



VitaMin – Leben mit dem Bergbau

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**

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

Bearbeitung: HGC Hydro-Geo-Consult GmbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke

Ansprechpartner AN: Herr Dr. Abraham
Tel.: 03731-369-339

Halsbrücke, Dezember 2018

Dr. Abraham

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Angaben zum Vorhaben und Arbeitsschwerpunkte	4
2	Analyse der Entwicklung des ansteigenden Flutungswasserspiegels	5
3	Analyse der Entwicklung der Flutungswasserqualität	6
3.1	Darstellung der vorliegenden chemischen Analysen	6
3.2	Bewertung der vorliegenden chemischen Analysen	6
3.2.1	Auswertung über Ganglinien (Trendauswertungen)	6
3.2.2	Auswertung über hydrogenetische Darstellungen (STIFF-Diagramme)	9
3.3	Kontrollanalytik 2018	10
3.4	Untersuchung der Gasphasen im Grubenwasser	11
4	Ergebnisse der isotopenhydrogeologischen Untersuchungen	12
4.1	Aktuelle Messwerte 2018	12
4.2	Bewertung der Ergebnisse	13
4.2.1	Tritium	13
4.2.2	Stabile Isotope $\delta^2\text{H}$ und $\delta^{18}\text{O}$ im Wasser	13
4.2.3	^{14}C und $\delta^{13}\text{C}$	14
4.2.4	Schwefel-Isotope	14
4.2.5	Edelgas-Isotope	15
5	Hegebach und Haldensickerwässer	16
5.1	Untersuchungsprogramm 2018	16
5.2	Ergebnisse 2018	17
5.2.1	Teilgebiet 1 – Oelsnitz, Bereich Deutschland-Schacht-Halden	17
5.2.2	Teilgebiet 2 – Oelsnitz, Bereich Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde	18
5.2.3	Teilgebiet 3 – Lugau, Bereich Nebenstrom-1	19
5.2.4	Teilgebiet 4 – Lugau, Bereich Nebenstrom 2	20
5.2.5	Status Hegebach – Vergleich Gebietseingang / Gebietsausgang	21
5.3	Vergleich der Ergebnisse 2018 mit früheren Daten	21
6	Mögliche Nutzungen von Inhaltsstoffen der bergbaubedingten Wässer	22
6.1	Hochmineralisiertes Grubenwasser (Sole)	22
6.1.1	Mögliche balneologische Nutzung	22
6.1.2	Mögliche alternative Mitnutzung – Salzgewinnung	23
6.1.3	Mögliche industrielle Nutzung – Winterdienst	24
6.2	Haldensickerwässer	26
7	Fazit und Ausblick auf weiterführende Bearbeitungsschritte	27

Anlagenverzeichnis

Komplex I Grubenwasser

- Anlage 1 Wasserspiegelenwicklung des gefluteten Grubenwassers
- Anlage 2 Hydrochemischer Status des gefluteten Grubenwassers
 - Anlage 2.1 Tabelle – Darstellung der Einzelanalysen
 - Anlage 2.2 Diagramme – Konzentrationsentwicklungen von Einzelementen
- Anlage 3 Hydrochemische Kontrollanalytik 2018 der Stadt Oelsnitz
 - Anlage 3.1 Analysenprotokoll Hydrochemie (Eurofins, 26.03.2018)
 - Anlage 3.2 Analysenprotokoll Gasphasenuntersuchung (Eurofins, 26.03.2018)
- Anlage 4 Isotopenhydrogeologischer Status des gefluteten Grubenwassers
 - Anlage 4.1 Tabelle – bisherige Untersuchungsergebnisse
 - Anlage 4.2 Auswertemodellrechnungen Tritium-Ergebnisse (Ermittlung der Altersstruktur)
 - Anlage 4.3 Auswertediagramm der $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ -Ergebnisse (CRAIG-Diagramm)

Komplex II Hegebach und Haldensickerwässer

- Anlage 5 Übersichtskarte mit Darstellung der einzeln betrachteten Teilgebiete
- Anlage 6 Tabelle – Darstellung der hydrochemischen Analyseergebnisse 2018
- Anlage 7 Untersuchungsergebnisse für die Teilgebiete
 - Anlage 7.1 Teilgebiet 1: Oelsnitz, Bereich Deutschlandschachthalden
 - Anlage 7.2 Teilgebiet 2: Oelsnitz, Bereich Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde
 - Anlage 7.3 Teilgebiet 3: Lugau, Bereich Nebenstrom 1
 - Anlage 7.4 Teilgebiet 4: Lugau, Bereich Nebenstrom 2
- Anlage 8 Status Hegebach - Vergleich Gebietseingang / Gebietsausgang
- Anlage 9 Vergleich der Untersuchungsergebnisse 2013 gegen 2018
 - Anlage 9.1 Messstellen Hegebach
 - Anlage 9.2 Messstellen Haldensickerwässer
 - Anlage 9.3 Messstellen Nebenströme
- Anlage 10 Analysenprotokolle der Untersuchungskampagne 2018

1 Allgemeine Angaben zum Vorhaben und Arbeitsschwerpunkte

Die vorliegende Bearbeitung wurde durch die Stadt Oelsnitz als Auftraggeber im Rahmen des VitaMin-Projekts - *Leben mit dem Bergbau* initiiert.

Bei „VitaMin“ 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 VitaMin-Programms sind das Sächsische 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 wichtiger Aspekt dabei ist das tiefe Grund-/Grubenwasser, das die früheren bergbaulichen Abbaubereiche aktuell fortschreitend flutet und das somit kontinuierlich ansteigt. Es ist wichtig, verlässliche Informationen zu diesen Flutungswässern zu generieren, zu sammeln und auszuwerten. Dies betrifft sowohl den Anstiegsverlauf des Flutungswasserspiegels, als auch die hydrochemische Zusammensetzung des ansteigenden Grubenwassers, deren (hydro-)genetische Besonderheiten und/oder deren altersstrukturelle Zusammensetzung. Mit dem vorliegenden Projekt werden zum Schwerpunkt tiefe Grund-/Grubenwässer die an unterschiedlichen Institutionen generierten Daten zusammengetragen, gemeinsam betrachtet und mit eigenen Untersuchungen aktualisiert.

Zur Überwachung der Flutungswässer steht im Zentrum des ehemaligen Oelsnitzer Teilreviers eine tiefe Grundwassermessstelle zur Verfügung (Hy Sie 1A/2003). Unter der MKZ G52426003 ist diese auch in das staatliche Messnetz Grundwasserüberwachung des LfULG eingebunden. Sie erschließt in -634 m unter GOK die karbonischen Steinkohlenflöze, also die früheren Abbaubereiche mit den dort anstehenden Grubenwässern.

Ein zweiter Aspekt und notwendiger lokaler Untersuchungsschwerpunkt liegt in der Haldenlandschaft in und um Oelsnitz begründet. Als Hinterlassenschaften der früheren Bergbauperioden sind die reviertypischen Haldenkomplexe durch eigenständige gesteinspezifische und stoffliche Besonderheiten gekennzeichnet. Sowohl deren petrographische, wie auch mineralogische, lithologische oder pedologische Prägungen wirken direkt auf die Hydrochemie der sich dort bildenden Haldensickerwässer. Diese bilden mit dem Hegebach als gesamtgebietlichem Vorfluter ein gemeinsames lokales Abflusssystem Oberflächenwasser. Mit den im Rahmen des Projekts durchgeführten Untersuchungen zum Status der Haldensickerwässer sollen frühere Messkampagnen aktualisiert werden.

Der dritte Aspekt im Projektinhalt bezieht sich auf Ansätze zu einer möglichen Nutzung der Inhaltsstoffe des Grubenwassers oder auch der Haldensickerwässer. Voraussetzung dafür sind neben rechtlichen Randbedingungen beispielsweise auch Aussagen zur Herkunft der die Flutung steuernden Wässer, zu deren Systematik und Genetik und insbesondere auch zur Nachhaltigkeit in ihrer hydrochemischen Prägung. Nutzbare Potenziale des Grubenwassers sollten sich insbesondere über die sog. bergfreien Bodenschätze „Sole“ und „Erdwärme“ ergeben. Sowohl balneologische wie auch industrielle Nutzungen sind denkbar. Insbesondere der vergleichsweise sehr hohe

Salzgehalt des Gruben-/Flutungswassers rückt in den Mittelpunkt der hier durchgeführten Untersuchungen und Bewertungen.

2 Analyse der Entwicklung des ansteigenden Flutungswasserspiegels

Die tiefe Grundwassermessstelle Hy Sie 1A/2003 in Oelsnitz wird als Referenzmessstelle für das Karbon im staatlichen Monitoringprogramm Grundwasser des Sächs. LfULG zur Überwachung der Grundwasserstände (hier des Flutungswasserspiegels) betrieben.

Die Wasserspiegelentwicklung des gefluteten Grubenwassers ist in der Anlage I dargestellt. Die Daten entstammen einer kontinuierlichen Drucksondenaufzeichnung. Das erste Diagramm stellt den Gesamtzeitraum 2006...2018 mit eng getakteter, 15-min Aufzeichnungsamplitude dar. Das zweite Diagramm zeigt die Tagesmittelwerte für den Zeitraum ab 2013. Die in den Kurvenverläufen sichtbaren Absenkreaktionen sind auf Probenahmezyklen bzw. Pumptests zurückzuführen.

→ Anlage 1

Die automatische Aufzeichnung des Wasserspiegels endet vorerst am 19.10.2018 mit dem Ausbau der Messeinrichtung zu Revisionszwecken. Es ist vorgesehen, die Aufzeichnung in 2019 wieder aufzunehmen.

Der letzte ermittelte Wasserspiegel entstammt einer Handmessung vom 05.12.2018. Dabei wurde ein Wert von -282,48 m gemessen (m unter Messpunkt). Dies entspricht einer NHN-basierten Höhe von 84,80 m.

Die nachfolgende Tabelle zeigt den Anstiegsverlauf des Flutungswasserspiegels in einer statistischen Auswertung, basierend auf den Jahreshauptzahlen:

Zeit			Jahressummen		Durchschnittswerte	
Jahr	n Monate	n Tage	Σ cm/Jahr	Σ m/Jahr	Ø m/Monat	Ø mm/Tag
2006	6	184	488	4,88	0,81	27
2007	12	365	816	8,16	0,68	22
2008	12	366	1.062	10,62	0,89	29
2009	12	365	822	8,22	0,69	23
2010	12	365	1.256	12,56	1,05	34
2011	12	365	1.059	10,59	0,88	29
2012	12	366	961	9,61	0,80	26
2013	12	365	922	9,22	0,77	25
2014	12	365	962	9,62	0,80	26
2015	12	365	1.089	10,89	0,91	30
2016	12	366	1.358	13,58	1,13	37
2017	12	365	1.372	13,72	1,14	38
2018	9	273	1.083	10,83	1,20	40

In dieser langzeitlichen Analyse der Wasserspiegeldaten sind folgende Entwicklungen sichtbar und zusammenzufassen:

- Der Anstiegsverlauf des tiefen Grundwassers erfolgte seit Beginn der Aufzeichnung 2006 nicht gleichmäßig.
- In den letzten Jahren ab 2015 sind wieder signifikante Zunahmen in den Anstiegsamplituden festzustellen.
- Aktuell (2018) beträgt der Anstieg des Flutungswasserspiegels im Durchschnitt 4,0 cm/d, das sind beispielsweise über 50 % mehr als die Mittelwerte der davor liegenden Zeitspanne 2012/2014, die durch Anstiege im Größenbereich von 2,5...2,6 cm/d gekennzeichnet war.

3 Analyse der Entwicklung der Flutungswasserqualität

3.1 Darstellung der vorliegenden chemischen Analysen

Die tiefe Grundwassermessstelle Hy Sie 1A/2003 in Oelsnitz wird als Referenzmessstelle im staatlichen Überwachungsprogramm Grundwasser auch im Sinne einer Beschaffenheitsmessstelle betrieben. Die laufenden - aktuell 1x jährlichen Beprobungen werden durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL, ehemals UBG) abgewickelt.

Analytiklabor für diese Untersuchungen ist die BfUL.

In der Anlage 2.1 sind die einzelnen Analysenbefunde für das Oelsnitzer Grubenwassers in einer Übersichtstabelle jeweils als Gesamtanalysen zusammengestellt. Es wird deutlich, dass bereits seit vielen Jahren routinemäßig ein sehr breites Analysespektrum untersucht wird. Die Untersuchungen gehen bis auf das Jahr 2006 zurück. Ab diesem Zeitraum sind sie als belastbar einzustufen und werden nicht mehr durch Einflüsse und Fremdwässer aus der Zeit der Errichtung der Messstelle überprägt.

→ Anlage 2.1

3.2 Bewertung der vorliegenden chemischen Analysen

3.2.1 Auswertung über Ganglinien (Trendauswertungen)

Die Trendauswertungen 2006-2018 sind in den Diagrammen der Anlage 2.2 dargestellt:

→ Anlage 2.2

* *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. Es steht zu konstatieren, dass die die Flutung bestimmenden Wässer hoch mineralisiert sind.

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

Der pH-Wert ist für die Gesamtkurve 2006...2018 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 eingeepegelt. Aktuell (2018) ist mit einem Wert von 6,7 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 eine sehr deutliche Zunahme des oxidativen Charakters an.

* *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 aktuell 2018 in etwa gleichbleibend.

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.

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. Aktuell wurden in 03-2018 noch 37 mg/l ermittelt. 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.

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. Aktuell in 2018 wird ein Anstieg auf wieder 29 mg/l verzeichnet. Generell gilt für das Eisen, dass es 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 aktuell 2018 mit einer jeweiligen ca. Konzentrationsverdopplung (natürlich aber im unterschiedlichen Konzentrationsbereich). Es ist naheliegend, dass die die Flutung steuernden zuzitenden Wässer stark durch beide Anionen geprägt sind.

Dagegen nimmt die Sulfat-Konzentration im 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. Biologische Abbaureaktionen sind hier 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. Aktuell in 2018 sind 140 mg/l dokumentiert. 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 Affinität auf. Es könnte vermutet werden, dass die Hydrogenkarbonat-Gehalte in ihrer Genese durchaus mit den Magnesium-Gehalten gekoppelt sind.

Hydrogenkarbonat spielt anteilig nur am Beginn der Untersuchungsreihe eine geringe Rolle und seit 2012 praktisch keine mehr. Gleiches gilt für den stetig rückläufigen Sulfat-Anteil.

3.3 Kontrollanalytik 2018

Neben den in den Kapiteln 3.1 und 3.2 abgehandelten jährlichen Untersuchungen des Grubenwassers durch die BfUL wurde in 2018 auch eine Kontrollanalyse unter spezieller Berücksichtigung der Anforderungen beim analytischen Handling hochsalinärer Wässer durchgeführt, wie sie ähnlich z.B. auch bei Heilwasseruntersuchungen gestellt sind. Darüber hinaus wurden zur weiteren Klärung des Schwefel-Status auch die Sulfid-Gehalte mit analysiert.

Die Probenahme erfolgte durch HGC, zeitgleich mit der 2018er BfUL-Beprobung (26.03.2018). Die zugehörige Analytik wurde im Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH, Hilbersdorf ausgeführt. Ein direkter Vergleich beider Untersuchungen ist somit möglich.

Die zugehörigen Analysenergebnisse sind im Detail in der Anlage 3.1 beigefügt.

→ Anlage 3.1

Für wertbestimmende Inhaltsstoffe zeigt sich folgendes Vergleichsbild:

Oelsnitz/E.		BfUL-Analytik					Eurofins 26.03.18	% Abw.
		22.04.14	05.05.15	31.05.16	17.05.17	26.03.18		
Laborparameter - 1	Einheit							
Natrium	mg/l	6.100	6.800	6.800	7.200	7.000	6.970	0
Kalium	mg/l	80	90	75	82	76	79,2	4
Calcium	mg/l	1.900	2.500	2.400	2.400	2.000	2.550	28
Magnesium	mg/l	800	660	600	670	730	704	-4
Barium	mg/l	110	92	55	58	37	45	22
Strontium	mg/l	47	59	53	57	44	60,8	38
Lithium	mg/l	3,1	2,6	2,6	1,7	2,6	3,31	27
Bor	mg/l	0,70	0,60	0,87	0,85	0,96	1,11	16
Borat	mg/l						6,0	
Eisen -ges.	mg/l	16	11	13	14	29	30,6	6
Eisen -II	mg/l	17	11	18	17	34	26,3	-23
Mangan	mg/l	3,7	3,6	1,9	2,1	3,1	3,3	6
Chlorid	mg/l	15.000	17.000	17.000	18.000	19.000	18.000	-5
Sulfat	mg/l	11	2	1	1	3	7,8	160
Sulfid, leicht freisetzbar	mg/l						0,05	
Sulfid, gelöst	mg/l						0,15	
Hydrogencarbonat	mg/l	120	57	67	65	140	74	-47
Bromid	mg/l	190	280	230	260	240	300	25
Iodid	mg/l						<1	
Fluorid	mg/l	0,4	0,05	0,7	0,06	0,10	<2	
Stickstoff -ges. (TNb)	mg/l	3,9	4,4	4,5	4,3	4,1		
Nitrit	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	0,11	0,12		
Nitrat	mg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<1	
Ammonium	mg/l	5,1	4,8	5,8	6,4	6,4	6,1	-5
ortho-Phosphat	mg/l	0,052	0,110	<0,031	0,19	0,17	0,61	259
Silicium	mg/l	1,7	0,7	1,2	1,3	2,1	3,31	58
Silikat (Siliciumdioxid)	mg/l	3,6	1,5	2,6	2,8	4,6	7,07	54

Die Analysenabweichungen werden in % dargestellt. Abweichungen als Konzentrationserhöhung sind grün dargestellt. Abweichungen als Verringerung der Konzentration sind rot dargestellt. Die z.T. extrem unterschiedlichen Größenordnungen der Messwerte der Einzelemente sind allerdings zu berücksichtigen.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass die Spezialanalytik die Ergebnisse der routinemäßigen BfUL-Untersuchung weitgehend bestätigt. Tendenziell werden in der BfUL-Analytik die Einzelwerte offensichtlich eher etwas niedriger ermittelt.

Bei den besonders wertbestimmenden Elementen sind die kationaren plus-Abweichungen beim Calcium sowie auch bei Barium und Strontium augenfällig. Auf der Anionenseite gilt gleiches für das Bromid, während für das Hydrogenkarbonat eine signifikante minus-Abweichung zu konstatieren ist.

Die Sulfat-Ergebnisse sind in beiden Analysen mit einem kleinen Fragezeichen zu versehen. Bei den Präparationen für die Isotopenuntersuchungen auf $\delta^{34}\text{S}$ konnte aus dem beprobten Wasser kein Sulfat gefällt werden.

Die in der Eurofins-Analyse zusätzlich mit untersuchten Sulfide zeigen für die gelöste Spezies einen Messbefund bei 0,15 mg/l. Dies wiederum korreliert mit den isotopischen Untersuchungen auf $\delta^{34}\text{S}$, für die geringe Mengen an partikulärem Sulfid-Schwefel separiert werden konnten.

3.4 Untersuchung der Gasphasen im Grubenwasser

Eine Besonderheit in der Zusammensetzung des Oelsnitzer Grubenwassers ist seine vergleichsweise sehr hohe Gasfracht beim Abpumpen. Sie entwickelt sich aus der Druckentlastung der gelösten Gase. Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde diese Gasfracht mit untersucht.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen auf gelöste Gase im Grubenwasser sind im beiliegenden Laborbericht der Eurofins Umwelt Ost GmbH, Hilbersdorf in der Anlage 3.2 dargestellt.

→ Anlage 3.2

Ein Vergleich mit früheren diesbezüglichen Untersuchungen zeigt die nachfolgende Tabelle:

Oelsnitz/E.		Eurofins		
		31.05.2016	17.05.2017	26.03.2018
Feldparameter	Einheit			
ph-Wert		7,26	7,27	6,72
Leitfähigkeit	µS/cm	46.598	45.902	46.356
Redox	mV	88	62	100
Sauerstoff	mg/l	0,71	0,55	3,99
Temperatur	°C	19,7	20,4	19,1
Gase				
Argon	Vol-%	6,1	8,4	10,5
Kohlenstoffdioxid	Vol-%	4,1	13,2	26,7
Methan	Vol-%	59,2	28,1	33,3
Kohlenstoffmonoxid	Vol-%	<0,5	<0,2	<0,1
Wasserstoff	Vol-%	<0,5	<0,1	<0,1
Stickstoff	Vol-%	30,6	50,3	29,5
Schwefelwasserstoff	ppm	<7	<7	<7
Sauerstoff	Vol-%	<0,5	<0,1	<0,1

Die im Grubenwasser hauptsächlich gelöst vorliegenden Gase sind Stickstoff und Methan, dazu zunehmend Kohlenstoffdioxid mit inzwischen auch knapp 30 Vol-% sowie ebenfalls zunehmend Argon auf aktuell etwa 10 Vol-%.

Schwefelwasserstoff spielt bei der Zusammensetzung der Gasphasen keine Rolle. Gleiches gilt für den Gehalt an gelöstem Sauerstoff im Grubenwasser. Letzterer steht mit dem 2018er Befund in einem scheinbaren Widerspruch zum vor-Ort-gemessenen Wert bei der Probenahme mit dortigem Anstieg 2018 auf 4 mg/l. Hier wäre in der Untersuchung der Gasphase ein höherer (messbarer) Vol-% Anteil bei Sauerstoff durchaus erwartbar gewesen.

Die Messbefunde zu den gelösten Gasen stehen im Einklang mit den hydrochemischen Befunden und den bekannten Milieurangbedingungen.

Die Verteilung der einzelnen Gasphasen stellt sich über die insgesamt vorliegenden drei Jahresanalysen nicht als „stabil“ dar. Es wird empfohlen, diese Messreihe fortzuführen, um auch die Schwankungsamplituden einzelner Messwerte mit betrachten und bewerten zu können, und insgesamt zu einer höheren Aussagesicherheit zu gelangen.

4 Ergebnisse der isotopehydrogeologischen Untersuchungen

Isotopehydrogeologische Untersuchungen werden seit Bestehen der Messstelle seit 2004 durchgeführt. Ihre Zielstellung liegt in der Ermittlung altersstruktureller Aussagen sowie genetischer Informationen. Die vorliegenden Ergebnisse sind mit Stand 2017 in /Lit. 1/ zusammengefasst.

/Lit. 1/ Ergebnisbericht Monitoring 2017: Weiterführung der isotopehydrogeologischen Untersuchungen des Grundwassers am Standort der Tiefbohrung Oelsnitz/Erzgebirge. HGC Hydro-Geo-Consult GmbH, Halsbrücke, im Auftrag des LfULG, 11-2017

Diese vorliegenden Untersuchungen sollten im Rahmen des Projekts mit einer eigenen Messkampagne für 2018 inhaltlich fortgesetzt und gezielt ergänzt werden. Spezielles Augenmerk sollte auf die bisher nur untergeordnet analysierten Edelgase sowie den Schwefel-Status gelegt werden.

4.1 Aktuelle Messwerte 2018

Das für 2018 festgelegte Untersuchungsprogramm stellt sich mit den Ergebnissen dar:

^3H (Tritium)	<0,61	T.E.	(Labor: VKTA Rossendorf, Felsenkeller)
$\delta^2\text{H}$ (Deuterium)	$-45,4 \pm 1$	‰	(Labor: Hydroisotop)
$\delta^{18}\text{O}$	$-7,31 \pm 0,1$	‰	(Labor: Hydroisotop)
$\delta^{13}\text{C}$	$-13,9 \pm 0,3$	‰	(Labor: Hydroisotop)
^{14}C	$12,3 \pm 1,7$	pmC	(Labor: Hydroisotop)
$\delta^{34}\text{S}_{[\text{SO}_4]}$	Messung o.B.	‰	(G.E.O.S. / Labor: TU DD)
$\delta^{18}\text{O}_{[\text{SO}_4]}$	Messung o.B.	‰	(G.E.O.S. / Labor: TU DD)
$\delta^{34}\text{S}_{[\text{Sulfid, partikulär}]}$	$-3,3 \pm 0,3$	‰	(G.E.O.S. / Labor: TU DD)
^3H (Tritium, He)			
^3He	$1,12 \cdot 10^{-9}$	Nml/kg	(Labor: helis, Uni Bremen)
^4He	$8,04 \cdot 10^{-3}$	Nml/kg	(Labor: helis, Uni Bremen)

Ne/He	0,033	(Labor: helis, Uni Bremen)
$^3\text{He}/^4\text{He}$	$1,39 \cdot 10^{-7}$	(Labor: helis, Uni Bremen)

4.2 Bewertung der Ergebnisse

Die bisher an der Tiefbohrung Oelsnitz durchgeführten isotopenhydrogeologischen Untersuchungen sind in den Tabellen der Anlage 4.1 dokumentiert.

→ Anlage 4.1

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

4.2.1 Tritium

Aus den Tritium-Untersuchungen ist sehr eindeutig abzuleiten, dass der laufende Flutungsprozess durch sehr „alte“ Wasser 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 [t_{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. Sie sind über eine insgesamt 14-jährige Reihe abgesichert. Die Detailergebnisse der Tritium-Auswertung MULTIS[®] sind in der Anlage 4.2 dargestellt.

→ Anlage 4.2

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

Neben dem Tritium wurden langfristig und auch 2018 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.

Der 2018er Befund des Wertepaares $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ ist leicht abweichend gegenüber den Vorjahren wieder etwas nach „unten“ verschoben und liegt damit in der Größenordnung der Werte von vor

2012. Isotopische Fraktionierungsprozesse sollten dafür aber nicht die Ursache sein. Das Wertepaar verbleibt - wie die Mehrzahl der früheren Werte - deutlich oberhalb der Geraden. Das CRAIG-Diagramm der Auswertung ist als Anlage 4.3 beigefügt.

→ Anlage 4.3

4.2.3 ^{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 Wertespanssen 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 aktuell in 2018 nur noch mit einem Wert von gut 12 ‰-mod dokumentiert ist. 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).

Im aktuellen Blickwinkel der Gesamtdaten wird interpretativ auf die sehr „alten“ Komponenten abgestellt. Insofern wird sichtbar, dass diese insbesondere in der letzten Kampagne 2018 nochmals deutlich zugenommen haben sollten.

4.2.4 Schwefel-Isotope

Im untersuchten Isotopenspektrum wurden für 2018 auch die Schwefelanteile des Grubenwassers einer besonderen Betrachtung unterzogen. Dies sollte über $\delta^{34}\text{S}$ und $\delta^{18}\text{O}$ im Sulfat im Grundwasser erfolgen. Aufgrund des chemisch fehlenden Sulfats war dies so nicht möglich. Der Trend der Vorjahre setzte sich damit auch 2018 fort. Allerdings konnte partikuläres Sulfid aus der Probenlösung gewonnen werden, so dass die geplante $\delta^{34}\text{S}$ -Untersuchung dann darauf abgestellt wurde.

Zusammenfassend und unter Berücksichtigung auch des 2018er Befundes kann zum aktuellen Status zusammengefasst werden:

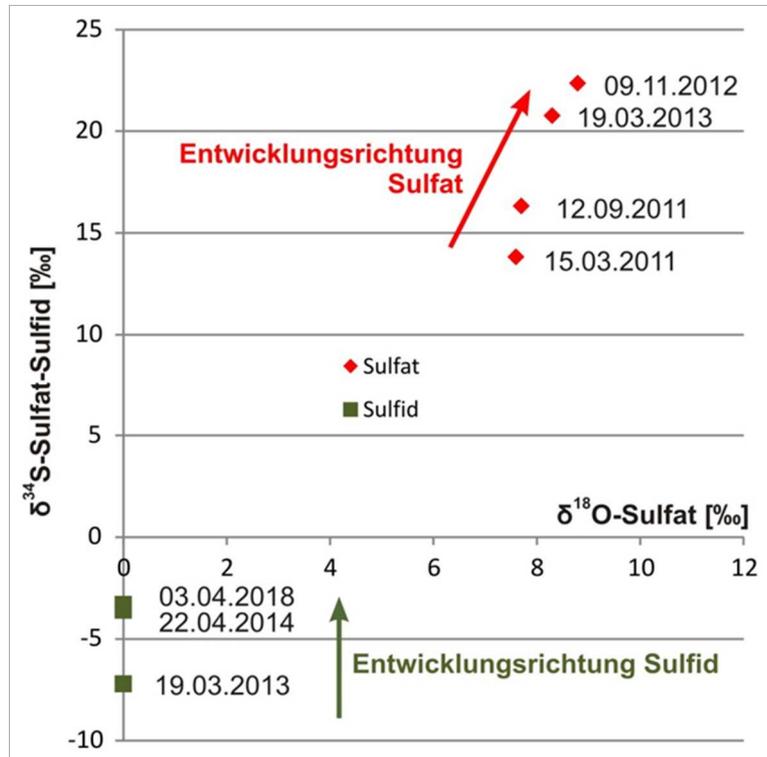
Die über mehrere Jahre beobachtete signifikante Abnahme der Sulfat-Konzentrationen im Wasser bei gleichzeitig ansteigenden $\delta^{34}\text{S}$ -Werten im gefällten Sulfat sowie die nachgewiesene Anwesenheit von partikulärem Sulfid-Schwefel mit seinerseits sehr niedrigen $\delta^{34}\text{S}$ -Werten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

Identisch mit den analysierten Proben seit 2014 wurde auch aktuell kein fällbares Sulfat in der Lösung mehr nachgewiesen. Dies wird auch mit der Anwesenheit von freien Ba^{2+} -Ionen belegt.

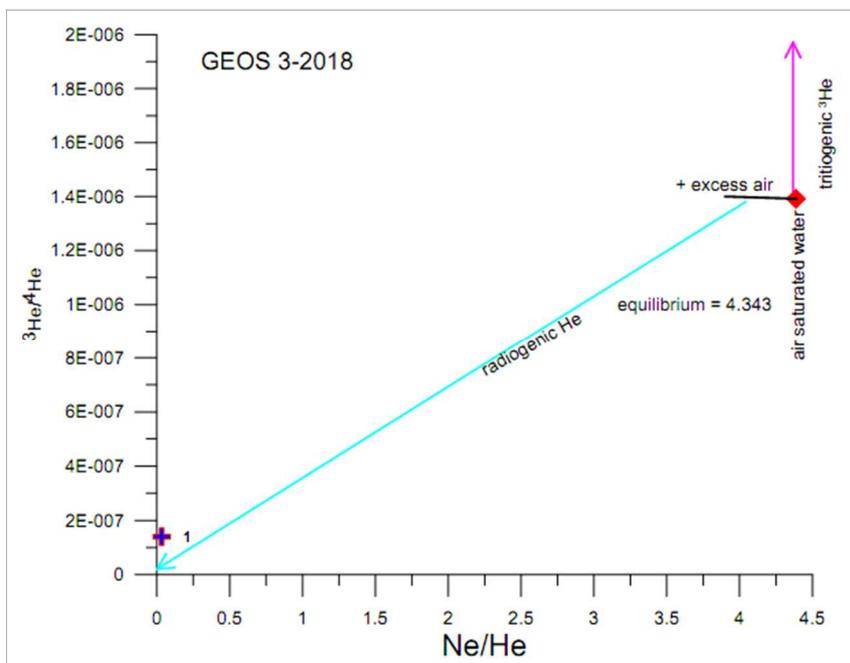
Demgegenüber waren in 2018 auch wieder - und zwar als einziger Schwefel-Befund - partikuläre Sulfide nachweisbar. Sie werden bereits ab 2013 in die Betrachtung mit eingeschlossen. Die Werte sind tendenziell zunehmend, also „schwerer“ (-7,2 aus 2013, -3,6 in 2014 oder nun -3,3 in 2018).

Der aktuelle Schwefel-Status zeigt sich in einem Stadium, bei dem quasi kein reduzierbares Sulfat im Grubenbereich und im Umfeld der Probenahmestelle vorhanden sein kann. Es steht anzunehmen, dass im vorliegenden Falle die Sulfat-Reduktion lokal abgeschlossen ist.

Die beschriebenen Entwicklungstendenzen sind in der nebenstehenden Grafik dargestellt.



4.2.5 Edelgas-Isotope



Bei der Interpretation zu Bestimmungen der Edelgasisotope 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 mit $8,04 \cdot 10^{-3}$ Nml/kg sehr hoch ermittelte Konzentration an radiogenem ^4He zeigt Wasseralter von deutlich mehr als 10.000 Jahren an.

(Quelle der benannten Altersangabe und Abbildung: Labor helis der Uni Bremen, Dr. Stützenfuß).

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 höher-mineralisierte Wässer.

5 Hegebach und Haldensickerwässer

Neben der Spezifik des tiefen Grundwassers in Oelsnitz als ansteigendes höher mineralisiertes Grubenwasser sind für das ehem. Lugau-Oesnitzer Steinkohlenrevier auch eine Vielzahl von Halden und deren Sickerwässer zu betrachten. Sie bilden als Haldenaustrittswässer meist kleine Rinnale, die dem Hegebach als gebietlichen Vorfluter zusitzen.

In früheren Untersuchungskampagnen sind diese Wässer mit unterschiedlichen Zielrichtungen untersucht worden. Zusammenfassende Dokumentationen dazu liegen mit /Lit. 2/ und insbesondere /Lit. 3/ vor.

/Lit. 2/ Abschlussbericht FE-Vorhaben „Gefährdungspotenzial Steinkohlenhalden Zwickau/Oelsnitz - Arbeitspakete 2 und 3“. BEAK Consultants GmbH, GUB-Ingenieur AG und TU Dresden, im Auftrage des LfUG, Freiberg/Zwicksu/Dresden, 11-2007

/Lit. 3/ Studie zum Gefährdungspotenzial von Haldensickerwässern für Infrastruktur und Gebäude im ehemaligen Steinkohlenrevier Lugau/Oelsnitz. BEAK Consultants GmbH, im Auftrage des Sächs. OBA, im Rahmen des VODAMIN-Projektzyklus, Freiberg, 11-2013

5.1 Untersuchungsprogramm 2018

Da die 2018er Untersuchungskampagne im Sinne der Fortschreibung und Aktualisierung früherer Ergebnisse zu konzipieren war, wurden die für die Untersuchung ausgewählten Lokalitäten an die Probenahmepunkte der 2013er Kampagne angelehnt. Insofern wurde für die Bezeichnungen auch das frühere Nummernschema übernommen.

Inhaltlich war die 2013er Kampagne auf die Ermittlung der Sulfat-Gefährdungen (hier insbesondere in Blickrichtung Betonaggressivität) und auf Schwermetallfreisetzungen ausgelegt.

Die aktuelle Untersuchungskampagne 2018 verändert den Schwerpunkt und erweitert den Fokus in mehrerer Hinsicht:

- Zum einen erfolgt in 2018 eine Erweiterung des chemischen Untersuchungsspektrums. Es wird in den beprobten Wässern nun die gesamte Palette der Hauptkationen und der Hauptanionen betrachtet, wodurch späterhin auch bilanzierende Aussagen möglich werden. Dies wird als wichtige Basis auch für zukünftig anknüpfende Datenreihen mit dann möglichen (hydro-)genetischen Aussagen gesehen.

- Zum anderen wurden die 2018er Untersuchungen zeitlich so platziert, dass sie direkt nach dem Ende der extrem langen, in 2018 mehr als 7-monatigen überaus trockenen hydrometeorologischen Randbedingungen und dabei fehlenden gebietlichen Niederschlägen durchgeführt wurden. Dies hat zur Folge, dass die Ergebnisse im hydrogeologischen Sinne quasi zum Ende einer sog. Trockenwetterabflussperiode Verhältnisse repräsentieren, bei denen kaum noch von gebietlichen Verdünnungseffekten auszugehen ist. Die unter diesen Randbedingungen ermittelten hydrochemischen Daten sollten konzentrations- und milieuseitig somit eher auf der „worst-case“ Seite im Sinne von Max-Werten des sog. Basisabflusses angesiedelt sein.
- Die in der 2013er Kampagne als auffällig festgestellten Schwermetalle wurden auch 2018 im Untersuchungsprogramm beibehalten.

Das Untersuchungsgebiet ist in der Anlage 5 als Gesamtgebiet dargestellt.

Für die detaillierte Auswertung erfolgt eine Unterteilung in 4 Teilgebiete. Deren Lage und Größe ist in der Anlage mit eingezeichnet.

→ Anlage 5

5.2 Ergebnisse 2018

Die Geländearbeiten und Probenahmen für die 2018er Untersuchungskampagne erfolgten durch HGC in den beiden ersten Dekaden November 2018.

Die zugehörigen Analytikleistungen erfolgten im Labor der Eurofins Umwelt Ost GmbH.

Die Untersuchungsergebnisse sind mit allen gemessenen Parametern in der Tabelle der Anlage 6 zusammengestellt. Dies betrifft sowohl vor-Ort-gemessene Werte, wie auch die Laboranalytik.

Die Analysenprotokolle sind in der Anlage 10 beigefügt.

→ Anlagen 6 und 10

Die Diskussion der Ergebnisse erfolgt in Teilgebieten.

5.2.1 Teilgebiet 1 – Oelsnitz, Bereich Deutschland-Schacht-Halden

Das Teilgebiet 1 betrifft den Hegebachabschnitt im Zentrum der Ortslage Oelsnitz mit dem Abfluss aus dem Bereich Deutschland-Schacht-Halden. Das Teilgebiet wird über 5 Beprobungspunkte dargestellt:

WP17	Hegebach (stellt in der Untersuchungskampagne den „Gebietseingang“ dar)
WP41	Hegebach (vor Einfluss Deutschland-Schacht-Halden Gebiet)
WP8	Abfluss unterhalb Deutschland-Schacht-Halde I (Garten unterhalb Bahndamm)
WP42	Einlaufrohr in Hegebach (als Einmündung Gesamtabfluss von unterhalb WP 8)
WP16	Hegebach

Die Detaildarstellung der Probenahmepunkte und der Einzelergebnisse erfolgt in der Anlage 7.1.

→ Anlage 7.1

Wertungen:

- WP17 zu WP41 keine Veränderung im Charakter des Wassers zwischen den Messpunkten geringfügig höhere Mineralisation über Na und Ca bzw. SO₄ und Cl zunehmender basischer Charakter (pH-Wert von 7,1 auf fast 7,7)
- WP8 sehr hohe Mineralisation, dargestellt über Leitfähigkeiten von >14 mS/cm anionar vor allem über Sulfat (10.000 mg/l) und Chlorid (970 mg/l) geprägt, kationar durch hohe Gehalte aller Hauptkomponenten mit überaus hoher Mg-Dominanz (2.000 mg/l) sehr niedrige Na/K- und auch Ca/Mg-Verhältnisse (1,65 bzw. 0,23) hohe Schwermetallauffälligkeit bei Zn (ca. 5 mg/l) ganzjährig konstant hohe Temperatur (hier >18 °C)
- WP8 zu WP42 Mineralisationsrückgang um ca. 1/3 bei gegenüber WP8 gleichbleibender Prägung und mit analog kleinen Na/K- und Ca/Mg-Verhältnissen (1,79 bzw. 0,27) aber: pH-Wert liegt wieder im deutlich basischen Bereich (fast 7,8), abnehmender Sauerstoffgehalt und zunehmende Schwermetallgehalte (hier mit einer konstant sehr hohen Zn-Konzentration im Vergleich zum oberhalb liegenden Punkt WP8) sprechen für eine Zusatzquelle auf dem Weg zu WP42
- WP41 zu WP16 durch Zulauf WP42 nimmt die Mineralisation im Hegebach um ca. 25 % zu ionar wird dies vor allem durch die in WP8 ursächlichen Inhaltsstoffe Mg und Sulfat bzw. auf der Schwermetallseite durch Zn geprägt

5.2.2 Teilgebiet 2 – Oelsnitz, Bereich Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde

Das Teilgebiet 2 betrifft den Hegebachabschnitt in Oelsnitz im Bereich Herrenmühle mit dem Abfluss aus dem Bereich Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde. Das Teilgebiet wird über 2 Beprobungspunkte dargestellt:

- WP29 gefasster Abfluss von Friedens- und Hedwig-Schacht-Halde
WP18 Hegebach (nach Einfluss durch Bereich Friedens- und Hedwig-Schacht-Halde)

Die Detaildarstellung der Probenahmepunkte und der Einzelergebnisse erfolgt in der Anlage 7.2.

→ Anlage 7.2

Wertungen:

- WP29 erhöhte Mineralisation, dargestellt über Leitfähigkeit mit ca. 2,2 mS/cm niedriger (saurer) pH-Wert von 6,1 auffälliger Sulfat-Status (1.100 mg/l) erhöhte Schwermetallgehalte (insbesondere Zn mit 3,17 mg/l)
- WP16 zu WP18 Durch den Zulauf WP29 hat sich der Chemismus im Hegebach nur geringfügig verändert. Die Mineralisation ist zwischen beiden Messpunkten leicht rückläufig. Dies betrifft alle untersuchten Komponenten, außer Hydrogenkarbonat. Der Rückgang sollte damit auf diffuse sonstige Einträge in den Hegebach zurückzuführen sein.

5.2.3 Teilgebiet 3 – Lugau, Bereich Nebenstrom-1

Das Teilgebiet 3 betrifft den Hegebachabschnitt in Lugau mit dem Abfluss aus dem Bereich Concordia-Schacht-Halde, dem Abfluss über den Nebenstrom-1 (mit dessen Zuspeisungen aus den Bereichen Kaiserin-Augusta-Schacht-Halde und Vertrauen-Schacht-Halde). Das Teilgebiet wird über 6 Beprobungspunkte dargestellt:

- WP10 Hegebach (nach WP18 und vor den Einflüssen aus Teilgebiet 3)
WP4 Abfluss aus dem Bereich Concordia-Schacht-Halde in Richtung Hegebach
WP9 + WP5 + WP12 bilden den Nebenstrom-1 (NS 1)
WP9 Abfluss unterhalb Kaiserin-Augusta-Schacht-Halde
WP5 Abfluss unterhalb Vertrauen-Schacht-Halde
WP12 Nebenstrom-1 vor Einmündung in den Hegebach
WP11 Hegebach (nach den Einflüssen aus Teilgebiet 3)

Die Detaildarstellung der Probenahmepunkte und der Einzelergebnisse erfolgt in der Anlage 7.3.

→ Anlage 7.3

Wertungen:

- WP18 zu WP10 keine Veränderung im Chemismus Hegebach zwischen den Messpunkten
- WP4 erhöhte Mineralisation, dargestellt über Leitfähigkeit mit ca. 2,7 mS/cm
leicht saurer pH-Wert von 6,7
auffälliger Sulfat-Status (1.600 mg/l)
stark erhöhte Schwermetallgehalte (insbes. Zn mit 19,3 mg/l, aber auch Ni- und Cd-Auffälligkeiten bei 410 bzw. 81 µg/l)
- WP9 stark erhöhte Mineralisation, dargestellt über Leitfähigkeit mit ca. 5,9 mS/cm
leicht saurer pH-Wert von 6,7
auffälliger Sulfat-Status (3.300 mg/l)
kationar alle Ionen gleichmäßig erhöht, Ca/Mg-Verhältnis niedrig (ca. 1)
Schwermetallanreicherung nur leicht und bei Ni (101 µg/l) und Zn (531 µg/l)
- WP5 überaus hohe Mineralisation, dargestellt über Leitfähigkeit mit fast 10 mS/cm
extrem saures Wasser - pH-Wert von 3,7
anionar sehr auffälliger Sulfat-Status (10.000 mg/l)
kationar Mg-Auffälligkeit (1.600 mg/l), Ca/Mg-Verhältnis unter 1 (0,25)
extreme Schwermetallkonzentrationen im sehr deutlichen mg/l-Bereich: Zn (345 mg/l), Ni (7,1 mg/l) und Cd (1,8 mg/l)
- WP12 stellt den Gesamtabfluss NS 1 dar, beprobt vor Einmündung in Hegebach
Mineralisation im Vergleich zu seinen oberen Zuflüssen WP9 und WP5 nur „moderat“ erhöht, dargestellt über die Leitfähigkeit mit ca. 2,1 mS/cm
basischer pH-Wert bei 7,9 (nicht sauer, wie eigentlich über Zufluss erwartbar)
Zunahme im Sauerstoffgehalt
anionar zunehmender Anteil an Hydrogenkarbonat
Schwermetallauffälligkeiten sind noch vorhanden, aber nicht mehr in den extrem hohen Konzentrationen seiner Zuläufe WP9 und WP5

Es ist anzunehmen, dass nach den beiden hochmineralisierten Zuläufen WP9 und WP5 diffuse Speisungen und Zuläufe zum NS 1 stattfinden, die eine signifikante Verdünnung der extrem hohen Ursprungskonzentrationen an den beiden Halden bewirken. Über diese Speisungen sollte auch der basische Anteil incl. dem Hydrogenkarbonat generiert werden.

WP10 zu WP11 Trotz der extrem hohen Element- und Schadstoffkonzentrationen im Oberlauf des NS 1 ist seine Mineralisation vor Eintritt in den Hegebach bereits so deutlich reduziert, dass Auswirkungen im Hegebach kaum auftreten.

Zwischen WP10 und WP11 wird die Mineralisation lediglich um ca. 20 % erhöht, dargestellt über die Leitfähigkeit mit deren Zunahme auf ca. 1,3 mS/cm.

5.2.4 Teilgebiet 4 – Lugau, Bereich Nebenstrom 2

Das Teilgebiet 4 betrifft den Hegebachabschnitt in Lugau mit dem Abfluss über den Nebenstrom-2 (mit dessen Zuspeisungen aus den Bereichen Victoria-Schacht-Halde und Gottes-Segen- und Glückauf-Schacht-Halde). Das Teilgebiet wird über 5 Beprobungspunkte dargestellt:

- WP19 Hegebach (vor Einmündung Nebenstrom-2)
WP6 + WP39 + WP20 bilden den Nebenstrom-2 (NS 2)
- WP6 Abfluss unterhalb Victoria-Schacht-Halde
WP39 Abfluss unterhalb Gottes-Segen- und Glückauf-Schacht-Halde
WP20 Nebenstrom-2 vor Einmündung in den Hegebach
WP21 Hegebach (nach den Einflüssen/Einträgen aus Nebenstrom-2)

Die Detaildarstellung der Probenahmepunkte und der Einzelergebnisse erfolgt in der Anlage 7.4.

→ Anlage 7.4

Wertungen:

- WP11 zu WP19 weitere Zunahme des basischen Charakters (pH-Wert bei ca. 8,1)
Eine geringfügige Abnahme der Mineralisation insgesamt zwischen den beiden Probenahmestellen im Hegebach spricht für diffus zusitzende niedrig mineralisierte Wässer. Hier wird der natürliche gebietliche Vorflutcharakter des Hegebachs deutlich.
- WP6 Mineralisation auf Hegebach-Niveau
pH-Wert leicht basisch (bei 7,5), hohe Sauerstoffgehalte (8,6 mg/l)
keine Auffälligkeiten im sonstigen Parameterspektrum
- WP39 keine Möglichkeit der Beprobung, trocken
- WP20 niedrige Mineralisation, dargestellt über Leitfähigkeit von 722 μ S/cm deutlich unterhalb des Hegebach-Niveaus, ansonsten keine Auffälligkeiten im weiteren Parameterspektrum
- WP19 zu WP21 Vom Charakter gleichbleibende, seitens der Elementkonzentrationen leicht abnehmende Mineralisation. Die Einmündung des niedrig mineralisierten NS 2 wirkt sich entsprechend aus.

5.2.5 Status Hegebach – Vergleich Gebietseingang / Gebietsausgang

Die Gesamtbetrachtung für den Hegebach im Untersuchungsgebiet ergibt sich aus der Differenz zwischen dem ersten gebietlichen Messpunkt (WP17) gegen den letzten Messpunkt (WP21) im Sinne Gebietseingang gegen Gebietsausgang.

Die Detaildarstellung der Probenahmepunkte und der Einzelergebnisse erfolgt in der Anlage 8.

→ Anlage 8

WP17 zu WP21 Zwischen den beiden Messpunkten erfolgt eine Erhöhung der Mineralisation des Hegebach-Wassers um ca. 75 %, dargestellt über eine Zunahme der Leitfähigkeit von 613 auf 1.073 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Diese Zunahme der Mineralisation ist nicht elementspezifisch geprägt, sondern erfolgt über die gesamte Palette der untersuchten Parameter.

Über den pH-Wert ist eine Verschiebung im geochemischen Milieu von neutral (7,1) zu basisch (8,0) sichtbar. Dies ist offensichtlich auf die allgemeine natürliche Vorflutwirkung des Hegebachs zurückzuführen. Die zuzitenden eher sauren bergbaubedingten Wässer werden so abgepuffert.

Grundsätzlich ist einzuschätzen, dass die teilweise extrem hohen Stoff- und Schadstoffkonzentrationen in den Haldensickerwässern offensichtlich nur einen vergleichsweise kleinen Einfluss auf die Entwicklung der hydrochemischen Parameter im Hegebach zu haben scheinen.

Da dies unter den Bedingungen Trockenwetterabfluss und tendenziell niedriger Wasserführung im Hegebach ermittelt wurde, sollten „stärkere“ Abflussrandbedingungen eher zu einer Verdünnung der Anreicherungsseffekte aus dem Gesamtgebiet zwischen WP17 und WP21 führen.

5.3 Vergleich der Ergebnisse 2018 mit früheren Daten

In den Anlagen 9 werden die Vergleiche der aktuellen 2018er Ergebnisse gegen die der 2013er Messkampagne graphisch dargestellt. Die jeweils blau gezeichneten Kurven und Säulen stehen für 2013, die jeweils roten für 2018.

Hegebach

→ Anlage 9.1

Für die Probenahmepunkte im Hegebach sind bei den Schwermetallen deutlich niedrigere Werte in 2018 auffällig. Dies widerspricht scheinbar der oben getroffenen Aussage zu „reduzierten“ Verdünnungseffekten aufgrund der hydrometeorologischen Gesamtsituation 2018 mit dort niedrigen Abflussrandbedingungen. Im Gesamtkontext sind die vorliegenden Befunde aber auf geringeren Eintrag zurückzuführen.

Bei den vor-Ort gemessenen Milieuparametern sind für den Hegebach die tendenziell höheren pH-Werte in 2018 augenfällig.

Anionar können im Vergleich der beiden Messkampagnen 2018 und 2013 nur Sulfat und Chlorid betrachtet werden. Bei beiden Inhaltsstoffen liegen die aktuell gemessenen Werte erst im unteren Teilgebiet 4 (Lugau und Gebiet Nebenstrom-2) höher als die Ergebnisse der vergleichbaren Datenreihe des Zeitraums 2013. Kationar zeigt sich das gleiche Bild beim Mg.

Haldensickerwässer

→ Anlage 9.2

Signifikante Unterschiede bei den Haldensickerwässern zeigen sich beim Sulfat. Hier sind die 2018 gemessenen Konzentrationen z.T. sehr deutlich höher als 2013 - herausragend die Deutschland-Schacht-Halde I (WP8) und vor allem auch die Vertrauen-Schacht Halde (WP5), letztere mit mehr als eine Verdopplung der Sulfat-Konzentration.

Bezüglich der vor-Ort gemessenen Milieuparameter ist bei den Haldensickerwässern der Sauerstoffgehalt in 2018 signifikant niedriger als in 2013. Hier scheint sich der reduzierte „Frischwasserzufluss“ durchzupausen.

Nebenströme NS 1 und NS 2

→ Anlage 9.3

Beim Nebenstrom-1 sind vor seiner Einmündung in den Hegebach die Schwermetallgehalte 2018 deutlich niedriger als in der Vergleichskampagne 2013.

Entgegengesetzt - aber in der Veränderung auf deutlich niedrigerem Niveau - verhält es sich beim Nebenstrom-2. Hier zeigen sich Cu und Zn in 2018 etwas erhöht gegenüber 2013.

Bezüglich der vor-Ort gemessenen Milieuparameter ist auch bei den Nebenströmen der Sauerstoffgehalt in 2018 niedriger als in 2013. Darüber hinaus ist in 2018 gegenüber 2013 ein signifikant höherer pH-Wert im Nebenstrom-2 festgestellt worden.

6 Mögliche Nutzungen von Inhaltsstoffen der bergbaubedingten Wässer

Es soll betrachtet werden, inwieweit *Inhaltsstoffe* der bergbaubedingten Wässer zu *nutzbaren Wertstoffen* werden können.

6.1 Hochmineralisiertes Grubenwasser (Sole)

6.1.1 Mögliche balneologische Nutzung

Balneologische Anwendungen - und dazu wären beispielsweise auch Anwendungen in einem Grasdierwerk zu zählen - sollen auf ein sog. natürliches Heilmittel abstellen. Im Falle Oelsnitz kann dies das hochmineralisierte Grund-/Grubenwasser sein.

Mit seiner Gesamtmineralisation erfüllt das Oelsnitzer Grubenwasser primär die Anforderungen an den balneologischen Begriff „Sole“, und dies sogar sehr sicher.

Dieser Begriff „Sole“ im Sinne von natürlichem Heilwasser ist rechtlich zweifach, etwas abweichend definiert:

- (a) gemäß den Begriffsbestimmungen des Deutschen Heilbäderverbandes e.V. als Wässer, die in 1 kg mehr als 5,5 g Natrium-Ionen und 8,5 g Chlorid-Ionen aufweisen (also entsprechend 240 mval/kg Na-Ionen bzw. Cl-Ionen) - ist also exakt nur auf Natrium- und Chlorid-Ionen bezogen, bzw.
- (b) gemäß der Mineral- und Tafelwasserverordnung (MTV) als Wässer, die in 1 kg mindestens 14 g/l Salzlast aus überwiegend Natrium- und Chlorid-Ionen aufweisen - hier wird somit nicht ausschließlich auf NaCl abgestellt.

Für Heilmittel-Anerkennungsverfahren müssen medizinisch-therapeutische Wirkungen der Sole nachgewiesen werden, die zur Prävention, kurativen Therapie und/oder zur Rehabilitation genutzt werden. Dies gilt sowohl für Gradierwerkanwendungen, als auch für Bäderanwendungen, Solepackungen, Inhalationen, oder ähnliche ambulante und/oder stationäre Anwendungen.

Eine staatliche Anerkennung als Heilmittel wäre auch Voraussetzung für Formen einer jeden ggf. anzudenkenden Kurortentwicklung. Der rechtliche Rahmen dazu wird im Sächsischen Kurortegesetz (SächsKurG) bzw. der ANVO SächsKurG vom 19.09.2013 geregelt.

Eine staatliche Heilmittel-Anerkennung erfolgt immer als sog. ortsgebundenes Heilmittel. Dies wäre in Oelsnitz mit der Sole per se gegeben.

Darüber hinaus wäre in Oelsnitz neben dem Status „Sole“ rechtlich auch der Status „Thermalwasser“ anerkennungsfähig.

Verfahrensentcheidend ist in einem Heilmittel-Anerkennungsverfahren immer der Ort der Anwendung, nicht der Ort der Gewinnung bzw. Förderung. Es ist somit klar zu berücksichtigen, dass eine denkbare Heilmittel-Anerkennung zwanghaft nur dann erfolgen kann, wenn der Transport der Sole vom Ort der Förderung bzw. Gewinnung zum Ort der Anwendung innerhalb eines geschlossenen Systems stattfindet, im Falle von Sole also gepumpt wird. Der Transport einer Sole von A nach B - beispielsweise mit Tankwagen - ist für eine staatliche Anerkennung als „Heilmittel“ ausgeschlossen.

Grundsätzlich ist eine Nutzung der Sole aber nicht zwingend an eine oben beschriebene Heilmittel-Anerkennung gebunden. Allerdings wäre eine solche die Voraussetzung für zulassungspflichtige medizinisch-therapeutische Anwendungen und deren Vermarktungswege.

Neben Fragen der Heilmittel-Anerkennung sind für die Sole-Nutzung auch rechtliche Rahmenbedingungen bei der Aufbereitung und Konditionierung zu beachten:

Für balneologische bzw. alle medizinisch-therapeutischen Anwendungen einer Sole muss für diese zwingend auf den im wahrsten Sinne des Wortes „natürlichen“ Charakter des Heilmittels abgestellt werden. Dies bedeutet, dass eine Aufbereitung quasi nur über eine Enteisung und Entmanung erfolgen darf, die das Heilmittel Sole von begleitenden und/oder ausfallenden Mineral- und Feststoffphasen befreit. Ein anderweitiges „Aufbereiten“ des chemischen Bestands der Sole (im Sinne von Verbessern bzw. rausreinigen einzelner Bestandteile und Spurenstoffe) ist rechtlich nicht zulässig, wenn spätere Anerkennungsverfahren als Heilmittel nicht bereits im Vorfeld gefährdet werden sollen. Die sog. natürliche Reinheit gilt als limitierender Rahmen für eine Vorbehandlung. Sie muss zwingend erhalten bleiben.

6.1.2 Mögliche alternative Mitnutzung – Salzgewinnung

Eine klassische Form der Sole-Nutzung wäre die Salzgewinnung im Sinne „Saline-Salz“. Da dies energetisch nur in kleinen Mengen Sinn machen kann, wären mögliche weiterführende Nutzungen als Badesalz, oder ggf. auch zur Seifenherstellung denkbar. Als Beispiel und ggf. Vorbild könnten aktuelle Nutzungslinien ähnlicher Sole-Vorkommen (wie z.B. in Bad Muskau) dienen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass für derartige Nutzungen eine Aufbereitung vorgeschaltet sein muss.

Und dies macht auch unter Kostengesichtspunkten eigentlich nur dann Sinn, wenn ein Entwicklungsweg mit den oben beschriebenen balneologischen Anwendungen und auch einer Heilmittel-Anerkennung beschriftet werden soll.

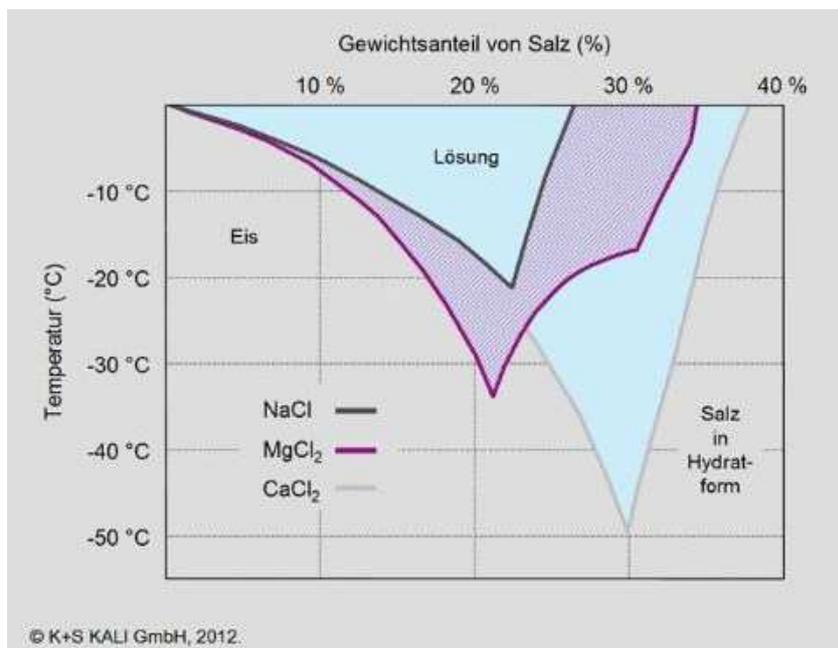
6.1.3 Mögliche industrielle Nutzung – Winterdienst

Eine zunehmend interessantere mögliche Anwendungsform der Oelsnitzer Sole entweder direkt, oder ggf. auch Reststoffe der Sole kann sich mit Einsatzoptionen im Winterdienst ergeben. Dazu sind vier grundsätzliche inhaltliche Komplexe zu betrachten und auch als Prüfung für eine mögliche Eignung mit den Eigenschaften der Oelsnitzer Sole abzugleichen.

- Welche Typen von Salz werden im Winterdienst verwendet ?
- Welche Einsatzformen gibt es oder werden benötigt ?
- Welche rechtlichen Anforderungen gelten für Taumittel im Winterdienst ?
- Wie sind die Umweltauswirkungen zu bewerten ?

zu Frage (1)

Es werden für den Winterdienst drei Grundtypen von Salz bzw. Feuchtsalz oder reine Salzlösung verwendet. Dies sind Natriumchlorid, Magnesiumchlorid, Calciumchlorid



Die Abbildung (Quelle: K+S) zeigt die Tauleistung dieser drei Grundtypen in Abhängigkeit von der Salzkonzentration der Sole bzw. der Einsatztemperatur.

- bis etwa -9...-10 °C wird eine 10 %-ige NaCl-Sole verwendet
- bei tieferen Temperaturen von -10...-20 °C dann eine MgCl₂-Lösung
- CaCl₂-Lösungen kommen aus Kostengründen kaum zum Einsatz, sind aber bei deutlich tieferen Temperaturen als -20 °C zwingend notwendig.

Im Bild wird deutlich, dass eine Zunahme der Salzkonzentration in der Lösung nicht zwangsläufig zu einer verbesserten Tauleistung führt. Ist der eutektische Punkt überschritten, geht das Salz in eine Hydratform über und die Tauwirkung lässt rapide nach. Einsatzrandbedingungen definieren sich somit sowohl über die Temperatur, als auch über die Solekonzentration.

Die Oelsnitzer Sole ist von ihrem hydrochemischen Charakter her eine NaCl-Sole. Für sie wäre ein potentiell Einsatzgebiet im Winterdienst also der Temperaturbereich bis max. etwa -9...-10 °C, und dort bei einer Salz-Konzentration von 10 Masse-%.

zu Frage (2)

Taumittel werden in 3 Grundformen eingesetzt:

- als Tausalze (trocken)
- als Tausalze (feucht/nass – unter Zusatz von Sole-Lösungen)
- als reine Sole-Lösungen

Stand der Technik sind verstärkte methodische Entwicklungen zu mehr Feuchtsalz-Streuungen. Insofern wären für 2 dieser Einsatzformen Soleanteile notwendig. Es würde sich somit auch ein breites Anwendungsfeld für die Oelsnitzer Sole ergeben können. Zu prüfen wäre damit, inwieweit materialtechnische (chemische) Vorgaben erfüllt werden können.

zu Frage (3)

Die rechtlichen Bedingungen für den Einsatz von Taumitteln (und Salzen) im Winterdienst werden in der sog. „TL-Streu“ geregelt /Lit. 4/.

Quelle: Technische Lieferbedingungen für Streustoffe des Straßenwinterdienstes.
FGSV-Verlag, Köln, 2003 (ISBN-Nr. 3-937356-02-9)

(aus lizenzrechtlichen Gründen darf die Richtlinie bzw. auch Teile daraus nicht im Bericht veröffentlicht werden. Die Richtlinie muss bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. jeweils separat angefordert/angekauft werden.)

Für Bewertungen bezüglich der Oelsnitzer Sole wird auf die geltenden Anforderungen an NaCl-Salz (NaCl-Salzlösung) zurückgegriffen. Es können mit Bezug auf die Richtlinienanforderungen folgende Blöcke bewertet werden:

Bewertung der sog. tauwirksamen Substanz im Salz (berechnet als NaCl)

- sie soll mind. 96 Masse-% betragen,
- bei Gehalten kleiner 93 Masse-% ist ein Einsatz nicht mehr zulässig
- Sulfatgehalte dürfen im Salz bei max. nur 2 Masse-% liegen (Gefahr von Betonaggressivität)

zusätzlich für die Beschaffenheit wässriger Lösungen

- der zulässige pH-Wert muss 5...10 betragen, gemessen in 10 Masse-%iger Lösung
- der Sulfatgehalt darf max. 0,6 Masse-% betragen, bezogen auf eine 10 Masse-%ige Lösung

Vorgaben hinsichtlich Schwermetallgehalte im Salz (in der Lösung)

- definiert werden max.-Konzentrationen für 8 Schwermetalle (As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn)

Für die Oelsnitzer Sole kann eingeschätzt werden, dass die in der TL-Streu definierten Randbedingungen eingehalten werden können. Die Sole könnte somit vom Grundsatz her auch im Winterdienst eingesetzt werden. Dies gilt sowohl für anteilige flüssige Beimengungen zu trocken gelagerten Salzen bei Einsatznotwendigkeit feuchter/nasser Salze, wie auch direkt als Lösung.

Zu klären wären gerätetechnische Anforderungen, Bereitstellung, Lagerung, Verdünnung, ggf. Konditionierung ... etc.

zu Frage (4)

Gegenüber einem herkömmlichen Taumittleinsatz im Winterdienst mit „klassischen“ Materialien wären bei einem Substitut durch Oelsnitzer Sole (auch bei anteiligem Einsatz) keine zusätzlichen Umweltauswirkungen zu befürchten. Voraussetzung dafür ist natürlich der normgerechte Einsatz (gemäß TL-Streu und Einhaltung der dortigen nutzungseinschränkenden Randbedingungen).

Im Gegenteil:

Aktuelle Fo-Ergebnisse zeigen, dass bei zunehmendem Feuchteanteil im ausgebrachten Tausalz nicht nur die Wirkung verbessert wird, sondern auch die Umweltauswirkungen signifikant niedriger sind als bei einem konventionellen, rein trockenen Ausbringen des Salzes. Der zuständige Fachverband VKS (Verband der Kali- und Salzindustrie e.V.) hat hierzu eingeschätzt, dass bei konsequentem Einsatz der Feuchtsalztechnik jährliche Einsparungen von 24 % in Städten und bis zu 44 % auf Straßen außerhalb der Städte erreicht werden können.

(Quelle als /Lit. 5/: <http://www.vks-kalisalz.de/anwendungen/winterdienst/verkehrssicherheit>)

Schon allein diese eingesparten Salzmengen würden die Risiken von Umweltschäden entscheidend verringern. Dazu könnte vom Grundsatz her auch die Oelsnitzer Sole beitragen.

Aspekte des Einsatzes von reinen (flüssigen) Salz-Lösungen im Winterdienst gewinnen in jüngerer Vergangenheit zunehmend an Bedeutung. Sie werden aktuell auch gerätetechnisch breiter untersetzt. Ihre Einsatzschwerpunkte liegen im nicht so tiefen Temperaturbereich (bis ca. -5 °C) und bei der vorbeugenden Streuung. Der Einsatz von Sole (und damit Salzlast für die Umwelt) kann so weiter reduziert werden. Über erfolgreiche Versuche mit Streumengen von gerade mal 10 ml/m² wird in /Lit. 6/ berichtet. Für den als Vorzug genannten Temperaturbereich käme auch die Oelsnitzer NaCl-Sole in Frage.

/Lit. 6/: Dr. Horst Hanke als Vorsitzender des Deutschen Fachausschusses Winterdienst: Streueinsatz im Straßenwinterdienst - Empfehlungen zur Streustoffwahl, Dosierung und Streutechnik, Vortrag Bozen, 26.05.2010

6.2 Haldensickerwässer

Bei den untersuchten Haldensickerwässern sind die angereichert festgestellten Inhaltsstoffe nicht im Sinne von nutzbaren Wertstoffe vorliegend. Es handelt sich um Anreicherungen bei Schwermetallen (vorzugsweise Zink) und auf der makrochemischen Seite bei den Anionen als Sulfat bzw. bei den Kationen als Mg.

Sowohl bei diesen Stoffen, als auch bei den zu erschließenden Mengen (im Haldensickerwasser wären dies Frachten) ist keine wertstoffliche Nutzung möglich.

7 Fazit und Ausblick auf weiterführende Bearbeitungsschritte

Gemäß den drei Arbeitsschwerpunkten im Projekt lassen sich als Ergebnisse folgende Aussagen zusammenfassen:

tiefes Grundwasser / Grubenwasser

- Der Wiederanstieg unterliegt Schwankungen. Aktuell (in 2018) betragen die Durchschnittswerte des Anstiegs 40 mm/d. Dies sind immerhin mehr als 50 % Zuwachs gegenüber beispielsweise der Periode 2012...2014.
- Der hydrochemische Charakter und die sehr hohe Mineralisation des flutenden Grubenwassers sind weitgehend stabil. Es handelt sich um eine Na-Cl-geprägte Sole mit einer elektr. Leitfähigkeit von >46 mS/cm.
- 2018 wurde die Gasfracht des Wassers mit untersucht. Die im Grubenwasser hauptsächlich gelöst vorliegenden Gase sind Stickstoff und Methan, dazu zunehmend Kohlenstoffdioxid mit inzwischen auch knapp 30 Vol-% sowie ebenfalls zunehmend Argon auf aktuell etwa 10 Vol-%. Schwefelwasserstoff spielt dagegen bei der Zusammensetzung der Gasphasen keine Rolle. Gleiches gilt für gelösten Sauerstoff im Grubenwasser.
- Über die isotopehydrogeologischen Verhältnisse ist nachgewiesen, dass die Flutung durch zusitzende sehr alte Komponenten gesteuert wird.
- Die neu mit in die Untersuchung integrierten Bestimmungen zu Edelgas-Isotopen bestätigen das aus ^3H (Tritium), ^{14}C (Radiokohlenstoff)/ $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^2\text{H}$ (Deuterium)/ $\delta^{18}\text{O}$ und/oder $\delta^{34}\text{S}$ generierte Bild sehr nachhaltig.

Haldensickerwässer und Hegebach

- Die Untersuchungskampagne 2018 setzt vergleichend auf die 2013er Kampagne auf. Allerdings wurde in 2018 das Parameterspektrum auf zusätzliche makrochemische Parameter erweitert. Darüber hinaus erfolgte der 2018er Beprobungszyklus am Ende einer markanten hydrometeorologischen Situation mit Trockenwetterabflussrandbedingungen.
- Die Schwerpunkte der Schadstoffbelastung der Haldensickerwässer ergeben sich für die Komplexe Deutschland-Schacht-Halden sowie Vertrauen-Schacht-Halde und Kaiserin-Augusta-Schacht-Halde.
- Auffällig sind Schwermetallgehalte im teilweise hohen mg/l-Bereich (hier insbesondere Zn bis 345 mg/l) sowie bei den Anionen Sulfat (bis 10.000 mg/l) oder bei den Kationen Mg (bis zu 2.000 mg/l).
- Im Hegebach paust sich das überaus hohe Schadstoffinventar einzelner Haldensickerwässer nur sehr moderat durch. Die Konzentrationserhöhung der Mineralisation im Hegebach zwischen dem Gebietseingang und dem Gebietsausgang beträgt 75 % (dargestellt über die Leitfähigkeit als Veränderung von 613 auf 1.073 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Der Vergleich 2018 gegen 2013 zeigt für den Hegebach in 2018 tendenziell niedrigere Schwermetallgehalte und höhere pH-Werte.

- Der Vergleich 2018 gegen 2013 zeigt für die Haldensickerwässer in 2018 z.T. sehr deutlich höhere Sulfat-Konzentrationen. Milieuseitig sind zeitgleich niedrigere Sauerstoffgehalte charakteristisch.
- Der Vergleich 2018 gegen 2013 zeigt für beide Nebenströme in 2018 niedrigere Sauerstoffgehalte. Im NS 1 sind in 2018 auch die Schwermetallgehalte niedriger als in der Vergleichskampagne 2013.

Nutzungsmöglichkeiten von Inhaltsstoffen

- Die Oelsnitzer Sole eignet sich für balneologische Nutzungen. Sie ist in der Zusammensetzung „stabil“. Für Anwendungen bedarf sie einer Aufbereitung. Diese ist mit den Inhaltsstoffen der Sole realisierbar und kann auch so umgesetzt werden, dass sie rechtlich im Einklang mit der Option für z.B. Heilwasser-Anerkennungsverfahren bleibt.
- Eine weitere Einsatzmöglichkeit der Oelsnitzer Sole kann sich zur Salzgewinnung ergeben. Die Herstellung von Badesalzen oder ggf. auch Salz-Seifen wäre denkbar. Allerdings ist dabei i.d.R. und auch sinnvollerweise eine Kopplung mit balneologischen Kriterien verbunden.
- Eine weitere Einsatzmöglichkeit der Oelsnitzer Sole ergibt sich über den Winterdienst als Taumittel. Aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung als Na-Cl-geprägte Sole ist sie im Temperaturfenster knapp unter dem Null-Punkt bis ca. -5 °C per se gut geeignet. Die Oelsnitzer Sole würde auch die rechtlichen Anforderungen aus der „TL-Streu“ erfüllen können.
- Eine Nutzung von Inhaltsstoffen im Sinne von Wertstoffen aus den Haldensickerwässern ist nicht gegeben.

Ausblick und Empfehlungen

Zeitlich parallel mit dem vorliegenden VitaMin-Teilprojekt TP 231-6 erfolgen in einem weiteren, gleichfalls von der Stadt Oelsnitz initiierten VitaMin-Projekt Untersuchungen zum technischen Zustand der tiefen Grundwassermessstelle Hy Sie 1A/2003 (G52426003).

Wenn diese abgeschlossen sind, respektive wenn ggf. notwendige technische Umbau- bzw. Sanierungsarbeiten am Ausbau der Messstelle sich angeschlossen haben, muss wieder dafür Sorge getragen werden, dass sowohl die kontinuierlichen Aufzeichnungen des weiteren Verlaufs des Flutungswasserspiegels, als auch die hydrochemischen und isotopenhydrogeologischen Untersuchungen am Grubenwasser fortgeführt werden können.

Für die Weiterführung der hydrochemischen und isotopenhydrogeologischen Untersuchungen wird dringend empfohlen, im perspektivischen Monitoring inhaltlich auf das umfangreiche 2018er Untersuchungsspektrum zurückzugreifen.

Im Falle der Haldensickerwässer und des Hegebachs wird empfohlen, eine ähnliche (bzw. gleiche) Messkampagne wie 2018 auch unter den Randbedingungen sehr hoher Abflussverhältnisse im Hegebach, seinen Nebenströmen und den Austrittsstellen der Haldensickerwässer zu konzipieren. Über diesen Weg kann eine breitere aussagekräftigere Wertespanne betrachtet werden, die den

gesamten Bereich hydrometeorologischer Randbedingungen mit deren quasi „Extremwerten“ abdeckt. Dabei werden Zusatzinformationen auch unter Berücksichtigung unterschiedlicher stofflicher Lösungsrandbedingungen zu erwarten sein. Das 2018er Parameterspektrum wäre für derartige Betrachtungen ausgelegt und zielführend.

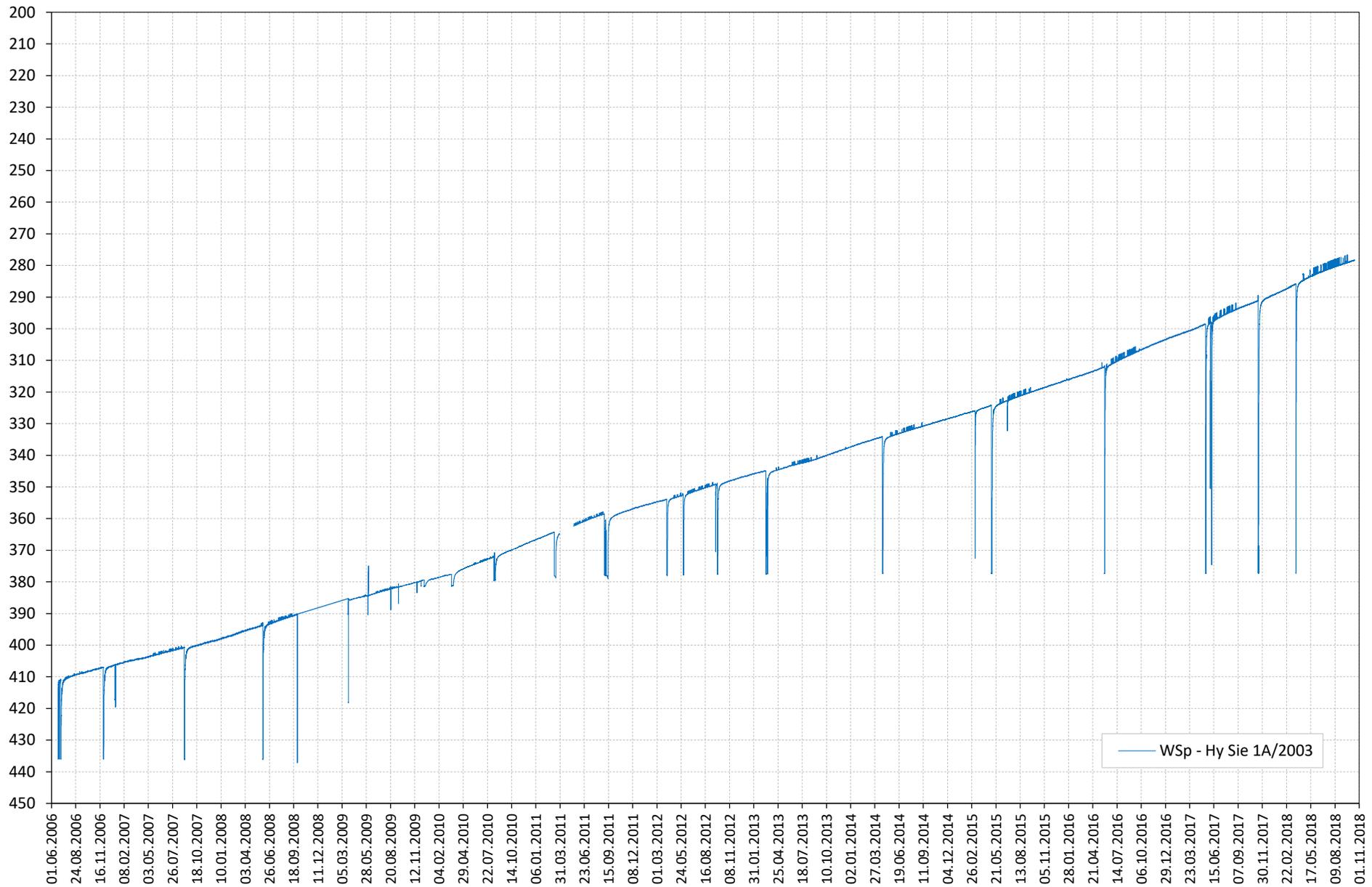
Fragen der Wertstoffnutzung aus den bergbaubedingten Wässern bieten sich lediglich für die Oelsnitzer Sole an. Strenggenommen handelt es sich um eine Thermalsole. Der mögliche Nutzungsaspekt „thermal“ ist in früheren Untersuchungen und Betrachtungen stets verworfen worden aufgrund fehlender adäquater lokaler, direkt benachbarter Abnehmerstruktur. Hier ergeben sich ggf. in der Zukunft neue Ansatzpunkte und noch ein weiteres Nutzungspotenzial, wenn der Flutungswasserspiegel weiter nach oben gekommen ist und andererseits geohydraulischer Anschluss an die größeren Tiefen im Bereich der historischen Grubenbaue beibehalten oder ggf. neu generiert werden kann.

Für zukünftige Untersuchungen am Grubenwasser des ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Reviers wird empfohlen, auch die benachbarte Messstelle in Gersdorf mit in die Betrachtung einzuschließen. Es ist dokumentiert, dass diese gegenüber dem Oelsnitzer Standort sehr deutlich abweichende hydrochemische und isotopenhydrogeologische Verhältnisse aufweist. Auch in diese Richtung und Ermittlung der zugrunde liegenden Ursachen für diese Unterschiede sollte ein Fokus zukünftiger Untersuchungen liegen.

Anlage 1

**Wasserspiegelentwicklung
des gefluteten Grubenwassers**

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

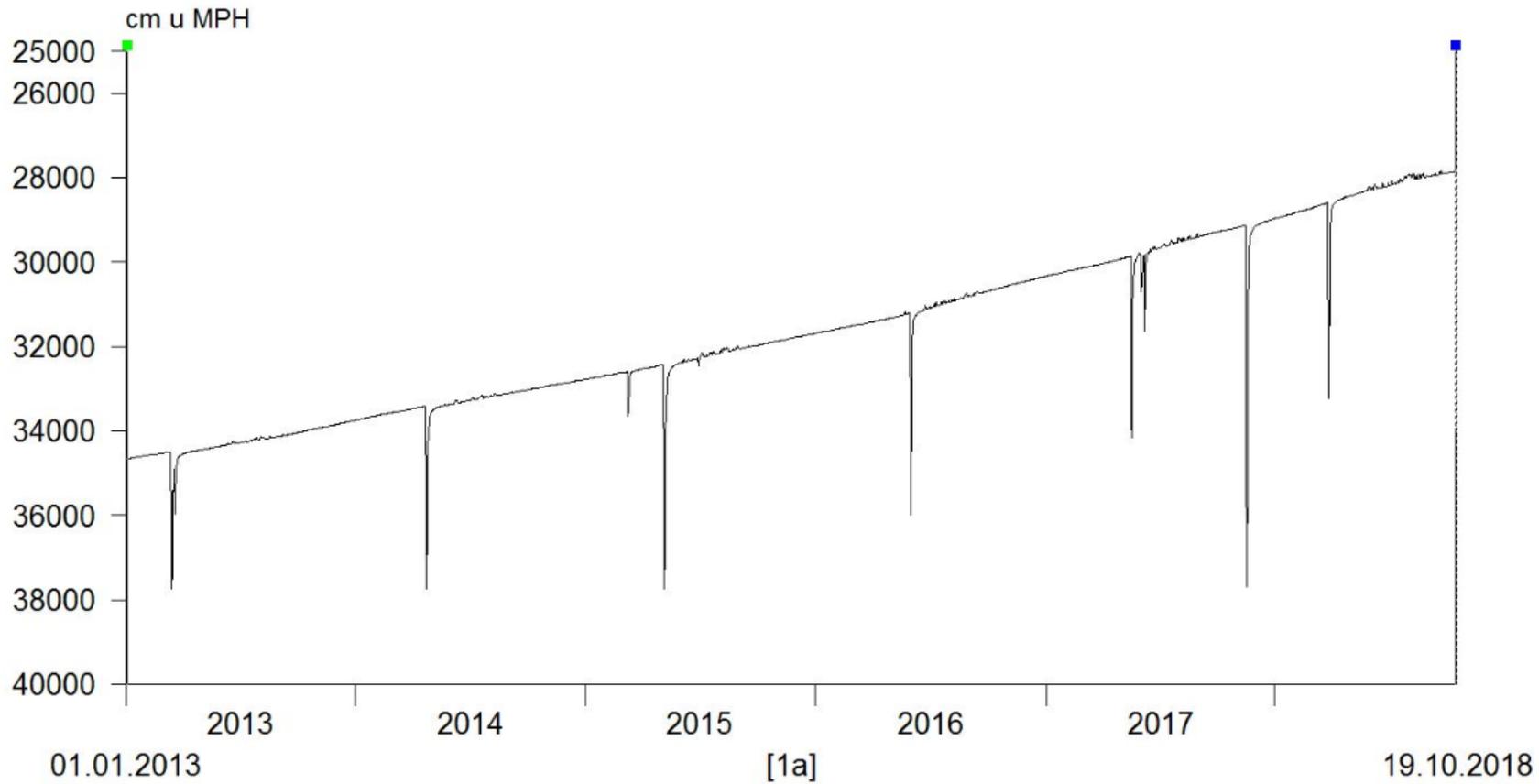


Wasserspiegelentwicklung des gefluteten Grubenwassers

Gebiet: DS_DFÜ
Tagesmittel

Messstelle:
Sensor:

TB Oelsnitz, Karbonbohrung, HYSie1A200
Wasserstand DS PS1



Anlage 2.1

Hydrochemischer Status des gefluteten Grubenwassers

Tabelle

Darstellung der Einzelanalysen

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
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
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
Redox	mV			147	127	136	162	132	142	133	110	156	128	196	88	62	100
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
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
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
Kalium	mg/l	60	68	74	80	86	80	80	76	81	81	79	80	90	75	82	76
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
Magnesium	mg/l	740	940	950	1.000	1.000	990	970	870	920	860	700	800	660	600	670	730
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
Strontium	mg/l			12	15	23	20	23	24	31	45	58	47	59	53	57	44
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
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
Borat	mg/l																
Eisen -ges.	mg/l	250	260	320	310	180	210	180	140	170	56	61	16	11	13	14	29
Eisen -II	mg/l			290	280	220	210	200	170	150	59	23	17	11	18	17	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
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
Sulfat	mg/l	1.200	1.100	980	900	550	570	390	830	330	300	1	11	2	1	1	3
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
Bromid	mg/l	110	120	110	120	160	160	170	150	170	230	250	190	280	230	260	240
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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
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
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
ADR	mg/l			15.000									35.000	41.000	35.000	35.000	35.000
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)	l/m											1,0					
SAK (254 nm)	l/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
Phenol-Index	µg/l					<6	<6	<6	11		6	<6	<6	10	6		
Cyanid, ges	µg/l																
Laborparameter - 3	Einheit	Spurenmetalle															
Aluminium	µg/l			13	430	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	38	53
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
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
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	<0,1	<0,02	0,03
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
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
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
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
Kupfer	µg/l			<2	13	<2	<2	<2	<2	2,2	<2	2,2	<2	3,7	<2	3,5	<2
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
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
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
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
Tellur	µg/l				22	18	17	16	17	19	210	690	1.700	1.500	800	920	570
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
Titan	µg/l				15	<1	9,9	17	18	12	9,0	7,4	7,7	21	12	9,9	2,4
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
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
Zink	µg/l			19	64	72	14	19	13	7,7	31	25	36	31	31	190	<3
Zinn	µg/l																

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
Laborparameter - 4	Einheit	organische Spurenstoffe (Einzelstoffe)															
ΣBTEX	µg/l																
Benzen/Benzol	µg/l			0,57	1,3	3,5	3,0	3,5	5,0	3,7	2,9	1,2		0,78	3,5		
Toluen	µg/l			0,24	0,15	0,22	0,56	0,43	0,71	0,84	0,05				0,06		
Ethylbenzen	µg/l			0,06	0,04	0,07	0,02	0,05		0,14	0,16	0,11	0,04	0,11	0,12		
Xylen (m, p)	µg/l			0,13		0,11	0,04			0,21	0,14	0,06					
Xylen (o)	µg/l			0,08		0,06	0,05	0,03		0,19	0,14	0,08					
ΣLHKW	µg/l																
1,2-Dichlorbenzen	µg/l														0,030		
ΣPAK	µg/l																
Fluoranthren	µg/l			0,002		0,005	0,002	0,013	0,001		0,009						
Benzo(b)fluoranthren	µg/l					0,001		0,002									
Benzo(a)pyren	µg/l						0,001										
Naphthalin	µg/l			0,110	0,051	0,290	0,055	0,093	0,110	0,074	0,700						
Acenaphthen	µg/l			0,002		0,005	0,003	0,003	0,004	0,002	0,008						
Fluoren	µg/l			0,002		0,014	0,004	0,004	0,004	0,003	0,022						
Phenanthren	µg/l			0,008	0,003	0,039	0,013	0,015	0,008	0,007	0,083						
Anthracen	µg/l			0,001		0,007	0,002	0,002	0,001	0,001	0,016						
Pyren	µg/l			0,002		0,007	0,002	0,011			0,011						
Benz(a)anthracen	µg/l					0,003		0,001									
Chrysen	µg/l					0,002		0,003									
sonst. org. Einzelstoffe	µg/l																
Biphenyl	µg/l			0,007	0,002	0,014	0,003	0,003	0,002	0,003	0,021						
p,p-DDE	µg/l					0,086											
o,p-DDD	µg/l			0,006	0,025	0,033	0,004										
p,p-DDD	µg/l			0,016	0,037	1,9	0,009	0,003									
o,p-DDT	µg/l			0,009	0,026	1,1	0,020										
p,p-DDT	µg/l			0,028	0,065	24	0,040	0,010									
Boscalid	µg/l					0,002											
DEHP	µg/l					0,210		2,1	0,210	0,051							
DEET	µg/l									0,006							
Bisphenol A	µg/l			0,026		0,230			0,420	0,390							
4-Tert-octylphenol	µg/l					0,100	0,013										

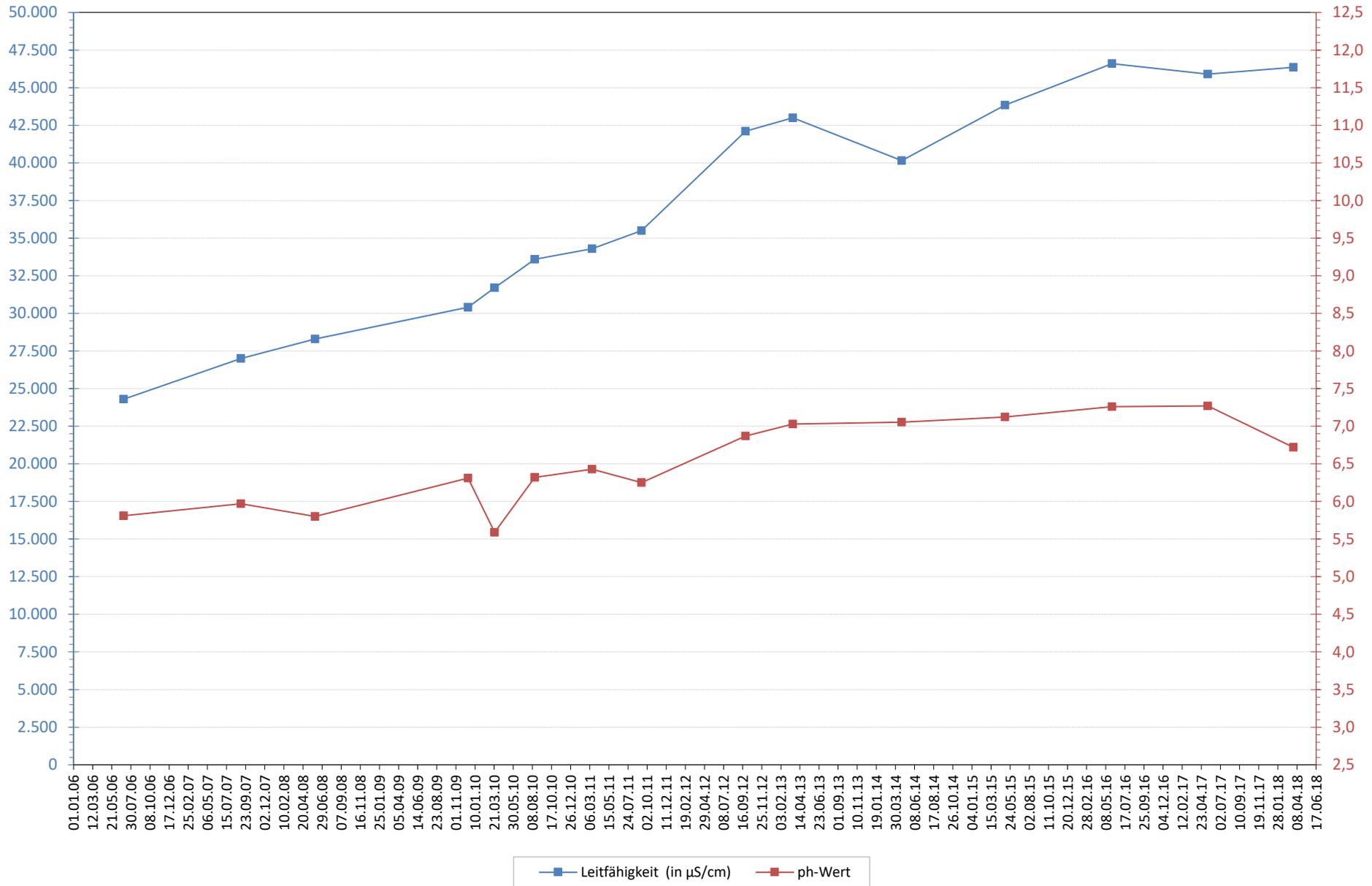
Anlage 2.2

Hydrochemischer Status des gefluteten Grubenwassers

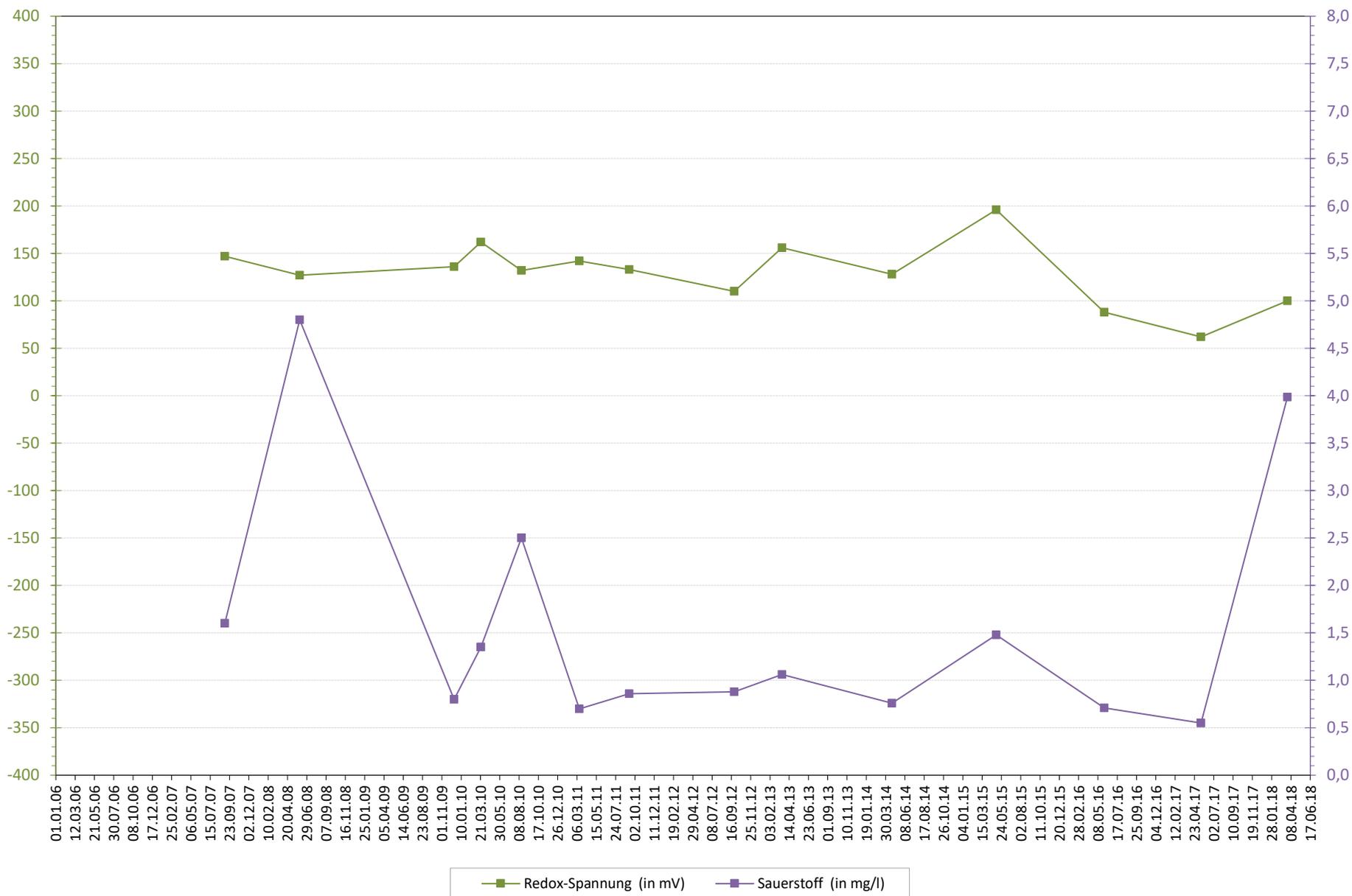
Diagramme

Konzentrationsentwicklungen von Einzelementen

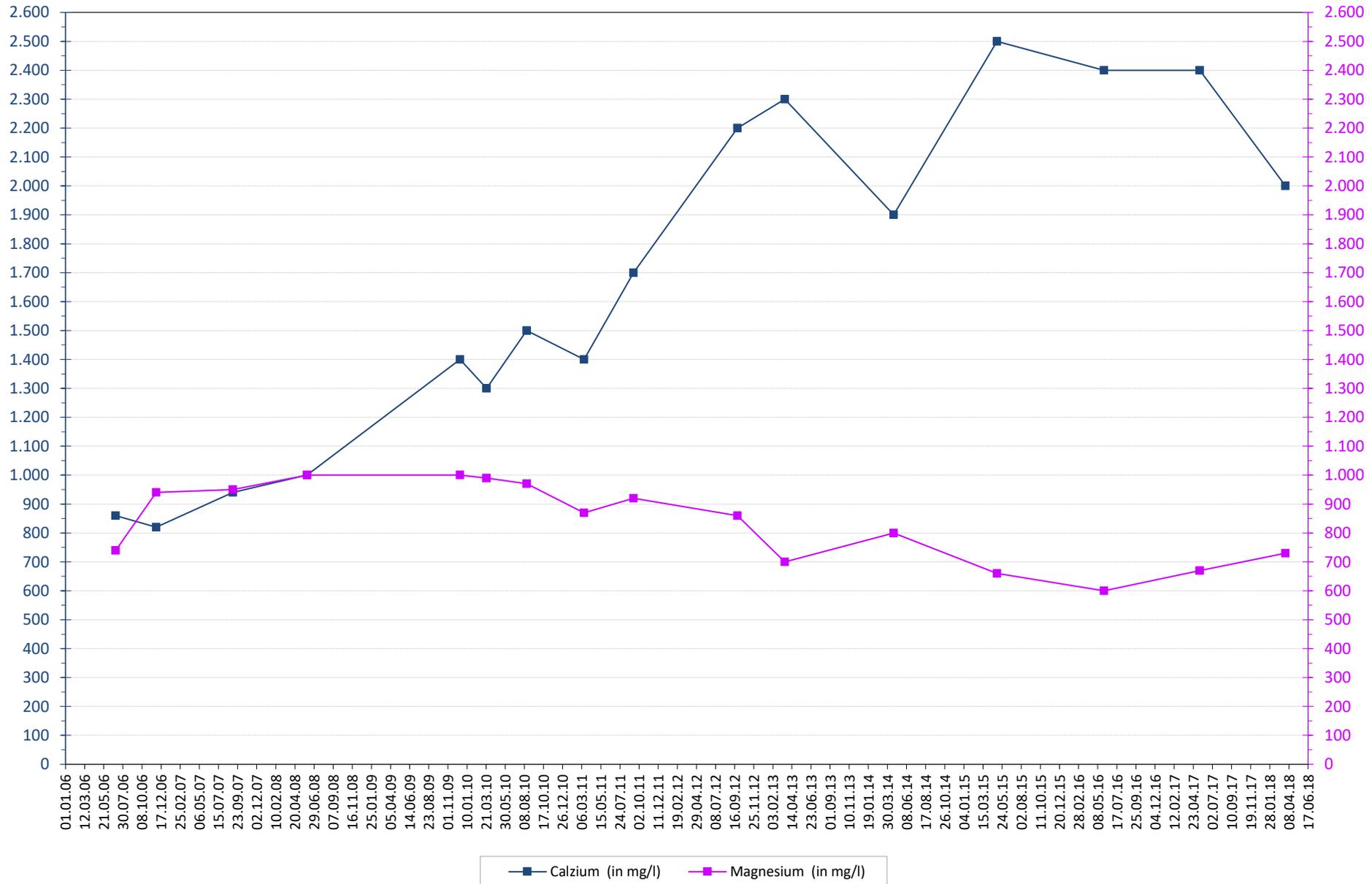
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Leitfähigkeit + pH-Wert)



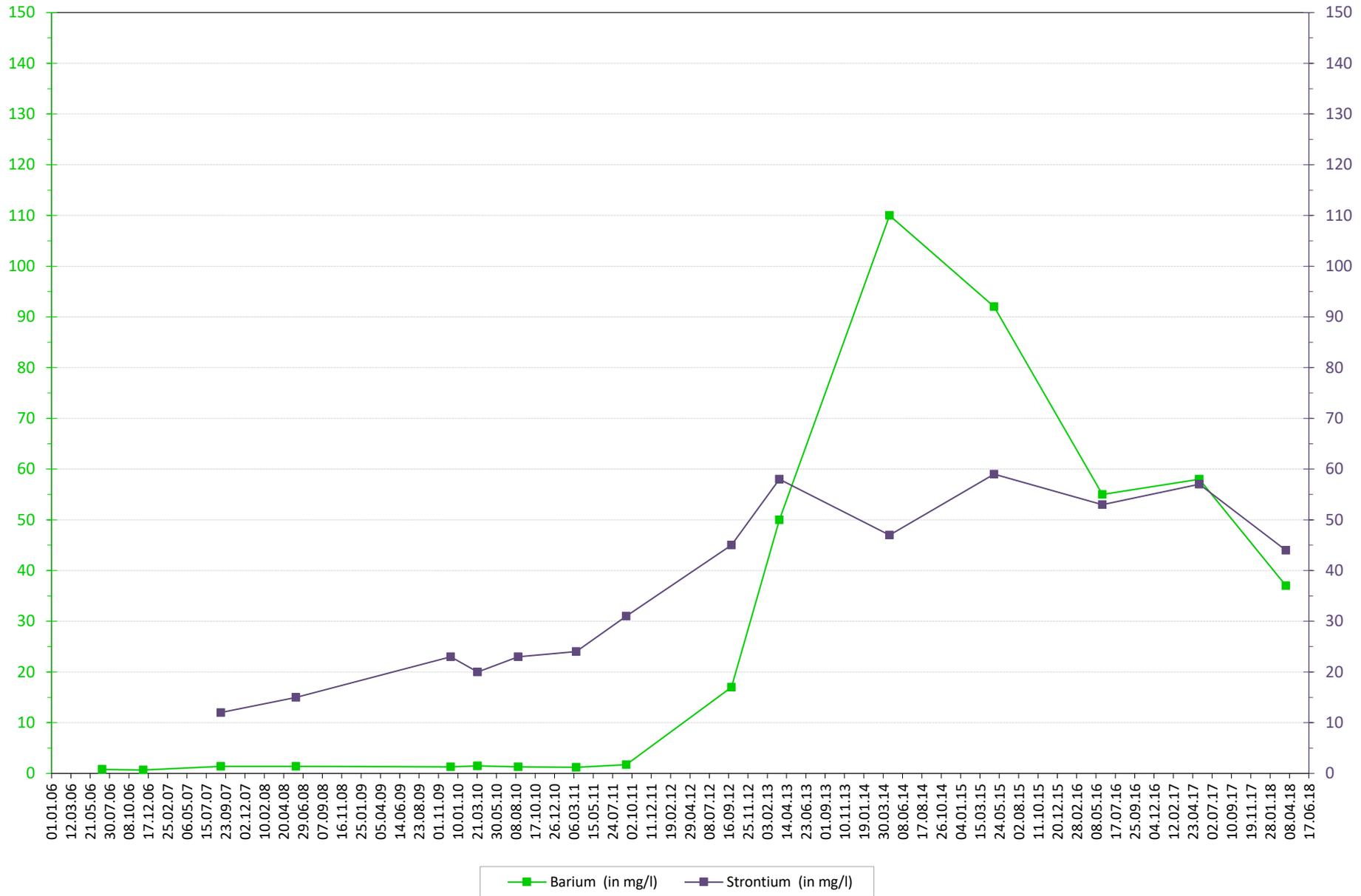
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Redox + Sauerstoff)



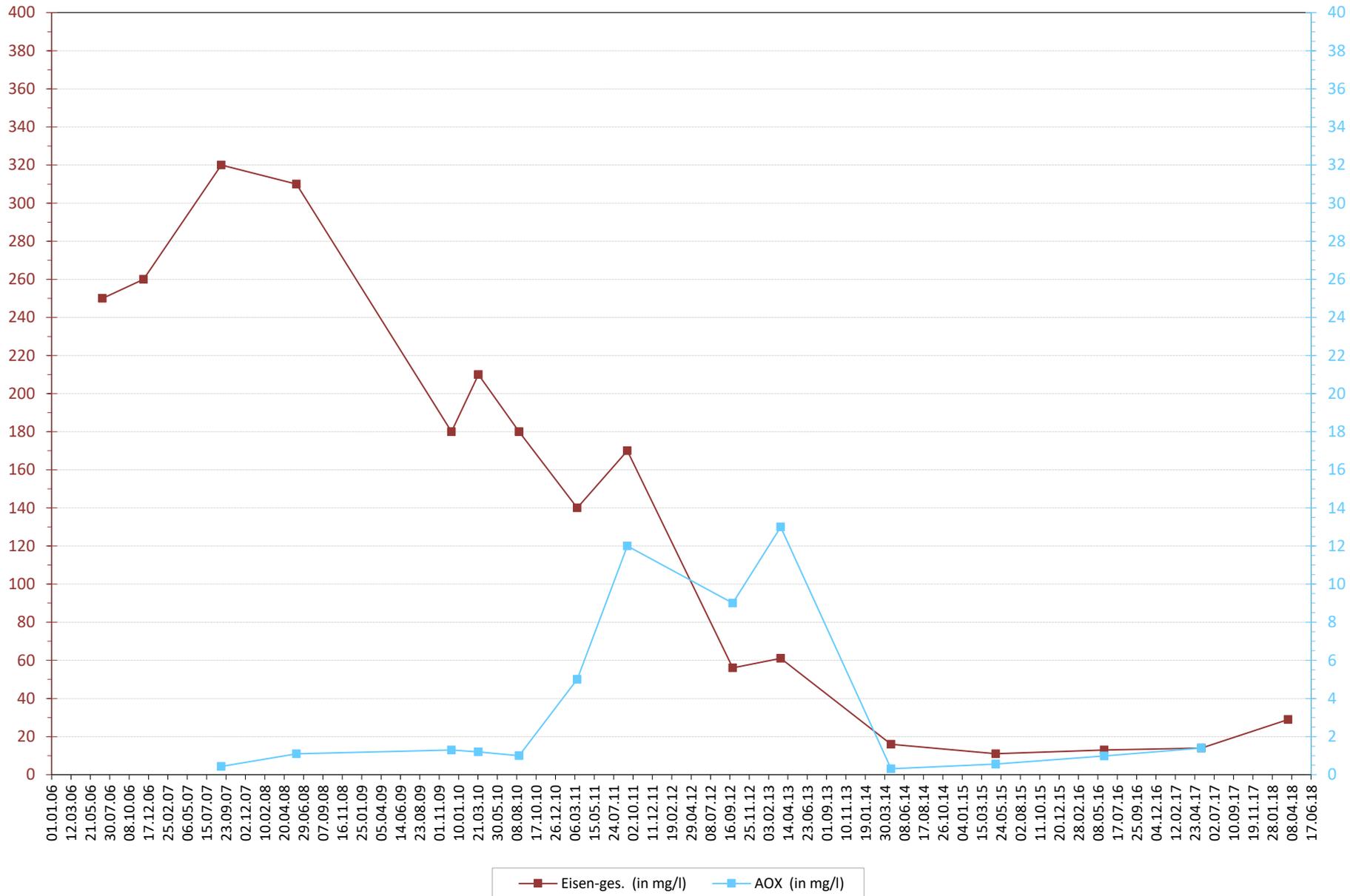
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Calcium, Magnesium)



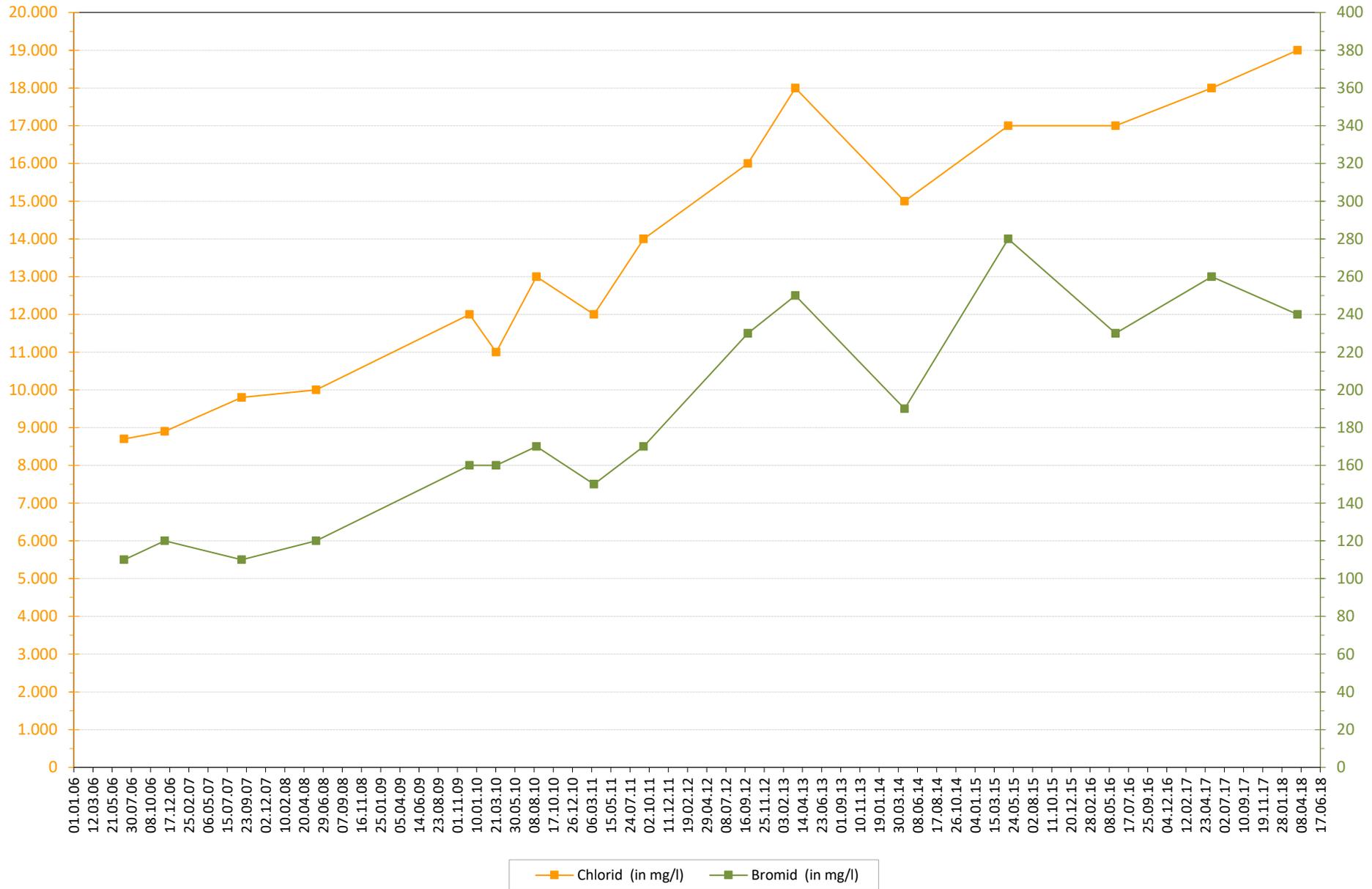
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Barium, Strontium)



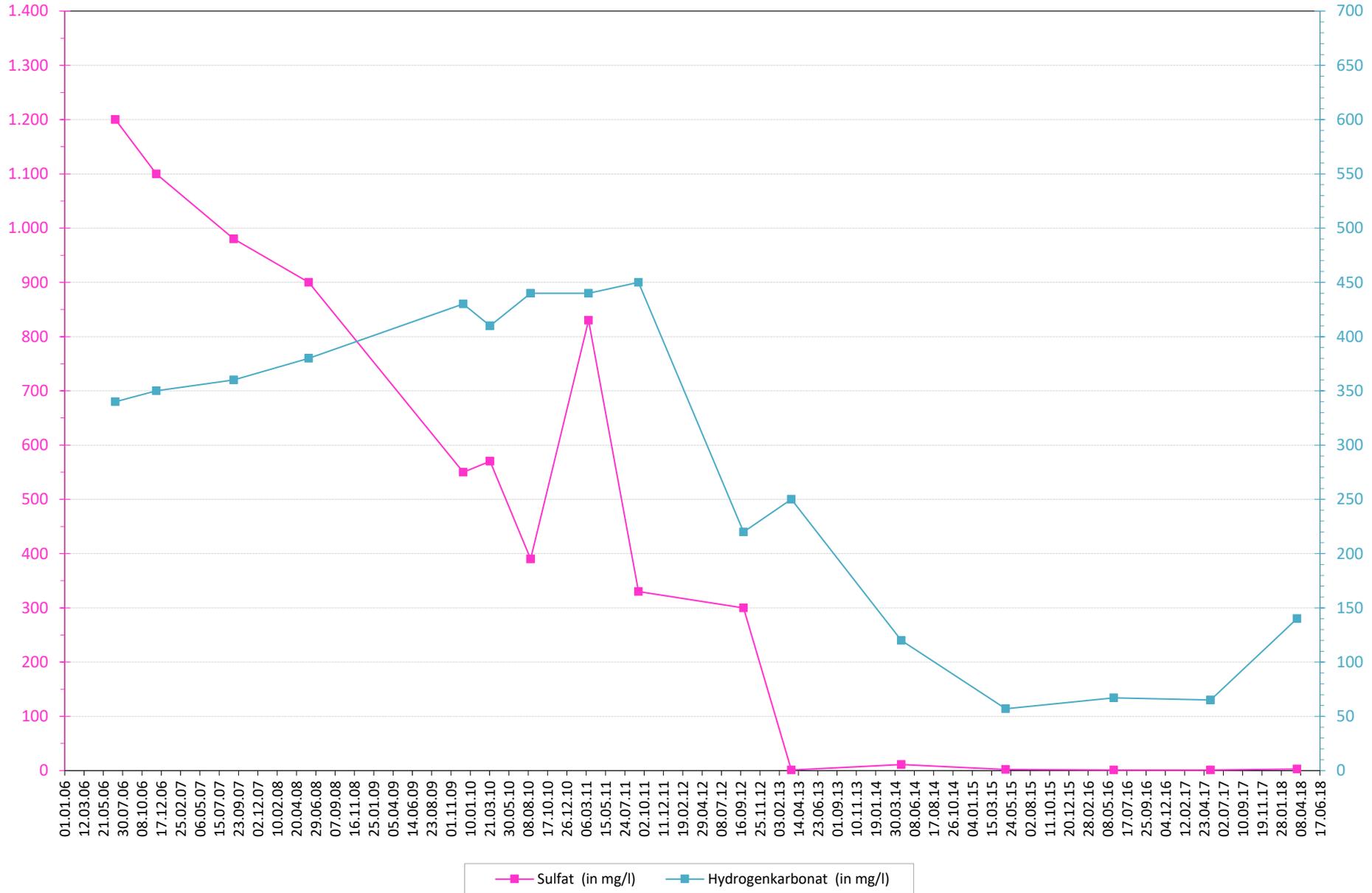
Oelsnitz - Entwicklung hydrochemischer Parameter (hier: Eisen, AOX)



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



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



Anlage 3.1

Hydrochemische Kontrollanalytik 2018 der Stadt Oelsnitz

**Analysenprotokoll Hydrochemie
(Eurofins, 26.03.2018)**

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

HGC Hydro-Geo-Consult GmbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke

Dieser Prüfbericht ersetzt den Prüfbericht Nr. AR-18-FR-009605-01 vom 20.04.2018 wegen Änderung der Messergebnisse.

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11807887
Prüfberichtsnummer: AR-18-FR-009605-02

Auftragsbezeichnung: Grubenwasser Oelsnitz - hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 26.03.2018
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 26.03.2018
Prüfzeitraum: 26.03.2018 - 03.05.2018

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 ist nur mit Unterschrift gültig 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 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14081-01-00) aufgeführten Umfang.

Viki Holzapfel
Prüfleiterin
Tel. +49 3731 2076 511

Digital signiert, 03.05.2018
Viki Holzapfel
Prüfleitung



Probenbezeichnung	TB Oe/E
Probenahmedatum/ -zeit	26.03.2018
Probennummer	118028476

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

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			5,8
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,7
Gesamtrockenrückstand (105°C)	FR	JE02	DIN 38409-H1-1	20	mg/l	34000

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der filtrierten Probe

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

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	1,2
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,7
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	21,7

Anionen

Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	FR	JE02	DEV D 8	6	mg/l	74
Fluorid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	2,0	mg/l	< 2,0
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	300
Iodid	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-3	0,2	mg/l	< 1,0 ¹⁾
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	< 1,0
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	7,8
Sulfid, leicht freisetzbar	FR	JE02	DIN 38405-D27	0,04	mg/l	0,05
Sulfid gelöst	FR	JE02	analog DIN 38405-D26	0,05	mg/l	0,15
ortho-Phosphat	FR	JE02	DIN EN ISO 6878	0,02	mg/l	0,61
Cyanide, gesamt	FR	JE02	DIN EN ISO 14403	0,005	mg/l	< 0,005

Kationen

Ammonium	FR	JE02	DIN 38406-5: 1983-10	0,06	mg/l	6,1
----------	----	------	----------------------	------	------	-----

Elemente

Aluminium (Al)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,01	mg/l	0,07
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	0,002
Barium (Ba)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0005	mg/l	45,0
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	1,11
Borate als BO ₃	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,1	mg/l	6,0
Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	< 0,0002

Probenbezeichnung	TB Oe/E
Probenahmedatum/ -zeit	26.03.2018
Probennummer	118028476

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2550
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	0,003
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	30,6
Eisen (Fe2+)	FR	JE02	DIN 38406-E1	0,01	mg/l	26,3
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	79,2
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	3,31
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	704
Mangan (Mn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	3,30
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	6970
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	0,116
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	3,31
Silicium als SiO2	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	7,07
Strontium (Sr)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	60,8
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	0,016
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,057
Zinn (Sn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001

Organische Summenparameter

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

Organische Summenparameter aus der homogenisierten Probe

AOX	FR	JE02	DIN EN ISO 9562, Anhang A: SPE-AOX	0,01	mg/l	0,03
-----	----	------	------------------------------------	------	------	------

Probenbezeichnung	TB Oe/E
Probenahmedatum/ -zeit	26.03.2018
Probennummer	118028476

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

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe

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

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

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	TB Oe/E
Probenahmedatum/ -zeit	26.03.2018
Probennummer	118028476

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	
PAK						
Naphthalin	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,05	µg/l	0,12
Acenaphthylen	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,05	µg/l	< 0,05
Acenaphthen	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,05	µg/l	0,06
Fluoren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,05	µg/l	< 0,05
Phenanthren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,05	µg/l	< 0,05
Anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Chrysen	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[b]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[k]fluoranthren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[a]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Indeno[1,2,3-cd]pyren	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Dibenzo[a,h]anthracen	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Benzo[ghi]perylen	FR	JE02	DIN 38407-F39	0,01	µg/l	< 0,01
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39		µg/l	0,18
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	FR	JE02	DIN 38407-F39		µg/l	0,06

Phenole

Phenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,10
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	0,84
4-Methylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	1,2
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	0,37
2,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,18
2,6-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,16
3,4-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,16
4-Ethylphenol / 3,5-Dimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,61
2,3,5-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,07
2,3,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	0,17
2,4,6-Trimethylphenol	FR	JE02	DIN 38407-F27: 2012-10/DIN EN 12673: 1999-05	0,05	µg/l	< 0,05

				Probenbezeichnung		TB Oe/E
				Probenahmedatum/ -zeit		26.03.2018
				Probennummer		118028476
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	
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		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.

Anlage 3.2

Hydrochemische Kontrollanalytik 2018 der Stadt Oelsnitz

**Analysenprotokoll Gasphasenuntersuchung
(Eurofins, 26.03.2018)**

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

HGC Hydro-Geo-Consult GmbH
Schwarze Kiefern 2
09633 Halsbrücke

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 11807902
Prüfberichtsnummer: AR-18-FR-008960-01

Auftragsbezeichnung: gelöste Gase TB Oe, Grubenwasser - hoch salzreich

Anzahl Proben: 1
Probenart: Luft
Probenahmedatum: 26.03.2018
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 26.03.2018

Kommentar: Prüfzeitraum: 26.03.2018 - 13.04.2018

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 ist nur mit Unterschrift gültig 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:
11807902-Anlage

Viki Holzapfel
Prüfleiterin
Tel. +49 3731 2076 511

Digital signiert, 13.04.2018
Viki Holzapfel
Prüfleitung

Probenbezeichnung	gelöste Gase TB Oe/E
Probenahmedatum/ -zeit	26.03.2018
Probennummer	118028520

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 TB Oe/E
				Probenahmedatum		26.03.2018
				Probenummer		118028520
Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit	

Bestimmung der gelösten Gase

Argon	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	0,1	Vol.-%	10,5
Kohlenstoffdioxid	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	0,1	Vol.-%	26,7
Methan	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	0,1	Vol.-%	33,3
Kohlenstoffmonoxid	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	0,1	Vol.-%	< 0,1
Wasserstoff	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	0,1	Vol.-%	< 0,1
Stickstoff	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	0,1	Vol.-%	29,5
Schwefelwasserstoff	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	7	ppm	< 7
Sauerstoff	FR		Hausmethode nach DIN V 51872-5	0,1	Vol.-%	< 0,1

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.

Anlage 4.1

Isotopenhydrogeologischer Status des gefluteten Grubenwassers

Tabelle

bisherige Untersuchungsergebnisse

Grubenwasser Oelsnitz - Ergebnisse isotopenhydrogeologischer Untersuchungen

<i>Messwerte</i>		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
³ H-Tritium (Wasser)	T.E.	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
¹³ C	‰		-21,2	-23,3	-22,5	-21,2			-21,4 ± 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
² H-Deuterium (Wasser)	‰	-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
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
³⁴ S (SO ₄)	‰	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
¹⁸ O (SO ₄)	‰	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

<i>Altersstruktur des Grundwassers (Modell: EM)</i>		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
³ H-Tritium (Wasser)	T.E.	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
mittl. Verweilzeit t _m (EM)	Jahre	160...180	200...280	>250...300	205	220		230	
Jungwasseranteil α (30-Jahre)	%	16	10...12	<10	13...14	13		12	

Grubenwasser Oelsnitz - Ergebnisse isotopenhydrogeologischer Untersuchungen

<i>Messwerte</i>		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 (Wasser)	T.E.	2,3 ± 0,6	1,4 ± 0,5	<0,6	0,6 ± 0,5	<0,6	<0,55	<0,58	<0,61
¹³ C	‰			-21,3 ± 0,3		-12,0 ± 0,3	-13,3 ± 0,3	-15,6 ± 0,3	-13,9 ± 0,3
¹⁴ C	‰-mod.			44,7 ± 1,9		n.b.	20,5 ± 0,5	19,6 ± 0,5	12,3 ± 1,7
² H-Deuterium (Wasser)	‰	-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
¹⁸ O (Wasser)	‰	-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 ± 0,1
³⁴ S (SO ₄ - gelöst)	‰	16,3 ± 0,3	22,3 ± 0,3	20,8 ± 0,3	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
¹⁸ O (SO ₄ - gelöst)	‰	7,7 ± 0,3	8,8 ± 0,3	8,3 ± 0,3	n.b.	n.b.	n.b.		n.b.
³⁴ S (Sulfid - partikulär)	‰			-7,2 ± 0,3	-3,6 ± 0,3	n.b.	(-0,6 ± 0,3)		-3,3 ± 0,3

<i>Grundwasseraltersstruktur</i>		12.09.2011	27.09.2012	19.03.2013	22.04.2014	05.05.2015	30.05.2016	17.05.2017	26.03.2018
<i>Modelle: EPMr / LM+3H=0</i>									
³ H-Tritium (Wasser)	T.E.	2,3 ± 0,6	1,4 ± 0,5	<0,6	0,6 ± 0,5	<0,6	<0,55	<0,58	<0,61
mittl. Verweilzeit t_m (EPMr, Gesamtmodell)	Jahre	250	>250	>250					
Jungwasseranteil $\alpha_{(30 a)}$	%	5..6	5	<5 (...13)	13	13	13	13	13
Anteil LM am Gesamtmodell	%			(22)	20	20	20	20	20
mittl. Verweilzeit t_m - für den Anteil Teilmodell "LM"	Jahre			(23)	23	23	23	23	23

Anlage 4.2

Isotopenhydrogeologischer Status des gefluteten Grubenwassers

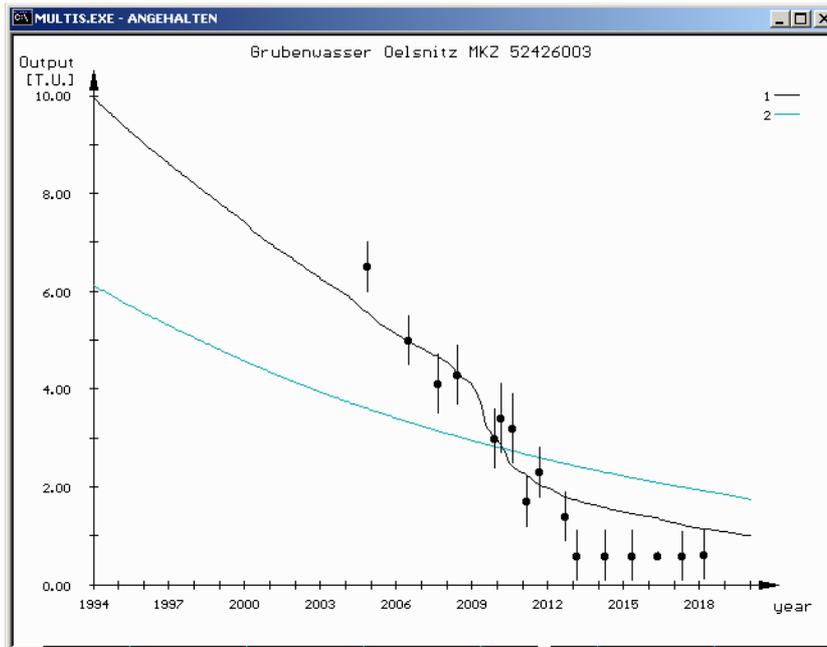
Interpretation Tritium

**Ergebnisse der Auswertemodellrechnungen
(Ermittlung der Altersstruktur)**

Tritium-Auswertung über ein gekoppeltes Modell aus parallel geschaltetem Linearmodell (LM) und tritiumfreiem Modell (3H=0)

hier: Ergebnis der Berechnung des Jungwasseranteils [$\alpha_{(30\text{-Jahre})}$] über [$t_m(LM+3H=0)$]

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



MULTIS.EXE

Field of deviations (deviations < max. measurement error) [T.U.]

par.: LM+ MH3=0 (LM+0p) [i1]

horizontal : percentage of the LM [%]

vertical : mean residence time of the LM [years]

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
14	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
16	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2
18	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2
20	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2
22	3	2	2	1	1	1	1	2	2	3	4	4
24	3	2	1	1	1	2	3	4	4	5	5	6
26	3	2	1	1	1	2	3	4	4	5	6	7
28	3	2	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7
30	3	2	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7
35	3	2	1	1	2	2	3	3	3	4	5	5
40	3	2	2	2	1	1	2	2	2	3	4	4
45	3	2	2	2	1	1	2	2	2	3	3	4
50	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	3
55	3	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3
60	3	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2
65	3	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
70	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2
75	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
80	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
85	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2

mean residence time of the LM = 23.0 a

percentage of the LM = 20.0 %

mean quadratic deviation = 0.65 T.U.

dilution index Gamma = 2.037

portion of young water Alpha = 13.0 %

Second possibility :

mean residence time of the LM = 45.0 a

percentage of the LM = 24.0 %

mean quadratic deviation = 1.40 T.U.

dilution index Gamma = 2.526

portion of young water Alpha = 8.0 %

highest error of measurement = 0.70 T.U.

Press any key to continue...

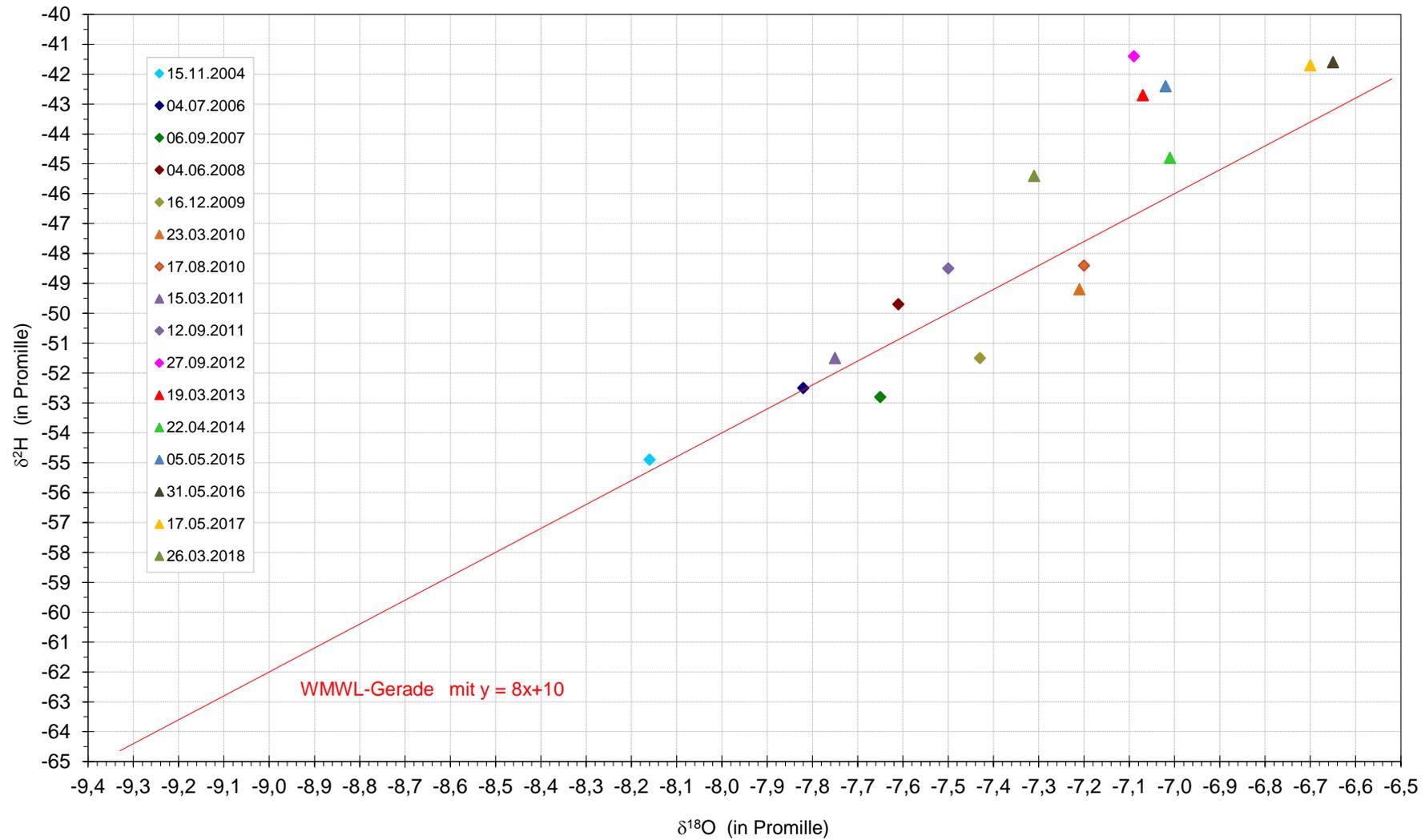
Anlage 4.3

Isotopenhydrogeologischer Status des gefluteten Grubenwassers

Interpretation stabile Isotope

**Auswertediagramm der $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ -Ergebnisse
(CRAIG-Diagramm)**

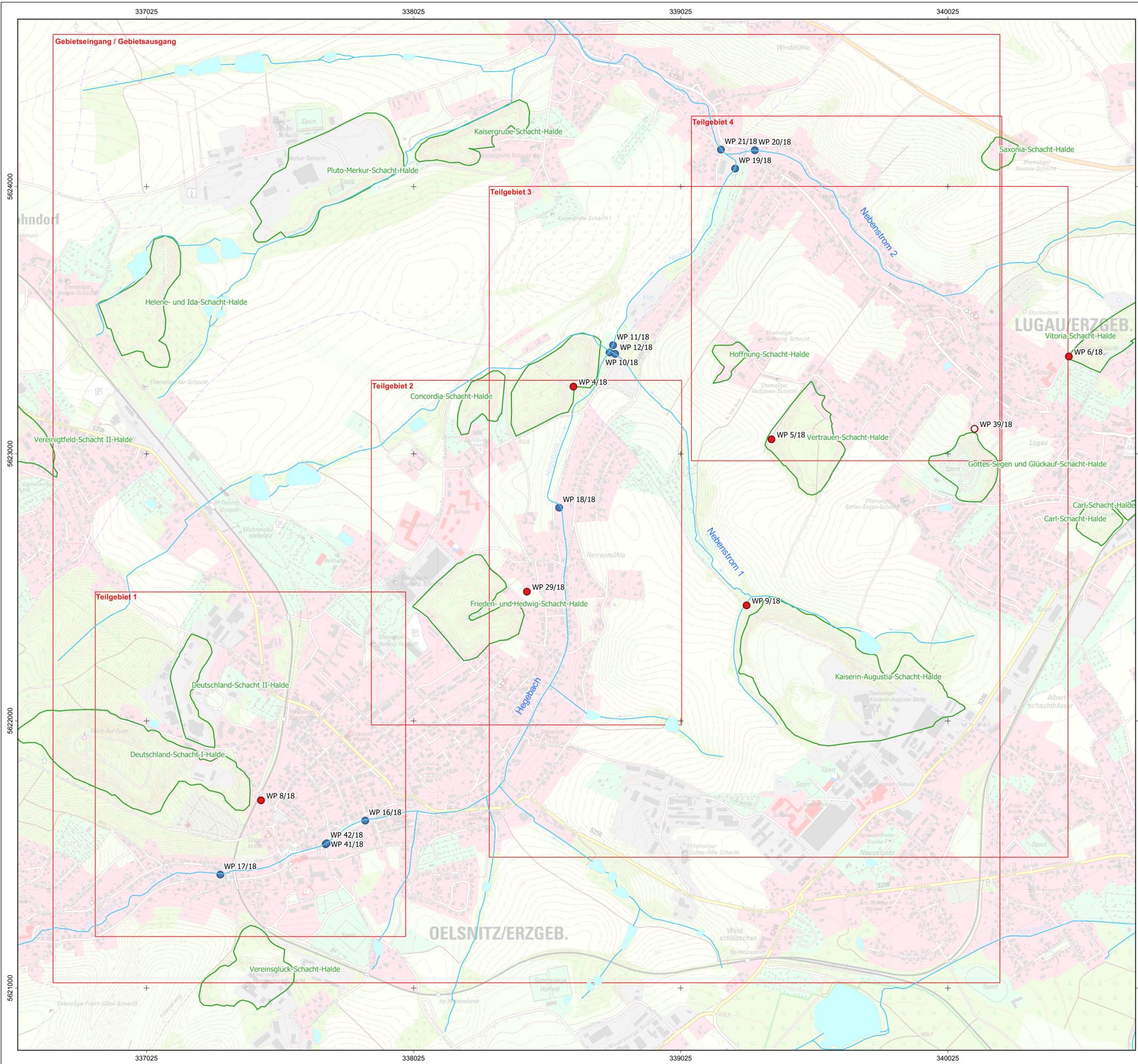
CRAIG-Diagramm für die stabilen Isotope ^2H und ^{18}O im Grundwasser/Grubenwasser



Anlage 5

Hegebach und Haldensickerwässer

**Übersichtskarte mit Darstellung der einzeln
betrachteten Teilgebiete**



Legende

- Probenahmepunkte Hegebach
- Probenahmepunkte Haldensickerwasser
- Probenahmepunkte Haldensickerwasser - trocken
- Halden
- Teilgebiete

EPSPG:25833

			
Projekt: Analyse zu speziellen Inhaltsstoffen in Gruben- und Haldenwässern aus den ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Revier		bearbeitet: Lux / Schmedel	
inhalt: Lageplan mit Teilgebieten Darstellung der Probenahmepunkte		gezeichnet: Schmedel	
Maßstab: 10.000		geprüft: Dr. Abraham	
Stand: 12/2018		Anlage 5	
30182030			



Anlage 6

Hegebach und Haldensickerwässer

Tabelle

Darstellung der hydrochemischen Analysenergebnisse 2018

VitaMin 2018 - Oelsnitz/Erzgeb.

Untersuchung von Oberflächenwässern: Hegebach und Haldenwässer

		<i>hydrochemische Analysen für den Hegebach sowie Haldensickerwässer</i>																	
		13.11.18	19.11.18	13.11.18	19.11.18	19.11.18	16.11.18	13.11.18	13.11.18	19.11.18	16.11.18	16.11.18	13.11.18	13.10.18	13.11.18	16.11.18	trocken	13.11.18	13.11.18
		WP 17/18	WP 41/18	WP 8/18	WP 42/18	WP 16/18	WP 29/18	WP 18/18	WP 10/18	WP 4/18	WP 9/18	WP 5/18	WP 12/18	WP 11/18	WP 19/18	WP 6/18	WP 39/18	WP 20/18	WP 21/18
Feldparameter	Einheit																		
ph-Wert		7,09	7,68	6,22	7,76	7,42	6,10	7,92	7,92	6,71	6,74	3,73	7,93	7,93	8,06	7,54		8,00	8,02
Leitfähigkeit	µS/cm	613	851	14.090	9.650	1.195	2.240	1.049	1.070	2.670	5.880	9.850	2.080	1.341	1.110	1.052		722	1.073
Redox	mV	305	317	278	314	361	242	232	230	183	100	455	281	262	255	251		260	264
Sauerstoff	mg/l	8,39	8,41	6,75	4,25	8,75	5,61	7,87	7,99	7,35	4,29	2,31	7,98	7,43	7,81	8,6		7,05	7,32
Temperatur	°C	10,4	8,2	18,3	11,6	8,2	11,6	11,1	11,0	13,3	9,8	12,0	9,8	10,7	10,9	3,7		10,9	10,9
Laborparameter - 1	Einheit	Chemismus-bestimmende Parameter																	
Natrium	mg/l	17,6	32,4	603	402	41,9	54,3	34,4	32,8	38	232	109	73	41,4	36,4	20		23,8	35,6
Kalium	mg/l	5,74	5,58	365	224	12	18,5	9,76	9,66	29,5	55,8	27,1	12,0	10,3	9,11	17,0		7,2	8,83
Calcium	mg/l	48,7	61,8	468	354	73,9	248	67,5	63,1	386	495	399	166	84,9	73,7	82		61	74,2
Magnesium	mg/l	30	36	2.000	1.300	74	120	61	60	140	490	1.600	140	76	64	62		28	60
Chlorid	mg/l	42	81	970	730	96	100	77	74	38	400	280	130	84	77	49		60	75
Sulfat	mg/l	110	170	10.000	6.400	350	1.100	260	270	1.600	3.300	10.000	810	370	300	390		82	270
Hydrogencarbonat	mg/l	98	98	165	146	98	61	122	116	98	323	5	171	128	128	79		165	134
Nitrat	mg/l	42	42	92	60	42	31	37	36	22	1,6	97	26	34	34	1,8		28	34
	mg/l																		
Laborparameter - 2	Einheit	Summenparameter																	
SK 4,3	mmol/l	1,6	1,6	2,7	2,4	1,6	1,0	2,0	1,9	1,6	5,3	<0,1	2,8	2,1	2,1	1,3		2,7	2,2
	µg/l																		
Laborparameter - 3	Einheit	Spuremetalle																	
	µg/l																		
Cadmium	µg/l	0,9	0,9	23,2	25,3	1,4	13,8	0,8	0,9	81,2	0,5	1.820	14,9	3,2	1,8	<0,2		<0,2	1,1
Kupfer	µg/l	<1	6	<1	8	7	3	3	3	<1	<1	67	<1	1	2	<1		4	2
Nickel	µg/l	8	8	62	120	13	86	7	8	410	101	7.070	87	22	11	8		4	10
Zink	µg/l	134	162	4.980	5.060	273	3.170	169	267	19.300	531	345.000	4.150	929	389	149		127	373
	µg/l																		

Hegebach	Hegebach	Deutschland-Sch. Halde	Einlaufrohr am Hegebach	Hegebach	Frieden- und Hedwig-Sch. Halde	Hegebach	Hegebach	Concordia-Sch. Halde	Kaiserin-Augusta-Sch. Halde	Vertrauen-Sch. Halde	NS 1	NS 1 vor Hegebach	Hegebach	Hegebach	Victoria-Sch. Halde	Gottes Segen- und Glückauf-Sch. Halde	NS 2	NS 2 vor Hegebach	Hegebach
----------	----------	------------------------	-------------------------	----------	--------------------------------	----------	----------	----------------------	-----------------------------	----------------------	------	-------------------	----------	----------	---------------------	---------------------------------------	------	-------------------	----------

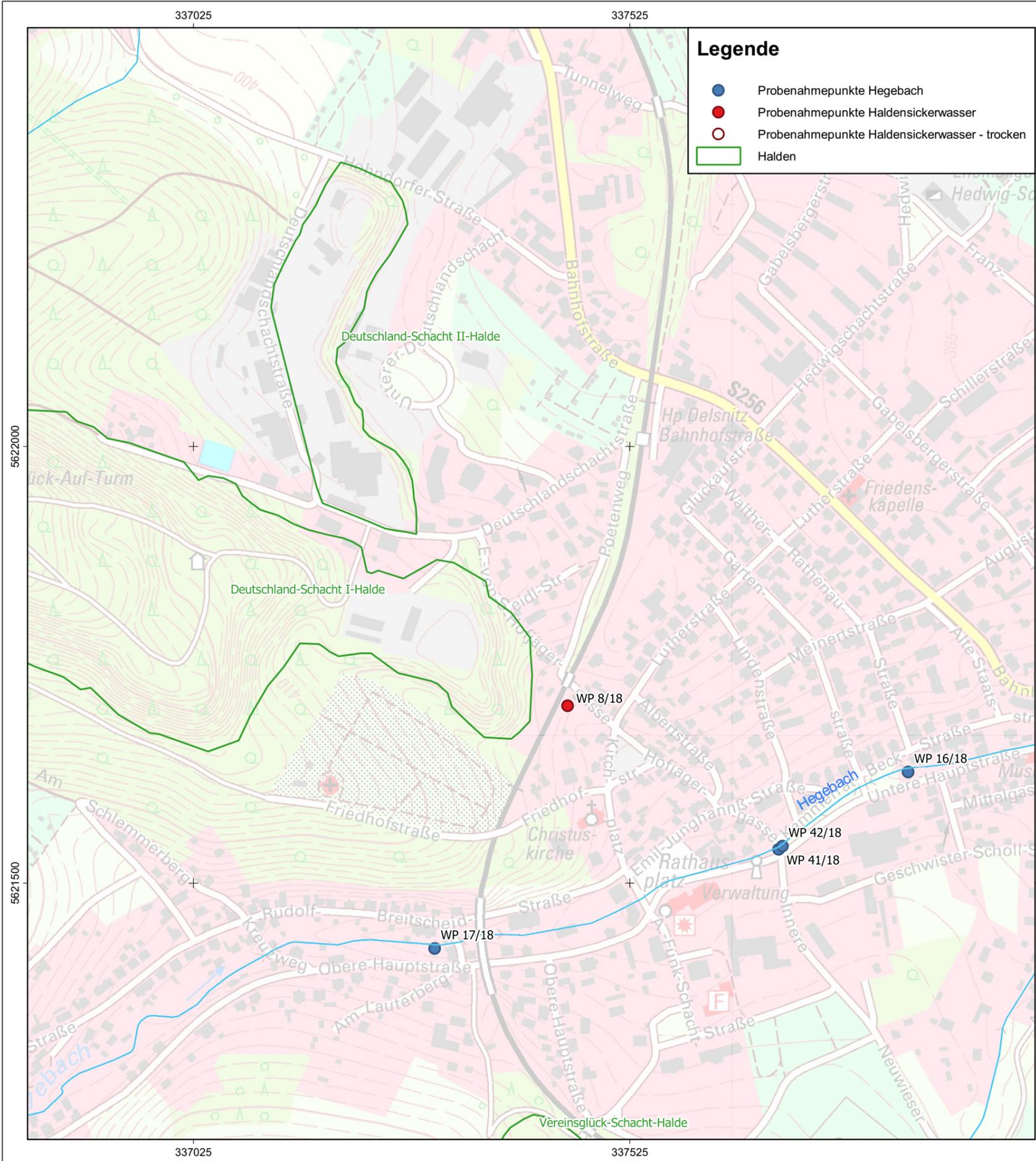
Anlage 7.1

Hegebach und Haldensickerwässer

Untersuchungsergebnisse für die Teilgebiete

Teilgebiet 1

Oelsnitz, Bereich Deutschlandschachthalden



- Legende**
- Probenahmepunkte Hegebach
 - Probenahmepunkte Haldensickerwasser
 - Probenahmepunkte Haldensickerwasser - trocken
 - Halden

Hegebach und Haldensickerwässer Teilgebiet Deutschlandschacht-Halden

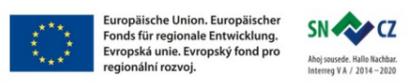
Analysen Hegebach und Haldensickerwässer

		13.11.18 WP 17/18	19.11.18 WP 41/18	13.11.18 WP 8/18	19.11.18 WP 42/18	19.11.18 WP 16/18
Feldparameter	Einheit					
ph-Wert		7,09	7,68	6,22	7,76	7,42
Leitfähigkeit	µS/cm	613	851	14.090	9.650	1.195
Redox	mV	305	317	278	314	361
Sauerstoff	mg/l	8,39	8,41	6,75	4,25	8,75
Temperatur	°C	10,4	8,2	18,3	11,6	8,2
Laborparameter - 1		Chemismus-bestimmende Parameter				
Natrium	mg/l	17,6	32,4	603	402	41,9
Kalium	mg/l	5,74	5,58	365	224	12
Calcium	mg/l	48,7	61,8	468	354	73,9
Magnesium	mg/l	30	36	2.000	1.300	74
Chlorid	mg/l	42	81	970	730	96
Sulfat	mg/l	110	170	10.000	6.400	350
Hydrogencarbonat	mg/l	98	98	165	146	98
Nitrat	mg/l	42	42	92	60	42
Laborparameter - 2		Summenparameter				
SK 4,3	mmol/l	1,6	1,6	2,7	2,4	1,6
Laborparameter - 3		Spurenmetalle				
Cadmium	µg/l	0,9	0,9	23,2	25,3	1,4
Kupfer	µg/l	<1	6	<1	8	7
Nickel	µg/l	8	8	62	120	13
Zink	µg/l	134	162	4.980	5.060	273

Hegebach	Hegebach	Deutschland-Sch. Halde	Einlaufrohr am Hegebach	Hegebach

EPSG:25833

Auftragnehmer: 		Auftraggeber: 	
Projekt: Analyse zu speziellen Inhaltsstoffen in Gruben- und Haldenwässern aus den ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Revier			bearbeitet: Lux / Schmiedel gezeichnet: Schmiedel geprüft: Dr. Abraham
Inhalt: Hegebach und Haldensickerwässer Teilgebiet 1: Deutschlandschacht-Halden			Anlage 7-1
Maßstab: 5.000	Stand: 12/2018	30182030	



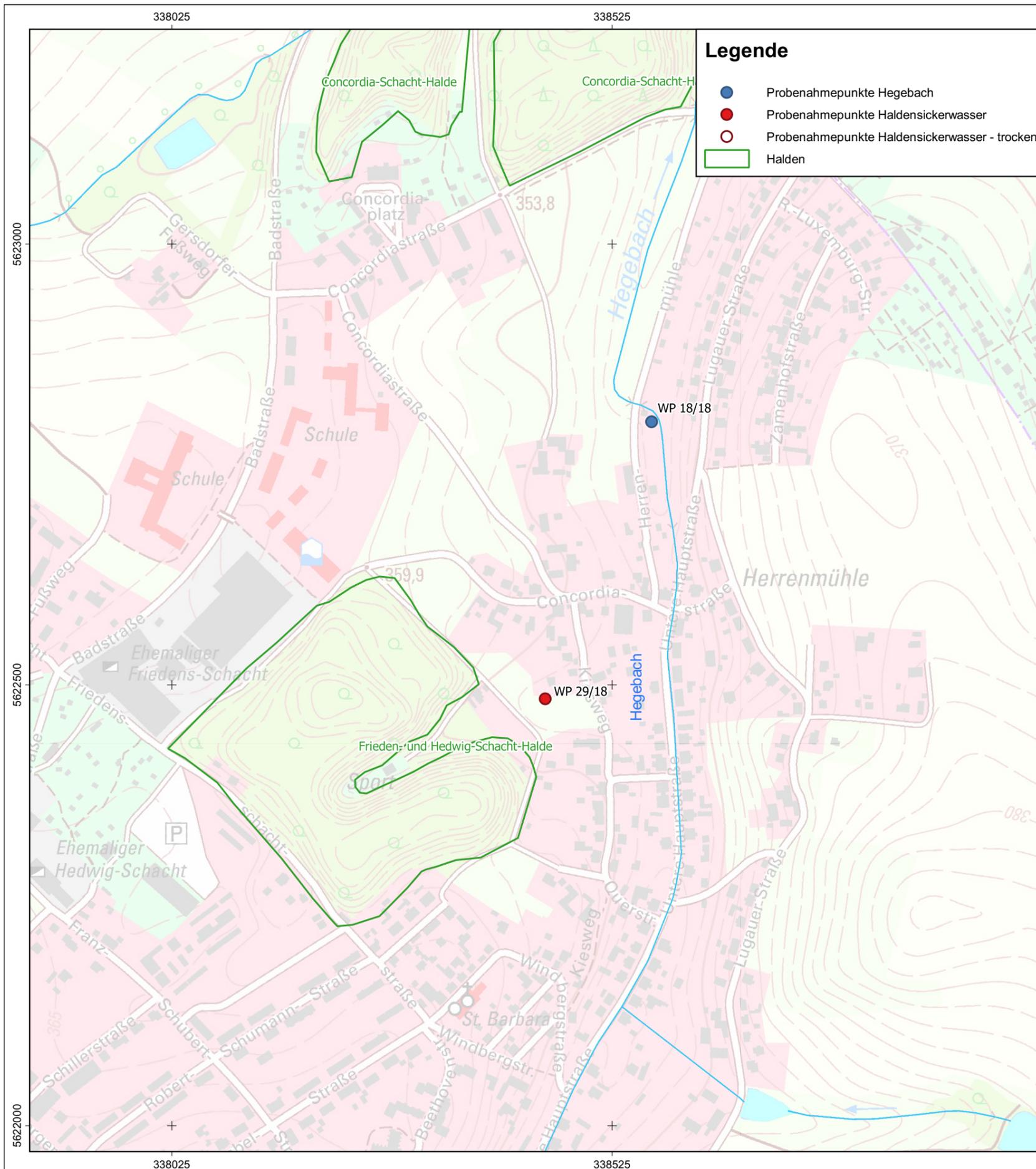
Anlage 7.2

Hegebach und Haldensickerwässer

Untersuchungsergebnisse für die Teilgebiete

Teilgebiet 2

**Oelsnitz, Bereich Frieden- und
Hedwig-Schacht-Halde**

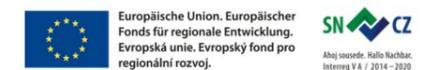


Hegebach und Haldensickerwasser Teilgebiet Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde

<i>Analysen Hegebach und Haldensickerwasser</i>			
		16.11.18	13.11.18
		WP 29/18	WP 18/18
Feldparameter	Einheit		
ph-Wert		6,10	7,92
Leitfähigkeit	µS/cm	2.240	1.049
Redox	mV	242	232
Sauerstoff	mg/l	5,61	7,87
Temperatur	°C	11,6	11,1
Laborparameter - 1			
Natrium	mg/l	54,3	34,4
Kalium	mg/l	18,5	9,76
Calcium	mg/l	248	67,5
Magnesium	mg/l	120	61
Chlorid	mg/l	100	77
Sulfat	mg/l	1.100	260
Hydrogencarbonat	mg/l	61	122
Nitrat	mg/l	31	37
Laborparameter - 2			
SK 4,3	mmol/l	1,0	2,0
Laborparameter - 3			
Cadmium	µg/l	13,8	0,8
Kupfer	µg/l	3	3
Nickel	µg/l	86	7
Zink	µg/l	3.170	169

Frieden- und Hedwig-Sch. Halde	Hegebach
--------------------------------	----------

EPSG:25833



Auftragnehmer:  HYDRO-GEO-CONSULT GmbH		Auftraggeber: 	
Projekt: Analyse zu speziellen Inhaltsstoffen in Gruben- und Haldenwässern aus den ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Revier		bearbeitet:	Lux / Schmiedel
		gezeichnet:	Schmiedel
		geprüft:	Dr. Abahram
Inhalt: Hegebach und Haldensickerwasser Teilgebiet 2: Frieden- und Hedwig-Schacht-Halde			Anlage 7-2
Maßstab: 5.000	Stand: 12/2018	30182030	

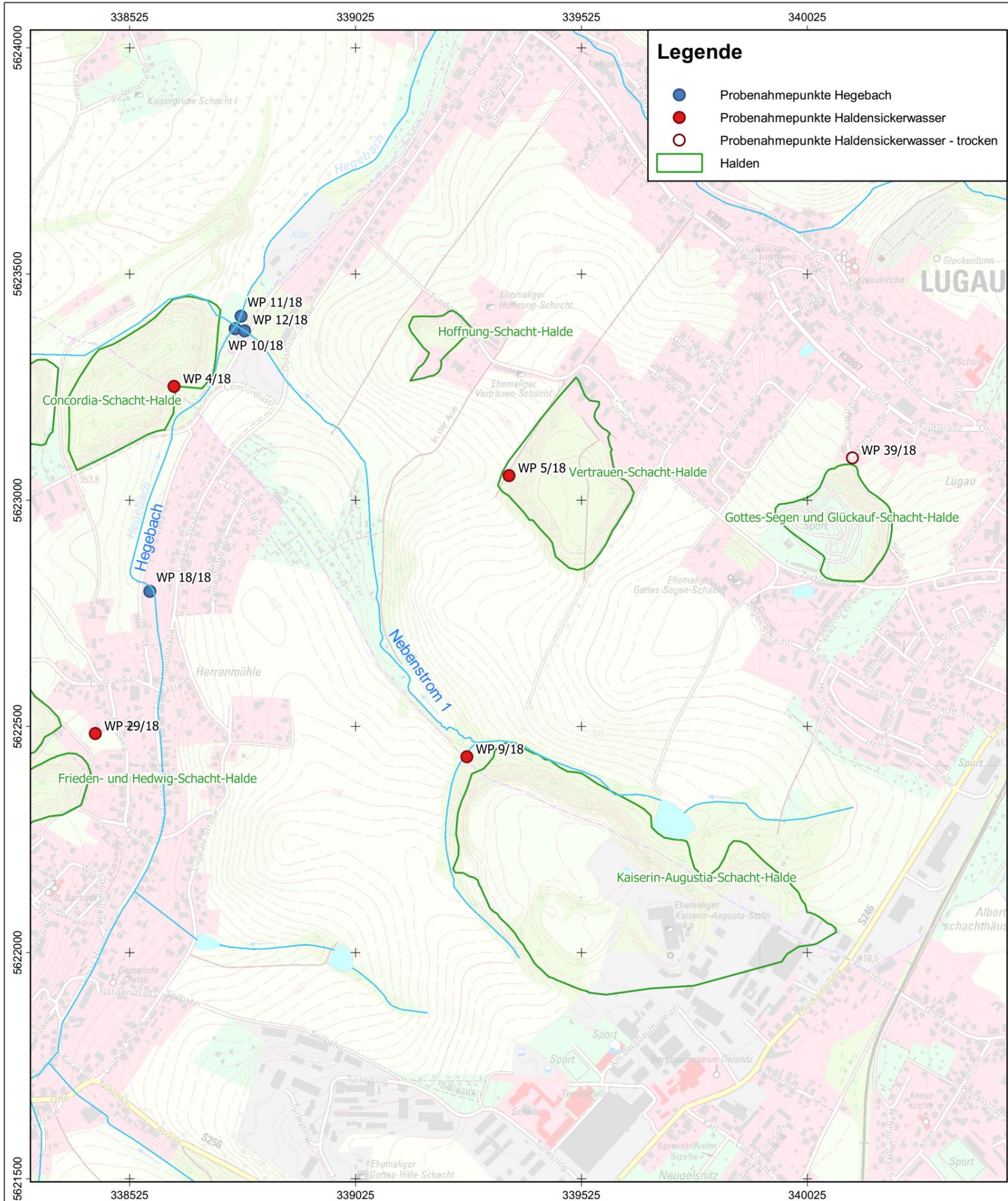
Anlage 7.3

Hegebach und Haldensickerwässer

Untersuchungsergebnisse für die Teilgebiete

Teilgebiet 3

Lugau, Bereich Nebenstrom I



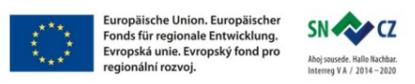
Hegebach und Haldensickerwässer Lugau - Nebenstrom 1

Analysen Hegebach und Haldensickerwässer

		13.11.18	19.11.18	16.11.18	16.11.18	13.11.18	13.10.18
		WP 10/18	WP 4/18	WP 9/18	WP 5/18	WP 12/18	WP 11/18
Feldparameter	Einheit						
ph-Wert		7,92	6,71	6,74	3,73	7,93	7,93
Leitfähigkeit	µS/cm	1.070	2.670	5.880	9.850	2.080	1.341
Redox	mV	230	183	100	455	281	262
Sauerstoff	mg/l	7,99	7,35	4,29	2,31	7,98	7,43
Temperatur	°C	11,0	13,3	9,8	12,0	9,8	10,7
Laborparameter - 1							
Natrium	mg/l	32,8	38	232	109	73	41,4
Kalium	mg/l	9,66	29,5	55,8	27,1	12,0	10,3
Calcium	mg/l	63,1	386	495	399	166	84,9
Magnesium	mg/l	60	140	490	1.600	140	76
Chlorid	mg/l	74	38	400	280	130	84
Sulfat	mg/l	270	1.600	3.300	10.000	810	370
Hydrogencarbonat	mg/l	116	98	323	5	171	128
Nitrat	mg/l	36	22	1,6	97	26	34
Laborparameter - 2							
SK 4,3	mmol/l	1,9	1,6	5,3	<0,1	2,8	2,1
Laborparameter - 3							
Cadmium	µg/l	0,9	81,2	0,5	1.820	14,9	3,2
Kupfer	µg/l	3	<1	<1	67	<1	1
Nickel	µg/l	8	410	101	7.070	87	22
Zink	µg/l	267	19.300	531	345.000	4.150	929

Hegebach	Concordia-Sch. Halde	Kaiserin-Augusta-Sch. Halde	Vertrauen-Sch. Halde	NS 1 vor Hegebach	Hegebach
		NS 1			

EPSG:25833



Auftragnehmer: 		Auftraggeber: 	
Projekt: Analyse zu speziellen Inhaltsstoffen in Gruben- und Haldenwässern aus den ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Revier			
		bearbeitet:	Lux / Schmiedel
		gezeichnet:	Schmiedel
		geprüft:	Dr. Abraham
Inhalt: Hegebach und Haldensickerwässer Teilgebiet 3: Lugau - Nebenstrom 1			Anlage 7-3
Maßstab: 10.000	Stand: 12/2018	30182030	

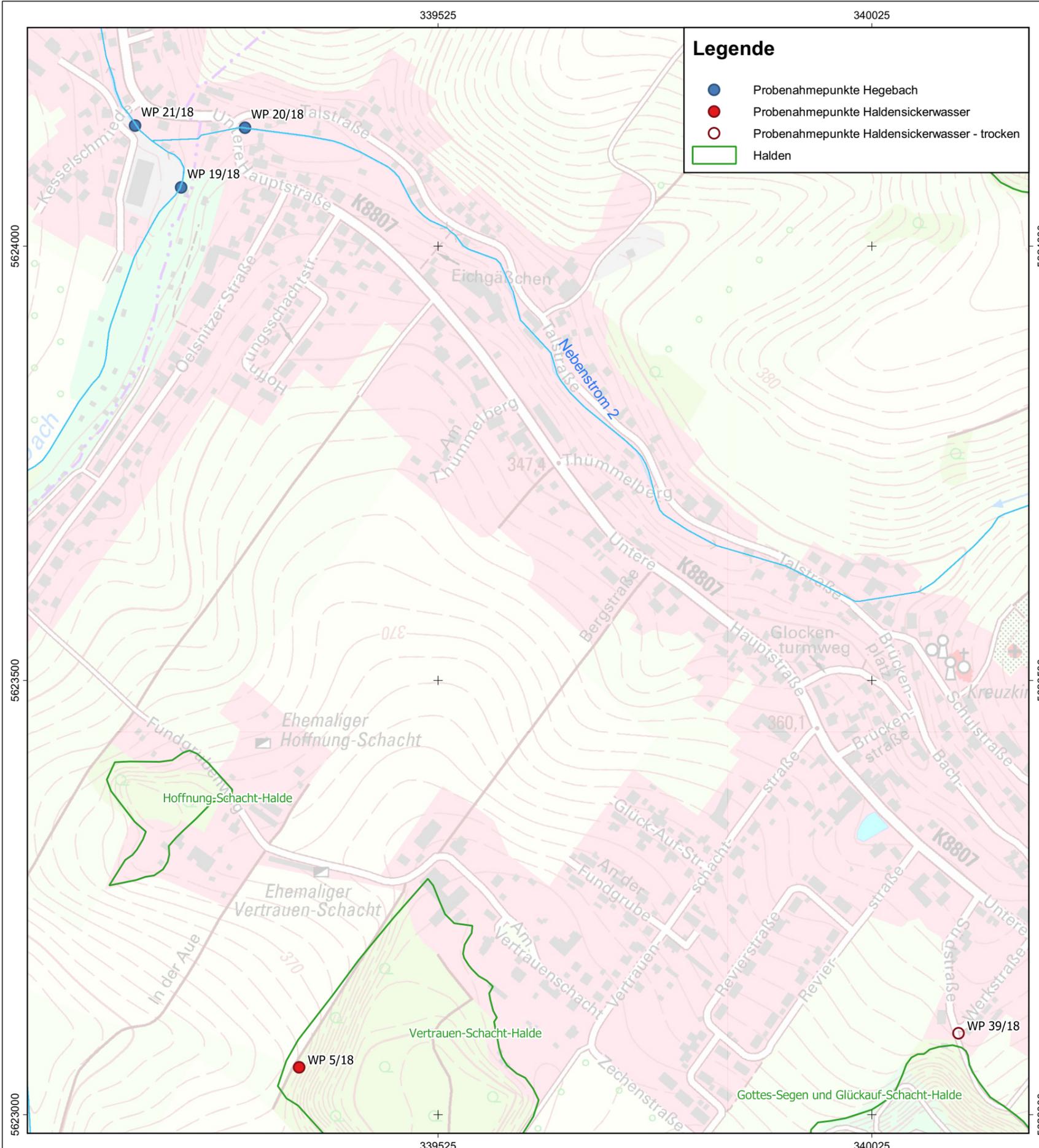
Anlage 7.4

Hegebach und Haldensickerwässer

Untersuchungsergebnisse für die Teilgebiete

Teilgebiet 3

Lugau, Bereich Nebenstrom II



Legende

- Probenahmepunkte Hegebach
- Probenahmepunkte Haldensickerwasser
- Probenahmepunkte Haldensickerwasser - trocken
- Halden

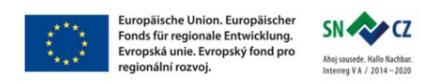
**Hegebach und Haldensickerwasser
Teilgebiet Lugau - Nebenstrom 2**

Analysen Hegebach und Haldensickerwasser

		13.11.18 WP 19/18	16.11.18 WP 6/18	trocken WP 39/18	13.11.18 WP 20/18	13.11.18 WP 21/18
Feldparameter	Einheit					
ph-Wert		8,06	7,54		8,00	8,02
Leitfähigkeit	µS/cm	1.110	1.052		722	1.073
Redox	mV	255	251		260	264
Sauerstoff	mg/l	7,81	8,6		7,05	7,32
Temperatur	°C	10,9	3,7		10,9	10,9
Laborparameter - 1						
Natrium	mg/l	36,4	20		23,8	35,6
Kalium	mg/l	9,11	17,0		7,2	8,83
Calcium	mg/l	73,7	82		61	74,2
Magnesium	mg/l	64	62		28	60
Chlorid	mg/l	77	49		60	75
Sulfat	mg/l	300	390		82	270
Hydrogencarbonat	mg/l	128	79		165	134
Nitrat	mg/l	34	1,8		28	34
Laborparameter - 2						
SK 4,3	mmol/l	2,1	1,3		2,7	2,2
Laborparameter - 3						
Cadmium	µg/l	1,8	<0,2		<0,2	1,1
Kupfer	µg/l	2	<1		4	2
Nickel	µg/l	11	8		4	10
Zink	µg/l	389	149		127	373

Hegebach	Victoria-Sch. Halde	Gottes Segen- und Glückauf-Sch. Halde	NS 2 vor Hegebach	Hegebach
	NS 2			

EPSG:25833



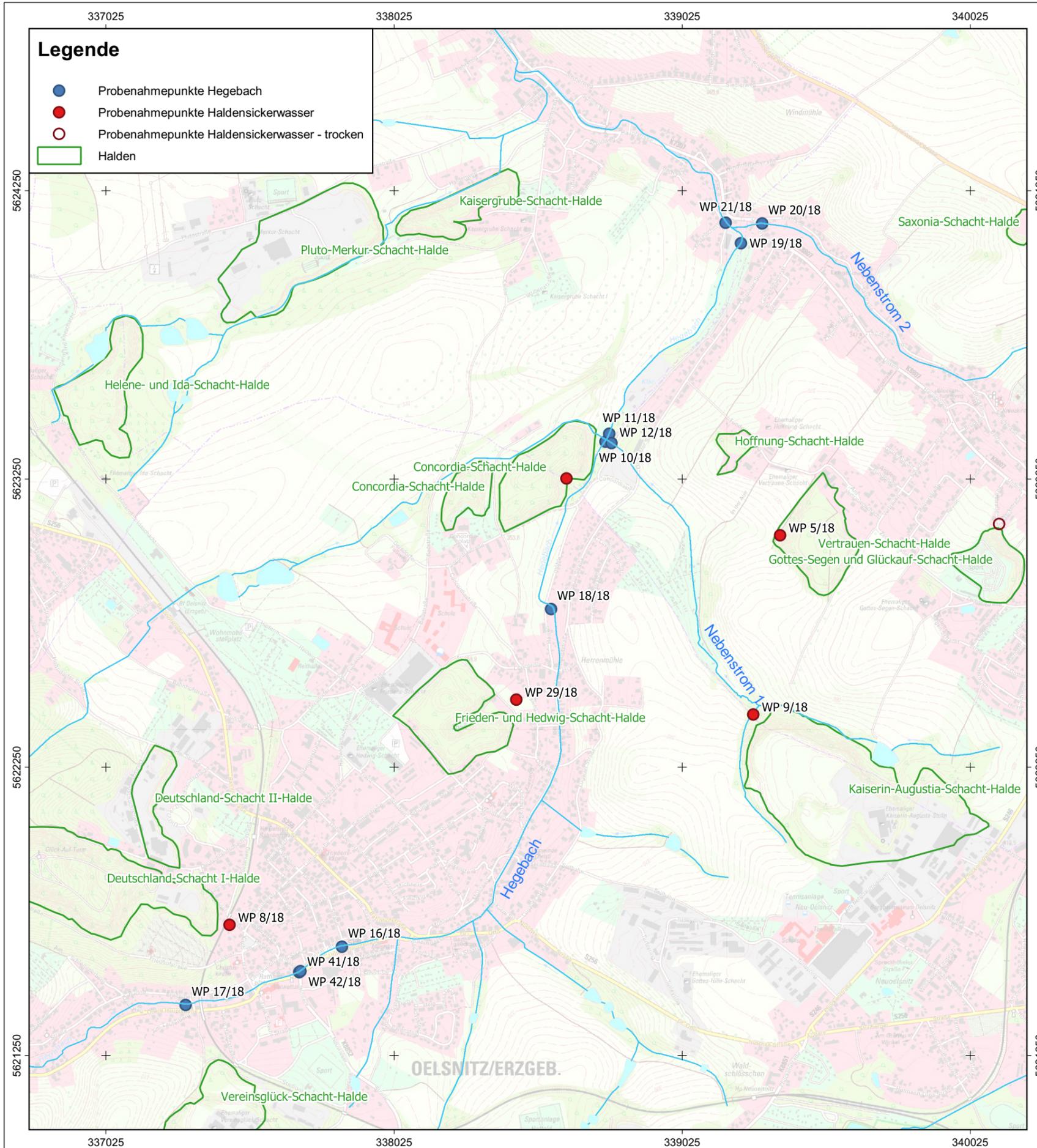
Auftragnehmer: 		Auftraggeber: 	
Projekt: Analyse zu speziellen Inhaltsstoffen in Gruben- und Haldenwässern aus den ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Revier		bearbeitet:	Lux / Schmiedel
		gezeichnet:	Schmiedel
		geprüft:	Dr. Abraham
Inhalt: Hegebach und Haldensickerwasser Teilgebiet 4: Lugau - Nebenstrom 2		Anlage 7-4	
Maßstab: 5.000	Stand: 12/2018	30182030	

Anlage 8

Hegebach und Haldensickerwässer

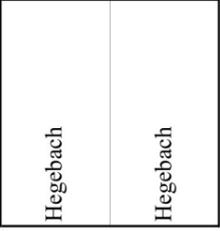
Status Hegebach

Vergleich Gebietseingang / Gebietsausgang

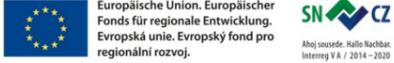


Hegebach Gebietseingang / Gebietsausgang

<i>Analysen Hegebach</i>			
		13.11.18	13.11.18
		WP 17/18	WP 21/18
Feldparameter	Einheit		
ph-Wert		7,09	8,02
Leitfähigkeit	µS/cm	613	1.073
Redox	mV	305	264
Sauerstoff	mg/l	8,39	7,32
Temperatur	°C	10,4	10,9
Laborparameter - 1			
Natrium	mg/l	17,6	35,6
Kalium	mg/l	5,74	8,83
Calcium	mg/l	48,7	74,2
Magnesium	mg/l	30	60
Chlorid	mg/l	42	75
Sulfat	mg/l	110	270
Hydrogencarbonat	mg/l	98	134
Nitrat	mg/l	42	34
Laborparameter - 2			
SK 4,3	mmol/l	1,6	2,2
Laborparameter - 3			
Cadmium	µg/l	0,9	1,1
Kupfer	µg/l	<1	2
Nickel	µg/l	8	10
Zink	µg/l	134	373



EPSG:25833



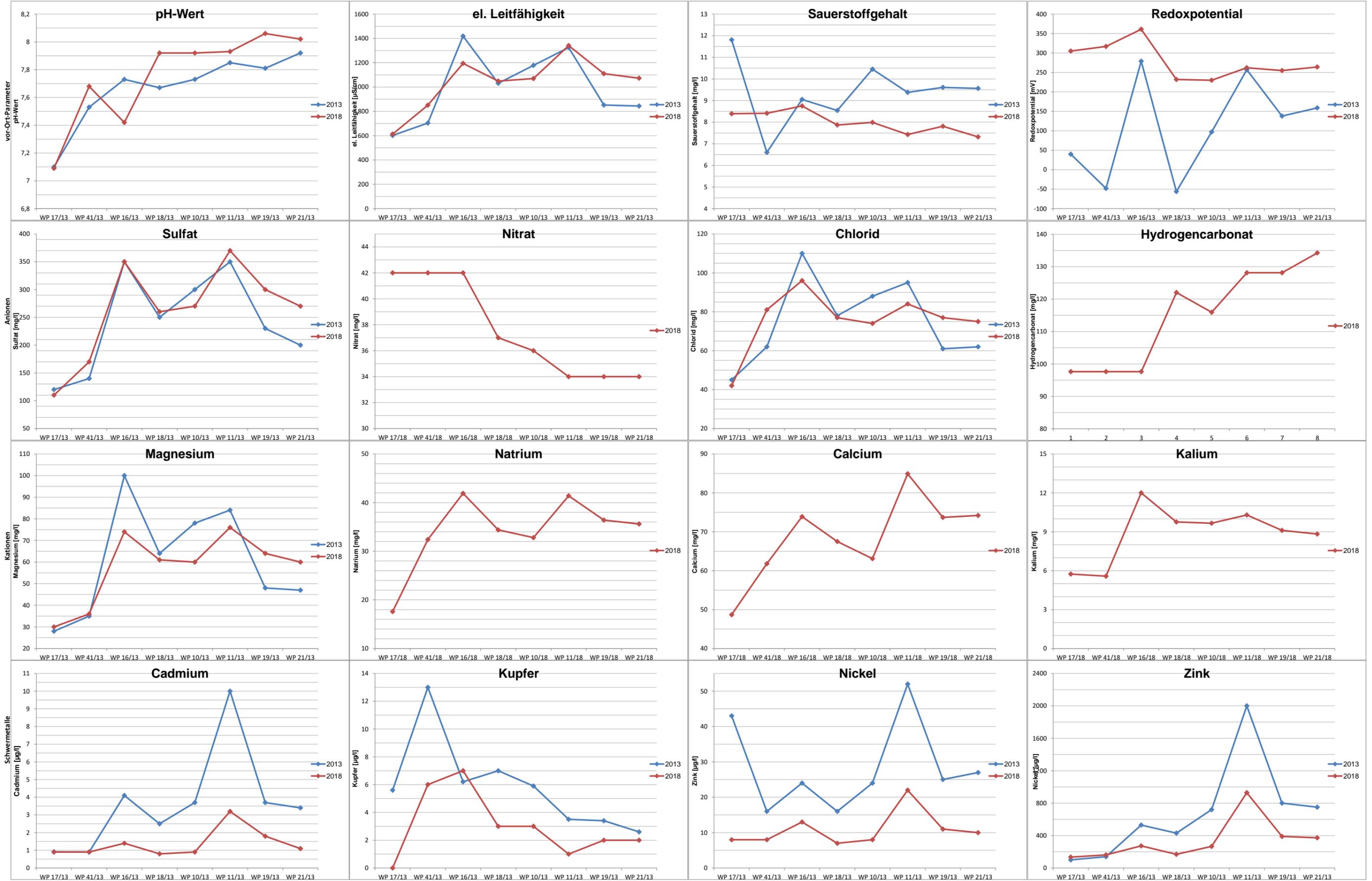
Auftragnehmer: 		Auftraggeber: 	
Projekt: Analyse zu speziellen Inhaltsstoffen in Gruben- und Haldenwässern aus den ehemaligen Lugau-Oelsnitzer Revier		bearbeitet: Lux / Schmiedel	gezeichnet: Schmiedel
Inhalt: Hegebach Gebietseingang / Gebietsausgang		geprüft: Dr. Abraham	
Maßstab: 15.000	Stand: 12/2018	30182030	
			Anlage 8

Anlage 9.1

Hegebach und Haldensickerwässer

**Vergleich der Untersuchungsergebnisse 2018
gegen 2013 – für den Hegebach**

Hegebach

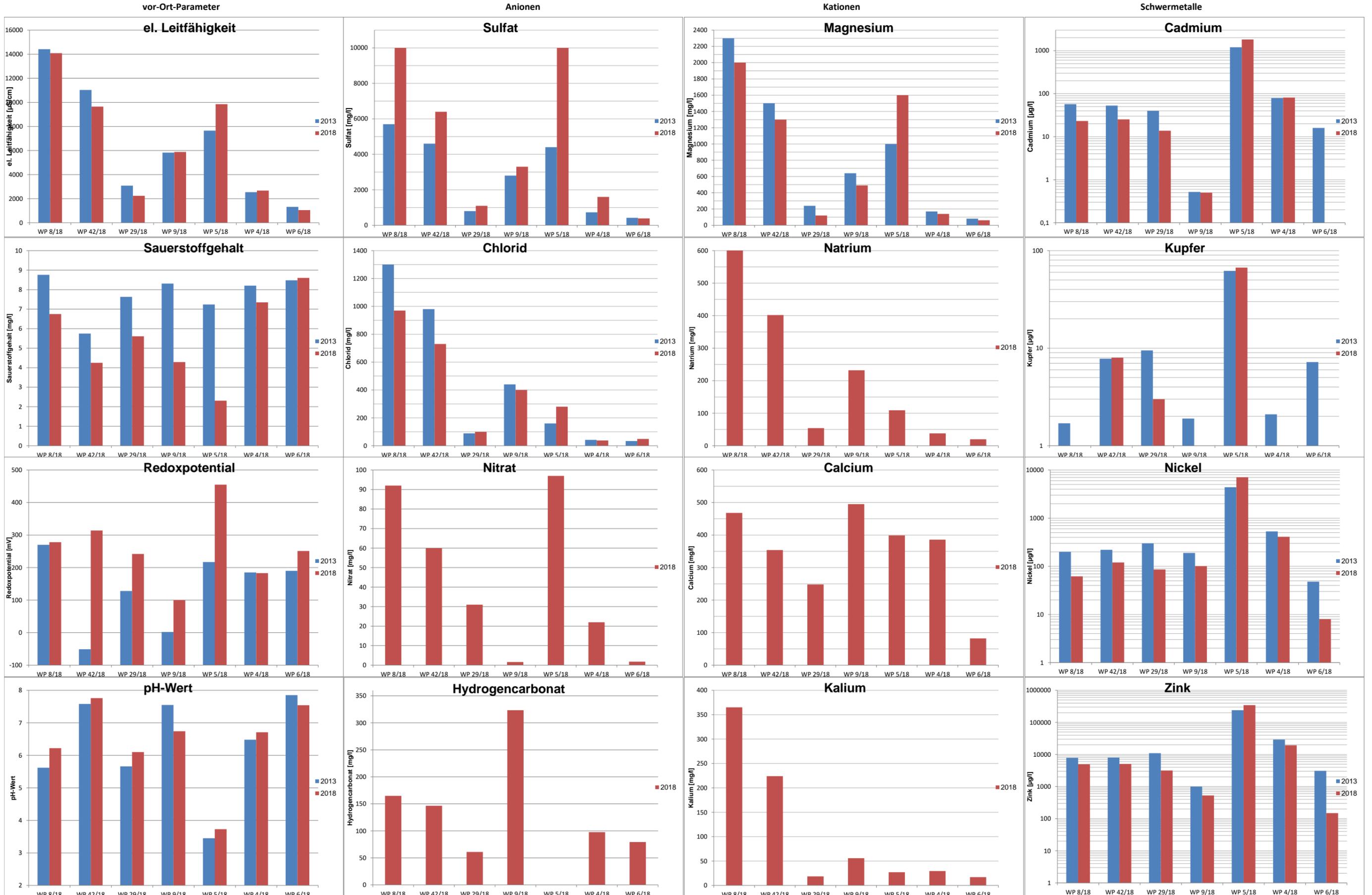


Anlage 9.2

Hegebach und Haldensickerwässer

**Vergleich der Untersuchungsergebnisse 2018
gegen 2013 – für die Haldensickerwässer**

Haldensickerwässer



Anlage 9.3

Hegebach und Haldensickerwässer

**Vergleich der Untersuchungsergebnisse 2018
gegen 2013 – für die Nebenströme**

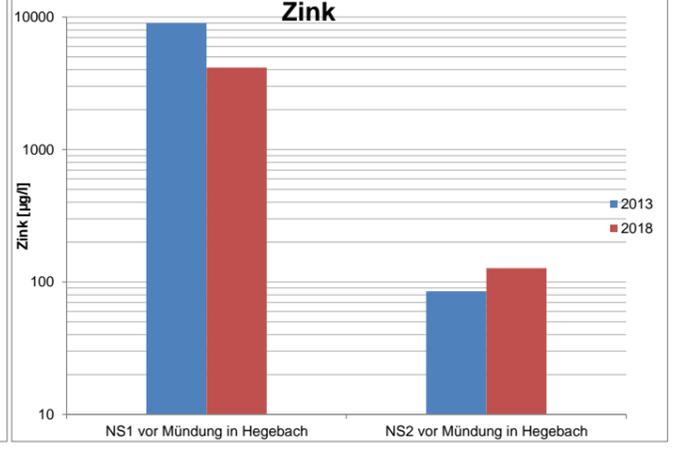
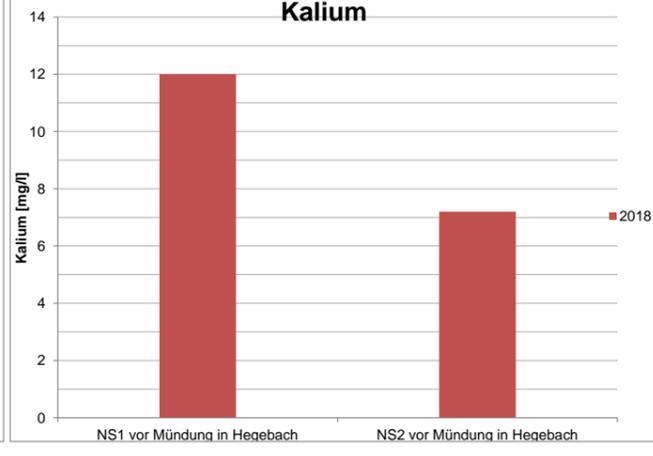
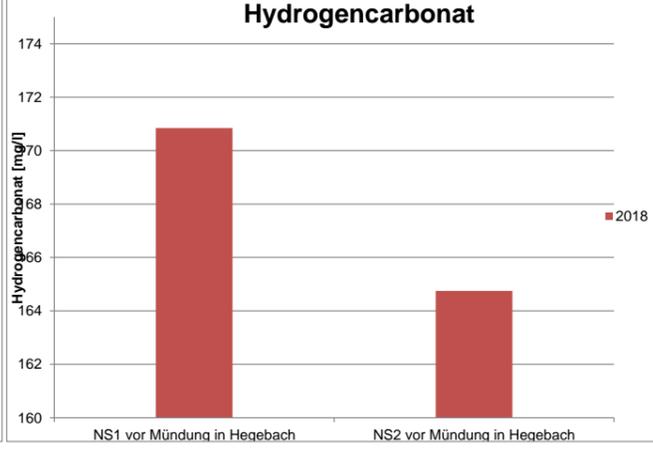
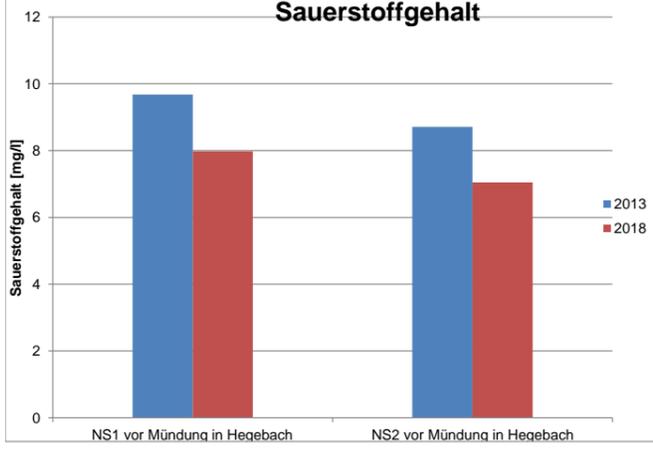
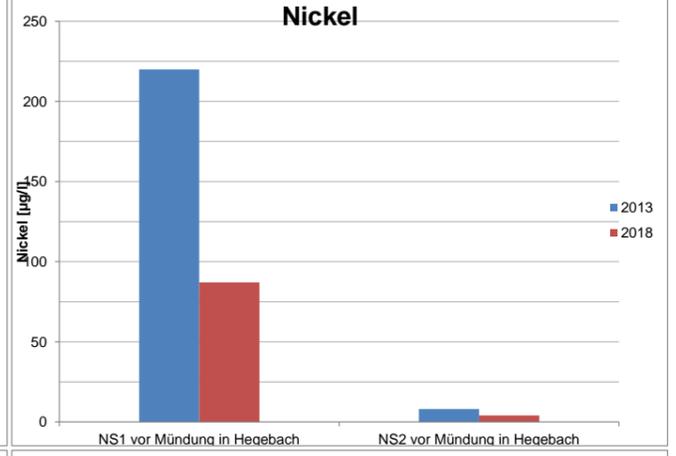
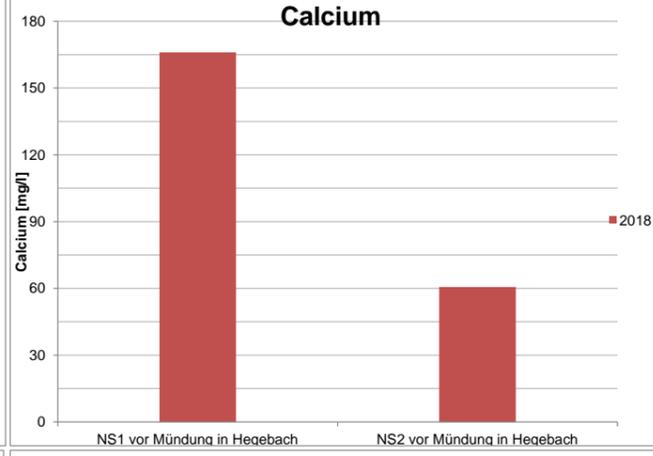
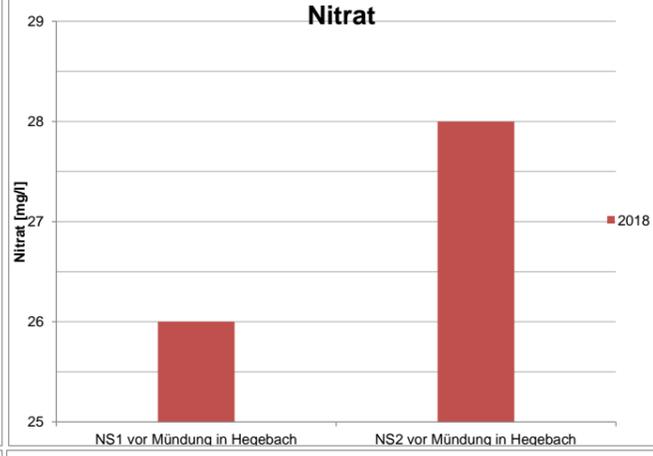
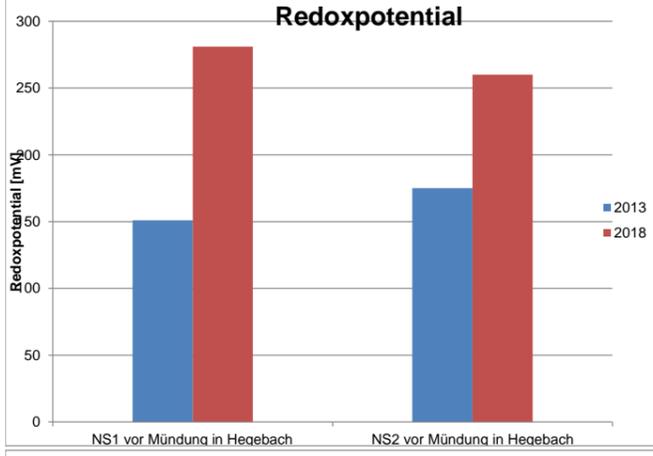
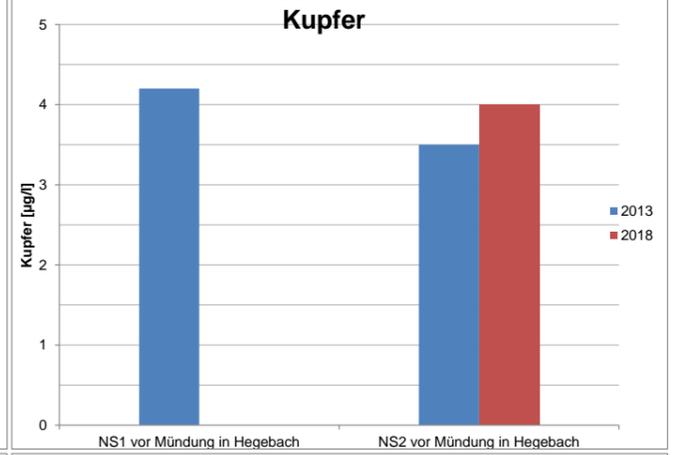
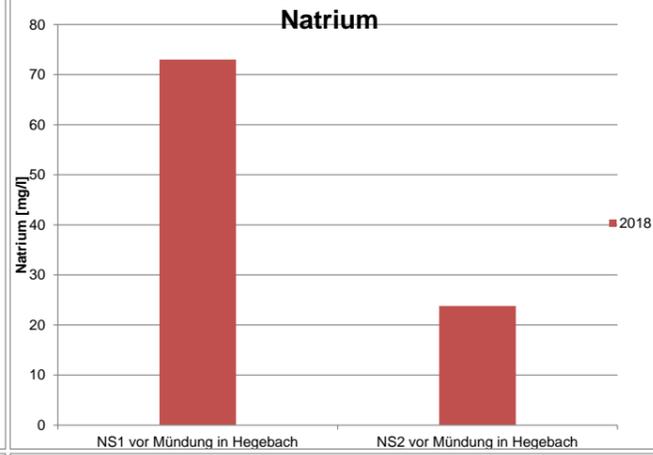
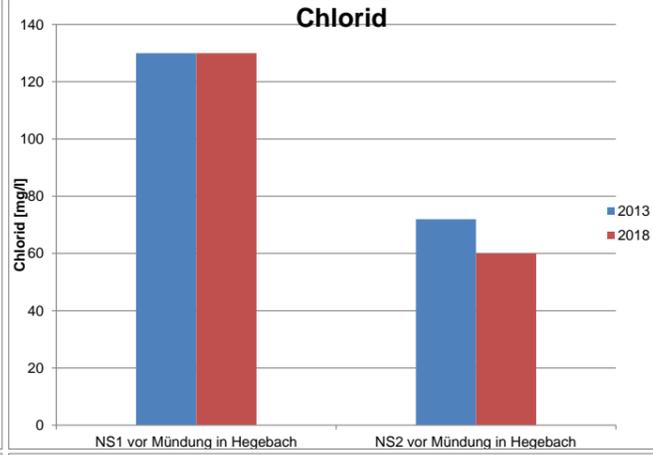
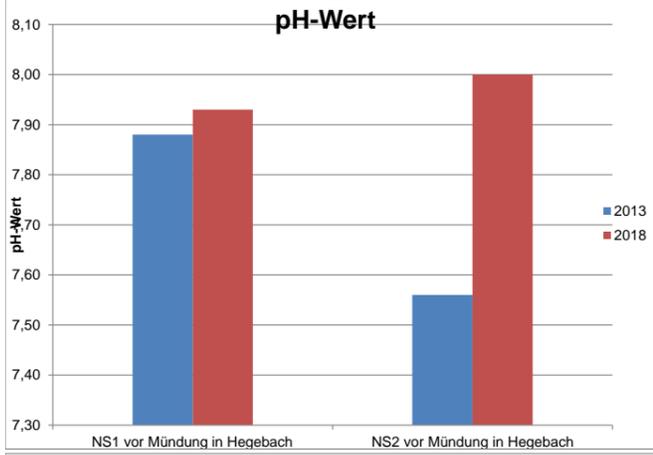
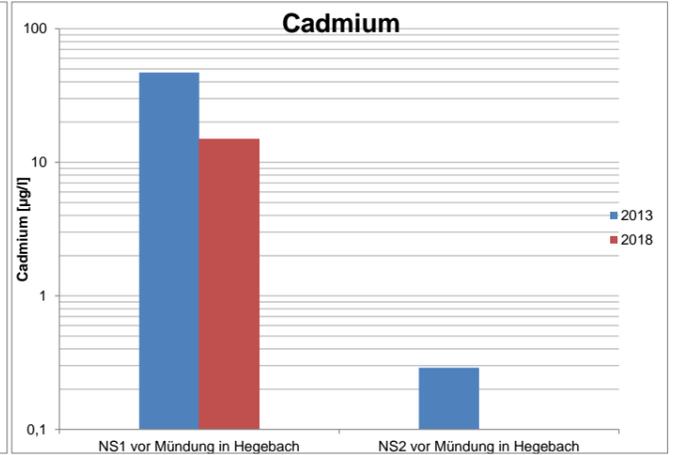
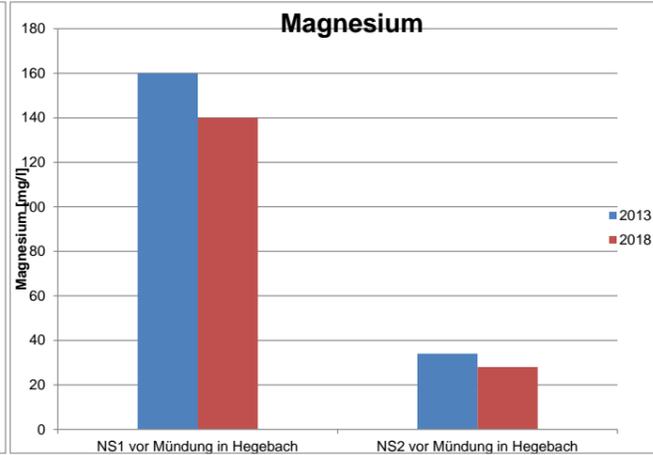
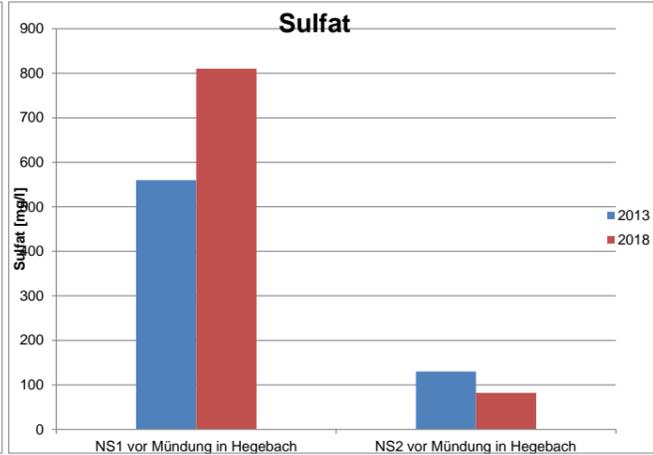
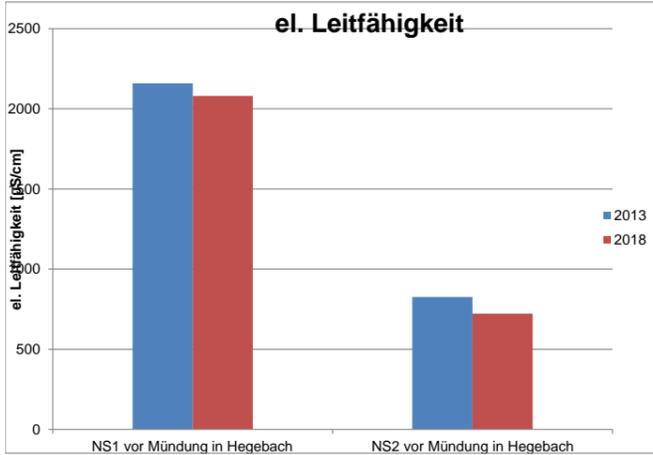
Nebenströme

vor-Ort-Parameter

Anionen

Kationen

Schwermetalle



Anlage 10

Hegebach und Haldensickerwässer

**Analysenprotokolle für die
Untersuchungskampagne 2018**

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 11831254
Prüfberichtsnummer: AR-18-FR-029562-01

Auftragsbezeichnung: Oelsnitz

Anzahl Proben: 9
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 13.11.2018
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 12.11.2018
Prüfzeitraum: 12.11.2018 - 19.11.2018

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.

William Homilius
Prüfleiter
Tel. +49 3731 2076516

Digital signiert, 23.11.2018
Dr. Ulrich Erler
Prüfleitung



Probenbezeichnung	WP 8/18	WP 10/18	WP 11/18
Probenahmedatum/ -zeit	13.11.2018	13.11.2018	13.11.2018
Probennummer	118124476	118124477	118124478

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

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			6,3	7,9	7,8
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,4	21,5	21,5

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	2,7	1,9	2,1
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,4	21,5	21,5

Anionen

Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	970	74	84
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	92	36	34
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	10000	270	370

Elemente aus der filtrierten Probe

Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0232	0,0009	0,0032
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	468	63,1	84,9
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	365	9,66	10,3
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001	0,003	0,001
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	2000	60	76
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	603	32,8	41,4
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,062	0,008	0,022
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	4,98	0,267	0,929

Probenbezeichnung	WP 17/18	WP 18/18	WP 19/18
Probenahmedatum/ -zeit	13.11.2018	13.11.2018	13.11.2018
Probennummer	118124479	118124480	118124481

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

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			7,3	7,9	8,0
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,6	21,7	21,6

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	1,6	2,0	2,1
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,6	21,7	21,6

Anionen

Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	42	77	77
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	42	37	34
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	110	260	300

Elemente aus der filtrierten Probe

Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0009	0,0008	0,0018
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	48,7	67,5	73,7
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	5,74	9,76	9,11
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001	0,003	0,002
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	30	61	64
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	17,6	34,4	36,4
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,008	0,007	0,011
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,134	0,169	0,389

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		WP 21/18	NS 1	NS 2
				Probenahmedatum/ -zeit		13.11.2018	13.11.2018	13.11.2018
				Probennummer		118124482	118124483	118124484
				BG	Einheit			
Physikalisch-chemische Kenngrößen								
pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			8,0	7,8	8,0
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,6	21,7	21,5
Anorganische Summenparameter								
Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	2,2	2,8	2,7
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	21,6	21,7	21,5
Anionen								
Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	75	130	60
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	34	26	28
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	270	810	82
Elemente aus der filtrierten Probe								
Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0011	0,0149	< 0,0002
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	74,2	166	60,6
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	8,83	12,0	7,20
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,002	< 0,001	0,004
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	60	140	28
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	35,6	73,0	23,8
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,010	0,087	0,004
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	0,373	4,15	0,127

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. 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 11832034
Prüfberichtsnummer: AR-18-FR-030015-01

Auftragsbezeichnung: Oelsnitz

Anzahl Proben: 8
Probenart: Wasser
Probenahmedatum: 19.11.2018
Probenehmer: Auftraggeber
Probeneingangsdatum: 19.11.2018
Prüfzeitraum: 19.11.2018 - 28.11.2018

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.

William Homilius
Prüfleiter
Tel. +49 3731 2076516

Digital signiert, 29.11.2018
Dr. Ulrich Erler
Prüfleitung



Probenbezeichnung	4/18	5/18	6/18	9/18	16/18	29/18	41/18	42/18
Probenahmedatum/ -zeit								19.11.2018
Probennummer	118127546	118127547	118127548	118127549	118127550	118127551	118127552	118127553

Parameter	Lab.	Akr.	Methode	BG	Einheit								
-----------	------	------	---------	----	---------	--	--	--	--	--	--	--	--

Physikalisch-chemische Kenngrößen

pH-Wert	FR	JE02	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			6,6	3,7	7,3	6,8	7,6	6,0	7,6	7,7
Temperatur pH-Wert	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	20,4	19,8	19,2	19,5	19,8	19,9	20,4	19,0

Anorganische Summenparameter

Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR	JE02	DIN 38409-H7: 2005-12	0,1	mmol/l	1,6	< 0,1	1,3	5,3	1,6	1,0	1,6	2,4
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR	JE02	DIN 38404-C4: 1976-12		°C	20,4	19,8	19,2	19,5	19,8	19,9	20,4	19,0

Anionen

Chlorid (Cl)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	38	280	49	400	96	100	81	730
Nitrat (NO ₃)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	22	97	1,8	1,6	42	31	42	60
Sulfat (SO ₄)	FR	JE02	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07	1,0	mg/l	1600	10000	390	3300	350	1100	170	6400

Elemente aus der filtrierten Probe

Cadmium (Cd)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,0002	mg/l	0,0812	1,82	< 0,0002	0,0005	0,0014	0,0138	0,0009	0,0253
Calcium (Ca)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	386	399	82,1	495	73,9	248	61,8	354
Kalium (K)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	29,5	27,1	17,0	55,8	12,0	18,5	5,58	224
Kupfer (Cu)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	< 0,001	0,067	< 0,001	< 0,001	0,007	0,003	0,006	0,008
Magnesium (Mg)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,02	mg/l	140	1600	62	490	74	120	36	1300
Natrium (Na)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,05	mg/l	38,0	109	19,9	232	41,9	54,3	32,4	402
Nickel (Ni)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,001	mg/l	0,410	7,07	0,008	0,101	0,013	0,086	0,008	0,120
Zink (Zn)	FR	JE02	DIN EN ISO 17294-2: 2005-02	0,002	mg/l	19,3	345	0,149	0,531	0,273	3,17	0,162	5,06

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. Die mit JE02 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.