	m ³	6,7	21,2	30,7	48,1
Förderrate vor PN	m ³ /h	0,3	0,3	0,48	0,6

Tabelle 7 Messergebnisse Isotope während der Betreuung des PV's

Die Laborergebnisse der isotopenhydrogeologischen Begleituntersuchungen beim Pumpversuch sind in den Anlagen 9 beigefügt.

→ Anlage 9

- 9.1 ³H (Tritium) - Labor: Hydroisotop
- 9.2 δ²H (Deuterium), δ¹⁸O - Labor: Hydroisotop

- 9.3 $\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C (Radiokohlenstoff) - Labor: Hydroisotop
- 9.4 Schwefel-Isotope - Labor: G.E.O.S. / TU Dresden
- 9.5 Edelgas-Isotope - Labor: helis, Uni Bremen

Grundsätzlich ist für die Auswertung anzumerken, dass sich gegenüber den letztmalig vor dem Pumpversuch gemessenen Werten aus 03-2018 (vergl. Tabelle in Anlage 13) keine solchen Änderungen ergeben, die den Charakter des Wassers, seine altersstrukturelle Zusammensetzung und damit die Grundaussagen aus den Isotopenuntersuchungen verändern würden. Insofern erfolgen die detaillierte Beschreibungen hier nicht separat nur für den Zeitraum des PV's, sondern für die einzelnen Isotope in der Diskussion der gesamten Datenreihen seit Beginn der Messungen. Es wird auf Kap. 8.2 verwiesen.

6.5 Mikrobiologische Untersuchungen in der PV-Begleitung

Der Pumpversuch wurde durch mikrobiologische Untersuchungen begleitet. Im Mittelpunkt stand die Frage, inwieweit und in welcher Anzahl sulfatreduzierende und eisenreduzierende Bakterien vorkommen und dadurch die hydrochemischen Prozesse beeinflussen bzw. steuern.

Neben den 3 PV-Proben (PV-1, PV-3 und PV-4) wurde auch die Sonderprobe S1 untersucht. Sie entstammt dem Zeitraum des Pumpversuchs, an dem der erste „Einbruch“ von Trübungs-, Schmutz- und Feststoffanteilen im geförderten Wasser zu beobachten war, der dann zu einer temporären deutlichen Verschlechterung der Zuflussrandbedingungen geführt hatte. Es konnte davon ausgegangen werden, dass dieser Zeitraum auch durch „spezielle“ mikrobiologische Befunde gekennzeichnet sein sollte.

Die Untersuchungsergebnisse sind mit einem speziellen Ergebnisbericht in der Anlage 10 dokumentiert.

→ Anlage 10

Es können folgende Aussagen zusammengefasst werden:

- Aktive Mikroorganismen sind in allen untersuchten Proben nachgewiesen.
- Es findet im Grubenwasser eine durch die Mikroorganismen gesteuerte Sulfatreduktion und auch eine Eisenreduktion statt.
- Erwartungsgemäß sind die Gesamtzellzahlen, wie auch die Anzahl der sulfat- und eisenreduzierenden Bakterien in der Probe S1 am höchsten. Sie zeigt an, dass die „Schlammfracht“ und damit die den freien Zufluss negativ beeinflussenden Bestandteile im Wasser auch Träger der Mikrobiologie sind. Insofern wird diese immer dort am besten wirken können, wo wenig Dynamik und eher „stagnierende“ Verhältnisse auftreten.

- In der Abfolge des Pumpversuchs nehmen die Gesamtzellzahlen ab, dito auch die sulfat-reduzierenden Bakterien. Dies korrespondiert mit den chemischen Ergebnissen (Sulfat).

7 Zusammenfassende Aussagen zum Status der Messstelle

7.1 Technischer Status

Der Status der Messstelle wird aus den Ergebnissen der technischen Erkundungsarbeiten (Kap. 5) und den Ergebnissen des Pumpversuchs (Kap. 6) ermittelt. Es ergibt sich folgendes zusammenfassendes Bild:

- Die Messstelle ist bautechnisch intakt.
- Die zugängliche 5½“ GFK-Verrohrung weist keinerlei Beschädigungen auf.
- Der aus sachlichen Zwängen errichtete finale Endausbau an der Basis der Messstelle mit verbliebenem SKS-Rohrstrang und Kiesschüttung zum Liegenden zum Zielhorizont ist keine schöne Lösung, erfüllt derzeit aber seine Funktion:
 - o Der Kies liegt nahezu frei. Verschlammungen, Verockerungen, Auflandungen etc. waren über die Kamerabefahrung nicht sichtbar.
 - o Gegenüber der Errichtung der Messstelle ist die Kiessäule leicht abgesackt. Verbaut war sie mit einer Füllhöhe bis -605,00 m unter Messpunkt. In der Kamerabefahrung wurde die freie Endteufe bei OK Kies mit -606,82 m ermittelt. Daraus ergibt sich eine Differenz von -1,82 m. Da das SKS-Rohr aber erst bei -611,30 m endet, ist dieses Absacken als unkritisch für die Funktionssicherheit der Messstelle zu bewerten.
 - o Die Wandstärkenmessungen an der SKS-Rohrtour weisen nur geringe Korrosionswirkungen bzw. kaum Materialschwund auf. Mit diesem Befund und aufgrund der immerhin bereits 15-jährigen Standzeit ist davon auszugehen, dass das SKS-Rohrstück im überschaubaren Zeitraum nicht zu einem Problemfall für die Standsicherheit wird.
- Der im Vorfeld der technischen Erkundungsarbeiten als neuralgisch bewertete Übergangsbereich zwischen SKS-Rohr und dem eigentlichen 5½“ GFK-Ausbau (Bereich Manschettenpacker) ist intakt. Der Packer erfüllt seine abdichtende Funktion. Es sind keine Spuren von einlaufendem Wasser erkennbar. Der Belag an den Rohrwandungen ist in diesem Bereich durchgehend und unbeschädigt.

Mögliche Problempunkte können sich aus folgenden Sachverhalten oder Überlegungen ergeben:

- Die Einschätzung auf freie Kiesoberfläche bezieht sich auf das Innere der Messstelle, also den mit der Kamera sichtbaren Bereich. Nicht einschätzbar ist aber die lagerstättenseitige „freie“ Oberfläche des Kieskegels. Er mündet entweder in einem offenen oder ehemals offenen, nun ggf. verstürzten Grubenbau, oder zumindest in einem größeren Hohlraum. In

einem derartigen Umfeld sollten Wasserbewegungen im Bereich der alten Grubenbaue immer durch das Auftreten von Schweb- und Trübstoffen, Verschlammungen etc. geprägt sein. Der eingeschüttete Kieskegel wird in einem derartigen Medium für das beim Pumpen in die Messstelle eindringende Wasser wie ein „Filter“ wirken, d.h. er könnte sich also auch von außen anteilig (und ggf. zunehmend) zusetzen bzw. zumindest den Wassereintritt behindern. Die beiden beim PV in der Pumpphase 1 beobachteten Schmutzwassereinbrüche mit signifikant verschlechterten Einlauf-/Zulaufbedingungen könnten dafür ein Indiz sein. Auch dass im Laufe des PV's quasi ein „Freipumpen“ erfolgte, spricht eher für solche Kontaminationen und Prozesse.

7.2 Fazit und Empfehlung hinsichtlich technischer Sanierungsarbeiten

- Technische Sanierungsarbeiten werden derzeit nicht empfohlen.
- Einzige mögliche und ggf. sinnbringende Option wäre ein komplettes Beräumen des derzeitigen Kieskegels und Ersatz gegen einen neuen (siehe Gefahrenmoment, oben).
- Ein Eingriff in die Messstelle würde aber eher Risiken beinhalten. Ein Ausbau des Kieskegels im derzeitigen Zustand erscheint nicht möglich. Die 5½“ GFK-Verrohrung würde Gefahr laufen, beschädigt zu werden und über die derzeitige Engstelle des 4“ Edelstahl-Führungsrohres ist ein Zugang mit Technik bis in den Bereich an der Basis der Messstelle kaum möglich. Blicke der Komplettausbau einschließlich der 5½“ GFK-Rohrtour. Dies würde dann aber auch zur Zerstörung des derzeitigen Packers führen, bzw. er wäre mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht wieder einsetzbar/verbaubar. Inwieweit dies bei der GFK-Rohrtour möglich ist, kann derzeit nicht genau bewertet werden. Vorsichtiges Entschrauben sollte Beschädigungen aber in Grenzen halten. Andererseits zeigt die Erfahrung bei den bisher erfolgten temporären Rückbauen der stationär verbauten Pumpengarnitur (auch aus GFK-Material), dass eine nicht unerhebliche Anzahl von Rohren aufgrund beschädigter oder defekter Verschraubungen nicht wiederverwendet werden konnten.
- Wenn man einen Ausbau der bestehenden Verrohrung aber doch ins Auge fassen will, dann wäre auch die Option des kompletten Umbaus mit anzusprechen. Im Falle einer Komplettberäumung einschließlich der 5½“ GFK-Rohrtour kann versucht werden, den SKS-Strang zu bergen. Wenn dies gelänge, könnte die Bohrung im basalen Bereich freigebohrt und als Messstelle „klassisch“ wiedererrichtet werden, also mit Filterstrang und entsprechender Hinterschüttung. Dies käme in monetärer Bewertung unter Berücksichtigung möglicher/wahrscheinlicher Unwägbarkeiten aber einem Neubau (fast ?) gleich. Unter dem Schlagwort Ertüchtigung oder auch Sanierung wird dies eher nicht zu realisieren sein.

- Materialeitig bestehen mit dem aktuellen Zustand keine Bedenken in Richtung Standfestigkeit und Langzeitsicherheit der Messstelle. Der Ausbau ist - wie geschildert - stabil. GFK ist für den Chemismus der Oelsnitzer Sole quasi verrottungsfrei. Der Schwarzstahl der SKS-Rohrtour ist aufgrund der reduzierenden Verhältnisse und des fehlenden Sauerstoffs nahezu vollständig erhalten. Korrosion spielt kaum eine Rolle. Da das hydrogeochemische System stabil ist, wird sich an diesem Zustand schnell nichts ändern.
- Betonaggressivität ist für die Bohrung selbst auch kein nachhaltiges Thema, da die NaCl-determinierte Sole gar nicht mit Beton in Berührung kommt. Dies gilt auch für die zementierten Casing-Rohre der größeren Durchmesser im oberen Teil der Bohrung. Hier liegt zusätzlich die 5½" GFK Rohrtour des Ausbaus davor.
- Einziger Punkt im Förderzyklus, an dem Beton und Sole zusammentreffen ist die Ableitung überschüssiger Sole bzw. beim Abpumpen vor Probenahme die Überleitung des Pumpwassers in die Kanalisation. Dafür gibt es einen Einleitungsvertrag mit dem zuständigen Entsorgungsbetrieb, in dem die Mengen mit sehr deutlichen Reserven geregelt und beschieden sind. Grundsätzlich ist die Salzlast des Oelsnitzer Grubenwasser „ableitefreundlich“. NaCl ist in den Sammlern gut verdünnbar. Die für Betonaggressivität problematischeren Sulfate treten in der Oelsnitzer Sole nur untergeordnet auf (aktuell knapp über 300 mg/l).

7.3 Bewertung der PV-Ergebnisse auf den Status der Messstelle

- Der Pumpversuch hat die Leistungsfähigkeit der Messstelle ausgetestet und belastbar ermittelt.
- Quasi stationäre Zustände wurden für die Pumpstufen $Q = 5 \text{ l/min}$ ($s = 122 \text{ m}$), $Q = 8 \text{ l/min}$ ($s = 179 \text{ m}$) und $Q = 10 \text{ l/min}$ ($s = 213 \text{ m}$) ermittelt. In diesem genannten Q-s Fenster kann die Messstelle genutzt (beprob) werden.
- Die Q-s Beziehung ist linear, d.h. die Messstelle stößt bei den geförderten Mengen noch nicht an eine technisch-hydraulische Grenze.
- Eine zu berücksichtigende Besonderheit beim Pumpversuch war das stoßweise Zusitzen von stark schmutzigem Wasser mit zeitgleicher deutlicher, temporärer Verschlechterung der Zulaufbedingungen. Erst der längere Pumpbetrieb führte dann zu einem „Freigehen“. Dies war erst nach einer Fördermenge von ca. 20 m^3 der Fall.
- Für die problemfreie Nutzung der Messstelle wird somit entscheidend sein, dass sie nicht über lange Zeiträume still und ungenutzt steht, wie es in der Vergangenheit der Fall war, als routinemäßig jährlich nur eine einmalige Beprobung anstand. Wenn dies auch in Zukunft so bleibt, muss vom Betreiber ein zwischenzeitlicher Pumprhythmus eingeführt wer-

den, der die Freigängigkeit sicherstellt. Vergleichsmuster kann der Pumpversuch sein. Es wird davon ausgegangen und vorgeschlagen, dass dies 3x jährlich (aktuell 1x für die Jahresprobe, 2x zur prophylaktischen Pumpkontrolle), somit im ca. 4-monatigen Abstand erfolgen sollte.

- Die hydrochemischen Ergebnisse aus dem Pumpversuch haben gezeigt, dass sich nach dem „Freipumpen“ eine abweichende (gesamtheitlich tendenziell geringere) Mineralisation eingestellt hat. Diese weist Parallelen zum Chemismus auf, wie er ca. 2011...2012 angetroffen wurde. Charakteristisch ist, dass bis zu diesem Zeitpunkt die Abpumpmengen vor jeder Beprobung mit ca. 20...40 m³ sehr deutlich höher lagen als danach ab 2013 mit dann nur noch 1...4 m³. Hier liegt ein weiteres Problem, dass aber über das Betriebsregime zu regeln wäre: Um aus der Messstelle sicher unverfälschte Proben zu erlangen ist eine längere Pumpdauer zwingend. Es wird empfohlen, vor jeder hydrochemischen und/oder isopenhydrogeologischen Beprobung eine Mindestmenge von 20 m³ abzupumpen.
- Aktuell kann davon ausgegangen werden, dass die Messstelle nach dem Pumpversuch erst einmal „frei“ ist.

7.4 Mitnutzung der Messstelle zur Solegewinnung

Seitens der Stadt Oelsnitz ist die Mitnutzung der Bohrung zur Solegewinnung angedacht. Dies hätte per se erst einmal und grundsätzlich positive Folgen für die Messstelle, da dadurch eine kontinuierlichere Förderung von Sole stattfinden würde, was ein prophylaktisches temporäres Abfördern zum „Freihalten“ unnötig machen würde.

Auch für die Oelsnitzer GWM gilt - wie im Übrigen für quasi jeden Brunnen - dass eine geringe, aber stetige Förderleistung i.d.R. für den Standort immer besser ist als jede diskontinuierliche und/oder stoßweise höhere Förderleistung. In diesem Sinne hat die Bohrung durchaus Reserven.

Zu beachten bei einer Mitnutzung sind die im Pumpversuch ermittelten Q-s Bedingungen. Nur in diesem Fenster 5...10 l/min kann eine Entnahme erfolgen. Dies gilt für den Bereich bis -500 m. Theoretisch kann in diesem Mengenbereich permanent gefördert werden. Technisch bedingte Einschränkungen sind hier nicht gegeben. Aber die technischen Randbedingungen sind nicht alles:

Bei einer Mitnutzung der Oelsnitzer Bohrung durch die Stadt zur Solegewinnung tut sich das „Problem“ der gegenläufigen Ansprüche auf. Eine permanente (oder häufige) Mitnutzung der Messstelle führt bei jedem Pumpen zu einer Absenkung des Wasserspiegels, der erst nach Beendigung der jeweiligen Förderung beginnend als Wiederanstieg einige Zeit braucht, um die Ausgangshöhe wieder zu erreichen. Zweck der GWM für das LfULG (bzw. BfUL) ist aber eine möglichst ungestörte Aufzeichnung der Entwicklung des Flutungswasserspiegels.

Diese Krux aufzulösen, sind Definitionen aufzustellen.

Erste Frage wäre – wie lange muss der Wasserspiegel als „unbeeinflusst“ gemessen werden können, um den Anforderungen des LfULG (noch) gerecht zu werden. Ein Vorschlag wäre ggf. der Ansatz, dass z.B. pro Monat 50 % der Zeit „unbeeinflusst“ sein sollen/müssen. Dies würde für die Stadt Oelsnitz einen permanenten Spielraum eröffnen, der für die Solennutzung planerisch weiterverfolgt werden könnte. Setzt man diesen Ansatz in reale Zahlen um, so ergibt sich aus der Analyse des realen Wiederanstiegsverhaltens nach früheren Pumpphasen aus 3 markanten Ereignissen der letzten Jahre überschlägig folgendes Ergebnis:

	Zeitdifferenz bis Wiedererreichen Ausgangswasserspiegel	
Wiederanstieg ab 31.05.2016:	293,5 h	= 12,2 Tage
Wiederanstieg ab 15.11.2017:	415,0 h	= 17,3 Tage
Wiederanstieg ab 26.03.2018:	255,2 h	= 10,6 Tage

Nach ca. 2 Wochen ist der Wiederanstieg beendet und es liegen wieder ungestörte Verhältnisse vor. Da diese Zeitspanne naturgemäß aber auch abhängig vom Ausgangszustand bei Beginn des Wiederanstiegs, also der Tiefe der jeweiligen Absenkung s ist, kann hier beeinflussend eingegriffen werden. Die niedrigste Pumpleistung aus dem Pumpversuch von $Q = 5 \text{ l/min}$ angesetzt und ein angenommener Zyklus von gut händelbaren 10 h Pumpzeit würden ein gefördertes Volumen von ca. 3 m^3 ergeben. Die Absenkung wäre gegenüber dem max-Förderstrom aus den drei Beispielen sicher geringer (siehe $s = 122 \text{ m}$ bei quasi stationären Verhältnissen) und der Wiederanstieg wäre real schneller/kürzer zu erwarten. Insofern sind die 3 Beispiele eher auf der konservativen Seite angesiedelt.

Es zeigt sich aber, dass mit wohl überlegten Annahmen Spielraum für einen Interessensausgleich geschaffen werden kann. Die Möglichkeiten werden größer, wenn z.B. auf einen 2-monatigen Zyklus mit dann auch längerer (verdoppelter) Pumpdauer abgestellt werden würde.

Eine zweite zu stellende Frage wäre die nach der unterkritischen Menge, ab der sich eine Mitnutzung der Sole für die Stadt nicht rechnen würde. Jede Mitnutzung setzt Aufwendungen voraus, sei es Energiekosten, Logistikkosten, Aufbereitung, Konditionierung, ... u.a. Diese Kosten müssten dem „Sole-Wert“ gegengerechnet werden. Dies muss nicht 1:1 monetär sein, auch Werbung, Stadtentwicklung, indirekte Werte, ... sind zu berücksichtigen – letztlich steht am Ende der Betrachtung aber doch eine „Gegenrechnung in Geld“, die auch aufgehen muss.

Hier schließt sich der dritte Fragenkomplex an: die Bewertung der notwendigen (wünschenswerten) Solemenge nach oben. Wird der Verwendungsanspruch der Stadt sehr groß (zu groß für eine Mitnutzung der bestehenden GWM), so wären Randbedingungen für einen eigenen Neuaufschluss zu definieren.

- Die Solequalität ist bekannt und kann bei entsprechender Wahl des Ansatzpunktes auch als nahezu unverändert angenommen werden.
- Der neue Ort der Förderung kann gezielt platziert werden (rechtlich wichtig für mögliche Anerkennungsverfahren, angepasst an Verbraucher, Nutzer - z.B. Gradierwerk).
- Eine Neubohrung kann im Nutzdurchmesser und im Ausbau deutlich optimiert werden.
- Die Zeit arbeitet für eine solche Lösung mit ca. 13 m/a Anstieg des Flutungswasserspiegels, so dass die Solltiefe für einen Neuaufschluss (und damit auch die Kosten seiner Herstellung) - geohydraulischen Anschluss vorausgesetzt - stetig abnimmt.
- Ein Neuaufschluss bietet auch die Möglichkeit, noch einmal neu über ggf. geothermische Mitnutzungen nachzudenken. Frühere diesbezügliche Ansätze wurden für die Oelsnitzer GWM stets verworfen aufgrund fehlender direkter Abnehmerstruktur am Aufschluss.
- Eine Solegewinnung über einen gezielten Neuaufschluss würde auch in rechtlicher Hinsicht Vereinfachung bringen. Anerkennungsverfahren sind immer an definierte Zugriffsrechte gebunden. Es ist aus derzeitiger Sicht nicht schlüssig zu beantworten, ob dies im Verhältnis zum LfULG regelbar ist. Hinzu kommen auch die Fragen von Verantwortung und Gewährleistung bei unvorhergesehenen Situationen, Beschädigungen etc., oder Fragen in der Wartungsverantwortung, in Kosten für Sanierungsaufwändungen, ...

Ein vierter Fragekomplex rankt sich um rechtliche Aspekte. Für das LfULG (respektive BfUL) ist die Nutzung der Messstelle zu Monitoringzwecken ein bestehender wasserrechtlicher Vorgang. Eine Soleförderung durch die Stadt wäre aber zwingend ein zusätzlicher bergrechtlicher Vorgang und als solcher dann natürlich auch betriebsplanpflichtig.

7.5 Beendigung des Wiederanstiegs nach Abpumpzyklus

Die im vorherigen Kapitel aus früheren Wiederanstiegsverläufen nach Abpumpzyklen in den Jahren 2016...2018 abgeleitete Zeitspanne von ca. 2 Wochen für den jeweiligen Wiederanstieg kann auch über die sehr detaillierten, kurzzeitdiskreten Daten des aktuell durchgeführten Pumpversuchs überprüft werden.

Methodisch sind dabei zwei Prozesse zu separieren:

- einerseits erfolgt der geohydraulische Wiederanstieg aus dem technischen Pumpversuch,
- andererseits wird dieser auch durch den generellen natürlichen Anstieg des Flutungswasserspiegels stetig überlagert.

Da letzterer aktuell in einer mittleren Größenordnung von etwa 40 mm/d anzunehmen ist (vergl. Kap. 3.1) muss auswertend betrachtet werden, wie lange der Anstiegsverlauf nach dem Pumpver-

sich noch oberhalb etwa dieser Marke angetroffen wird. Dies wäre dann die Zeitspanne des „reinen“ Wiederanstiegs aus dem PV.

Betrachtet wird der hintere Anteil des Wiederanstiegs. Die zugehörige Graphik ist in der Anlage 16 beigefügt. Sie zeigt den PV-Wiederanstieg als Wasserspiegel mit den zeitdiskreten Daten sowie den Tagesmittelwerten, bezogen jeweils auf die Einheit [m unter MPkt], und zusätzlich als separate Kurve auch den Anstiegsverlauf in der Darstellung [mm/d]. Es ist sichtbar, dass die Anstiegsrate bis einschließlich 24.03.2019 noch oberhalb der Marke von 100 mm/d lag.

→ Anlage 16

Um den Detailverlauf zu analysieren, wird die Darstellung der Anlage 16 im Maßstab heruntergebrochen und auf die Zeitspanne ab 22.03.2019 fokussiert. Es ergibt sich das nachfolgende Bild:

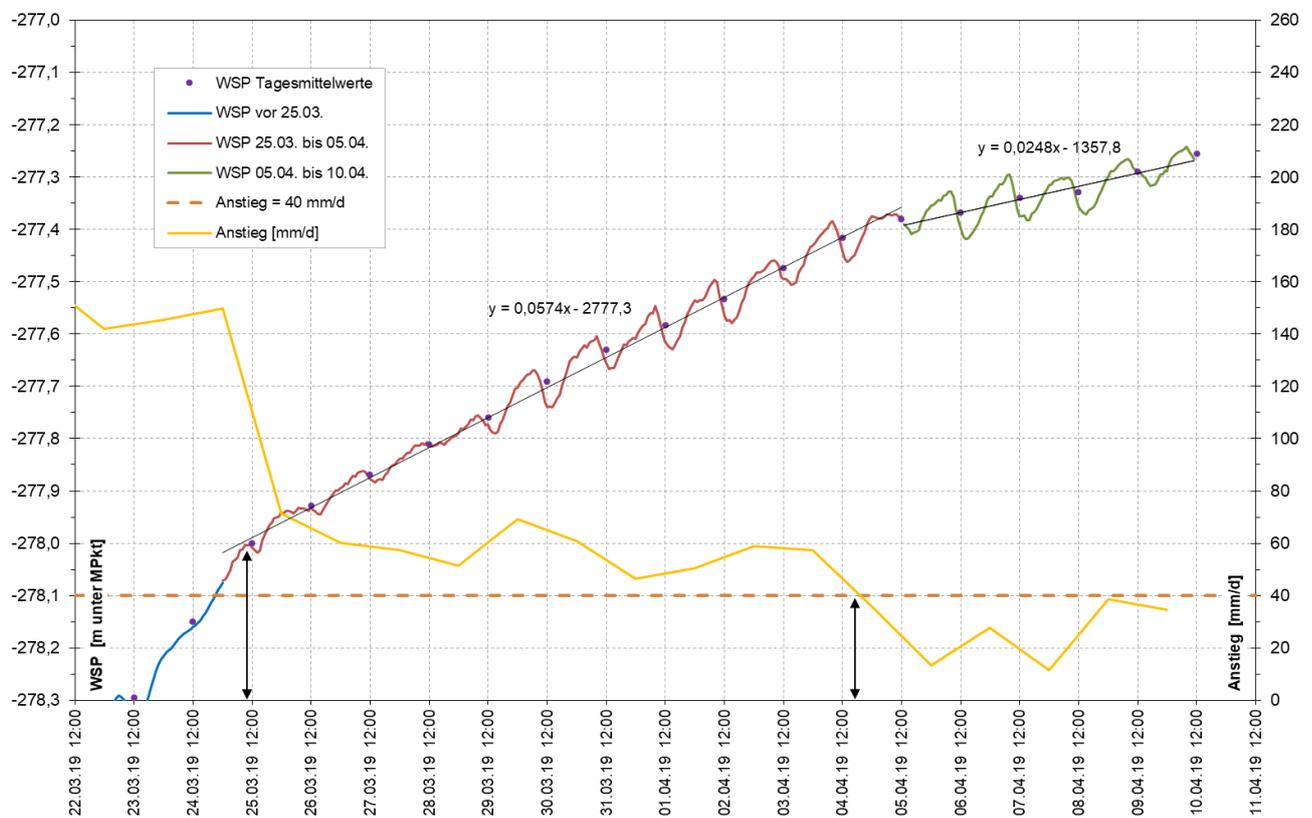


Abbildung 6 Pumpversuch Oelsnitz - Analyse des Wiederanstiegs (Detailbild)

In der Anlage 16 sowie auch in Abbildung 6 fällt auf, dass der ansteigende Wasserspiegel tagesinternen Schwankungen im Bereich um 10 cm unterliegt. Aus diesem Grunde wurden zur besseren Interpretierbarkeit Tagesmittelwerte gebildet (*lila Punkte*). Dazu wurden die per Drucksonde im Minutentakt gemessenen Werte von 00:00 Uhr bis 23:59 Uhr eines Kalendertages arithmetisch gemittelt und dem Zeitpunkt bei 12:00 Uhr des jeweiligen Tages zugeordnet. Auf der Grundlage dieser Werte wurde die Geschwindigkeit des Wiederanstiegs (= Wiederanstiegsrate in mm/d, gel-

be Linie) als Differenz des mittleren Wasserspiegels zweier Tage berechnet und jeweils dem Zeitpunkt 00:00 Uhr zwischen diesen Tagen zugeordnet.

Es fällt auf, dass sich der Wiederanstieg in drei Phasen unterteilen lässt. Die Phase vor dem 25.03.2019 (*blaue Linie*) ist durch einen sich verlangsamenden Rückgang der Wiederanstiegsge-
schwindigkeit gekennzeichnet (vergl. Insbesondere den längeren Kurvenabschnitt in Anlage 16).
Ab dem 25.03. bis zum 05.04.2019 (*rote Linie*) lässt sich der Wiederanstieg durch eine quasi line-
are Abhängigkeit gut approximieren. Dieser Zusammenhang führt auf eine mittlere Wiederan-
stiegsrate von ≈ 57 mm/d. Ab dem 05.04.2019 (*grüne Linie*) schließt sich eine zweite quasi lineare
Phase an, welche durch eine geringere Wiederanstiegsrate von lediglich ≈ 25 mm/d gekennzeich-
net ist.

Legt man den zuvor und in Kap. 3.1 beschriebenen mittleren Wert der Anstiegsrate des natürli-
chen Flutungswasserspiegels von aktuell ca. 40 mm/d (*gestrichelte Linie*) zugrunde, so sinkt die
Wiederanstiegsrate des Pumpversuches erstmals am 04.04.2019 unter diesen Wert. Insofern
kann dieser Tag als der Zeitpunkt angenommen werden, an dem der Wiederanstieg des Pump-
versuchs spätestens abgeschlossen ist. Es ergäbe sich daraus eine max. Wiederanstiegsdauer
von ca. 25 Tagen.

Da die Wiederanstiegsrate aber bereits deutlich zuvor, nämlich bereits ab etwa dem 25.03.2019
einen de facto stabilen Wert annimmt, kann dieser Zeitpunkt als „reales“ Ende des Wiederan-
stiegsverlaufs aus dem Pumpversuch definiert werden. Es ergibt sich hieraus eine Wiederan-
stiegsdauer von ca. 15 Tagen.

Diese Zeitspanne erscheint auch vor dem Hintergrund vertretbar, dass der Verlauf der Wiederan-
stiegsrate in diesem Bereich von einem exponentiellen in einen linearen Bereich übergeht. Obwohl
in der zweiten Phase der beschriebene Mittelwert von 40 mm/d noch nicht ganz erreicht ist, zeigt
die Linearität des Anstiegs an, dass es sich nicht mehr um die Auswirkungen des Pumpversuches
sondern bereits um den im Hintergrund ablaufenden natürlichen Anstiegsprozess des Flutungsw-
asserspiegels handelt. Zudem reflektiert diese diskutierte „Marke“ von 40 mm/d ohnehin eben-
falls nur um einen Mittelwert.

Hypothetisch ließen sich auch die mittleren Wasserspiegel vom 22.03. bis 24.03.2019 durch einen
linearen Zusammenhang beschreiben. Die sich dabei ergebende Wiederanstiegsrate wäre mit
 ≈ 146 mm/d jedoch deutlich zu hoch, um mit dem ansonsten beobachteten mittleren Anstieg von
40 mm/d in Verbindung gebracht zu werden. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die
Wiederanstiegsdauer des Pumpversuchs auch nicht deutlich unter den ermittelten 15 Tagen liegt.

Die bereits oben in Kapitel 7.4 begründete Annahme einer ca. 2-wöchigen Wiederanstiegsphase
nach Abpumpzyklen kann zusätzlich auch mit den Berechnungen und Betrachtungen aus dem

Pumpversuch untermauert werden und somit als belastbare Größe gelten.

7.6 Einsatz Pumpentechnik

Die Recherche zu einsatzfähigen Pumpen macht sich grundsätzlich an den Leistungsanforderungen fest. Diese wurden durch LfULG und BfUL leider nicht vorgegeben. Insofern kann hier nur eine Variantendiskussion erfolgen.

Grundsätzlich gelten folgende limitierende Randbedingungen:

- Freier ID sind die 5½“ GFK-Rohrtour. Damit ist max. eine 4“ Pumpe einsatzfähig.
- Bei der Förderhöhe gibt es die notwendige Entscheidungsfindung bezüglich der Absenkungsanforderungen. Wenn die Förderleistung auf die möglichen 10 l/min ausgerichtet werden soll, dann ist von 500 m Förderhöhe auszugehen, um auf $s_{\max} = 213$ m abzustellen. Eine Reduzierung der Soll-Anforderung auf 8 l/min bringt wenig zusätzlichen Spielraum. Erst bei 5 l/min ($s_{\max} = 122$ m) wird das Angebot an zur Verfügung stehenden Pumpen breiter.
- Exemplarisch wird hier auf die 500 m Variante orientiert.
- In diesem Bereich gibt es grundsätzlich nur sehr wenige Angebote, wenn man auf eine handelsüblich fertig konfigurierte Einheit abstellt. Mögliche separate Einzelanfertigen eines einzelnen Pumpenherstellers werden hier nicht mit betrachtet, da ein solches Szenario i.d.R. kostenseitig den Rahmen sprengt.
- Es wurden 4 Pumpen ermittelt, die die gestellten Anforderungen erfüllen können:

Hersteller		Grundfos	KSB	KSB	KSB
Pumpe		SP 2A (90)	UPAchrom-100-2 (90)	UPAchrom-100-5 (85)	UPAchrom-100-9 (100)
max. Förderhöhe	m	≈540	≈530	≈530	≈570
Förderrate bei 500 m	m ³ /h	0,85	0,85	1,0	4,0
Leistung	kW	4,0	4,0	9,0	18,5
max. Medientemperatur	°C	40	40	40	40
Gewicht	kg	64	46	81	122
Durchmesser	mm	108	98	98	98

max. Förderhöhe bei 0,3 m ³ /h	m	535	520
max. Förderhöhe bei 0,6 m ³ /h	m	520	510

Systempreis (nur Pumpe)	€	ca. 8.000	ca. 10.000
-------------------------	---	-----------	------------

Tabelle 8 Steckbriefe Pumpen

Eine mögliche Variante wäre das Angebot der Firma Grundfos mit der SP 2A. Die dortige Ausbaustufe 90 würde die Anforderungen gut erfüllen.

Alternativen ergeben sich mit einer UPAchrom-100 der Firma KSB. Auch hier gibt es in der Baureihe „2“ eine Ausbaustufe 90, die die Förderrandbedingungen gut erfüllt. Die beiden anderen aufgezeigten KSB-Pumpen der dortigen Baureihen „5“ und „9“ sind in der Leistungscharakteristik deutlich überdimensioniert und sollten damit nicht in eine Entscheidung eingebunden werden (*rot*).

Die beiden entscheidungsrelevant verbleibenden Pumpen (in der Tabelle gelb) sind in der Leistungscharakteristik sehr ähnlich. Sie erfüllen das 4^e Kriterium ebenso wie die Temperaturanforderungen.

Bemerkenswert ist der vergleichsweise hohe Durchmesser-Vorteil der KSB-Variante. Er resultiert aus einem zusätzlichen Wärmeschutzmantel der Grundfos-Pumpe in dieser hohen Ausbaustufe. Dieses technische Detail ist andererseits auch wieder ein „plus“ der Grundfos.

Kostenseitig sind die Unterschiede vergleichsweise gering mit leichten Vorteilen der Grundfos. Da der diesbezügliche Vergleich des Preises aber zusätzlich auch etwas mit branchenüblichem Verhandlungsspielraum zwischen Käufer und Verkäufer zu tun hat, kann in diesem Punkt keine abschließende Bewertung vorgenommen werden. Festzustellen ist aber, dass die stets notwendigen Zusatzaufwendungen (E-Kabel und dessen Sicherung und Anschluss, Pumpensteigleitung, etc.) in allen beiden Varianten etwa gleich anzunehmen sind und somit im Vergleich als „neutral“ anzusetzen wären.

Die Pumpenkennlinien der beiden präferierten Lösungen sind in der Anlage 17 dargestellt.

→ Anlage 17

8 Analyse der Entwicklung der Flutungswasserqualität

Bestandteil der Aufgabenstellung war die Recherche und Zusammenstellung sämtlicher zu Oelsnitz und Gersdorf hydrochemisch untersuchten Proben sowie deren Interpretation.

8.1 Hydrochemische Verhältnisse Oelsnitz

Das Ergebnis der Recherche zu den vorhandenen hydrochemischen Analysedaten ist in Tabellenform in der Anlage 11.1 zusammengestellt.

→ Anlage 11.1

Die Auflistung der Einzelanalysen umfasst 3 Komplexe:

- die jährlichen Proben des LfULG/BfUL aus dem Monitoring Grundwasser
- Kontrollanalysen der Stadt Oelsnitz
- 4 Proben aus der aktuellen Pumpversuchsbegleitung

Der Datenpool ist damit sehr breit aufgestellt und reicht vor allem bis ins Jahr 2006 zurück.

Die Auswertung der hydrochemischen Daten erfolgt in Form von Linien-Diagrammen für die Einzelelemente. Sie sind in der Anlage 11.2 dargestellt. Sie wurden aktualisiert auch auf den Pumpversuch, allerdings sind für diesen nur die Proben PV-1 und PV-4 in den Diagrammen verarbeitet. Sowohl das langzeitliche Bild, als auch die Auswirkungen der Veränderungen beim PV sind sichtbar. Die Diagramme bilden die Basis der Interpretation:

→ Anlage 11.2

* *elektrische Leitfähigkeit – pH-Wert*

* *Redox-Spannung – Sauerstoff*

Aus den vor-Ort gemessenen Parametern zeigt sich über die elektrische Leitfähigkeit die deutliche Zunahme der Gesamtmineralisation seit 2006. Die Werte haben sich seit den ersten Analysen 2006 nahezu verdoppelt. Aktuell werden Werte >45 mS/cm gemessen (PV-1), die am Ende des Pumpversuchs auf 37,8 mS/cm reduziert sind (PV-4). Trotz dieses Rückgangs bleibt es bei der Aussage, dass die die Flutung bestimmenden Wässer hoch mineralisiert sind.

Von den milieubeschreibenden Parametern wird das Redox-Potenzial vergleichsweise stabil um 150 mV angetroffen. Dies gilt auch mit dem Pumpversuch. Seit 2015 steigt die Schwankungsamplitude der Einzelwerte an, allerdings ohne dass sich der hydrogeochemische Gesamtcharakter des Wassers verändert hätte. Die angegebenen Werte sind bereits umgerechnet auf Normal-Wasserstoffelektrode [E_{h(H)}].

Der pH-Wert ist für die Gesamtkurve seit 2006 tendenziell steigend. Er hat sich aus einem anfangs deutlich sauren Milieu mit Werten um ca. 6,0 über die Jahre bis 2013 zu Werten um den Neutralpunkt bei etwa 7,0 verändert und dann mit weiter steigender Tendenz bis einschließlich 2017 auf Werte um 7,3 eingeppegelt. Aktuell (2018 bis hin zum PV in 2019) ist mit Werten um 6,5 wieder ein Abfall in das leicht saure Milieu zu konstatieren.

Der Sauerstoffgehalt ist seit Beginn der Messungen bis einschließlich 2017 tendenziell abfallend. Seit 2011 liegen die Werte im Bereich <1 mg/l. Völlig verändert zeigt sich die Situation 2018. 4,0 mg/l zeigen hier eine sehr deutliche Zunahme des oxidativen Charakters an. Die Ursachen dafür sind nicht ganz klar. Gasphasenmessungen beispielsweise brachten keinen Sauerstoffbefund. Die 2019er PV-Werte liegen auf niedrigem Niveau deutlich unter 1 mg/l.

* *Natrium – Kalium*

* *Calcium – Magnesium*

* *Barium – Strontium*

Sehr deutliche Anstiege der Elementkonzentrationen seit 2006 sind bei Natrium, Calcium und Strontium zu beobachten. Dabei erfolgt der Anstieg bei Natrium bis 2018 nahezu kontinuierlich.

Die Calcium- und Strontium-Gehalte dagegen zeigten in den letzten Jahren eher ein Verharren auf hohem Niveau, bevor in 2018 jeweils leicht rückläufige Konzentrationen ermittelt wurden.

Die Gehalte an Kalium und an Magnesium sind innerhalb eines jeweils größeren Schwankungsbandes seit 2006 bis 2018 in etwa gleichbleibend. Beide steigen während des Pumpversuchs 2019 an.

Als charakteristisch für das Oelsnitzer Grubenwasser ist sein vergleichsweise hoher Magnesiumgehalt herauszustellen. Er liegt in einem Bereich zwischen 600...1.000 mg/l und war damit am Anfang der Analytikreihe 2006 auf etwa gleichem mg/l-Niveau bzw. anteilig gar höher als die Calcium-Konzentration, macht dann aber den folgenden kontinuierlichen Anstieg der Calcium-Gehalte nicht mehr mit. Es liegt der Schluss nahe, dass die die Flutung bestimmenden hochmineralisierten Wässer nur wenig zusätzliches Magnesium zuliefern. Sie sind auf der wertbestimmenden Kationenseite offensichtlich eher durch Natrium und Calcium geprägt. Gegenläufig ist die Entwicklung beim Pumpversuch 2019. Hier steigt Magnesium zu Lasten von Calcium an.

Ein besonderes Phänomen ist auch bei der Entwicklung der Barium-Konzentrationen festzustellen. Nach anfänglich konstanten und sehr niedrigen Gehalten um etwa 1 mg/l steigt beginnend ab 2012 die Konzentration rasant an auf bis 110 mg/l in 2014. Danach sind die Konzentrationen wieder rückläufig. In 03-2018 wurden noch 37 mg/l ermittelt. Aktuell am Ende des Pumpversuchs haben sich wieder Werte um 1 mg/l eingestellt (PV-3 und PV-4). Der Zusammenhang mit den Sulfat-Gehalten im Grubenwasser wird sehr deutlich: so lange Sulfat als möglicher Reaktionspartner für das Barium noch zur Verfügung stand, wurde das Barium ausgefällt. Mit dem Rückgang bzw. dem nahezu vollständigen Verschwinden des Sulfats im Grubenwasser verbleibt das primär vorhandene Barium dann in der Lösung - insofern hier der Konzentrationsanstieg. Mit dem Wiederauftreten von Sulfat im Wasser während des Pumpversuchs verschwindet auch das Barium wieder aus der Lösung.

Interessant erscheint das Barium aber auch in einer weiteren Blickrichtung: es kann davon ausgegangen werden, dass an die „Barium-Quelle“ bzw. die entsprechenden Löslichkeitsbeziehungen genetisch auch das Tellur angekoppelt zu sein scheint. Es ist auffallend, dass zeitgleich mit dem 2012 beginnenden Barium-Anstieg auch ein sehr deutlicher Anstieg der Tellur-Gehalte im Grubenwasser verzeichnet wird (mit max-Peak in 2014/2015 mit jeweils fast dem 100-fachen gegenüber den früheren Konzentrationen). Dies selbstredend in einem deutlich niedrigeren Konzentrationsniveau; es spricht phänomenologisch aber für eine gleiche Quelle bzw. zumindest gleiche Bildungsrandbedingung.

Die im Wasser vorhandene Barium-Konzentration wirkt auch auf andere Spurenelemente. So ist bekannt, dass in der Lösung befindliches Barium auch zur „Senke“ für Arsen werden kann. Dabei wird Barium-Arsenat in fester Phase als $Ba_3(AsO_4)_2$ gebildet. Diese Reaktion wurde natürlich erst

ab dem Zeitpunkt möglich, als Barium nicht mehr „vollständig“ über Sulfat gebunden wurde, sondern sich zunehmend als Ba⁺² in Lösung befand. Entsprechend sind auch die Veränderungen im Arsen-Gehalt ab 2012 zu korrelieren.

* *Eisen – AOX*

Beim Parameter Eisen ist die Entwicklung der Konzentration im Grubenwasser seit Beginn der Untersuchungen in 2006 steil abfallend. Anfänglichen Werten von ca. 200 und bis zu 320 mg/l folgte seit 2012 ein sehr deutlicher stetiger Rückgang und seit 2014 dann Werte nur noch wenig über 10 mg/l. In 2018 und am Beginn des 2019er Pumpversuchs wird ein Anstieg auf wieder ca. 30 mg/l verzeichnet. In der 2. Hälfte des Pumpversuchs werden sehr hohe 160 mg/l gemessen (PV-3). Generell gilt für das Eisen, dass es fast ausnahmslos in Form von Eisen-II vorliegt.

AOX ist eigentlich ein Parameter, der in einem durch karbonische Gesteine und Steinkohle geprägten tiefen Grundwasserleiter auf „natürlichem“ Wege nicht vorkommen sollte. Seine Genese ist hier sicher anthropogen, und sollte auf die Bergbautätigkeit und die in den Grubenbauen eingebrachten und dort anteilig verbliebenen Materialien zurückzuführen sein. Insofern ist hier keiner „fernen Quelle“ nachzugehen, sondern die AOX-Genese ist „vor-Ort“. Der AOX-Gehalt zeigt in der Analysenreihe seit 2006 einen markanten Peak über 4 Proben zwischen 2011 und 2013 mit Werten bis zu 13 mg/l. Ab 2014 werden dann wieder die „alten“ Werte kleiner 1 mg/l ermittelt. Der letzte zugängliche Wert dieser Reihe stammt bereits aus 2017.

* *Chlorid – Bromid*

* *Sulfat – Hydrogenkarbonat*

Die Anionen Chlorid und Bromid zeigen im Diagramm-Bild einen sehr charakteristischen, fast gleichlaufenden Anstieg zwischen 2006 und 2018 mit einer jeweiligen ca. Konzentrationsverdoppelung (natürlich aber im unterschiedlichen Konzentrationsbereich). Es ist naheliegend, dass die die Flutung steuernden zuzitenden Wässer stark durch beide Anionen geprägt sind. Während des Pumpversuchs sind die Werte deutlich rückläufig.

Dagegen nimmt die Sulfat-Konzentration im gesamten Beobachtungszeitraum 2006...2018 sehr deutlich ab. Von den anfänglich hohen 1.200 mg/l ist quasi kein Sulfat mehr im Grubenwasser übrig geblieben. Seit 2013 werden nur noch wenige mg/l - wenn überhaupt - nachgewiesen. Erst 2019 beim Pumpversuch in PV-3 und PV-4 wird wieder Sulfat angetroffen. Die Werte pegeln sich auf etwas mehr als 300 mg/l ein. Für den Rückgang waren/sind biologische Abbaureaktionen als Ursache anzuführen. Auf eine Korrelation zu den Barium-Gehalten als Reaktionspartner für Ausfällungsreaktionen ist oben hingewiesen.

Die Hydrogenkarbonat-Gehalte sind anfangs bis einschließlich 2011 als kontinuierlich ansteigend von 340 auf bis zu 450 mg/l gemessen, dann bis 2015 steil abfallend auf Werte deutlich <100 mg/l im Zeitraum 2015...2017. In 2018 sind 140 mg/l dokumentiert, mit steigender Tendenz in Richtung 2019 zu PV-1. Eine direkte und eindeutige Korrelation mit der Konzentrationsentwicklung eines hier möglicherweise verbundenen Kations drängt sich nicht unmittelbar auf. Allerdings weisen die Magnesium-Gehalte - im Kurvenverlauf in der entsprechenden Grafik etwas „gedämpft“ - eine gewisse Ähnlichkeit auf. Es könnte vermutet werden, dass die Hydrogenkarbonat-Gehalte in ihrer Genese durchaus auch mit den Magnesium-Gehalten gekoppelt sind.

8.2 Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in Oelsnitz

Isotopenhydrogeologische Untersuchungen werden seit Bestehen der Messstelle seit 2004 durchgeführt. Ihre Zielstellung liegt in der Ermittlung altersstruktureller Aussagen sowie genetischer Informationen. Die bisher vorliegenden Ergebnisse sind im Detail mit Stand 2018 in /Lit. 2/ zusammengefasst.

Alle bisher vorliegenden Untersuchungen sind in den Tabellen in der Anlage 13 zusammengestellt.

→ Anlage 13

Im Rahmen des aktuellen Projekts sollen diese Daten mit einer eigenen Messkampagne aus der PV-Begleitung inhaltlich fortgesetzt und gezielt ergänzt werden. Spezielles Augenmerk sollte auf die bisher nur untergeordnet analysierten Edelgase sowie den Schwefel-Status gelegt werden.

Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

8.2.1 Tritium

Der Tritium-Status des Oelsnitzer Wassers hat sich mit den PV-begleitenden Untersuchungen nicht verändert. Insofern kann auf die bisherigen altersstrukturellen Modellierungen aufgesetzt werden.

Aus der gesamten Untersuchungsreihe ist sehr eindeutig abzuleiten, dass der laufende Flutungsprozess durch sehr „alte“ Wässer generiert wird. Signifikante Jungwasseranteile fehlen.

Lediglich ca. 13 % des Wassers liegt innerhalb einer Altersschränke von 30 Jahren (ist also jünger als 30 Jahre). Diese Anteile am Grubenwasser werden über direkt zusitzende Neubildungskomponenten gespeist. Auswertemodelltechnisch sind sie über einen Linearmodell-Anteil abgebildet. Er weist eine mittlere Verweilzeit [I_{m-LM}] von 23 Jahren auf und umfasst etwa 20 % vom Gesamtmodell. Der „Rest“ mit etwa 80 % Modellanteil wird über sehr alte, tritiumfreie Grundwasserkomponenten (Tiefenwässer) zugespeist.

Die Tritium-Auswertemodellrechnungen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und modellberechneten Werten. Diese wird mit den 2019er Werte aus der PV-Begleitung noch besser. Insgesamt sind die Tritium-basierten Aussagen über eine insgesamt 15-jährigen Reihe abgesichert. Die Detailergebnisse der Tritium-Auswertung Multis[®] sind in der Anlage 14.1 dargestellt.

→ Anlage 14.1

8.2.2 Stabile Isotope $\delta^2\text{H}$ und $\delta^{18}\text{O}$ im Wasser

Neben dem Tritium wurden langfristig auch die stabilen Isotope des Wassers $\delta^2\text{H}$ und $\delta^{18}\text{O}$ untersucht. Die gemessenen Wertepaare werden als CRAIG-Diagramm jeweils gegen die WMWL-Gerade (world-meteoric-water-line) dargestellt.

Die Lage der Messwerte/Wertepaare an dieser Geraden wird zum Maß der Interpretation: an der Geraden nach oben verschobene Messwerte belegen "wärmere" Bildungsbedingungen, nach unten verschobene Messwerte entsprechend kältere. Wertepaare, die von der WMWL-Geraden signifikant abweichen, stellen genetische Besonderheiten dar. Dies können sowohl isotopische Fraktionierungsprozesse (z.B. aus Stoffumwandlungen, Abbauprozessen unter Sauerstoffverbrauch, oder ähnliches), aber auch Verdunstungsprozesse sein.

Die für das Grubenwasser Oelsnitz gemessenen $\delta^2\text{H}$ / $\delta^{18}\text{O}$ -Wertepaare zeigen eine Besonderheit: mit zunehmendem Flutungsverlauf seit den ersten Analysen 2004 liegen die Werte im CRAIG-Diagramm tendenziell immer weiter nach oben (also zu „wärmeren“ Bildungsbedingungen) verschoben vor. Auch dies ist kein Indiz für jung neugebildete Speisungskomponenten. Eine sehr gute Übereinstimmung mit den Tritium-Ergebnissen wird deutlich.

Die 2019er Befunde des Wertepaares $\delta^2\text{H}$ / $\delta^{18}\text{O}$ aus dem Pumpversuch sind - wie auch die Werte für Gersdorf - in je einem separaten Diagramm dargestellt. Die Werte zu PV-3 und PV-4 liegen leicht abweichend gegenüber den Vorjahren wieder etwas nach „unten“ verschoben. Sie bestätigen damit die Größenordnung der Werte von vor 2012. Die CRAIG-Diagramme der Auswertung sind als Anlage 14.2 beigefügt.

→ Anlage 14.2

8.2.3 ^{14}C und $\delta^{13}\text{C}$

Die $\delta^{13}\text{C}$ - und ^{14}C -Untersuchungen (Radiokohlenstoff) dienen der altersstrukturellen Bewertung von Wässern, die vorzugsweise aus sehr alten Komponenten aufgebaut sind.

Für Oelsnitz liefern die Ergebnisse ein lange Zeit stabiles Bild:

In den Jahren bis einschließlich 2013 waren kaum Veränderungen festzustellen. Die Wertespannen sind in beiden Fällen nur gering. Für $\delta^{13}\text{C}$ sind sie mit -23...-21 ‰ anzugeben, für das ^{14}C

wurden Werte von lediglich 44...48 %-mod ermittelt.

Insbesondere das ^{14}C zeigt an, dass die Genese des Wassers aus "alten" Komponenten besteht (zum Vergleich, und ohne detaillierte Berücksichtigung einer differenzierten Kohlenstoffchemie: aktuelle, quasi sehr junge Niederschlags- bzw. Neubildungswässer und oberflächennahe Grundwässer sollten ^{14}C -Werte um etwa 85 %-mod aufweisen).

In den letzten Jahren beginnend ab 2015/2016 zeigt sich dann ein völlig abweichendes Bild. Hier steigt der $\delta^{13}\text{C}$ -Wert sehr stark an, während der ^{14}C -Wert dramatisch fällt und in 2018 nur noch mit einem Wert von gut 12 %-mod dokumentiert war. Dies deutet auf entweder sehr stark zunehmende Alter hin, oder die Kohlenstoffchemie im Gruben-/Flutungswasser steht nicht im Gleichgewicht und hat sich deutlich verändert (nicht unwahrscheinlich in einem karbonischen Steinkohlenlagerstättenbereich). Am Ende des Pumpversuchs liegen die Werte wieder bei 36 bzw. 40 %-mod.

Im aktuellen Blickwinkel der Gesamtdaten wird interpretativ auf die sehr „alten“ Komponenten abgestellt. Insofern wird sichtbar, dass diese insbesondere in der Kampagne 2018 und bei PV-1 bzw. PV-2 in 2019 nochmals deutlich zugenommen haben sollten. Zum Ende des Pumpversuchs sind wieder die höheren Werte sichtbar.

8.2.4 Schwefel-Isotope

Für die Schwefel-Isotope sind die Ergebnisse in einem separaten Bericht zusammengestellt. Er ist als Anlage 14.3 beigefügt.

→ Anlage 14.3

Die über mehrere Jahre beobachtete signifikante Abnahme der Sulfat-Konzentrationen im Wasser bei gleichzeitig ansteigenden $\delta^{34}\text{S}$ -Werten im gefälltten Sulfat sowie die nachgewiesene Anwesenheit von partikulärem Sulfid-Schwefel mit seinerseits sehr niedrigen $\delta^{34}\text{S}$ -Werten verweisen recht eindeutig auf mikrobiellen Abbau.

8.2.5 Edelgas-Isotope

Die Interpretation der Ergebnisse der aktuellen Bestimmungen der Edelgas-Isotope erfolgt mit einem separaten Bericht in der Anlage 9.4.

→ Anlage 9.4

Bei der Interpretation zu den Bestimmungen der Edelgas-Isotope kommt dem ^4He besondere Bedeutung zu. Die ermittelten Konzentrationen liegen ca. 2 Größenordnungen über dem Wert für das Lösungsgleichgewicht.

Aus der Neon-Konzentration kann der Anteil atmosphärischer Luft abgeleitet werden. Dieser beträgt weniger als 1 % und kann somit vernachlässigt werden.

Das $^3\text{He}/^4\text{He}$ -Verhältnis liegt 1 Größenordnung unter dem atmosphärischen Wert. Dieser identifiziert den He-Überschuss als radiogenes ^4He , emittiert aus Zerfallsreihen der Uran- und Thorium-Nuklide.

Radiogenes ^4He ist als Indikator für sehr alte Wässer zu verwenden. Dessen messtechnisch bedingte Auflösung beträgt 10^{-6} Nml/kg.

Die im Pumpversuch mit PV-1 und PV-2 mit 1,6 bzw. $3 \cdot 10^{-2}$ Nml/kg sehr hoch ermittelte Konzentration an radiogenem ^4He zeigt Wasseralter von deutlich mehr als 10.000 Jahren an. Dies erscheint in der absoluten Altersangabe sicher etwas überbewertet, stützt aber in nachhaltiger Weise die Kernaussage der Speisung und Steuerung der Flutung eben durch sehr alte und höhermineralisierte Wässer.

8.2.6 Isotopische Spezialuntersuchungen an den Druckproben

Die Ergebnisse der Isotopenuntersuchungen an Gasphasen sind in den Anlagen 15.1 (Laborbericht) und Anlage 15.2 (Interpretationsgraphiken) dargestellt.

→ Anlagen 15

Die Ergebnisse bestätigen und verfestigen das auch über die anderen Isotope aufgezeigte Bild sehr alter Wässer in Oelsnitz. Auch über die Gasphasen sind keine Hinweise auf junge Komponenten anzutreffen.

8.3 Abweichende Grundwasserbeschaffenheit in Gersdorf

Für Gersdorf liegen nur eingeschränkt hydrochemische Daten vor. Sie sind tabellarisch in der Anlage 12 beigefügt. Es sind lediglich 4 Analysen: drei aus dem Entstehungszeitraum der Messstelle, eine aktuell aus 2019.

→ Anlage 12

Es ist auffällig, dass die Analysen nahezu identische chemische Verhältnisse aufweisen. Der Chemismus ist sehr stabil, grundsätzlich aber völlig abweichend vom Oelsnitzer Standort. Die Gesamtmineralisation beträgt lediglich ca. 10...15 % der aus Oelsnitz bekannten Größenordnung. Dies ist insofern verwunderlich, als dass durch die große Nähe zwischen beiden Standorten eigentlich auch eine größere Ähnlichkeit erwartbar gewesen wäre.

Die Unterschiede sind nachhaltig. Die Gersdorfer Werte 2019 bestätigen quasi die Analysen aus 2014. Einen Größenvergleich der Unterschiede zu Oelsnitz vermittelt die folgende Abbildung.

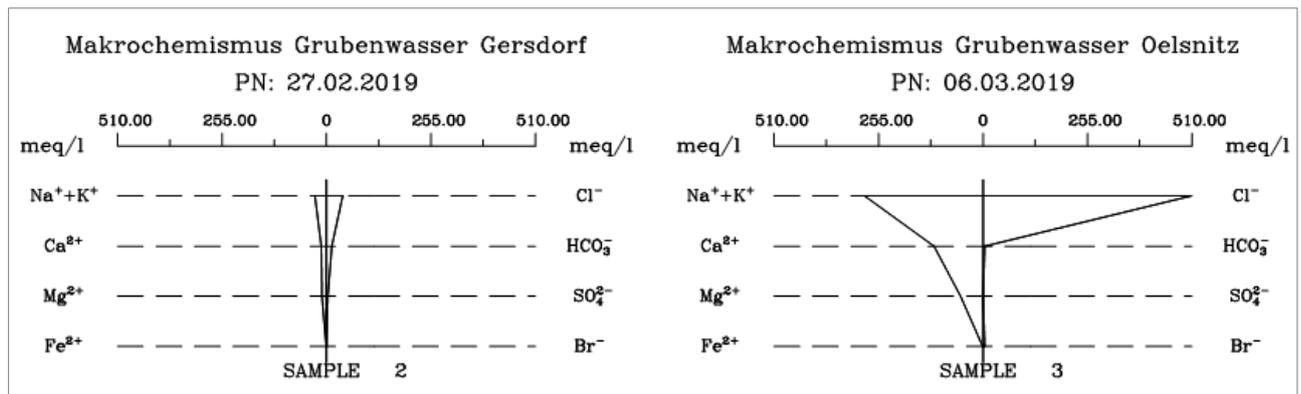


Abbildung 7 Vergleich der Mineralisation zwischen Oelsnitz und Gersdorf

Unterschiede sind aber nicht nur im Chemismus sichtbar. Auch die isotopische Zeichnung ist komplett abweichend. Gersdorf hat - nachgewiesen über Tritium mit ca. 4 TE - einen deutlich höheren Jungwasseranteil von 33 % gegenüber 13 % in Oelsnitz.

Auch die stabilen Isotopen $\delta^2\text{H}$ / $\delta^{18}\text{O}$ liegen auf der CRAIG-Geraden in völlig anderer Richtungsorientierung (vergl. Anlage 14.2 mit den separaten Darstellungen beider Standorte).

9 Fazit

Das Fazit bleibt gegenüber früheren Aussagen in z.B. /Lit. 1/ weitgehend unverändert. Beschriebene Aussagen und Tendenzen bleiben bestehen und werden über die 2019er Werte aus der PV-Begleitung manifestiert.

In der Zusammenfassung der Ergebnisreihen unter Einschluss aller Untersuchungen bis 2019 ist weiterhin als wichtigste Grundaussage und systembeschreibendes Ergebnis abzuleiten und festzuhalten, dass der laufende Flutungsprozess im Grubenabschnitt um die Grundwassermessstelle in Oelsnitz im derzeitigen Stadium eindeutig nicht über jungneugebildete Grundwässer von "oben" generiert wird, sondern vielmehr über die "älteren" Grubenwässer der Lagerstätte, aus dem Zusitzen von höhermineralisiertem Tiefenwasser sowie aus den umgebenden, wenig dynamischen karbonischen Schichten. Diesbezüglich werden die früheren gleichlautenden tendenziellen Aussagen eindeutig und nachhaltig bestätigt.

Weiterhin ist aus den Ergebnissen der hydrochemischen und isotopenhydrogeologischen Untersuchungen zusammenzufassen

- Die Grundwassermessstelle ist intakt. Sie kann von LfULG und BfUL zweckbestimmt verwendet werden. Auch die Mitnutzung durch die Stadt Oelsnitz ist möglich. Hier müssen allerdings Szenarien-Rechnungen durchgeführt werden. Ein plausibler Ansatz und Beispiel dafür ist im Kap. 7.4 dargestellt.
- Es sind keine Einflüsse nachzuweisen, die auf den Eintrag von "Fremdwasser" hindeuten - egal aus welcher Quelle: ob früher vom Bohrprozess oder dem technischen Fertigstellen der GWM, oder den laufenden Reparatur- und Wartungsarbeiten, oder anderen diffusen Quellen. Die Messstelle erfasst unverfälscht das Grubenwasser und den karbonischen Aquifer.

Die technischen Überprüfungen und auch der Pumpversuch haben Funktionsfähigkeit bestätigt. In der Größenordnung von bis zu 10 l/min kann sie problemlos abgefördert werden, ohne dass eine technische Berandung auftritt. Die zugehörige Absenkung liegt bei $s = 213$ m, wenn eine 500 m Pumpe verbaut wird. Bei einer Soll-Förderrate von 5 l/min verbleibt die Absenkung bei 122 m, damit also auch noch oberhalb der 400er m-Marke.

Für den Grundwasserchemismus sind folgende Aussagen zusammenzufassen:

Der Grundwasserchemismus ist in seinem grundsätzlichen hydro-(geo)chemischen Charakter über die Analysen 2007 bis 2019 vergleichsweise stabil. Unterschiedlich und bis zur PV-2 tendenziell zunehmend ist allerdings der Grad der Mineralisation. Ab PV-3 ist die Mineralisation etwas rückläufig. Sie korrespondiert mit Elementgehalten, wie sie etwa 2011...2012 dokumentiert sind.

Es spricht einiges dafür, dass dies in etwa einem Gleichgewichtsähnlichen Zustand entsprechen könnte. Diesbezüglich werden die kommenden Jahre zeigen, ob dieser stabil ist.

Keinesfalls darf auf die frühere Verfahrensweise mit nur wenig Abpumpvolumen vor der Probenahme zurückgekehrt werden. Hier muss auf ein Mindestabpumpvolumen von 20 m³ bestanden werden. Auf die zusammenfassenden Aussagen zum Status der Messstelle und den dort fixierten Empfehlungen wird explizit verwiesen (Kap. 7).

Die aktuellen chemischen Daten der BfUL-Untersuchung wie auch der Sonderanalytik unter spezieller Beachtung der Salzlast (in den Anlagen als „eurofins“ gekennzeichnet) sind mit den letzten Einzelanalysen aus 03-2019 sowie mit den PV-Ergebnissen in der Anlage 11.1 in Tabellenform dargestellt. Die zugeordneten graphischen Auswertungen der Analysendaten erfolgen in der Anlage 11.2.

Die Oelsnitzer Sole ist im Charakter ihres Chemismus weitgehend stabil. Dies ist eine wesentliche Grundvoraussetzung für jedwede balneologische oder sonstige Nutzung, da sowohl technologische Prozesse, als auch alle Anerkennungsverfahren zwingend auf einen quasi gleichbleibenden Chemismus abstellen müssen. Dies gilt auch für die Randbedingungen der Aufbereitung.

Bei der Aufbereitung ist festzuhalten, dass - wenn eine Anerkennung als Option offen bleiben soll, nur eine Enteisung und Entmanganung zugelassen ist. Jedwede andere Form eines „rausreinigen“ von Inhaltsstoffen verbietet sich bei geplanten medizinisch-balneologischen Anwendungen. Sie setzen zwingend eine staatliche Anerkennung voraus.

Industrielle Nutzungen wären auch ohne Anerkennungsverfahren möglich. Beispiele sind Einsatzmöglichkeiten im Winterdienst, oder ggf. auch als Soleseifen. Letzteres wird bei einer ähnlichen Solezusammensetzung erfolgreich in Bad Muskau praktiziert.

Zu den Einsatzmöglichkeiten im Winterdienst wurde vor einem Jahr im Vita-Min Abschlussbericht für TP 231.6 im Detail Stellung genommen (vergl. /Lit. 1/). Zu den dort getroffenen Aussagen gibt es wenig Ergänzungsbedarf.

Für eine mögliche Weiterverfolgung eines Ansatzes auf Kurortentwicklung ist es wichtig festzuhalten, dass es sich beim Oelsnitzer Grubenwasser um eine „echte“ (und auch anerkennungsfähige) Sole handelt. Strenggenommen ist es sogar auch eine Thermalsole, da die Auslauftemperatur am sog. Ort der Gewinnung die notwendigen >20,0 °C sicher und nachhaltig erreicht wird.

Konzeptionell ist nochmals herauszustellen, dass alle Aussagen zur Güte der Sole nicht nur für die bestehende Bohrung gelten, sondern gemäß bergrechtlicher Terminologie für die „Lagerstätte“ an sich angewendet werden kann. Dies schließt Optionen einer eigenen neuen Bohrung - wie oben im Kap. 7.4 besprochen - mit ein.

10 Empfehlung

In Anbetracht der sich im Laufe des Pumpversuchs abweichend (niedriger) eingestellten Mineralisation ist eine Fortsetzung des Messprogramms sowohl chemisch, als auch isotopenhydrogeologisch angezeigt.

Zusätzlich muss geprüft werden, inwieweit Augenmerk auf benachbarte Gesteinseinheiten gelegt werden kann. Nach wie vor ist die Frage nach dem Lieferweg insbesondere der Salzlast nicht wirklich geklärt. Nach derzeitiger Einschätzung sollte es sich um „kurze“ Wege handeln und ggf. eine lagerstättenbezogene Quelle als Ursache zu suchen sein. Die Schwefeluntersuchungen könnten dazu eine Zeichnung liefern, wenn es gelänge, geeignetes Ausgangsmaterial (z.B. aus Bohrkernen etc.) zu generieren und zu untersuchen. Auch deutet die Magnesium-Auffälligkeit (auch im Hinblick auf die dokumentierten Veränderungen in PV-3 und PV-4) auf mögliche Paragenese mit Magnesiumchlorid-Salzen.

In Richtung LfULG wird empfohlen, das in 2019 realisierte größere Messprogramm der Isotope incl. auch der Edelgasisotope als Basis der weiteren Beobachtung anzusetzen.

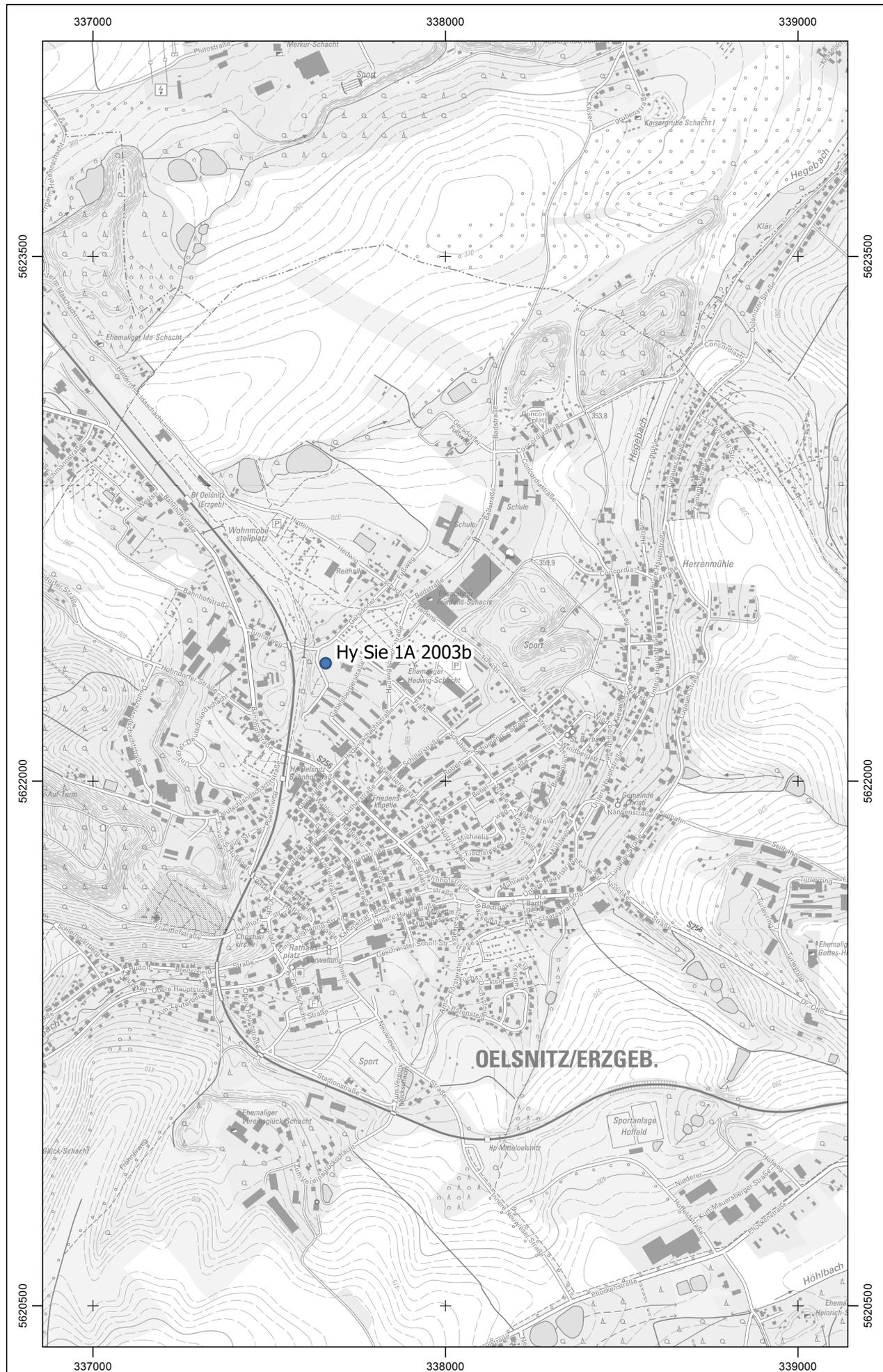
Gleichfalls ist zu empfehlen, das Parameterspektrum der jährlichen hydrochemischen Untersuchungen durch LfULG/BfUL an die Besonderheiten der Oelsnitzer Sole und als Grubenwasser auszulegen. Die in den Analysenkampagnen der Stadt Oelsnitz gewählten Komponenten könnten dafür als Beispiel dienen.

Für zukünftige Betrachtungen zum in Oelsnitz ansteigenden Grubenwasser erscheint es wichtig, sich verstärkt auch den real der Grube zusitzenden Wassermengen zu widmen. Dies geht nur über Kenntnisse zu den bergmännisch aufgefahrenen/erschlossenen Hohlräumen einerseits, sowie andererseits Abschätzungen zu „Einzugsgebieten“ bzw. den Speisungswegen der Flutung.

Erkenntnisgewinn kann schon über abschätzende Bilanzierungen erreicht werden (und dies sollte als ein erster Schritt ohne aktuell vorliegende belastbare background-Daten durchaus bereits möglich sein). In jedem Falle wäre es wichtig, sich plausiblen hydrodynamischen Kennwerten der Lagerstättenflutung so anzunähern, das ein Gefühl entwickelt werden kann, ob und wie (in welcher Größenordnung) der natürliche „Flutungswasserspiegel“ späterhin ggf. auch durch technische Maßnahmen (mit-)beeinflusst werden kann. Unterschiede zwischen Oelsnitz und Gersdorf wären dabei zu berücksichtigen.

Anlage 1

Lageplan



Anlage 1: Lageplan (Maßstab 1 : 15.000)

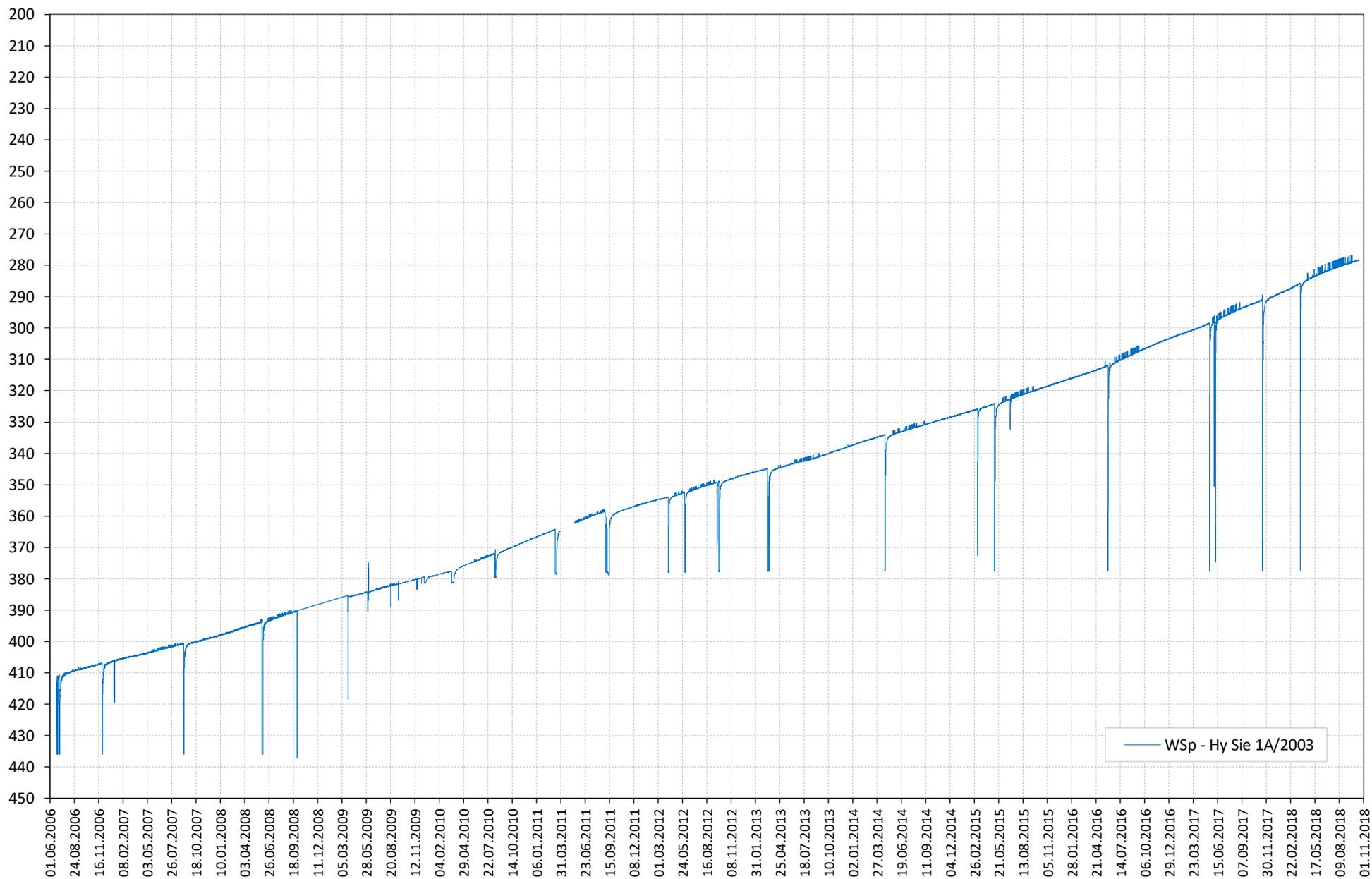
Kartengrundlage: Topographische Karte 1 : 10.000
 Koordinatensystem: ETRS89 UTM zone 33

Anlage 2.1

Wasserspiegelentwicklung des gefluteten Grubenwassers

Gesamtdarstellung 2006...2018 für die GWM Oelsnitz

TB Oelsnitz: MKZ-Nr. 52426003 - Entwicklung des Flutungswasserspiegels (Angaben in m unter MPkt.)

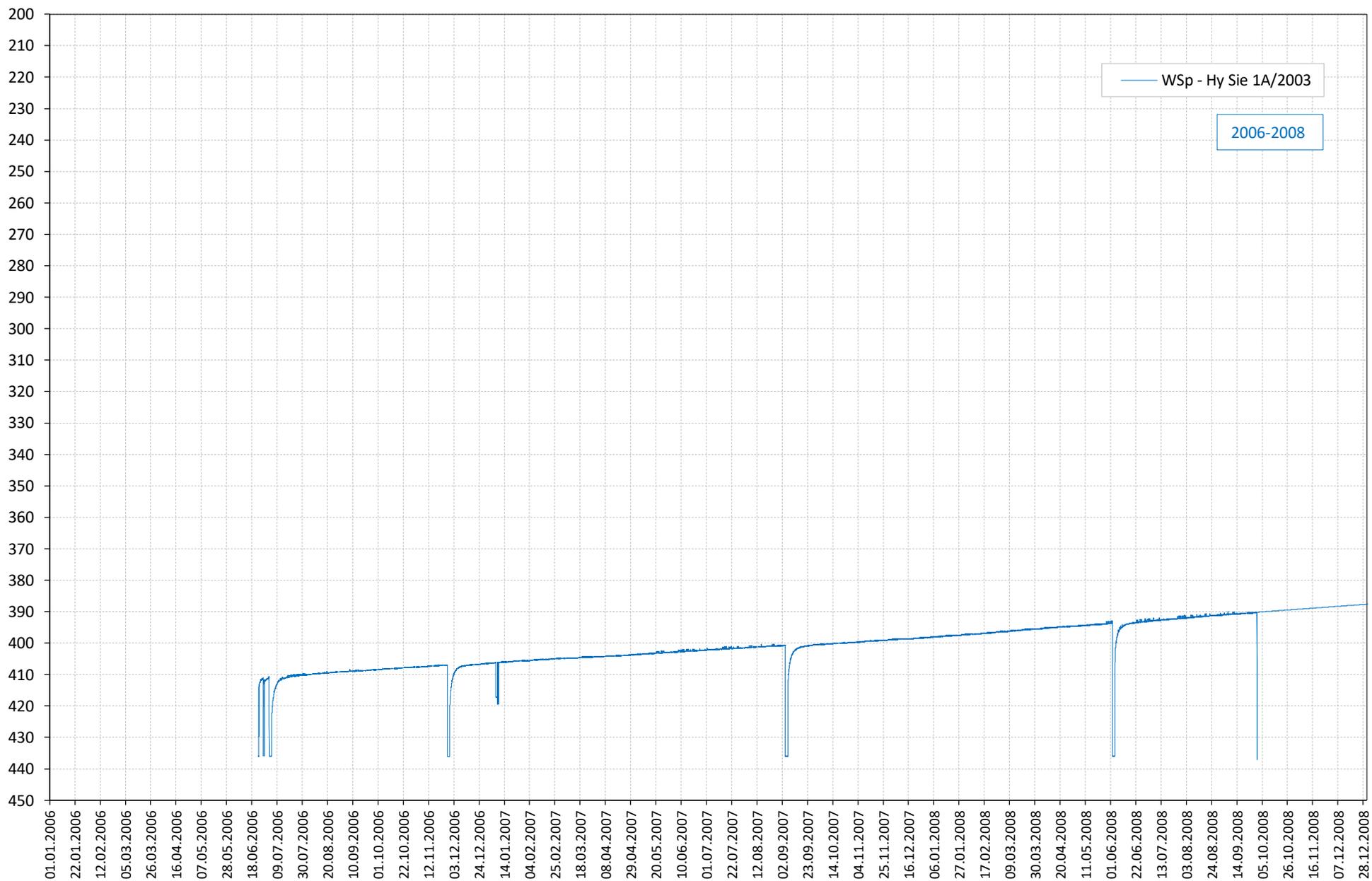


Anlage 2.2

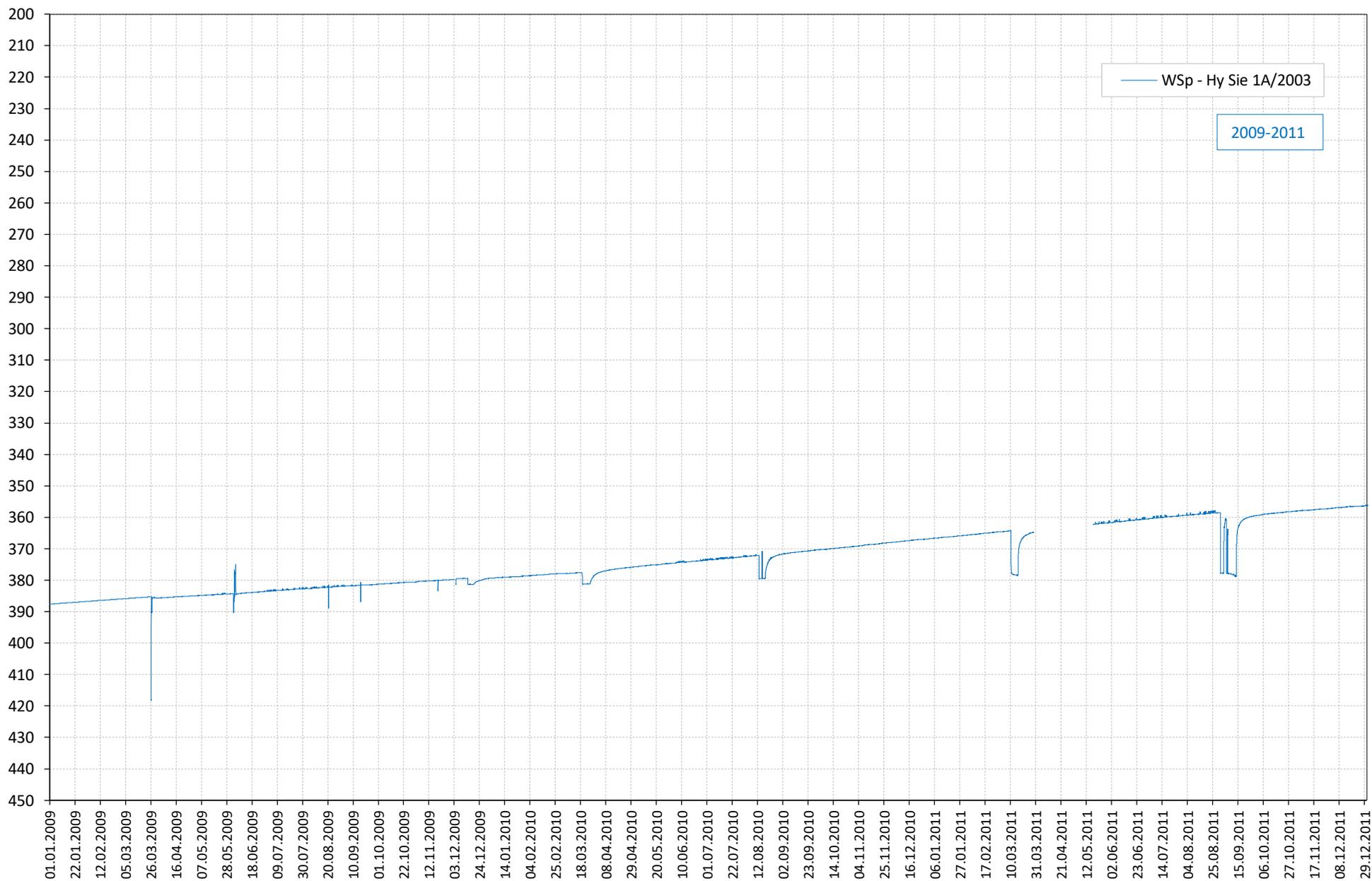
Wasserspiegelentwicklung des gefluteten Grubenwassers

**Detaildarstellung für jeweils 3-jährige Zyklen
für die GWM Oelsnitz**

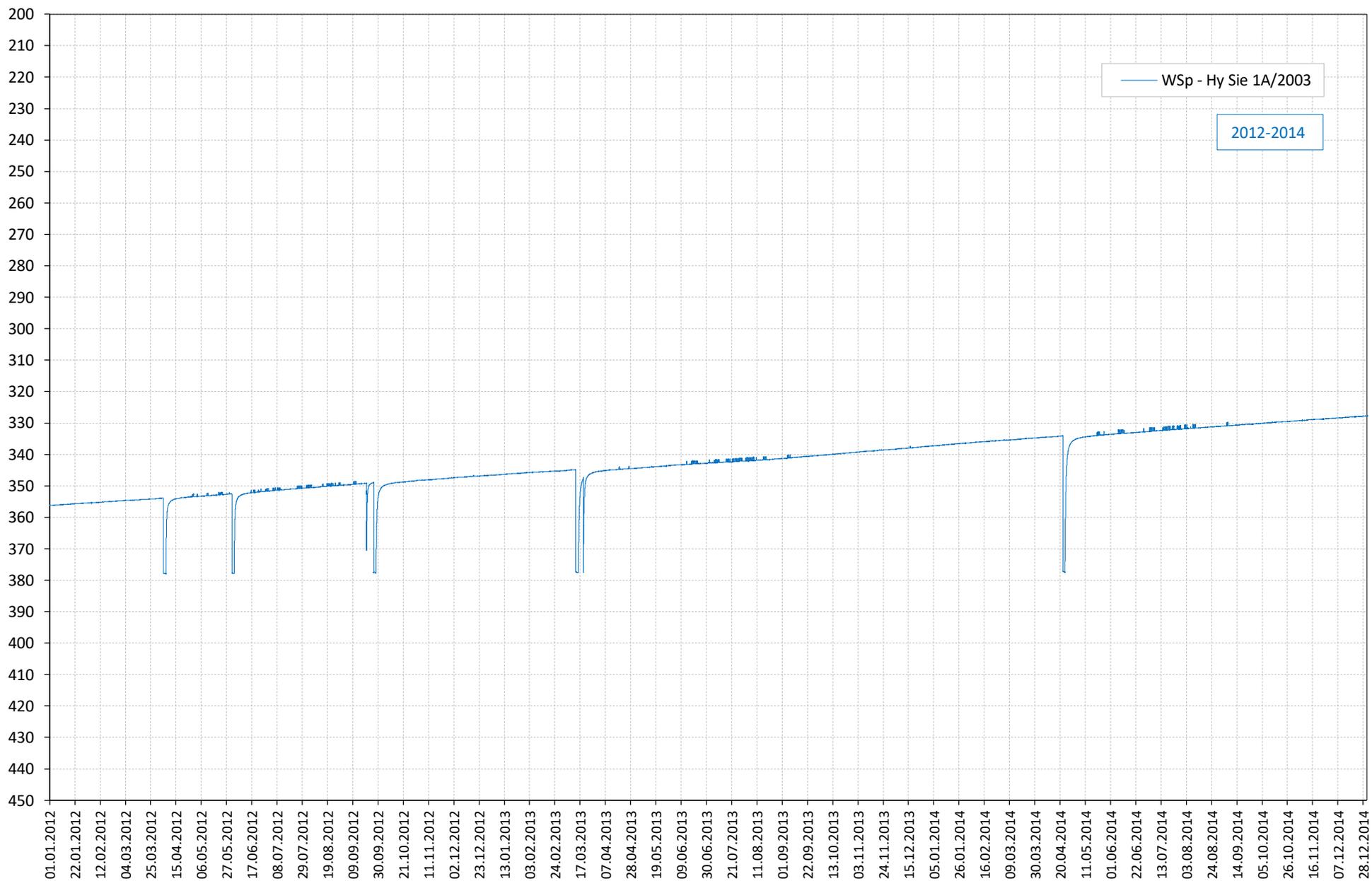
TB Oelsnitz: MKZ-Nr. 52426003 - Entwicklung des Flutungswasserspiegels (Angaben in m unter MPkt.)



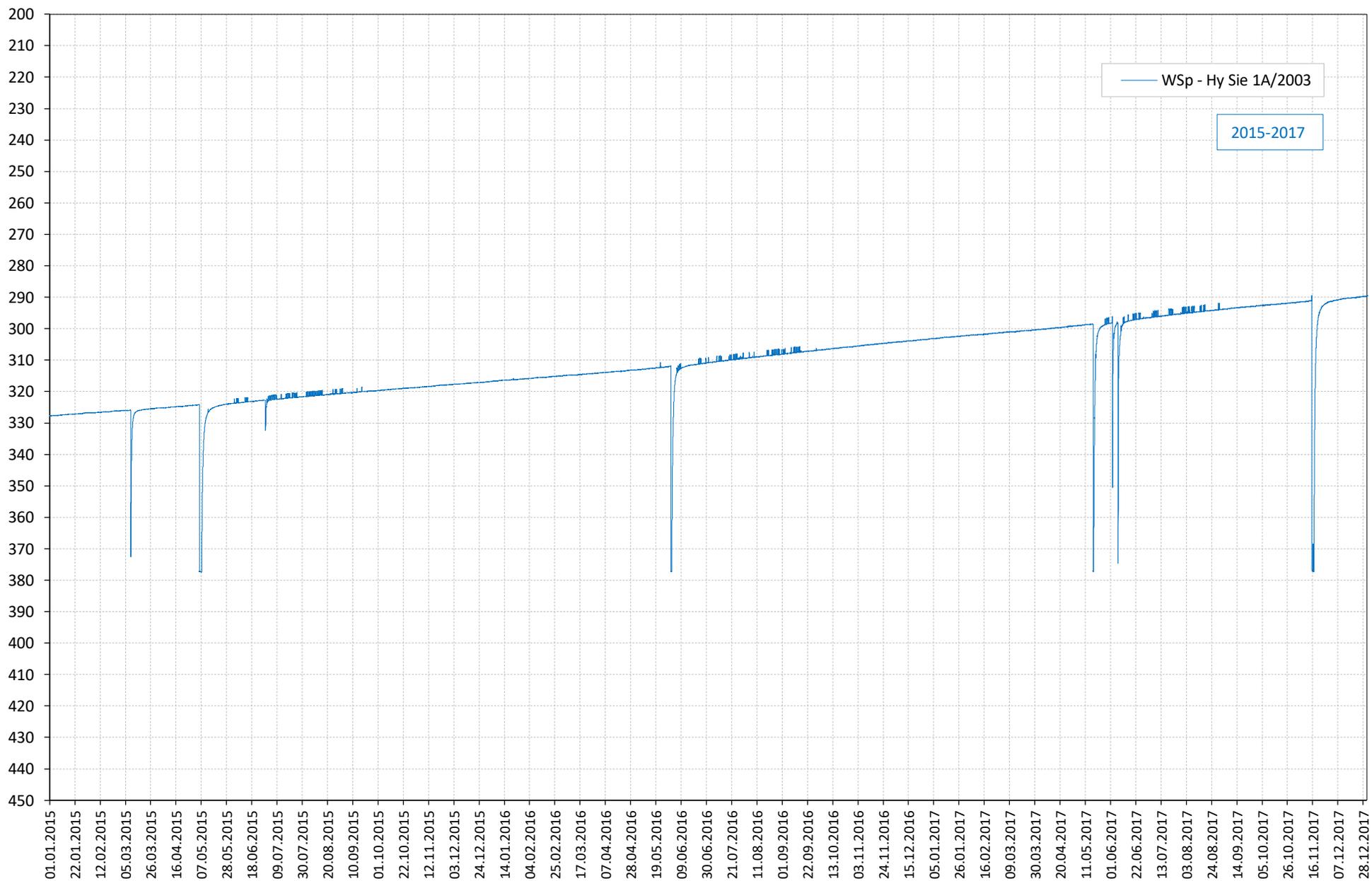
TB Oelsnitz: MKZ-Nr. 52426003 - Entwicklung des Flutungswasserspiegels (Angaben in m unter MPkt.)



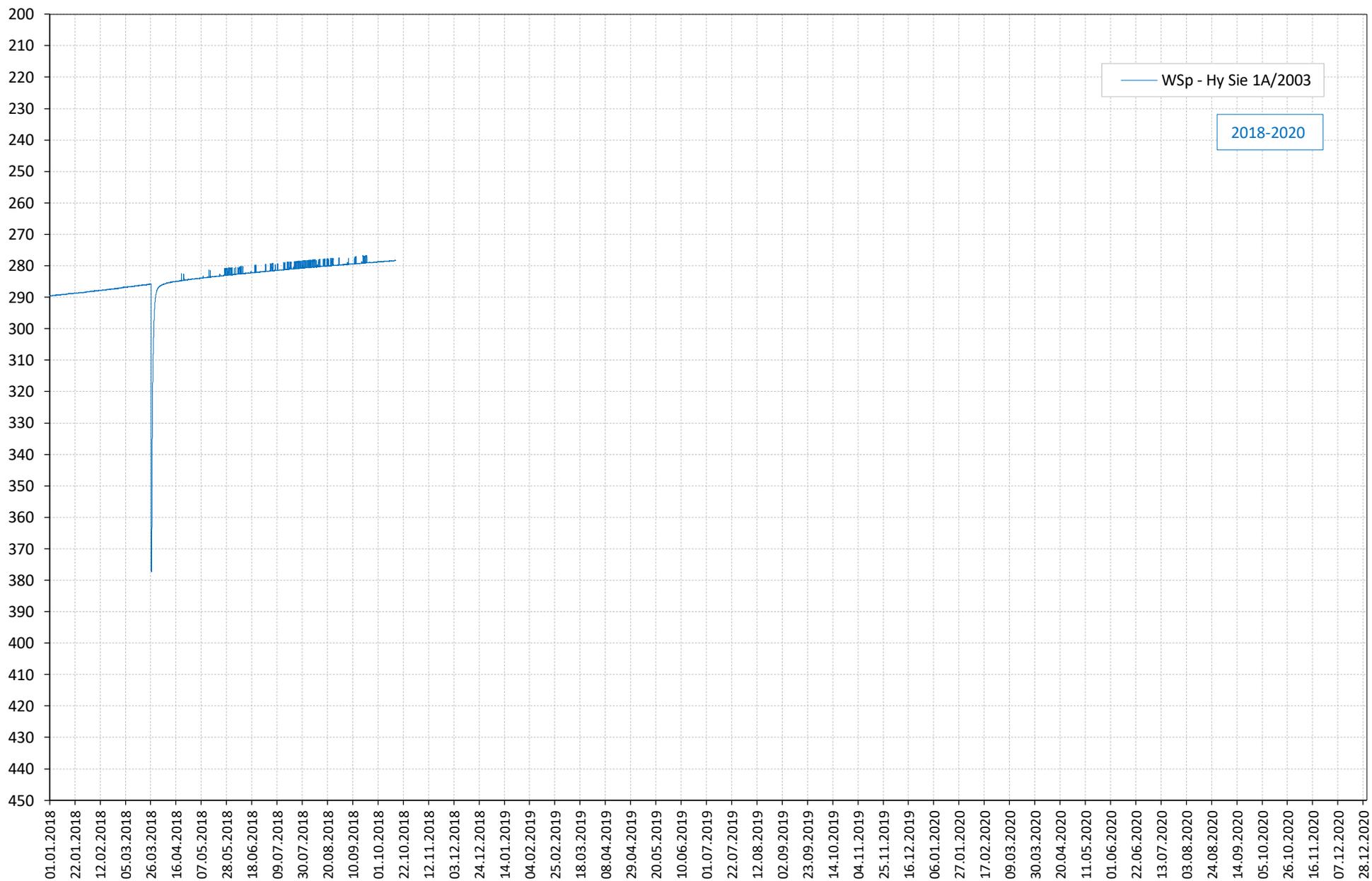
TB Oelsnitz: MKZ-Nr. 52426003 - Entwicklung des Flutungswasserspiegels (Angaben in m unter MPkt.)



TB Oelsnitz: MKZ-Nr. 52426003 - Entwicklung des Flutungswasserspiegels (Angaben in m unter MPkt.)



TB Oelsnitz: MKZ-Nr. 52426003 - Entwicklung des Flutungswasserspiegels (Angaben in m unter MPkt.)

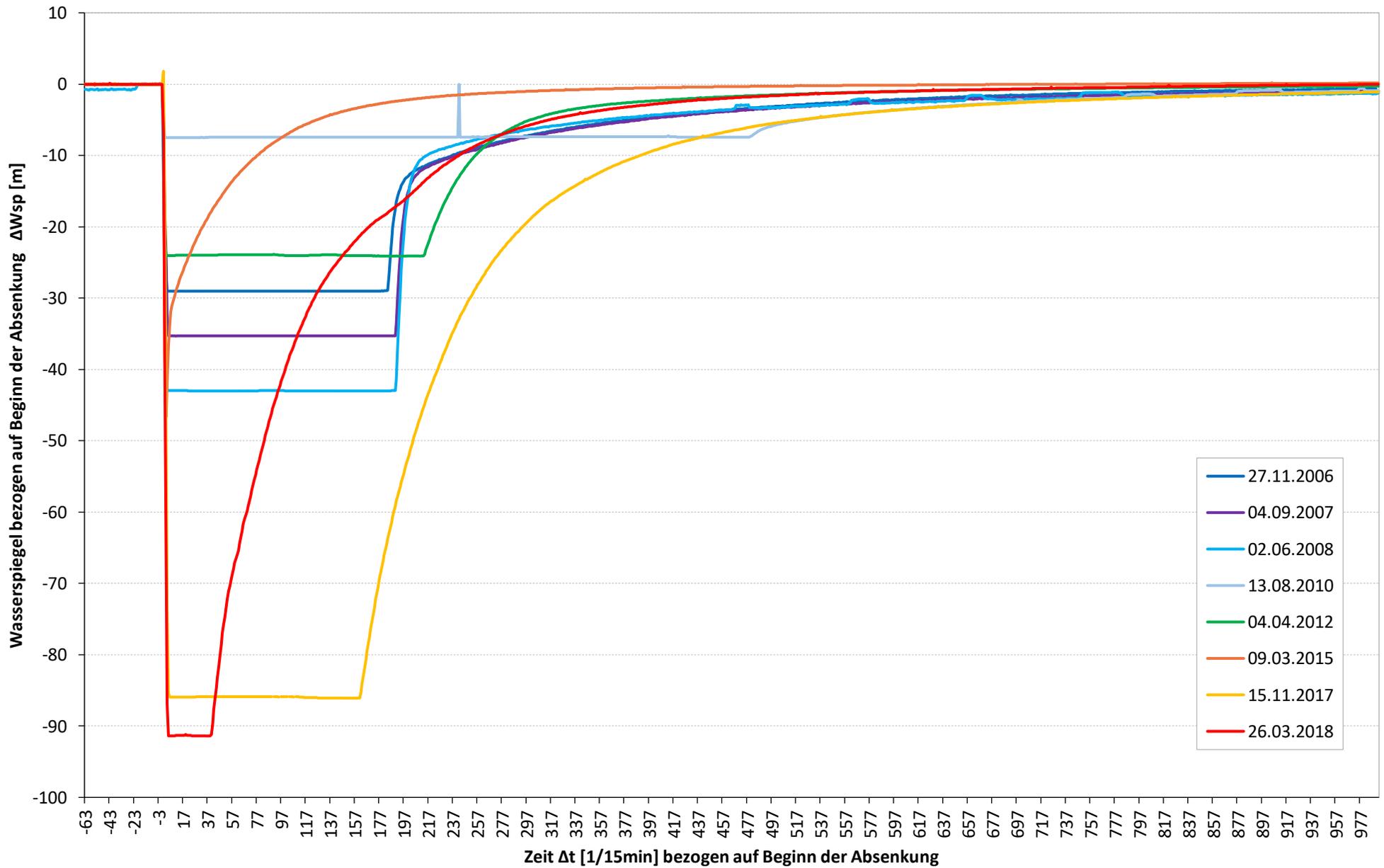


Anlage 2.3

Wasserspiegelentwicklung des gefluteten Grubenwassers

**Vergleich von Wiederanstiegsverläufen nach
Pumpphasen in der GWM Oelsnitz**

Vergleich von Wiederanstiegsverläufen nach Pumpphasen für die GWM Oelsnitz



Anlage 3.1

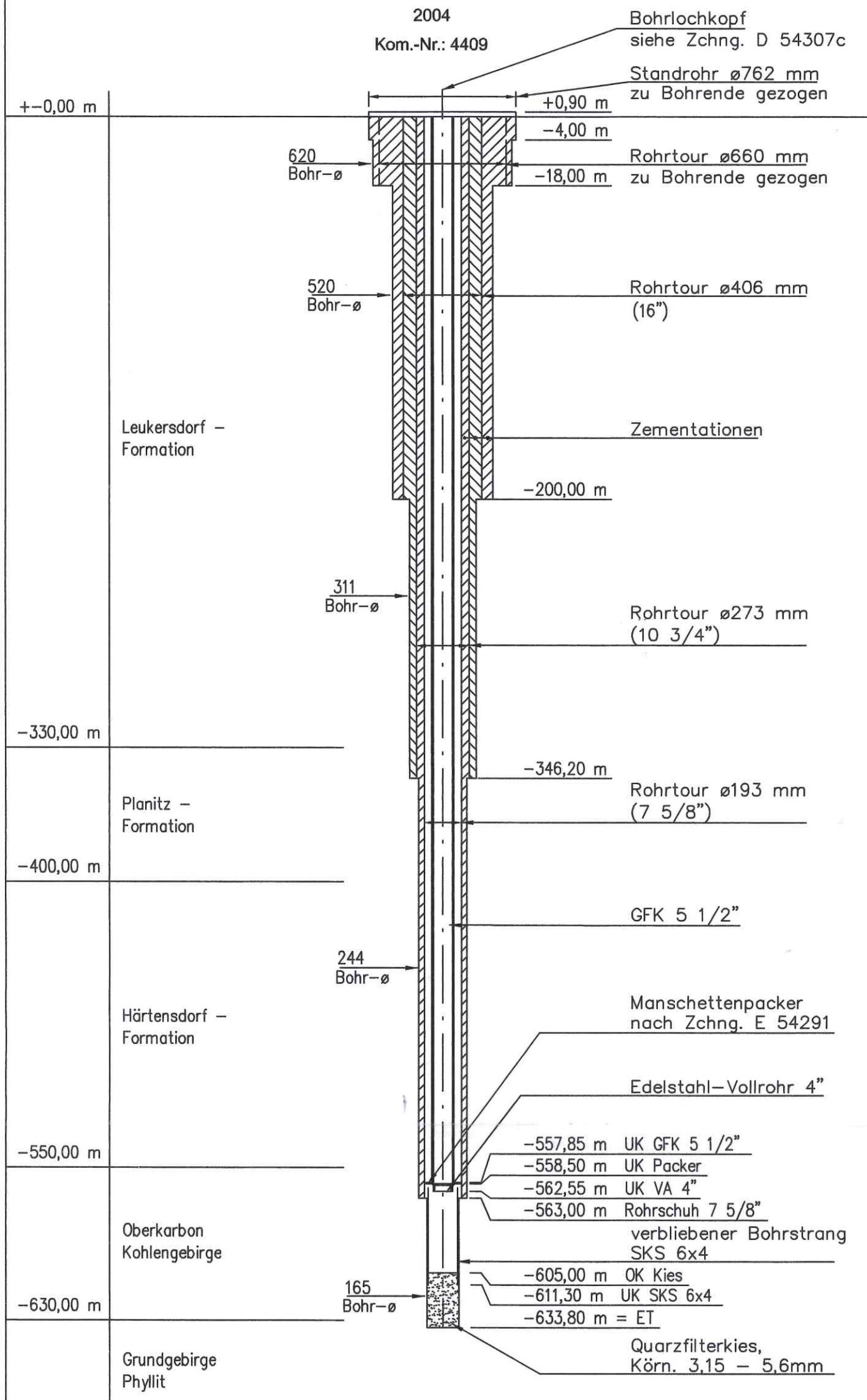
Ausbauspezifikation der GWM Oelsnitz

Bohrlochbild

(62988, H. Anger's Söhne)

Sächs. Oberbergamt, Freiberg
Oelsnitz / Erzgebirge
 tiefe Grundwassermeßstelle
 HY Sie 1A 2003 b

Endgültiger Ausbau



Maßstab breit: 1 : 25 tief: 1 : 2500



H. Anger's Söhne
 37235 Hess. Lichtenau

62899

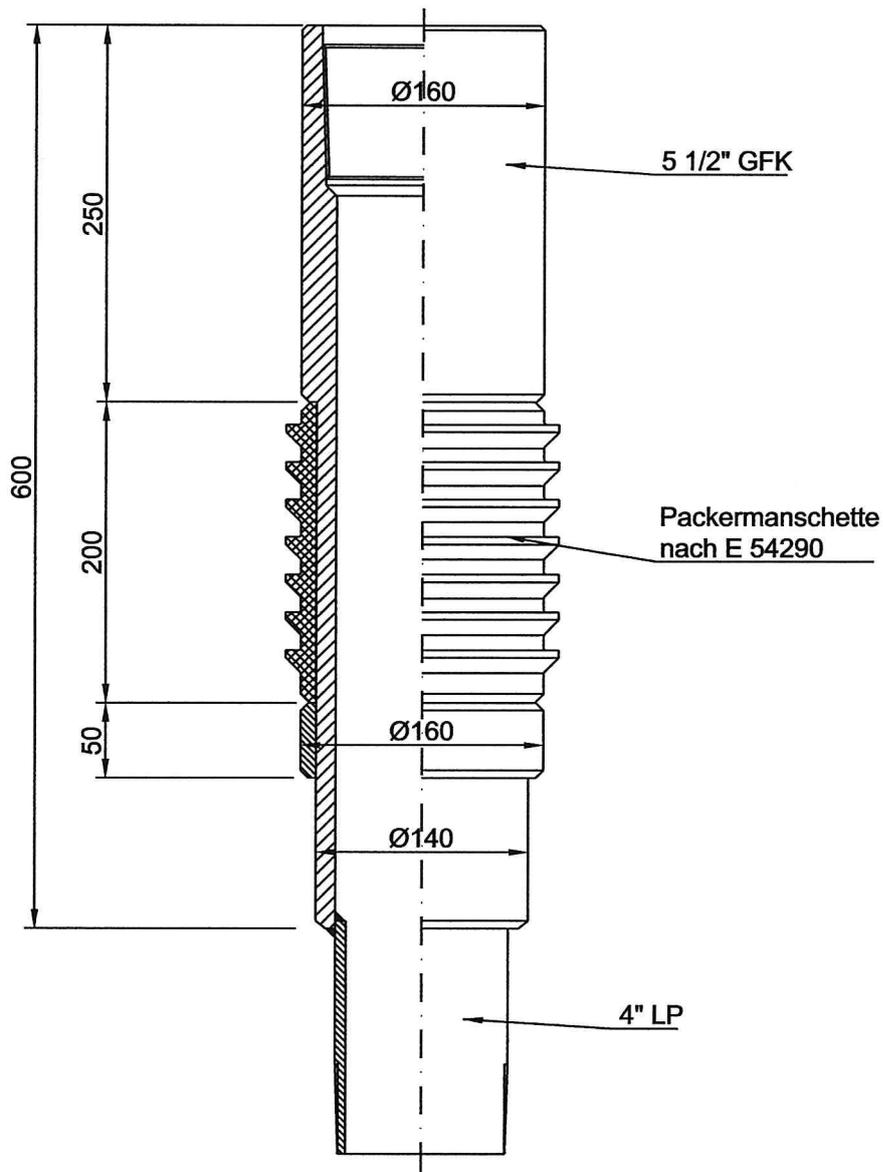
16.12.2004 Grunewald

Anlage 3.2

Ausbauspezifikation der GWM Oelsnitz

Detailzeichnung Manschettenpacker

(E 54291a, H. Anger's Söhne)



Werkstoff: 1.4571

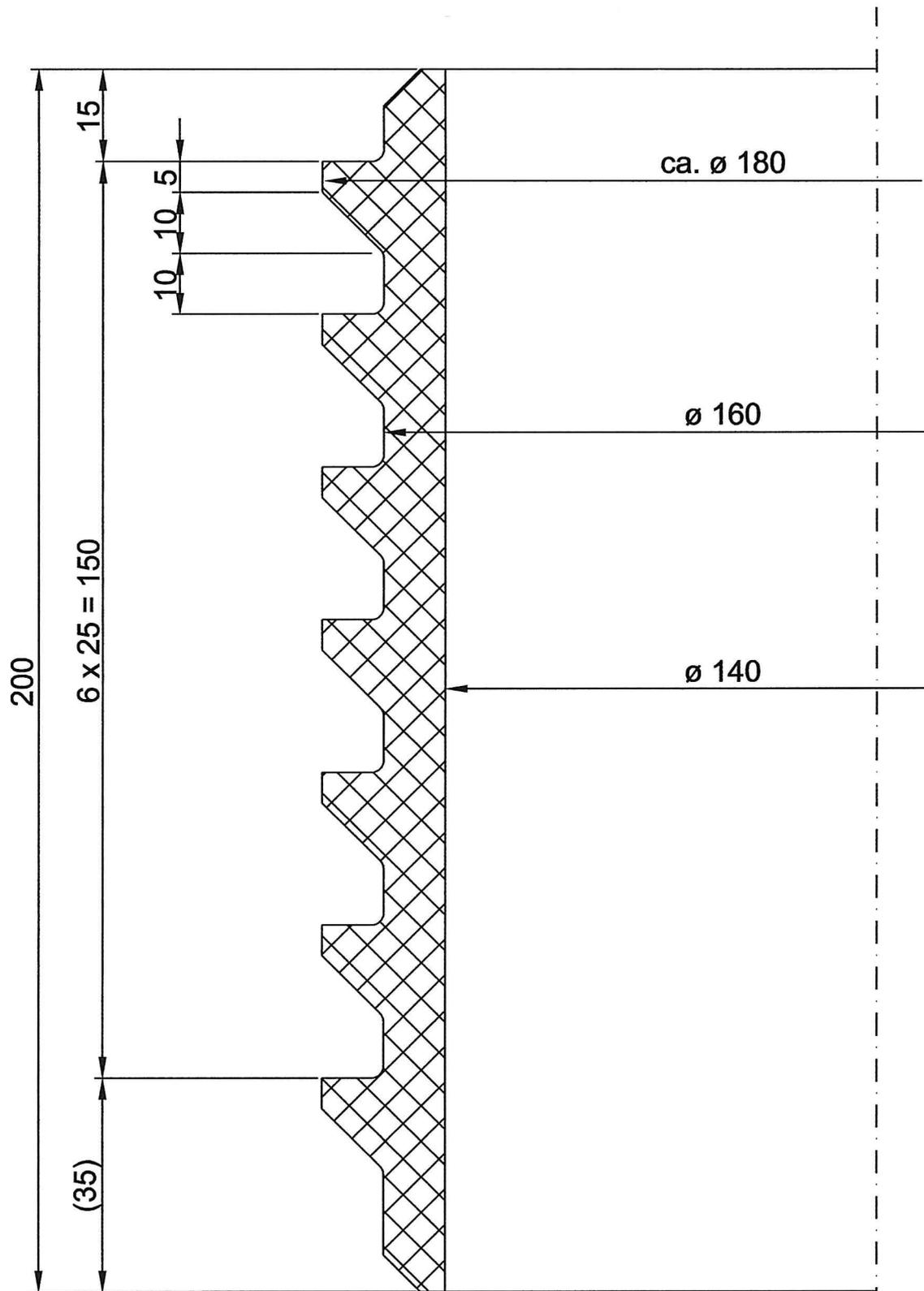
	Datum	Name		H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH 37235 HESS. LICHTENAU
gezeichnet	27.05.2004	Grunewald		
geprüft				
geändert	30.07.2004	Eberhardt		
Maßstab:	Packer			Zeichng.-Nr.:
1:5				E 54291a
				betr.: Oelsnitz
			Kostenst.: 4409	
Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor. DIN 34			Ersatz f.:	Ersetzt d.:

Anlage 3.3

Ausbauspezifikation der GWM Oelsnitz

Detailzeichnung Packermanschette

(E 54290, H. Anger's Söhne)



Werkstoff: NR / SBR ca. 70° shore

	Datum	Name		H. Anger's Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH 37235 HESS. LICHTENAU
gezeichnet	27.05.2004	Grunewald		
geprüft				
geändert				
Maßstab:	Packermanschette $\varnothing 180 / \varnothing 140$			Zeichng.-Nr.:
1:1				E 54290
				betr.: Oelsnitz
				Kostenst.: 4409
Für diese Zeichnung behalten wir uns alle Rechte vor. DIN 34			Ersatz f.:	Ersetzt d.:

Anlage 4.1

**Ergebnisse der Kamerabefahrung
an der GWM Oelsnitz**

Ergebnisbericht Terratec



**Untersuchungsbericht
zur Videobefahrung im Brunnen
MKZ G52426003
im Projekt
„Kamerabefahrung TB Oelsnitz“
26.02.2019**

Inhaltsverzeichnis

1	Tabellarische Übersicht zur Brunnenuntersuchung.....	2
2	Feststellungen der Brunnenuntersuchung	4
3	Fotodokumentation	5

Anlagen: Daten-DVD

- Untersuchungsbericht_MKZ G52426003.pdf
- Fotos (MKZ G52426003_Foto-xx.jpg)
- MKZ_G524260031_Video.avi

1 Tabellarische Übersicht zur Brunnenuntersuchung

Brunnenbezeichnung:	MKZ G52426003
Projekt:	Kamerabefahrung TB Oelsnitz
Datum der Videoinspektion:	26.02.2019
Auftraggeber:	G.E.O.S. Freiberg
Fachliche Betreuung vor Ort:	Herr Dr. T. Abraham
Ort der Inspektion:	Oelsnitz
Leiter der Inspektion:	M. Gracia
Rohrmaterial:	GFK/Stahl
Rohrfilter	kein Filter
Wasser Art:	Grundwasser
Rohrdurchmesser:	5 1/2" GFK, 4" VA, SKS 6x4
Wetter:	Sonnig; Leicht bewölkt

Meßbezug z. B. GOK:	Flansch OK
Inspektionsgrund:	Zustandskontrolle
Bohrungstiefe:	605,00 m

Startzeit Video:	08:55 Uhr
Videolänge:	02:06
Videodatei (Anlage):	MKZ_G524260031_Video.avi

Anzahl der Fotos:	9
Ruhewasserspiegel:	279,78 m
Differenz POK-GOK:	0,45 m

Endtiefe Videobefahrung:	606,82 m
--------------------------	----------

Bemerkungen (z. B. Wasser trübe...):

Keine Auffälligkeiten an den Verschraubungen oberhalb es Wasserspiegels. Auf dem Wasser sind Verunreinigungen unbekannter Art zu erkennen. Wasser unterhalb es Wasserspiegels mit vereinzelt Schwefelstoffen. Zur Tiefen hin wieder weniger Schwebstoffe. Ab ca. Einbautiefe der Pumpe vermehrte helle Beläge an der Wand. Ab Durchfahrt 4" Verrohrung keine axiale Sicht durch Abrieb der Beläge. Kies am tiefsten Punkt der Bohrung gut zu erkennen. Starke laterale Strömung am Grund. Rohrwand nicht direkt zu sehen, da stark verkrustet. Übergang von SKS 6x4 zu 4" VA gut zu erkennen, aber auch hier starke Verkrustung mit hellen Belägen. Keine sichtbare Strömung hinter der 4" Verrohrung. Übergang 4" VA auf GFK nicht gut zu erkennen aber durch Kamerabewegung wahrscheinlich bestätigt.

Projektnummer (terratec):

771-2019

2 Feststellungen der Brunnenuntersuchung

Tiefe (m)	Uhrzeit	Videozeit	Feststellungen	Foto Nr.	Blick
0,22	08:55	00:00	Start der Befahrung		
279,56	09:14	00:19	Ruhewasserspiegel Oberfläche	001	Axial
279,78	09:14	00:19	Ruhewasserspiegel		
606,82	09:40	00:45	Endtiefe		
606,70	09:41	00:46	Kies	002	Axial
599,96	09:54	00:59	Belag auf Wandung	003	Lateral
570,01	10:05	01:10	SKS Verrohrung mit Belag	004	Lateral
564,07	10:13	01:18	möglicher Übergang		
563,97	10:14	01:19	mögliche Verschraubung		
564,07	10:15	01:20	möglicher Übergang	005	Lateral
564,07	10:15	01:20	möglicher Übergang	006	Lateral
563,96	10:16	01:21	mögliche Verschraubung	007	Lateral
559,47	10:33	01:38	möglicher Übergang in 4" Edelstahl	008	Lateral
550,57	10:38	01:43	GFK Verschraubung Vorletzte Rohrtour GFK (9,00 m)	009	Lateral
278,58	11:01	02:06	Ende der Befahrung		

3 Fotodokumentation

Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.1	279,56	09:14	Axial	Ruhewasserspiegel Oberfläche



Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.2	606,70	09:41	Axial	Kies

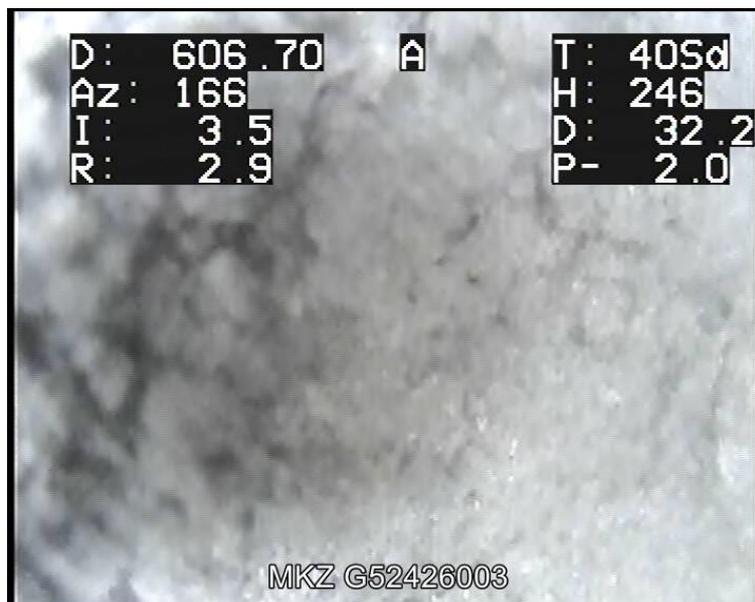


Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.3	599,96	09:54	Lateral	Belag auf Wandung



Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.4	570,01	10:05	Lateral	SKS Verrohrung mit Belag



Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.5	564,07	10:15	Lateral	möglicher Übergang



Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.6	564,07	10:15	Lateral	möglicher Übergang



Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.7	563,96	10:16	Lateral	mögliche Verschraubung

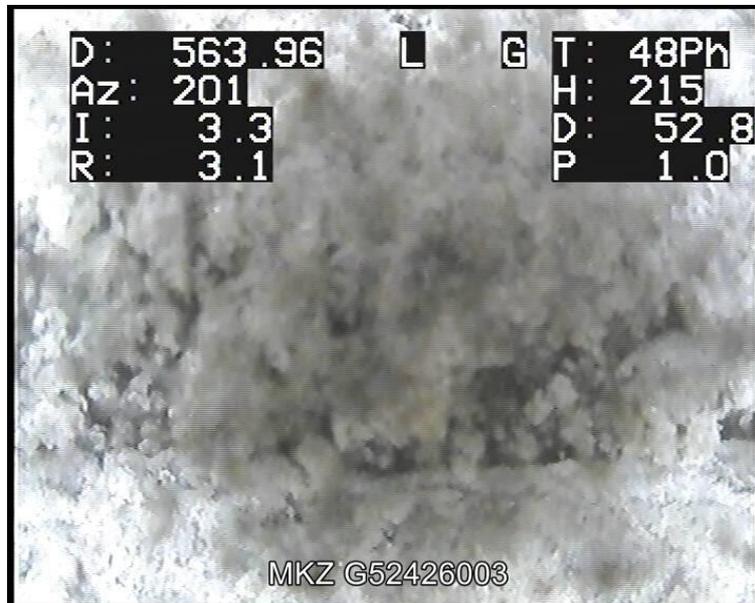


Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.8	559,47	10:33	Lateral	möglicher Übergang in 4" Edelstahl

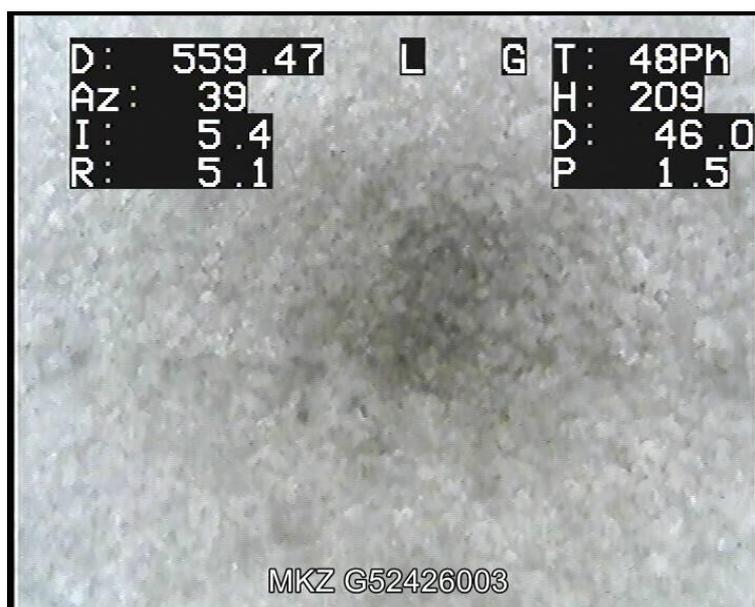


Foto (No°)	Tiefe (m)	Uhrzeit	Axial/Lateral Sicht d. Kamera	Feststellungen
Foto Nr.9	550,57	10:38	Lateral	GFK Verschraubung Vorletzte Rohrtour GFK (9,00 m)

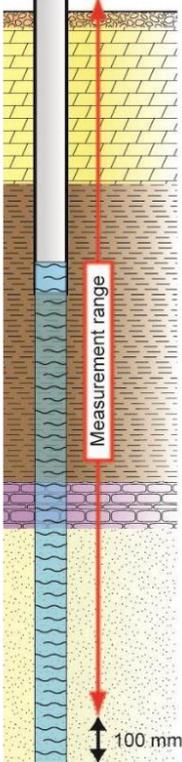


4 Erklärungen der Abkürzungen im Videoheader

Front- und Sideview System:

Abkürzungen im Videoheader	Erklärungen
Links: D	Tiefe der Kamera bezogen auf Seiten-Kamera in Meter
Links: Az	Blickrichtung der Seiten-Kamera bezogen auf internes Tool Face
Links: I	Bohrungsneigung in Grad
Links: R	„Role“ der Kamera
Rechts: T SD/HD	Interne Kamertemperatur in °C, SD: Standard Auflösung, HD: hohe Auflösung
Rechts: H	Blickrichtung der Seiten-Kamera bezogen auf magnetisch Nord
Rechts: D	Bohrungsrichtung in Grad bezogen auf magnetisch Nord
Rechts: P	„Pitch“ der Kamera
Mitte: A oder L (evtl. M)	Axiale oder laterale Kamerasicht (M: manuelle Blende an)
Unten Rechts: BH ID, Uhrzeit	Bohrungskennung, Uhrzeit

5 Kamerabeschreibung

Bohrloch-Video Datenblatt																													
																													
																													
Übersicht																													
<p>Prinzip Die Video - Sonde besitzt eine rotierbare „Dual“-Kamera mit Voraus- und Seitblick (360° rotierbar), manuell anpassbare Beleuchtung sowie manuell steuerbarer Fokussierung. Kompass- (magnetisch), Inclinometer- und Temperaturmessung im Bild einblendbar.</p> <p>Ergebnis Video der Bohrlochwandung in Echtfarben.</p> <p>Auflösung: 752 (H) x 582 (V) Video in 3 möglichen Modi:</p> <p>SD: 25 fps 1600 Kbits/s JPEG 2000 HD: 6 fps 6 Mbits/s JPEG 2000 PH: 1.7 fps 12 Mbits/s JPEG 2000</p> <p>Anwendung Brunnenbefahrung, Filter- und Ausbaukontrolle, optische Inspektion, Zustandskontrolle</p>																													
Einsatzbedingungen																													
<table border="0"> <tr> <td>Bohrspülung:</td> <td>✓ Wasser</td> <td>✗ Mud</td> <td>✓ Luft</td> </tr> <tr> <td>Ausbau:</td> <td>✓ PVC</td> <td>✓ steel</td> <td>✓ none</td> </tr> <tr> <td>Bohrungstyp:</td> <td>✓ Kern</td> <td>✓ Destruktiv</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Max Tiefe:</td> <td colspan="3">2000 m (H₂O)</td> </tr> <tr> <td>Durchmesser:</td> <td colspan="3">90 mm – 1500 mm</td> </tr> <tr> <td>Temperatur:</td> <td colspan="3">0°C – 70°C</td> </tr> <tr> <td>Max Druck:</td> <td colspan="3">200 bar</td> </tr> </table>		Bohrspülung:	✓ Wasser	✗ Mud	✓ Luft	Ausbau:	✓ PVC	✓ steel	✓ none	Bohrungstyp:	✓ Kern	✓ Destruktiv		Max Tiefe:	2000 m (H ₂ O)			Durchmesser:	90 mm – 1500 mm			Temperatur:	0°C – 70°C			Max Druck:	200 bar		
Bohrspülung:	✓ Wasser	✗ Mud	✓ Luft																										
Ausbau:	✓ PVC	✓ steel	✓ none																										
Bohrungstyp:	✓ Kern	✓ Destruktiv																											
Max Tiefe:	2000 m (H ₂ O)																												
Durchmesser:	90 mm – 1500 mm																												
Temperatur:	0°C – 70°C																												
Max Druck:	200 bar																												
Technische Spezifikation																													
<p>Dimensionen</p> <table border="0"> <tr> <td>Länge:</td> <td>1030 mm</td> </tr> <tr> <td>Durchmesser:</td> <td>73 mm</td> </tr> <tr> <td>Gewicht:</td> <td>23 kg</td> </tr> </table> <p>Sensoren</p> <table border="0"> <tr> <td>1 Inclinometer</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 Kompass (magnetisch)</td> <td>MAG</td> </tr> <tr> <td>1 Temperatursensor</td> <td>°C</td> </tr> </table> <p>2 x CCD Colour ¼ Voraus und Seitblick</p>		Länge:	1030 mm	Durchmesser:	73 mm	Gewicht:	23 kg	1 Inclinometer		1 Kompass (magnetisch)	MAG	1 Temperatursensor	°C																
Länge:	1030 mm																												
Durchmesser:	73 mm																												
Gewicht:	23 kg																												
1 Inclinometer																													
1 Kompass (magnetisch)	MAG																												
1 Temperatursensor	°C																												
																													
Messbedingungen																													
<p>Messung</p> <table border="0"> <tr> <td>Sonde:</td> <td>✓ zentriert</td> <td>✓ exzentrisch</td> </tr> <tr> <td>Messung:</td> <td>✓ abwärts</td> <td>✓ aufwärts</td> </tr> <tr> <td>Bohrrichtung</td> <td>✓ schräg/horizontal</td> <td>✓ vertikal</td> </tr> <tr> <td>Logging</td> <td colspan="2">variabel</td> </tr> <tr> <td>Speed:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		Sonde:	✓ zentriert	✓ exzentrisch	Messung:	✓ abwärts	✓ aufwärts	Bohrrichtung	✓ schräg/horizontal	✓ vertikal	Logging	variabel		Speed:															
Sonde:	✓ zentriert	✓ exzentrisch																											
Messung:	✓ abwärts	✓ aufwärts																											
Bohrrichtung	✓ schräg/horizontal	✓ vertikal																											
Logging	variabel																												
Speed:																													
<p>Terratec – Schillerstrasse 3 – D-79423 Heitersheim – Germany Phone: +49 7634-4644 – Fax: +49 7634-4634 www.terratec-geoservices.com - info@terratec-geoservices.com</p>																													

Anlage 4.2

Ergebnisse der Kamerabefahrung an der GWM Oelsnitz

**Video der Kamerabefahrung
(als DVD beiliegend)**

Anlage 5.1

Wandstärkenmessung für Teile des Ausbaustrangs

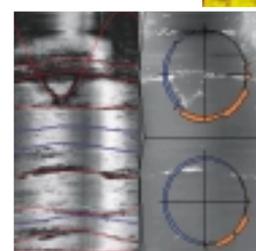
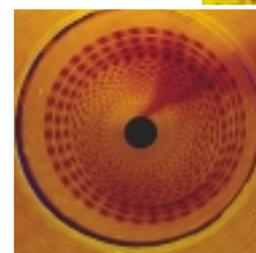
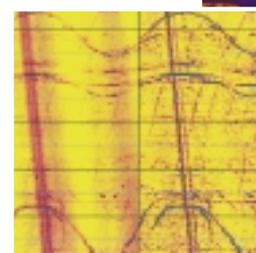
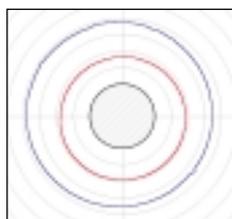
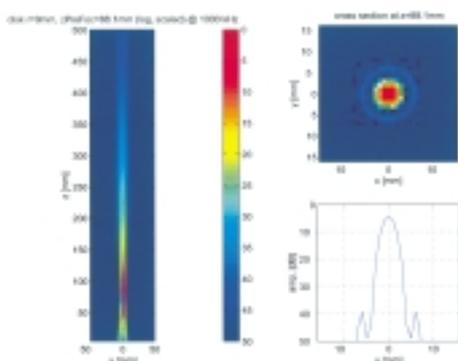
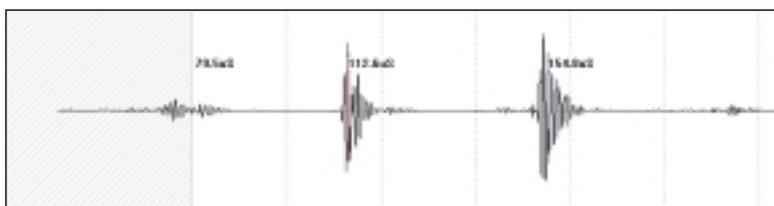
**Steckbrief / Kennblatt
zu Messgerät und Messverfahren**

ABI 40

slimhole acoustic televiewer



The ABI40 is the next generation of the pioneering FAC40. Based on 8 years of experience and market leadership with BHTV technology, the new system consists of the industry standard focused acoustical head with new deviation subsystem and completely redesigned electronic. The new electronic architecture uses a 14bits@10Mhz A/D converter directly coupled to a super FAST 75Mops DSP processor capable of performing complex data processing in real time on each individual ultrasonic wave train.



ABI 40

slimhole acoustic televiewer



- Direct linear 14bits@10Mhz A/D conversion (operator is free from any gain settings)
- Dynamic range of amplitude measurement is 84dB
- Caliper resolution is better than 0.1 mm
- New orientation sensor (3 accelerometers and 3 axis magnetometer)
- Increased telemetry bandwidth (baud rate up to 500 Kbps depending on wireline.), 166 Kbps typical on 3000m four-conductor.
- Full wave form recording and real time display for quality control
- Multi-echo mode to realize acoustic measurements through plastic pipes
- Pipe-inspection mode to detect inner corrosion, outer corrosion, and wall thickness*
- Automatic self adapting echo detection algorithm to gain optimum performance under variable borehole conditions

The ABI40 tool generates an image of the borehole wall by transmitting ultrasound pulses from a rotating sensor and recording the amplitude and travel time of the signals reflected at the interface between mud and borehole wall. The amplitude of these reflections is representative for the properties of the rock surrounding the borehole. The travel time represents the borehole shape and diameter and is used to provide exceptionally accurate borehole diameter measurements which makes the tool ideal for casing inspection, of and structural geology.

compared to the Fac40, which measures one echo (amplitude and traveltime), the new ABI tool is a multi-echo system. This is achieved by digital recording of the reflected acoustic wave train. On-line processing of the acoustic data is made by an attached DSP. Sophisticated detection algorithm allow the system to separate the echo of the acoustic window from the echo of the borehole wall, without any input from the operator. The system offers different operating modes. E.g. when run inside a plastic casing, the tool records both the echo of the casing and of the borehole wall. Moreover the digital processing capabilities are used to improve the dynamic range of the system and to yield very high traveltime resolution.

Applications:

The purpose of the ultrasonic borehole imaging tool is to provide detailed, oriented, structural information on the basis of pulse-echo ultrasonic measurements. Possible applications are:

- fracture detection and evaluation
- detection of thin beds
- determination of bedding dip
- lithological characterization
- breakout analysis
- monitoring of earth stress field
- casing inspection
- high resolution caliper measurements

Technical specifications

Diameter:	40mm
Length:	1.6 m
Weight:	6kgs
Max temp:	70°C
Max pressure:	200 bar
Borehole diameter:	2" to 21" depending on mud conditions
Logging speed:	variable function of resolution and wireline. i.e 2.0 m/min at 144x3mm

Cable:

Cable type:	mono, four-conductor, seven-conductor
digital data transmission:	up to 500 Kbps per second depending on wireline.
compatibility:	ALTlogger - ALT-ABOX - Mount Sopris MgXII (limited to 41 Kbps)

sensor:

acoustic sensor:	fixed transducer and rotating focusing mirror
focusing:	3" or 6"
frequency:	1.2 MHz
acoustic beam width:	1.5 mm (-3db) focal distance
rotation speed:	up to 10 revolutions per second - automatic
samples per revolution:	72, 144, 288 user defined
caliper resolution:	0.08mm
orientation:	3 axis magnetometer, 3 accelerometers
Inclination accuracy:	0.5 degree
Azimuth accuracy:	1.0 degree

The specifications are not contractual and are subject to modification without notice.

Anlage 5.2

Wandstärkenmessung für Teile des Ausbaustrangs

Darstellung der Messergebnisse
(terratec geophysical services, Heitersheim)

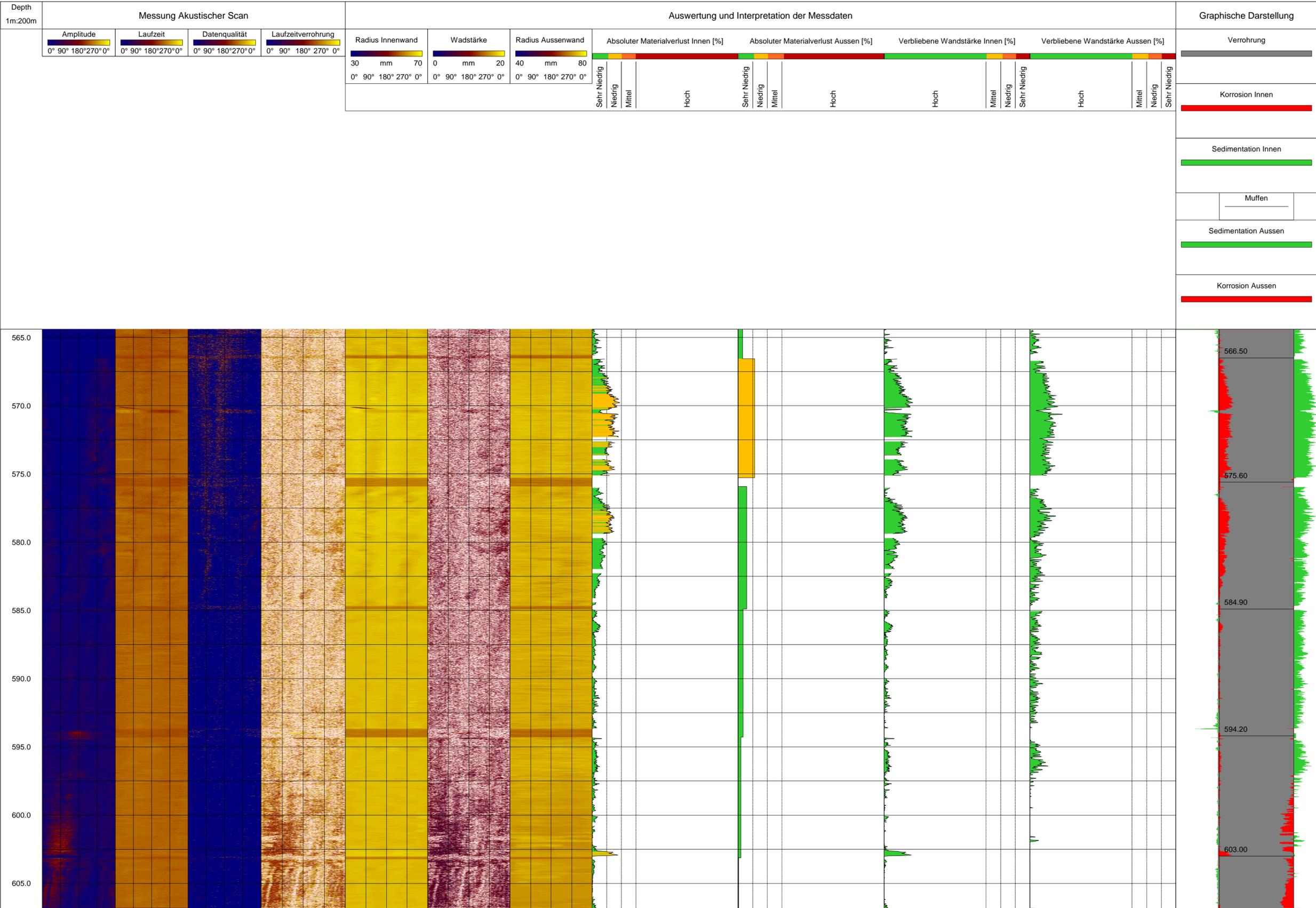
Bohrungskennung: GWM Hy Sie 1A-2003; MKZ G52426003

Ort: Oelsnitz
 Auftraggeber: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
 Auftragsnehmer: terratec Geophysical Services GmbH & Co. KG
 Projekt: Bestandsaufnahme der TB Oelsnitz, GWM Hy Sie 1A-2003; MKZ G52426003
 Messdurchführung: terratec: Gracia, Fischer
 Messungen: Akustischer Scan, Wandstärke
 Tiefenbezug: Flanschoberkante
 Tiefe: 605,00 m OK Kies
 Ausbau: - 0,45 - 557,85 m GFK, 5 1/2"
 557,85 - 562,55 m Edelstahl Vollrohr 4"
 562,55 - 611,30, SKS 6x4 Bohrstrang, 146 mm
 Überstand: 0,45 m
 Pumpdaten: RWS: 279,78 m
 Pumpdaten:#1 -
 Pumpdaten:#2 -
 Bemerkung: VORABEXEMPLAR
 Tiefenskala: siehe depth scale



Datum: 26.02.2019

RWS: Ruhewasserspiegel
 PWS: Pumpwasserspiegel
 Pr.Nr.: 771 - 2019
 Anlage - Nr.: -
 Rev.-Nr.: 01

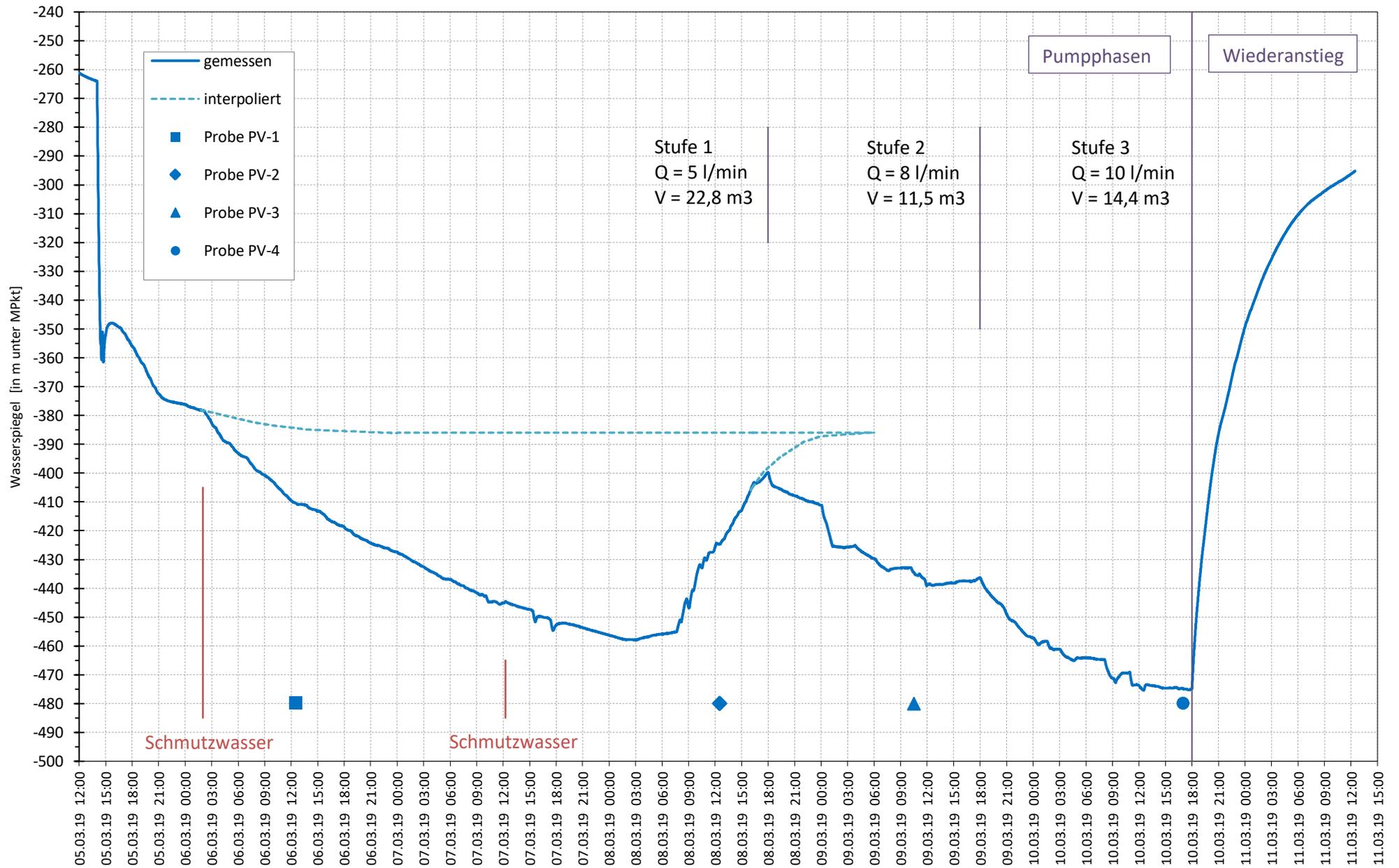


Anlage 6.1

Pumpversuchsdaten

Wasserspiegelentwicklung in den 3 PV-Stadien

Pumpversuch GWM Oelsnitz, Hy Sie 1A/2003b (05.03. - 10.03.2019) --- Wasserspiegel

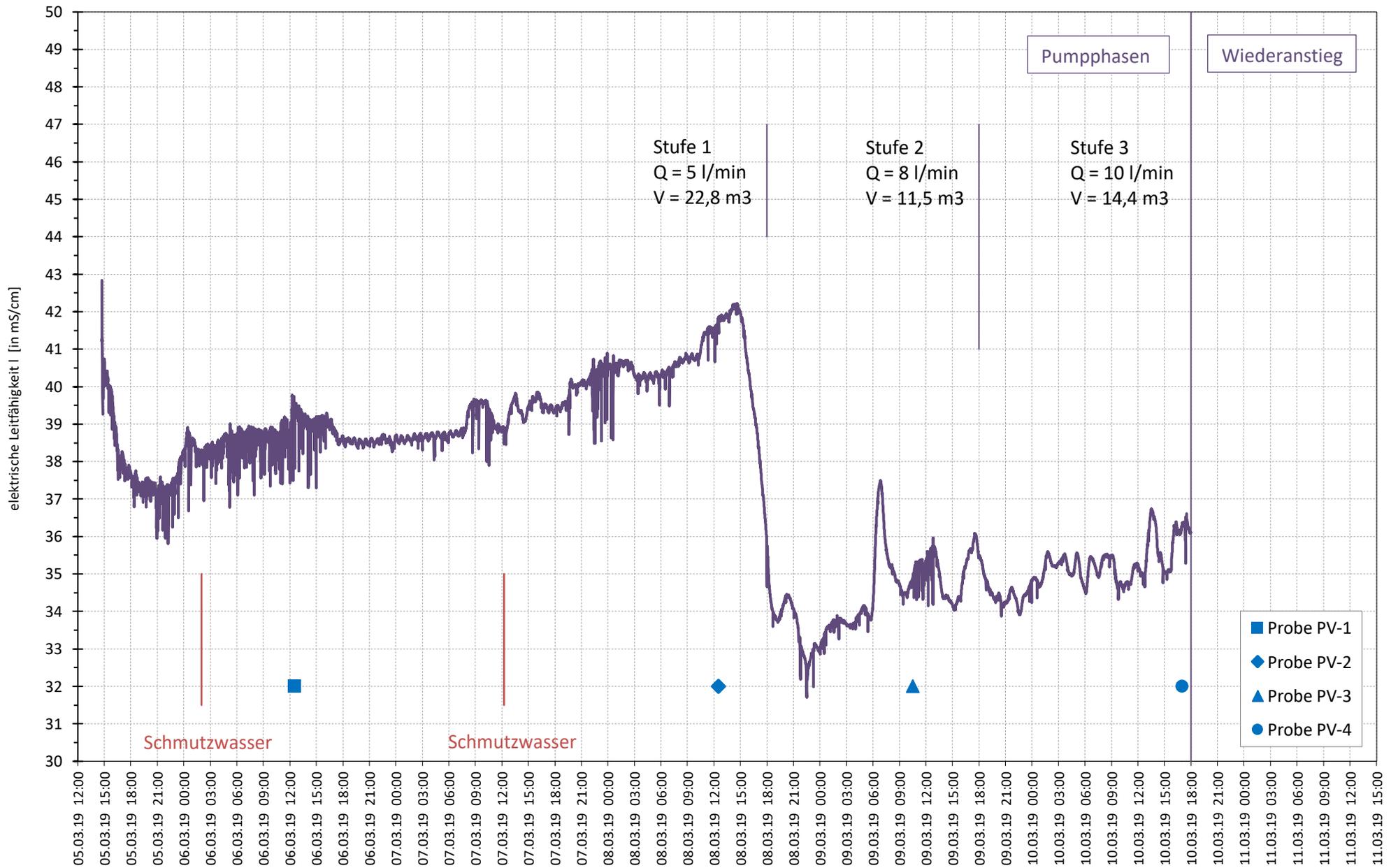


Anlage 6.2

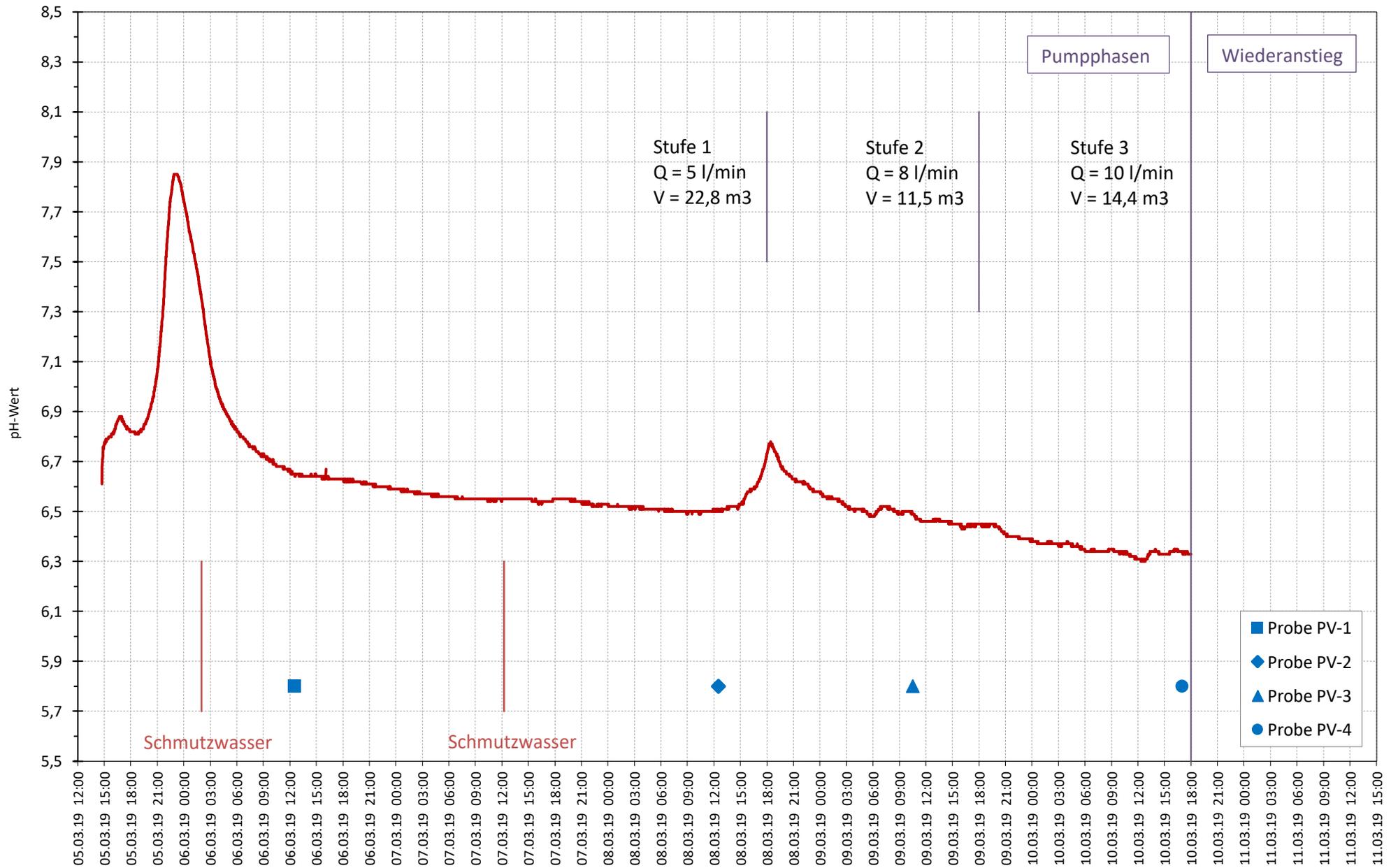
Pumpversuchsdaten

Entwicklung der Milieuparameter während des PV's
(elektr. Leitfähigkeit, pH-Wert, Redox-Potenzial, Temperatur)

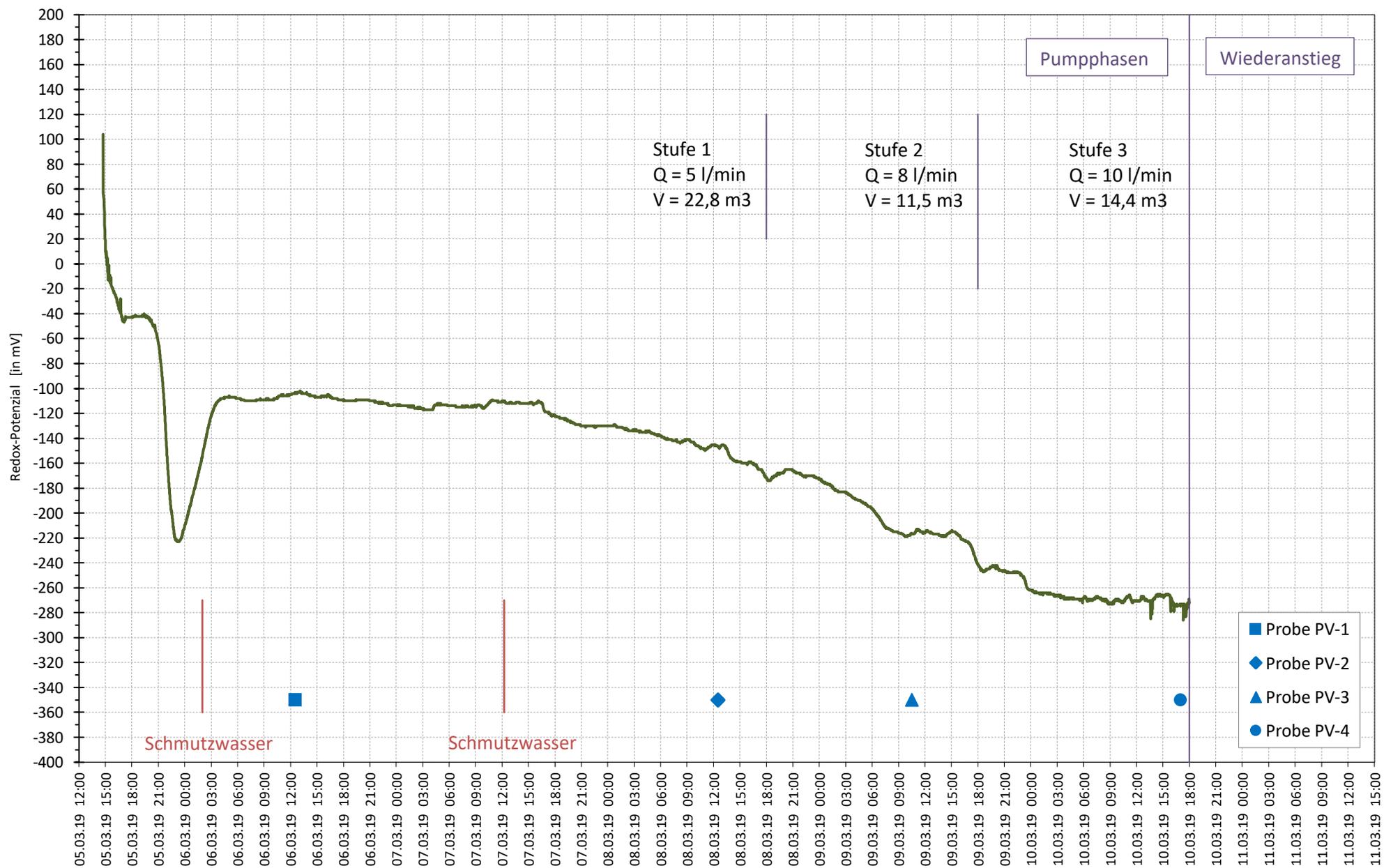
Pumpversuch GWM Oelsnitz, Hy Sie 1A/2003b (05.03. - 10.03.2019) --- Leitfähigkeit



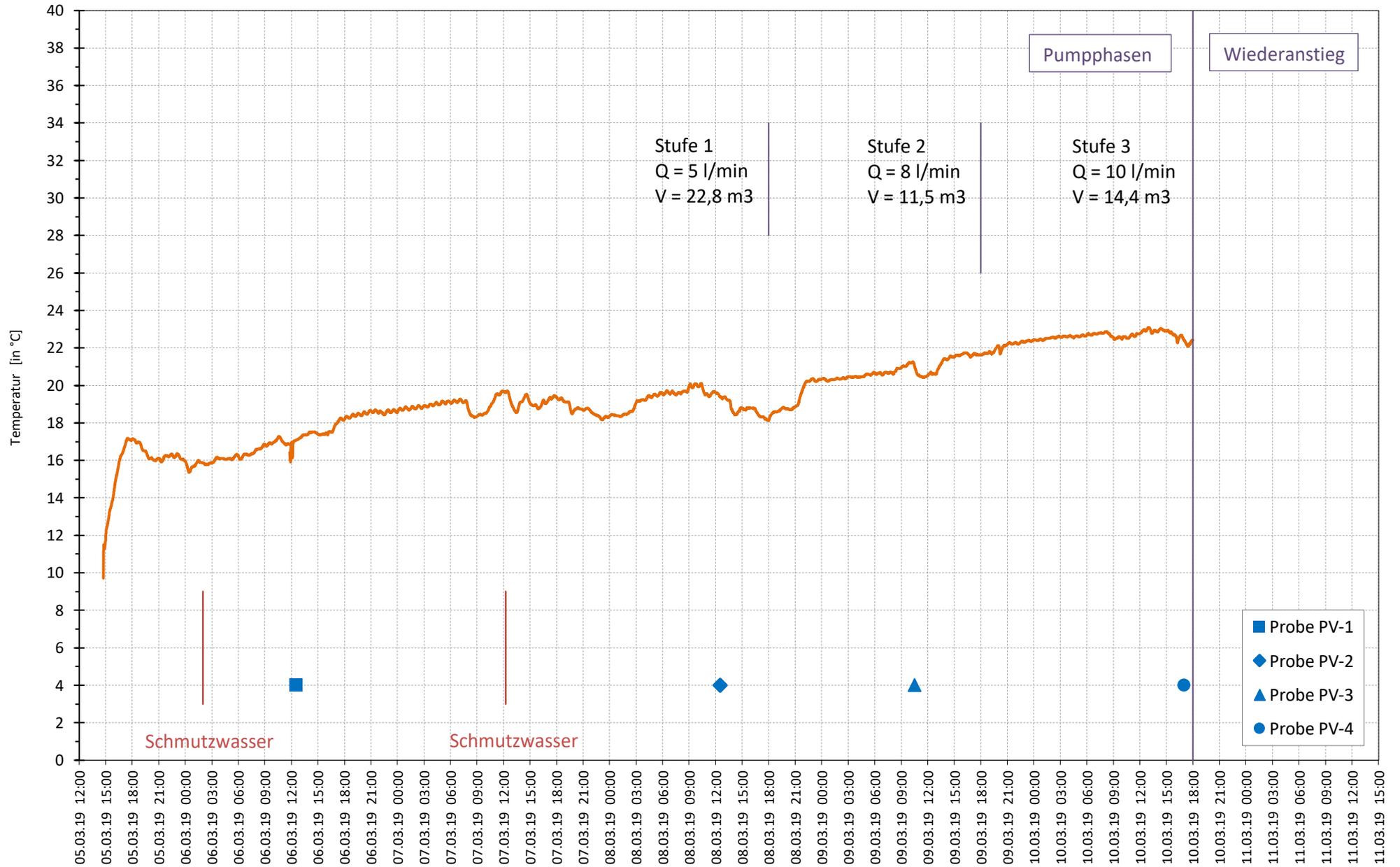
Pumpversuch GWM Oelsnitz, Hy Sie 1A/2003b (05.03. - 10.03.2019) --- pH-Wert



Pumpversuch GWM Oelsnitz, Hy Sie 1A/2003b (05.03. - 10.03.2019) --- Redox, uncorr.



Pumpversuch GWM Oelsnitz, Hy Sie 1A/2003b (05.03. - 10.03.2019) --- Temp



Anlage 7

Hydrochemische Sonderproben in der PV-Begleitung

Laborprotokolle Eurofins

(PV-1, PV-2, PV-3, PV-4)

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Lindenstraße 11
Gewerbegebiet Freiberg Ost - D-09627 - Bobritzsch-Hilbersdorf

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke OT Tuttendorf

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11906458
Prüfberichtsnummer: AR-19-FR-006491-01

Auftragsbezeichnung: Grubenwasser Oelsnitz hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 06.03.2019
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 07.03.2019
Prüfzeitraum: 07.03.2019 - 14.03.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14081-01-00) aufgeführten Umfang.

Viki Holzapfel
Prüfleitung
Tel. +49 37312076511

Digital signiert, 18.03.2019
Viki Holzapfel
Prüfleitung



Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV1
Probenahmedatum/ -zeit	06.03.2019
Probennummer	119025966

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			5,5
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,0
Gesamtrockenrückstand (105°C)	FR	JE02	DIN 38409-H1-1: 1987-01	20	mg/l	34000

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der filtrierten Probe

Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	FR	JE02	DIN EN 15216: 2008-01	50	mg/l	35000
---	----	------	-----------------------	----	------	-------

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	2,9
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,0
Säurekapazität pH 8,2 (p-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	< 0,1
Temperatur Säurekapazität pH 8,2	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,0

Anionen

Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	FR	JE02	DEV D 8: 1971	6	mg/l	180
Fluorid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	2,0	mg/l	< 20 ¹⁾
Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	18000
Bromid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	200
Iodid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-3 (D22): 1997-11	0,2	mg/l	< 10 ¹⁾
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	< 10 ¹⁾
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	< 10 ¹⁾
Sulfid, leicht freisetzbar	FR	JE02	DIN 38405-27: 1992-07	0,04	mg/l	< 0,04
Sulfid gelöst	FR	JE02	DIN 38405-D26: 1989-04	0,05	mg/l	< 0,05
ortho-Phosphat	FR	JE02	DIN EN ISO 6878 (D11): 2004-09	0,02	mg/l	0,32
Cyanide, gesamt	FR	JE02	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005

Kationen

Ammonium	FR	JE02	DIN 38406-5: 1983-10	0,06	mg/l	6,4
----------	----	------	----------------------	------	------	-----

Elemente aus der Originalprobe

Aluminium (Al)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	0,25
Antimon (Sb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Arsen (As)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,003
Barium (Ba)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0005	mg/l	47,2
Beryllium (Be)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Blei (Pb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,004
Bor (B)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	1,20
Borate als BO ₃	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,1	mg/l	6,5

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV1
Probenahmedatum/ -zeit	06.03.2019
Probennummer	119025966

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0003
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2820
Cäsium (Cs)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,009
Chrom (Cr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,006
Cobalt (Co)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0006
Eisen (Fe)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	33,3
Eisen (Fe2+)	FR	JE02	DIN 38406-E1: 1983-05	0,01	mg/l	24,6
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	80,2
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,066
Lithium (Li)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	3,54
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	721
Mangan (Mn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	1,46
Molybdän (Mo)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,003
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	7160
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,013
Phosphor (P)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,2	mg/l	< 0,2
Quecksilber (Hg)	FR	JE02	DIN EN ISO 12846: 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
Rubidium (Rb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,095
Selen (Se)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Silber (Ag)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Silicium (Si)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	5,40
Silicium als SiO2	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	11,6
Strontium (Sr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	61,9
Tellur (Te)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Titan (Ti)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Uran (U)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	< 0,0002
Vanadium (V)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,004
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,500
Zinn (Sn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,003

Elemente aus der filtrierten Probe

Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2810
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	84,9
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	720
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	7180

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV1
Probenahmedatum/ -zeit	06.03.2019
Probennummer	119025966

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	FR	JE02	DIN EN 1484: 1997-08	0,1	mg/l	1,9
Spektr. Absorptionskoeff. (254 nm)	FR	JE02	DIN 38404-3: 2005-07	0,1	1/m	4,1
Spektr. Absorptionskoeff. (436 nm)	FR	JE02	DIN EN ISO 7887: 2012-04	0,1	1/m	2,4

Organische Summenparameter aus der homogenisierten Probe

AOX	FR	JE02	DIN EN ISO 9562: 2005-02, Anhang A: SPE-AOX	0,01	mg/l	0,02
-----	----	------	---	------	------	------

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	0,5	µg/l	1,4
Toluol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05		µg/l	1,4

LHKW

Dichlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,1-Dichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,1,2-Trichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,2,2-Tetrachlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
cis-1,3-Dichlorpropen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,3-Dichlorpropen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Bromdichlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dibromchlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tribrommethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Trichlorfluormethan (R 11)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV1
Probenahmedatum/ -zeit	06.03.2019
Probennummer	119025966

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Chlorbenzole						
1,2-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,3-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,4-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe LHKW (22 Parameter)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08		µg/l	(n. b.) ²⁾

PAK

Naphthalin	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	0,26
Acenaphthylen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09		µg/l	0,26
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09		µg/l	(n. b.) ²⁾

Phenole

Phenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,05
2-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,94
3-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,14
4-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,18
2,3-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,11
2,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,16
2,6-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Probenbezeichnung		Grubenwas- ser Oelsnitz PV1
				Probenahmedatum/ -zeit		06.03.2019
				Probennummer		119025966
				BG	Einheit	
3,4-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,06
4-Ethylphenol / 3,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,14
2,3,5-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4,5-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
4-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4-/2,5-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,6-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,5-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,6-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,6-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4,5-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4,6-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,5,6-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV1
Probenahmedatum/ -zeit	06.03.2019
Probennummer	119025966

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Pentachlorphenol (PCP)	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
Summe 18 Chlorphenole	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05		µg/l	(n. b.) ²⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ Die angewandte Bestimmungsgrenze weicht von der Standardbestimmungsgrenze (Spalte BG) ab aufgrund von Matrixstörungen.

²⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die mit JE02 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Lindenstraße 11
Gewerbegebiet Freiberg Ost - D-09627 - Bobritzsch-Hilbersdorf

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke OT Tuttendorf

Dieser Prüfbericht ersetzt den Prüfbericht Nr. AR-19-FR-007393-01 vom 25.03.2019 wegen Änderung der Messergebnisse.

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11906682

Prüfberichtsnummer: AR-19-FR-007393-02

Auftragsbezeichnung: Grubenwasser Steinkohle, hoch salzreich

Anzahl Proben: 1

Probenart: Wasser

Probenahmedatum: 08.03.2019

Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangdatum: 11.03.2019

Prüfzeitraum: 11.03.2019 - 13.06.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14081-01-00) aufgeführten Umfang.

Viki Holzapfel
Prüfleitung
Tel. +49 37312076511

Digital signiert, 13.06.2019
Viki Holzapfel
Prüfleitung



Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV2
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2019
Probennummer	119026877

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			6,4
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,9
Gesamtrockenrückstand (105°C)	FR	JE02	DIN 38409-H1-1: 1987-01	20	mg/l	36000

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der filtrierten Probe

Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	FR	JE02	DIN EN 15216: 2008-01	50	mg/l	35000
---	----	------	-----------------------	----	------	-------

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	3,3
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,9
Säurekapazität pH 8,2 (p-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	< 0,1
Temperatur Säurekapazität pH 8,2	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,9

Anionen

Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	FR	JE02	DEV D 8: 1971	6	mg/l	200
Fluorid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	2,0	mg/l	< 20 ¹⁾
Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	18000
Bromid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	230
Iodid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-3 (D22): 1997-11	0,2	mg/l	< 10 ¹⁾
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	< 10 ¹⁾
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	11
Sulfid, leicht freisetzbar	FR	JE02	DIN 38405-27: 1992-07	0,04	mg/l	< 0,04
Sulfid gelöst	FR	JE02	DIN 38405-D26: 1989-04	0,05	mg/l	< 0,05
ortho-Phosphat	FR	JE02	DIN EN ISO 6878 (D11): 2004-09	0,02	mg/l	0,12
Cyanide, gesamt	FR	JE02	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005

Kationen

Ammonium	FR	JE02	DIN 38406-5: 1983-10	0,06	mg/l	5,6
----------	----	------	----------------------	------	------	-----

Elemente aus der Originalprobe

Aluminium (Al)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	0,27
Antimon (Sb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Arsen (As)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Barium (Ba)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0005	mg/l	43,6
Beryllium (Be)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Blei (Pb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,005
Bor (B)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	1,20
Borate als BO ₃	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,1	mg/l	6,5

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV2
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2019
Probennummer	119026877

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	< 0,0002
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2940
Cäsium (Cs)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,009
Chrom (Cr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,010
Cobalt (Co)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0006
Eisen (Fe)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	27,5
Eisen (Fe2+)	FR	JE02	DIN 38406-E1: 1983-05	0,01	mg/l	19,1
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	85,1
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,001
Lithium (Li)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	3,53
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	741
Mangan (Mn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	1,39
Molybdän (Mo)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	7040
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,009
Phosphor (P)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,2	mg/l	< 0,2
Quecksilber (Hg)	FR	JE02	DIN EN ISO 12846: 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
Rubidium (Rb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,103
Selen (Se)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Silber (Ag)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Silicium (Si)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	5,77
Silicium als SiO2	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	12,3
Strontium (Sr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	68,6
Tellur (Te)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Titan (Ti)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Uran (U)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	< 0,0002
Vanadium (V)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,012
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,184
Zinn (Sn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,003

Elemente aus der filtrierten Probe

Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2950
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	87,1
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	730
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	7050

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV2
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2019
Probennummer	119026877

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	-------	---------	----	---------	--

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	FR	JE02	DIN EN 1484: 1997-08	0,1	mg/l	1,9
Spektr. Absorptionskoeff. (254 nm)	FR	JE02	DIN 38404-3: 2005-07	0,1	1/m	3,7
Spektr. Absorptionskoeff. (436 nm)	FR	JE02	DIN EN ISO 7887: 2012-04	0,1	1/m	0,7

Organische Summenparameter aus der homogenisierten Probe

AOX	FR	JE02	DIN EN ISO 9562: 2005-02, Anhang A: SPE-AOX	0,01	mg/l	< 0,01
-----	----	------	---	------	------	--------

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	0,5	µg/l	6,2
Toluol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
Ethylbenzol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05		µg/l	6,2

LHKW

Dichlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,1-Dichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,1,2-Trichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,2,2-Tetrachlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
cis-1,3-Dichlorpropen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,3-Dichlorpropen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Bromdichlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dibromchlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tribrommethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Trichlorfluormethan (R 11)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV2
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2019
Probennummer	119026877

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Chlorbenzole						
1,2-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,3-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,4-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe LHKW (22 Parameter)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08		µg/l	(n. b.) ²⁾

PAK

Naphthalin	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	0,38
Acenaphthylen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09		µg/l	0,38
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09		µg/l	(n. b.) ²⁾

Phenole

Phenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,20
2-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	1,5
3-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	1,0
4-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,83
2,3-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,12
2,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,12
2,6-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		Grubenwas- ser Oelsnitz PV2
				Probenahmedatum/ -zeit		08.03.2019
				Probennummer		119026877
				BG	Einheit	
3,4-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,14
4-Ethylphenol / 3,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,18
2,3,5-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4,5-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
4-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4-/2,5-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,6-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,5-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,6-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,6-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4,5-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4,6-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,5,6-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV2
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2019
Probennummer	119026877

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
Pentachlorphenol (PCP)	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
Summe 18 Chlorphenole	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05		µg/l	(n. b.) ²⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ Die angewandte Bestimmungsgrenze weicht von der Standardbestimmungsgrenze (Spalte BG) ab aufgrund von Matrixstörungen.

²⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die mit JE02 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Lindenstraße 11
Gewerbegebiet Freiberg Ost - D-09627 - Bobritzsch-Hilbersdorf

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke OT Tuttendorf

Dieser Prüfbericht ersetzt den Prüfbericht Nr. AR-19-FR-006989-01 vom 21.03.2019 wegen Änderung der Auftrags- und/oder der Probenbezeichnung(en).

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11906707
Prüfberichtsnummer: AR-19-FR-006989-02

Auftragsbezeichnung: Grubenwasser Steinkohle, hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 09.03.2019
Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 11.03.2019
Prüfzeitraum: 11.03.2019 - 21.03.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14081-01-00) aufgeführten Umfang.

Viki Holzapfel
Prüfleitung
Tel. +49 37312076511

Digital signiert, 13.06.2019
Viki Holzapfel
Prüfleitung



Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV3
Probenahmedatum/ -zeit	09.03.2019
Probennummer	119026992

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			5,6
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	23,1
Gesamt-trockenrückstand (105°C)	FR	JE02	DIN 38409-H1-1: 1987-01	20	mg/l	32000

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der filtrierten Probe

Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	FR	JE02	DIN EN 15216: 2008-01	50	mg/l	31000
---	----	------	-----------------------	----	------	-------

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	2,0
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	23,1
Säurekapazität pH 8,2 (p-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	< 0,1
Temperatur Säurekapazität pH 8,2	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	23,1
Anionensumme	FR	JE02	berechnet		mmol/l	398,601
Kationensumme	FR	JE02	berechnet		mmol/l	416,947
Ionenbilanz	FR	JE02	berechnet		mmol/l	18,346
Ionenbilanzfehler relativ	FR	JE02	berechnet		%	4,50

Anionen

Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	FR	JE02	DEV D 8: 1971	6	mg/l	120
Fluorid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	2,0	mg/l	< 20 ¹⁾
Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	14000
Bromid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	180
Iodid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-3 (D22): 1997-11	0,2	mg/l	< 10 ¹⁾
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	< 10 ¹⁾
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	320
Sulfid, leicht freisetzbar	FR	JE02	DIN 38405-27: 1992-07	0,04	mg/l	< 0,04
Sulfid gelöst	FR	JE02	DIN 38405-D26: 1989-04	0,05	mg/l	< 0,05
ortho-Phosphat	FR	JE02	DIN EN ISO 6878 (D11): 2004-09	0,02	mg/l	0,08
Cyanide, gesamt	FR	JE02	DIN EN ISO 14403: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005

Kationen

Ammonium	FR	JE02	DIN 38406-5: 1983-10	0,06	mg/l	3,3
----------	----	------	----------------------	------	------	-----

Elemente aus der Originalprobe

Aluminium (Al)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	0,10
Antimon (Sb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Arsen (As)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,023
Barium (Ba)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0005	mg/l	1,34

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Probenbezeichnung		Grubenwas- ser Oelsnitz PV3
				Probenahmedatum/ -zeit		09.03.2019
				Probennummer		119026992
				BG	Einheit	
Beryllium (Be)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Blei (Pb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,002
Bor (B)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	0,97
Borate als BO3	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,1	mg/l	5,3
Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0003
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2070
Cäsium (Cs)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,008
Chrom (Cr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,003
Cobalt (Co)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0004
Eisen (Fe)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	179
Eisen (Fe2+)	FR	JE02	DIN 38406-E1: 1983-05	0,01	mg/l	160
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	82,9
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,001
Lithium (Li)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	2,82
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	935
Mangan (Mn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	3,91
Molybdän (Mo)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,002
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	5660
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,003
Phosphor (P)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,2	mg/l	< 0,2
Quecksilber (Hg)	FR	JE02	DIN EN ISO 12846: 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
Rubidium (Rb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,102
Selen (Se)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Silber (Ag)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Silicium (Si)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	9,16
Silicium als SiO2	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	19,6
Strontium (Sr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	40,1
Tellur (Te)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Titan (Ti)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Uran (U)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	< 0,0002
Vanadium (V)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,010
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,267
Zinn (Sn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001

Probenbezeichnung	Grubenwasser Oelsnitz PV3
Probenahmedatum/ -zeit	09.03.2019
Probennummer	119026992

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

Elemente aus der filtrierten Probe

Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2000
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	80,8
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	920
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	5500

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	FR	JE02	DIN EN 1484: 1997-08	0,1	mg/l	2,2
Spektr. Absorptionskoeff. (254 nm)	FR	JE02	DIN 38404-3: 2005-07	0,1	1/m	25
Spektr. Absorptionskoeff. (436 nm)	FR	JE02	DIN EN ISO 7887: 2012-04	0,1	1/m	23

Organische Summenparameter aus der homogenisierten Probe

AOX	FR	JE02	DIN EN ISO 9562: 2005-02, Anhang A: SPE-AOX	0,01	mg/l	0,01
-----	----	------	---	------	------	------

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

Benzol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	0,5	µg/l	5,3
Toluol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	1,1
Ethylbenzol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
m-/p-Xylol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
o-Xylol	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05	1,0	µg/l	< 1,0
Summe BTEX	FR	JE02	DIN 38407-F9-1 (MSD): 1991-05		µg/l	6,4

Probenbezeichnung	Grubenwasser Oelsnitz PV3
Probenahmedatum/ -zeit	09.03.2019
Probennummer	119026992

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

LHKW

Dichlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,2-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
cis-1,2-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Chloroform (Trichlormethan)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Trichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tetrachlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,2-Dichlorethen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,1-Dichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
1,1,2-Trichlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,1,2,2-Tetrachlorethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0
cis-1,3-Dichlorpropen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
trans-1,3-Dichlorpropen	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Bromdichlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Dibromchlormethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Tribrommethan	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	1,0	µg/l	< 1,0
Trichlorfluormethan (R 11)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	2,0	µg/l	< 2,0

Chlorbenzole

1,2-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,3-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
1,4-Dichlorbenzol	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08	0,5	µg/l	< 0,5
Summe LHKW (22 Parameter)	FR	JE02	DIN EN ISO 10301: 1997-08		µg/l	(n. b.) ²⁾

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV3
Probenahmedatum/ -zeit	09.03.2019
Probennummer	119026992

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	0,16
Acenaphthylen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Fluoren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09		µg/l	0,16
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39: 2011-09		µg/l	(n. b.) ²⁾

Phenole

Phenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,09
2-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	1,6
3-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	1,4
4-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	1,3
2,3-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,15
2,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,32
2,6-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,18
4-Ethylphenol / 3,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,29
2,3,5-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,12

				Probenbezeichnung		Grubenwas- ser Oelsnitz PV3
				Probenahmedatum/ -zeit		09.03.2019
				Probennummer		119026992
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
2,4,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4,5-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
4-Chlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4-/2,5-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,6-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,5-Dichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,6-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,4,6-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
3,4,5-Trichlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4,5-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,4,6-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
2,3,5,6-Tetrachlorphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
Pentachlorphenol (PCP)	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05
Summe 18 Chlorphenole	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05		µg/l	(n. b.) ²⁾

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die Ionenbilanz wurde mit den Parametern Calcium, Kalium, Magnesium, Natrium, Chlorid, Nitrat, Sulfat und Hydrogencarbonat (ber. aus Säurekap. pH 4,3) berechnet.

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ Die angewandte Bestimmungsgrenze weicht von der Standardbestimmungsgrenze (Spalte BG) ab aufgrund von Matrixstörungen.

²⁾ nicht berechenbar, da alle Werte < BG.

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die mit JE02 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Lindenstraße 11
Gewerbegebiet Freiberg Ost - D-09627 - Bobritzsch-Hilbersdorf

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke OT Tuttendorf

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11913547
Prüfberichtsnummer: AR-19-FR-014471-01

Auftragsbezeichnung: Grubenwasser Steinkohle, hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 10.03.2019
Probenehmer: Auftraggeber

Probeneingangsdatum: 09.05.2019
Prüfzeitraum: 09.05.2019 - 27.05.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14081-01-00) aufgeführten Umfang.

Viki Holzapfel
Prüfleitung
Tel. +49 37312076511

Digital signiert, 13.06.2019
Viki Holzapfel
Prüfleitung



Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV4
Probenahmedatum/ -zeit	10.03.2019
Probennummer	119055228

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			5,3
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,4
Gesamttrockenrückstand (105°C)	FR	JE02	DIN 38409-H1-1: 1987-01	20	mg/l	27000

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	< 0,1
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,4
Säurekapazität pH 8,2 (p-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	< 0,1
Temperatur Säurekapazität pH 8,2	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	22,4

Anionen

Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	FR	JE02	DEV D 8: 1971	6	mg/l	< 6
Fluorid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	2,0	mg/l	< 20 ¹⁾
Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	14000
Bromid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	170
Iodid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-3 (D22): 1997-11	0,2	mg/l	< 10
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	< 10 ¹⁾
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	330
ortho-Phosphat	FR	JE02	DIN EN ISO 6878 (D11): 2004-09	0,02	mg/l	< 0,02

Kationen

Ammonium	FR	JE02	DIN 38406-5: 1983-10	0,06	mg/l	4,6
----------	----	------	----------------------	------	------	-----

Probenbezeichnung	Grubenwas- ser Oelsnitz PV4
Probenahmedatum/ -zeit	10.03.2019
Probennummer	119055228

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss gemäß AbwV

Aluminium (Al)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	0,45
Antimon (Sb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Arsen (As)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,009
Barium (Ba)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0005	mg/l	1,38
Beryllium (Be)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Blei (Pb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Bor (B)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	0,81
Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0002
Cäsium (Cs)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,007
Chrom (Cr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,004
Cobalt (Co)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0010
Eisen (Fe)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	63,3
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,002
Lithium (Li)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,005	mg/l	2,22
Mangan (Mn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	2,96
Molybdän (Mo)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,045
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,003
Phosphor (P)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,2	mg/l	< 0,2
Rubidium (Rb)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,104
Selen (Se)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Silber (Ag)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
Strontium (Sr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	29,7
Tellur (Te)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	< 0,01
Titan (Ti)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	0,02
Uran (U)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	< 0,0002
Vanadium (V)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,002
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,048

Elemente aus dem oxidativen Säure-Aufschluss mit Wasserstoffperoxid

Zinn (Sn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001
-----------	----	------	--------------------------------	-------	------	---------

Elemente aus dem oxidativen Aufschluss nach DIN EN ISO 12846: 2012-08

Quecksilber (Hg)	FR	JE02	DIN EN ISO 12846: 2012-08	0,0001	mg/l	< 0,0001
------------------	----	------	------------------------------	--------	------	----------

Probenbezeichnung	Grubenwasser Oelsnitz PV4
Probenahmedatum/ -zeit	10.03.2019
Probennummer	119055228

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
-----------	------	------	---------	----	---------	--

Elemente aus der filtrierten Probe

Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2050
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	84,9
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	970
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	5780
Silicium (Si)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	3,03

Organische Summenparameter

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	FR	JE02	DIN EN 1484: 1997-08	0,1	mg/l	3,6
---------------------------------	----	------	----------------------	-----	------	-----

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ Die angewandte Bestimmungsgrenze weicht von der Standardbestimmungsgrenze (Spalte BG) ab aufgrund von Matrixstörungen.

Aufgrund der Standzeit zwischen Probenahme und Analytik sind Minderbefunde bei der Säurekapazität und den daraus berechneten Parameter Hydrogencarbonat möglich. Da die Proben nicht stabilisiert waren für die Metalluntersuchungen, sind hier vor allen bei Eisen geringere Gehalte zu erwarten. Die Untersuchung der Metalle erfolgte im Aufschluss außer für ausgewählte Elemente.

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die mit JE02 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

Anlage 8

Gelöste Gase in der PV-Begleitung

Laborprotokolle Eurofins

(PV-1, PV-2 und PV-4)

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Lindenstraße 11
Gewerbegebiet Freiberg Ost - D-09627 - Bobritzsch-Hilbersdorf

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke OT Tuttendorf

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11906533
Prüfberichtsnummer: AR-19-FR-006499-01

Auftragsbezeichnung: gelöste Gase TB Oe, Grubenwasser - hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Luft
Probenahmedatum: 06.03.2019
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 06.03.2019

Kommentar: Prüfzeitraum: 06.03.2019 - 13.03.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Anhänge:

11906533_Anlage

Viki Holzapfel
Prüfleitung
Tel. +49 37312076511

Digital signiert, 18.03.2019
Viki Holzapfel
Prüfleitung

Probenbezeichnung	gelöste Gase Oelsnitz PV1
Probenahmedatum/ -zeit	06.03.2019
Probennummer	119026301

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Einheit
Sonstige Parameter				
gelöste Gase	FR		siehe Anlage	siehe Anlage

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		gelöste Gase
				BG	Einheit	Oelsnitz PV1
						06.03.2019
						119026301

Bestimmung aus dem Gasraum

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	Ergebnis
Argon (Ar)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	6,3
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	19,9
Methan (CH ₄)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	30,8
Kohlenstoffmonoxid (CO)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Wasserstoff (H ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Stickstoff (N ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	43,0
Sauerstoff (O ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	FR		DIN 51855-7: 1986-12	7	ppm	< 7

Erläuterungen

BG: Bestimmungsgrenze

Lab.: Kürzel des durchführenden Labors

Akkr.: Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Anmerkung:

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von EUROFINS Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

Die Ergebnisse wurden rechnerisch mit den Gehalten in Luft korrigiert.

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Lindenstraße 11
Gewerbegebiet Freiberg Ost - D-09627 - Bobritzsch-Hilbersdorf

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke OT Tuttendorf

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11906687
Prüfberichtsnummer: AR-19-FR-006501-01

Auftragsbezeichnung: gelöste Gase TB Oe, Grubenwasser - hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Luft
Probenahmedatum: 08.03.2019
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 11.03.2019

Kommentar: Prüfzeitraum: 11.03.2019 - 13.03.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Anhänge:

11906687_Anlage

Viki Holzapfel
Prüfleitung
Tel. +49 37312076511

Digital signiert, 18.03.2019
Viki Holzapfel
Prüfleitung

Probenbezeichnung	gelöste Gase Oelsnitz PV2
Probenahmedatum/ -zeit	08.03.2019
Probennummer	119026890

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Einheit
Sonstige Parameter				
gelöste Gase	FR		siehe Anlage	siehe Anlage

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

				Probenbezeichnung		gelöste Gase Oelsnitz PV2
				Probenahmedatum		08.03.2019
				Probennummer		119026890
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	

Bestimmung aus dem Gasraum

Argon (Ar)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	7,8
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	28,2
Methan (CH ₄)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	26,6
Kohlenstoffmonoxid (CO)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Wasserstoff (H ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Stickstoff (N ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	37,4
Sauerstoff (O ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	FR		DIN 51855-7: 1986-12	7	ppm	< 7

Erläuterungen

BG: Bestimmungsgrenze

Lab.: Kürzel des durchführenden Labors

Akk.: Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Anmerkung:

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von EUROFINS Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

Die Ergebnisse wurden rechnerisch mit den Gehalten in Luft korrigiert.

Eurofins Umwelt Ost GmbH - Lindenstraße 11
Gewerbegebiet Freiberg Ost - D-09627 - Bobritzsch-Hilbersdorf

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke OT Tuttendorf

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11906714
Prüfberichtsnummer: AR-19-FR-006581-01

Auftragsbezeichnung: gelöste Gase TB Oe, Grubenwasser - hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Luft
Probenahmedatum: 10.03.2019
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 11.03.2019

Kommentar: Prüfzeitraum: 11.03.2019 - 18.03.2019

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Anhänge:

11906714_Anlage

Viki Holzapfel
Prüfleitung
Tel. +49 37312076511

Digital signiert, 18.03.2019
Viki Holzapfel
Prüfleitung

Probenbezeichnung	gelöste Gase Oelsnitz PV4
Probenahmedatum/ -zeit	10.03.2019
Probennummer	119026998

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Einheit
------------------	-------------	-------------	----------------	----------------

Sonstige Parameter

gelöste Gase	FR		siehe Anlage		siehe Anlage
--------------	----	--	--------------	--	--------------

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

				Probenbezeichnung		gelöste Gase Oelsnitz PV4
				Probenahmedatum		10.03.2019
				Probennummer		119026998
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	

Bestimmung aus dem Gasraum

Argon (Ar)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	4,1
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	40,7
Methan (CH ₄)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	14,1
Kohlenstoffmonoxid (CO)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Wasserstoff (H ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Stickstoff (N ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	41,1
Sauerstoff (O ₂)	FR		DIN 51872-5: 1996-08	0,1	Vol.-%	< 0,1
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	FR		DIN 51855-7: 1986-12	7	ppm	< 7

Erläuterungen

BG: Bestimmungsgrenze

Lab.: Kürzel des durchführenden Labors

Akk.: Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Anmerkung:

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von EUROFINS Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert.

Die Ergebnisse wurden rechnerisch mit den Gehalten in Luft korrigiert.

Anlage 9.1

Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung

Laborbericht - Tritium

(Hydroisotop)

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2

9633 Halsbrücke

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 30.04.2019

DR. Ei / JS

Prüfbericht Nr. 324936 - 324939

Blatt 1 von 2

Projekt:	Wasserproben Oelsnitz		
Auftraggeber:	G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH		
Auftrag:	19.03.2019		
Probenart:	flüssig	Probenahme:	Auftraggeber
Laboreingang:	20.03.2019	Analytikbeginn:	20.03.2019
		Analytikende:	29.04.2019

Lab.-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme-Datum	Tritium (³ H) TU
324936	PV-1	06.03.2019	1,0 ± 0,3
324937	PV-2	08.03.2019	0,6 ± 0,2
324938	PV-3	09.03.2019	1,5 ± 0,3
324939	PV-4	10.03.2019	1,2 ± 0,2

Projekt: Wasserproben Oelsnitz
 Auftraggeber: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Prüfparameter	Prüfverfahren
Tritium (³ H)	QMA 504-2/1: 2011-09; Flüssigkeitsszintillationsspektrometrie (LSC) nach elektrolytischer Anreicherung, gemessen in Tritiumeinheiten (TU) mit zweifacher Standardabweichung (1 TU = 0,119 Bq/L); Ergebnis bezogen auf Messdatum (keine Halbwertszeitkorrektur)

Legende

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

Anmerkungen

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.
 Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.
 Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.
 Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.


 Dr. Eichinger
 (Geschäftsführer)
 30.04.2019

Anlage 9.2

Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung

Laborbericht – $\delta^2\text{H}$ / $\delta^{18}\text{O}$

(Hydroisotop)

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2

9633 Halsbrücke

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 02.04.2019

Dr. Ei / JS

Prüfbericht Nr. 324932 - 324935

Blatt 1 von 2

Projekt:	Wasserproben Oelsnitz		
Auftraggeber:	G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH		
Auftrag:	18.03.2019		
Probenart:	flüssig	Probenahme:	Auftraggeber
Laboreingang:	20.03.2019	Analytikbeginn:	20.03.2019
		Analytikende:	02.04.2019

Lab.-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme-Datum	Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ‰	Deuterium ($\delta^2\text{H}$) ‰	Deuterium-Exzess ‰
324932	PV-1	06.03.2019	-6,65	-40,5	12,70
324933	PV-2	08.03.2019	-6,67	-40,7	12,66
324934	PV-3	09.03.2019	-7,00	-45,3	10,70
324935	PV-4	10.03.2019	-6,89	-45,4	9,72

Projekt: Wasserproben Oelsnitz
Auftraggeber: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Prüfparameter	Prüfverfahren
Deuterium-Exzess	berechnet
Deuterium ($\delta^2\text{H}$)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 1,5 \text{ ‰}$
Sauerstoff-18 ($\delta^{18}\text{O}$)	QMA 504-2/23: 2012-02; Cavity-Ringdown-Spektrometrie (CRDS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 0,15 \text{ ‰}$

Legende

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

Anmerkungen

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.

Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.

Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.

Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.


Dr. Eichinger
(Geschäftsführer)
02.04.2019

Anlage 9.3

Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung

Laborbericht – $\delta^{13}\text{C} / ^{14}\text{C}$

(Hydroisotop)

Hydroisotop GmbH · Woelkestraße 9 · D-85301 Schweitenkirchen

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2

09633 Halsbrücke

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 05.06.2019

Dr. Ei / JS

Prüfbericht Nr. 324940 - 324943

Blatt 1 von 2

Projekt:	Wasserproben Oelsnitz		
Auftraggeber:	G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH		
Auftrag:	19.03.2019		
Probenart:	flüssig	Probenahme:	Auftraggeber
Laboreingang:	20.03.2019	Analytikbeginn:	20.03.2019
		Analytikende:	05.06.2019

Lab.-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme-Datum	Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-DIC}$) ‰	Kohlenstoff-14 ($^{14}\text{C-TIC}$) (*) ‰-modern
324940	PV-1	06.03.2019	-14,9	8,44 ± 0,16
324941	PV-2	08.03.2019	-15,0	8,09 ± 0,16
324942	PV-3	09.03.2019	-19,7	35,87 ± 0,26
324943	PV-4	10.03.2019	-18,7	40,39 ± 0,26

Projekt: Wasserproben Oelsnitz
Auftraggeber: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Prüfparameter	Prüfverfahren
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-DIC}$)	QMA 504-2/6: 2012-02; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VPDB-Std.: $1\sigma = \pm 0,3 \text{ ‰}$
Kohlenstoff-14 ($^{14}\text{C-TIC}$)	Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS); gemessen in %-modern mit zweifacher Standardabweichung, 100%-modern = 0,226 Bq/g Kohlenstoff *

Legende

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

Anmerkungen

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.

Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.

Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.

Die Hydroisotop GmbH übernimmt keine Verantwortung für die Korrektheit von Probenahmen durch Dritte.


 Dr. Eichinger
 (Geschäftsführer)
 05.06.2019

Anlage 9.4

Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung

Laborprotokoll – $\delta^{34}\text{S}$

(G.E.O.S. / TU Dresden)

GEOS-Auftrag $\delta^{34}\text{S}$ -/ $\delta^{18}\text{O}$ -SO₄-Analytik

Proben Oelsnitz

Analysis Report S-Isotopes Analysis: D.Degenhardt Date: 16.04.19

Sample		Amounts	Peak Ampl.	Analysen 16.04.2019			
				%S	Average %S	‰S	Average ‰S uncertainty
Oel 19_PV1 FeS - keine Analytik möglich, zu wenig Präzipitat							
45	Oel 19_PV 2 FeS	0,203	2985	12,77	12,92	-8,30	-8,3
46	Oel 19_PV 2 FeS	0,218	3191	12,71	0,3	-8,20	
47	Oel 19_PV 2 FeS	0,208	3176	13,26		-8,49	0,2
49	Oel 19_PV 3 SO4	0,238	3822	13,95	13,71	-0,96	-0,9
51	Oel 19_PV 3 SO4	0,180	2907	14,03	0,5	-0,74	
52	Oel 19_PV 3 SO4	0,210	3182	13,16		-0,86	0,2
53	Oel 19_PV 4 SO4	0,190	2840	12,98	13,02	0,09	0,1
54	Oel 19_PV 4 SO4	0,201	2991	12,93	0,1	0,18	
56	Oel 19_PV 4 SO4	0,195	2951	13,14		0,14	0,1

Analysis Report O-Isotope Analysis: D.Degenhardt Date: 20.03.19

Sample		Amounts mg	Peak Ampl.	Oxygen	
ID1	ID2			‰O	Average ‰O uncertainty
Oel 19_PV1 FeS - keine Analytik möglich, zu wenig Präzipitat					
48	Oel 19 - PV2 FeS	0,362	3847	5,22	5,4
50	Oel 19 - PV2 FeS	0,361	3951	5,59	0,3
					0,3

Analysis Report O-Isotope Analysis: D.Degenhardt Date: 19.03.19

Sample		Amounts mg	Peak Ampl.	Oxygen	
ID1	ID2			‰O	Average ‰O uncertainty
36	Oel 19 - PV 3 SO4	0,446	5273	4,95	4,8
37	Oel 19 - PV 3 SO4	0,406	4531	4,71	0,1
38	Oel 19 - PV 3 SO4	0,415	5092	4,83	0,2
40	Oel 19 - PV 4 SO4	0,437	4762	4,49	4,5
41	Oel 19 - PV 4 SO4	0,422	4711	4,57	0,0
42	Oel 19 - PV 4 SO4	0,380	4426	4,50	0,2



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Umweltwissenschaften
Fachrichtung Hydrowissenschaften
Institut für Grundwasserwirtschaft
01062 Dresden

D. Degenhardt
19.11.19

Anlage 9.5

Isotopenhydrogeologische Untersuchungen in der PV-Begleitung

Laborbericht – Edelgasisotope

(Labor helis – Uni Bremen)

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Herr Dr. Abraham

Schwarze Kiefern 2

09633 Halsbrücke

Beurteilung der Analysen zur Grundwasserdatierung

Standort Oelsnitz 2019

Institut für Umweltphysik

Abt. Ozeanographie

Fachbereich 01

Physik/Elektrotechnik

Dr.

Jürgen Sültenfuß

13.11.2019

Otto Hahn Allee

28359 Bremen

Telefon (0421) 218 - 62152

Fax (0421) 218 – 98 62152

eMail suelten@uni-bremen.de

www www.noblegas.uni-bremen.de

Sehr geehrter Herr Dr Abraham,

entsprechend Ihres Auftrags haben wir an Wasserproben Heliumisotopenanalysen an Proben vom Standort Oelsnitz durchgeführt.

Das Messverfahren und die Methodik der Auswertung sind bei Sültenfuß & Massmann 2004 beschrieben.

Nachfolgend finden Sie die Daten und eine darauf basierende knappe Interpretation.

Messdaten Standort Oelsnitz 2019

Messstellen		⁴ He	³ He/ ⁴ He	Ne/He	delta- ³ He
		Nml/kg			%
Oelsnitz PV-1	6.3.2019	3,00E-2	1,37E-7	0,024	-90
Oelsnitz PV-2	8.3.2019	1,59E-2	1,20E-7	0,016	-91
Lösungsgleichgewicht		4,65E-5	1,38E-6	4,34	0

1 Nml (1 ml bei 1013.25hPa und 273.15K) = 4.46 10⁻⁵ mol

Beurteilung:

Proben zur Heliumisotopenanalyse wurden zweifach analysiert. Die apparativ bedingten Messfehler haben keinen Einfluss auf die Interpretation der Daten im Hinblick auf die Altersbestimmung der Probenwässer.

Die ⁴He Konzentrationen liegen 2 – 3 Größenordnungen über dem Wert für das Lösungsgleichgewichtswert (bei 10°C, 0 g Salz/kg Probenmasse).

Aus der Neon Konzentration kann der Anteil atmosphärischer Luft abgeleitet werden. Dieser beträgt weniger als 1% und ist zu vernachlässigen.

Das ³He/⁴He-Verhältnis liegt 1 Größenordnung unter dem atmosphärischen Wert. Dieser Wert identifiziert den He-Überschuss als radiogenes ⁴He, emittiert aus Zerfallsreihen der U- und Th-Nuklide. Radiogenes ⁴He ist als Indikator für alte Wässer zu verwenden. Die messtechnische bedingte Auflösung für radiogenes ⁴He beträgt 10⁻⁶ Nml/kg.

Diese hohen Konzentrationen von radiogenem ⁴He zeigen Wasseralter von deutlich mehr als 10.000 Jahre.

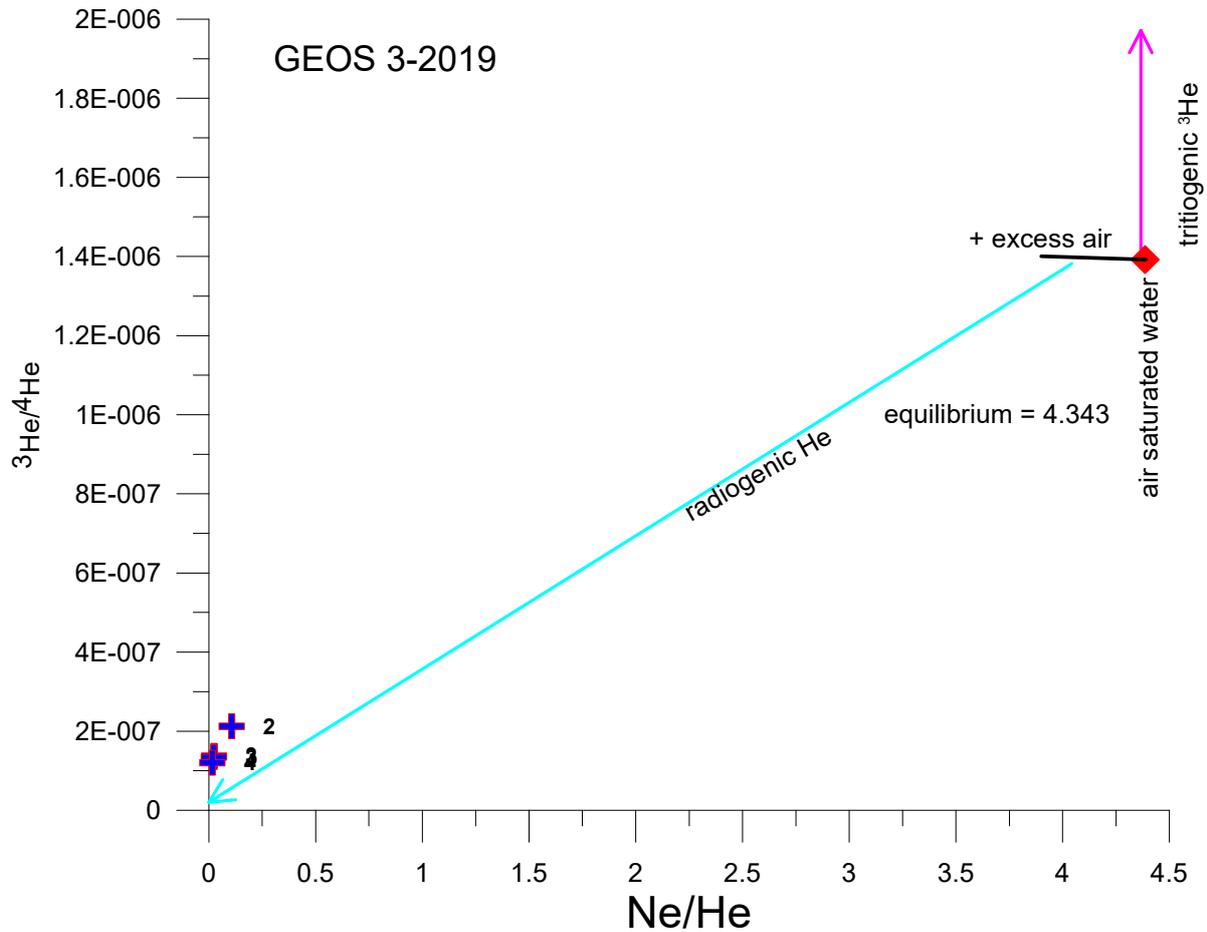


Abb. 1: ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ gegen Ne/He-Verhältnisse der Grundwasserproben Oelsnitz 2019

Im Rahmen der Analyse sind die Werte der Proben ununterscheidbar.

Bremen, den 13.11.2019

Jürgen Sültenfuß
Laborleitung



Sültenfuß, J., R. Purtschert, J. F. Führböter (2011), Age structure and recharge conditions of a coastal aquifer investigated with ${}^{39}\text{Ar}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^3\text{H}$, He isotopes and Ne. *Hydrogeology Journal*, 19, 221-236.

Sültenfuß, J., M. Rhein, and W. Roether (2009), The Bremen Mass Spectrometric Facility for the measurement of helium isotopes, neon, and tritium in water. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 45(2), 1-13.

Sültenfuß J., Massmann G., (2004) Datierung mit der ${}^3\text{He}$ -Tritium-Methode am Beispiel der Uferfiltration im Oderbruch, Grundwasser 9(4), S. 221 – 234

Anlage 10

Mikrobiologische Untersuchungen von Grundwasserproben der Tiefbohrung Oelsnitz

**Begleitung des PV's
mit Spezialuntersuchungen (G.E.O.S.)**

G.E.O.S.

Ingenieurgesellschaft mbH

09633 Halsbrücke
Schwarze Kiefern 2

09581 Freiberg, Postfach 1162
Telefon: +49(0)3731 369-0
Telefax: +49(0)3731 369-200
E-Mail: info@geosfreiberg.de
www.geosfreiberg.de

Prüfbericht Nr. 05/2019

Auftraggeber: hausintern – G.E.O.S.
Dr. T. Abraham
FB Hydrogeologie

Auftrag: Mikrobiologische Untersuchungen von Grund-
wasserproben der Tiefbohrung Oelsnitz

Probenahme: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Probenbezeichnung: S1, PV1, PV3, PV4

Probeneingang Labor: wie Probenahme, fortlaufend

Prüfzeitraum: 06.03.2019 bis 29.04.2019

Prüfbericht umfasst: 5 Seiten einschließlich Deckblatt

Datum:

09.05.2019

Unsere Zeichen:

hf

Ihre Zeichen/Ihre Nachricht vom:

Telefon:

-310

Halsbrücke, den 09.05.2019



i. A. Dr. Heike Fischer

Projektleiterin

Geschäftsführer:

Jan Richter

Beiratsvorsitzender:

Dr. h. c. Lothar de Maizière

HRB 1035 Amtsgericht
Registergericht Chemnitz

Sparkasse Mittelsachsen

IBAN:

DE30 8705 2000 3115 0191 48

BIC: WELADED1FGX

Deutsche Bank AG

IBAN:

DE59 8707 0000 0220 1069 00

BIC: DEUTDE8CXXX

USt.-IdNr. DE811132746

1 Aufgabenstellung

Aus der Tiefbohrung in Oelsnitz (TB Oe/E) wurden im März 2019 Grundwasserproben entnommen, an denen Untersuchungen zum mikrobiologischen Status durchzuführen sind. Die aktuellen Ergebnisse sollen gemeinsam mit früheren Untersuchungen an diesem Standort ausgewertet werden.

Besonderheiten der aktuellen Untersuchungen liegen in den speziellen Randbedingungen der Probenahmen 2019:

- Die Probe S1 wurde als Sonderprobe genommen und repräsentiert Zulaufrandbedingungen am Beginn des Pumpversuchs nach ca. 12 h Pumpzeit, als unvermittelt sehr schmutziges Zulaufwasser gefördert wurde. Dies ist zu werten als „Durchbrechen“ von Sediment- bzw. Schlammablagerungen hinein in den Kieskegel im Einlauf/Zulauf der Messstelle.
- Die Proben PV1...PV4 entstammen der Überwachung des Pumpversuchs. Er wurde vom 05.03. bis 10.03.2019 zur geohydraulischen Überprüfung der Messstelle durchgeführt. Sie repräsentieren während des Pumpversuchs unterschiedliche Entnahmestadien: PV1 (06.03.2019) und PV2 (08.03.2019) repräsentieren niedrige Entnahmemengen und haben im PV noch nicht zu einem Freifördern geführt. Dagegen repräsentieren die Proben PV3 (09.03.2019) und PV4 (10.03.2019) die wieder nahezu natürlichen Zulaufbedingungen. Für die mikrobiologischen Untersuchungen wurden die Proben PV1, PV3 und PV4 verwendet.

2 Charakterisierung der Proben

Die Grundwasserproben aus den Pumpversuchen der Tiefbohrung Oelsnitz wurden wie folgt charakterisiert:

- S1: 0,5 Liter Wasser mit viel Sediment
- PV1: 5 Liter Wasser mit graugrünem Sediment
- PV3: 5 Liter Wasser mit graugrünem Sediment
- PV4: 5 Liter Wasser mit bräunlichem Sediment



S1



S1 Sediment



PV1



PV3



PV4

3 Mikrobiologische Untersuchungen

3.1 Durchführung

Die Gesamtzellzahlen der Proben wurden nach Färbung mit DAPI (4',6-Diamidin-2-phenylindol) durch Zählung unter dem Fluoreszenzmikroskop ermittelt. Die Bestimmungen von sulfatreduzierenden, eisenreduzierenden und eisenoxidierenden Bakterien erfolgten nach der MPN-Methode (Most probable number) in 3 Parallelen mit jeweils 6 Verdünnungen. Die mikrobiologische Sulfatreduktion der Proben wurde mittels Postgate's- Medium [Jain, 1995] für Sulfatreduzierer untersucht. Die Anwesenheit von sulfatreduzierenden Bakterien wurde durch die Bildung schwarzer Niederschläge von Eisensulfiden deutlich. Für die mikrobiologische Reduktion von Eisen (III) wurde das DSMZ-Medium 579 genutzt. Der Nachweis der Eisenreduktion erfolgte mittels Ferrozinmethode [Achnich et al., 1995]. Für die mikrobielle Eisen(II)-Oxidation wurde der Ansatz im Leptothrix Strains Medium gewählt [Atlas, 2010]. Das im Medium vorhandene Eisen(II) wurde mittels Titration mit Kaliumpermanganatlösung

ermittelt. Die entstandenen Eisen(III)-Verbindungen wurden durch eine rostrote Färbung des Mediums bzw. einen rostroten Niederschlag sichtbar.

3.2 Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

Die folgenden Ergebnisse wurden erzielt:

Gesamtzellzahlen

	S1	PV1	PV3	PV4
Zellen/ml	3,97E+07	3,31E+07	1,99E+07	1,22E+07

Sulfatreduzierende Bakterien

	S1	PV1	PV3	PV4
Zellen/ml	240	4	0	0

Eisenreduzierende Bakterien

	S1	PV1	PV3	PV4
Zellen/ml	240	23	23	23

In der Probe PV1 konnten durch die Fällung von schwarzen Eisensulfiden zusätzlich 23 Zellen/ml sulfatreduzierende Bakterien nachgewiesen werden.

Eisenoxidierende Bakterien

In der Probe S1 wurden in der 1. und 2. Verdünnungsstufe mit 240 Zellen/ml, in allen anderen Proben jeweils in der 1. Verdünnungsstufe mit 23 Zellen/ml sulfatreduzierende Bakterien belegt, die die eisenoxidierenden Prozesse überlagerten.

In allen anderen Proben entstand ein rostroter Niederschlag, der ausgefällte Eisen(III)-Verbindungen enthielt. In den Proben konnte mit steigender Verdünnung eine nachlassende Konzentration von Eisen(II) bestimmt werden. Die Oxidation von Eisen(II) verlief unterschiedlich stark. Während in der Probe S11 in den Verdünnungsstufen -5 und -6 nach 21 Tagen kein Eisen(II) mehr nachgewiesen werden konnte, waren in allen anderen Proben noch zwischen 90 bis 260 mg Eisen(II) vorhanden. In diesen Proben fand keine vollständige Oxidation des vorhandenen Eisen(II) statt. Da bei neutralem pH-Wert eine Autooxidation von Eisen

(II) auftritt, kann eine eindeutige mikrobiologische Eisenoxidation nicht nachgewiesen werden.

4 Zusammenfassung

Aus den mikrobiologischen Untersuchungen wird sichtbar, dass in allen Wasserproben der Tiefbohrung Chemnitz aktive Mikroorganismen vorhanden sind. In der Probe S1 zu Beginn des Pumpversuches kann die höchste Gesamtzellzahl nachgewiesen werden. Mit zunehmender Pumpdauer von Probe PV1 zu Probe PV4 nimmt die Anzahl der Mikroorganismen ab. Zu Pumpbeginn liegen reduzierende Bedingungen vor. Die Probe S1 weist aus diesem Grund die höchste Anzahl aktiver sulfatreduzierender und eisenreduzierender Mikroorganismen auf. Mit zunehmender Pumpdauer werden die anfangs reduzierenden Redoxbedingungen zu oxidierenden verändert. Die Anzahl sulfatreduzierender und eisenreduzierender Bakterien nimmt stark ab. Die oxidierenden Verhältnisse werden in der rostroten Verfärbung der Proben durch die Bildung von Eisen(III)-verbindungen und der nachweislichen Abnahme von Eisen(II) deutlich.

Der Nachweis, dass aktive sulfatreduzierende Bakterien in der Probe der Tiefbohrung vorhanden sind, konnte schon anhand der Probe, die im April 2018 entnommen wurde, erbracht werden. Diese Tatsache hat sich bestätigt und konnte durch die Bestimmung der Zellzahlen konkretisiert werden. Dass neben der Sulfatreduktion eine Eisenreduktion stattfindet, konnte durch die Bestimmung eisenreduzierender Bakterien nachgewiesen werden.

5 Literatur

Achtnich, C.; Balk, F.; Conrad, R., 1995: Competition for electron donors among nitrate reducers, ferric ion reducers, sulfate reducers and methanogens in anoxic paddy soil. *Biol. Fertil. Soils* 19, 65-72.

Atlas, R.M., 2010: *Handbook of Microbiological Media*. 4rd. Ed., CRC Press Inc.

DSMZ 579: Deutsche Sammlung für Mikroorganismen und Zellkulturen, *Geobacter* Medium.

https://www.dsmz.de/microorganisms/medium/pdf/DSMZ_Medium579.pdf

Jain, D. K., 1995: Evaluation of the semisolid Postgate's B medium for enumerating sulfate-reducing bacteria. *Journal of Microbiological Methods* 22, 27-38.

Anlage 11.1

**Gesamtdarstellung vorliegender
hydrochemischer Analysendaten**

Standort Oelsnitz

Tabelle

Grundwassermessstelle G52426003

Karbonbohrung Hy Sie 1A/2003: Grubenwasser Oelsnitz/E.

Oelsnitz/E.		hydrochemische Analysen für die Grubenwassermessstelle Karbon des LfULG, G52426003, Oelsnitz/Erzgeb. (Labor: BfUL)																
		04.07.06	29.11.06	06.09.07	04.06.08	16.12.09	23.03.10	17.08.10	15.03.11	12.09.11	27.09.12	19.03.13	22.04.14	05.05.15	31.05.16	17.05.17	26.03.18	06.03.19
Feldparameter	Einheit																	
ph-Wert		5,81		5,97	5,80	6,31	5,59	6,32	6,43	6,25	6,87	7,03	7,05	7,12	7,26	7,27	6,72	6,59
Leitfähigkeit	µS/cm	24.300		27.000	28.300	30.400	31.700	33.600	34.300	35.500	42.100	43.000	40.151	43.840	46.598	45.902	46.356	46.129
Redox	mV			147	127	136	162	132	142	133	110	156	128	196	88	62	100	91
Sauerstoff	mg/l			1,60	4,80	0,80	1,35	2,50	0,70	0,86	0,88	1,06	0,76	1,48	0,71	0,55	3,99	0,75
Temperatur	°C	24,9		24,5	24,9	21,2	22,1	21,1	19,7	20,5	18,2	15,4	19,4	20,5	19,7	20,4	19,1	17,2
Laborparameter - 1	Einheit	Chemismus-bestimmende Parameter																
Natrium	mg/l	3.000	3.500	3.500	3.900	4.800	4.100	4.500	4.500	5.300	6.100	7.100	6.100	6.800	6.800	7.200	7.000	6.600
Kalium	mg/l	60	68	74	80	86	80	80	76	81	81	79	80	90	75	82	76	66
Calcium	mg/l	860	820	940	1.000	1.400	1.300	1.500	1.400	1.700	2.200	2.300	1.900	2.500	2.400	2.400	2.000	2.400
Magnesium	mg/l	740	940	950	1.000	1.000	990	970	870	920	860	700	800	660	600	670	730	670
Barium	mg/l	0,76	0,67	1,4	1,4	1,3	1,5	1,3	1,2	1,7	17	50	110	92	55	58	37	54
Strontium	mg/l			12	15	23	20	23	24	31	45	58	47	59	53	57	44	67
Lithium	mg/l			1,6	1,8	2,4	1,8	2,0	2,0	2,4	2,8	2,3	3,1	2,6	2,6	1,7	2,6	3,2
Bor	mg/l	0,56	0,55	0,74	0,77	1,00	0,75	0,75	0,81	0,99	0,69	0,87	0,70	0,60	0,87	0,85	0,96	1,40
Borat	mg/l																	
Eisen -ges.	mg/l	250	260	320	310	180	210	180	140	170	56	61	16	11	13	14	29	30
Eisen -II	mg/l			290	280	220	210	200	170	150	59	23	17	11	18	17	34	34
Mangan	mg/l	6,8	6,8	6,9	6,3	5,2	5,0	4,5	3,4	3,3	2,9	1,8	3,7	3,6	1,9	2,1	3,1	1,6
Chlorid	mg/l	8.700	8.900	9.800	10.000	12.000	11.000	13.000	12.000	14.000	16.000	18.000	15.000	17.000	17.000	18.000	19.000	18.000
Sulfat	mg/l	1.200	1.100	980	900	550	570	390	830	330	300	1	11	2	1	1	3	<1
Sulfid, leicht freisetzbar	mg/l																	
Sulfid, gelöst	mg/l																	
Hydrogencarbonat	mg/l	340	350	360	380	430	410	440	440	450	220	250	120	57	67	65	140	250
Bromid	mg/l	110	120	110	120	160	160	170	150	170	230	250	190	280	230	260	240	360
Iodid	mg/l																	
Fluorid	mg/l			<0,05	2,0	1,0	1,4	1,7	<0,05	1,5	0,2	<0,05	0,4	0,05	0,7	0,06	0,10	<0,05
N-Nitrit	mg/l			0,060	0,098	0,098	0,110	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,023	<0,005	<0,005	<0,005	0,032	0,035	0,005
N-Nitrat	mg/l			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
N-Ammonium	mg/l			3,2	2,8	6,0	3,0	2,7	1,8	3,8	3,9	5,5	4,0	3,7	4,5	5,0	5,0	5,3
Stickstoff -ges. (TNb)	mg/l			3,6	5,5	5,8	6,6	4,0	4,0	4,2	6,5	6,6	3,9	4,4	4,5	4,3	4,1	4,9
Nitrit	mg/l			0,2	0,32	0,32	0,36	0,31	0,39	<0,02	<0,02	0,076	<0,02	<0,02	<0,02	0,11	0,12	0,02
Nitrat	mg/l			<0,22	<0,22	<0,22	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Ammonium	mg/l			4,1	3,6	7,7	3,9	3,5	2,3	4,9	5,0	7,1	5,1	4,8	5,8	6,4	6,4	6,8
Phosphor -ges.	mg/l			0,17	<0,04	0,10	0,04	<0,04	0,11	<0,04	<0,04	0,04	0,04	0,04	<0,04	0,064	0,064	<0,04
ortho-Phosphat -P	mg/l	0,01	<0,01	0,14	0,01	0,05	0,04	0,21	0,01	0,011	0,011	0,011	0,017	0,035	<0,01	0,063	0,057	0,034
ortho-Phosphat	mg/l			0,43	0,031	0,15	0,12	0,64	0,031	0,034	0,034	0,034	0,052	0,110	<0,031	0,19	0,17	0,10
Silicium	mg/l			8,4	7,5	7,9	6,5	8,5	7,0	6,5	3,1	3,5	1,7	0,7	1,2	1,3	2,1	4,2
Silikat (Siliciumdioxid)	mg/l	20	11	18	16	17	14	18	15	14	6,6	7,4	3,6	1,5	2,6	2,8	4,6	9,0

Eurofins		
31.05.16	17.05.17	26.03.18
7,26	7,27	6,72
46.598	45.902	46.356
88	62	100
0,71	0,55	3,99
19,7	20,4	19,1
9.000	6.950	6.970
96	80	79,2
3.200	2.830	2.550
860	711	704
70	56,3	45,0
81	55,8	60,8
4,5	3,14	3,31
1,25	0,88	1,11
6,8	4,8	6,0
14	15,9	30,6
15,8	3,27	26,3
2,8	2,21	3,3
20.000	19.000	18.000
2	1,6	7,8
0,05	<0,04	0,05
0,07	<0,05	0,15
38	32	74
300	250	300
14	<10	<1
<2	<2	<2
<1	<1	<1
5,0	3,3	6,1
<0,2	<0,2	<0,2
0,566	0,090	0,61
2,0	1,1	3,31
4,4	2,38	7,07

PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
06.03.19	08.03.19	09.03.19	10.03.19
6,59	6,39	6,35	6,27
46.129	45.200	37.500	37.800
91	76	44	107
0,77	0,02	0,06	0,66
17,2	19,9	21,0	22,4
7.160	7.040	5.660	5.780
80,2	85,1	82,9	84,9
2.820	2.940	2.070	2.050
721	741	935	970
47,2	43,6	1,34	1,38
61,9	68,6	40,1	29,7
3,54	3,53	2,82	2,22
1,20	1,20	0,97	0,81
6,5	6,5	5,3	
33,3	27,5	179	63,3
24,6	19,1	160	
1,46	1,39	3,91	2,96
18.000	18.000	14.000	14.000
<10	11	320	330
<0,04	<0,04	<0,04	
<0,05	<0,05	<0,05	
180	200	120	<6
200	230	180	170
<10	<10	<10	<10
<20	<20	<20	<20
<10	<10	<10	<10
6,4	5,6	3,3	4,6
<0,2	<0,2	<0,2	
0,32	0,12	0,08	<0,02
5,40	5,77	9,16	3,03
11,6	12,3	19,6	

Grundwassermessstelle G52426003

Karbonbohrung Hy Sie 1A/2003: Grubenwasser Oelsnitz/E.

Oelsnitz/E.		hydrochemische Analysen für die Grubenwassermessstelle Karbon des LfULG, G52426003, Oelsnitz/Erzgeb. (Labor: BfUL)																
		04.07.06	29.11.06	06.09.07	04.06.08	16.12.09	23.03.10	17.08.10	15.03.11	12.09.11	27.09.12	19.03.13	22.04.14	05.05.15	31.05.16	17.05.17	26.03.18	06.03.19
Laborparameter - 2	Einheit	Summenparameter																
SK 4,3	mmol/l			5,9	6,2	7,0	6,8	7,2	7,2	7,4	3,7	4,1	2,0	0,93	1,1	1,1	2,2	4,1
BK 8,2	mmol/l			13	11	9,0	11,0	8,9	7,0	9,5	3,6	2,5	1,0	0,56	0,77	0,66	1,70	2,70
ADR	mg/l			15.000									35.000	41.000	35.000	35.000	35.000	34.000
DOC	mg/l			4,7	5,0	3,6	3,4	8,4	3,8	1,5	1,1	1,6	2,4	0,7	3,1	2,3	2,5	
TOC	mg/l			14	6,8	16	6,0	8,8	10	3,4	38	54	2,6	0,8	7,6	8,0	7,3	
AOX	mg/l			0,43	1,1	1,3	1,2	1,0	5,0	12	9,0	13	0,31	0,56	0,98	1,4		
SAK (436 nm)	1/m											1,0						
SAK (254 nm)	1/m			21,2	11,1	15,7	9,5	6,1	21,3	6,6	3,6	4,1	2,0	1,4	2,9	2,2	13,1	3,2
Phenol-Index	µg/l					<6	<6	<6	11		6	<6	<6	10	6			
Cyanid, ges	µg/l																	
Laborparameter - 3	Einheit	Spuremetalle																
Aluminium	µg/l			13	430	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	38	53	95
Antimon	µg/l					<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	0,5	<0,4	<0,4	0,9
Arsen	µg/l	200	150	170	160	11	92	76	59	57	6,0	2,6	2,1	1,4	<0,3	2,5	0,9	2,7
Beryllium	µg/l			<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,02	0,03	0,30	
Blei	µg/l	<0,2	<0,2	2,8	3,0	1,9	0,4	15	<0,2	0,4	<0,2	<0,2	2,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	2,4
Cadmium	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,06	<0,03	0,10	0,07	0,07	0,07	0,09	0,10	0,30	0,10	0,30	<0,03	<0,03
Cäsium	µg/l																	
Chrom -ges.	µg/l			7,4	9,4	21	5,0	14	8,4	5,1	6,2	7,4	9,2	2,8	<1	1,3	3,2	3,6
Cobalt	µg/l			3,1	3,6	3,5	1,6	6,2	2,2	2,2	3,8	3,3	4,8	3,2	6,2	10	2,9	4,1
Kupfer	µg/l			<2	13	<2	<2	<2	<2	2,2	<2	2,2	<2	3,7	<2	3,5	<2	19
Molybdän	µg/l			3,0	2,9	2,8	1,9	2,6	3,8	1,7	9,9	1,7	3,1	1,3	3,3	2,9	2,5	2,1
Nickel	µg/l			2,5	8,1	<0,5	2,2	0,7	12	2,2	2,8	3,0	2,1	1,5	1,3	2,0	0,7	13
Quecksilber	µg/l																	
Rubidium	µg/l																	
Selen	µg/l				<1	37	2,1	2,9	1,9	2,5	3,9	5,3	4,6	3,5	380	1.100	300	280
Silber	µg/l			0,2	1,4	<0,1	0,7	<0,1	0,2	<0,1	0,2	0,5	0,2	<0,1	0,1	0,1	0,3	<0,1
Tellur	µg/l				22	18	17	16	17	19	210	690	1.700	1.500	800	920	570	730
Thallium	µg/l			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Titan	µg/l				15	<1	9,9	17	18	12	9,0	7,4	7,7	21	12	9,9	2,4	6,2
Uran	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	5,4	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,7
Vanadium	µg/l			0,7	2,0	8,4	0,7	3,9	0,8	0,6	1,6	1,2	2,6	0,5	<0,3	0,4	<0,3	0,8
Zink	µg/l			19	64	72	14	19	13	7,7	31	25	36	31	31	190	<3	<3
Zinn	µg/l																	

Eurofins		
31.05.16	17.05.17	26.03.18
0,6	0,5	1,2
<0,1	<0,1	<0,1
38.000	38.000	34.000
4,4	2,9	2,4
0,01	0,09	0,03
<0,1	<0,1	2,1
<0,1	1,7	9,0
<5	<5	<5
100	150	70
<1	<1	<1
1	<1	2
<1	<1	<1
<1	<1	<1
<0,2	<0,2	<0,2
9	8	9
3	2	3
<0,2	<0,3	0,4
<1	<1	<1
<1	1	2
5	<1	3
<0,1	<0,1	<0,1
140	101	116
13	<1	<1
<1	<1	<1
<10	<10	<10
20	<10	<10
0,3	<0,2	<0,2
8	<0,2	16
100	143	57
<1	<1	<1

PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
06.03.19	08.03.19	09.03.19	10.03.19
2,9	3,3	2,0	
<0,1	<0,1	<0,1	
35.000	35.000	31.000	
1,9	1,9	2,2	
0,02	<0,01	0,01	
2,4	0,7	23	
4,1	3,7	25	
<5	<5	<5	
250	270	100	
<1	<1	<1	
3	<1	23	
<1	<1	<1	
4	5	2	
0,3	<0,2	0,3	
9	9	8	
6	10	3	
0,6	0,6	0,4	
66	1	1	
3	<1	2	
13	9	3	
<0,1	<0,1	<0,1	
95	103	102	
<1	<1	<1	
<1	<1	<1	
<10	<10	<10	
<10	<10	<10	
<0,2	<0,2	<0,2	
4	12	10	
500	184	267	
3	3	<1	

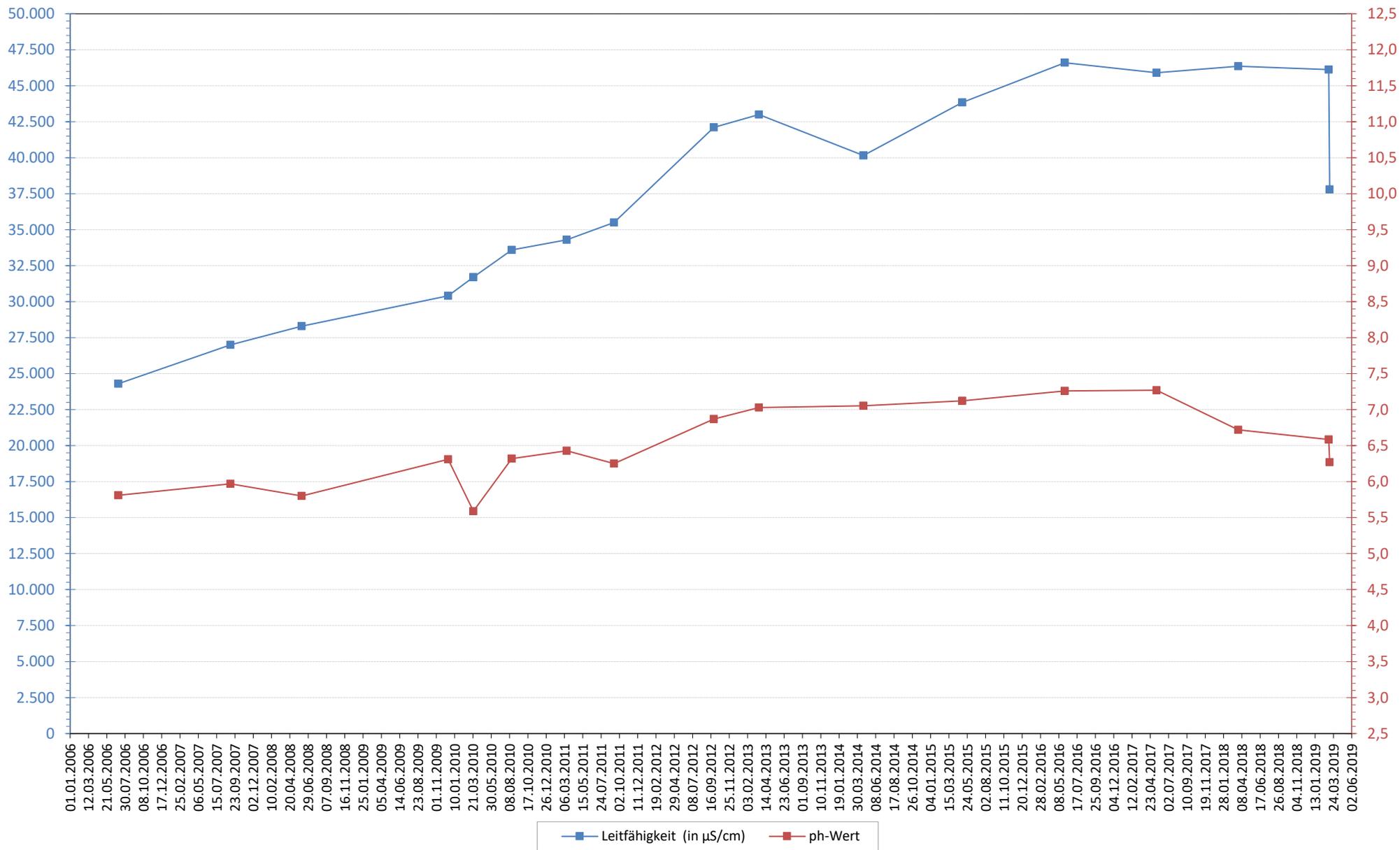
Anlage 11.2

**Gesamtdarstellung vorliegender
hydrochemischer Analysendaten**

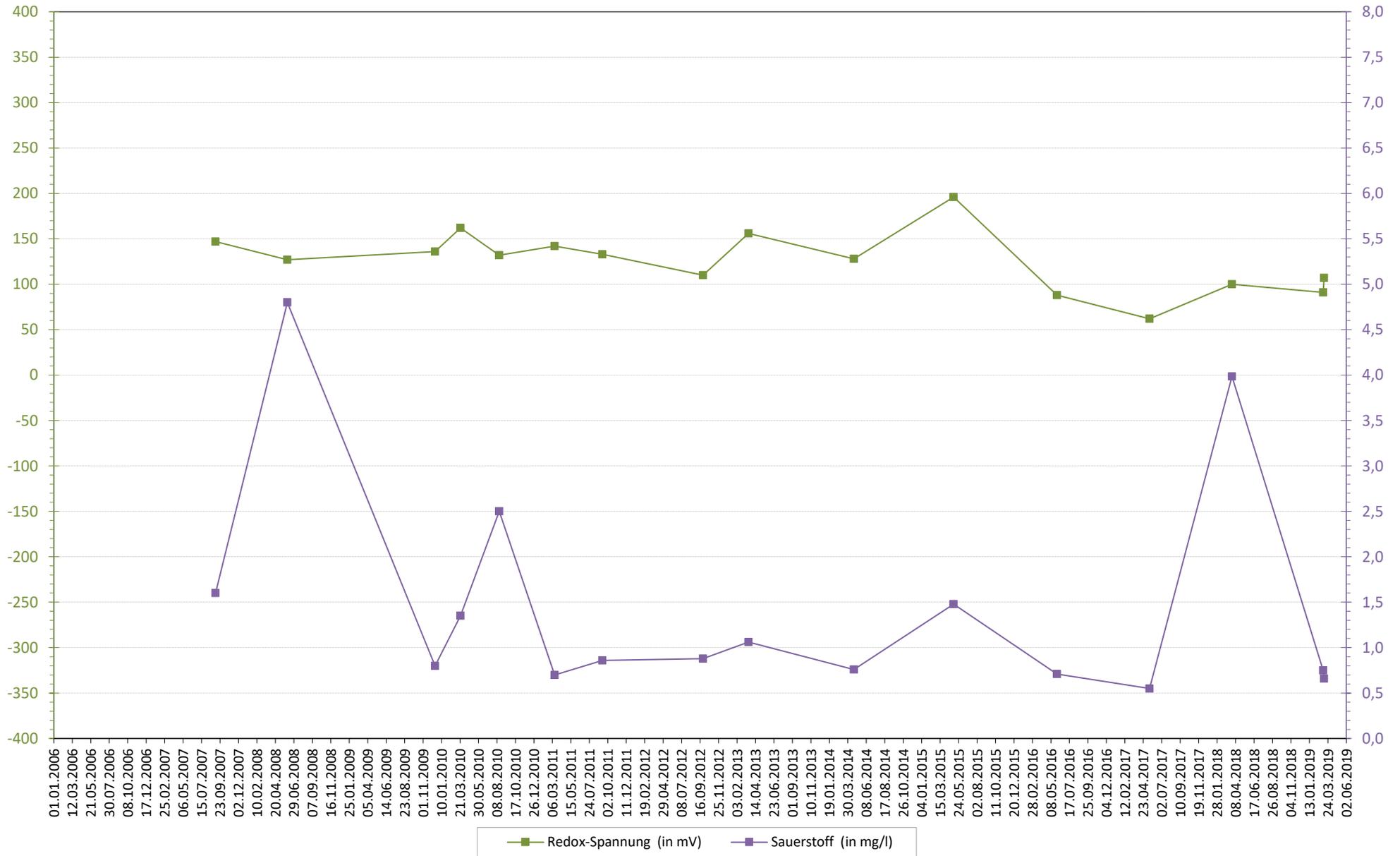
Standort Oelsnitz

**Diagramme mit Konzentrationsentwicklungen
der Einzelparameter**

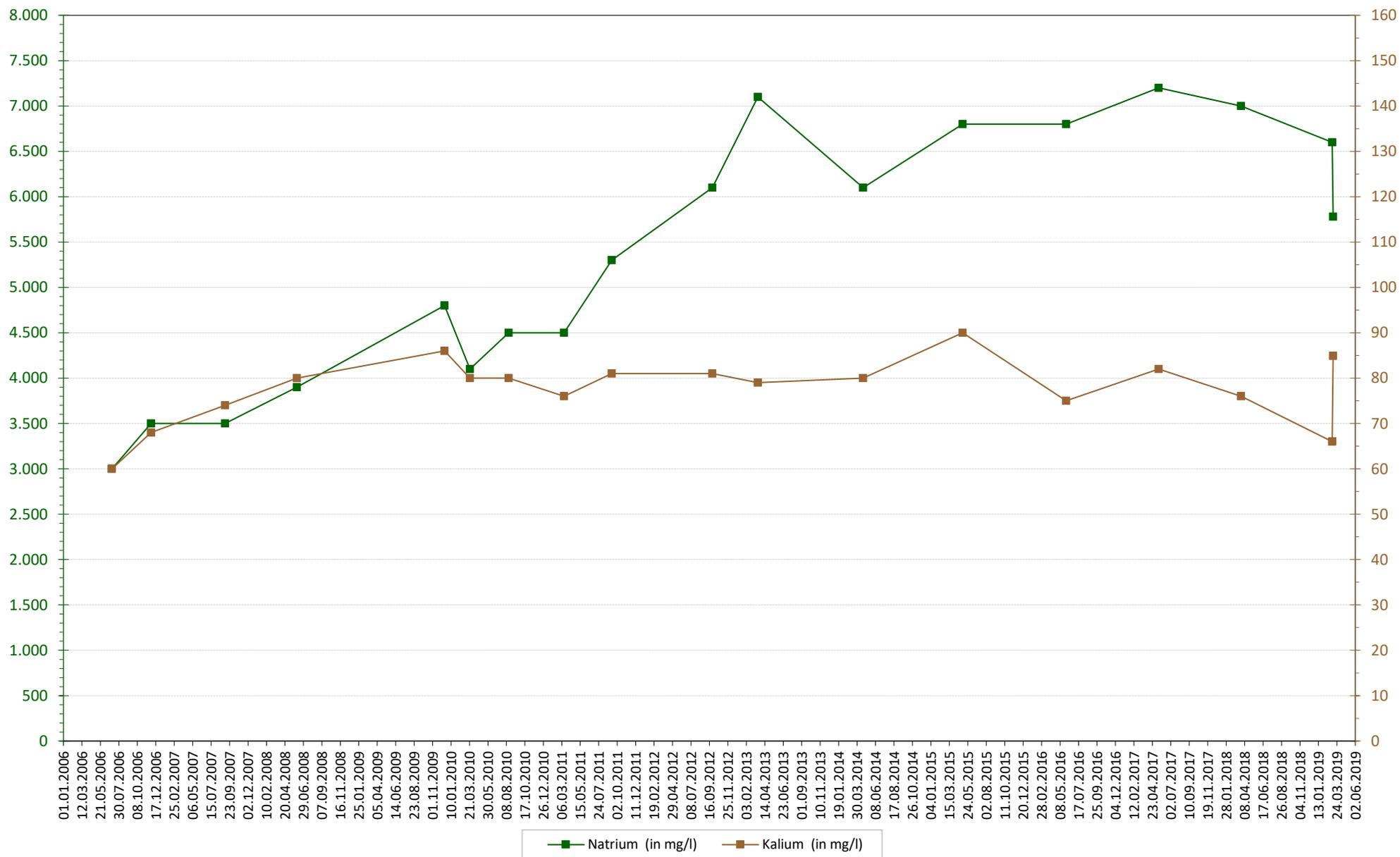
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Leitfähigkeit + pH-Wert)



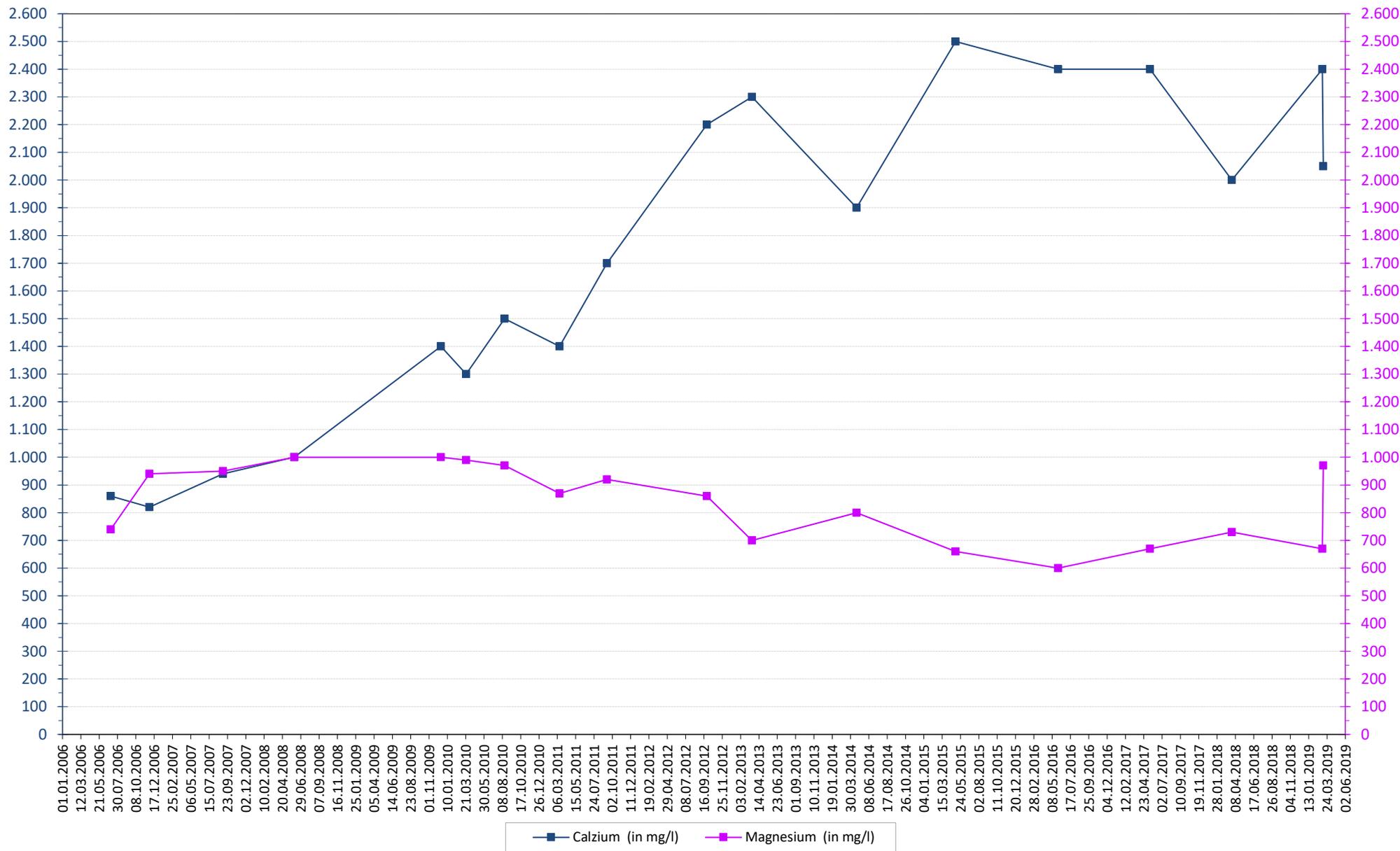
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Redox + Sauerstoff)



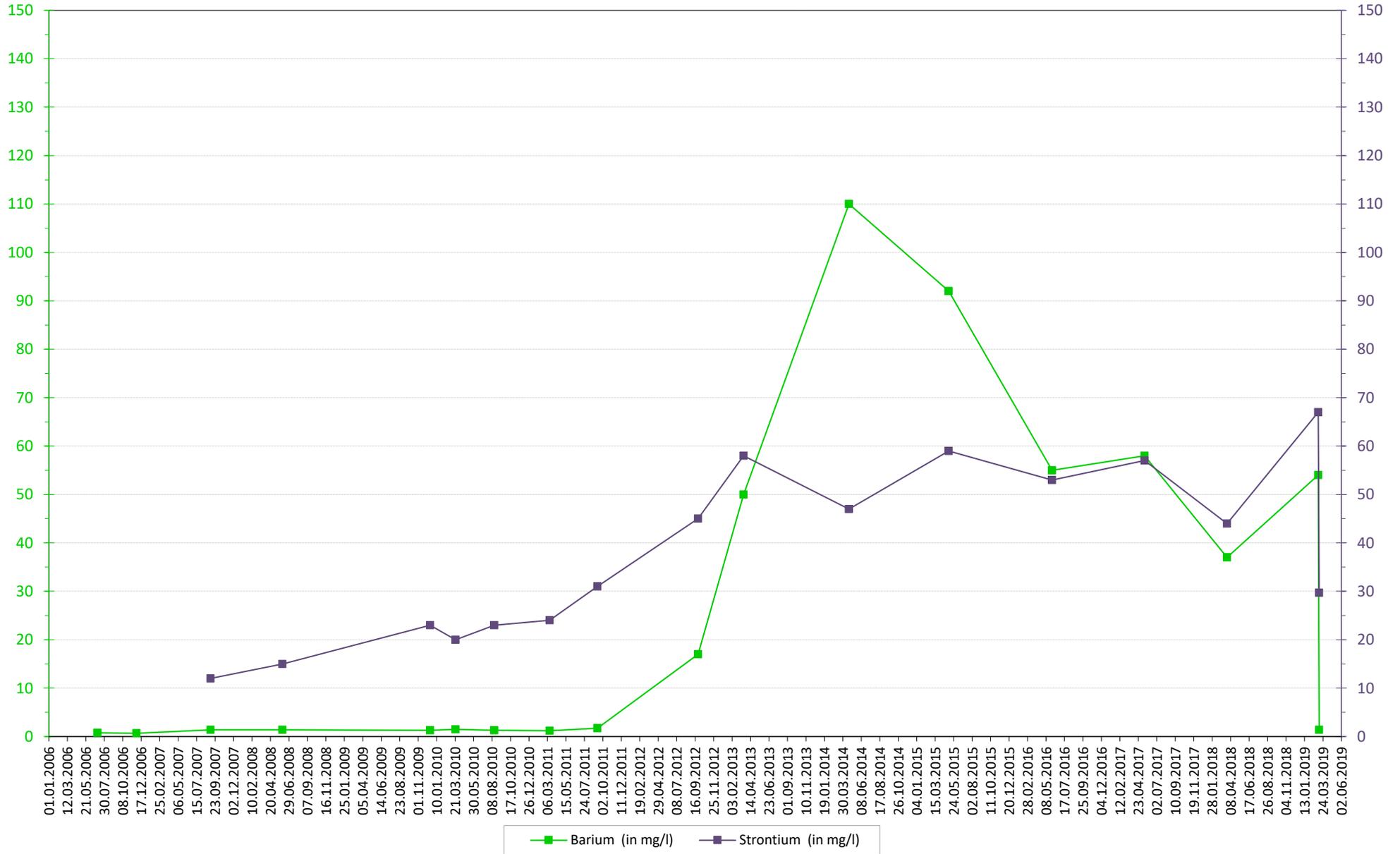
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Natrium, Kalium)



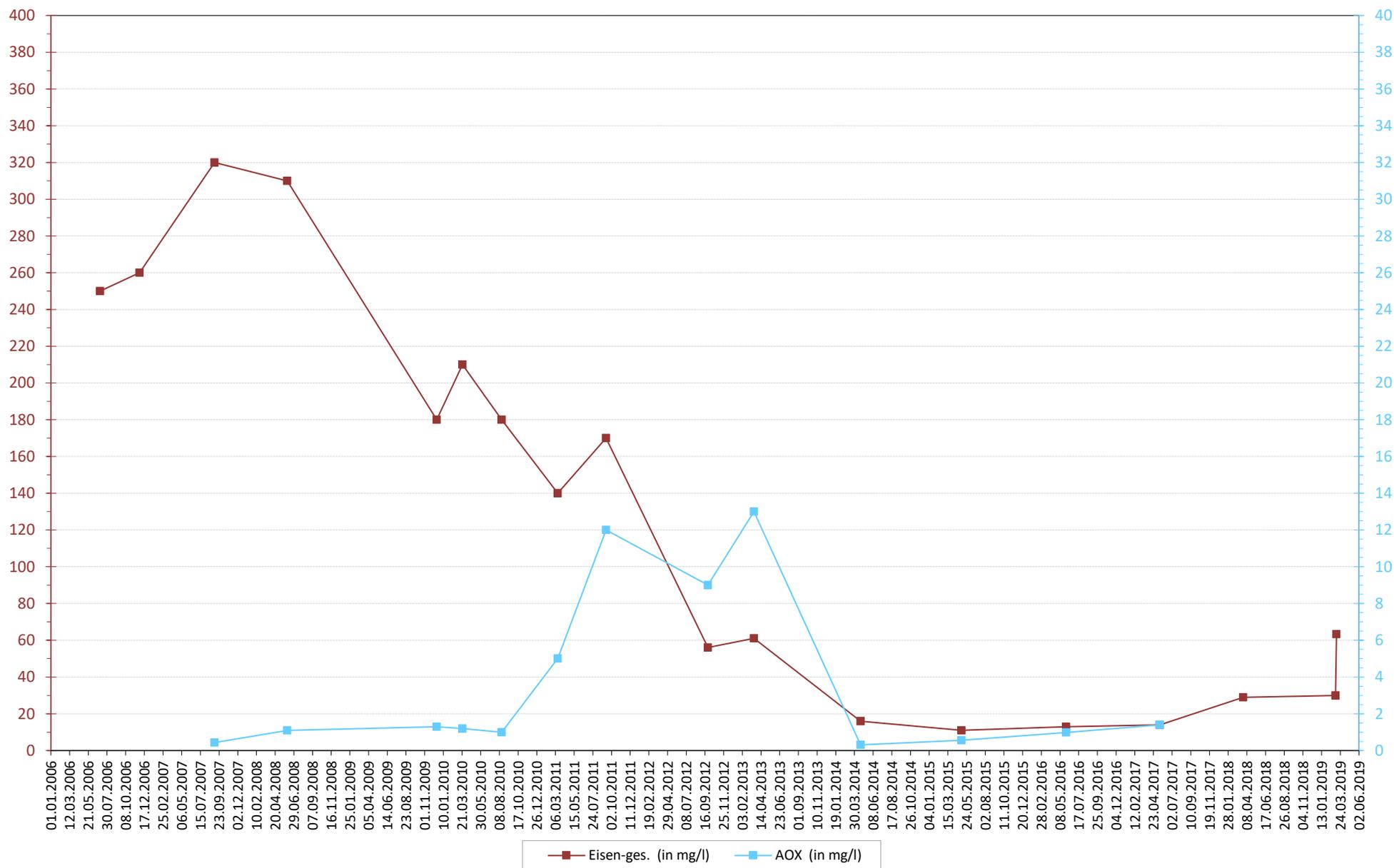
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: *Calzium, Magnesium*)



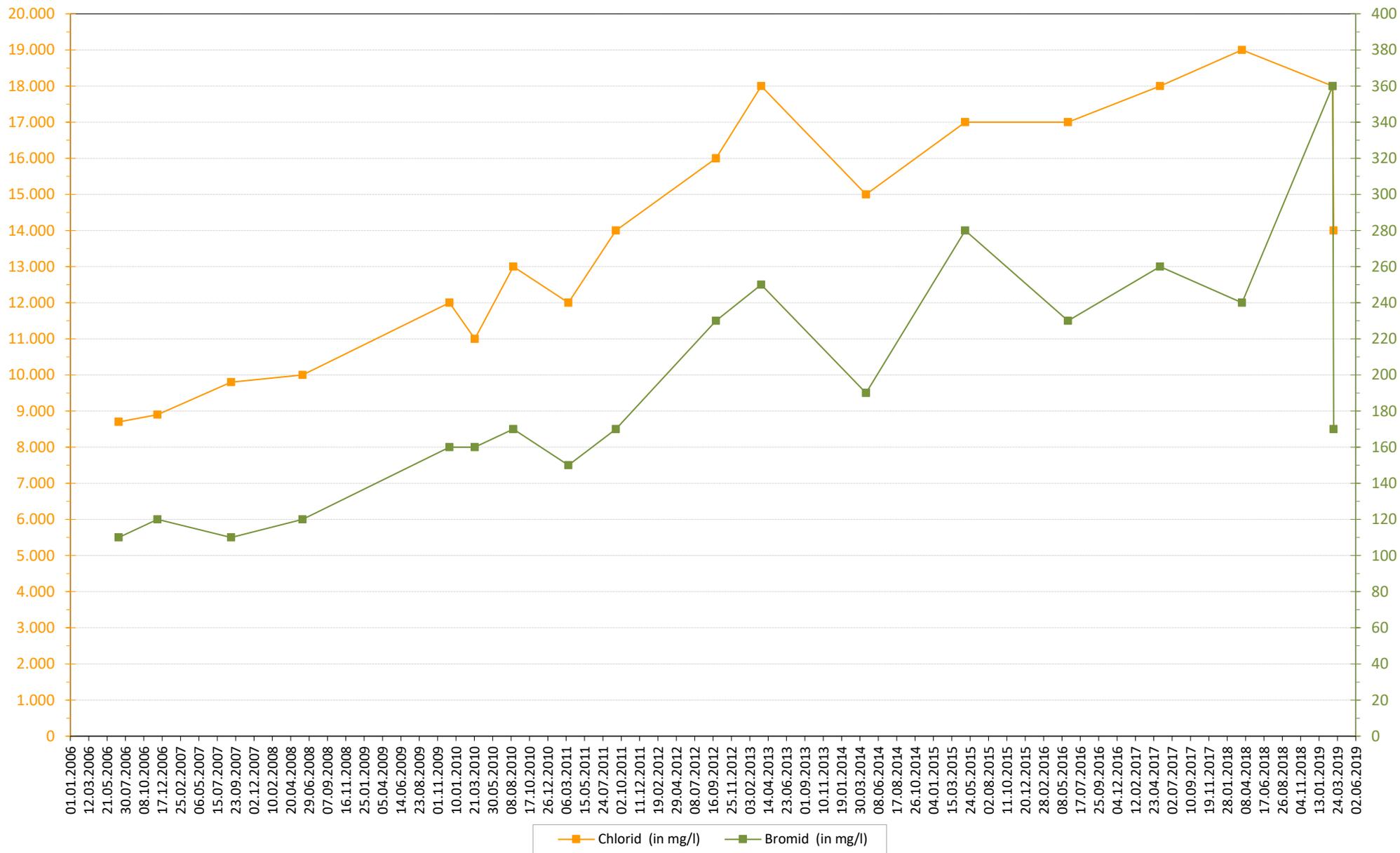
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: *Barium*, *Strontium*)



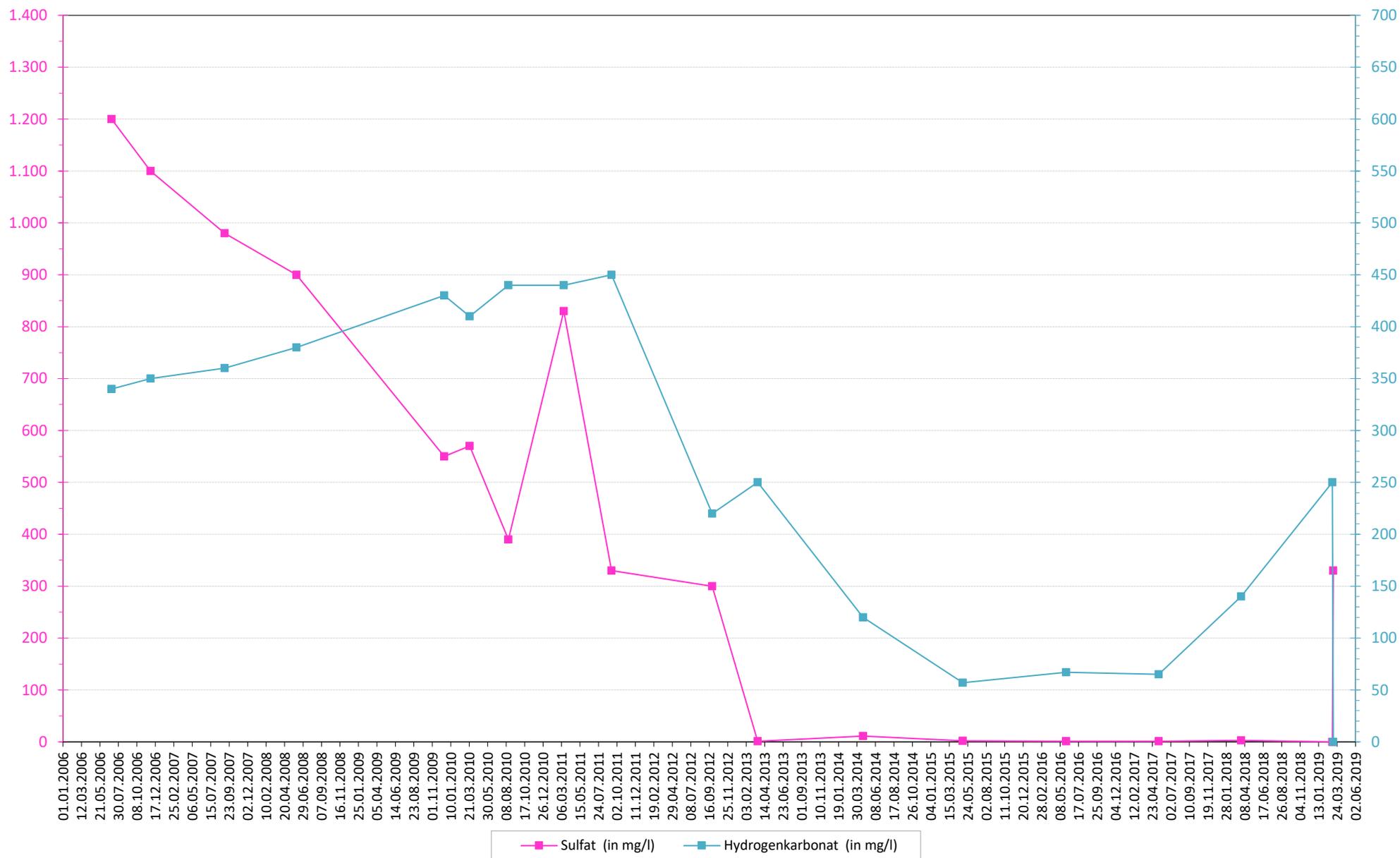
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Eisen, AOX)



Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Chlorid, Bromid)



Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Sulfat, Hydrogenkarbonat)



Anlage 12

**Gesamtdarstellung vorliegender
hydrochemischer Analysendaten**

Standort Gersdorf

Tabelle

Grundwassermessstelle G52420005
Karbonbohrung - Grubenwassermessstelle Gersdorf

Gersdorf		hydrochemische Analysen			
		20.03.2014	21.03.2014	04.04.2014	27.02.2019
Feldparameter	Einheit				
ph-Wert		6,70	6,75	6,77	6,43
Leitfähigkeit	µS/cm		5.279	4.935	5.377
Redox	mV		123	126	92
Sauerstoff	mg/l		1,6	3,4	0,44
Temperatur	°C		23,5	24,4	22,3
Laborparameter - 1	Einheit	Chemismus-bestimmende Parameter			
Natrium	mg/l		880	740	640
Kalium	mg/l		22	23	11
Calcium	mg/l		210	240	260
Magnesium	mg/l		99	98	140
Barium	mg/l	2,7	2,7	1,9	0,69
Strontium	mg/l		3,1	2,8	3,7
Lithium	mg/l		0,63	0,70	0,62
Bor	mg/l		0,51	0,45	0,46
Eisen -ges.	mg/l		27	33	28
Eisen -II	mg/l		77	37	27
Mangan	mg/l		0,79	0,88	1,00
Chlorid	mg/l	1.400	1.400	1.400	1.400
Sulfat	mg/l	124	76	130	160
Hydrogencarbonat	mg/l		890	840	770
Bromid	mg/l		15	18	16
Fluorid	mg/l	0,8	0,3	0,6	0,5
Stickstoff -ges.	mg/l	<1	<1	<1	0,7
N-Nitrit	mg/l		<0,005	<0,005	0,017
N-Nitrat	mg/l		<0,05	<0,05	<0,05
N-Ammonium	mg/l		0,062	0,17	0,51
Phosphor -ges.	mg/l	<0,2	0,097	0,048	0,053
ortho-Phosphat -P	mg/l		<0,01	0,018	0,011
Silikat	mg/l		26	25	24
AOX	mg/l	0,04	0,20	0,10	
SAK (254 nm)	1/m		13,9	15,7	8,0
Laborparameter - 2	Einheit	Spurenstoffe			
Aluminium	µg/l		83	240	15
Antimon	µg/l	<10	1,1	0,6	<0,4
Arsen	µg/l	<50	17	20	15
Blei	µg/l	10	0,4	0,3	<0,2
Cadmium	µg/l	<1	0,03	<0,03	<0,03
Chrom -ges.	µg/l	11	<1	<1	1,0
Cobalt	µg/l	16	7,8	1,4	0,5
Kupfer	µg/l	7	<2	<2	<2
Molybdän	µg/l		9,9	4,0	2,5
Nickel	µg/l	37	24	1,7	3,7
Selen	µg/l	<10	<0,8	<0,8	25
Tellur	µg/l		30	36	8,4
Titan	µg/l		2	4	2,1

Grundwassermessstelle G52420005
Karbonbohrung - Grubenwassermessstelle Gersdorf

Gersdorf		hydrochemische Analysen			
		20.03.2014	21.03.2014	04.04.2014	27.02.2019
Uran	µg/l		1,1	0,3	0,4
Vanadium	µg/l		<0,3	0,8	<0,3
Zink	µg/l	120	380	42	22
Phenol-Index	µg/l	<0,05	<6	<6	<6
Benzen	µg/l		0,42	0,29	
Toluen	µg/l		0,60	0,37	
Ethylbenzen	µg/l		0,08	0,06	
Xylen (m, p)	µg/l		0,26	0,16	
Xylen (o)	µg/l		0,15	0,09	
Fluoranthen	ng/l				
Naphthalin	ng/l	220			
Biphenyl	ng/l				
Laborparameter - 3	Einheit	Zusatzuntersuchungen			
KW	mg/l	<1			
Sulfid, leicht fr.	mg/l	0,18			
lipophile Stoffe	mg/l	<10			
BSB5	mg/l	198			
CSB	mg/l	1.190			
TOC	mg/l	360			

Erläuterungen:

Anlage 13

**Gesamtüberblick über die vorliegenden
isotopenhydrogeologischen Daten**

Standort Oelsnitz

Tabelle

Gesamtüberblick über die vorliegenden isotopehydrogeologischen Daten – Standort Oelsnitz (Hy Sie 1A/2003b bzw. G52426003)

Während der isotopehydrogeologischen Probenahmen wurden Sofort-Parameter als Kontrollgrößen mitbestimmt. Als wichtigste systembeschreibende Daten wurden folgende Werte ermittelt:

Tabelle 1: Messwerte der Vor-Ort-Parameter

Vor-Ort-Parameter		15.11.2004 (6.Test)	04.07.2006	05.09.2007	04.06.2008	16.12.2009	23.03.2010	17.08.2010	15.03.2011	12.09.2011	27.09.2012	19.03.2013	22.04.2014	05.05.2015	30.05.2016	17.05.2017	26.03.2018
LF	µS/cm	18.330	24.300	27.000	26.000	30.300	31.700	33.600	34.300	35.500	42.100	43.000	40.151	43.840	46.598	45.902	46.356
Temp	°C	20,6	24,9	24,5	24,9	21,2	22,1	21,1	19,7	20,5	18,2	15,4	19,4	20,5	19,7	20,4	19,1
pH		6,35	5,81	5,97	5,80	6,31	5,95	6,32	6,43	6,25	6,87	7,03	7,05	7,12	7,26	7,27	6,72
Eh (gem. Pt-Ag/AgCl) (ber. auf H-Elektrode)	mV			-60 +147	-80 +127	-60 +147	-47 +162	-78 +132	-69 +142	-78 +133	-102 +110	-57,5 +156	-83,1 +128	-14,3 +196	-122,6 +88	-148,2 +62	-111,3 +100
O ₂	mg/l			1,6	4,8	1,05	1,35	2,49	0,7	0,86	0,88	1,06	0,76	1,48	0,71	0,55	3,98
Ruhewasserspiegel	m u.GOK	413,19	404,77*	394,84	387,09	380,00	377,78	371,70	363,66	363,69	349	347,80	334,04	322,60	312,10	296,30	285,86
Pumpzeit vor PN	hh:mm	51:00	44:00	46:08	46:00	49:35	100:22	103:00	74:35		25:43	00:41	01:25	02:35	04:50	03:03	04:30
gepumptes Volumen **)	m ³		38,80	41,36	39,90	19,77	38,81	30,66	19,48	35,72		0,83	1,58	2,48	3,81	3,75	4,10
Förderrate	m ³ /h	1,05...0,85	ca. 0,9	ca. 0,9	ca. 0,9	ca. 0,4	ca. 0,4	ca. 0,3	ca. 0,3	ca. 0,25	ca. 0,16	1,21	1,12	0,96	0,79	0,92	0,91

Anmerkungen: *) die Ableseung erfolgte per Aufzeichnung Datenlogger, vor der Höhenkorrektur (seinerzeit UBG), **) gemäß Ableseung Wasserzähler,

Tabelle 2: Messwerte Isotope

Messwerte Isotope		15.11.2004 (6.Test)	04.07.2006	06.09.2007	04.06.2008	16.12.2009	23.03.2010	17.08.2010	15.03.2011	12.09.2011	27.09.2012	19.03.2013	22.04.2014	05.05.2015	30.05.2016	17.05.2017	26.03.2018
³ H-Tritium	TE	6,5 ± 0,5	5,0 ± 0,5	4,1 ± 0,6	4,3 ± 0,6	3,0 ± 0,6	3,4 ± 0,7	3,2 ± 0,7	1,7 ± 0,5	2,3 ± 0,6	1,4 ± 0,5	<0,6	0,6 ± 0,5	<0,6	<0,55	<0,58	<0,61
δ ¹³ C	‰		-21,2	-23,3	-22,5	-21,2			-21,4 ± 0,3			-21,3 ± 0,3		-12,0 ± 0,3	-13,3 ± 0,3	-15,6 ± 0,3	-13,9 ± 0,3
¹⁴ C	‰-mod.		46,7 ± 2,2	46,1 ± 2,1	48,3 ± 2,2	43,9 ± 2,0			45,5 ± 1,9			44,7 ± 1,9		n.b.	20,5 ± 0,5	19,6 ± 0,5	12,3 ± 1,7
δ ² H-Deuterium	‰	-54,9 ± 1	-52,5 ± 1	-52,8 ± 1	-49,7 ± 1	-51,5 ± 1	-49,2 ± 1	-48,45 ± 1	-51,5 ± 1,5	-48,5 ± 1,5	-41,4 ± 1	-42,7 ± 1	-44,8 ± 1	-42,4 ± 1	-41,6 ± 1	-41,7 ± 1	-45,4 ± 1,5
δ ¹⁸ O Wasser	‰	-8,16 ± 0,1	-7,82 ± 0,1	-7,65 ± 0,1	-7,61 ± 0,1	-7,43 ± 0,1	-7,21 ± 0,1	-7,20 ± 0,1	-7,75 ± 0,15	-7,50 ± 0,15	-7,09 ± 0,1	-7,07 ± 0,1	-7,01 ± 0,1	-7,02 ± 0,1	-6,65 ± 0,1	-6,70 ± 0,1	-7,31 ± 0,15
δ ³⁴ S (SO ₄ - gelöst)	‰	3,8 ± 0,3	5,8 ± 0,3	9,0 ± 0,3	9,7 ± 0,3	10,8 ± 0,3	12,7 ± 0,3	13,6 ± 0,3	13,8 ± 0,3	16,3 ± 0,3	22,3 ± 0,3	20,8 ± 0,3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
δ ¹⁸ O (SO ₄ - gelöst)	‰	8,2 ± 0,5	5,5 ± 0,5	5,6 ± 0,5	5,6 ± 0,4	6,6 ± 0,5	6,7 ± 0,2	6,8 ± 0,2	7,6 ± 0,3	7,7 ± 0,3	8,8 ± 0,3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
δ ³⁴ S (Sulfid - partikulär)	‰											-7,2 ± 0,3	-3,6 ± 0,3		-0,6 ± 0,3		-3,3 ± 0,3
³ He	Nml/kg														9,30 · 10 ⁻¹⁰		1,12 · 10 ⁻⁹
⁴ He	Nml/kg														7,32 · 10 ⁻³		8,04 · 10 ⁻³
³ He / ⁴ He															1,27 · 10 ⁻⁷		1,39 · 10 ⁻⁷
Ne / He															0,02		0,033
³ H-Tritium (He)	TE														0,59 ± 0,04		

Anlage 14.1

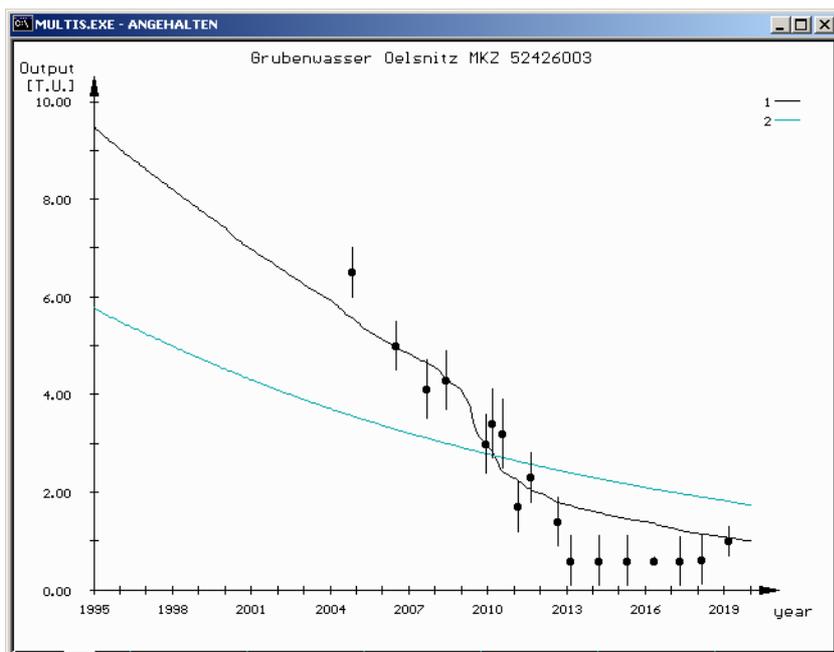
Auswertungen isotopenhydrogeologischer Daten

Tritium

Tritium-Auswertung mit MULTIS® über ein gekoppeltes Modell, bestehend aus parallel geschaltetem Linearmodell (LM) mit einem tritiumfreien Modell (3H=0)

hier: Ergebnis der Berechnung des Jungwasseranteils [α (30-Jahre)] über [t_m (LM+3H=0)]

Gültigkeit der Lösung mit: Jungwasseranteil im Gesamtmodell [α (30-Jahre)] = 13 %
 Anteil LM am Gesamtmodell = 20 %
 mittlere Verweilzeit für den LM-Anteil [t_m (LM)] = 23 a



Field of deviations (deviations < max. measurement error) [I.U.]
 ■ par.: LM+ MH3=0] <LM+0p> [11]

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
14	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
16	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
18	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2
20	3	3	2	2	2	1	1	1	1	2	4	4
22	3	3	2	2	1	1	1	2	2	3	4	4
24	3	3	2	1	1	1	1	2	3	4	5	6
26	3	3	2	1	1	1	2	3	4	4	5	6
28	3	3	2	1	1	2	2	3	4	4	5	6
30	3	3	2	2	1	2	2	3	3	4	5	6
35	3	3	2	2	1	1	2	2	3	3	4	5
40	3	3	2	2	2	1	1	2	2	3	3	4
45	3	3	2	2	2	1	1	2	2	3	3	4
50	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	3	3
55	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
60	3	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2
65	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
70	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
75	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
80	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
85	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1

mean residence time of the LM	=	23.0 a
percentage of the LM	=	20.0 %
mean quadratic deviation	=	0.64 I.U.
dilution index Gamma	=	2.037
portion of young water Alpha	=	13.0 %

Second possibility :

mean residence time of the LM	=	55.0 a
percentage of the LM	=	29.0 %
mean quadratic deviation	=	1.37 I.U.
dilution index Gamma	=	2.537
portion of young water Alpha	=	7.9 %

highest error of measurement : 0.70 I.U.

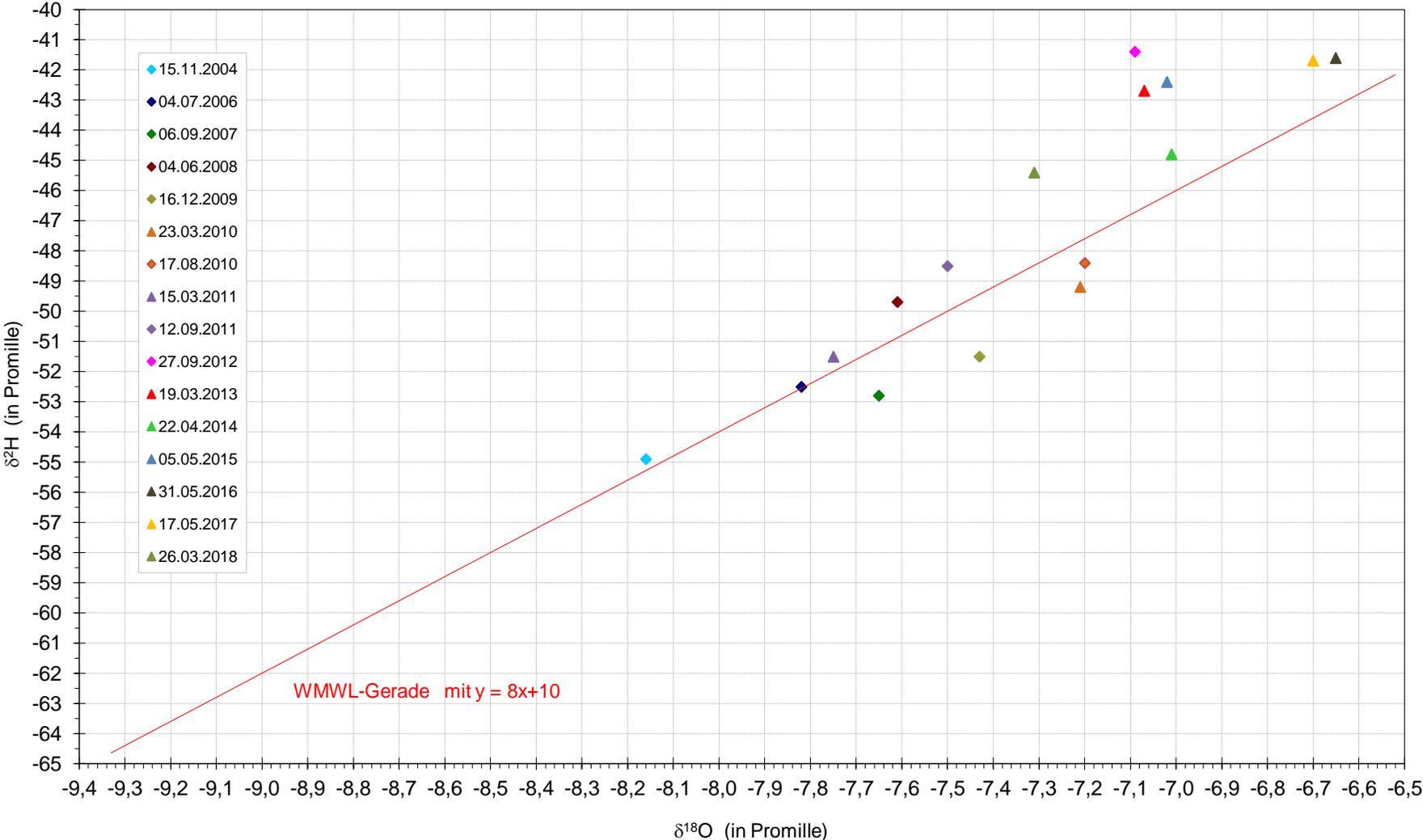
Press any key to continue...

Anlage 14.2

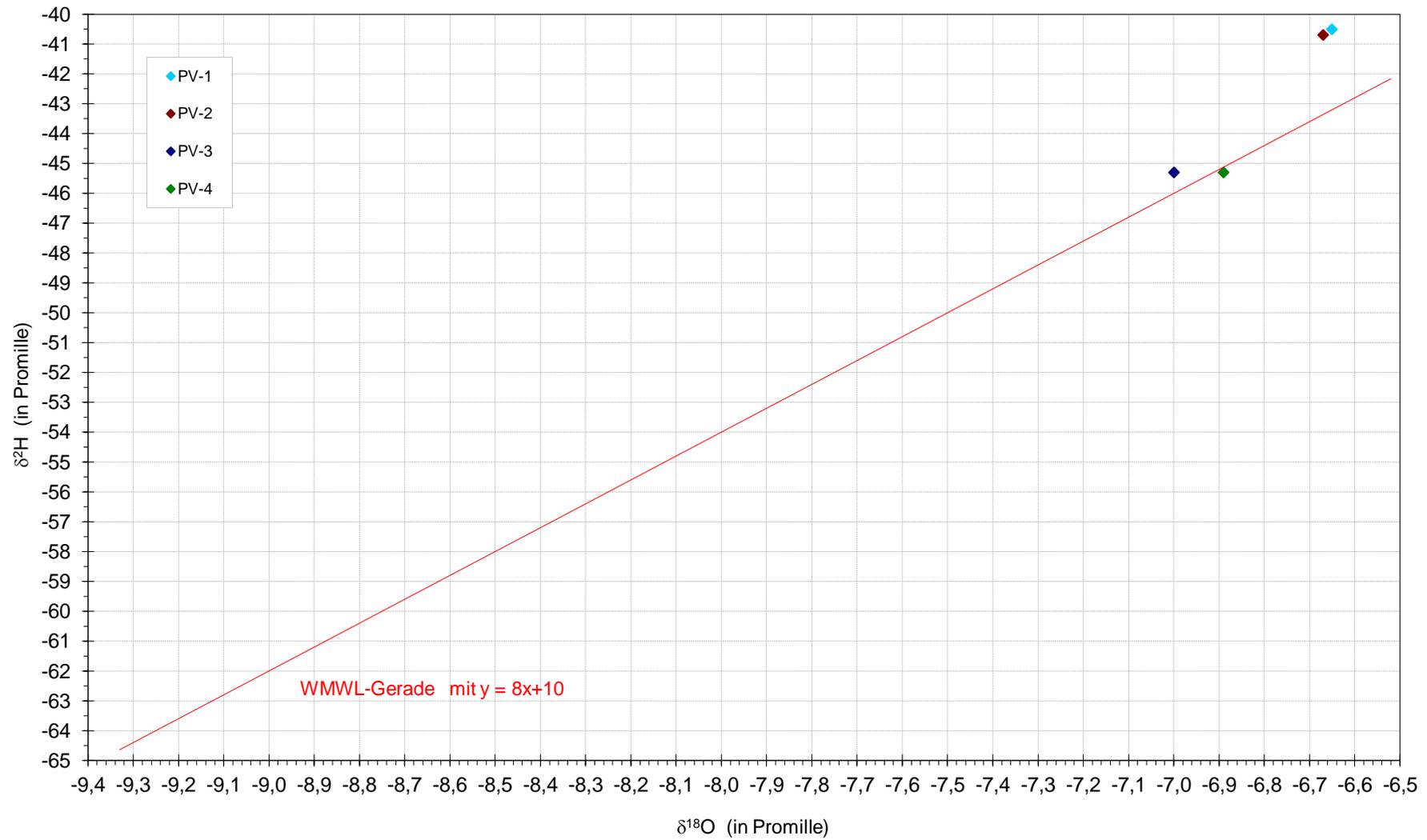
Auswertungen isotopenhydrogeologischer Daten

stabile Isotope $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ (CRAIG-Diagramm)

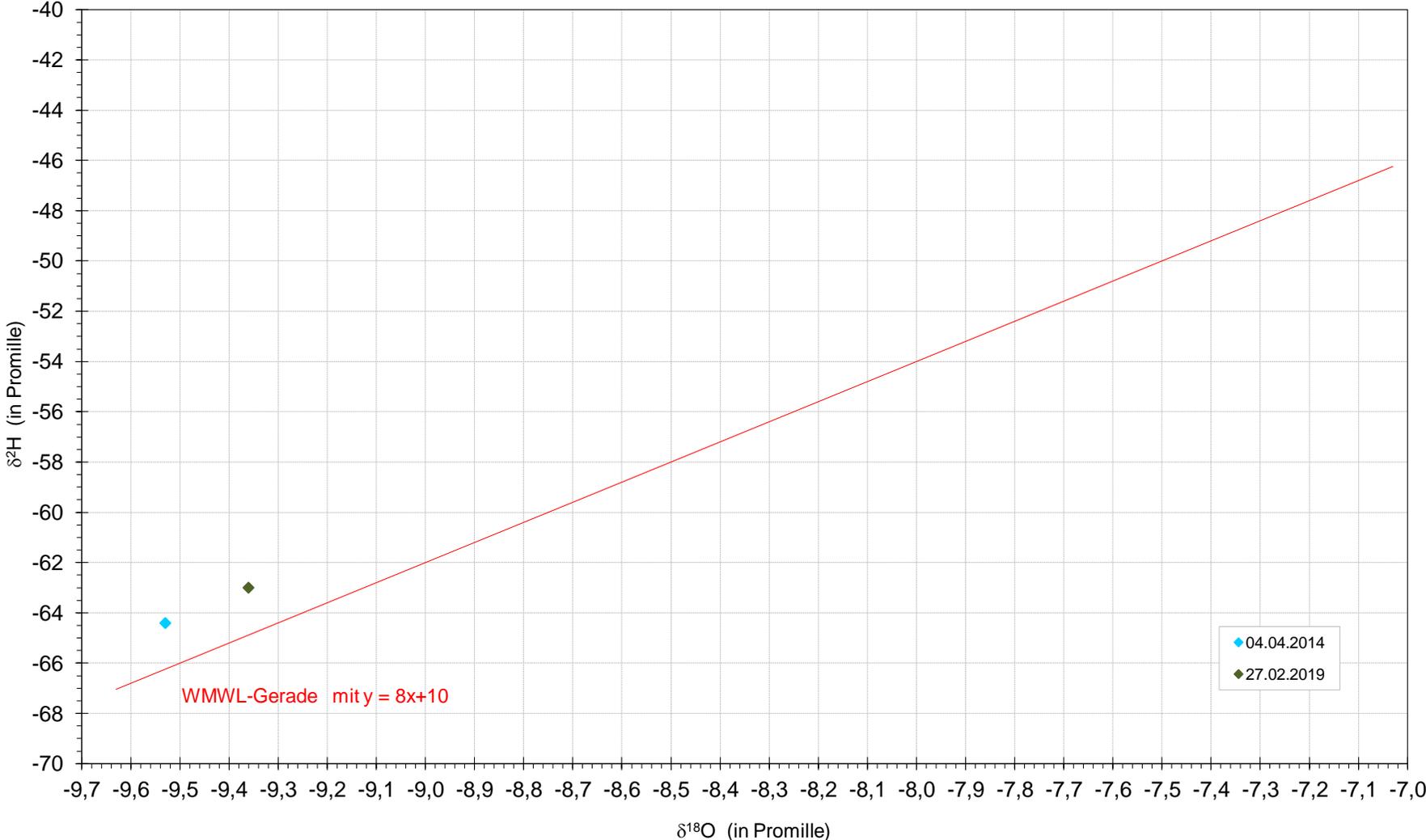
CRAIG-Diagramm für die stabilen Isotope ²H und ¹⁸O im Grubenwasser Oelsnitz



CRAIG-Diagramm für die stabilen Isotope ^2H und ^{18}O im Grubenwasser Oelsnitz, PV



CRAIG-Diagramm für die stabilen Isotope ^2H und ^{18}O im Grubenwasser Gersdorf



Anlage 14.3

Auswertungen isotopenhydrogeologischer Daten

$\delta^{34}\text{S}$

(Prüfbericht G.E.O.S. vom 06.05.2019)

G.E.O.S.

Ingenieurgesellschaft mbH

09633 Halsbrücke
Schwarze Kiefern 2

09581 Freiberg, Postfach 1162

Telefon: +49(0)3731 369-0

Telefax: +49(0)3731 369-200

E-Mail: info@geosfreiberg.de

www.geosfreiberg.de

Prüfbericht Nr. 04/2019

Auftraggeber: hausintern – G.E.O.S.
Dr. T. Abraham
FB Hydrogeologie

Auftrag: Schwefelisotope in Wasserproben der Tiefbohrung Oelsnitz

Probenahme: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Probenbezeichnungen: D1
PV1, PV2, PV3, PV4

Probeneingang Labor: mit Probenahme

Prüfzeitraum: 26.02.2019 bis 29.04.2019

Prüfbericht umfasst: 9 Seiten einschließlich Deckblatt

Datum:

06.05.2019

Unsere Zeichen:

fh

Ihre Zeichen/Ihre Nachricht vom:

Telefon:

-132

Halsbrücke, den 06.05.2019


i. A. Dr. Frank Haubrich

Projektleiter

Geschäftsführer:

Jan Richter

Beiratsvorsitzender:

Dr. h. c. Lothar de Maizière

HRB 1035 Amtsgericht

Registergericht Chemnitz

Sparkasse Mittelsachsen

IBAN:

DE30 8705 2000 3115 0191 48

BIC: WELADED1FGX

Deutsche Bank AG

IBAN:

DE59 8707 0000 0220 1069 00

BIC: DEUTDE8CXXX

USt.-IdNr. DE811132746

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Aus der Tiefbohrung in Oelsnitz (TB Oe/E) wurden in 2019 Grundwasserproben entnommen, an denen Untersuchungen zu Schwefel- und Sauerstoffisotopen durchzuführen sind. Die aktuellen Ergebnisse sollen gemeinsam mit früheren Untersuchungen an diesem Standort ausgewertet werden.

Besonderheiten der aktuellen Untersuchungen liegen in den speziellen Randbedingungen der Probenahmen 2019:

- Die Probe D1 vom 26.02.2019 entstammt einer Probenahme über einen Druckbehälter aus 600 m Tiefe. Sie repräsentiert die Verhältnisse „vor-Ort“ ohne Druckentlastung durch Pumpen bei der Probenahme.
- Die Proben PV1...PV4 entstammen einem Pumpversuch, der vom 05.03. bis 10.03.2019 zur geohydraulischen Überprüfung der Messstelle durchgeführt wurde. Sie repräsentieren während des Pumpversuchs unterschiedliche Entnahmestadien: PV1 (06.03.2019) und PV2 (08.03.2019) repräsentieren niedrige Entnahmemengen und haben im PV noch nicht zu einem Freifördern geführt. Dagegen repräsentieren die Proben PV3 (09.03.2019) und PV4 (10.03.2019) die wieder nahezu natürlichen Zulauf-randbedingungen.

2 Methodik isotopengeochemische Untersuchungen

2.1 Charakterisierung der Proben

Die Wasserproben D1, PV1-PV3 wiesen eine mehr oder weniger starke olivgrünlich-graue Trübung auf durch feinst verteiltes partikuläres Material. Probe PV4 wies eine braunrötliche Färbung auf, die auf Oxidationsvorgänge schließen ließ (Abb. 1). Ob diese Oxidation schon bei der Probenahme auftrat oder ob es ein Relikt der Lagerung ist, kann in diesem Zusammenhang nicht beurteilt werden.



Abbildung 1: Proben PV1-PV4

2.2 Probenbearbeitung

Aus den vorangegangenen Probenchargen TB Oe/E war bekannt, dass die Sulfatgehalte sehr gering sein können. Es zeigte sich, dass sich auch bei Einengung der stark NaCl-lastigen Wasserproben kein Sulfat ausfällen ließ. Deshalb wurde ein qualitativer Sulfattest mit BaCl_2 an jeweils 100 ml Probe durchgeführt, welcher anzeigen sollte, ob fällbares Sulfat vorhanden ist oder nicht. In den Proben D1, PV1 und PV2 wurde kein fällbares Sulfat nachgewiesen, in PV3 und PV4 konnte Sulfat ausgefällt werden (Abb. 2).

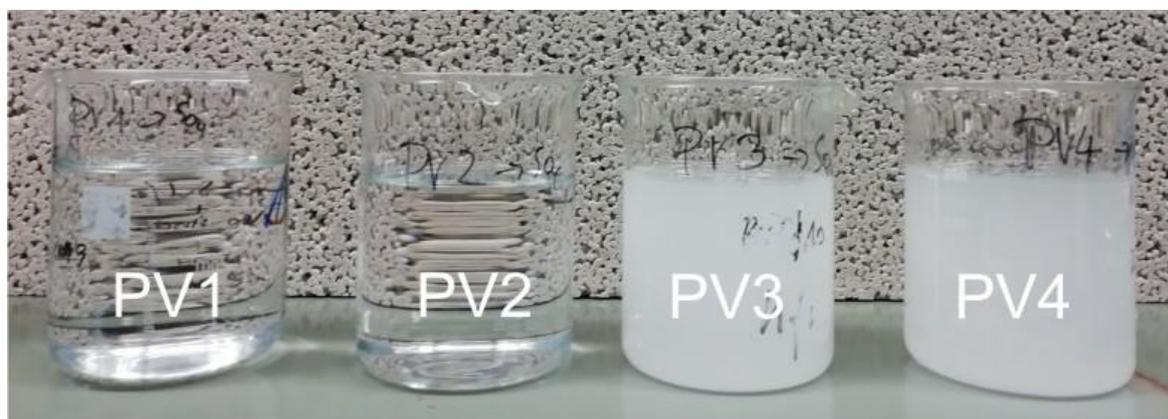


Abbildung 2: Tests auf fällbares Sulfat mittels angesäuerter BaCl_2 -Lösung in den Proben PV1 bis PV4

Aus den vorangegangenen Untersuchungen der Bohrung war bekannt, dass, selbst wenn kein Sulfat fällbar ist, geringe Mengen an partikulären Sulfiden enthalten sein können. Die Sulfide können durch Oxidation in Sulfate überführt werden, welches auf ^{34}S untersucht werden kann.

Probe D1, PV1 und PV2: Jeweils 600 ml der Probe D1, 5 Liter der Probe PV1 und 10 Liter der Probe PV2 wurden $0,45\ \mu\text{m}$ membranfiltriert, der schwarze Niederschlag getrocknet und anteilmäßig mit 10 ml 30%-igem H_2O_2 oxidiert, um mögliche feinverteilte Sulfide zu fällbarem

Sulfat zu konvertieren. Nach Membranfiltration und ansäuern der Lösung konnte mittels Zugabe von BaCl₂-Lösung weißes BaSO₄ ausgefällt werden.

Probe PV3 und PV4: Jeweils 200 ml der Proben PV3 und PV4 wurden 0,45 µm membranfiltriert, mit HCl angesäuert und durch Zugabe von BaCl₂-Lösung BaSO₄ ausgefällt (Abb. 2).

2.3 Isotopenanalysen - $\delta^{34}\text{S}$ / $\delta^{18}\text{O}$ am BaSO₄

Die Isotopenanalysen wurden im Isotopenlabor des Institutes für Grundwasserwirtschaft der TU Dresden, Helmholtzstr. 10, 01069 Dresden durchgeführt.

Die $\delta^{34}\text{S}$ -Analyse beruht auf der Verbrennung von BaSO₄ (200 - 300 µg) im He/O₂-Strom (+V₂O₅) eines Hochtemperaturofens (1020°C - Elementaranalysator iso link Thermo Fisher Scientific), wobei der Schwefel quantitativ zu SO₂ umgesetzt wird. Gemessen wird an einem IRMS Delta V plus (Thermo Fisher Scientific). Pro Probe werden 3 Wiederholungen gefahren. Die Proben werden sowohl gegen einen laborinternen SO₂-Gas-Standard und gegen die internationalen Standards IAEA-NBS127, -SO₅ und -SO₅ [CDT] gemessen. Die Reproduzierbarkeit der Analysen liegt bei $\leq 0.3\%$ Standardabweichung.

Die $\delta^{18}\text{O}$ -Analyse beruht auf der Hochtemperatur Pyrolyse des BaSO₄ in einem Kohlenstoff-Rohr (Glassy-Carbon-Tube), in welchem der Sauerstoff des Sulfates quantitativ zu CO umgesetzt wird. Ca. 400 µg BaSO₄ ($\pm 20\mu\text{g}$) werden in eine Ag-Kapsel eingewogen, mit etwa der gleichen Menge an Graphit versetzt und verschlossen. Das CO wird als Gas im He-Strom über den Elementaranalysator geführt und anschließend an einem IRMS Delta V plus (Thermo Fisher Scientific) gemessen. Pro Probe werden 3 Wiederholungen durchgeführt.

Die Proben werden sowohl gegen einen laborinternen CO-Gas-Standard und gegen die internationalen Standards IAEA-NBS127, -SO-5 und -SO-6 gemessen.

Die Reproduzierbarkeit der Analysen liegt bei $\leq 0.3\%$ Standardabweichung.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Präparations- und Messparameter zur Isotopenanalyse

Analytik	$\delta^{34}\text{S}$	$\delta^{18}\text{O}$
Probenpräparation:	BaSO ₄ -Fällung	
Messgeräte	EA iso link (Thermo Fisher Scientific) IRMS Delta V plus (Thermo Fisher Scientific)	
Messprinzip:	BaSO ₄ --> SO ₂	BaSO ₄ --> CO
Verbrennungstemperatur:	1020°C	1450°C
Reaktionsrohr:	Cu	Kohlenstoff
Probeneinwaage:	200 ± 20 µg/L	400 ± 20 µg/L
Kapseln:	Sn	Ag
Wiederholungen:	3fach	3fach
Reproduzierbarkeit:	≤ 0,3 ‰	≤ 0,3 ‰
Standards:		
IAEA-NBS 127 (BaSO ₄)	+20,3 ± 0,4 ‰	+9,3 ± 0,4 ‰
IAEA-SO-6 (BaSO ₄)	-34,1 ± 0,2 ‰	-10,2 ± 0,2 ‰
IAEA-SO-5 (BaSO ₄)	+0,5 ± 0,2 ‰	-12,7 ± 0,2 ‰

3 Ergebnisse isotopengeochemischer Untersuchungen

3.1 Partikuläre Anteile

Probe D1: Aus 600 ml Probe konnten 105 mg Feststoff abgetrennt werden. Die Aufbereitung des partikulären Anteils zu BaSO₄ ergab 36 mg BaSO₄, was einer Schwefelmenge von 4,9 mg Schwefel oder 22,7 mg/l als FeS-Äquivalent entspricht. Die Mengenangabe ist jedoch nicht repräsentativ, da die Probe speziell mit viel partikulärem Material entnommen wurde.

Probe PV1: Aus 5 Litern schwach trüber Lösung konnten 356 mg Feststoff abgetrennt werden. Die Aufbereitung des partikulären Anteils zu BaSO₄ ergab nur 7 mg BaSO₄, was einer Schwefelmenge von 1,6 mg Schwefel (0,32 mg/l S) oder 0,88 mg/l als FeS-Äquivalent entspricht. Die Mengenangabe ist repräsentativ, da sie unabhängig vom partikulären Material entnommen wurde. Die Menge an gefälltem BaSO₄ war zu gering, um an diesem die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte zu bestimmen.

Probe PV2: Aus 10 Litern schwach trüber Lösung konnten 1.003 mg Feststoff abgetrennt werden. Die Aufbereitung des partikulären Anteils zu BaSO₄ ergab 30,4 mg BaSO₄, was einer Schwefelmenge von 4,18 mg Schwefel (0,42 mg/l S) oder 1,15 mg/l als FeS entspricht. Die Mengenangabe ist repräsentativ, da sie unabhängig vom Anteil des partikulären Materials ent-

nommen wurde. Die Quantität an gefundenem Sulfidschwefel muss jedoch als variabel betrachtet werden, da keine Aussagen über die Aufwirbelung an Sediment bei der Probenahme bekannt sind.

3.2 Isotopenanalysen

Die folgenden historischen und aktuellen Daten der Grundwasserbohrung können gegenübergestellt werden:

Tabelle 2: Gegenüberstellung historischer und aktueller Daten

Probenbezeichnung	Sulfat			Sulfid		Analyse durch
	$\delta^{34}\text{S}$	$\delta^{18}\text{O}$		$\delta^{34}\text{S}$		
	[‰ ±0.3]		mg/l ⁽¹⁾	[‰ ±0.3]	mg/l S	
TB Oe/E (15.03.2011)	13.8	7.6	397.5			Erz&Stein
TB Oe/E (12.09.2011)	16.3	7.7	623.0			Erz&Stein
TB Oe/E (27.09.2012)	22.3	8.8	19.0			Erz&Stein
TB Oe/E (19.03.2013)	20.8	8.3	0.6	-7.2		Erz&Stein
TB Oe/E (22.04.2014)			< 0.5	-3.6		Erz&Stein
TB Oe/E (05.05.2015)			< 0.5			Erz&Stein
TB Oe/E (30.05.2016)			< 0.5			G.E.O.S.
TB Oe/E (26.03.2018)			< 0.5	-3.3		TU DD
Oelsnitz D1 (26.02.2019)			< 0.5	-1.5	8.27	TU DD
Oelsnitz 2019, PV2 (Sulfide)			< 0.5	-8.3	0.42	TU DD
Oelsnitz 2019, PV3 (SO4)	-0.9	4.8	395.5			TU DD
Oelsnitz 2019, PV4 (SO4)	0.1	4.5	366.7			TU DD

⁽¹⁾ die gravimetrisch ermittelten Sulfatkonzentrationen sind nicht exakt identisch mit den BfUL-Werten

In Tabelle 2 werden alle verfügbaren $\delta^{34}\text{S}/\delta^{18}\text{O}$ -Daten zur Grundwasserbohrung seit 2011 angegeben. Von 2011 bis 2018 konnte eine sukzessive Verringerung der Sulfatkonzentrationen durch mikrobielle Sulfatreduktion festgestellt werden. Ab 2013/2014 wurde im Wasser kaum bis kein gelöstes Sulfat über gravimetrische Fällung mehr nachgewiesen, jedoch kontinuierlich ansteigende Bariumgehalte. Dies kann erklärt werden durch das geringe Löslichkeitsprodukt von BaSO_4 . Barium, welches aus der Zersetzung von Feldspäten und Glimmern stammt, wird durch das allgemein anwesende Sulfat zu schwerlöslichem Bariumsulfat ausgefällt. Fehlt das Sulfat, verbleibt das Barium in Lösung. Die Anwesenheit von höheren Ba-Gehalten in den Wässern zeigt hierbei gleichzeitig wenig oder fehlendes Sulfat an.

Statt des Sulfates wurde der Schwefel in Form von Sulfiden partikulär ausgefällt, welche durch Sulfatreduktion entstanden und anschließend sedimentierten. Schwache Trübungen der Wasserproben von 2013 bis 2019, der Druckprobe D1, der Wasserproben PV1 und PV2 wiesen auf partikuläre Sulfide und andere Schwebstoffe hin. Aus dem partikulären Material wurde gemäß Kapitel 2.2 der Schwefel zu messbarem Bariumsulfat umgesetzt. Der größte Teil des partikulären Niederschlages bestand jedoch vermutlich aus feinverteilter Steinkohle. In der Probe vom 26.03.2018 konnten die C- und N-Gehalte mit 8,27 % C und 0,25 % N analysiert werden. Dies entspricht einem C/N-Verhältnis von 33 und deutet auf Steinkohlepartikel hin.

Die in Abb. 3 dargestellten Werte zeigen, dass mit Ausnahme im September 2011 die Sulfatkonzentrationen rückläufig waren und die $\delta^{34}\text{S}$ und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte anstiegen. Dies deutet eindeutig auf Sulfatreduktion hin. Parallel dazu wurden bei den folgenden Probenahmen nur noch fein verteilte Sulfide als Schwefelträger gefunden. Diese sind in den $\delta^{34}\text{S}$ -Werten durch Isotopenfraktionierungen typisch stark negativ gegenüber den korrespondierenden Sulfaten.

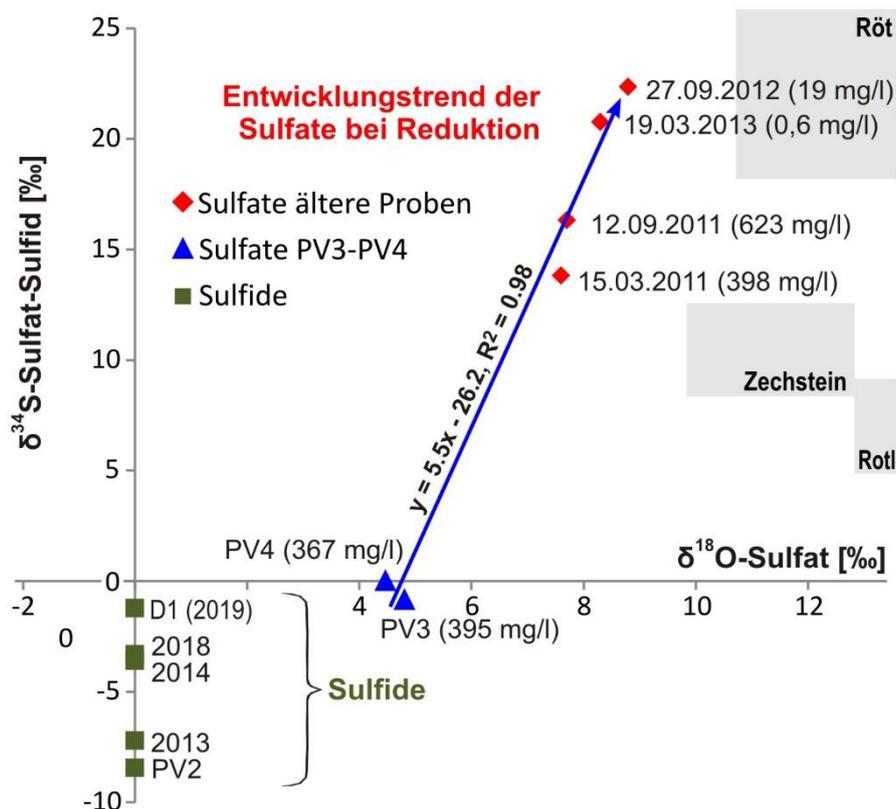


Abbildung 3: Darstellung der bisherigen Isotopendaten und Entwicklungsrichtung der Sulfate/Sulfide bei Sulfatreduktion der Grundwassermessstelle TB Oe/E

Bei den Probenahmen im Februar 2019 wurde wesentlich länger gepumpt als bei den vorhergehenden Beprobungen. In den Proben D1, PV1 und PV2 konnte neben den partikulären Sulfiden noch kein Sulfat nachgewiesen werden. Nach weiterem Pumpen änderten sich die physikalisch-chemischen Parameter (Leitfähigkeit, Redox, pH) mit Probe PV3 und PV4 und es trat wieder gelöstes Sulfat in der Größenordnung 360...400 mg/l auf (Abb. 3). An den Proben konnten beide stabile Isotopensignaturen analysiert werden. Diese bilden in der Verlängerung der Daten mit den historischen Werten eine gut korrelierende Trendgerade. Da die Sulfatkonzentrationen relativ „hoch“ ausfallen, könnten die $\delta^{34}\text{S}$ - und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte die Ausgangswerte der reduzierten Spezies darstellen (mit Ausnahme der Sulfatgehalte vom 12.09.2011 – 623 mg/l). Die hohen NaCl-Gehalte der Wässer indizieren eine Zuordnung der Sulfate zu klassischen Evaporiten. Deshalb wurden die am nächsten gelegenen Felder der triassischen und permischen Evaporite mit eingezeichnet. Eine Einordnung der Sulfate aus PV3 und PV4 in die bekannten Evaporite fällt jedoch negativ aus (zu eventuellen karbonischen Evaporiten liegen keine Daten vor).

Bisher gibt es keine Vergleichswerte der originalen Schwefelgehalte und $\delta^{34}\text{S}$ -Werte für die Steinkohlen. Die $\delta^{34}\text{S}$ -Werte würden unbeachtet der Herkunft aus der Steinkohle als oxidierte Sulfide mit den klassischen hydrothermalen Sulfiden übereinstimmen, welche Werte um 0 ± 5 ‰ aufweisen können.

Die Interpretation der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte in PV3 und PV4 würde bei Umsetzung der Sulfide zu Sulfaten eine mögliche mikrobielle Oxidation ergeben, was aus Abb. 3 bzw. 4 abgeleitet werden kann.

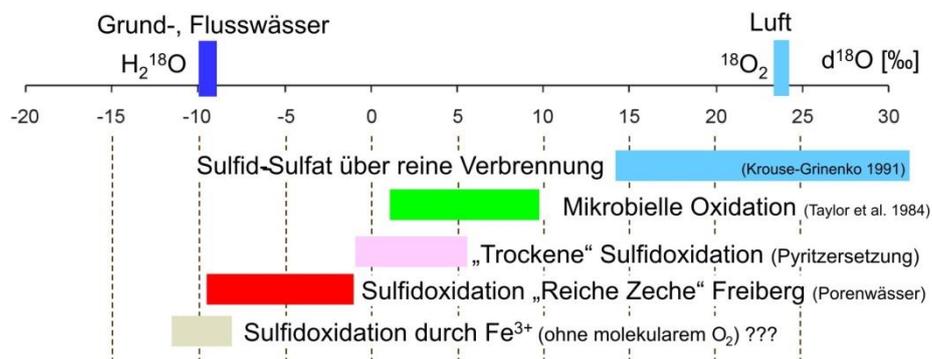


Abbildung 4: Darstellung typischer Streubreiten der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte bei Oxidation durch unterschiedliche Anteile von Wasser- oder Luftsauerstoff unter sterilen und mikrobiellen Bedingungen (Daten aus Haubrich, F., 2001)

Eine sterile Oxidation der Sulfide würde sich in stärker negativen $\delta^{18}\text{O}$ -Werten widerspiegeln. Da jedoch nicht geklärt werden kann, wie die vorliegenden Sulfate PV3 und PV4 gebildet wurden oder ob diese aus originalen Evaporiten stammen, bleibt deren Herkunft zurzeit noch spekulativ.

4 Zusammenfassung

Die geochemischen und isotopengeochemischen Daten zeigen, dass Sulfatreduktion im Bereich der Bohrung stattfindet. Die Abnahme der Sulfatkonzentrationen über die Jahre, Abwesenheit von Sulfat und Anwesenheit von partikulären Sulfiden in den letzten Proben bestätigen, dass Sulfat aktiv reduziert wurde.

Bei der Probenahme im Pumpversuch ab PV3 wurde möglicherweise ein abgeschlossenes Reservoir durchbrochen und es strömte „frisches“ Wasser zu, welches sich von den davor gewonnenen Wässern stark unterscheidet. Eine isotopengeochemische Zuordnung der „neuen Wässer“ anhand der $\delta^{34}\text{S}$ und $\delta^{18}\text{O}$ -Werte zu bekannten Schwefelquellen kann jedoch mit der derzeitigen Datenlage nicht durchgeführt werden. Eine Möglichkeit der Wissenserweiterung wäre die Analyse von Sulfaten/Sulfiden aus der Steinkohle direkt, welche bei der Herstellung der Grundwassermessstelle mit erbohrt wurden.

5 Literatur

Krouse, H. R. & Grinenko, V. A. (1991): Stable Isotopes: Natural and Anthropogenic Sulphur in the Environment (SCOPE 42), Wiley-Blackwell, ISBN-13: 978-0471926467.

Taylor, B. E., Wheeler, M. C. & Nordstrom, D. K. (1984). Oxygen and sulfur compositions of sulphate in acid mine drainage: evidence for oxidation mechanisms. *Nature*, 308: 538-541.

Haubrich, F. (2001): Schwefel- und Sauerstoffisotopen als Tracer für Wechselwirkungen zwischen Atmo-, Pedo-, Hydrosphäre und der Sulfiderzlagerstätte in der Region Freiberg. Dissertation, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Wissenschaftliche Mitteilungen des Inst. f. Geologie Band 17, ISSN 1433-1284, DOI: 10.13140/RG.2.1.4849.4963.

Anlage 15.1

**Isotopenuntersuchungen
an Gasphasen aus Druckproben**

Prüfbericht Hydroisotop

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Schwarze Kiefern 2

9633 Halsbrücke

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025
akkreditiertes Prüflaboratorium



Nach § 15 Abs. 4 TrinkwV 2001 zugelassene
Trinkwasseruntersuchungsstelle

Schweitenkirchen, 29.04.2019
Dr. Ei / JS

Prüfbericht Nr. 324014 - 324015

Blatt 1 von 4

Projekt:	GASE Tiefenschöpfer Ölsnitz		
Auftraggeber:	G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH		
Auftrag:	28.02.2019		
Probenart:	flüssig	Probenahme:	terratec
Laboreingang:	01.03.2019	Analytikbeginn:	01.03.2019
		Analytikende:	26.04.2019

Prüfparameter	Prüfergebnis		Einheit
	Probe 1	Probe 2	
PROBENBEZEICHNUNG			
Labornummer	324014	324015	
Probenahmedatum	26.02.2019	26.02.2019	

GASE

Wasserstoff	0,228	0,150	Nml/kg
Sauerstoff	< 0,01	< 0,01	Nml/kg
Stickstoff	97,6	43,2	Nml/kg
Kohlenstoffdioxid	2,05	0,81	Nml/kg
Methan	192,5	120,7	Nml/kg

Projekt: GASE Tiefenschöpfer Ölsnitz
 Auftraggeber: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
 Auftrag: 28.02.2019
 Probenart: flüssig Probenahme: terratec
 Laboreingang: 01.03.2019 Analytikbeginn: 01.03.2019
 Analytikende: 26.04.2019

Prüfparameter	Prüfergebnis		Einheit
	Probe 1	Probe 2	
PROBENBEZEICHNUNG			
Labornummer	324014	324015	
Probenahmedatum	26.02.2019	26.02.2019	

GASE

Ethan	2,197	1,480	Nml/kg
Propan	0,1177	0,0855	Nml/kg
Butan	0,0137	0,0109	Nml/kg
Ethen	< 0,0325	< 0,0188	Nml/kg
Helium	< 0,1626	< 0,094	Nml/kg
Argon	0,830	0,370	Nml/kg
Σ Gase	296	167	Nml/kg
Sauerstoff	6,18	4,32	Nml/kg

ISOTOPE

Stickstoff-15 ($\delta^{15}\text{N-N}_2$)	-1,8	n.b.	‰
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$)	-10,3	-	‰
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-CH}_4$)	-35,1	-	‰
Deuterium ($\delta^2\text{H-CH}_4$)	-249	n.b.	‰
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-C}_2\text{H}_6$)	-26,7	n.b.	‰
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-C}_3\text{H}_8$)	-32,4	n.b.	‰
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-i-C}_4\text{H}_{10}$)	-25,6	n.b.	‰
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-n-C}_4\text{H}_{10}$)	-25,0	n.b.	‰

Projekt: GASE Tiefenschöpfer Ölsnitz
Auftraggeber: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Prüfparameter**Prüfverfahren**

Gase	berechnet
Argon	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-WLD
Helium	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-WLD
Wasserstoff	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-WLD
Sauerstoff	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-WLD
Stickstoff	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-WLD
Kohlenstoffdioxid	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-WLD
Methan	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-FID
Ethan	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-FID
Propan	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-FID
Butan	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-FID
Ethen	QMA 504-2/15: 2007-04; Gaschromatographie GC-FID
Deuterium ($\delta^2\text{H-CH}_4$)	QMA504-2/4; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VSMOW-Std.: $1\sigma = \pm 10 \text{ ‰}$
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-CO}_2$)	QMA 504-2/6: 2012-02; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VPDB-Std.: $1\sigma = \pm 0,3 \text{ ‰}$
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-CH}_4$)	QMA504-2/16; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VPDB-Std.: $1\sigma = \pm 1,5 \text{ ‰}$
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-C}_2\text{H}_6$)	QMA504-2/16; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VPDB-Std.: $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-C}_3\text{H}_8$)	QMA504-2/16; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VPDB-Std.: $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-i-C}_4\text{H}_{10}$)	QMA504-2/16; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VPDB-Std.: $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$
Kohlenstoff-13 ($\delta^{13}\text{C-n-C}_4\text{H}_{10}$)	QMA504-2/16; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf VPDB-Std.: $1\sigma = \pm 0,5 \text{ ‰}$
Stickstoff-15 ($\delta^{15}\text{N-N}_2$)	QMA 504-2/8: 2002-04; Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS); bezogen auf AIR-Std.: $1\sigma = \pm 0,3 \text{ ‰}$

Projekt: GASE Tiefenschöpfer Ölsnitz
Auftraggeber: G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Legende

*	Analytik in Kooperation mit akkreditiertem bzw. qualifiziertem Prüflabor
n.b.	nicht bestimmt, Konzentration zu gering
<	für Messungen radioaktiver Parameter Angabe der Nachweisgrenze, für alle anderen Messungen Angabe der Bestimmungsgrenze
-	nicht beauftragt
x	qualifiziertes Verfahren mit ausstehender Akkreditierung

Anmerkungen

Die Prüfergebnisse beziehen sich nur auf die Prüfgegenstände.
Auch eine auszugsweise Veröffentlichung von Prüfergebnissen bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Hydroisotop GmbH.
Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der Hydroisotop GmbH.


Dr. Eichinger
(Geschäftsführer)
29.04.2019

Anlage 15.2

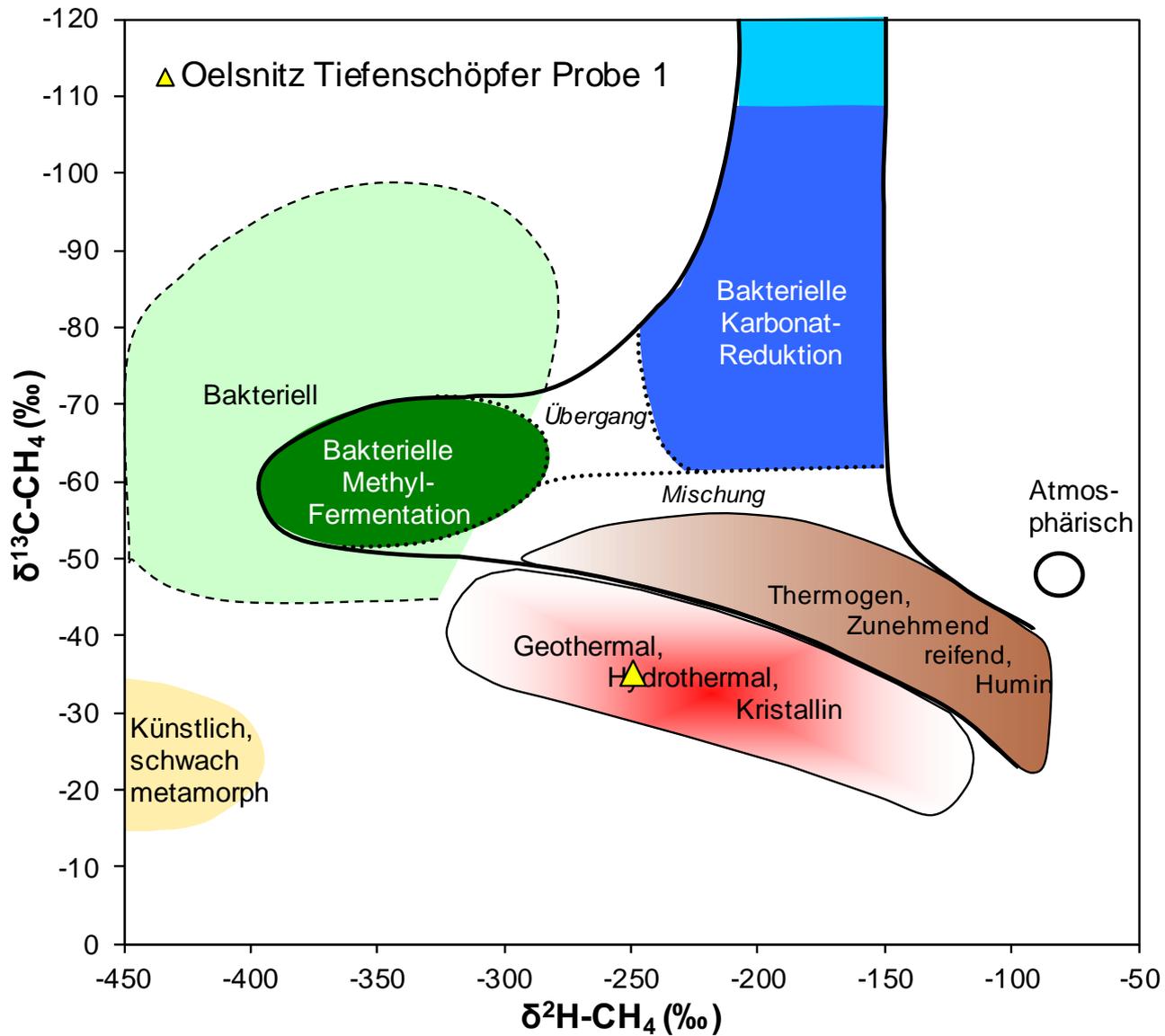
Isotopenuntersuchungen an Gasphasen aus Druckproben

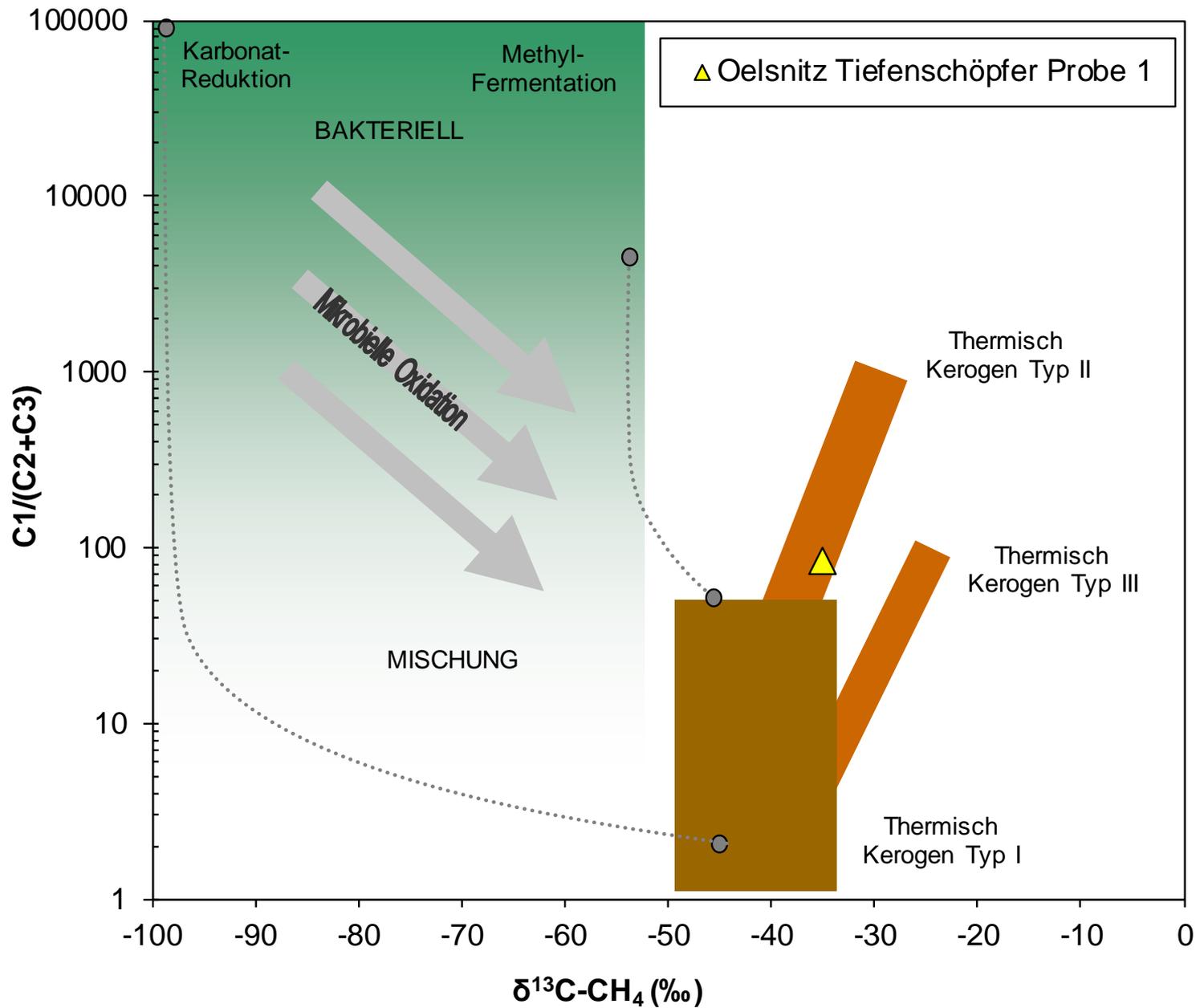
Interpretationsdiagramme

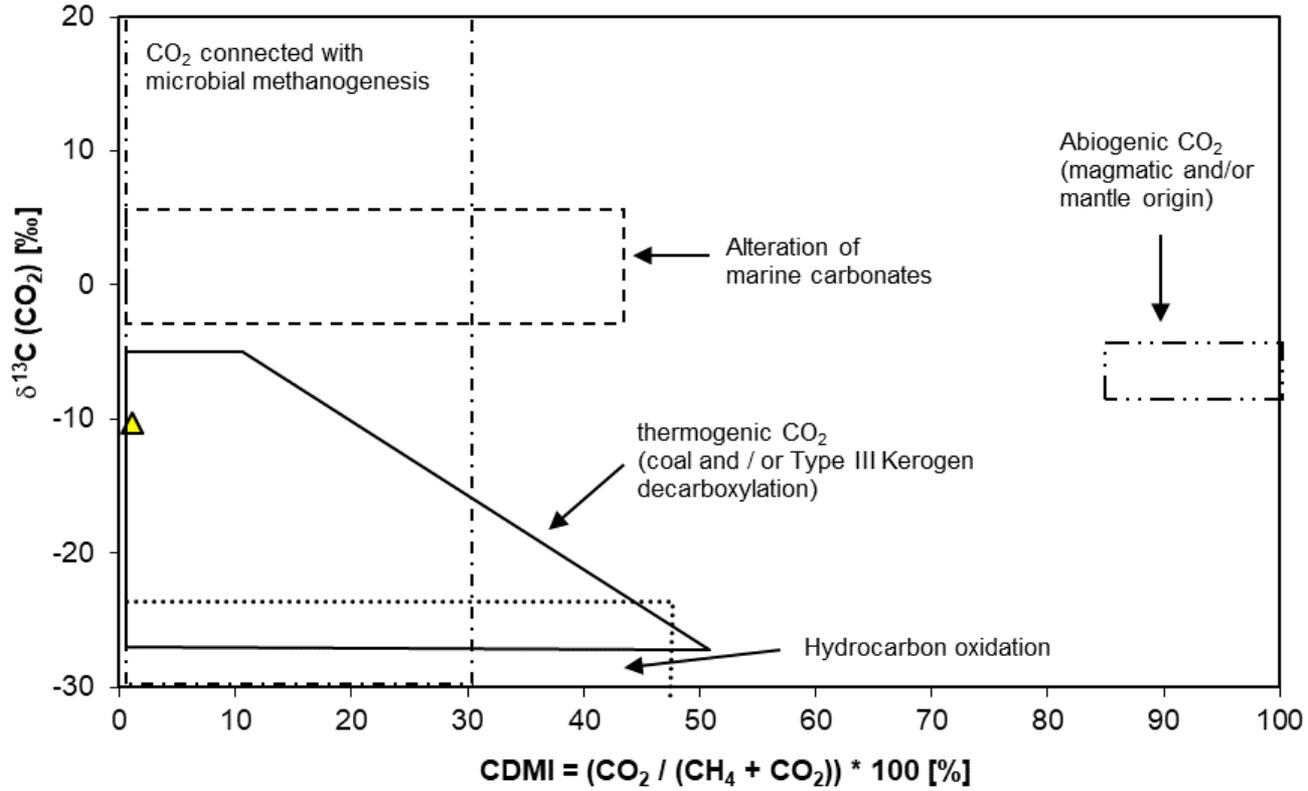
Labor-Nr.		324014	324015
		Probe 1	Probe 2
		26.02.2019	26.02.2019
Wasserstoff	Nml/kg	0,228	0,15
Sauerstoff	Nml/kg	< 0,01	< 0,01
Stickstoff	Nml/kg	97,6	43,2
Kohlenstoffdioxid	Nml/kg	2,05	0,81
Methan	Nml/kg	192,5	120,7
Ethan	Nml/kg	2,20	1,48
Propan	Nml/kg	0,12	0,09
Butan	Nml/kg	0,014	0,011
Ethen	Nml/kg	< 0,01	< 0,01
Helium	Nml/kg	< 0,01	< 0,01
Argon	Nml/kg	0,83	0,37
S*Gase	Nml/kg	296	167
N ₂ /Ar		118	117
C1/(C2+C3)		83	77

Labor-Nr.		324014	324015
		Probe 1	Probe 2
		26.02.2019	26.02.2019
Wasserstoff	Vol.%	0,08	0,09
Stickstoff	Vol.%	32,97	25,87
Kohlenstoffdioxid	Vol.%	0,69	0,49
Methan	Vol.%	65,03	72,28
Ethan	Vol.%	0,74	0,89
Propan	Vol.%	0,04	0,05
Butan	Vol.%	0,01	0,01
Ethen	Vol.%	< 0,01	< 0,01
Helium	Vol.%	< 0,01	< 0,01
Argon	Vol.%	0,28	0,22

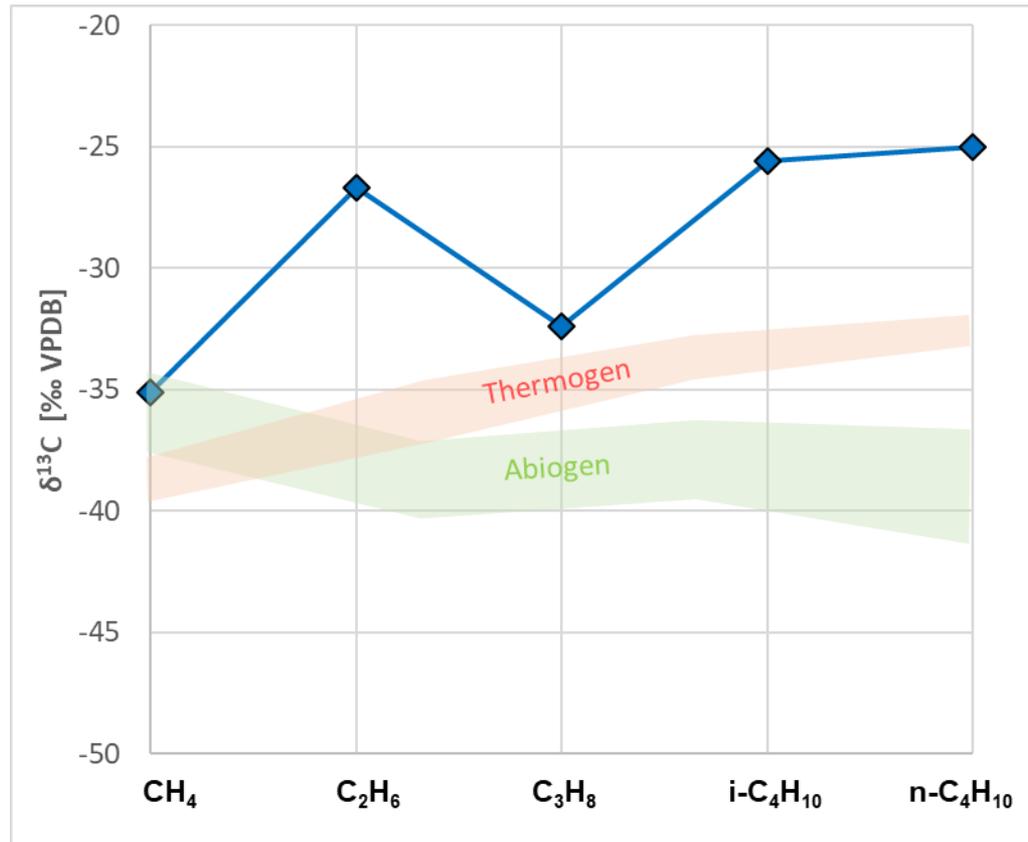
Labor-Nr.		324014
		Probe 1
		26.02.2019
δ ¹⁵ N-N ₂	‰-Air	-1,8
δ ¹³ C-CO ₂	‰ V-PDB	-10,3
δ ¹³ C-CH ₄	‰ V-PDB	-35,1
δ ² H-CH ₄	‰ V-SMOW	-249
δ ¹³ C-C ₂ H ₆	‰ V-PDB	-26,7
δ ¹³ C-C ₃ H ₈	‰ V-PDB	-32,4
δ ¹³ C-i-C ₄ H ₁₀	‰ V-PDB	-25,6
δ ¹³ C-n-C ₄ H ₁₀	‰ V-PDB	-25







▲ Oelsnitz Tiefenschöpfer Probe 1

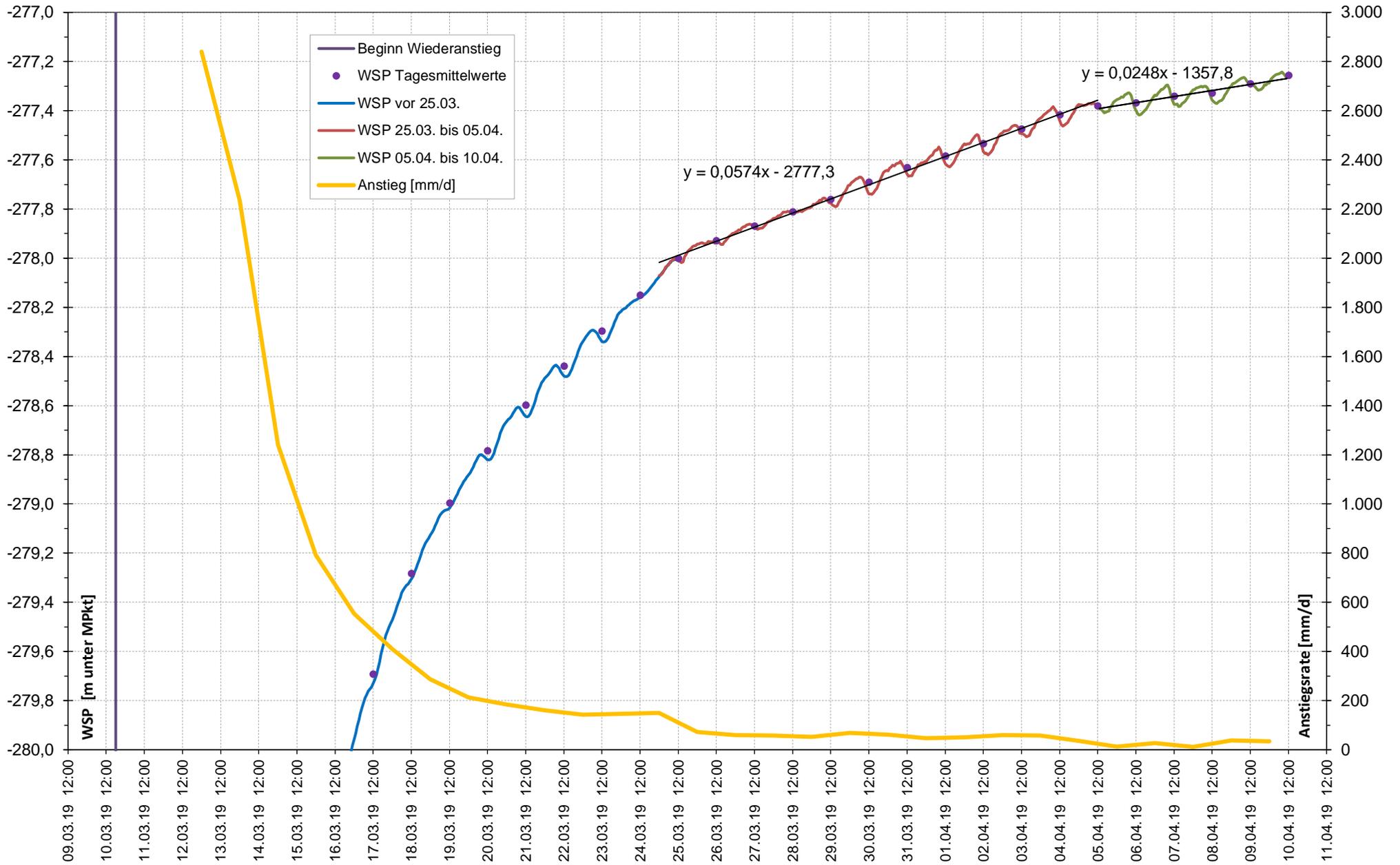


Anlage 16

**Pumpversuch Oelsnitz
Analyse des Wiederanstiegs**

Pumpversuch Oelsnitz - Analyse des Wiederanstiegs

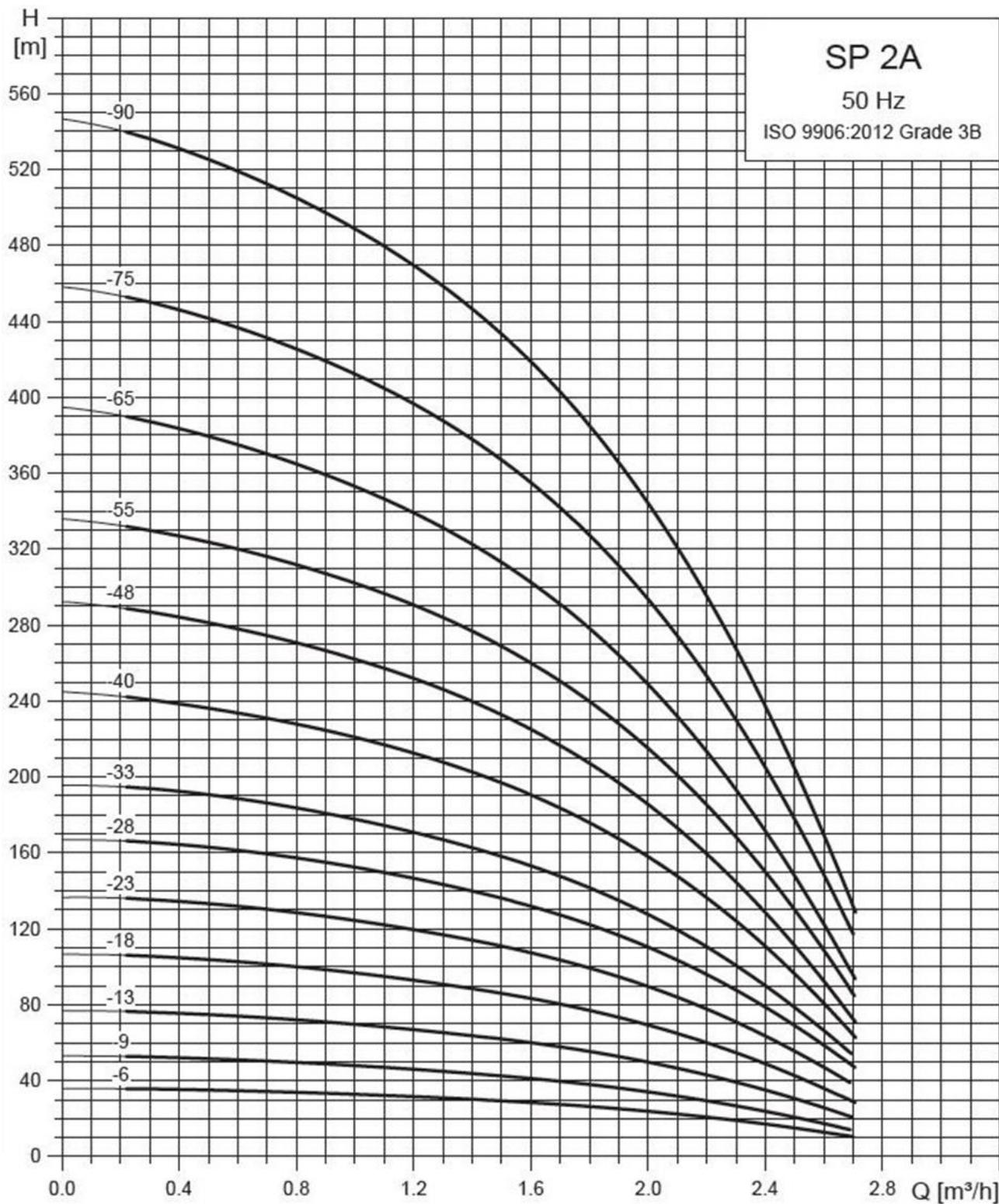
Wiederanstieg



Anlage 17

Pumpenkennlinien

Grundfos SP-2A



KSB UPachrom 100-2

