

Abschlussbericht

Projekt-Nr. **2170492** Ausfertigungs-Nr. **1 / 2** Datum **16.10.2020**

Tanklager Farge – Verladebahnhof 2

**Feldversuch zur *in situ* biologischen Oxidation (ISBO) von BTEX und MTBE
Abschlussbericht**

Untersuchungszeitraum: März 2018 – Juli 2020

Auftraggeber

**Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR
Theodor-Heuss-Allee 14
28195 Bremen**

Bearbeiter: Dipl. Geol. O. Böcker, M.Sc. J. Kleinschnitker

Inhaltsverzeichnis

Text	Seite
1. Anlass und Aufgabenstellung	4
2. Standortbeschreibung	5
2.1 Geologische und Hydrogeologische Situation	5
2.2 Kontaminationen im Untersuchungsbereich	6
3. Zusammenfassende Konzeptbeschreibung	6
4. Durchführung und Ergebnisse des 1. Abbauersuches (August 2018 – April 2019)	8
4.1 Vorbereitung	9
4.2 Nullbeprobung	10
4.3 pH-Wert Stabilisierung	12
4.4 Monitoring 1. Abbauersuch	13
4.5 Nährstoffanalyse	18
4.6 MPN-Test	19
4.7 Kleiner Abbauersuch	20
4.8 Grundwasserfließrichtung	21
4.9 Zusammenfassung und Bewertung des 1. Abbauersuchs (August 2018 – April 2019)	21
5. Durchführung und Ergebnisse des 2. Abbauersuches (Juli 2019 – Juli 2020)	23
5.1 Konzeptbeschreibung	23
5.2 Vorbereitung	24
5.3 Nullbeprobung	25
5.4 Monitoring	26
5.5 Mikrokosmenstudie	29
5.6 Zusammenfassung und Bewertung des 2. Abbauersuchs	30
6. Fazit und Ausblick	31
7. Literaturverzeichnis	33

Anlagen

- 1 Übersichtslageplan
- 2 Übersicht BTEX-Konzentrationen im Grundwasser
- 3 Geländeschnitt A-A'
- 4 Verfahrens- und Konzeptbeschreibung der *in situ* Grundwassersanierung Fa. Züblin Umwelttechnik
- 5 Konzeptionsbeschreibung Zirkulationsversuch Fa. Züblin Umwelttechnik
- 6 Abschlussbericht In-Situ Feldversuche Grundwassersanierung Fa. Züblin Umwelttechnik
- 7 Lageplan – Position der Pegel im Versuchsfeld
- 8 Grundwassergleichenplan 13.02.2019
- 9 Grundwassergleichenplan 01.10.2019
- 10 Grundwassergleichenplan 11.11.2019
- 11 Lageplan BTEX- und MTBE-Konzentrationsverläufe 1. Abbauversuch
- 12 Lageplan – Sauerstoffmessungen Dezember 2018
- 13 Nährstoffuntersuchung und C:N:P:K-Verhältnis 1. Abbauversuch
- 14 Tabelle BTEX- sowie MTBE-Konzentrationen mit zugehörigen Vor-Ort-Parametern 1. Abbauversuch
- 15 Prüfberichte Schadstoffuntersuchungen
- 16 Prüfberichte Keimzahlen
- 17 Abschlussbericht Mikrokosmenuntersuchung Uni Tübingen
- 18 Tabelle Analyseergebnisse GWMS 07/09
- 19 Lageplan mit Position und Reichweite der Reaktionszonen im Abstrom Bahnhof 2

1. Anlass und Aufgabenstellung

Allgemeine Angaben:

Untersuchungsstandort:	Samlandstraße 28777 Bremen - Farge
Maßnahme:	ISBO-Feldversuch
Auftraggeber:	Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR Theodor-Heuss-Allee 14 28195 Bremen
Auftragnehmer:	HPC AG
Ausführung durch:	HPC AG, Niederlassung Bremen Wilhelm-Herbst-Straße 5 28359 Bremen
Projektbeteiligte:	O. Böcker / J. Kleinschnitker
Berichtsdatum:	16.10.2020

Mit Datum vom 21.02.2017 beauftragte der Bundesbau bei Immobilien Bremen die HPC AG mit der Ausschreibung von Voruntersuchungen und Feldversuchen für ein *in situ* Sanierungsverfahren der abstromigen Schadstoff-fahne im Bereich des Verladebahnhofs 2, Tanklager Farge. Bei der Bieterauswahl fiel die Wahl auf ein Versuchskonzept der Firma Züblin Umwelttechnik GmbH.

Der Versuch fand abstromig, südwestlich des Verladebahnhofs 2 (Tanklager Farge) in Bremen statt. Das Untersuchungsgebiet ist in Anlage 1 dargestellt.

Das Versuchskonzept des *in situ* Feldversuchs der ausführenden Firma Züblin Umwelttechnik ist in Anlage 4 beschrieben. Der im Schreiben vom SKUMS (ehem. SUBV, 22.02.2018, Az.: 624-40-03/1) genehmigte Feldversuch sollte sachverständig durch die HPC AG betreut werden.

Im folgenden Anschriftenverzeichnis sind die an diesem Projekt beteiligten Personen seitens des Auftraggebers sowie der HPC AG aufgeführt.

Tabelle 1: Projektbeteiligte

Name	Firma	Adresse
Herr Pape	Bundesbau bei Immobilien Bremen	Langenstr. 10-12 28195 Bremen
Herr Dr. Brede	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben	Fasanenstr. 87 10623 Berlin
Herr Rüter	Züblin Umwelttechnik GmbH	Haferwende 27 28357 Bremen
Herr Böcker Frau Kleinschnitker	HPC AG	Wilhelm-Herbst-Straße 5 28359 Bremen Tel.: 0421/202430-19/-18 Fax: 0421/217010

Die Untersuchungsergebnisse des Versuchs werden im folgenden Bericht dokumentiert und bewertet.

2. Standortbeschreibung

Die Liegenschaft des Tanklagers Bremen Farge, befindet sich in Bremen-Nord im Stadtteil Farge. Das Untersuchungsfeld liegt außerhalb des Tanklagers in der Samlandstraße, südwestlich des Verladebahnhofs 2 (Anlage 1).

Die Schadstoffkonzentrationen sowie die Geologie sind durch Grundwasseruntersuchungen im Rahmen eines halbjährlichen Monitorings des Tanklagers Farge sowie durch Direct-Push-Untersuchungen, die im Zuge der früheren Erkundungen ausgeführt wurden, bekannt (Anlage 2 und 3).

2.1 Geologische und Hydrogeologische Situation

Geologisch/hydrogeologisch befindet sich die betroffene Liegenschaft im Bereich holozäner und pleistozäner Sedimente. Es handelt sich hierbei um holozäne Flugsande bzw. glazivluviale Beckensande, in die auch tonige Horizonte (Lauenburger Ton) eingeschaltet sein können (Anlage 3).

Bis in die Tiefe von 40 m stehen überwiegend dicht gelagerte Feinsande an. Lokal können schluffige, tonige Feinsande eingeschaltet sein, die aber keine wirksame Stockwerkstrennung zwischen oberem und unterem Bereich des Grundwasserleiters darstellen.

Der Hauptgrundwasserleiter ist innerhalb der holozänen/glazifluviatilen Sande ausgebildet. Das Grundwasser steht in Tiefen von ca. 13 m – 15 m unter Geländeoberkante an.

Die Grundwasserfließrichtung ist nach Süden Richtung Weser orientiert, wobei die Fließrichtung zwischen Südwest und Südost schwanken kann.

2.2 Kontaminationen im Untersuchungsbereich

In den vergangenen Jahren wurden durch verschiedene Untersuchungsmaßnahmen im Tanklager Farge Kontaminationen mit Mineralölprodukten im Grundwasser nachgewiesen. Der Schwerpunkt der Belastungen ist der Umschlagbereich des Verladebahnhofs 2 im südlichen Liegenschaftsteil. Hier befindet sich die Hauptkontaminationsquelle (Anlage 2). Den Hauptbestandteil der Verunreinigungen bilden die aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX) mit Benzol als einen der Hauptkomponenten sowie Methyl-tertiär-butylether (MTBE). Weitere Begleitstoffe sind polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW).

Ausgehend vom Kontaminationszentrum wurde ein Abstrom der BTEX-Belastung im Grundwasser insbesondere nach Süden über die Grundstücksgrenze hinaus auf einer Länge von ca. 750 m festgestellt. In der Tiefe konzentriert sich die Belastung auf den Abschnitt von 15 m – 20 m, diese reicht im weiteren Abstrom aber noch bis in die Tiefe von ca. 30 m.

Die Sanierung/Sicherung des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 2 erfolgt zum jetzigen Zeitpunkt mittels des Verfahrens der hydraulisch unterstützten Phasenabschöpfung. Hierbei wird im Kontaminationszentrum aus derzeit 10 Brunnen Grundwasser gefördert und eine Phasenabschöpfung betrieben. Die Konzentrationen der BTEX liegen in der Quelle bei bis zu ca. 30.000 µg/l. Innerhalb der Schadstofffahne wurden Konzentrationen für BTEX von ca. 2.000 – 5.000 µg/l im direkten Abstrom an der südlichen Grenze der Liegenschaft sowie bis zu ca. 900 µg/l im weiteren Abstrom festgestellt.

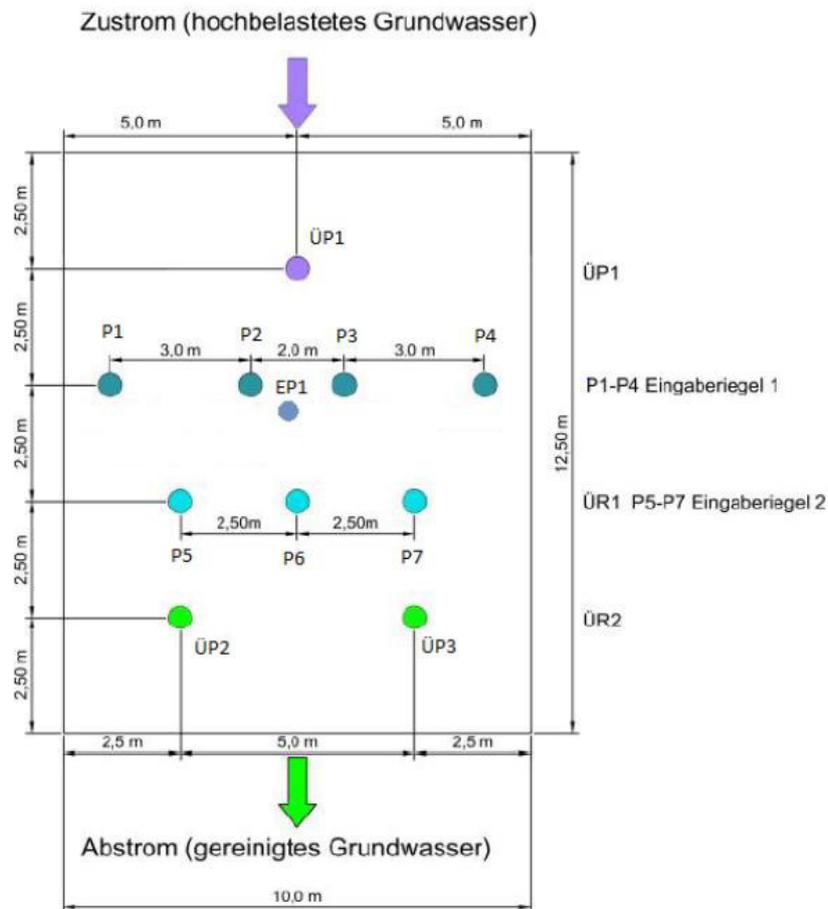
3. Zusammenfassende Konzeptbeschreibung

Zur Untersuchung einer möglichen Sanierungsmethode, der vom Verladebahnhof 2 ausgehenden Kontaminationsfahne, wurde auf einem Grundstück, welches sich im Abstrom befindet, ein Versuch zur Grundwassersanierung durchgeführt. Da die vor Ort dominierenden Kontaminanten biologisch abbaubar sind, wurde eine Grundwassersanierung mit einer *in situ* biologischen Oxidation (ISBO) vorgesehen. Die vollständige Konzeptbeschreibung der Fa. Züblin Umwelttechnik kann der Anlage 4 entnommen werden und wird im Folgenden kurz als 1. Abbauversuch zusammengefasst. Aufgrund gewonnener Erkenntnisse wurde die ursprüngliche Versuchskonzeption erweitert (Anlage 5) und als 2. Abbauversuch ausgeführt. Das erweiterte Versuchskonzept ist in Kapitel 5 zusammenfassend dargestellt.

Das Verfahren nutzt die Eigenschaft, dass Mikroorganismen unter aeroben Milieubedingungen die Schadstoffe zum Biomasseaufbau nutzen können und somit im umgebenden Boden/Wasser abbauen. Als Elektronenakzeptor benötigen die Mikroorganismen Sauerstoff, welcher im Zuge des Versuchs in Form von Reinsauerstoff mithilfe von Injektionsbrunnen in den Aquifer injiziert werden sollte. Somit bilden sich Reaktionszonen im Grundwasserleiter, in denen der biologische Abbau von BTEX stimuliert wird, aus. Aufgrund des später festgestellten, ausreichend gelösten Sauerstoffs wurde aber auf eine Sauerstoffzugabe im Verlauf des Versuches verzichtet.

Da Mikroorganismen MTBE nicht direkt nutzen können, benötigen sie ein Cosubstrat, z.B. Ethanol. Dieses wird produktiv von den Mikroorganismen genutzt und dabei MTBE cometabolisch abgebaut. Deshalb war zudem eine Injektion von Ethanol in das Grundwasser vorgesehen. Die Zugabe eines Cosubstrates wie Ethanol macht aufgrund der Diauxie allerdings erst nach dem Abbau der biologisch leichter abzubauenden BTEX-Aromaten Sinn. Die Diauxie wird der Sachverhalt genannt, dass leichter abbaubare Substanzen, z.B. BTEX, vor MTBE von Mikroorganismen abgebaut werden (Litz, Wilcke & Wilke, 2014). Da kein vollständiger BTEX-Abbau erzielt wurde, fand die Zugabe eines Cosubstrates nicht statt.

Für den Versuch sind zwei Brunnengalerien zur Injektion von Sauerstoff und Ethanol errichtet worden (Abbildung 1, Anlage 7). Vor und nach diesen Galerien sind Pegel zur Kontrolle des zu- und abströmenden Grundwassers erstellt worden. Alle Pegel sind dreifach verfiltert, da der kontaminierte Grundwasserleiter mächtig ist und die Schadstoffkonzentrationen vertikal unterschiedlich stark verteilt sind.



Fläche Versuchsfeld ca. 12,5 x 10,0 m, alle Pegel 3-fach verfiltert

Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Versuchsfeldes (Verfahrens- und Konzeptionsbeschreibung, ZUT, 25.10.2016)

4. Durchführung und Ergebnisse des 1. Abbauersuches (August 2018 – April 2019)

Die durchgeführten Untersuchungen wurden in Monatsberichten („1-10. Monatsbericht“, HPC AG, August 2018 – März 2020) sowie in einer Masterarbeit („Parameterabhängigkeit eines biologischen Abbaus von BTEX und MTBE in einem Grundwasserleiter im Rahmen eines Feldversuchs“, 27.06.2019, Kleinschnitker) beschrieben. Der Abschlussbericht der ausführenden Firma Züblin Umwelttechnik GmbH (ZUT) ist in Anlage 6 dargestellt.

Die durchgeführten Versuche werden in einem ersten und einen zweiten Abbauersuch unterteilt. Der 1. Abbauersuch wird im Folgenden mithilfe der genannten Quellen zusammenfassend dargestellt. Alle Laborprotokolle sind in Anlage 11 dargestellt.

4.1 Vorbereitung

Für den geplanten *in situ* Feldversuch im Grundwasserabstrom des Verladebahnhofs 2 Tanklager Farge wurde im November 2017 durch die Züblin Umwelttechnik GmbH und HPC AG Bremen ein Antrag auf die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis nach § 8 WHG zur Entnahme von Grundwasser gestellt. Der Antrag wurde von dem Senator für Umwelt, Bau und Verkehr Ende Februar 2018 genehmigt.

Ende November bis Anfang Dezember 2017 wurden nach dem Konzept der ZUT 11 dreifach verfilterte Grundwassermessstellen auf dem vorgesehenen Gelände errichtet (Anlage 7). Die Messstelle EP1 wurde zur genaueren Überprüfung der Milieubedingungen im Aquifer errichtet. Sie wurde im Laufe des Versuches nicht beprobt.

Überprüfung der Milieubedingungen

Eine Mischprobe des wassergesättigten Bohrgutes aus allen Grundwassermessstellen aus verschiedenen Tiefen (15-23 m) wurde auf Begleitkontaminationen von Phenolen, Cyaniden, EOX, BTEX, PAK, PCB, LHKW und Schwermetalle untersucht. Die Untersuchung ergab keine auffälligen Konzentrationen. Somit konnten Begleitkontaminationen, die eine biologische Aktivität hemmen könnten, ausgeschlossen werden.

Am 15.02.2018, 06.03. bis 08.03.2018 fand eine erste Beprobungskampagne des Grundwassers mit einem Doppelpackersystem statt. In allen Pegeln wurden tiefendifferenzierte Grundwasserproben entnommen, d.h. die Pumpe wurde mittig der Filterstrecken eingebaut. Die Entnahme sollte die Milieubedingungen im Hinblick auf die Sauerstoff- und Nährstoffversorgung sowie der vorliegenden Schadstoffverteilung und des pH-Werts klären. Die Grundwasserproben wurden auf Eisen, Ammonium, Phosphat, Methyl-tertiär-butylether (MTBE) und BTEX analysiert.

Ergebnis war, dass die BTEX-Aromate heterogen in dem Versuchsfeld mit Gehalten von 0,6 bis 11.922 µg/l verteilt sind (Anlage 11 und 14.1). So wie die Monoaromate waren auch die MTBE-Konzentrationen heterogen mit Werten von < 0,1 bis 1.700 µg/l im Versuchsfeld verteilt (Anlage 14.1). Es zeichnete sich die Tendenz ab, dass die MTBE-Gehalte proportional zu den BTEX-Konzentrationen hoch bzw. niedrig sind. Im Zuge der Untersuchung wurden pH-Werte des Grundwassers von 4,6 bis 5,3 pH festgestellt. Die Sauerstoffgehalte bewegten sich im Bereich von 0,3 bis 10,1 mg/l.

Aufgrund der Feststellung eines niedrigen pH-Wertes im Grundwasser, welcher einen limitierenden Faktor bei dem biologischen Abbau durch Mikroorganismen darstellt, wurde eine Zusatzmaßnahme zur pH-Wert Stabilisierung vorgesehen. Die Maßnahme sah vor, entnommenes Grundwasser mit Natriumcarbonat zu versetzen, um so den pH-Wert im Versuchsfeld anzuheben und den biologischen Abbau durch verbesserte Milieubedingungen zu stimulieren. Für die Zusatzmaßnahme wurde eine Ergänzung des wasserrechtli-

chen Antrages, welche Mitte Juli 2018 durch die zuständige Wasserbehörde genehmigt wurde, gestellt.

4.2 Nullbeprobung

Die durchgeführten Monitoringkampagnen für den ersten Abbauversuch sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Analyseumfang für das Monitoring des ersten Abbauersuchs („Parameterabhängigkeit eines biologischen Abbaus von BTEX und MTBE in einem Grundwasserleiter im Rahmen eines Feldversuchs“, 27.06.2019, Kleinschnitker)

Arbeit	Zeitraum	Beprobte Pegel	Vor-Ort-Parameter	Analysierte Parameter
<u>Nullbeprobung</u>	28. 08 – 29.08.2018	ÜP1-3 und P1-7, alle drei Tiefen	<ul style="list-style-type: none"> • Sauerstoffgehalt • Redoxpotential • pH-Wert • Leitfähigkeit • Temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> • BTEX • TMB • MTBE • TBA
<u>Nährstoff- und Elektronenakzeptoranalyse vor der pH-Wert Stabilisierung</u>	26.09.2018	P1 18,5 m P3 21,5 m P5 21,5 m	<ul style="list-style-type: none"> • Sauerstoffgehalt • Redoxpotential • pH-Wert • Leitfähigkeit • Temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> • TBA • DOC • Sulfat • Nitrat • Nitrit • Ammonium • Stickstoff • Phosphat • Kalium • Phosphor ges.
<u>pH-Wert Stabilisierung</u>	26.09. – 15.10.2018	ÜP1-3 und P1-7, alle drei Tiefen	-	-
<u>In situ Überprüfung der Wasserchemie</u>	19.11.2018	ÜP1-3 und P1-5, 15,5 und 21,5 m u. ROK	<ul style="list-style-type: none"> • Redoxpotential • pH-Wert • Leitfähigkeit • Temperatur 	-
<u>Schadstoffmonitoring</u>	12. - 13.12.2018	ÜP1-3 und P1-7, alle drei Tiefen	<ul style="list-style-type: none"> • Sauerstoffgehalt • Redoxpotential • pH-Wert • Leitfähigkeit • Temperatur 	<ul style="list-style-type: none"> • BTEX • TMB • MTBE
<u>Nährstoff- und Elektronenakzeptormonitoring</u>		P1 18,5 m P3 21,5 m P5 21,5 m Zusätzlich: P2 15,5 m P4 15,5 m ÜP1 18,5 m		<ul style="list-style-type: none"> • TBA • DOC • Sulfat • Ammonium • Stickstoff • Phosphat • Kalium • Phosphor ges. • Nitrit • Nitrat • Eisen (gesamt, 2-wertig, 3-wertig)
<u>Biomonitoring</u>		P2 18,5 m P4 21,5 m ÜP3 18,5 m		<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtkeimzahl (aerob) • BTEX-Verwerter (aerob) • Eisen(III)-Reduzierer

Eine Nullbeprobung wurde vor der ersten pH-Wert Erhöhung am 28.08. und 29.08.2018 mit dem Ziel, die Schadstoffverteilung nach der pH-Stabilisierung im Hinblick auf einen Abbau bewerten zu können, durchgeführt (Tabelle 2). Die tiefendifferenzierten Grundwasserproben wurden auf BTEX, Trimethylbenzol-Isomere, MTBE und dem Abbauprodukt von MTBE, tert.-Butanol (TBA), analysiert.

Die BTEX-Gehalte schwankten von < 0,5 bis 9.418 µg/l, während sich die MTBE-Gehalte zwischen < 0,5 und 1.800 µg/l bewegten (Anlage 11 und 14.1). Horizontal lässt sich deutlich eine Schadstofffahne im Bereich der Messstellen ÜP1 und P1-P6 erkennen. Bei der vertikalen Schadstoffverteilung ist auffällig, dass in den Tiefen von 18,5 m und 21,5 m u. GOK erheblich höhere Konzentrationen vorliegen als in 15,5 m u. GOK.

Im Vergleich zur Beprobung im März 2018 hat sich im August 2018 das Schadstoffmuster in einigen Messstellen stark verändert (Anlage 11). Es ergeben sich Schwankungen von BTEX in einigen Pegeln von bis zu 9.000 µg/l im Vergleich zur ersten Probenahme (Anlage 14.1). Bei der Überprüfung der BTEX-Konzentration in der 2009 installierten Grundwassermessstelle auf dem Versuchsfeld (GWMS 07/09), zeichnen sich bei den seither stattfindenden Monitoringkampagnen ebenfalls signifikante Konzentrationsschwankungen innerhalb eines halben Jahres ab (Anlage 18).

Das Abbauprodukt TBA konnte nicht nachgewiesen werden. Dies deutet darauf hin, dass aufgrund des fehlenden Cosubstrates kein MTBE-Abbau stattgefunden hat.

In situ Multisonden

Um die genauen Vorgänge im Versuchsfeld permanent beobachten zu können, wurden von der ZUT Multisonden, welche den Sauerstoff, das Redox-Potential, die Temperatur, die Leitfähigkeit und den pH-Wert messen, in zwei Pegeln installiert.

Dadurch konnte der pH-Wert und die Sauerstoffkonzentration nach der Probenahme im Untergrund beobachtet werden. Im Zuge der Beobachtungen der Milieubedingungen im Grundwasser wurde festgestellt, dass vergleichsweise viel Sauerstoff im Grundwasser gelöst war. Aufgrund dessen wurde beschlossen, vorerst auf eine Aerobisierung des Grundwassers zu verzichten und die Sauerstoffkonzentrationen während des biologischen Abbaus zu beobachten.

4.3 pH-Wert Stabilisierung

Um den Abbau zu stimulieren, wurde ab dem 26.09.2018 bis zum 15.10.2018 die erste pH-Wert Stabilisierung durchgeführt. In den 10 Pegeln ÜP1-3 und P1-7 wurden je Pegel und Tiefe 1.000 L Grundwasser mit einer Pumpe entnommen. Das entnommene Wasser wurde in 1000 L IBC Tanks gespeichert. Als Puffer wurden in 1.000 L entnommenes Wasser 7,5 kg Nat-

riumcarbonat (Na_2CO_3) gelöst. Als vorsorglicher Nährstoffzusatz wurde pro 1.000 L 5,0 kg nitritfreier Dünger hinzugegeben. Dieser enthielt 4,0 % Gesamtstickstoff, 1,5 % Gesamtposphat sowie 1,0 % Gesamtkalium. Die gepufferte Lösung wurde in die gleichen Horizonte, in denen das Wasser entnommen wurde, reinfiltriert. Da die Reinfiltration ohne Druck stattfand, verteilte sich die pH-Wert Stabilisierung aufgrund verschiedener Porenvolumina und der unterschiedlichen Infiltrationsraten auf insgesamt 2,5 Wochen. Zudem wurde in entnommenes Grundwasser aus Pegel 1 5L Wasserstoffperoxid zu Testzwecken zugegeben und reinfiltriert. Der Test sollte eine mögliche Sauerstoffanreicherung des Grundwassers durch Wasserstoffperoxid in hydraulisch gering durchlässigeren Horizonten klären.

4.4 Monitoring 1. Abbauversuch

Um die Milieubedingungen nach der pH-Wert Stabilisierung zu erfassen, wurden am 19.11.2018 in den Pegeln ÜP1 - ÜP3 und P1 – P5 die Vor-Ort-Parameter mit einer in situ Multisonde überprüft. Die Überprüfung hatte das Ziel, den Zeitpunkt für die Probenahme nach der ersten pH-Wert Erhöhung bestimmen zu können. Die Ergebnisse sind in der Anlage 14.2 tabellarisch dargestellt.

Die Überprüfung hat ergeben, dass sich der pH-Wert in einigen Messstellen über 7 bzw. 8 befand, während sich der pH-Wert in manchen Messstellen auf einem Niveau von 4,8 – 5,2 bewegte. Die pH-Wert Absenkung könnte eine Folge des biologischen Abbaus von organischem Material oder von nachströmendem saurem Grundwasser sein.

Im Gegensatz zu den dauerhaft installierten *in situ* Tauchsonden wurden bei den Messungen mit einer mobilen Multisonde negative Redoxpotentiale festgestellt. Dies könnte an der Verwendung unterschiedlicher Messgeräte und Einstellungszeiten liegen. Auffällig bei der tiefendifferenzierten Redox-Potential Messung ist, dass im oberen Grundwasserleiter höhere Redox-Potentiale vorliegen als in tieferen Bereichen. D.h. an der Grundwasseroberfläche ist die Oxidationsfähigkeit des Wassers höher. Dies könnte auf eine Sauerstoffnachlösung an der Grundwasseroberfläche hindeuten, welche den hohen Sauerstoffgehalt im Wasser erklären würde. Des Weiteren lässt ein hoher Sauerstoffgehalt auf die Hemmung aerober Abbauprozesse aufgrund eines ungünstigen pH-Wertes schließen.

Das dauerhafte Monitoring mittels der *in situ* Tauchsonden zeigte, dass in Pegel 6 durch die *in situ* Redox-Potentialsonde eine deutliche Redox-Potentialabsenkung gemessen wurde (Abbildung 2). Diese kann auf eine Sauerstoffzehrung aufgrund eines biologischen Abbaus von organischem Kohlenstoff in Folge von optimierten Milieubedingungen durch die pH-Werterhöhung hindeuten.

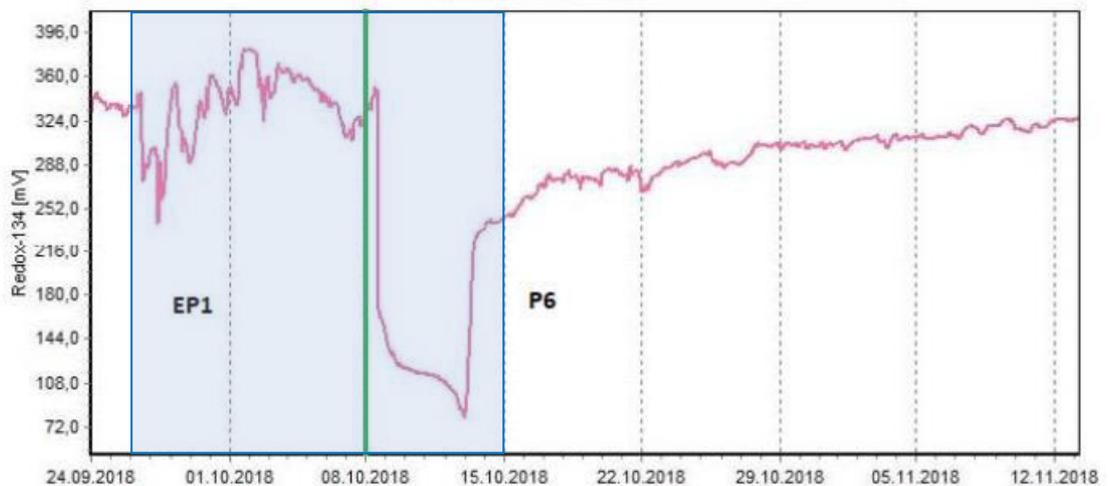


Abbildung 2: Redox-Potential der in situ Redox-Potentialsonde, EP1 24.09-08.10.18, P6 08.10.-13.11.18 (Blau= pH-Wert Stabilisierung, grün= Pegelwechsel)

In der Multisonde in Pegel P1 wurde nach der pH-Wert Stabilisierung innerhalb von 10 Tagen ein pH-Wertabfall von 1,2 beobachtet (Abbildung 3). Nachdem diese Multisonde in den Pegel EP1 getauscht wurde, konnte durch die Erhöhung des pH-Wertes ein Anstieg von 4,8 auf 6,5 gemessen werden. In den Tagen nach der Stabilisierung stagnierte der pH-Wert tagelang bei pH 5,6 (Abbildung 3). Nach der pH-Wertveränderung sank das Redox-Potential (Abbildung 4). Das Abfallen des Redox-Potentials konnte auch hier auf eine Sauerstoffzehrung, welche durch die gemessenen Sauerstoffgehalte bestätigt wurde, zurückgeführt werden (Abb. 5).

Die Ausreißer in Abbildung 5 war Messfehlern bei der Temperatur geschuldet, da der Sauerstoffgehalt abhängig von der Temperatur ist und diese in die Sauerstoffkonzentration eingerechnet wurde.

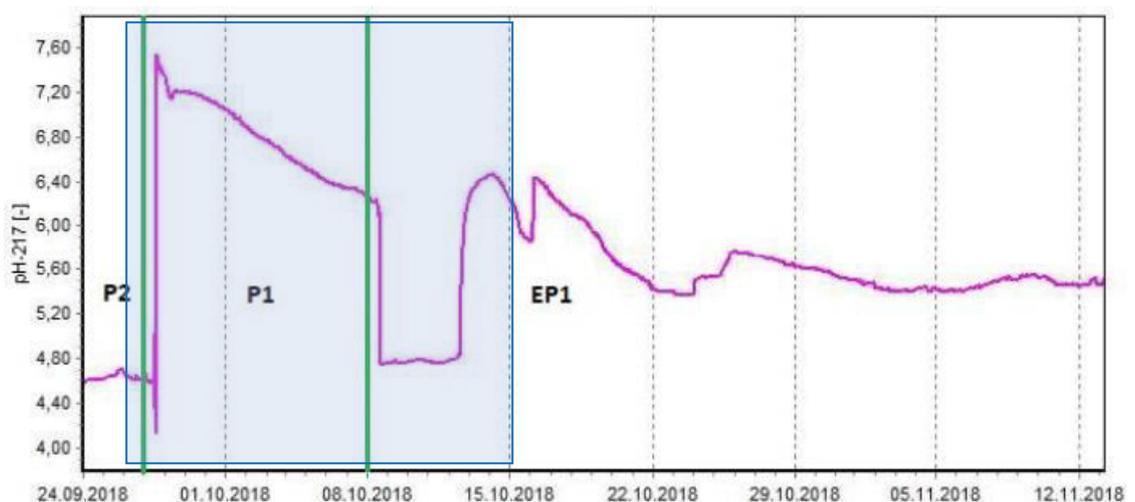


Abbildung 3: pH-Wert der ersten Multisonde, P2 bis 27.09.18, P1 27.09 – 08.10.18, EP1 08.10 – 13.11.18 (Blau= pH-Wert Stabilisierung, grün= Pegelwechsel)

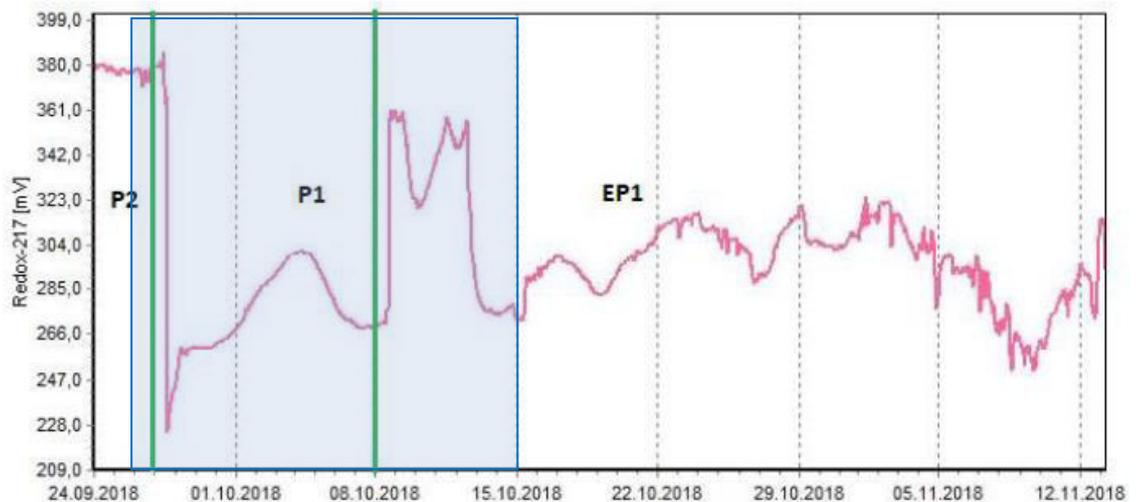


Abbildung 4: Redox-Potential [mV] der ersten Multisonde, P2 bis 27.09.18, P1 27.09 – 08.10.18, EP1 08.10 – 13.11.18 (Blau= pH-Wert Stabilisierung, grün= Pegelwechsel)



Abbildung 5: Sauerstoffgehalt [mg/l] der ersten Multisonde, P2 bis 27.09.18, P1 27.09 – 08.10.18, EP1 08.10 – 13.11.18 (Blau= pH-Wert Stabilisierung, grün= Pegelwechsel)

Aufgrund eines Defekts der zweiten Multisonde konnten in Pegel 7 erst ab Mitte Oktober 2018 die Vor-Ort-Parameter *in situ* gemessen werden (Abbildung 6-8). In Pegel 7 konnte nach der Stabilisierung ein pH-Wertabfall von 8,9 auf 5,4 innerhalb von 3,5 Wochen beobachtet werden. Der pH-Wert stieg immer wieder deutlich um mehrere Nachkomma stellen an, welches möglicherweise mit einem Nachströmen von gepuffertem Grundwasser von anstromig liegenden Pegeln zu erklären ist. Mit sinkendem pH-Wert war ein stetig steigendes Redox-Potential zu beobachten (Abbildung 8).

Es konnte eine signifikante Sauerstoffzehrung nach der Stabilisierung und nach einem darauffolgendem Sauerstoffkonzentrationsanstieg eine erneute, starke Zehrung zweieinhalb Wochen nach der Erhöhung beobachtet werden (Abbildung 7). Diese Beobachtung deutet auf einen biologischen Abbau von organischem Kohlenstoff hin. Drei Wochen nach der Erhöhung war ein Sauerstoffanstieg um 3 mg/l innerhalb von zwei Tagen auffällig. Wie auch im pH-

Wert erkennbar, könnte es sich um nachströmendes, sauerstoffreiches und saures Grundwasser handeln.

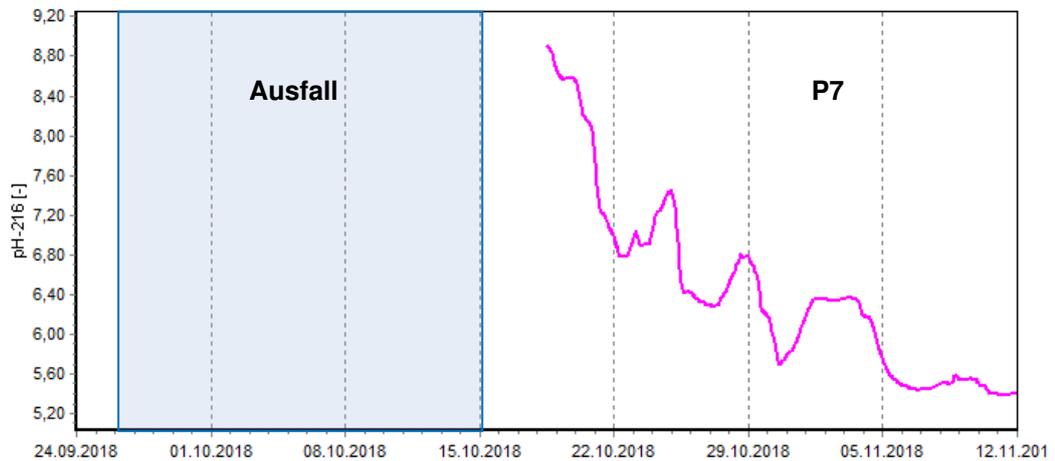


Abbildung 6: pH-Wert der zweiten Multisonde, bis 19.10.18 Defekt der Sonde, ab 19.10.18 P7 (Blau= pH-Wert Stabilisierung)

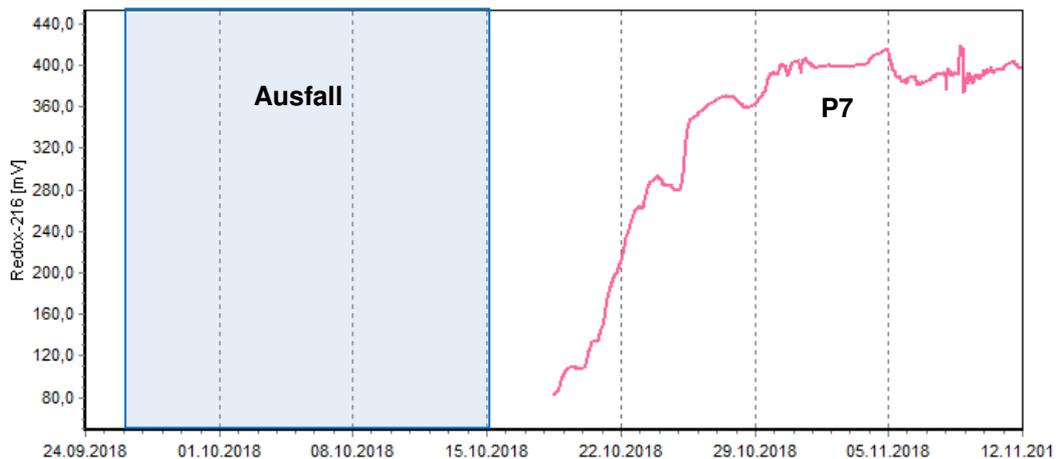


Abbildung 7: Redox-Potential [mV] der zweiten Multisonde, bis 19.10.18 Defekt der Sonde, ab 19.10.18 P7 (Blau= pH-Wert Stabilisierung)

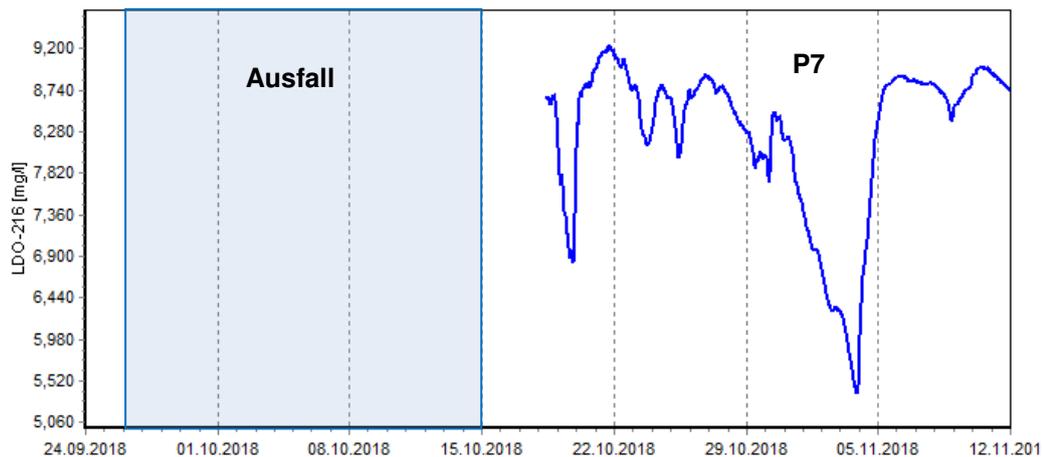


Abbildung 8: Sauerstoffgehalt [mg/l] der zweiten Multisonde, bis 19.10.18 Defekt der Sonde, ab 19.10.18 P7 (Blau= pH-Wert Stabilisierung)

Durch die Beobachtung der Vor-Ort-Parameter kann ein biologischer Abbau nach der pH-Stabilisierung vermutet werden. Allerdings ist unsicher, ob der Abbau ausschließlich darauf zurückgeht, dass BTEX-Aromaten oxidiert oder zumindest teilweise auch andere organische Stoffe durch Mikroorganismen abgebaut wurden.

Aufgrund der Erkenntnisse der Vor-Ort-Parameter (Hinweis auf Abbauvorgänge) wurde eine zeitnahe Beprobung des Grundwassers beschlossen. Die erste Probennahme nach der pH-Wert Stabilisierung erfolgte am 12.12 und 13.12.2018 mit dem Doppelpackersystem, welches in den gleichen Tiefen wie bei der letzten Probennahme im August 2018 eingebaut wurde. In den Pegeln ÜP1-3 sowie P1-7 wurden in allen Tiefen Proben für die Schadstoffanalyse von BTEX, Trimethylbenzole und MTBE entnommen.

Die Ergebnisse der Schadstoffuntersuchung (Anlage 11 und 14.1, 15) zeigen, dass in einigen Pegeln die Schadstoffgehalte gestiegen, in anderen gesunken oder konstant geblieben sind. Im Gesamtüberblick lässt sich keine Tendenz der Schadstoffentwicklung in Richtung eindeutig zu- oder abnehmender Werte für BTEX und MTBE erkennen. Es sind sowohl horizontale als auch vertikale Konzentrationsschwankungen zu beobachten. Bei der vertikalen Schadstoffverteilung ist erneut auffällig, dass in 15,5 m u. GOK deutlich geringere Schadstoffkonzentrationen gemessen wurden als in 18,5 m und 21,5 m u. GOK. Die horizontale Schadstoffverteilung verdeutlicht, dass ÜP2 vernachlässigbar gering kontaminiert ist.

Zudem wurden in Ergänzung zum Monitoring Nährstoffanalysen und ein MPN-Test durchgeführt. Diese werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

4.5 Nährstoffanalyse

Im Rahmen der pH-Wert Stabilisierung wurde am 26.09.2018 vor der Anreicherung mit Natriumcarbonat kontaminiertes Grundwasser für eine Nährstoffanalyse aus den Pegeln P1 (18,5 m), P3 (21,5 m) sowie P5 (21,5 m) wurden Probe entnommen. Bei der Auswahl der Pegel wurden Messstellen berücksichtigt, die bei der vorherigen Beprobung verschiedene hohe Schadstoffkonzentrationen abbildeten.

Diese Proben wurden auf DOC, Sulfat, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Stickstoff, Phosphat, Kalium und Phosphor analysiert. Die Analyse hatte unter anderem das Ziel, das DOC:N:P:K-Verhältnis (gelöster Kohlenstoff : Stickstoff : Phosphor : Kalium-Verhältnis) im Grundwasser zu untersuchen. Denn der Stoffwechsel der Mikroorganismen, also der Biomasseaufbau, benötigt verfügbare Nährstoffe, vor allem Stickstoff, Phosphor und Kalium. Dabei steht die benötigte Menge der Nährstoffe im Verhältnis zum gelösten Kohlenstoff, der durch die Höhe der vorhandenen Kontamination, z.B. BTEX, beeinflusst wird.

Beim aeroben Abbau wird als Richtwert ein stöchiometrisches C:N:P:K-Verhältnis von 100:10:1:1 oder höher angegeben (Hasinger et al., 2011, Meuser, 2013). Die EPA (2004) gibt ein C:N:P-Verhältnis von 100:10:1 bis 100:1:0,5 an, abhängig von dem abbauenden Bakterium und dem Schadstoff. Da Nitrit ein Intermediärprodukt der Nitratreduktion ist, kann so ggf. festgestellt werden, ob die Nitratreduktion vollständig stattfand. Im Falle von anaeroben Verhältnissen können Sulfat und Nitrat als alternativer Elektronenakzeptor und Ammonium als Stickstoffquelle fungieren (Hasinger et al., 2011).

Während der ersten Monitoringkampagne im Dezember 2018 wurden in den Pegeln P1 (18,5 m), P2 (15,5 m), P3 (21,5 m), P4 (15,5 m), P5 (21,5 m) und ÜP1 (18,5 m) erneut Nährstoffanalysen durchgeführt. Für die erweiterte Analyse wurden im Vergleich zur Nullbeprobung noch drei weitere Pegel (P2, P4, ÜP1) hinzugefügt, um ein breiteres Spektrum mit verschiedenen Schadstoffgehalten vergleichen zu können.

Die Ergebnisse sind in Anlage 13 ausführlich und in Tabelle 3 zusammenfassen dargestellt.

Tabelle 3: Ergebnis des Nährstoffverhältnisses

Messstelle	Datum	Nährstoffverhältnis C:N:P:K [mg/l]	Datum	Nährstoffverhältnis C:N:P:K [mg/l]
P1 18,5 m	26.09.2018	100 : 33 : 1 : 121	12.12.2018	100 : 100 : 31 : 33
P3 21,5 m	26.09.2018	100 : 12 : 0,6 : 62	12.12.2018	100 : 833 : 309 : 107
P5 21,5 m	26.09.2018	100 : 327 : 4 : 636	12.12.2018	100 : 155 : 3,5 : 370
P2 15,5 m	-	-	12.12.2018	100 : 1950 : 215 : 330
P4 15,5 m	-	-	12.12.2018	100 : 600 : 70 : 305
ÜP1 18,5 m	-	-	12.12.2018	100 : 153 : 37 : 24

Die Analysen ergaben eine Einhaltung der Mindestanforderungen an das DOC:N:P:K-Verhältnis für einen biologischen Abbau bei beiden Probenahmen (Tabelle 3). Die Zugabe von Nährstoffen während der pH-Wert Stabilisierung hat das C:N:P:K-Verhältnis positiv beeinflusst.

Sowohl Sulfat als auch Nitrat konnten im Grundwasser nachgewiesen werden und standen den Mikroorganismen bei lokal anaeroben Bedingungen als Elektronenakzeptoren zur Verfügung. Zudem lagen die Gehalte von Nitrit unterhalb der Nachweisgrenze. Dies lässt darauf schließen, dass entweder keine Nitratreduktionen stattgefunden haben oder diese vollständig abgelaufen waren.

Die Ammoniumgehalte waren im Vergleich zu den Werten vor der pH-Wert Stabilisierung zum Teil stark gestiegen. Dies könnte auf die Zugabe des Düngers oder eine Ammonifikation durch Bakterien hindeuten.

4.6 MPN-Test

Für den MPN-Test (Most Probable Number-Test) auf die aerobe Gesamtkeimzahl, die Eisen (III)-Reduzierer sowie die aeroben BTEX-Verwerter wurden Grundwasserproben aus drei Pegeln (P2, P4, ÜP3) entnommen, wodurch geringe bis hohe Schadstoffgehalte abgedeckt wurden. Durch den Test kann die Lebendkeimzahl unter Laborbedingungen bestimmt werden. Dies hat zum Ziel, zu beobachten, ob sich die Mikroorganismen durch die Milieuverbesserungen der pH-Wert Stabilisierung vermehrt haben.

Die Gesamtkeimzahlen befanden sich bei der Nullbeprobung im März 2018 in einem normalen Bereich (Tabelle 4).

Die Ergebnisse des MPN-Tests bei dem Monitoring im Dezember 2018 zeigen, dass die Gesamtkeimzahlen in den Pegeln 1 und ÜP3 durch die pH-Wert Erhöhung gestiegen sind. In Pegel 2 sind zudem die BTEX-Verwerter (aerob) aufgrund der Stabilisierung signifikant angestiegen. Dies ist vermutlich die unmittelbare Folge verbesserter Milieubedingungen für Mikroorganismen aufgrund der Pufferung des Grundwassers.

Tabelle 4: Analyseergebnisse für den MPN-Test aus den März und Dezember 2018

Parameter	Einheit	P2	P2	ÜP3	ÜP3	P4
		18,5m	18,5m	18,5m	18,5m	21,5m
		Mrz. 18	Dez. 18	Mrz. 18	Dez. 18	Dez. 18
Gesamtkeimzahl (aerob)	Keime /mL	1,1*10 ⁴	1,1*10 ⁵	4,2*10 ⁴	1,1*10 ⁵	4,2*10 ⁶
BTEX-Verwerter (aerob)	Keime /mL	4,2*10 ³	4,2*10 ⁵	1,1*10 ⁴	5,6*10 ⁴	3,6*10 ⁶
Eisen(III)-Reduzierer	Keime /mL	4,5*10 ³	1,1*10 ³	6,9*10 ³	4,6*10 ³	2,6*10 ⁴

4.7 Kleiner Abbauversuch

Zusätzlich fand im Rahmen der Masterarbeit ein kleiner Abbauversuch statt. Dieser Versuch setzte kleinere Probenahmeintervalle an und sollte einen Abbau von BTEX in Folge einer pH-Wert Stabilisierung in ausgewählten Horizonten überprüfen. Die Stabilisierung fand am 21.-22.03.2019 statt.

Zur genauen Beobachtung nach der pH-Wert Stabilisierung wurde ein engmaschiges Monitoring (3, 7, 14, 28 Tage) nach der Stabilisierung angesetzt. Parallel wurde die Grundwasserchemie mittels *in situ* Multisonden überwacht (EP1, P3).

Ergebnis des Versuches ist, dass in der Messtelle P3 Sauerstoff bis nahezu zum vollständigen Verbrauch gezehrt wurde (Abbildung 9).

Zudem kann anhand der durchgeführten Analysen davon ausgegangen werden, dass alternative Elektronenakzeptoren in anaeroben Bereichen durch Mikroorganismen verbraucht wurden (Anlage 13 und 15). Der Versuch hat verdeutlicht, dass der biologische Abbau durch niedrige pH-Werte gehemmt wird, jedoch ist aufgrund der fließenden Übergänge unbekannt, ab welchem pH-Wert genau die Hemmung einsetzt. Des Weiteren wurde deutlich, dass im Falle eines länger anhaltend hohen pH-Wertes Sauerstoff in den Grundwasserleiter infiltriert werden müsste, da durch die Stimulation des biologischen Abbaus Sauerstoff teilweise vollständig im Aquifer verbraucht wurde.

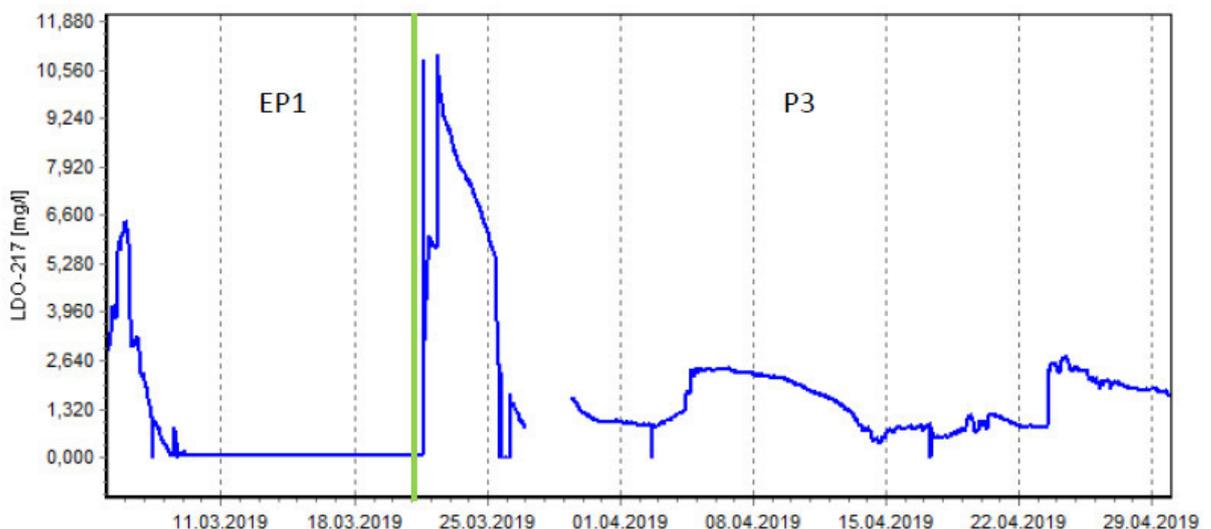


Abbildung 9: Sauerstoffgehalt [mg/l] der zweiten Multisonde, EP1 bis 21.03.19, ab 21.03.19 in P3 (Grün: pH-Wert Stabilisierung)

Aufgrund der schnellen Verdünnung des Puffers im Grundwasser konnte keine Hintergrundsauerstoffzehrung ermittelt werden. Die Hintergrundzehrung von Sauerstoff zeigt wie viel Sauerstoff für die Oxidation anorganischer sowie organischer Substanzen (ohne BTEX) im Bereich des nicht kontaminierten Grundwasserleiters verbraucht wird. Somit könnte für die Zugabe von Sauerstoff berechnet werden, wie viel Sauerstoff durch Nebenprozesse und

nicht durch die biologische Oxidation von Schadstoffen wie BTEX verbraucht wird.

4.8 Grundwasserfließrichtung

Aufgrund der heterogenen Schadstoffverteilung im Versuchsfeld wurde die lokale Grundwasserfließrichtung bestimmt. Es wurde zunächst eine kleinräumige Fließrichtung von Süden nach Norden festgestellt (Anlage 8). Damit lag eine deutliche Abweichung zu der bisher bekannten regionalen Grundwasserfließrichtung vor, die nach Süden orientiert ist.

Bei erneuten Überprüfungen war auffällig, dass der Grundwasserstand im Pegel ÜP2 dauerhaft 0,2 m über dem Wasserstand der umliegenden Pegel lag (Anlage 8). Der Grund für den Höhenunterschied konnte nicht ermittelt werden. Jedoch erscheint ein derart großer Höhenunterschied in dem kleinräumigen Feld unwahrscheinlich. Deshalb wurde der Pegel ÜP2 bei der Erstellung der Grundwasserfließrichtung bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt.

Da sich die Grundwasserstände der Pegel P1-7, ÜP1 und ÜP3 sowie GWMS 07/09 nur um wenige Zentimeter unterscheiden, konnte keine verlässliche kleinräumige Fließrichtung bestimmt werden.

Jedoch zeigten sich bei der Zugabe von Wasserstoffperoxid im Zuge der pH-Wert Stabilisierung im September 2018 hohe Sauerstoffkonzentrationen im Abstrom des Eingabepiegels P1 (Anlage 12). Der gelöste Sauerstoff fungierte vermutlich als Tracer und ergab bei der Probenahme im Dezember 2018 extrem hohe Sauerstoffkonzentrationen in Messstellen östlich des Eingabepiegels. Die kleinräumige Grundwasserfließrichtung von Westen nach Osten könnte Ursache für die geringe Schadstoffbelastung in den Pegeln P5 und ÜP2 sein.

4.9 Zusammenfassung und Bewertung des 1. Abbauversuchs (August 2018 – April 2019)

Im Rahmen des Feldversuchs wurden nach dem Konzept der Fa. ZUT im Untersuchungsgebiet Brunnengalerien errichtet. Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden saure pH-Werte im Grundwasser festgestellt, die den biologischen Abbau von BTEX hemmen. Aufgrund dessen wurde der pH-Wert im Versuchsfeld mittels Reinfiltration von gepuffertem Grundwasser erhöht und die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen überprüft. Des Weiteren wurden zur Untersuchung der Milieubedingungen im Grundwasser Begleitkontaminationen, die Keimzahlen und die Nährstoffsituation im Grundwasser bestimmt.

Zusammenfassend wurden Abnahmen der Schadstoffkonzentrationen nach der pH-Wert Stabilisierung in einigen Pegeln beobachtet. Diese könnten auf einen biologischen Abbau von BTEX schließen, jedoch zeigen auf der ande-

ren Seite verschiedene Pegel Zunahmen der BTEX-Konzentrationen (Anlage 11). Im Rahmen des zusätzlich durchgeführten, kleinen Abbauversuchs konnten eindeutig sauerstoffzehrende Prozesse in Folge der Stimulation durch die pH-Wert Stabilisierung beobachtet werden. Aufgrund der fließenden Übergänge konnte jedoch kein pH-Wert Optimum bestimmt werden.

Es ist möglich, dass die Konzentrationsunterschiede der aufeinander folgenden Probenahmen auch der heterogenen Schadstoffverteilung innerhalb der Fahne geschuldet sind. Ob ausschließlich Schadstoffe oder auch andere organische Substanzen mikrobiell abgebaut wurden, konnten die Versuche nicht zeigen.

Die natürlichen Strömungsverhältnisse waren nicht ausreichend, um eine flächenhafte Verteilung des Puffers nach der punktuellen Puffereingabe im Aquifer zu erzielen. Zudem führte die Stabilisierung aufgrund des Nachströmen von Grundwasser mit einem niedrigeren pH-Wert nicht zu einer dauerhaften pH-Wert Einstellung im neutralen Bereich.

5. Durchführung und Ergebnisse des 2. Abbaubversuches (Juli 2019 – Juli 2020)

5.1 Konzeptbeschreibung

Die Erstellung eines neuen Konzeptes war aufgrund der im 1. Abbaubversuch gewonnenen Erkenntnisse notwendig (Kap. 4.9). Das von der Fa. ZUT erarbeitete Konzept wird im Folgenden zusammenfassend dargestellt und ist in Anlage 5 ausführlich beschrieben.

Ziel des neuen Konzeptes war eine Milieustabilisierung durch eine dauerhafte Zirkulation und somit einer kontinuierlichen pH-Wert Stabilisierung für weitere 3 bis 4 Monate. Aufgrund der künstlich hergestellten Strömungsverhältnisse sollte eine besser kontrollierbare und beständigere Verteilung des Puffers gewährleistet werden.

Gemäß dem Konzept sollte im Anstrom ein Infiltrationsbrunnen (IB 2) DN 100 gebaut und in 14 – 21,5 m unter GOK verfiltert werden (Abbildung 10). Der bereits vorhandene Brunnen GWMS 07/09 sollte als zweiter Infiltrationsbrunnen (IB 1) genutzt werden und für diesen Zweck in 22 m Tiefe abgepackert werden. Die durchgehende Verfilterung ermöglichte die Stabilisierung des pH-Wertes in der gesamten Tiefe. Des Weiteren sollten zwei Entnahmebrunnen (EB1 und EB2) DN 100 gebaut und ebenfalls von 14 - 21,5 m unter GOK verfiltert werden. Für die Entnahmebrunnen war jeweils eine Brunnenpumpe vorgesehen. Die Grundwasserförderung- sowie Infiltration war mit 200 – 500 l/h geplant. Dem Konzept nach sollte das entnommene Wasser mit einem Puffer angereichert und in die Infiltrationsbrunnen in den Grundwasserleiter injiziert werden.

Zur Injektion von Chemikalien zur pH-Wert Stabilisierung und ggf. Eingabe eines Oxidationsmittels oder eines Auxiliarsubstrates war die Errichtung einer Anmisch- und Eingabestation vorgesehen. Weiterhin sollte die Stabilisierung mit der Eingabe von Natriumkarbonat erfolgen. Der Zielwert des pH-Wertes betrug im Aquifer 6,0 bis 7,0. Die Überprüfung der pH-Wert-Entwicklung im Versuchsfeld war mit dauerhaft installierten *in situ* Multisonden im Grundwasser vorgesehen. Je nach stattfindender Sauerstoffzehrung war geplant, eine Sauerstoffzugabe für die notwendige Aerobisierung des Versuchsfeldes durchzuführen. Diese Zugabe war, wie im ersten Konzept geplant, mit technischem Sauerstoff vorgesehen. Alternativ bot sich aufgrund der Inhomogenitäten des Aquifers eine Injektion einer 1-3%igen Wasserstoffperoxidlösung in den Zirkulationsvolumenstrom an.

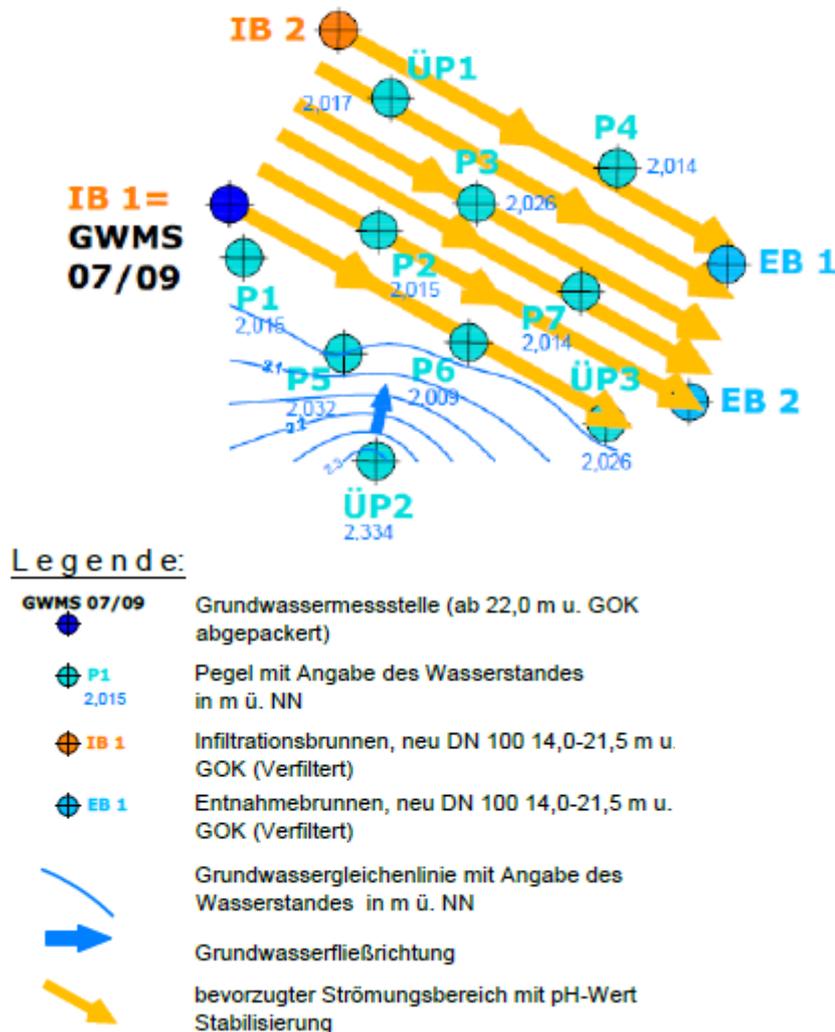


Abbildung 10: Schematische Darstellung der Zirkulation im Versuchsfeld

5.2 Vorbereitung

Im Juli 2019 wurden die Entnahmebrunnen EB 1 und EB 2 sowie der Infiltrationsbrunnen IB 2 eingerichtet. Im Zuge des Messstellenbaus wurde bis in eine Tiefe von 23 m u. GOK teilweise mittelsandiger Feinsand angetroffen. Grundwasser wurde in ca. 15 m Tiefe erbohrt (Anlage 6).

Die erstellten Brunnen haben einen Durchmesser von 100 mm und sind von 16,90 m bis 21,90 m u. GOK verfiltert. Die Messstellen schließen mit einer oberirdischen Sebakappe ab (Abbildung 11).



Abbildung 11: Neu erstellte Grundwassermessstellen IB2 (links) und IB1 (rechts)

Im August 2019 sowie im September 2019 erfolgte die Einstellung der künstlichen Grundwasserzirkulation im Versuchsfeld. Dabei wurde das entnommene Wasser aus den Entnahmebrunnen EB 1 und EB 2 in die Brunnen IB1 und IB 2 infiltriert.

Bei Grundwasserstichtagsmessungen konnte die Ausbildung eines ca. 10 cm hohen Gradienten nachgewiesen werden (Anlage 9). Mithilfe leistungsfähigerer Pumpen konnte mit erhöhter Förderleistung ein Gradient von bis zu 0,2 m im Versuchsfeld ausgebildet werden (Anlage 10). Der Zirkulationsvolumenstrom betrug dabei in Summe 4,0 m³/h (Anlage 6).

5.3 Nullbeprobung

Es wurde eine Nullbeprobung ausgewählter Brunnen durchgeführt (Tabelle 5). Es zeigte sich wie schon in den vorherigen Probenahmen eine heterogene Schadstoffverteilung.

Tabelle 5: Analyseergebnisse der Nullbeprobung am 02.09.2019

Pegel	IB1	IB2	EB1	EB2	P1	P3	P4	P7
	18,5 m							
Benzol [µg/l]	460	1.400	2.800	3.700	2.100	440	2.200	2.100
BTEX [µg/l]	789	2.341	5.631	7.964	3.714	764	3.810	4.334
MTBE [µg/l]	52	130	270	220	290	37	220	260

5.4 Monitoring

Nachdem eine gerichtete Grundwasserströmung in dem Versuchsfeld erfolgreich eingestellt werden konnte, wurde die Puffereingabe mit konzentrierter Natriumkarbonatlösung am 15. November 2019 in den Zirkulationsstrom gestartet. Die im Dezember 2019 im Versuchsfeld gemessenen pH-Werte lagen im Versuchsfeld zwischen 5,0 und 6,5. Dies verdeutlichte, dass die Menge an zugegebener Natriumkarbonatlösung erhöht werden musste, um eine flächenhafte pH-Wert Erhöhung von 6,5 bis 7,0 im Versuchsfeld zu erlangen.

In den Abbildungen 13-15 sind der Verlauf des pH-Werts, des Redoxpotentials sowie des Sauerstoffgehalts vom 01.01.2020 bis 22.07.2020 in Pegel ÜP 1 dargestellt. Es konnte eine dauerhafte pH-Wert Erhöhung von 5,2 auf 5,7 - 6,2 erreicht werden (Abbildung 13).

Das Redoxpotential sank nach der pH-Wert Stabilisierung in Folge von mikrobiellen Abbauprozessen durch den Verbrauch von Elektronenakzeptoren erheblich ab (Abbildung 14). Während der Versuchsdauer herrschten anaerobe Milieuverhältnisse. Der gelöste Sauerstoff blieb über den dargestellten Zeitraum konstant niedrig (Abbildung 15). Dies könnte auf eine Sauerstoffzehrung beim biologischen Abbau von BTEX hindeuten.

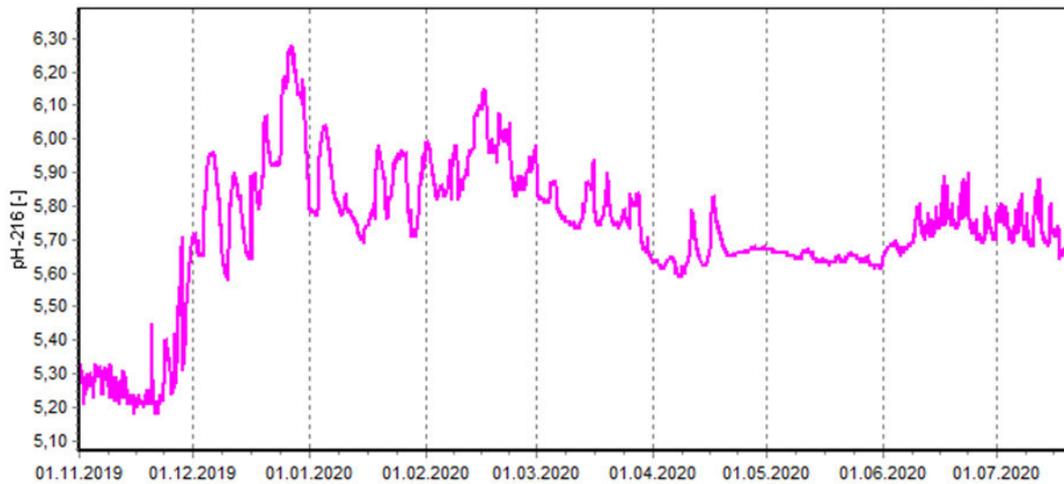


Abbildung 13: pH-Wert Messung der *in situ* Tauchsonde des Pegels ÜP 1 (Abschlussbericht In-situ-Feldversuche, ZUT, 20.08.2020)

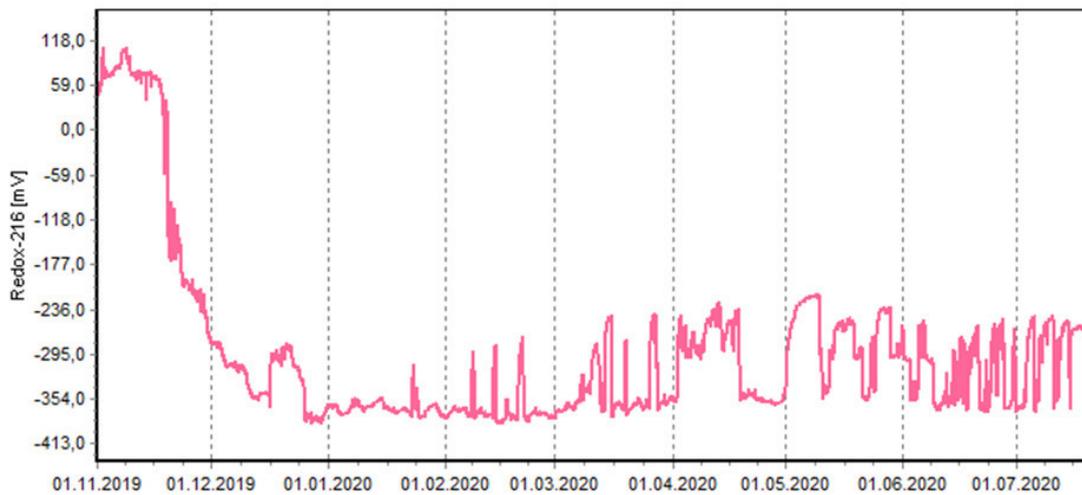


Abbildung 14: Redoxpotential Messung der *in situ* Tauchsonde des Pegels ÜP 1 (Abschlussbericht In-situ-Feldversuche, ZUT, 20.08.2020)

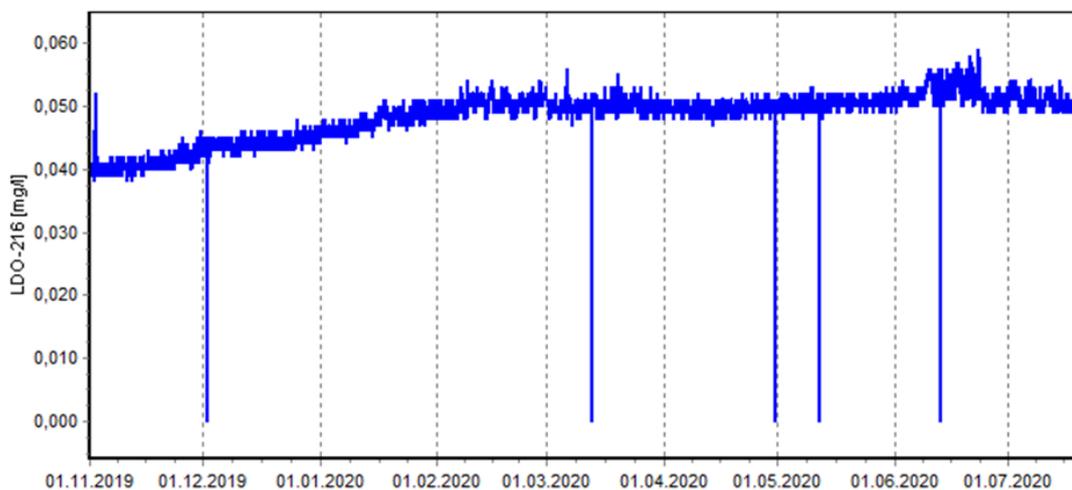


Abbildung 15: Sauerstoff-Konzentration der *in situ* Tauchsonde des Pegels ÜP 1 (Abschlussbericht In-situ-Feldversuche, ZUT, 20.08.2020)

Die Proben der ersten und zweiten Monitoringkampagnen (27.03.2020, 20.07.2020) wurden aus der mittleren Filterstrecke (18,5 m u. GOK) entnommen. Die zweite Beprobung wurde 3 Tage nach Abschaltung des Zirkulationssystems durchgeführt.

In Tabelle 6 sind zum Vergleich die analysierten Konzentrationen der Nullbeprobung im September 2019 und die Analyseergebnisse der Monitoringkampagnen gegenübergestellt.

Die pH-Werte während des ersten Monitorings lagen überwiegend zwischen 5,6 und 6,1, wobei überwiegend reduzierende Bedingungen herrschten (Anlage 14.1). Beim 2. Monitoring lagen die pH-Werte zwischen 5,4 und 6,3.

Tabelle 6: Analyseergebnisse der Beprobungen am 02.09.2019 (Nullbeprobung), am 27.03.2020 (1. Monitoring) und am 20.07.2020 (2. Monitoring)

Pegel	Benzol [$\mu\text{g/l}$]			BTEX [$\mu\text{g/l}$]			MTBE [$\mu\text{g/l}$]		
	02.09.2019	27.03.2020	20.07.2020	02.09.2019	27.03.2020	20.07.2020	02.09.2019	27.03.2020	20.07.2020
18,5 m									
IB1	460	360	23	789	503,1	60,5	52	81	45
IB2	1.400	540	23	2.341	658,5	28,1	130	130	74
EB1	2.800	590	230	5.631	776,4	263,5	270	130	74
EB2	3.700	180	88	7.964	283,3	166,4	220	62	54
P1	2.100	360	230	3.714	466,8	256,9	290	74	50
P2	-	380	2,4	-	475,4	7	-	66	< 1,0
P3	440	400	240	764	481,4	259,7	37	71	51
P4	2.200	190	100	3.810	258,5	106,4	220	67	37
P7	2.100	410	12	4.334	506,2	14,8	260	79	4,6
ÜP 1	-	480	420	-	590,9	440,6	-	86	61

Beim Vergleich der gemessenen Konzentrationen bei der Nullbeprobung im September 2019 sowie der Monitoringkampagnen im März und Juli 2020 fällt ein deutlicher Rückgang der Benzol- sowie BTEX-Konzentration auf. Benzol bildet bei allem Probenahmen den Haupteinzelparameter der BTEX.

Bei den Konzentrationen im 1. Monitoring zeichnen sich im Vergleich zu der Nullbeprobung deutlich geringere, homogen verteilte BTEX-Konzentrationen ab. Diese resultieren vermutlich aus der Herstellung einer künstlichen Strömung und somit einer homogenen Verteilung der Schadstoffe. Bei der Nullbeprobung wurden starke Konzentrationsunterschiede innerhalb des Versuchsfeldes analysiert.

Beim zweiten Monitoring 8 Monate nach dem Start der Zirkulation sind die BTEX- Konzentrationen erneut deutlich gesunken. Aufgrund des vor herrschenden anaeroben Milieus und angehobenen pH-Wertes kann davon ausgegangen werden, dass vor allem Benzol anaerob von Mikroorganismen verwertet wurde.

Die MTBE-Konzentrationen sind im März und Juli 2020 im Vergleich zur Nullbeprobung 2019 überwiegend gesunken. Aufgrund des fehlenden Co-substrates ist ein biologischer Abbau von MTBE im Versuchsfeld aber als ge-

ring einzuschätzen, wodurch von einer überwiegenden homogenen Verteilung/Verdünnung von MTBE durch die Infiltration ausgegangen werden kann.

5.5 Mikrokosmenstudie

Die Firma Züblin Umwelttechnik hat bei der Uni Tübingen eine Mikrokosmenstudie in Auftrag gegeben. Der Abschlussbericht ist in Anlage 17 dargestellt und wird im Folgenden zusammengefasst.

Ziel der Untersuchung war das mikrobiologische Abbaupotential von BTEX und MTBE unter aeroben sowie anaeroben Milieubedingungen unter verschiedenen pH-Werten mit standorteigenen Mikroorganismen unter Laborbedingungen zu analysieren. Die Befunde aus den Felduntersuchungen sollten so verifiziert werden.

Die Mikrokosmen wurden nach der Nullbeprobung Anfang September 2019 mit Standortsediment und -Wasser angesetzt. Der genaue Versuchsaufbau kann der Anlage 17 entnommen werden.

Um anaerobe Milieubedingungen zu erreichen wurde nach 150 Tagen Melasse in die Ansätze zugegeben. Insgesamt wurden drei Varianten mit je zwei gleichen Versuchsansätzen und einem Kontrollansatz ohne Mikroorganismen angesetzt:

- Ansatz I: Standortbedingungen (pH ca. 5,9)
- Ansatz II: pH gepuffert (pH ca. 7,4)
- Ansatz III: pH gepuffert und Nährstoffzugabe (pH ca. 7,4)

Bei der regelmäßigen Analyse von BTEX und MTBE wurde sowohl die Wasser- als auch die Gasphase berücksichtigt.

Bei dem Schadstoff MTBE konnte weder bei aeroben noch bei anaeroben Bedingungen unabhängig des pH-Wertes ein biologischer Abbau beobachtet werden. Der fehlende Abbau ist vermutlich auf die Hemmung durch BTEX zurückzuführen.

Zusätzlich zu MTBE sollte die Stoffgruppe ETBE, die ebenfalls ein Zusatz von Ottokraftstoffen ist, untersucht werden. Bei ETBE fand innerhalb von 129 Tagen ein vollständiger Abbau in den Ansätzen I und III statt. Somit könnte der ETBE-Abbau ohne Stimulation durch Veränderung der Grundwasserchemie unter aeroben Bedingungen erzielt werden. In dem Ansatz II lag weder unter anaeroben noch unter aeroben Milieubedingungen ein Abbau vor. Jedoch ist die Höhe der ETBE-Konzentration an diesem Standort nicht untersucht worden. Das gleiche Abbauverhalten wie bei ETBE zeigte sich auch bei o-Xylol.

Für Benzol konnte nur unter anaeroben Bedingungen mit gepuffertem pH-Wert (7,4) und unter Zugabe von Nährstoffen ein signifikanter, mikrobiologischer Abbau erreicht werden. Diese Ergebnisse stimmen mit den im Versuchsfeld beobachteten Schadstoffentwicklungen im 2. Feldversuch überein.

Für Toluol konnte in allen lebenden Mikrokosmen unter aeroben Bedingungen eine Schadstoffreduktion von ca. 50 % unabhängig der Zugabe von Puffer oder Nährstoffen erreicht werden. Unter anaeroben Bedingungen konnte kein Toluol-Abbau stimuliert werden.

Kohlenstoffisotopenmessungen

Des Weiteren wurden im Zuge der Nullbeprobung aus den Messstellen ÜP1, P1 und P4 Kohlenstoffisotopenmessungen für BTEX und MTBE durchgeführt. Als Nachweis eines biologischen Abbaus gilt die Anreicherung des schweren Isotops $\delta^{13}\text{C}$ (mind. 2 ‰ Änderung) im Ausgangssubstrat. Bei keinem der gemessenen Einzelstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol sowie MTBE konnte eine signifikante Anreicherung des schweren Isotops und somit ein biologischer Abbau nachgewiesen werden (Anlage 15). Dies bestätigt die Annahme, dass der biologische Abbau von einem niedrigen pH-Wert gehemmt wird.

Bei der zweiten Isotopenmessung während der ersten Monitoringkampagne am 27.03.2020 konnten keine Analyseergebnisse erzielt werden, da die Schadstoffkonzentrationen zu gering waren und eine Isotopenmessung nicht möglich war. Im Juli 2020 ist bei Benzol eine Anreicherung des Isotops $\delta^{13}\text{C}$ im Vergleich zur Nullbeprobung im September 2019 zu erkennen, jedoch ist der Wert zu gering, um von einem eindeutigen Nachweis des biologischen Abbaus von Benzol zu sprechen (unter 2 ‰ Änderung). Für MTBE konnte kein Indikator eines biologischen Abbaus festgestellt werden. Die Konzentrationen für Toluol, Xylol und Ethylbenzol waren für eine Auswertung zu gering.

5.6 Zusammenfassung und Bewertung des 2. Abbaueversuchs

Für die flächenhafte Erhöhung des pH-Wertes im Versuchsfeld wurde eine Grundwasserzirkulation mit Infiltration eines Puffers installiert. Eine Sauerstoffzugabe wurde aufgrund ausreichender Sauerstoffkonzentrationen nicht durchgeführt. Neben einer Nullbeprobung wurden zwei Monitoringkampagnen sowie eine Mikrokosmenstudie von der Firma ZUT durchgeführt.

Durch die Grundwasserzirkulation konnte eine nahezu flächenhafte Erhöhung des pH-Wertes erreicht werden. Die Schadstoffanalysen zeigen, dass vor allem die Konzentrationen für den Haupteinzelparameter Benzol im Laufe der Zirkulation deutlich gesunken sind. Aufgrund der Ergebnisse der Mikrokosmenstudie kann von einem biologischen Abbau von Benzol unter anaeroben Bedingungen und angehobenen pH-Wert ausgegangen werden. Die Studienergebnisse bestätigten somit die Ergebnisse des Feldversuchs.

Die Ergebnisse der Mikrokosmenstudie ergaben keinen biologischen Abbau von MTBE. Aufgrund des fehlenden Cosubstrates und einer Hemmung durch BTEX ist ein Abbau von MTBE trotz gesunkener Konzentrationen als gering einzuschätzen, wodurch von einer überwiegenden Verdünnung von MTBE aufgrund der künstlich erzeugten Strömung im Versuchsfeld ausgegangen werden kann.

Die durchgeführte Mikrokosmenuntersuchung der Universität Tübingen wies insgesamt eine hemmende Wirkung von anaeroben Bedingungen auf einen biologischen Abbau von Toluol und o-Xylol nach.

6. Fazit und Ausblick

Während des 1. Abbauversuches konnten entscheidende Erkenntnisse über die Milieubedingungen im Grundwasser sowie die Verteilung des Puffers im Aquifer ermittelt werden. Im 2. Abbauversuch konnten neben dem Feldversuch vor allem durch die Mikrokosmenstudie Informationen über den biologischen Abbau von BTEX und MTBE unter Standortbedingungen gewonnen werden.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass ein Abbau des Haupteinzelparameters Benzol im anaeroben Milieu und mit neutralem pH-Wert im Grundwasserleiter möglich ist. Hingegen können Toluol und o-Xylol wahrscheinlich nur unter aeroben Bedingungen abgebaut werden. Ein biologischer Abbau von MTBE konnte im Zuge dieses Versuchs nicht festgestellt werden.

Der Einsatz eines ISBO-Verfahrens ist auf der Basis der vorliegenden Ergebnisse des Feldversuches in allen Bereichen der bekannten Schadstofffahne prinzipiell möglich. Jedoch sind niedrige, im sauren Bereich liegende pH-Werte über die gesamte Ausdehnung der Schadstofffahne vorhanden. Entscheidende Voraussetzung wird in allen weiteren Abschnitten der Schadstofffahne daher sein, dass die Einstellung des pH-Wertes dauerhaft erreicht wird, um insbesondere einen Abbau für Benzol zu stimulieren.

Der Feldversuch zeigte auch, dass trotz Einstellung eines gerichteten Strömungsregimes sowie einer rel. hohen Zirkulationsmenge von ca. 4 m³/h durch die Infiltrationsprozesse eine nur rel. geringe Wirkreichweite erzielt wurde, so dass in räumlichen Abständen von höchstens 20 – 30 m das belastete Grundwasser zu behandeln wäre, wenn eine flächenhafte Sanierung erfolgen soll. Für die südlich der Liegenschaft des Tanklagers vorhandene Schadstofffahne ist dies aufgrund der Bebauung nur sehr eingeschränkt und lückenhaft möglich, so dass hier mit einer vollständigen Sanierung durch das ISBO-Verfahren, das die Schadstofffahne flächendeckend erfasst, nicht zu rechnen ist.

Ein effektiver Einsatz des ISBO-Verfahrens ist dagegen unmittelbar an der südlichen Liegenschaftsgrenze in Form einer quer zur Schadstofffahne verlaufenden Reaktionszone möglich.

Hierbei wird aufgrund der erlangten Erkenntnisse aus gutachterlicher Sicht der Vorschlag der ZUT für den Einsatz von Grundwasserzirkulationsreaktoren im Abstrom des Bahnhofs 2 grundsätzlich als machbar eingestuft (Anlage 6, Kapitel 5). Sinnvoll wäre es, den Fokus auf einen anaeroben Benzol-Abbau zu legen, da es sich um die Haupteinzelsubstanz der BTEX im Abstrom der Fahne handelt. Durch die nachgeschalteten Aktivkohlefilter könnte auch MTBE und andere BTEX Einzelsubstanzen aus dem Grundwasser entfernt werden.

Prinzipiell ist die Schaffung einer Reaktionszone zunächst unabhängig davon, ob die Belastungsquelle am Verladebahnhof 2 mittels z.B. Bodenausbau (oder anderer Verfahren) beseitigt wird oder ob die derzeit laufende hydraulische Sicherungsmaßnahme fortbesteht.

Es werden in beiden Fällen Restbelastungen im Untergrund verbleiben. Sie liegen insbesondere im wassergesättigten Boden seitlich eines möglichen Sanierungsfeldes zum Bodenausbau sowie im südlichen Anschluss an dieses Sanierungsfeld bis zur Liegenschaftsgrenze oder sind bedingt durch die weiter vorhandenen hoch belasteten Zonen im Bereich der hydraulischen Sicherung.

Insofern wird eine Abstomsicherung an der südlichen Liegenschaftsgrenze erfolgen müssen, die über die zuvor genannte Reaktionszone, bestehend z.B. aus einer Galerie Grundwasserzirkulationsbrunnen, erfolgt. Hierbei muss die bekannte Breite der Belastung im Grundwasserabstrom einbezogen werden, so dass die gesamte Fahnenbreite erfasst wird. Hierfür wäre die Galerie der Grundwasserzirkulationsbrunnen entlang der Liegenschaftsgrenze gegenüber den Empfehlungen von ZUT (Anlage 6) zu verlängern (Anlage 19).

An der südlichen Liegenschaftsgrenze erfassen die eingesetzten Zirkulationsbrunnen die vorhandenen Kontaminationen, die dort aus dem bisherigen Schadstoffabstrom entstanden sind.

Diese Belastungen könnten sich durch die Beseitigung der Quellkontamination mittelfristig noch erheblich verringern.

Wie schnell eine Abnahme der Schadstoffkonzentrationen an der Liegenschaftsgrenze erfolgt, wird auch von der Intensität abhängen, mit der die Zirkulationsbrunnen der Abstomsicherung betrieben werden können. Die jetzt geplanten und durchaus realistischen Fördermengen von 3 – 4 m³/h je Brunnen führen zu einer Umwälzung/Reinigung im betroffenen Abschnitt von insgesamt ca. 40 – 50 m³/h. Dies geht mit einer erheblichen Entfrachtung des wassergesättigten Bodens bzw. Grundwassers einher und beschleunigt damit die Schadstoffabnahme.

Entsprechend ist für die Entwicklung der Schadstofffahne im Grundwasserabstrom südlich der Liegenschaft davon auszugehen, dass erst nach einigen Jahren nach einer eventuellen Quellensanierung bzw. dem Beginn einer Abstomsicherung merkliche Verringerungen in den Schadstoffkonzentrationen auftreten werden, je nach Lage der Kontrollpunkte innerhalb der Schadstofffahne. Die nächste Position aktuell vorhandener Messstellen liegt in ca.

150 m Entfernung südlich der Liegenschaft. Hier wären Auswirkungen als Ergebnis der Quellensanierung/Abstromsicherung an der Liegenschaftsgrenze nach 7 – 15 Jahren zu erwarten.

Für eine genauere Aussage und Prognose der Schadstoffentwicklung im abstromigen Grundwasser wären zusätzliche Messstellen in geringerem Abstand zur Liegenschaft erforderlich.

7. Literaturverzeichnis

1. 1-10. Monatsbericht, HPC AG. August 2018 – März 2020.
2. Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Dezember 2004.
3. Abschlussbericht In-situ-Feldversuche Grundwassersanierung Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II, 28777 Bremen Farge, Züblin Umwelttechnik GmbH, 20.08.2020.
4. Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), 12.07.1999, BGBl. I 1999.
5. Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG), 17.03.1998, BGBl. I 1998.
6. Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserschadensfällen“, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Januar 1994.
7. EPA 2004, How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites - A guide for corrective action plan reviewers, EPA.
8. Hasinger, M., Bogolte, B.T., Soja, G., Todorovic, D., Loibner, A.P. & Scherr, K.E. 2011, Technischer Leitfaden - Biologische Sanierung von MKW und PAK in der gesättigten Bodenzone – Selektive Unterstützung von mikrobiologischen Abbauprozessen, 1st edn.
9. Kartenserver des Geologischen Dienstes für Bremen (GDfB), abgerufen am 13.07.2020.
10. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, 2004.
11. Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Mitteilung M20, Deklarationsanalyse nach LAGA M 20 zur Verwertung von Bodenmaterial in technischen Bauwerken, 1997.
12. Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten - Informationsblatt für den Vollzug (Juni 2009).

13. Litz, N., Wilcke, W. & Wilke, B. 2014, Bodengefährdende Stoffe : Bewertung - Stoffdaten - Ökotoxikologie - Sanierung, 1st edn, Wiley-VCH, Weinheim.
14. Meuser, H. 2013, Soil Remediation and Rehabilitation - Treatment of Contaminated and Disturbed Land, 1st edn, Springer Dordrecht, Heidelberg New York London.
15. NIBIS-Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), abgerufen am 13.07.2020.
16. Verfahrens- und Konzeptionsbeschreibung In-situ Feldversuch Grundwasseranreicherung Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II, 28777 Bremen Farge, Züblin Umwelttechnik GmbH, 25.10.2016.
17. Weiteres Vorgehen Milieustabilisierung durch dauerhafte Zirkulation – In-situ Feldversuch TL Bremen Farge, Züblin Umwelttechnik GmbH, 01.03.2019.

Bearbeiter:



Dipl. Geol. O. Böcker

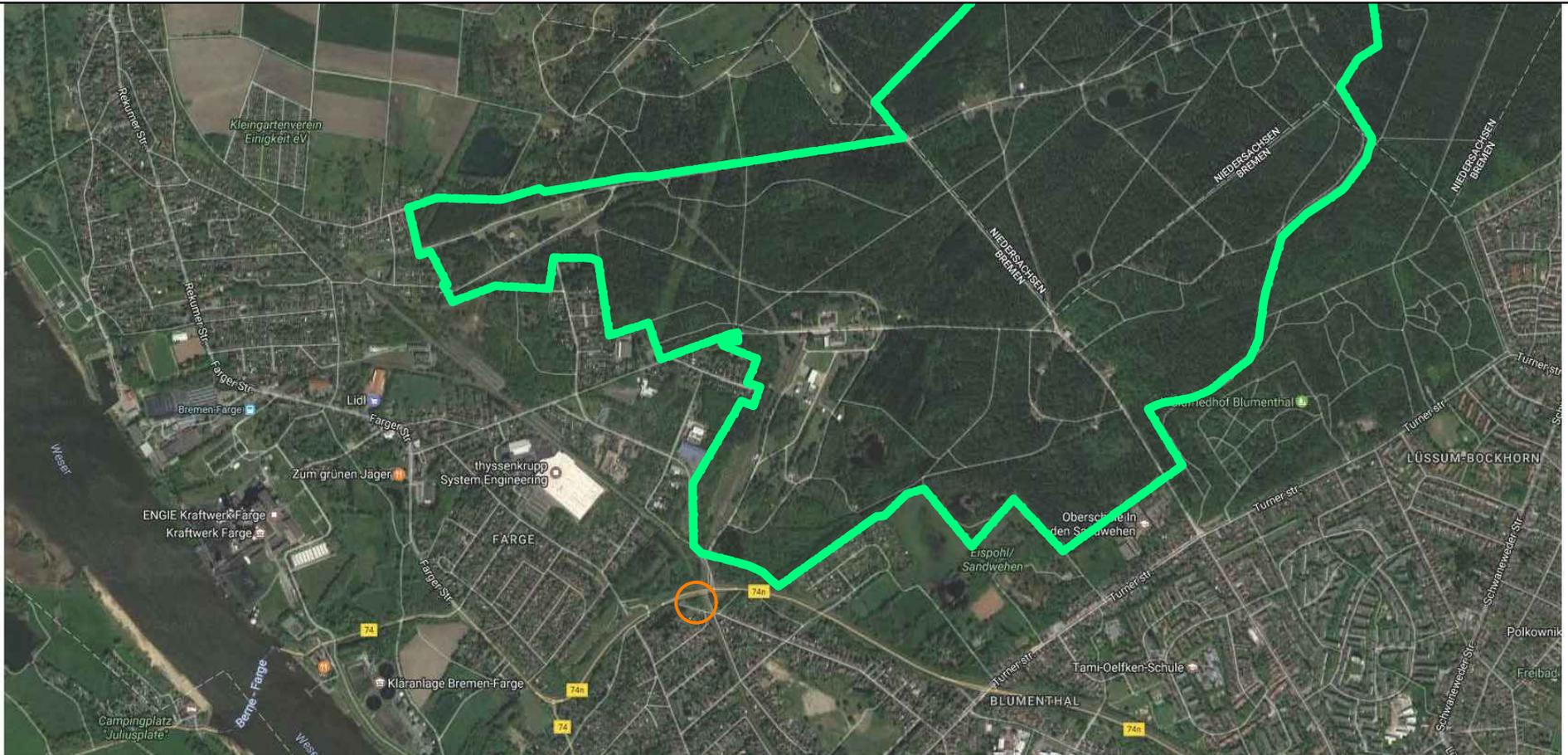
Sachverständiger für Bodenschutz und Altlasten
nach § 18 Bundes-Bodenschutzgesetz
Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Kontaminationen von Boden, Bodenluft und
Grundwasser



M.Sc. J. Kleinschnitker

Anlagen

- 1 **Übersichtslageplan**

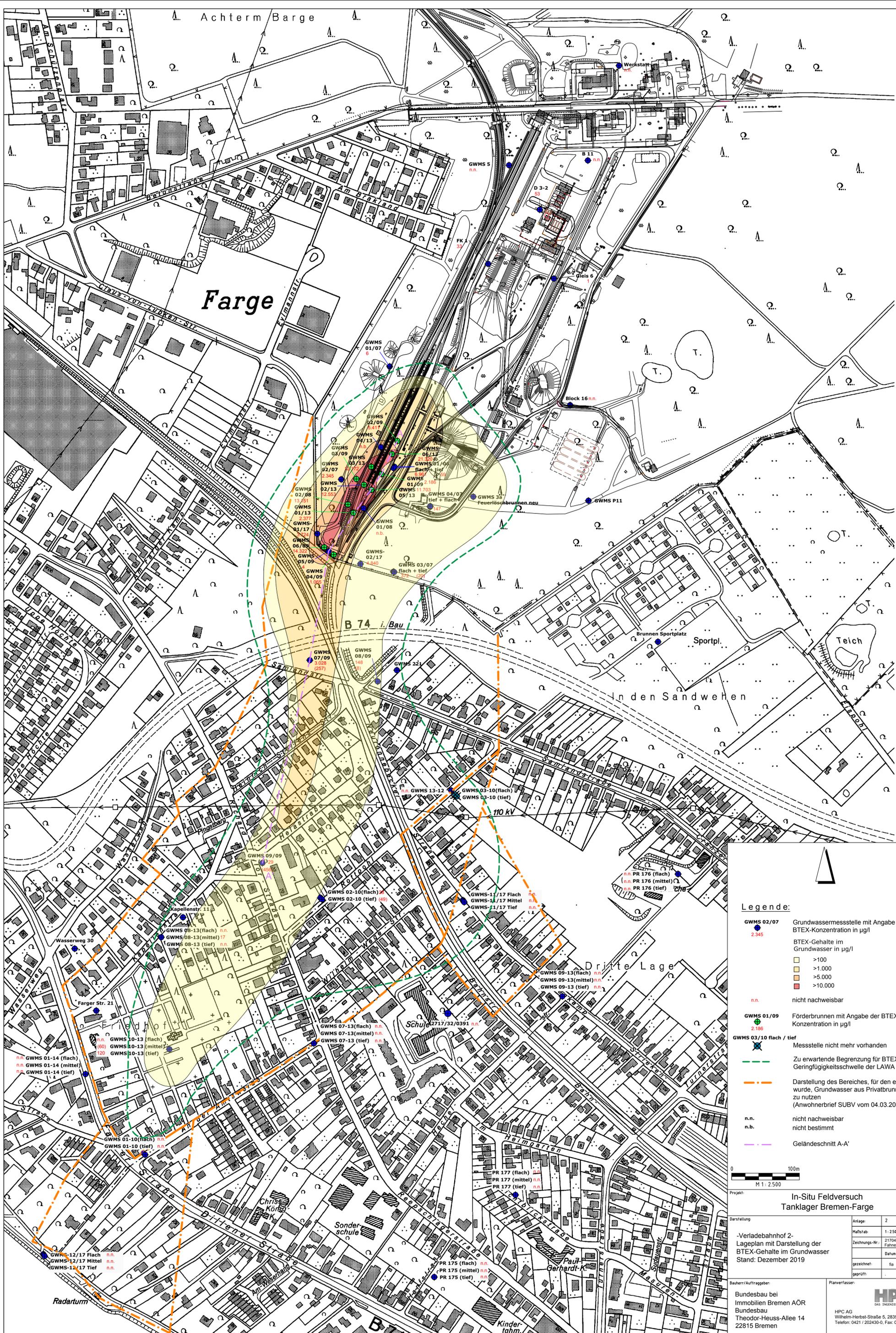


Legende:

- Grenze des Tanklagers
- Lage Testfeld

Projekt: In-Situ Feldversuch Tanklager Bremen-Farge, LgKnr.: 2200385507	Anlage:	1	
	Maßstab:	ohne	
	Projekt-Nr.:	2170492_A.dwg	
	Darstellung:	Name	Datum
Übersichtslageplan (Quelle: Google Maps)	Bearbeiter:	fia	15.06.2017
	gezeichnet:	fia	15.06.2017
	geprüft:	.	.
	DIN- / Plangröße m²:		
Bauherr:/Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR Theodor-Heuss-Alle 14 22815 Bremen	Planverfasser:	 HPC DAS INGENIEURUNTERNEHMEN	
		HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010	

- 2 Übersicht BTEX-Konzentrationen im Grundwasser



Legende:

- **GWMS 02/07** Grundwassermessstelle mit Angabe der BTEX-Konzentration in µg/l
2.345
- **GWMS 01/09** Förderbrunnen mit Angabe der BTEX-Konzentration in µg/l
2.186
- ⊗ **GWMS 03/10 flach / tief** Messstelle nicht mehr vorhanden
- Zu erwartende Begrenzung für BTEX gem. Geringfügigkeitsschwelle der LAWA (20 µg/l)
- Darstellung des Bereiches, für den empfohlen wurde, Grundwasser aus Privatbrunnen nicht zu nutzen (Anwohnerbrief SUBV vom 04.03.2019)
- n.n. nicht nachweisbar
- n.b. nicht bestimmt
- Geländeschnitt A-A'

0 100m
M 1:2.500

Projekt: **In-Situ Feldversuch Tanklager Bremen-Farge**

Darstellung	Anlage	2
Mafstab	1:2.500	
Zeichnungs-Nr.	2170492_BTEX	
Fahrne.dwg		
Datum	13.10.2020	
gezeichnet:	fa	
geprüft:		

Bauherr/Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR
Bundesbau Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen

Planverfasser: **HPC**
DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Str. 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

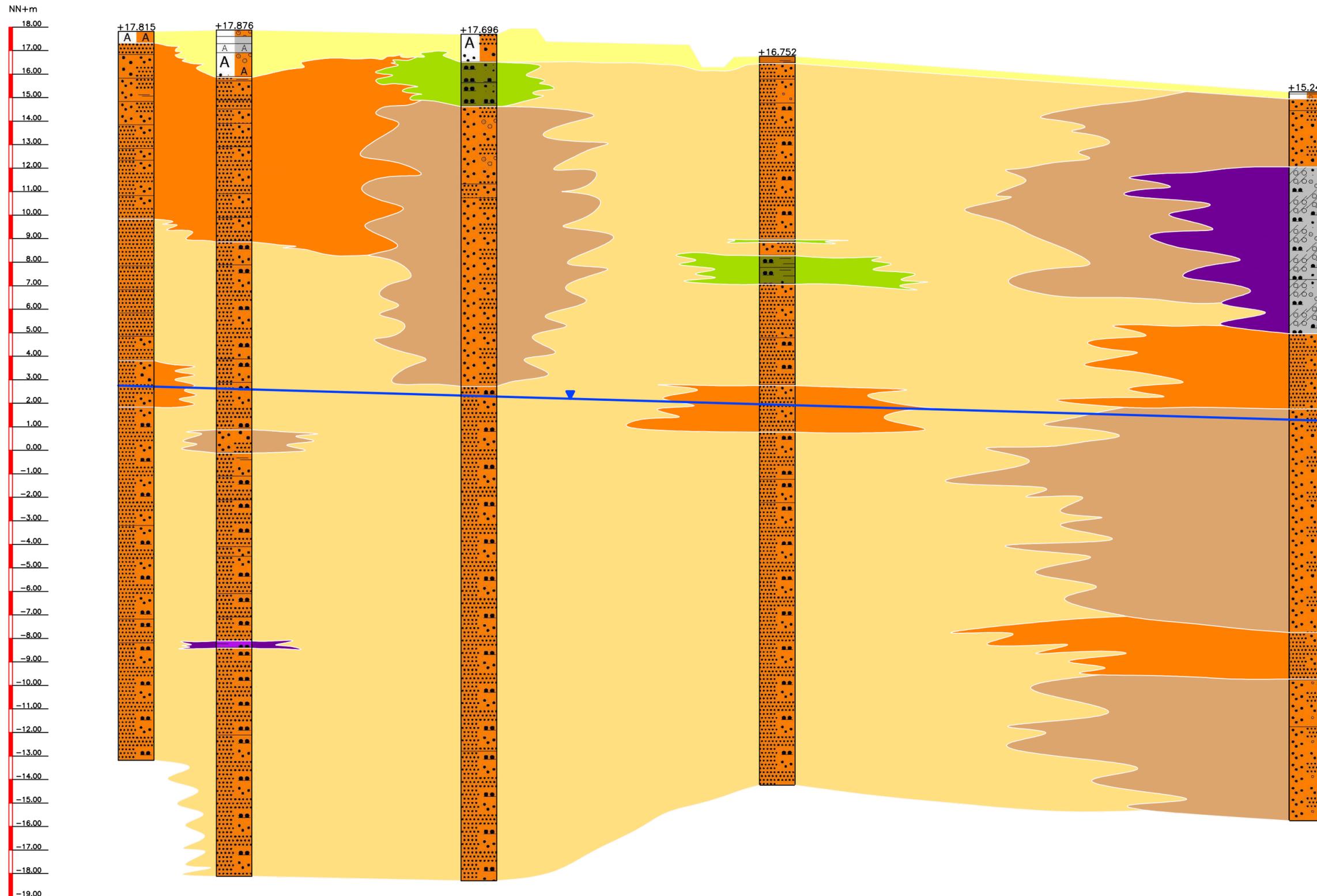
- 3 Geländeschnitt A-A'

GWMS 1/09 GWMS 2/09

GWMS 5/09

GWMS 7/09

GWMS 9/09



Legende:

- Künstliche Auffüllung
- überwiegend Feinsand, lokal schluffig
- überwiegend Feinsand, lokal mittelsandig
- überwiegend Mittelsand, feinsandig, lokal grobsandig
- Schluff, sandig
- Ton, schluffig / Schluff, tonig
- Grundwasser

Projekt: In-Situ Feldversuch Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507		
Darstellung: Geländeschnitt A-A'	Anlage:	3
	Maßstab:	L = 1 : 2.000 H = 1 : 150
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_G.dwg
	Datum	Name
	gezeichnet:	fia 14.06.2017
geprüft:	. 14.06.2017	
Bauherr/Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR Bundesbau Theodor-Heuss-Allee 14 22815 Bremen		Planverfasser: <div style="text-align: right;"> HPC DAS INGENIEURUNTERNEHMEN </div> HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

- 4 **Verfahrens- und Konzeptbeschreibung der *in situ*
Grundwassersanierung Fa. Züblin Umwelttechnik**

Verfahrens- und Konzeptionsbeschreibung

Feldversuch In-situ Grundwassersanierung Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II 28777 Bremen Farge

Auftraggeber: Immobilien Bremen AÖR
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen

Bieter: Züblin Umwelttechnik
Otto-Dürr-Straße 13
70435 Stuttgart

Zweigstelle Hamburg
Tel.: 040 76 96 467
Fax.: 040 76 96 269
Internet: www.zueblin-umwelttechnik.com

Stand: 25.10.2016

Inhaltsverzeichnis

1. VORGEHENSWEISE	3
2. GRUNDWASSERSANIERUNG MIT ISBO (IN SITU BIOLOGISCHE OXIDATION)	3
2.2 UMSETZUNG DES ISBO-VERFAHRENS IN DER SANIERUNGSPRAXIS	4
2.3 EINSATZ VON OXIDATIONSMITTEL UND NÄHRSTOFFE ZUM IN-SITU BIOLOGISCHEN ABBAU	4
3. GRUNDLAGEN / STANDORTVORAUSSETZUNGEN	5
4. LEITUNGSVERLEGUNG	6
5. EINGABE- UND MONITORINGPEGEL	6
6. GASINJEKTIONSANLAGE	8
6.1 ANLAGENTECHNIK	9
7. KONZEPT ISBO - PILOTVERSUCH	12
7.1 ALLGEMEINES	12
7.2 PILOTVERSUCH	12
7.3 AUFBAU UND AUSLEGUNG DES ISBO-ANLAGENTECHNIK	15
7.4 ZEITRAHMEN	16
7.5 LITERATUR	16

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: AEROBER ABBAU DER AROMATEN, SCHEMATISCHE DARSTELLUNG (NACH SCHLEGEL 1992 UND GOTTSCHALK)	4
ABB. 2: VERFAHRENSSKIZZE DER GASINJEKTIONSANLAGE FÜR O ₂	8
ABB. 3: VERFAHRENSSKIZZE DER GASINJEKTIONSANLAGE FÜR O ₂	9
ABB. 4: VERFAHRENSSKIZZE DER EINGABEANLAGE FÜR DIE ETHANOL - COSUBSTRATLÖSUNG	10
ABB. 5: GASINJEKTIONSANLAGE (ÄHNLICH DER KONZEPTION - FELDVERSUCH) MIT ELEKTRISCH GESTEUERTEN PEGELN UND GASSTATION DER ZÜBLIN UMWELTECHNIK	11
ABB. 6: MOST PROBABLE NUMBER-VERFAHREN. LINKS: DEZIMALE VERDÜNNUNGSREIHE. RECHTS: AUFZÄHLUNG DER BEWACHSENEN = GETRÜBTE RÖHRCHEN.	14

Anhang:

ANHANG I: Sicherheitsdatenblätter

1. Vorgehensweise

Am Standort Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II in Bremen-Farge liegt eine Grundwasserverunreinigung mit vornehmlich BTEX-Aromaten und untergeordnet MTBE, PAK und MKW vor. Die am Standort nachgewiesenen Schadstoffe sind grundsätzlich mikrobiologisch abbaubar und werden unseres Erachtens bereits unter natürlichen Bedingungen mikrobiell abgebaut. Daher soll im Bereich der der Schadstofffahne durch eine In-situ-Maßnahme mittels Gasinjektionstechnologie die natürlichen mikrobiellen Schadstoffabbauprozesse unterstützt bzw. gefördert werden.

Im Rahmen der Sanierung soll demnach durch einen gezielten, sensor kontrollierten Eintrag von Reinsauerstoff und eines Cosubstrates (z.B. Ethanol) zum cometabolischen MTBE – Abbau in der zweiten Reinigungsebene der aerobe Abbau stimuliert werden.

Die mit der Maßnahme verbundenen Leistungen umfassen die Einrichtung, den Betrieb, die Wartung sowie den Rückbau der erforderlichen Gasinjektionstechnologie. Ferner ist die Installation geeigneter Messsonden sowie die Mitarbeit für die Herrichtung von Eingabe- und Monitoringpegel Gegenstand der zu erbringenden Leistung.

2. Grundwassersanierung mit ISBO (in situ biologische Oxidation)

Das Verfahren der in situ biologischen Oxidation (ISBO) beruht darauf, dass bestimmte standorteigene Mikroorganismen Schadstoffe unter spezifischen aeroben Bedingungen in situ abbauen können. Die biologische Oxidation ist das vorherrschende Verfahren für den Abbau BTEX, MTBE, MKW, niedermolekulare PAK sowie eingeschränkt Trichlorethen (TCE) aber insbesondere seine Abbauprodukte cis-Dichlorethen (cis-DCE) und Vinylchlorid (VC) [1].

MKW, PAK, BTEX und MTBE können durch Mikroorganismen oxidiert werden [2]. Der aerobe Abbau von Aromaten läuft in drei Stufen ab. Das Grundmuster des aeroben Abbaus von monocyclischen Aromaten, von Phenolen und Carbonsäuren und des letzten verbleibenden Ringes beim Abbau von PAK ist gleich. In Anwesenheit von Sauerstoff sind alle BTEX, aber auch PAK mit bis zu 5 Ringen abbaubar. Da aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole und PAK den Benzolring als einen für die Mikrobiologie wesentlichen gemeinsamen Baustein haben, verlaufen die Abbaupfade der verschiedenen Verbindungen grundsätzlich immer ähnlich (Abb. 1). Die einzelnen Ringe der PAK werden nacheinander abgebaut. Dabei wird jeder Ring als erstes unter Verbrauch von Sauerstoff zu einer Verbindung mit zwei Hydroxylgruppen (Dihydrodiol) oxidiert. Danach kann der Ring nach dem gleichen Grundmuster wie Benzol unter Bildung einer Säure gespalten und in kleinere, verwertbare Stücke zerlegt werden. Wenn er abgebaut ist, wird der nächste Ring angegriffen. Der letzte Ring wird über Salizylsäure und Brenzkatechin als Zwischenstufen metabolisiert. Endprodukte des biologischen Abbaus sind CO₂ und Biomasse, d.h. die Schadstoffe werden mit Hilfe von Sauerstoff als Elektronenakzeptor vollständig mineralisiert [3].

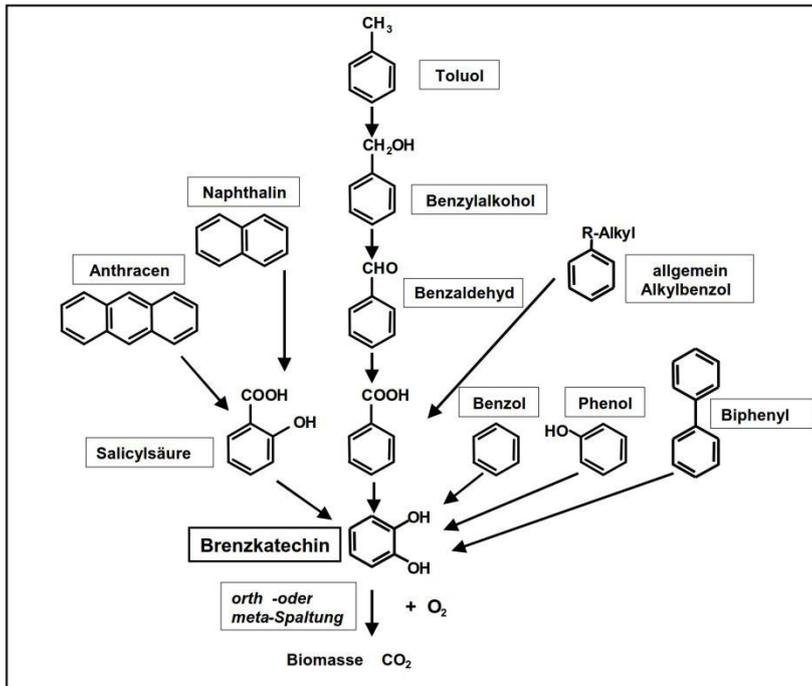


Abb. 1: Aerobes Abbau der Aromaten, schematische Darstellung (nach Schlegel 1992 und Gottschalk)

2.2 Umsetzung des ISBO-Verfahrens in der Sanierungspraxis

Für eine zielführende und erfolgreiche Anwendung des ISBO-Verfahrens ist es maßgeblich, das Oxidationsmittel und die erforderlichen Nährstoffe sowie ggf. das Auxiliarsubstrat für einen cometabolischen Abbau gleichmäßig zu verteilen und so zu steuern, dass die vorhandenen Schadensbereiche in ausreichendem Maße versorgt werden. Dafür sind differenzierte Dosier- und Injektionsysteme notwendig, die mögliche Inhomogenitäten der Untergrundhydraulik ausreichend berücksichtigen. Darüber hinaus ist ein Kontrollsystem erforderlich, das die geochemischen Vorgänge innerhalb der reaktiven Zonen ausreichend erfasst und so eine gezielte Steuerung der Reagenzien ermöglicht. Das Gesamtsystem muss so ausgelegt sein, dass eine langzeitige Aufrechterhaltung der oxidativen Milieubedingungen in den reaktiven Zonen gewährleistet werden kann.

2.3 Einsatz von Oxidationsmittel und Nährstoffe zum in-situ biologischen Abbau

Der Einsatz von Oxidationsmittel in der Regel kommen hier Luftsauerstoff, technischer Sauerstoff oder sauerstoffhaltige Verbindungen zum Einsatz und die erforderlichen Nährstoffe Stickstoff, Phosphat und Kalium führt zu einem beschleunigten Abbau der aerob umsetzbaren Schadstoffe. Die technische Umsetzung des Abbauprozesses im Zuge der in-situ Technologie basiert auf einer gezielten Verbesserung der Milieubedingungen für die autochthonen Mikroorganismen im kontaminierten Areal. Hierzu ist die Schaffung von in-situ Reaktions-Zonen (IRZ) erforderlich, in denen die entsprechenden Prozesse ablaufen

können. IRZ sind in diesem Fall definiert als ein aerobes Milieu, welches reich an verfügbarem organischem Kohlenstoff ist. Beim produktiven Abbau der Schadstoffe sind die Mikroorganismen in der Lage den erforderlichen Kohlenstoff aus dem Schadstoff selber zu gewinnen. Beim cometabolischen Abbau hingegen muss der erforderliche Kohlenstoff mit einem Auxiliarsubstrat mit zugegeben werden.

Wichtige Einflussfaktoren bezüglich der Wirksamkeit der reaktiven oxidativen Zone sind hierbei ebenfalls die ausreichende Versorgung mit Elektronenakzeptoren, das Mikroorganismenkonsortium und die natürlichen Mobilisierungsprozesse.

Für eine erfolgreiche Anwendung sind bei der Zugabe von Sauerstoff und Nährstoffen bzw. Auxiliarsubstrat folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- § Die Konzentrationen der Oxidationsmittel und der Nährstoffe müssen so gesteuert werden, dass der mikrobiologische Abbau der Schadstoffe nicht zum Erliegen kommt.
- § Der pH-Wert muss beobachtet werden und ggf. eingestellt bzw. stabilisiert werden um einen effektiven Abbau stattfinden zu lassen.
- § Das Sanierungskonzept ist so flexibel zu gestalten, dass sowohl eine Modifikation der Beschickungsintervalle, der Oxidationsmittelvolumenstrom als auch das Oxidationsmittel selbst möglich ist.

3. Grundlagen / Standortvoraussetzungen

Geologie

Anthropogene Auffüllungen	0 bis 2	m u GOK
Sandig-kiesig	2 bis 12	m u GOK
Schluff - feinsandig	12 bis 15	m u GOK
Sandig-kiesig	15 bis <36 m	m u GOK

Hydrogeologie

kf-Wert	$3,7 \times 10^{-5}$	m/s
Flurabstand	ca. 15	m u GOK
Gefälle I	0,24	%
Fließgeschwindigkeit	18	m/a

Vorhandene Infrastruktur

GWMS 07/09		
Fläche Versuchsfeld	120	m ²
Anlagenaufstellfläche	max. 24	m ²

Kontamination

BTEX	13.000	µg/l
MTBE	500-600	µg/l
PAK		
MKW		

Kationen

Fe _{ges}	8 - 13	mg/l
-------------------	--------	------

4. Leitungsverlegung

Gemäß Leistungsbeschreibung ist die Verlegung der Gasinjektionsleitungen von der Containeranlage frostsicher unterflur zu den Injektionspegeln vorgesehen. Hier haben wir die Verlegung einer Gasdruckleitung vom Anlagenstandort bis zu dem Versuchsfeld unterflur in einem Leerrohr geplant. Über Magnetventile in der jeweiligen Gasstation wird jede Injektionsstelle separat mit einer Gasdruckleitung versorgt. Dies hat den Vorteil, dass die Pegel individuell angesteuert bzw. mit Gas versorgt werden können.

Die Verlegung der (Einzel-)Leitungen bis zu den Pegeln erfolgt parallel in einem Graben, wobei zu deren Schutz diese in Kabelschutzrohren verlegt werden. Parallel dazu werden die Kabelleitungen für die Multiparametersonden separat, ebenfalls in Kabelschutzrohren, bis zu den Messpegeln verlegt.

5. Eingabe- und Monitoringpegel

Nach Einsicht der Ausschreibungsdokumente bzw. der Detailplanung ist der Ausbau der Eingabe- und Monitoringpegel wie folgt vorgesehen:

Eingabepegel Eingaberiegel 1 – Stufe 1 (P1-4), Eingaberiegel 2 - Stufe 2 (P5-7) :

- Unterflurausbau mit Straßenkappe
- Oberer Pegelabschluss: Brunnenkopf mit einer Schnellkupplungen für den Anschluss der Gasdruckleitung
- Unterer Pegelabschluss: Bodenkappe
- Filterstrecke tiefe Injektion: 21m -23m uGOK
- Filterstrecke mittlere Injektion: 18m -20m uGOK
- Filterstrecke flache Injektionspegel: 15m-17m uGOK
- Ausbaudurchmesser: 2 Zoll
- Brunnenausbaumaterial: Geeignet für die beiden Injektionsgase z. B. HD-PE

Monitoring- und Kontrollpegel für den Einsatz von Multiparametersonden

Überwachungsriegel 1 (P5-7) bzw. Überwachungsriegel 2 (P6-P7):

- Unterflurausbau mit Straßenkappe
- Oberer Pegelabschluss: Brunnenkopf mit metrischer Verschraubung
- Unterer Pegelabschluss: Bodenkappe
- Filterstrecke tiefe Messstrecke: 21m -23m uGOK
- Filterstrecke mittlere Messstrecke: 18m -20m uGOK
- Filterstrecke flache Messstrecke: 10m-14m uGOK
- Ausbaudurchmesser: 2 Zoll
- Ausbaumaterial: z. B. HD-PE

Alle Pegel können zoniert abgepackert werden und somit als Eingabe- und Kontrollpegel eingesetzt werden. Die nachstehende Abbildung 2 zeigt schematisch die geplante Lage der Eingabe- und Überwachungspegel. Demnach können die Pegel P1-P4 in Sanierungsstufe 1 (Abbauversuch von BTEX, PAK und MKW) für die Sauerstoffeingabe und die Pegel P5 - P7 in der Sanierungsstufe 1 als reine Monitoring- und Kontrollpegel eingesetzt werden. Mit der Sanierungsstufe 2 (Abbau von MTBE) sind die Pegel P5-7 ausschließlich als Eingabepegel für das Auxiliarsubstrat im Einsatz und die Pegel P8-P9 (Überwachungsriegel ÜR 2) als reine Kontrollpegel. Hier werden in der Sanierungsstufe 2 die Sauerstoff- und Redoxsonden eingesetzt um die Sauerstoffverteilung zu überprüfen.

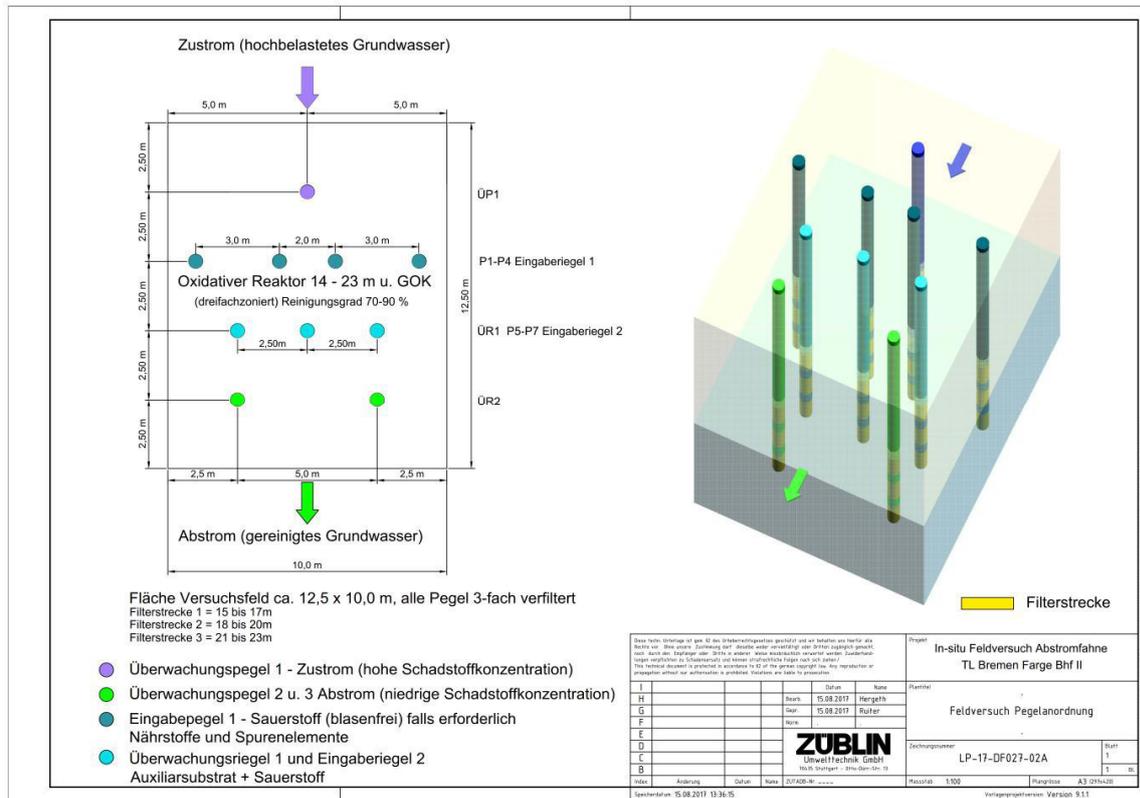


Abb. 2: Lageplan der Injektions- und Monitoringpegel

6. Gasinjektionsanlage

Für einen kontrollierten Eintrag an Sauerstoff (O_2) in die dafür vorgesehenen Pegel ist eine mobile Kleincontaineranlage zur Einhausung der Anlagentechnik vorgesehen. Die gesamte Anlagentechnik mit Druckgasflaschenbündel, Verteilerstation sämtlichen Armaturen und Messgeräten sowie dem Schaltschrank mit Steuerung wird dabei auf dem Bauhof der Züblin Umwelttechnik vormontiert und nach einem Probetrieb auf den Standort installiert.

Der Gasstrang wird in der Anlage nach Austritt aus den Druckflaschen über einen Durchfluss- und Drucksensor geführt, bevor diese dann zu dem Verteiler gelangt. Hier erfolgt über mehrere Ventile die Aufteilung der Gasvolumenströme in bis zu 7 Einzelstränge bzw. Injektionsstellen, wobei die vollautomatische Ansteuerung der Ventile die Möglichkeit eröffnet, die Injektionszeiten der Einzelgase dem Sanierungsfortschritt kontinuierlich anzupassen.

Die nachstehende 3 stellt das Verfahrensfliessbild der Injektionsanlage für Sauerstoff bzw. die Abb. 4 das Verfahrensfliessbild der Anlage bezüglich der Auxiliarsubstrateingabe schematisch dar.

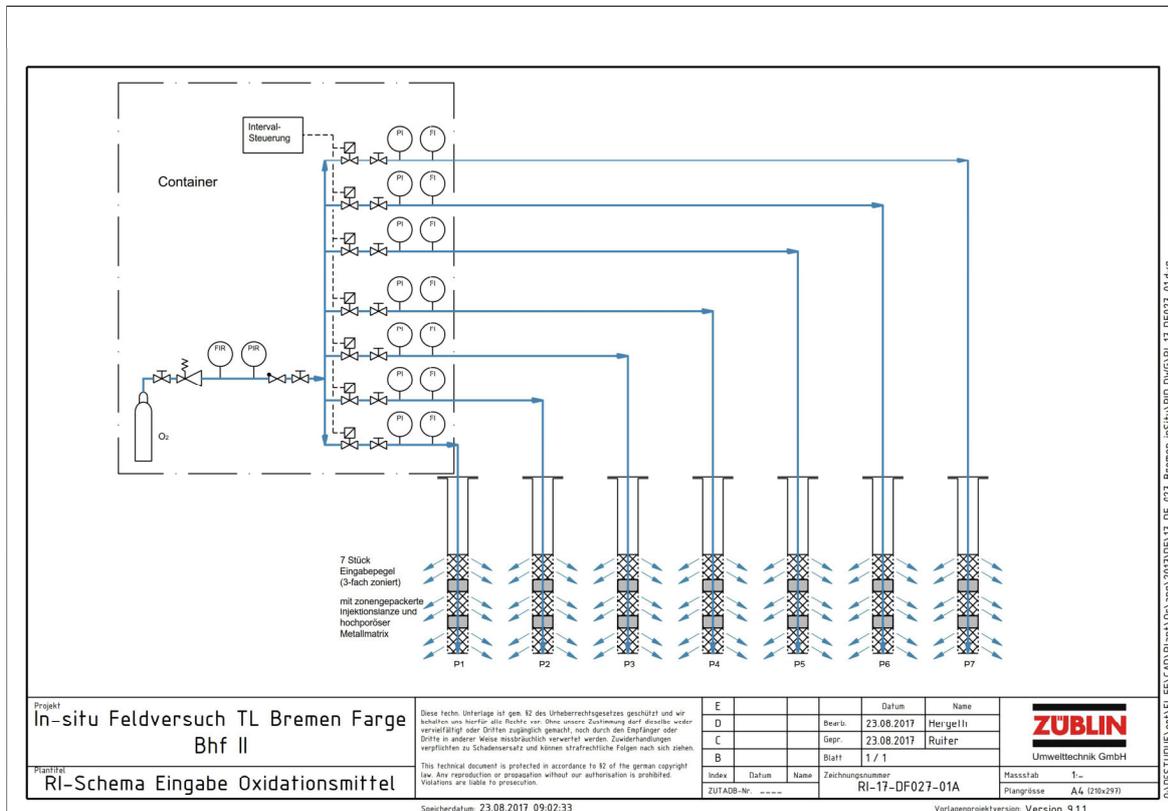


Abb. 3: Verfahrensskizze der Gasinjektionsanlage für O₂

6.1 Anlagentechnik

Für den Eintrag von Sauerstoff - 7 Eingabestellen und Ethanollösung - 3 Eingabestellen sind zwei Anlagen mit entsprechenden Vorrichtungen ausgerüstet. Die Vorrichtungen für (Ethanollösung und Sauerstoff) sind aus sicherheitstechnischen Gründen räumlich voneinander getrennt, wobei ein gemeinsamer Schaltschrank mit Steuerung für die zwei Anlagen geplant ist.

Die Anlage zur Sauerstoffeingabe besteht gemäß Abb. 3 im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Gasdruckflaschenbündel (O₂) mit Druckminderungsventil
- 1 Stk. manueller Strömungssensor (FI) zur kontinuierlichen Bestimmung des Gasvolumenstroms
- Absperrarmatur zur manuellen Gaseinregelung
- 1 Stk. elektrischer Drucksensor (PIR) zur kontinuierlichen Bestimmung des Systemdruckes sowie zur automatischen Meldung bei Minderdruck
- 1 Stk. Rohrverteiler/Sammelbalken zur Gasverteilung für max. 7 Injektionsstellen Im Verteilerschrank angeordnet.
- 7 Stk. Injektionsstrecken jeweils mit pneumatisch angesteuerten Ventilen zur Pegeltaktung
- anlageninterne Verrohrung/Verschlauchung und Verkabelung

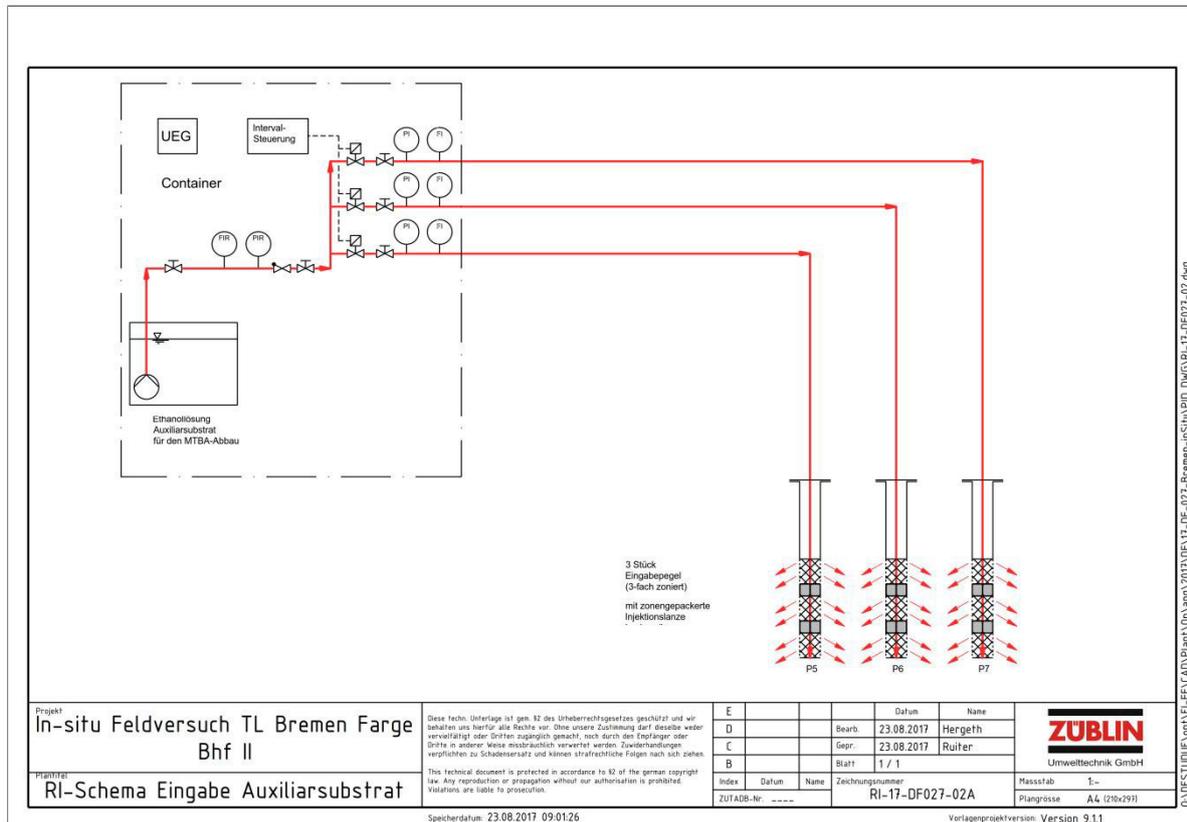


Abb. 4: Verfahrensskizze der Eingabeanlage für die Ethanol - Cosubstratlösung

Die Anlage zur Eingabe der Ethanollösung besteht gemäß Abb. 4 im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Ansetzbehälter für die hochverdünnte Ethanolösung (max. 100mg C₂H₆O/L Eingabelösung)
- Dosierpumpe geeignet zur Förderung von Ethanolösung
- Absperrarmatur zur manuellen Einregelung der Eingabelösung
- 1 Stk. elektrischer Drucksensor (PIR) zur kontinuierlichen Bestimmung des Systemdruckes sowie zur automatischen Meldung bei Überdruck
- 1 Stk. Rohrverteiler/Sammelbalken zur Verteilung für max. 3 Eingabestellen
- 3 Stk. Eingabestrecken jeweils mit pneumatisch angesteuerten Ventilen zur Pegeltaktung
- anlageninterne Verrohrung/Verschlauchung und Verkabelung

Ferner ist ein Schaltschrank mit Anlagensteuerung mittels SPS sowie Störmelder für die gesamte Anlage vorgesehen. Datenlogger mit Funktechnik zur Speicherung und Übertragung der Messwerte.

Die Anlage mit allen Einrichtungen ist witterungssicher und vor unbefugtem Zugriff durch Dritte geschützt in Container eingebaut. Die Containeranlage hat einen Platzbedarf von etwa Länge x Breite = 4 m x 6 m und kann unmittelbar am Versuchfeld aufgebaut werden.

Der Teil des Containers indem die Ethanollösung gelagert ist, verfügt über eine Warn- und Alarmaneinrichtung zur Überwachung der Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre. Wird die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre festgestellt, wird automatisch Frischluft zu dosiert, der Injektionsvorgang unterbrochen und das verantwortliche Personal umgehend per SMS benachrichtigt.

Die Fotoaufnahmen in der nachstehenden Abb. 5 zeigen einen ähnlichen Anlagenaufbau bezüglich der geplanten Gasinjektionsanlage in Containerbauweise.



Abb. 5: Gasinjektionsanlage (ähnlich der Konzeption - Feldversuch) mit elektrisch gesteuerten Pegeln und Gasstation der Züblin Umwelttechnik

7. Konzept ISBO - Pilotversuch

7.1 Allgemeines

Nach Prüfung der uns vorliegenden Unterlagen sehen wir den Einsatz des ISBO-Verfahrens auf dem vorliegenden Standort als prinzipiell geeignet an und unterbreiten Ihnen einen Vorschlag zur weiteren Vorgehensweise.

7.2 Pilotversuch

Das ISBO-Verfahren lässt sich nur dann erfolgreich anwenden, wenn die Schadstoffbereiche gleichmäßig mit Sauerstoff, Nährstoffen und falls erforderlich Auxiliarsubstrat versorgt werden. Deshalb muss es nicht nur in ausreichender Menge und Konzentration in den Aquifer injiziert, sondern auch in den relevanten, schadstoffbelasteten Teufenbereichen verteilt werden.

Um die erforderlichen Auslegungsparameter für die Anwendung des ISBO-Verfahrens am vorliegenden Standort zu bestimmen und seine Wirksamkeit nachzuweisen, ist ein Pilotversuch mit erweiterten Untersuchungen sinnvoll und für eine weitere Sanierungsplanung sogar erforderlich.

Mit Hilfe dieses Versuchs lassen sich folgende wesentliche Standortbedingungen ermitteln:

- § Transportvorgänge im Untergrund
- § Ausbildung und Etablierung eines aeroben Milieus
- § spezifischer Bedarf an Sauerstoff und Auxiliarsubstrat
- § Effizienz des Verfahrens im Hinblick auf eine spätere Sanierung

Bei dem geplanten Pilotversuch wird das ISBO-Verfahren zur Sicherungsbarriere der bestehenden Abstromfahne eingesetzt, wobei die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Pilotversuch für die Machbarkeit einer großmaßstäblichen Fahnensanierung herangezogen werden soll.

Wie bereits von der ausschreibenden Stelle vorgeschlagen, halten wir es für sinnvoll den ISBO-Pilotversuch im Bereich des Brunnens GWMS-07/09 durchzuführen.

Versuchsphasen

1. Errichtung des Versuchsfeldes
2. SOD - Bestimmung des Bohrgutes
3. Bestimmung BTEX – Verwerter, Eisen III Reduzierer und Gesamtkeimzahlen
4. Injektion Sauerstoff - Ausbreitung der Arabisierung
5. Injektion Auxiliarsubstrat zur Stimulation des MTBE-Abbaus
6. Monitoring

Phase 1: Errichtung des Versuchsfeldes

Im Bereich des Abstroms zum Hauptschadenszentrum wird ein Versuchsfeld errichtet. Vorhandene Pegel und Brunnen werden nicht verwendet. Das von uns geplante Versuchsfeld setzt sich wie folgt zusammen:

- § Eingabepiegel: P2, P3, P4, P5 P6 und P7
- § Kontrollpegel/Eingabepiegel: ÜP1, Überwachungsriegel ÜR1 und ÜR 2

Phase 2: SOD – Bestimmung Bohrgut

Die Bohrgutgewinnung und deren Untersuchung ist ein elementarer Ansatz um die erforderliche Sauerstoffmenge zur vollständigen Aerobisierung des Aquifers im Versuchsfeld abschätzen zu können. Aus folgenden Bohrungen werden Proben entnommen und auf den sogenannten SOD - Wert (soil-oxidant-demand) untersucht.

Bohrung ÜP 1, Bohrungen P1-P7, Bohrungen Überwachungsriegel 2 (2 Bohrungen)
Somit sind 10 Stück SOD-Untersuchungen eingeplant.

Der SOD-Wert ergibt den Oxidationsmittelbedarf des gewonnen Bodens, woraus sich der einzugebende Sauerstoff, welcher zur Aerobisierung des Reaktors erforderlich ist, bestimmen lässt. Für die Bestimmung der Sauerstoffmenge in Phase 4 sind wir von einem SOD-Gehalt von 2,0 g KMnO_4 / kg Boden TS ausgegangen.

Phase 3: Bestimmung BTEX - Verwerter und Gesamtkeimzahlen

Der Nachweis von den BTEX-Verwertern, Eisen III Reduzierer sowie die Bestimmung der Gesamtkeimzahlen wird auf Grundlage eines MPN-Tests durchgeführt. Mit dem MPN-Test (Most Probable Number) lassen sich stoffwechselaktive Mikroorganismen in Grundwasserproben oder Bodeneluat quantifizieren. Von den Proben wird eine dezimale Verdünnungsreihe in Mikrotiterplatten erstellt (Abb. 3, links). Nach Inkubation der Ansätze wird die Anzahl der getrübbten, d.h. bewachsenen, Röhrchen pro Verdünnungsstufe ausgezählt (Abb. 3, rechts). Auf Grundlage einer Poisson-Verteilung lässt sich mit Hilfe eines EDV-Programms oder Tabellen die wahrscheinlichste Keimzahl einer Probe ermitteln.

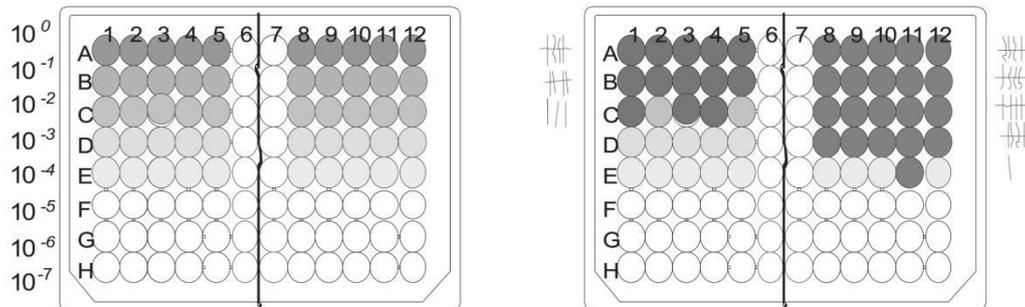


Abb. 6: Most Probable Number-Verfahren.
Links: dezimale Verdünnungsreihe.
rechts: Aufzählung der bewachsenen = getriebenen Röhren.

Phase 4: Injektion Sauerstoff

Nach der Bestimmung des erforderlichen Sauerstoffbedarfs aus der durchgeführten SOD - Untersuchungen erfolgt die Injektion von Sauerstoff in die Pegel P2 bis P7.

- § Gesamte Injektionsmenge: ca. 1.000 m³ technischer Sauerstoff
- § angestrebte Injektionsrate: ca. 50 - 100 L pro Pegel und Stunde
(Die Pegel sind dreifachverfiltert)

Die Ausbreitung der Aerobisierung wird über Sauerstoff- und Redoxmessungen, ggf. tiefendifferenziert in den Pegeln P5 bis P7 - Überwachungsriegel 1 überwacht.

Die geplanten Sauerstoff- und Redoxpotentialsensoren erlauben die kontinuierliche Onlineerfassung der Parameter in einem beliebig definierbaren Intervall (z.B. stündlich). Über eine Funküberwachung können die Daten schließlich über Internet übermittelt werden.

Phase 5: Injektion Auxiliarsubstrat zur Stimulation des MTBE-Abbaus

Mit Abschluss der Sanierungsstufe 1 - Abbaubersuch der BTEX, PAK und MKW wird in der zweiten Sanierungsstufe der MTBE - Abbau überprüft. Dieser Abbau kann entweder produktiv d.h. ohne Zugabe von Auxiliarsubstrat (der Schadstoff dient hier als Kohlenstoffquelle) oder cometabolisch so das der erforderliche Kohlenstoff, welcher die Mikrobiologie für die Umsetzung der MTBE benötigt zugegeben werden muss. Die Eingabe von Auxiliarsubstrat ist über den Eingaberiegel 2 (P5-P7) geplant. In dieser Zeit wird die Sauerstoffeingabe über den Eingaberiegel 1 (P1-P4) jedoch nicht gestoppt, sondern kontinuierlich weiter betrieben. Nach Bedarf können die Pegel des Eingaberiegels 2 natürlich parallel jederzeit für eine unterstützende Sauerstoffeingabe genutzt werden.

Phase 6: Monitoring

Während der Phasen 2-5 werden in den Eingabepiegel / Monitoringpegeln ÜP1, P1 bis P7 und ÜR2 (P7 bis P8) die Konzentrationen in bis zu drei Horizonten folgender Parameter regelmäßig durch die Züblin Umwelttechnik GmbH bestimmt:

kontinuierlich in 3 Messstellen bzw. wöchentlich (Pegel ohne Eingabe)

- § Temperatur
- § Redoxpotential
- § O₂-Gehalt
- § pH-Wert
- §

alle 2 Monate in allen Pegeln und 3 Horizonte

- § BTEX
- § MTBE
- § MKW
- § PAK
- §

alle 3 Monate in allen Pegeln und bis zu 3 Horizonte Ammonium

- § Nitrat
- § Phosphat
- § Fe²⁺
- § Fe³⁺
- § Fe_{ges}
- § Aerobe BTEX - Verwerter (bis zu 10 Analysen pro Kampagne)
- § Anaerobe Eisen III Reduzierer (bis zu 10 Analysen pro Kampagne)
- § Gesamtkeimzahl (bis zu 10 Analysen pro Kampagne)

7.3 Aufbau und Auslegung des ISBO-Anlagentechnik

Die Anlage für die Durchführung des Pilotversuches hat folgenden Aufbau:

Dosiertechnik mit ISBO-Injektionssystem:

- § Gaslager im Anlagencontainer
- § Gasinjektionsanlage
- § Messtechnik:
 - Leitfähigkeitssonden
 - Redoxpotential-Sonden

Der generelle Rahmen des Ablaufs der ISBO-Sanierung sowie die benötigten Sauerstoff, Nährstoff und ggf. Auxiliarsubstratmengen entsprechen dem heutigen Stand. Nach Durchführung des ISBO-Pilotversuchs kann eine Optimierung des Verfahrens gemäß den spezifischen Standortbedingungen erfolgen. Entsprechend des Sanierungsfortschritts und der Ergebnisse der Begleitparameteranalytik erfolgt eine fortlaufende Anpassung.

Zusammenfassung ISBO - Feldversuch

Oxidationsmittel: technischer Sauerstoff
 Masse Vorversuch: insgesamt ca. 1.000 m³
 Konzentration: O₂ - Konzentration im Untergrund 1-3 mg/L
 Kampagnen: Sanierungsstufe 1: ca. 700 m³ - Abbauersuch BTEX, PAK und MKW
 Danach: Zugabe von ca. 300 m³ in der zweiten Sanierungsstufe - Abbauersuch MTBE ggf. mit Auxiliarsubstrat

7.4 Zeitrahmen

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über den zeitlichen Rahmen des Pilotversuches mit Darstellung der beschriebenen Versuchsphasen.

Versuchsphase	Dauer ¹⁾	1	2	3	4	5	6	
1.	1							
2.	1							
3.	1,5							
4.	1 - 6							
5.	5 - 6							
6.	1 - 6							
7.	1 - 6							

¹⁾ Dauer in Monaten

7.5 Literatur

- [1] ÖVA (2010): Technologiequickscan In-situ-Sanierungstechnologien
Timo Dörrie, Helmut Längert-Mühlegger, Hrsg. Umweltbundesamt Österreich
- [2] KORA-Themenverbund 1 (2008): Leitfaden. Natürliche Schadstoffminderungsprozesse bei mineralölkontaminierten Standorten, Hrsg. Universität Tübingen Zentrum für angewandte Geowissenschaften, ISBN 978-3-89746-093-9
- [3] AiF-Forschungsvorhaben (2010): In-situ-Verfahren zur Steigerung der mikrobiologischen Grundwasser- und Bodensanierung durch elektrokinetische Dispersionseffekte

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
1/14

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffes bzw. des Gemisches und des Unternehmens

1.1 Produktidentifikator

Produktname: Sauerstoff, verdichtet

Handelsname: Gasart 201 Sauerstoff, Gasart 202 CONOXIA G02X, Gasart 202 Sauerstoff med., Gasart 204 Atemsauerstoff, Gasart 205 Sauerstoff 3.5, Gasart 210 Sauerstoff 4.5, Gasart 211 Sauerstoff 5.0, Gasart 212 Sauerstoff 5.6 / 6.0, Gasart 212 Sauerstoff 5.6/6.0, Gasart 213 Sauerstoff KW-frei, Gasart 396 BIOGON O, Gassart 396 Biogon O

Zusätzliche Kennzeichnung

Chemische Bezeichnung: Sauerstoff

Chemische Formel: O₂

INDEX-Nr. 008-001-00-8

CAS-Nr. 7782-44-7

EG-Nr. 231-956-9

REACH Registrierungs-Nr Aufgeführt in Annex IV/V der Verordnung 1907/2006/EC (REACH), ausgenommen von der Registrierung.

1.2 Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird

Identifizierte Verwendungen:

Industriell und berufsmäßig. Vor Anwendung Gefährdungsbeurteilung durchführen.
Als Füllgas für Gemische. Kalibrationsgas Trägergas. Chemiesynthesen. Brenn-, Schmelz- und Schneidprozesse. Nahrungsmittel Schutzgas. Verwendung im Labor. Laser Gas. Oxidationsmittel. Prozessgas. Schutzgas beim Schweißen. Testgas. Verwendung bei der Herstellung von pharmazeutischen Produkten.
Verbraucherverwendung
Oxidationsmittel.

Verwendungen, von denen abgeraten wird

Industrielle oder technische Qualität, ungeeignet für Anwendungen in der Medizin und/oder bei Lebensmitteln oder zum Einatmen.

1.3 Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt

Lieferant

Linde AG, Geschäftsbereich Linde Gas
Seitnerstraße 70
D-82049 Pullach

Telefon: +49 (0) 89 7446 0**E-Mail:** Info@de.linde-gas.com

1.4 Notrufnummer: +49 (0) 89 7446 0

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
2/14

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren

2.1 Einstufung des Stoffs oder Gemischs

Einstufung gemäß der Richtlinie 67/548/EWG oder 1999/45/EG in der geänderten Fassung.

O; R8

Der Volltext für alle R-Sätze wird in Abschnitt 16 angegeben.

Einstufung gemäß der (EG) Richtlinie 1272/2008 in der geänderten Fassung.

Physikalische Gefahren

Brandfördernde Gase	Kategorie 1	H270: Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.
Gase unter Druck	Komprimiertes Gas	H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

2.2 Kennzeichnungselemente



Signalwörter: Gefahr

Gefahrenhinweis(e): H270: Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.
H280: Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Sicherheitshinweise

Prävention: P220: Von Kleidung /brennbaren Materialien fernhalten/ entfernt aufbewahren.
P244: Ventile und Ausrüstungsteile öl- und fettfrei halten.

Reaktion: P370+P376: Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.

Lagerung: P403: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Entsorgung: Kein(e).

2.3 Sonstige Gefahren: Kein(e).

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
3/14

ABSCHNITT 3: Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoffe

Chemische Bezeichnung	Sauerstoff
INDEX-Nr.:	008-001-00-8
CAS-Nr.:	7782-44-7
EG-Nr.:	231-956-9
REACH Registrierungs-Nr.:	Aufgeführt in Annex IV/V der Verordnung 1907/2006/EC (REACH), ausgenommen von der Registrierung.
Reinheit:	100% Die Reinheit des Stoffes in diesem Abschnitt wird nur zur Einstufung verwendet und stellt keine tatsächliche Reinheit des Stoffes im Lieferzustand dar. Hierfür sind andere Dokumente heranzuziehen.
Handelsname:	Gasart 201 Sauerstoff, Gasart 202 CONOXIA G02X, Gasart 202 Sauerstoff med., Gasart 204 Atemsauerstoff, Gasart 205 Sauerstoff 3.5, Gasart 210 Sauerstoff 4.5, Gasart 211 Sauerstoff 5.0, Gasart 212 Sauerstoff 5.6 / 6.0, Gasart 212 Sauerstoff 5.6/6.0, Gasart 213 Sauerstoff KW-frei, Gasart 396 BIOGON O, Gassart 396 Biogon O

ABSCHNITT 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen

Allgemeines: Den Betroffenen sofort an die frische Luft bringen.

4.1 Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen

Einatmen: Den Betroffenen sofort an die frische Luft bringen.

Augenkontakt: Beeinträchtigungen durch das Produkt sind nicht zu erwarten.

Hautkontakt: Beeinträchtigungen durch das Produkt sind nicht zu erwarten.

Verschlucken: Verschlucken wird nicht als möglicher Weg der Exposition angesehen.

4.2 Wichtigste akute und verzögert auftretende Symptome und Wirkungen: Fortgesetztes Einatmen von Konzentrationen über 75% kann Übelkeit, Schwindelgefühl, Atemnot und Krämpfe verursachen.

4.3 Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung

Gefahren: Kein(e).

Behandlung: Kein(e).

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
4/14

ABSCHNITT 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung

Allgemeine Brandgefahren: Bei Hitze können die Behälter explodieren.

5.1 Löschmittel

Geeignete Löschmittel: Wasser. Trockenes Pulver. Schaum. Kohlendioxid.

Ungeeignete Löschmittel: Kein(e).

5.2 Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren: Fördert die Verbrennung.

Gefährliche Verbrennungsprodukte: Kein(e).

5.3 Hinweise für die Brandbekämpfung

Hinweise zur Brandbekämpfung: Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich. Mit Wasser aus geschützter Position besprühen, bis der Behälter kalt bleibt. Verwenden Sie Löschmittel um das Feuer einzudämmen. Isolieren Sie die Quelle des Feuers oder lassen Sie es brennen.

Besondere Schutzausrüstungen für die Brandbekämpfung: Feuerwehrpersonal muss Standardschutzausrüstung tragen, einschließlich flammhemmende Mäntel, Helme mit Gesichtsschutz, Handschuhe, Gummistiefel und umluftunabhängige Atemschutzgeräte in geschlossenen Räumen.
Richtlinie: EN 469:2005: Schutzkleidung für die Feuerwehr.
Leistungsanforderungen für Schutzkleidung, für die Brandbekämpfung. EN 15090 Schuhe für die Feuerwehr. EN 659 Schutzhandschuhe für die Feuerwehr. EN 443 Helme für die Brandbekämpfung in Gebäuden und anderen Bauwerken. EN 137 Atemschutzgeräte - Behältergeräte mit Druckluft (Pressluftatmer) mit Vollmaske - Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung .

ABSCHNITT 6: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

6.1 Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren: Umgebung räumen. Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich. Für ausreichende Lüftung sorgen. Einleitung in die Kanalisation, Keller und Arbeitsgruben oder alle Orte, an denen eine Anreicherung gefährlich sein kann, verhindern. Die Konzentration des freigesetzten Produkts überwachen.

6.2 Umweltschutzmaßnahmen: Weiteres Auslaufen oder Verschütten vermeiden, wenn dies ohne Gefahr möglich ist.

6.3 Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung: Für ausreichende Lüftung sorgen.

6.4 Verweis auf andere Abschnitte: Siehe auch Abschnitte 8 und 13.

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
5/14

ABSCHNITT 7: Handhabung und Lagerung:**7.1 Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung:**

Nur erfahrene und entsprechend geschulte Personen sollten verdichtete Gase handhaben. Nur solche Ausrüstung verwenden, die für dieses Produkt und den vorgesehenen Druck und Temperatur geeignet ist. Im Zweifelsfall den Gaselieferanten konsultieren. Apparatur freihalten von Öl und Fett. Ventile langsam öffnen um Druckstöße zu vermeiden. Ausschließlich Schmierstoffe und Abdichtungen verwenden, die für Sauerstoff zugelassen sind. Ausschließlich Bauteile benutzen, die für den Flaschendruck ausgelegt und für den Gebrauch mit Sauerstoff gereinigt wurden. Bedienungshinweise des Gaselieferanten beachten. Der Stoff muss gemäß guter Arbeitshygiene und Sicherheitsverfahren gehandhabt werden. Behälter vor mechanischer Beschädigung schützen; nicht ziehen, nicht rollen, nicht schieben, nicht fallen lassen. Das Produktetikett dient der Identifizierung des Inhalts des Behälters und darf nicht entfernt oder unkenntlich gemacht werden. Für den Transport von Behältern, selbst auf kurzen Strecken, immer ein geeignetes Gerät benutzen, wie z.B. Flaschenwagen, Gabelstapler, Kran, etc. Gasflasche grundsätzlich in aufrechter Position sichern und alle Ventile schließen, wenn sie nicht in Gebrauch sind. Für ausreichende Lüftung sorgen. Eindringen von Wasser in den Gasbehälter verhindern. Rückströmung in den Gasbehälter verhindern. Rücksaugen von Wasser, Säure, Alkali verhindern. Behälter bei weniger als 50°C an einem gut gelüfteten Ort lagern. Alle Vorschriften und lokalen Erfordernisse an die Lagerung von Behältern müssen eingehalten werden. Bei der Arbeit nicht essen, trinken oder rauchen. Gemäß den lokalen/regionalen/nationalen/internationalen Vorschriften lagern. Benutzen Sie nie Flammen oder elektrische Heizgeräte zur Druckerhöhung im Behälter. Ist der Behälter eine Gasflasche Ventilschutzkappe nicht entfernen, bevor die Flasche gesichert an eine Wand oder einen Labortisch oder auf einen Flaschenständer gestellt wurde und zum Gebrauch bereit ist. Beschädigungen an diesen Einrichtungen müssen umgehend dem Lieferanten mitgeteilt werden. Das Ventil des Behälters nach jedem Gebrauch und nach der Entleerung schließen, auch wenn er noch immer angeschlossen ist. Versuchen Sie nie, Ventile oder Sicherheitsdruckentlastungseinrichtungen am Behälter zu reparieren. Setzen Sie die Auslasskappen oder -stöpsel und die Ventilschutzkappe wieder auf, sobald der Behälter von der Anlage getrennt wird. Die Ventilöffnung des Behälters sauber und frei von Verunreinigung halten, insbesondere frei von Öl und Wasser. Falls der Benutzer irgendwelche Schwierigkeiten bei der Bedienung des(der) Behälterventil(e) bemerkt, den Gebrauch unterbrechen und Kontakt mit dem Lieferanten aufnehmen. Versuchen Sie niemals, das Gas von einem Behälter in einen anderen umzufüllen. Ein Ventilschutzring sollte vorhanden sein oder die Ventilschutzkappe angebracht werden.

7.2 Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten:

Die Behälter nicht unter Bedingungen lagern, die die Korrosion beschleunigen. Gelagerte Flaschen sollten regelmäßig auf Leckagen und korrekte Lagerbedingungen geprüft werden. Ein Ventilschutzring sollte vorhanden sein oder die Ventilschutzkappe angebracht werden. Die Behälter sollten an einem Ort ohne Brandgefahr und in sicherer Entfernung von Wärme- und Zündquellen gelagert werden. Von brennbaren Stoffen fernhalten. Nicht auf asphaltierten Flächen lagern und anwenden (Zündgefahr beim Auslaufen). Beim Lagern von brennbaren Gasen und anderen brennbaren Stoffen fernhalten.

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
6/14

7.3 Spezifische Endanwendungen: Kein(e).

ABSCHNITT 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstungen

8.1 Zu überwachende Parameter

Grenzwerte Berufsbedingter Exposition

Für keinen der Bestandteile gelten Arbeitsplatzgrenzwerte.

8.2 Begrenzung und Überwachung der Exposition

Geeignete technische Steuerungseinrichtungen: Arbeitsgenehmigungsvorschriften z.B. für Wartungstätigkeiten berücksichtigen. Für ausreichende Lüftung sorgen. Vermeiden Sie eine Sauerstoff-angereicherte Atmosphäre >23,5% Gas Detektoren einsetzen, falls brandfördernde Gase freigesetzt werden können. Für ausreichende Lüftung und geeigneten örtlichen Abzug sorgen, um zu gewährleisten, dass die festgelegten arbeitsplatzbedingten Grenzwerte nicht überschritten werden. Systeme unter Druck sollten regelmäßig auf Undichtigkeiten untersucht werden. Vorzugsweise sollten leckdichte Verbindungen (z.B geschweisste Rohrleitungen) verwendet werden. Bei der Handhabung des Produkts nicht essen, trinken oder rauchen.

Individuelle Schutzmaßnahmen, zum Beispiel persönliche Schutzausrüstung

Allgemeine Information: Eine Risikobewertung sollte in jedem Arbeitsbereich durchgeführt und dokumentiert werden, um die Risiken beim Umgang mit dem Produkt zu beurteilen und dann die geeignete PSA für das jeweilige Risiko auswählen zu können. Die folgenden Empfehlungen sollten Umluftunabhängiges Atemgerät für Notfälle bereithalten. Persönliche Schutzausrüstung muss auf Basis der vorgesehenen Arbeitsschritte und er darin enthaltenen möglichen Gefahren ausgewählt werden.

Augen-/Gesichtsschutz: Benutzen Sie entsprechend der EN 166 Augenschutz bei der Anwendung von Gasen.
Richtlinie: EN 166 Persönlicher Augenschutz.

Hautschutz
Handschutz: Beim Umgang mit dem Behälter Arbeitshandschuhe tragen.
Richtlinie: EN 388 Schutzhandschuhe zum Schutz vor mechanischen Risiken.

Körperschutz: Keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen.

Andere: Beim Umgang mit dem Behälter Sicherheitsschuhe tragen.
Richtlinie: EN ISO 20345 Persönliche Schutzausrüstung - Sicherheitsschuhe.

Atemschutz: Nicht erforderlich.

Thermische Gefahren: Keine besonderen Schutzmaßnahmen erforderlich.

Hygienemaßnahmen: Neben guter Arbeitshygiene und Sicherheitsverfahren sind keine speziellen Risikomanagementmaßnahmen erforderlich. Bei der Handhabung des Produkts nicht essen, trinken oder rauchen.

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
7/14

Begrenzung und Überwachung der Umweltexposition: Bei der Abfallentsorgung Punkt 13 des SDB beachten.

ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften

Aussehen

Aggregatzustand:	Gas
Form:	Komprimiertes Gas
Farbe:	Farblos
Geruch:	Geruchlos
Geruchsschwelle:	Geruchswahrnehmung ist subjektiv und nicht geeignet, um vor einer Überexposition zu warnen.
pH-Wert:	Nicht anwendbar.
Schmelzpunkt:	-218,4 °C
Siedepunkt:	-183 °C
Sublimationspunkt:	Nicht anwendbar.
Kritische Temperatur (°C):	-118,0 °C
Flammpunkt:	Entfällt bei Gasen und Gasmischungen.
Verdampfungsgeschwindigkeit:	Entfällt bei Gasen und Gasmischungen.
Entzündbarkeit (fest, gasförmig):	Dieses Produkt ist nicht brennbar.
Explosionsgrenze - obere (%):	Nicht anwendbar.
Explosionsgrenze - untere (%):	Nicht anwendbar.
Dampfdruck:	4.053 kPa (-124,1 °C)
Dampfdichte (Luft=1):	Es liegen keine Daten vor.
Relative Dichte:	1,1
Löslichkeit(en)	
Löslichkeit in Wasser:	39 mg/l
Verteilungskoeffizient (n-Octanol/Wasser) - log Pow:	Nicht bekannt.
Selbstentzündungstemperatur:	Nicht anwendbar.
Zersetzungstemperatur:	Nicht bekannt.
Viskosität	
Viskosität, kinematisch:	Es liegen keine Daten vor.
Viskosität, dynamisch:	Es liegen keine Daten vor.
Explosive Eigenschaften:	Nicht zutreffend.
Oxidierende Eigenschaften:	Oxidierend

9.2 Sonstige Angaben: Kein(e).

Molekulargewicht: 32 g/mol (O₂)

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
8/14

ABSCHNITT 10: Stabilität und Reaktivität

- 10.1 Reaktivität: Keine Reaktionsgefahr, es sei denn, dass dies in einem Unterabschnitt beschrieben ist.
- 10.2 Chemische Stabilität: Stabil unter normalen Bedingungen.
- 10.3 Möglichkeit Gefährlicher Reaktionen: Oxidiert heftig organische Stoffe. Kann mit brennbaren Stoffen heftig reagieren. Kann mit Reduktionsmitteln heftig reagieren.
- 10.4 Zu Vermeidende Bedingungen: Kein(e).
- 10.5 Unverträgliche Materialien: Brennbares Material Reduktionsmittel. Apparatur freihalten von Öl und Fett. Für Materialverträglichkeit siehe neueste Version der ISO-11114. Im Falle eines Brandes in Sauerstoff-Leitungen bei der Anwesenheit von chlorinierten oder fluorinierten Polymeren bei hohen Drücken (>30 bar) muss die Möglichkeit einer toxischen Gefährdung in Betracht gezogen werden.
- 10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte: Unter normalen Lager - und Gebrauchsbedingungen entstehen keine gefährlichen Zersetzungsprodukte.

ABSCHNITT 11: Toxikologische Angaben

Allgemeine Information: Kein(e).

11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen

Akute Toxizität - Verschlucken
Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Akute Toxizität - Hautkontakt
Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Akute Toxizität - Einatmen
Produkt **Auf Basis der vorliegenden Daten nicht eingestuft für akute Toxizität.**

Ätz/Reizwirkung auf die Haut
Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Schwere Augenschädigung/-Reizung
Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
9/14

Atemwegs- oder Hautsensibilisierung

Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Keimzellmutagenität

Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Karzinogenität

Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Reproduktionstoxizität

Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Spezifische Zielorgan-Toxizität - bei Einmaliger Exposition

Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Spezifische Zielorgan-Toxizität - bei Wiederholter Exposition

Produkt Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.

Aspirationsgefahr

Produkt Entfällt bei Gasen und Gasmischungen..

ABSCHNITT 12: Umweltbezogene Angaben**12.1 Toxizität****Akute Toxizität**

Produkt Durch dieses Produkt wird keine Umweltbelastung verursacht.

12.2 Persistenz und Abbaubarkeit

Produkt Entfällt bei Gasen und Gasmischungen..

12.3 Bioakkumulationspotenzial

Produkt Die Substanz ist natürlich vorkommend.

12.4 Mobilität im Boden

Produkt Es ist unwahrscheinlich, dass das Produkt wegen seiner hohen Flüchtigkeit Boden- oder Wasserverschmutzung verursacht.

**12.5 Ergebnisse der PBT- und vPvB-
Beurteilung**

Produkt Nicht eingestuft als PBT oder vPvB.

12.6 Andere Schädliche Wirkungen: Durch dieses Produkt wird keine Umweltbelastung verursacht.

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
 Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
 10/14

ABSCHNITT 13: Hinweise zur Entsorgung

13.1 Verfahren der Abfallbehandlung

Allgemeine Information: Nicht in die Kanalisation, Keller, Arbeitsgruben und ähnliche Plätze, an denen die Ansammlung des Gases gefährlich werden könnte, ausströmen lassen. An einem gut gelüfteten Platz in die Atmosphäre ablassen.

Entsorgungsmethoden: Siehe Anleitung der EIGA (Doc. 30 „Entsorgung von Gasen“, herunterladbar unter <http://www.eiga.org>) für weitere Anleitungen zu geeigneten Entsorgungsmethoden. Entsorgung des Behälters nur durch den Lieferanten. Bei Einleitung, Behandlung und Entsorgung alle zutreffenden abfallrechtlichen Vorschriften einhalten.

Europäische Abfallcodes

Behälter: 16 05 04*: Gefährliche Stoffe enthaltende Gase in Druckbehältern (einschließlich Halonen).

ABSCHNITT 14: Angaben zum Transport

ADR

14.1 UN-Nummer: UN 1072
 14.2 Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung: SAUERSTOFF, VERDICHET
 14.3 Transportgefahrenklassen
 Klasse: 2
 Etikett(en): 2.2, 5.1
 Gefahr Nr. (ADR): 25
 Tunnelbeschränkungscode: (E)
 14.4 Verpackungsgruppe: -
 14.5 Umweltgefahren: Nicht anwendbar
 14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender: -

RID

14.1 UN-Nummer: UN 1072
 14.2 Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung: SAUERSTOFF, VERDICHET
 14.3 Transportgefahrenklassen
 Klasse: 2
 Etikett(en): 2.2, 5.1
 14.4 Verpackungsgruppe: -
 14.5 Umweltgefahren: Nicht anwendbar
 14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender: -

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013
 Überarbeitet am: 10.11.2015

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701
 11/14

IMDG

14.1 UN-Nummer: UN 1072
 14.2 Ordnungsgemäße UN-
 Versandbezeichnung: OXYGEN, COMPRESSED
 14.3 Transportgefahrenklassen
 Klasse: 2.2
 Etikett(en): 2.2, 5.1
 EmS-Nr.: F-C, S-W
 14.3 Verpackungsgruppe: -
 14.5 Umweltgefahren: Nicht anwendbar
 14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für
 den Verwender: -

IATA

14.1 UN-Nummer: UN 1072
 14.2 Ordnungsgemäße
 Versandbezeichnung: Oxygen, compressed
 14.3 Transportgefahrenklassen:
 Klasse: 2.2
 Etikett(en): 2.2, 5.1
 14.4 Verpackungsgruppe: -
 14.5 Umweltgefahren: Nicht anwendbar
 14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für
 den Verwender: -
 Sonstige Angaben
 Passagier- und Frachtflugzeug: Zulässig.
 Nur Transportflugzeug: Zulässig.

14.7 Massengutbeförderung gemäß Anhang II des MARPOL-Übereinkommens 73/78 und gemäß IBC-Code: Nicht anwendbar

Zusätzliche Kennzeichnung: Möglichst nicht in Fahrzeugen transportieren, deren Laderaum nicht von der Fahrerkabine getrennt ist. Der Fahrer muss die möglichen Gefahren der Ladung kennen und er muss wissen, was bei einem Unfall oder Notfall zu tun ist. Gasbehälter vor dem Transport sichern. Das Behälterventil muss geschlossen und dicht sein. Ein Ventilschutzring sollte vorhanden sein oder die Ventilschutzkappe angebracht werden. Für ausreichende Lüftung sorgen.

ABSCHNITT 15: Rechtsvorschriften

15.1 Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch.:

EU-Verordnungen

Richtlinie 96/82/EG (Seveso II) zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen:

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701

Überarbeitet am: 10.11.2015

12/14

Chemische Bezeichnung	CAS-Nr.	Konzentration
Sauerstoff	7782-44-7	100%

Richtlinie 98/24/EU über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit:

Chemische Bezeichnung	CAS-Nr.	Konzentration
Sauerstoff	7782-44-7	100%

Nationale Verordnungen

Richtlinie 89/391/EWG des Rates über die Einführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit. Richtlinie 89/686/EWG über persönliche Schutzausrüstungen. Nur für Produkte, die der Lebensmittel-Richtlinie 1333/2008 und (EU) Nr. 231/2012 entsprechen und die etikettiert sind als zugelassene Lebensmittel-Zusatzstoffe. Dieses Sicherheitsdatenblatt ist gemäß Verordnung EC 453/2010 erstellt.

Wassergefährdungs-klasse (WGK): Als nicht wassergefährdend eingestuft

Einstufung hinsichtlich der Lagerung: 2A: Gase

15.2 Stoffsicherheitsbeurteilung: Es wurde keine Stoffsicherheitsbeurteilung durchgeführt.

ABSCHNITT 16: Sonstige Angaben

Informationen zur Überarbeitung: Nicht relevant.

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013

Version: 1.1

SDS Nr.: 000010021701

Überarbeitet am: 10.11.2015

13/14

Wichtige Literaturangaben und Datenquellen:

Verschiedene Quellen von Daten wurden für die Erstellung dieses SDB (Sicherheitsdatenblatt) verwendet, diese sind aber nicht exklusiv für: Agentur für giftige Stoffe und Krankheiten Registrierung (ATSDR) (<http://www.atsdr.cdc.gov/>).

Europäische Agentur für chemische Stoffe: Anleitung zur Erstellung von Sicherheitsdatenblättern.

Europäische Agentur für chemische Stoffe: Information über registrierte Stoffe <http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>.

Europäischer Industriegase-Verband (EIGA) Dok. 169/11 "Leitfaden für die Einstufung und Kennzeichnung".

Internationale Programme über Sicherheit in der Chemie (<http://www.inchem.org/>)

ISO 10156:2010 Gase und Gasgemische - Bestimmung der Brennbarkeit und Oxidationsvermögens für die Auswahl von Gasflaschen-Ventilen.

Matheson Gasdaten Buch, 7. Auflage

Standard Referenz Datenbank Nr. 69 des Nationalen Instituts für Standards und Technologie (NIST).

Die ESIS-(Europäisches Informationssystem über chemische Substanzen) Plattform des früheren Europäischen chemischen Büros (ECB) (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).

Die ERI-Cards des Europäischen Rates der Chemischen Industrie- (CEFIC).

Nationalbibliothek der USA über Daten-Netzwerke der medizinischen Toxikologie - TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>).

Grenzwerte (TLV) aus der American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Spezifische Information über die Substanz vom Lieferanten.

Die in diesem Dokument genannten Einzelheiten entsprechen dem heutigen Stand der Kenntnis.

Wortlaut der R-Sätze und der H-Sätze in Kapitel 2 und 3

H270	Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.
H280	Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.
R8	Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen.

Schulungsinformationen:

Träger von Atemgeräten müssen entsprechend trainiert sein. Es ist sicherzustellen, dass die Mitarbeiter das Risiko der Sauerstoffanreicherung beachten. Es ist sicherzustellen, dass die Mitarbeiter die Risiken beachten.

Einstufung gemäß der (EG) Richtlinie 1272/2008 in der geänderten Fassung.

Ox. Gas 1, H270
 Press. Gas Compr. Gas, H280

Sonstige Angaben:

Bevor das Produkt in einem neuen Prozess oder Versuch verwendet wird, sollte eine sorgfältige Studie über die Materialverträglichkeit und die Sicherheit durchgeführt werden. Für ausreichende Lüftung sorgen. Alle nationalen/örtlichen Vorschriften beachten. Die Angaben sind keine vertraglichen Zusicherungen von Produkteigenschaften.

SICHERHEITSDATENBLATT

Sauerstoff, verdichtet

Erstellt Am: 16.01.2013

Version: 1.1

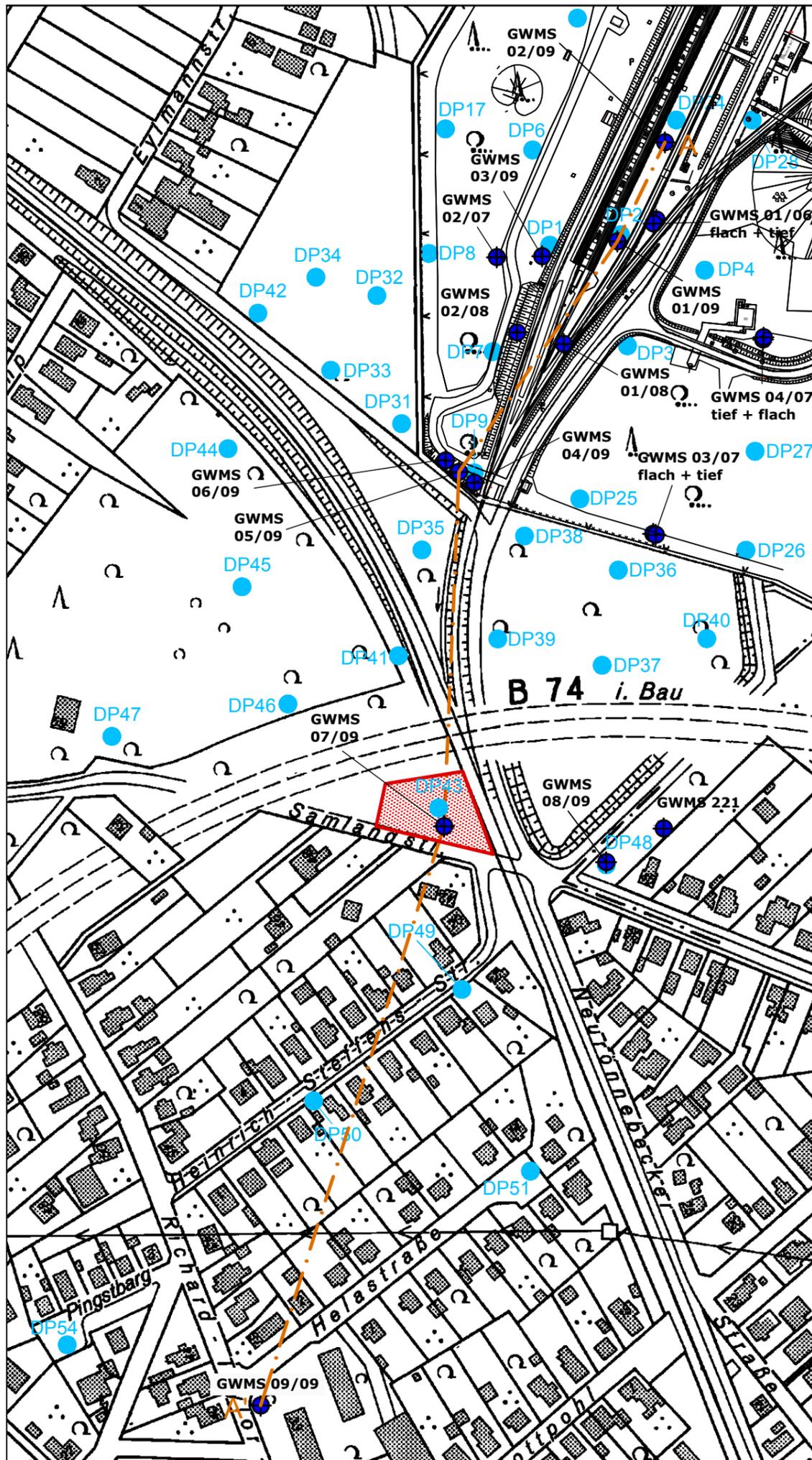
SDS Nr.: 000010021701

Überarbeitet am: 10.11.2015

14/14

Überarbeitet am: 10.11.2015**Haftungsausschluss:**

Für die Richtigkeit dieser Informationen wird keine Garantie übernommen. Die Informationen werden als korrekt angesehen. Anhand dieser Informationen muss eine unabhängige Feststellung der Maßnahmen erfolgen, die für die Sicherheit von Arbeitern und der Umwelt erforderlich sind.



Legende:

-  Grundwassermessstelle
-  Direct-Push-Sondierungen
-  Geländeschnitt A-A' (siehe Anlage 7)
-  Lage Testfeld In-Situ-Feldversuch

Projekt:		In-Situ Feldversuch	
		Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507	
Darstellung: Lageplan - Ausschnitt Position vorhandener GW-Messstellen und Direct-Push-Sondierungen sowie Geländeschnitt und Lage des Testfeldes	Anlage:	2	
	Maßstab:	1 : 2.500	
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_B.dwg	
		Datum	Name
gezeichnet:	fia	15.06.2017	
geprüft:	.	15.06.2017	
Bauherr/Auftraggeber:		Planverfasser:	
Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR Bundesbau Theodor-Heuss-Allee 14 22815 Bremen			



**- 5 Konzeptionsbeschreibung Zirkulationsversuch Fa. Züblin
Umwelttechnik**

Weiteres Vorgehen

Milieustabilisierung durch dauerhafte Zirkulation – In-situ Feldversuch TL Bremen Farge

Wie in der Konzeption „ISBR In-situ Biologische Oxidation“ Feldversuch zur Beschleunigung der Grundwassersanierung am Standort - Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II vom 23-08-2017 beschrieben, wurde in den ersten drei Versuchsphasen das Pegelfeld (10 Stück dreifachzonierte Überwachungs- und Eingabepegel) erstellt, sowie wasserchemisch bzw. mikrobiologisch untersucht. Mit der hierbei festgestellten unvoreilhaftigen wasserchemischen Situation (pH-Wert 4,6 - 5,4) wurde eine Zwischenstufe zur Stabilisierung des erforderlichen pH-Wertes mittels der „pump and refill“ – Technik eingefügt. Das Grundwasser wurde hierbei aus den Pegeln tiefenorientiert entnommen, in einem Behälter zwischengespeichert, der pH- Wert mittels Natriumcarbonat (Na_2CO_3) stabilisiert und gem. der nachfolgenden Auflistung im Zeitraum vom 27.09.2018 bis zum 12.10.2018 über die entsprechenden Pegel in das Versuchsfeld reinfiltriert:

1. Entnahme von Grundwasser aus den dreifachzonierten Pegeln
2. Speicherung des geförderten Wassers 1 m^3 pro Filterstrecke und Pegel = $3 \text{ m}^3/\text{Pegel}$
3. pH - Wert Einstellung (pH- Zielwert = 7,5) des geförderten Wassers und eine homogene Verteilung im jeweiligen Speicherbehälter
4. Tiefenzonierte Reinfiltration der Lösung über ein Doppelpackersystem
5. 2-wöchentliche Überprüfung der pH-Wert Entwicklung im Versuchsfeld

Entnahme und Eingabemengen:

ÜP1	1 Pegel x 3 Ebenen x $1,0 \text{ m}^3$ Grundwasser / Filterstrecke (Reinfiltration mit einer $1\text{-}3 \text{ g/L Na}_2\text{CO}_3$ - Lösung)
Eingaberiegel 1 - P1-P4	4 Pegel x 3 Ebenen x $1,0\text{m}^3$ Grundwasser / Filterstrecke (Reinfiltration mit einer $1\text{-}3 \text{ g/L Na}_2\text{CO}_3$ - Lösung)
Eingaberiegel 2 – P5-P7	3 Pegel x 3 Ebenen x $1,0\text{m}^3$ Grundwasser / Filterstrecke (Reinfiltration mit einer $1\text{-}3 \text{ g/L Na}_2\text{CO}_3$ - Lösung)
ÜR 2	2 Pegel x 3 Ebenen x $1,0\text{m}^3$ Grundwasser / Filterstrecke (Reinfiltration mit einer $1\text{-}3 \text{ g/L Na}_2\text{CO}_3$ - Lösung)

Entsprechend:

ÜP1	$3,0 \text{ m}^3$ Grundwasser x $3 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 9 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3$
Eingaberiegel 1 - P1-P4	$12,0\text{m}^3$ Grundwasser x $3 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 36 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3$
Eingaberiegel 2 – P5-P7	$9,0\text{m}^3$ Grundwasser x $3 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 27 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3$
ÜR 2	$6,0\text{m}^3$ Grundwasser x $3 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{CO}_3 = 18 \text{ kg Na}_2\text{CO}_3$

Mit der Eingabe der Pufferlösung in die entsprechenden Pegel, welche aufgrund der Inhomogenitäten im Aquifer nur mit einem wesentlichen Infiltrationsdruck möglich war, konnte der pH-Wert stabilisiert und somit die Sauerstoffzehrung aufgrund des mikrobiellen Schadstoffabbaus angeregt werden - siehe Abbildung 1.

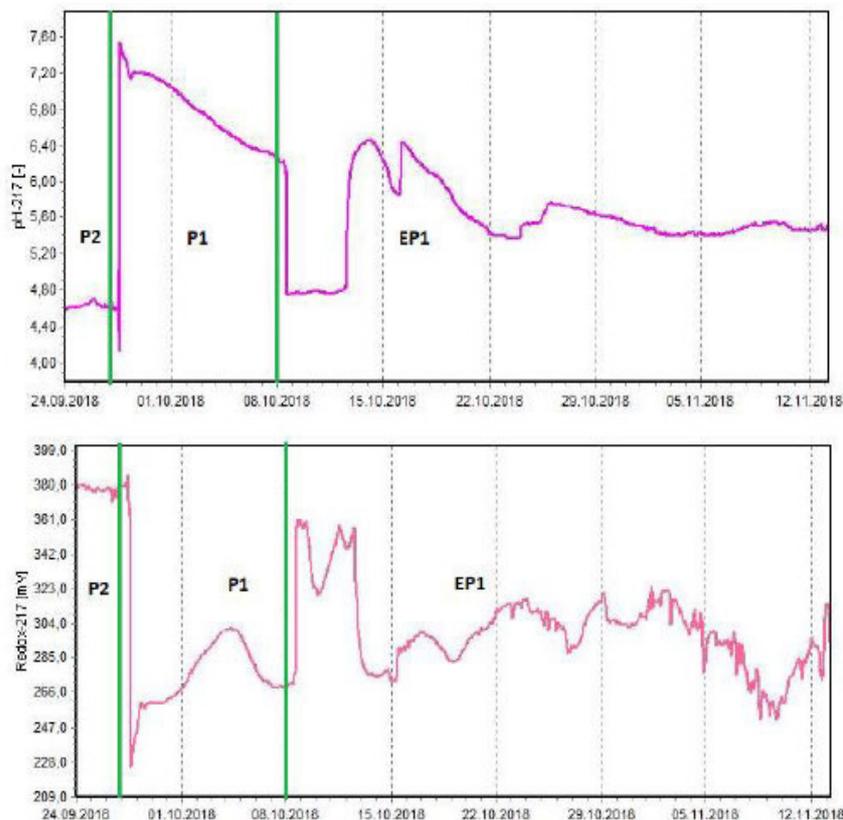


Abb. 1: Darstellung (oben) pH-Wert Entwicklung nach Puffereingabe (unten) korrelierend der Abfall des Redoxpotentials und somit der Sauerstoffzehrung – pH-Stabilisierung ca. 7,2 auf 6,0 für ca. 10 Tage.

Da die Pufferlösung dem hydraulischen Gefälle sowie der hydrokinetisch des Grundwasser nachfolgt, zeichnet sich die Durchflutung wie eine Welle ab. Sobald die Pufferlösung das Einflussfeld des Pegels verlassen hat, sinkt der pH-Wert wieder ab und nimmt sukzessive den des anströmenden Grundwassers wieder an. Dieses hat dann in gleicher Form ein Wiederanstieg des Redoxpotentials zu folge. Mit einer punktuellen Eingabe einer Pufferlösung ist also in diesem Fall eine dauerhafte pH-Wert Stabilisierung nicht zu realisieren.

Um jetzt eine erforderliche kontinuierliche pH-Wert Stabilisierung umsetzen zu können, muss eine dauerhafte Durchflutung des Aquifers mit entsprechendem pH-Wert im Versuchsfeld angestrebt werden. Dieses ist in diesem Fall, aufgrund der gewonnen Erkenntnisse, nur mit einer Grundwasserzirkulation möglich. Dieses weicht jedoch von dem anfänglichen Ansatz des Feldversuchs ab. Ursprünglich sollten die natürlichen Strömungsverhältnisse des Grundwassers genutzt werden, um die erforderlichen Zusatzstoffe zu transportieren und somit zu verteilen. Entsprechend wurden die Pegel im Versuchsfeld vom Zustrom zum Abstrom angeordnet - siehe Abbildung 2.

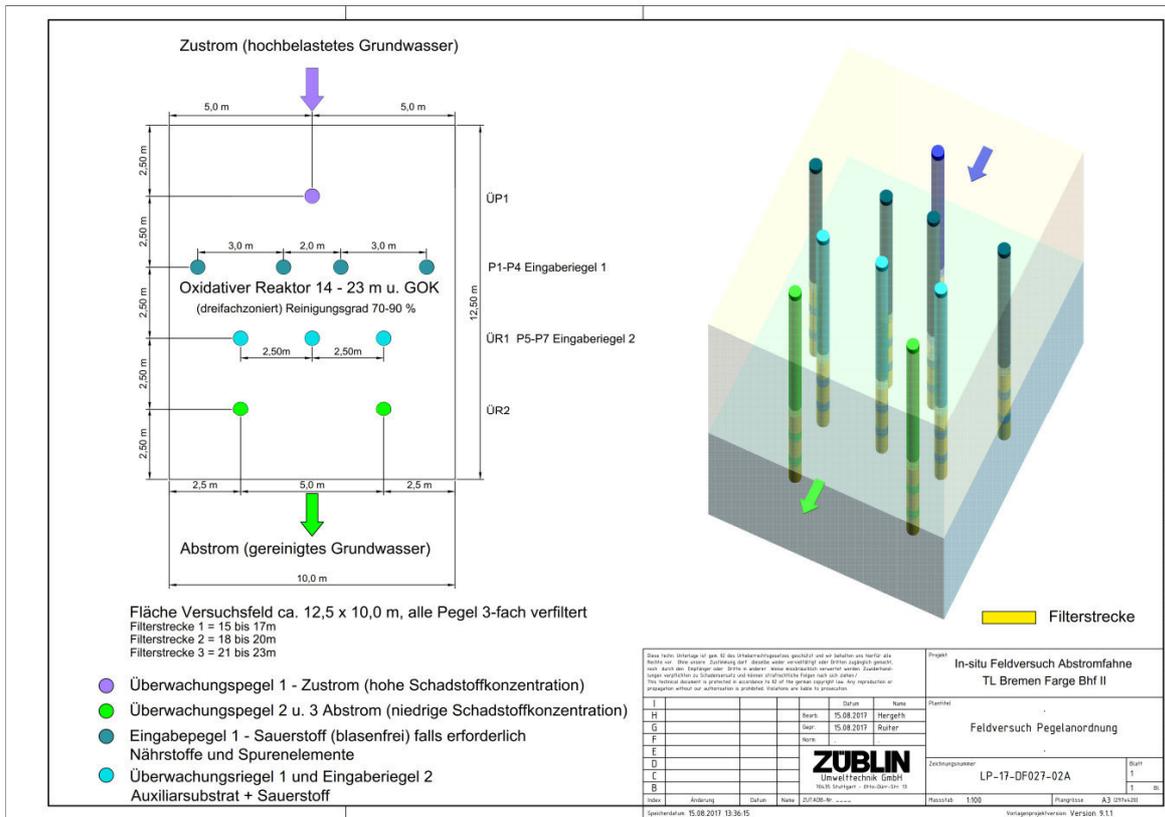


Abb. 2: Lage der Eingabe- und Überwachungspegel im Versuchsfeld

Auch hier hat sich im Rahmen einer Erstellung eines Nivellements in 02-2019 der 10 Pegel im Versuchsfeld eine Verschiebung der angenommenen Grundwasserhaupttrichtung herausgestellt, sodass die vorausgeplante Ausbreitung nicht eingetreten ist. Wie in der Abbildung 3 zu sehen ist, stellt sich ein erhöhtes hydraulisches Gefälle von ÜP 2 in nord-östlicher Richtung im Umfeld der Pegel P1, P5, P6 und ÜP3 dar.

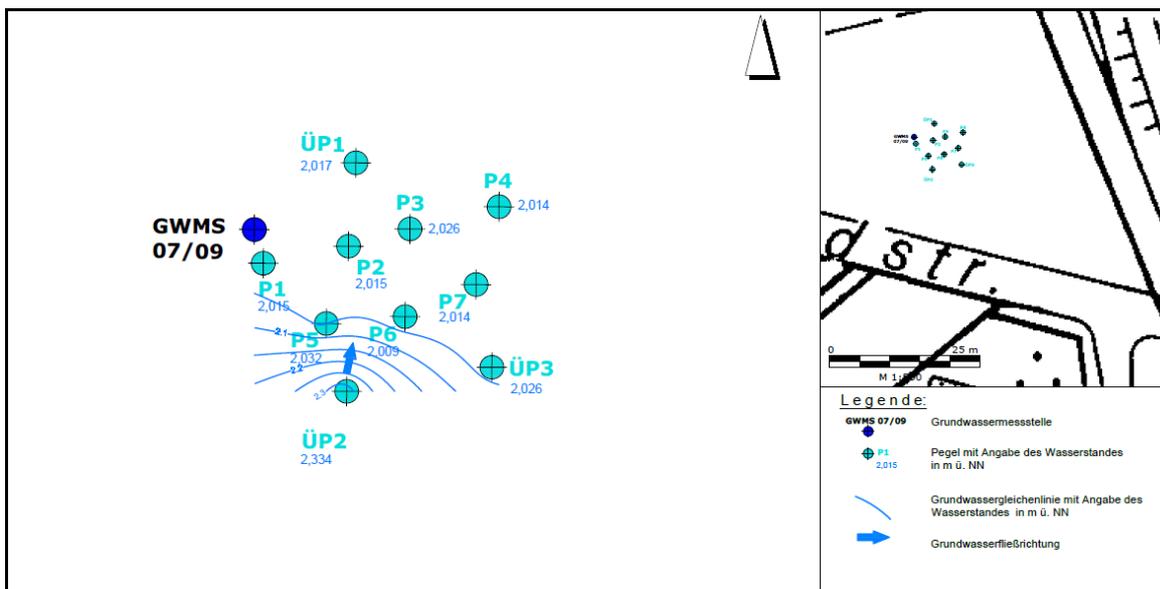


Abb. 3: Natürliches Hydraulisches Gefälle im Versuchsfeld [Stand 02-2019]

Die Grundwasserhauptströmung weist somit eine östliche Tendenz auf. Hierdurch ist eine natürliche Verteilung des Puffers vom ehem. Eingaberiegel 1 (P1 - P4) in nördlicher Richtung über den Eingaberiegel 2 (P5 – P7) nicht oder nur bedingt möglich - vergl. Abbildung 2 u. 3.

Diese natürliche Aquifersituation kann nur mit einer erzwungenen Teilströmung (Zirkulation) verändert bzw. intensiviert werden. Desweiteren ist mit einem kontinuierlich betriebenen und mit einem Puffer beaufschlagten Teilstroms die erforderlichen wasserchemischen Bedingungen kontrollierter und beständiger einstellbar

Folgenden Vorschlag möchten wir aufgrund der gewonnen Erkenntnisse darstellen:

1. Erstellung von weiteren zwei Stück Einnahmebrunnen (EB 1 und EB 2) DN 100 verfiltert von 14,0 - 21,5 m u. GOK im neu definierten Abstrom süd-östlich vom Versuchsfeld gelegen.
2. Einrichtung eines weiteren Infiltrationsbrunnens DN 100 verfiltert von 14,0 - 21,5 m u. GOK im neu definierten Anstrom nord-westlich vom Versuchsfeld
3. Einbau eines Packersystems in Brunnen GWMS 7/09 in ca. 22m u. GOK zur Nutzung als zweiten Infiltrationsbrunnen (IB 1 = GWMS 07/09) - vergl. Abbildung 4
4. Installation von zwei Stück Brunnenpumpen in die neu errichteten Entnahmebrunnen (EB 1 und EB 2)
5. Installation einer Anmisch- und Eingabestation für die Injektion der Chemikalien zur pH-Wert Stabilisierung und für die optionale Eingabe von Oxidationsmittel und Auxiliarsubstrat je nach Erfordernis.
6. Einbindung der Infiltrationsbrunnen in das Zirkulationssystem

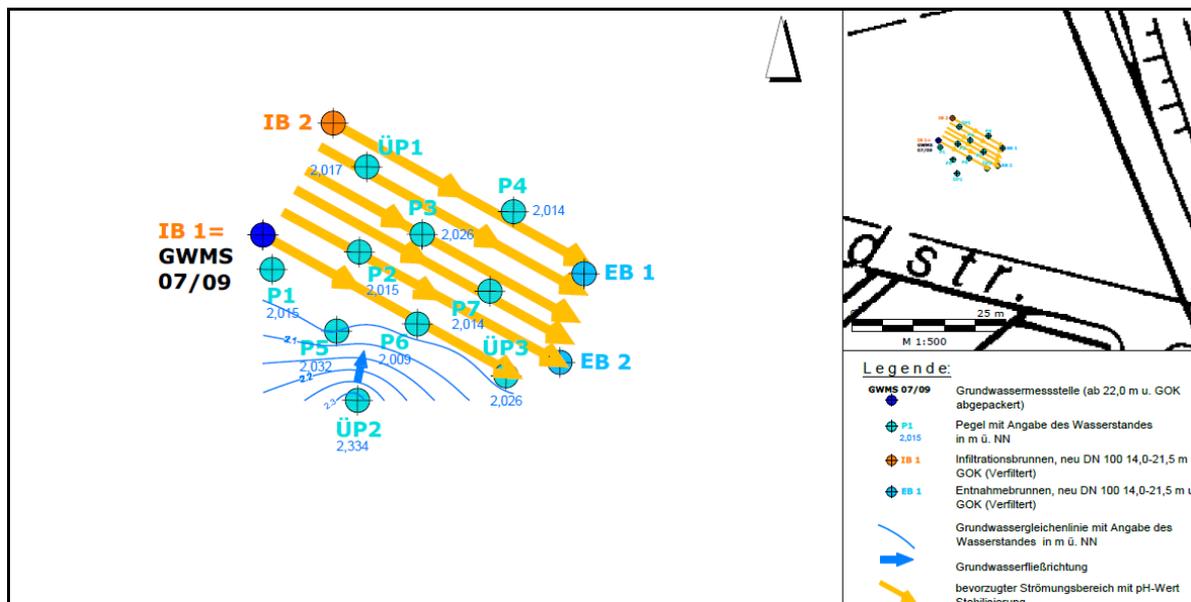


Abb. 4: Lage der neuen Entnahme- und Infiltrationsbrunnen zur aktiven Unterstützung der GW - Zirkulation sowie der pH-Wert Stabilisierung im Versuchsfeld

Folgende Vorgehensweise ist mit dem erweiterten Sanierungsschritt zwischen den Versuchsphasen 3 und 4 im Rahmen des In-situ-Feldversuchs - Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II geplant:

1. Hebung von Grundwasser aus den beiden neuen Entnahmebrunnen (EB1 und EB 2)
2. Messtechnische Erfassung der Wasserströme
3. pH - Wert Stabilisierung mittels Injektion einer Na_2CO_3 - Pufferlösung in den Förderstrom (pH- Zielwert = 6,0 - 7,0 im Aquifer)
4. Infiltration des angeimpften Förderwassers in die Infiltrationsbrunnen IB 1 = GWMS 07/09 und IB 2
5. Überprüfung der pH-Wert Entwicklung im Versuchsfeld mittels kontinuierlicher In-situ pH-Wert Messung incl. Datenspeicherung mit entsprechenden Messsonden.

Zusammengefasst erfolgt somit eine Grundwasserförderung / Infiltration mit der entsprechenden Grundwasserzirkulation von ca. 200 - 500 L/h. Hierbei wird eine Na_2CO_3 - Lösung mit einer Konzentration von ca. 200-250 mg/L in den Untergrund infiltriert. Somit werden pro Monat ca. 70 kg reines Natriumcarbonat in den Aquifer des Sanierungsfeldes zur pH- Wert Einstellung (pH-Zielwert 6,0 - 7,0) infiltriert. Um die erforderlichen Wirkungsweisen jedoch nachweisen zu können, ist eine Erweiterung des Feldversuches von ca. 3-4 Monaten nach Inbetriebnahme des Zirkulationsbetriebes anzustreben. Für die pH-Wert Anpassung ist ein Zeitraum von ca. 4-6 Wochen einzuplanen. Anschließend ist die einsetzende Sauerstoffzehrung und der mikrobielle Schadstoffabbau zu überprüfen. Sollte sich die O_2 - Zugabe in Versuchsphase 4 gem. dem ursprünglichen Konzept (technischer Sauerstoff - gasförmig) aufgrund der Inhomogenitäten des Aquifers nicht realisieren lassen, ist Seitens der Züblin Umwelttechnik GmbH auch eine Zugabe einer 1-3 %-igen H_2O_2 - Lösung mit entsprechendem Sauerstoffäquivalent in den Zirkulationsvolumenstrom zur Versorgung der sauerstoffzehrenden Vorgänge - kostenneutral denkbar.

Anlage: Sicherheitsdatenblatt – Natriumcarbonat Na_2CO_3 (4 Seiten)
Sicherheitsdatenblatt – H_2O_2 Lösung (4 Seiten)

Seite 1 von 4 Druckdatum 03.12.2018	Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH) Wasserstoffperoxidlösung 3% Caelo HV-Packung	 überarbeitet am 03.12.2018
--	---	---

1 Stoff-/Zubereitungs- und Firmenbezeichnung

- Angaben zum Produkt Nr. 7867
- Handelsname:

Wasserstoffperoxidlösung 3% Caelo HV-Packung

- **Hersteller/Lieferant sowie Auskunft gebender Bereich:**

Caesar & Loretz GmbH
Herderstr. 31
40721 Hilden
Tel.: 02103/4994-0
Fax: 02103/32360
e-mail: info@caelo.de

- **Notfallauskunft:**

Giftinformationszentrum Mainz
Langenbeckstr. 1, 55131 Mainz
Tel.: 06131/19240

- **Relevante identifizierte Verwendungen:**

Keine weiteren Informationen verfügbar.

- **Verwendung des Stoffs / Gemischs:**

Rezeptursubstanz für pharmazeutische Rezepturen oder pharmazeutischer Wirkstoff.

2 Mögliche Gefahren

- **Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt:** Kein gefährlicher Stoff im Sinne der EU-Chemikaliengesetzgebung.

3 Zusammensetzung/Angaben zu den Bestandteilen

- **Chemische Charakterisierung:**

CAS-No. Bezeichnung

7722-84-1 Wasserstoffperoxid (3%) GHS03, GHS05, H270, H314

- **EINECS-Nr.:** 231-765-0
- **REACH Reg. No.:** 01-2119485845-22-0000
- **INCI-Name:** Hydrogen Peroxide

CAS-No. Bezeichnung

7732-18-5 Wasser (96,95%)

- **EINECS-Nr.:** 231-791-2
- **REACH Reg. No.:** Von der Registrierungspflicht ausgenommen gem. Anhang 4 / 5 REACH-Verordnung
- **INCI-Name:** Aqua

CAS-Nr. Bezeichnung

7664-38-2 Phosphorsäure (0,05%)

- **EINECS-Nr.:** 231-633-2
- **EG-Index-Nr.:** 015-011-00-6
- **REACH Reg. No.:** 01-2119485924-24-0001

Seite 2 von 4 Druckdatum 03.12.2018	Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH) Wasserstoffperoxidlösung 3% Caelo HV-Packung	 überarbeitet am 03.12.2018
--	---	---

- **INCI-Name:** Phosphoric Acid

4 Erste-Hilfe-Maßnahmen

- **Allgemeine Hinweise:** Wasserstoffperoxid wird durch Kontakt mit lebendem Gewebe schnell zersetzt in Wasser und Sauerstoff.
- **nach Einatmen:** Nicht relevant.
- **nach Hautkontakt:** Mit Wasser und Seife abwaschen.
- **nach Augenkontakt:** Mit Wasser vorsichtig einige Minuten spülen.
- **nach Verschlucken:** bei Unwohlsein Arzt hinzuziehen.

5 Maßnahmen zur Brandbekämpfung

- **Geeignete Löschmittel:** Alle gebräuchlichen Löschmittel sind geeignet. Löschmaßnahmen auf die Umgebung abstimmen.
- **Besondere Gefahren:** Nicht brennbar. Oxidierende Wirkung.
- **Besondere Schutzausrüstung:** Im Brandfall Schutzkleidung / Atemschutz tragen.
- **Sonstige Hinweise:** Eindringen von Löschwasser in Oberflächen- oder Grundwasser verhindern. Brandrückstände müssen den behördlichen Vorschriften entsprechend entsorgt werden.

6 Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

- **Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen:** Dämpfe/Nebel/Gas nicht einatmen.
- **Umweltschutzmaßnahmen:** Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.
- **Reinigungsverfahren:** Zur Entsorgung in geeignete und verschlossene Behälter geben.

7 Handhabung und Lagerung

- **Handhabung:** Übliche Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes.
- **Lagerung:**
- **Anforderung an Lagerräume und Behälter:** An einem kühlen Ort aufbewahren. Behälter dicht verschlossen an einem trockenen, gut belüfteten Ort aufbewahren. Lichtempfindlich.

8 Expositionsbegrenzung und persönliche Schutzausrüstung

- **Bestandteile mit zu überwachenden Grenzwerten am Arbeitsplatz:**
 Wasserstoffperoxid (CAS 7722-84-1)
 AGW: 1 ppm (1,4 mg/m³)
 Deutschland. TRGS 900, Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz
- **Persönliche Schutzausrüstung:**
- **Atemschutz:** Nicht erforderlich
- **Handschutz:** Bei längerem oder wiederholtem Kontakt Handschuhe aus Gummi benutzen..
- **Augenschutz:** Schutzbrille.

Seite 3 von 4	Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH)	 überarbeitet am 03.12.2018
Druckdatum 03.12.2018	Wasserstoffperoxidlösung 3% Caelo HV-Packung	

9 Physikalische und chemische Eigenschaften

- **Form:** flüssig
- **Farbe:** farblos (klar)
- **Geruch:** geruchlos
- **Schmelzpunkt/Schmelzbereich:** ca. 0 °C
- **Siedepunkt/Siedebereich:** ca. 100 °C
- **Flammpunkt:** nicht relevant
- **Dichte:** (20 °C) ca. 1,00 g/cm³
- **Dampfdruck:** (30 °C) 31,1 hPa
- **Löslichkeit in / Mischbarkeit mit**
- **Wasser:** vollständig mischbar.
- **pH-Wert:** (25 °C) 6,0 - 8,0

10 Stabilität und Reaktivität

- **Thermische Zersetzung / zu vermeidende Bedingungen:**
Stabil unter angegebenen Lagerungsbedingungen.
- **Zu vermeidende Bedingungen:** Licht
- **Zu vermeidende Stoffe:** Eisen und Eisensalze, pulverförmige Metalle, Kupfer, Eisen, Zink, Nickel
- **Gefährliche Zersetzungsprodukte:** keine

11 Angaben zur Toxikologie

- **Akute Toxizität:** Keine Daten verfügbar
- **Reizung und Ätzwirkung:** Keine Daten verfügbar
- **Sensibilisierung:** Keine Daten verfügbar
- **Chronische Einwirkung:** IARC: 3 - Group 3: Not classifiable as to its carcinogenicity to humans (Hydrogen peroxide)
- **Anzeichen und Symptome nach Exposition:** Gemäss unseren Kenntnissen sind die chemischen, physikalischen und toxikologischen Eigenschaften nicht umfassend untersucht worden.
- **Mögliche Gesundheitsschäden**
- **Einatmen:** Kann beim Einatmen gesundheitsschädlich sein. Kann Reizung des Atemtrakts verursachen.
- **Haut:** Kann bei Absorption durch die Haut gesundheitsschädlich sein. Kann eine Hautreizung verursachen.
- **Augen:** Kann eine Augenreizung verursachen.
- **Verschlucken:** Kann beim Verschlucken schädlich sein.
- **Zielorgane:** Augen, Haut, Atmungssystem,

12 Angaben zur Ökologie

- **Angaben zur Elimination (Persistenz und Abbaubarkeit):** Leicht und schnell biologisch abbaubar.
- **Ökotoxische Wirkungen:** Keine Daten verfügbar
- **Weitere Angaben zur Ökologie:** Eine Akkumulation in biologischen Systemen ist unwahrscheinlich.
- **Wassergefährdungsklasse:** 1 (VwVwS): schwach wassergefährdend.

<p>Seite 4 von 4</p> <p>Druckdatum 03.12.2018</p>	<p>Sicherheitsdatenblatt gemäß Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH)</p> <p>Wasserstoffperoxidlösung 3% Caelo HV-Packung</p>	 <p>überarbeitet am 03.12.2018</p>
---	---	---

13 Hinweise zur Entsorgung

- **Produkt:**
- **Empfehlung:** Entsorgung zusammen mit pharmazeutischen Abfällen.
- **Ungereinigte Verpackungen:**
- **Empfehlung:** Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften.

14 Angaben zum Transport

- **Landtransport ADR/RID und GGVS/GGVE (grenzüberschreitend/Inland):**
Den Versandvorschriften nicht unterstellt.

15 Vorschriften

- **Kennzeichnung gem. Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS, Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals):**
Das Produkt ist nach GHS nicht kennzeichnungspflichtig.
- **Nationale Vorschriften:**
- **Wassergefährdungsklasse:** s. Kapitel 12
- **Lagerklasse TRGS510:** 10
- **VbF-Klasse:** -

16 Sonstige Angaben

- **Änderungsgrund:** Anpassung an Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH) und GHS-Kennzeichnungssystem.
Die Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse und dienen dazu, das Produkt im Hinblick auf die zu treffenden Sicherheitsvorkehrungen zu beschreiben. Sie stellen jedoch keine Zusicherung von Produkteigenschaften dar.

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffs beziehungsweise des Gemischs und des Unternehmens

1.1 Produktidentifikator

Handelsname: **Natriumcarbonat wasserfrei**

Artikelnummer: 10861

CAS-Nummer:

497-19-8

EG-Nummer:

207-838-8

Indexnummer:

011-005-00-2

1.2 Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffs oder Gemischs und Verwendungen, von denen abgeraten wird.

Identifizierte Verwendung: SU24 Wissenschaftliche Forschung und Entwicklung

1.3 Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt

Hersteller/Lieferant:

Thermo Fisher (Kandel) GmbH

Zeppelinstr. 7b

76185 Karlsruhe / Germany

Tel: +49 (0) 721 84007 280

Fax: +49 (0) 721 84007 300

Email: tech@alfa.com

www.alfa.com

Auskunftgebender Bereich: Abteilung Produktsicherheit Tel. +49(0)7275 988687-0

1.4 Notrufnummer:

Carechem 24: +44 (0) 1235 239 670 (Multi-Sprache, 24 Stunden Notrufnummer)

Giftnotruf Universität Mainz / Poison Information Center Mainz

www.giftinfo.uni-mainz.de Telefon: +49(0)6131/19240

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren

2.1 Einstufung des Stoffs oder Gemischs

Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008



GHS07

Eye Irrit. 2 H319 Verursacht schwere Augenreizung.

Andere Gefahren, die zu keiner Einstufung führen Keine Informationen bekannt.

2.2 Kennzeichnungselemente

Kennzeichnung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 Der Stoff ist gemäß CLP-Verordnung eingestuft und gekennzeichnet.

Gefahrenpiktogramme



GHS07

Signalwort Achtung

Gefahrenhinweise

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

Sicherheitshinweise

P280 Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.

P264 Nach Gebrauch gründlich waschen.

P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P337+P313 Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.

Klassifizierungssystem:

HMIS Ratings (Skala 0-4)

(Hazardous Materials Identification System)

HEALTH 1 Gesundheit (akute Wirkung) = 1

FIRE 1 Entflammbarkeit= 1

REACTIVITY 1 Reaktivität = 1

2.3 Sonstige Gefahren

Ergebnisse der PBT- und vPvB-Beurteilung

PBT: Nicht anwendbar.

vPvB: Nicht anwendbar.

ABSCHNITT 3: Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoffe

CAS-Nr. Bezeichnung

497-19-8 Sodium carbonate

Konzentration: ≤100%

Identifikationsnummer(n)

EG-Nummer: 207-838-8

Indexnummer: 011-005-00-2

ABSCHNITT 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1 Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen

nach Einatmen:

Frischlufztufuhr, gegebenenfalls Atemspende, Wärme. Bei anhaltenden Beschwerden Arzt konsultieren.

Sofort ärztlichen Rat einholen.

nach Hautkontakt:

Sofort mit Wasser und Seife abwaschen und gut nachspülen.

Sofort ärztlichen Rat einholen.

nach Augenkontakt: Augen bei geöffnetem Lidspalt mehrere Minuten unter fließendem Wasser abspülen und Arzt konsultieren.

nach Verschlucken: Ärztlicher Behandlung zuführen.

4.2 Wichtigste akute und verzögert auftretende Symptome und Wirkungen

Verursacht schwere Augenreizung.

4.3 Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung

Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.

ABSCHNITT 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung

5.1 Löschmittel

Geeignete Löschmittel: CO₂, Löschpulver oder Wassersprühstrahl. Größeren Brand mit Wassersprühstrahl oder alkoholbeständigem Schaum bekämpfen.

(Fortsetzung auf Seite 2)

DE

Handelsname: **Natriumcarbonat wasserfrei**

(Fortsetzung von Seite 1)

5.2 Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren

Wenn dieses Produkt in einem Feuer beteiligt ist, kann freigesetzt werden:
Kohlenmonoxid und Kohlendioxid
Natriumoxid

5.3 Hinweise für die Brandbekämpfung

Besondere Schutzausrüstung:

Umgebungsluftunabhängiges Atemschutzgerät tragen.
Vollschutzanzug tragen.

ABSCHNITT 6: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

6.1 Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren

Schutzausrüstung tragen. Ungeschützte Personen fernhalten.

Für ausreichende Lüftung sorgen.

6.2 Umweltschutzmaßnahmen: Freisetzung des Stoffes in die Umwelt ohne vorhergehende ordnungsgemäße Erlaubnis der Behörde unterbinden.

6.3 Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung: Mechanisch aufnehmen.

Vermeidung von sekundären Gefahren: Keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

zu beachten: TRGS 201 Kennzeichnung von Abfällen beim Umgang

6.4 Verweis auf andere Abschnitte

Informationen zur sicheren Handhabung siehe Abschnitt 7.

Informationen zur persönlichen Schutzausrüstung siehe Abschnitt 8.

Informationen zur Entsorgung siehe Abschnitt 13.

ABSCHNITT 7: Handhabung und Lagerung

7.1 Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung

Behälter dicht geschlossen halten.

In gut verschlossenen Gebinden kühl und trocken lagern.

Für gute Belüftung/Absaugung am Arbeitsplatz sorgen.

Staubbildung vermeiden.

Hinweise zum Brand- und Explosionsschutz: Keine Informationen bekannt.

7.2 Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten

Lagerung:

Anforderung an Lagerräume und Behälter: Keine besonderen Anforderungen.

Zusammenlagerungshinweise:

Nicht zusammen mit oxidierenden und sauren Stoffen lagern.

Getrennt von Wasser aufbewahren.

Weitere Angaben zu den Lagerbedingungen:

Produkt ist hygroskopisch.

Unter trockenem Inertgas aufbewahren.

Behälter dicht geschlossen halten.

In gut verschlossenen Gebinden kühl und trocken lagern.

Vor Luftfeuchtigkeit und Wasser schützen.

Lagerklasse:

Klassifizierung nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV): -

7.3 Spezifische Endanwendungen Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.

ABSCHNITT 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition/Persönliche Schutzausrüstungen

Zusätzliche Hinweise zur Gestaltung technischer Anlagen:

Ordnungsgemäß arbeitender Abzug, der für gefährliche Chemikalien konzipiert ist und eine durchschnittliche Absauggeschwindigkeit von mindestens 30 m/min aufweist.

8.1 Zu überwachende Parameter

Bestandteile mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten:

Das Produkt enthält keine relevanten Mengen von Stoffen mit arbeitsplatzbezogenen, zu überwachenden Grenzwerten.

Zusätzliche Hinweise: Keine Daten

8.2 Begrenzung und Überwachung der Exposition

Persönliche Schutzausrüstung:

Allgemeine Schutz- und Hygienemaßnahmen:

Die üblichen Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Chemikalien sind zu beachten.

Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fernhalten.

Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen.

Vor den Pausen und bei Arbeitsende Hände waschen.

Berührung mit den Augen vermeiden.

Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.

Pflegen Sie eine ergonomisch geeignete Arbeitsumgebung.

Atemschutz:

Atemschutz bei hohen Konzentrationen.

Bei unzureichender Belüftung Atemschutz.

Empfohlenes Filtergerät für kurzzeitigen Einsatz:

Verwenden Sie eine Atemmaske mit Typ N95 (USA) oder PE (EN 143) Kartuschen als Backup für technische Kontrollen. Risikobewertung durchgeführt werden, um festzustellen, ob Luftreinigungsatmergeräte angemessen sind. Verwenden Sie nur Geräte getestet und nach entsprechenden staatlichen Standards zugelassen.

Handschutz:

Schutzhandschuhe vor jeder Benutzung auf ihren ordnungsgemäßen Zustand prüfen.

Die Auswahl eines geeigneten Handschuhs ist nicht nur vom Material, sondern auch von weiteren Qualitätsmerkmalen abhängig und von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich.

Handschuhmaterial undurchlässige Handschuhe.

Durchdringungszeit des Handschuhmaterials (in Minuten) Nicht bestimmt

Augenschutz:

Gesichtsschutz.

Schutzbrille mit Seitenschildern / NIOSH (US) oder EN 166 (EU)

Körperschutz: Arbeitsschutzkleidung.

ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften

Allgemeine Angaben

Aussehen:

Form: Pulver oder Granulat

Geruch: geruchlos

Geruchsschwelle: Nicht bestimmt.

pH-Wert (100 g/l) bei 20 °C: 11,5

Zustandsänderung

Schmelzpunkt/Gefrierpunkt: Nicht bestimmt

Siedebeginn und Siedebereich: nicht bestimmt

Sublimationstemperatur/-beginn: Nicht bestimmt

(Fortsetzung auf Seite 3)
DE

Handelsname: **Natriumcarbonat wasserfrei**

(Fortsetzung von Seite 2)

Entzündbarkeit (fest, gasförmig): Nicht bestimmt.
Zündtemperatur: Nicht bestimmt
Zersetzungstemperatur: Nicht bestimmt
Selbstentzündungstemperatur: Nicht bestimmt.

Explosive Eigenschaften: Nicht bestimmt.
Explosionsgrenzen:
untere: Nicht bestimmt
obere: Nicht bestimmt
Dampfdruck: Nicht anwendbar.
Dichte bei 20 °C: 2,53 g/cm³
Relative Dichte: Nicht bestimmt.
Dampfdichte: Nicht anwendbar.
Verdampfungsgeschwindigkeit: Nicht anwendbar.
Löslichkeit in / Mischbarkeit mit Wasser bei 20 °C: 212 g/l
Verteilungskoeffizient: n-Octanol/Wasser: Nicht bestimmt.
Viskosität:
dynamisch: Nicht anwendbar.
kinematisch: Nicht anwendbar.
9.2 Sonstige Angaben: Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.

ABSCHNITT 10: Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität: Keine Informationen bekannt.
10.2 Chemische Stabilität: Stabil unter angegebenen Lagerungsbedingungen.
Thermische Zersetzung / zu vermeidende Bedingungen: Keine Zersetzung bei bestimmungsgemäßer Lagerung und Handhabung.
10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen: Keine gefährlichen Reaktionen bekannt.
10.4 Zu vermeidende Bedingungen: Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.
10.5 Unverträgliche Materialien:
Oxidationsmittel
Wasser/Feuchtigkeit
10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte:
Kohlenmonoxid und Kohlendioxid
Natriumoxid

ABSCHNITT 11: Toxikologische Angaben

11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen:
Akute Toxizität: Das Register über Toxische Effekte Chemischer Substanzen (RTECS) enthält Daten zur akuten Toxizität für diese Substanz.
Einstufungsrelevante LD/LC50-Werte:
Oral LD50 4090 mg/kg (rat)
Hautreizung oder Korrosion: Kann Reizung verursachen
Augenreizung oder Korrosion:
Verursacht schwere Augenreizung.
Verursacht schwere Augenreizung.
Sensibilisierung der Atemwege/Haut: Aufgrund der verfügbaren Daten sind die Einstufungskriterien nicht erfüllt.
Keimzellmutagenität: Keine Effekte bekannt.
Karzinogenität: Keine Daten zur Klassifizierung dieses Stoffes hinsichtlich seiner Karzinogenität aus EPA, IARC, NTP, OSHA oder ACGIH verfügbar.
Reproduktionstoxizität: Das Register über Toxische Effekte Chemischer Substanzen (RTECS) enthält reproduktiven Daten für diese Substanz.
Spezifische Zielorgan-Toxizität - wiederholte Exposition: Keine Effekte bekannt.
Spezifische Zielorgan-Toxizität - einmalige Exposition: Keine Effekte bekannt.
Aspirationsgefahr: Keine Effekte bekannt.
Subakute bis chronische Toxizität:
Das Register über Toxische Effekte Chemischer Substanzen (RTECS) enthält mehrere Toxizität Daten für diese Substanz.
Zusätzliche toxikologische Hinweise: Nach unserem derzeitigen Wissensstand ist die akute und chronische Toxizität dieses Stoffes nicht gänzlich bekannt.

ABSCHNITT 12: Umweltbezogene Angaben

12.1 Toxizität:
Aquatische Toxizität: Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.
12.2 Persistenz und Abbaubarkeit: Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.
12.3 Bioakkumulationspotenzial: Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.
12.4 Mobilität im Boden: Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.
Weitere ökologische Hinweise:
Allgemeine Hinweise:
Jegliche Freisetzung des Stoffes in die Umwelt ohne vorhergehende dezidierte Erlaubnis der Behörde unterbinden.
Wassergefährdungsklasse 1 (Listeneinstufung): schwach wassergefährdend
Nicht unverdünnt bzw. in größeren Mengen in das Grundwasser, in Gewässer oder in die Kanalisation gelangen lassen.
Ein Eintrag in die Umwelt ist zu vermeiden.
Wegspülen größerer Mengen in Kanalisation oder Gewässer kann zur pH-Wert-Erhöhung führen. Ein hoher pH-Wert schädigt Wasserorganismen. In der Verdünnung der Anwendungskonzentration reduziert sich der pH-Wert erheblich, so dass nach dem Gebrauch des Produktes die in die Kanalisation gelangenden Abwässer nur schwach wassergefährdend wirken.
12.5 Ergebnisse der PBT- und vPvB-Bewertung:
PBT: Nicht anwendbar.
vPvB: Nicht anwendbar.
12.6 Andere schädliche Wirkungen: Keine weiteren relevanten Informationen verfügbar.

ABSCHNITT 13: Hinweise zur Entsorgung

13.1 Verfahren der Abfallbehandlung:
Empfehlung:
Sonderabfallsammler übergeben oder zu Problemstoffsammelstelle bringen.
Muß unter Beachtung der behördlichen Vorschriften einer Sonderbehandlung zugeführt werden.
Für die ordnungsgemäße Entsorgung halten Sie sich bitte an staatliche, lokale oder nationale Regelungen.
Ungereinigte Verpackungen:
Empfehlung: Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften.

ABSCHNITT 14: Angaben zum Transport

UN-Nummer:
ADR, ADN, IMDG, IATA: Nicht anwendbar
14.2 Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung:
ADR, ADN, IMDG, IATA: Nicht anwendbar

(Fortsetzung auf Seite 4)
DE

Handelsname: **Natriumcarbonat wasserfrei**

(Fortsetzung von Seite 3)

14.3 Transportgefahrenklassen

ADR, ADN, IMDG, IATA Klasse Nicht anwendbar

Verpackungsgruppe ADR, IMDG, IATA Nicht anwendbar

14.5 Umweltgefahren: Nicht anwendbar.

14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender Nicht anwendbar.

14.7 Massengutbeförderung gemäß Anhang II des MARPOL-Übereinkommens und gemäß IBC-Code Nicht anwendbar.

UN "Model Regulation": Nicht anwendbar

ABSCHNITT 15: Rechtsvorschriften

15.1 Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz/spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch

Richtlinie 2012/18/EU

Namentlich aufgeführte gefährliche Stoffe - ANHANG I Der Stoff ist nicht enthalten.

Nationale Vorschriften:

Hinweise zur Beschäftigungsbeschränkung:

Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche beachten.

Gebrauch nur durch technisch qualifizierte Personen.

Klassifizierung nach VbF: Nicht anwendbar

Wassergefährdungsklasse: WGK 1 (Listeneinstufung): schwach wassergefährdend.

Sonstige Vorschriften, Beschränkungen und Verbotserordnungen

UVV: "Gesundheitsgefährlicher mineralischer Staub" (VBG 119)

Besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC) gemäß REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006. Stoff ist nicht enthalten.

Die Bedingungen der Beschränkungen gemäß Artikel 67 und Anhang XVII der Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH) für die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung zu beachten.

Der Stoff ist nicht enthalten.

Anhang XIV der REACH-Verordnung (erfordern Zulassung für die Anwendung) Der Stoff ist nicht enthalten.

15.2 Stoffsicherheitsbeurteilung: Eine Stoffsicherheitsbeurteilung wurde nicht durchgeführt.

ABSCHNITT 16: Sonstige Angaben

Arbeitgeber sollen diese Information nur als Ergänzung zu deren eigenen Ergebnissen betrachten und unabhängig über deren Anwendbarkeit entscheiden, sodass die richtige Anwendung und somit die Gesundheit und Sicherheit der Angestellten gewährleistet ist. Diese Information beinhaltet keine gesetzliche Garantie und jeglicher Gebrauch des Produktes abweichend von diesem Sicherheitsdatenblatt, oder der Gebrauch in Kombination mit irgendeinem anderen Produkt oder Prozess obliegt allein der Verantwortung des Anwenders.

Ausstellender Sicherheitsdatenblatt: Global Marketing Abteilung

Abkürzungen und Akronyme:

RID: Règlement international concernant le transport des marchandises dangereuses par chemin de fer (Verordnungen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn)

ICAO: International Civil Aviation Organisation

ADR: Accord européen sur le transport des marchandises dangereuses par Route (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)

IMDG: International Maritime Code for Dangerous Goods

IATA: International Air Transport Association

GHS: Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals

EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances

CAS: Chemical Abstracts Service (division of the American Chemical Society)

HMIS: Hazardous Materials Identification System (USA)

VbF: Verordnung über brennbare Flüssigkeiten, Österreich (Ordinance on the storage of combustible liquids, Austria)

LC50: Lethal concentration, 50 percent

LD50: Lethal dose, 50 Prozent

PBT: Persistent, Bioaccumulative and Toxic

SVHC: Substances of Very High Concern

vPvB: very Persistent and very Bioaccumulative

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (USA)

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (USA)

NTP: National Toxicology Program (USA)

IARC: International Agency for Research on Cancer

EPA: Environmental Protection Agency (USA)

CLP: The regulation on classification, labelling and packaging.

Eye Irrit. 2: Schwere Augenschädigung/Augehreizung – Kategorie 2

- 6 **Abschlussbericht In-Situ Feldversuche Grundwassersanierung Fa.
Züblin Umwelttechnik**

Abschlussbericht In-situ-Feldversuche

In-situ Grundwassersanierung Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II 28777 Bremen Farge

Auftraggeber: Immobilien Bremen AöR
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen

Auftragnehmer: Züblin Umwelttechnik
Maulbronner Weg 32
71706 Markgröningen

Zweigstelle Bremen
Tel.: 0421 436879-26
Fax.: 0421 436879-11
Internet: www.zueblin-umwelttechnik.com

Stand: 20.08.2020

Inhaltsverzeichnis

1. ZUSAMMENFASSUNG	5
2. VERANLASSUNG.....	5
3. FELDVERSUCH	6
3.1 ZIELSETZUNG	6
3.2 DURCHFÜHRUNG	6
4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....	18
4.1 NULLBEPROBUNG UND BEWERTUNG DES VERSUCHSFELDES	18
4.2 BETRIEB PASSIVE PH-STABILISIERUNG.....	21
4.3 BETRIEB GRUNDWASSERZIRKULATION MIT PH-STABILISIERUNG	26
5. ERKENNTNISSE AUS DEN FELDVERSUCHEN ZUR GROßMAßSTÄBLICHEN ANWENDUNG.....	36
5.1 ERKENNTNISSE AUS DEM FELDVERSUCH	36
5.2 ANWENDUNG DES VERFAHRENS ALS HYDRAULISCHE SCHADSTOFFBARRIERE FÜR DAS ABSCHNEIDEN DER ABSTROMFAHNE	37

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: SCHICHTENPROFIL UND AUSBAUZEICHNUNG EINGABE- UND MONITORINGPEGEL	7
ABB. 2: ANORDNUNG DES PEGELFELDES IN DER ABSTROMFAHNE	7
ABB. 3: MOST PROBABLE NUMBER-VERFAHREN.	9
ABB. 4: VERLAUF DES SAUERSTOFFGEHALTS IM GRUNDWASSER	10
ABB. 5: REDOXPOTENTIAL IN P3	11
ABB. 6: pH-WERTENTWICKLUNG NACH PUMP & REFILL IN EP1	11
ABB. 7: VERLAUF DES pH-WERTS IN P3	12
ABB. 8: VERLAUF DES SAUERSTOFFGEHALTS IN P3	13
ABB. 9: GRUNDWASSERSTÄNDE IM PEGELFELD VOR ZIRKULATION	13
ABB. 10: ERZWUNGENES FLIEßFELD DURCH ZIRKULATIONSBETRIEB	14
ABB. 11: AUSBAU DER NEUEN ENTNAHME- UND INFILTRATIONSBRUNNEN (EB 1 UND IB 2)	15
ABB. 12: VOLUMENSTROM WÄHREND DER ZIRKULATION	16
ABB. 13: VERLAUF DES REDOXPOTENTIALS IN P3	21
ABB. 14: pH-WERTENTWICKLUNG WÄHREND PUMP & REFILL IN ÜP1	22
ABB. 15: pH-WERT WÄHREND GRUNDWASSERZIRKULATION IN ÜP1	27
ABB. 16: pH-WERT WÄHREND DER GRUNDWASSERZIRKULATION IN EP1	27
ABB. 17: REDOXPOTENTIAL WÄHREND DER GRUNDWASSERZIRKULATION IN P3	28
ABB. 18: REDOXPOTENTIAL WÄHREND DER GRUNDWASSERZIRKULATION IN ÜP1	28
ABB. 19: RELATIVE STOFFMENGE VON MTBE ÜBER DIE DAUER DES ABBAUEXPERIMENTS UNTER AEROBEN (BIS 150 TAGE) UND ANAEROBEN (AB 150 TAGE) REDOXBEDINGUNGEN	31
ABB. 20: RELATIVE STOFFMENGE VON BENZOL ÜBER DIE DAUER DES ABBAUEXPERIMENTS UNTER AEROBEN (BIS 150 TAGE) UND ANAEROBEN (AB 150 TAGE) REDOXBEDINGUNGEN	32
ABB. 21: RELATIVE STOFFMENGE VON TOLUOL ÜBER DIE DAUER DES ABBAUEXPERIMENTS UNTER AEROBEN (BIS 150 TAGE) UND ANAEROBEN (AB 150 TAGE) REDOXBEDINGUNGEN	33
ABB. 22: RELATIVE STOFFMENGE VON ETBE ÜBER DIE DAUER DES ABBAUEXPERIMENTS UNTER AEROBEN (BIS 150 TAGE) UND ANAEROBEN (AB 150 TAGE) REDOXBEDINGUNGEN	34
ABB. 23: RELATIVE STOFFMENGE VON O-XYLOL ÜBER DIE DAUER DES ABBAUEXPERIMENTS UNTER AEROBEN (BIS 150 TAGE) UND ANAEROBEN (AB 150 TAGE) REDOXBEDINGUNGEN	35
ABB. 24: ABSTROMSICHERUNG ÜBER GRUNDWASSERZIRKULATIONSREAKTOREN (GZR)	38
ABB. 25: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG GRUNDWASSERZIRKULATION	39

Tabellenverzeichnis

TAB. 1: ANALYSEERGEBNISSE DER SOD-BESTIMMUNG DES BOHRGUTS	18
TAB. 2: ANALYSEERGEBNISSE DER NULLBEPROBUNG DES VERSUCHSFELDS	19
TAB. 3: ANALYSEERGEBNISSE DES MPN-TESTS	22
TAB. 4: ANALYSEERGEBNISSE DER BEPROBUNG DES PUMP & REFILL	23
TAB. 5: ERGEBNISSE DER KOHLENSTOFFISOTOPENMESSUNG ($\Delta^{13}C$) IM SEPTEMBER 2019	25
TAB. 6: ERGEBNISSE DER KONTROLLE DES AEROBEN MTBE-ABBAUS ANHAND VON TERT-BUTANOL (DEZEMBER 2018)	25
TAB. 7: GRUNDWASSERSTÄNDE DER BRUNNEN UND PEGEL VOR UND WÄHREND ZIRKULATION	26
TAB. 8: ANALYSEERGEBNISSE DER NULLBEPROBUNG VOR DEM ZIRKULATIONSBETRIEB	29
TAB. 9: ANALYSEERGEBNISSE DER ÜBERPRÜFUNGSBEPROBUNG DES ZIRKULATIONSBETRIEBS	29
TAB. 10: ANALYSEERGEBNISSE DER ABSCHLUSSBEPROBUNG DES ZIRKULATIONSBETRIEBS	30

Abkürzungsverzeichnis

AKW	Aromatische Kohlenwasserstoffe
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole
DOC	Dissolved Organic Carbon
EB	Entnahmebrunnen
EOX	Extrahierbare organisch gebundene Halogene
GOK	Geländeoberkante
GWM	Grundwassermessstelle
GZR	Grundwasserzirkulationsreaktor
GZB	Grundwasserzirkulationsbrunnen
IB	Infiltrationsbrunnen
ISBO	In-Situ-Biologische-Oxidation
kf-WERT	Durchlässigkeitsbeiwert
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
MPN	Most Probable Number
MTBE	Methyl-tert-butylether
NN	Normalnull
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
SOD	Solid-Oxidand-Demand
TS	Trockensubstanz
ÜP	Überwachungspegel

Anhang:

- Anhang 1: Bohransprache und Pegelausbau Versuchsfeld
- Anhang 2: Bohransprache und Brunnenausbau EB1-EB2-IB2
- Anhang 3: Nährstoffe und Elektronenakzeptoren
- Anhang 4: Grundwasserstände Zirkulationsbetrieb

1. Zusammenfassung

Am Standort Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II in Bremen-Farge liegt eine Grundwasserverunreinigung mit vornehmlich BTEX-Aromaten und untergeordnet MTBE, PAK und MKW vor. Die am Standort nachgewiesenen Schadstoffe sind grundsätzlich mikrobiologisch abbaubar und werden unseres Erachtens nach bereits unter natürlichen Bedingungen mikrobiell abgebaut. Daher soll im Bereich der Schadstofffahne durch eine In-situ-Maßnahme anfänglich mittels Zugabe von Sauerstoff und somit über einen aeroben Abbauweg die Hauptschadstoffe BTEX produktiv und MTBE cometabolisch durch Zugabe eines Auxiliarsubstrats mit Hilfe autochthone Mikroorganismen mineralisiert werden. Wasserchemische und hydrogeologische Verhältnisse im Versuchsfeld haben dazu geführt Versuchsschritte zwischenschalten und mit diesen gewonnenen Erkenntnissen eine Kombination aus pH-Wert-stabilisierten und einer hydraulisch-erzeugten Zwangsströmung (Grundwasserzirkulation) vorteilhafte Redoxbedingungen für den Abbau der vorhandenen Schadstoffe wie BTEX und MTBE dauerhaft zu erzeugen und ein weiteres Abströmen der Schadstoffe zu unterbinden. Mit der Kombination einer bioaktiven Reaktionszelle z.B. Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) mit einer pH-Wert Stabilisierung innerhalb des Reaktionsraumes und einer integrierten Wasseraktivkohleeinheit als Feinreinigungsstufe vor der Reinfiltration, können die Schadstoffe aus dem Grundwasser der Abstromfahne entfernt und das Abschneiden der Schadstofffahne sichergestellt werden.

2. Veranlassung

Am 12. Mai 2017 wurde ein Qualifikationsverfahren hinsichtlich der Eignung eines Unternehmens für die Durchführung eines In-situ Feldversuchs für die Umsetzung einer im Grundwasser und im Boden befindliche BTEX- und MTBE - Schadstofffahne ausgehend vom Verladebahnhof II des TL Bremen Farge veröffentlicht. Nach der Präqualifikation und der Abgabe eines Sanierungskonzeptes die Schadstoffe mit dem ISBO-Verfahren aerob mikrobiologisch zu mineralisieren, fiel die Wahl auf die Züblin Umwelttechnik GmbH. Der Feldversuch sollte dazu dienen, ein technisch geeignetes und monetär vertretbares Verfahren zu erproben und mit einer anschließende Hochskalierung das Abschneiden der in erster Linie mit BTEX und MTBE belasteten Schadstofffahne an der Grundstücksgrenze des Tanklagers in Bremen Farge zu realisieren. Hierdurch werden die aus Richtung der Schadstoffquelle vom Verladebahnhof II des Tanklagers Farge nachströmenden Schadstoffe durch die reaktiven Zonen sicher zurückgehalten.

Im vorliegenden Dokument wird die Durchführung der einzelnen Schritte des Feldversuchs beschrieben. Die dabei gewonnenen Ergebnisse werden dargestellt und im Hinblick auf die Ziele des Versuchs diskutiert und bewertet. Abschließend werden Möglichkeiten mit zur Hilfenahme der Erkenntnisse und einer möglichen hochskalierten Fahnensicherung aufgezeigt.

3. Feldversuch

3.1 Zielsetzung

Vor dem Hintergrund der weiträumigen Abstromfahne und deren Schadenssituation sollte zunächst ein In-situ Feldversuch mit einem am Standort noch nicht erprobten, innovativen Verfahren ISBO (In-situ biologische Oxidation) durchgeführt und somit die Wirksamkeit erprobt werden. In diesem Schritt wurden ebenfalls die wasserchemischen und hydro-geologischen Verhältnisse untersucht. Mit den ermittelten Ergebnissen musste von der ursprünglichen Konzeption abgewichen und eine abgewandelte Vorgehensweise verfolgt werden. Somit wurde die ursprünglich vorgesehenen Substrat-Injektionen zur cometabolischen mikrobiologischen Umsetzung der MTBE im Aquifer, aufgrund einer abgeschwächten Wirksamkeit nicht erforderlich.

Die wesentlichen Ziele des Feldversuchs waren:

- 1) Aerobisierung des Aquifers im Bereich der Feldversuchsfläche
- 2) Untersuchung der Schadstoffverteilung in den unterschiedlichen Tiefenhorizonten
- 3) Untersuchung des Transports und der Verteilung von Sauerstoff und Substrat
- 4) Räumliche Erfassung der physikalisch-chemischen Parameter durch den passiven Grundwasserfluss und durch Grundwasserzirkulation im Versuchsfeld
- 5) Standortspezifische Optimierung der In-situ-Verfahren (räumlich, zeitlich, sequentiell)
- 6) Machbarkeit von bestimmten Sanierungszielen in bestimmten Zeiten
- 7) Etablierung von Redoxzonen durch Stabilisierung vom pH-Wert mittels Puffer

Der Feldversuch sollte zunächst die grundsätzliche Machbarkeit des ausgewählten In-situ Sanierungsverfahrens belegen. Des Weiteren sollte anhand der Ergebnisse und der Betriebserfahrungen aus dem Feldversuch ein Vorschlag zur Durchführung einer Fahrensicherung abgeleitet werden.

3.2 Durchführung

Die Schadensfahne des Verladebahnhofs II ist ca. 850 m lang und südwestlich in Richtung Weser gerichtet, wodurch sich auch die Grundwasserfließrichtung ergibt. Das Grundwasser steht bei 2 m ü. NN an. Dies ergibt einen Flurabstand von ca. 15 m. Die Aquiferbasis bildet toniger Schluff, in einer Tiefe von 60 - 80 m unter NN. Durch einen bereits durchgeführten Pumpversuch wurde im Grundwasserleiter ein kf-Wert von $3,7 \times 10^{-5}$ m/s sowie eine Fließgeschwindigkeit von 18 m/a ermittelt.

3.2.1 Ausbau Versuchsfeld – Pegelbau

Zur Durchführung der Feldversuche wurde ein Versuchsfeld aus 10 Stück Eingabe- und Monitoringpegel aus HDPE DN 50 mit je drei Filterungsstrecken pro Pegel und einer Filterlänge von je 2,0 m errichtet (vgl. Abb. 1).

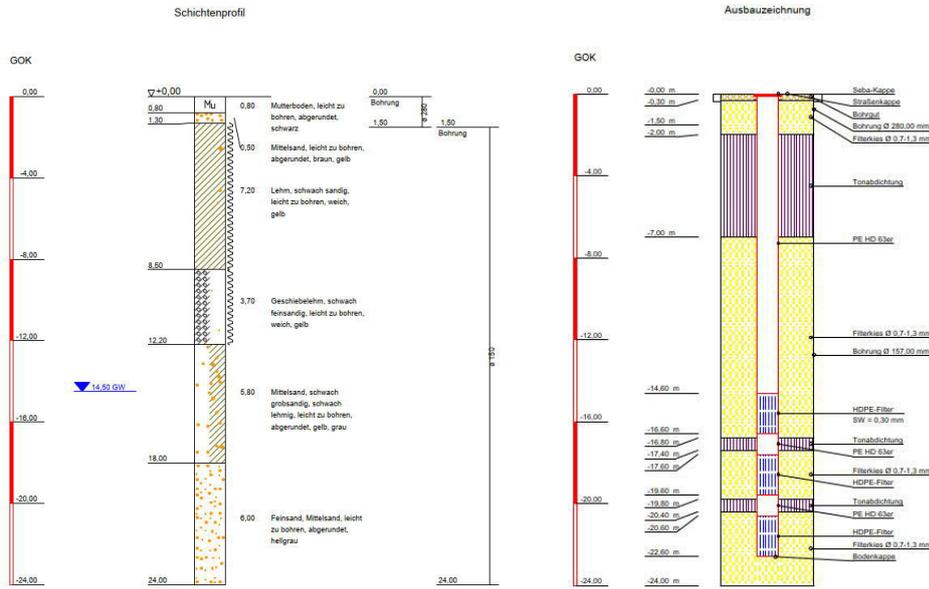


Abb. 1: Schichtenprofil und Ausbauezeichnung Eingabe- und Monitoringpegel

Die Lage und Ausrichtung des Versuchsfeldes sowie die Anordnung der Pegel wurden im Vorfeld so festgelegt, dass sich dieses Feld innerhalb der Abstromfahne befindet, welche aus der Haupteintragsstelle des Verladebahnhofs II auf dem Tanklager in Bremen Farge mit Schadstoffen gespeist wird.

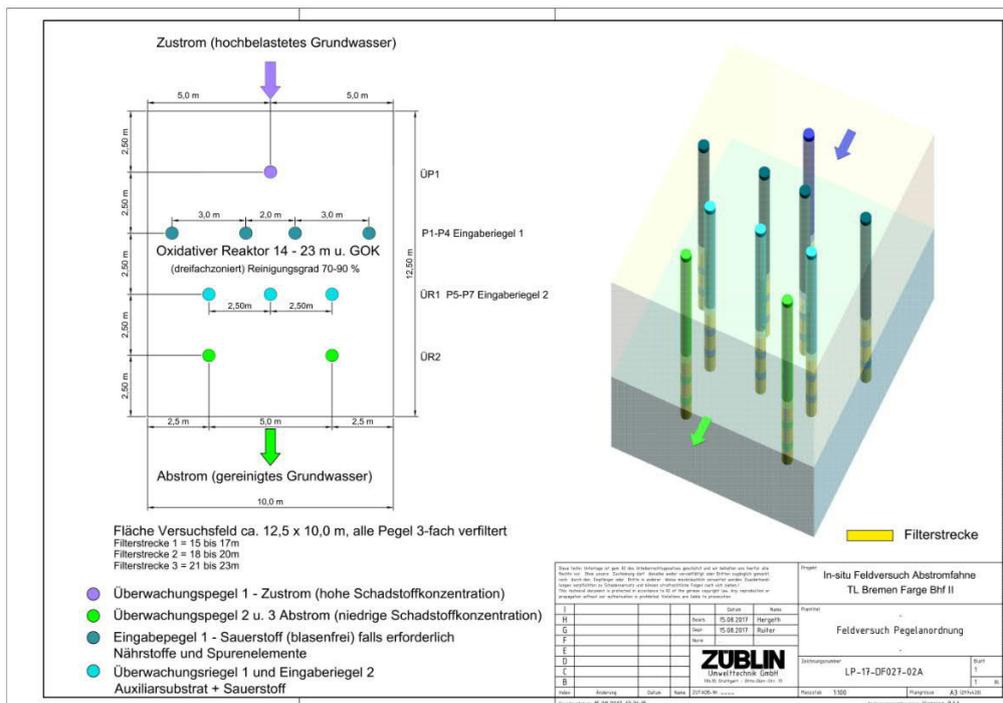


Abb. 2: Anordnung des Pegelfeldes in der Abstromfahne

Die Anordnung der Pegel unterteilt das Versuchsfeld gem. der In-situ Feldversuchskonzeption in vier Zonen (vgl. Abb. 2). Beginnend mit Überwachungspegel (ÜP 1) um das zuströmende Grundwasser aus Richtung Tanklager zu untersuchen. Danach folgend der erste Eingaberiegel, welcher aus insgesamt vier Pegeln besteht (P1 - P4). Diese Zone dient für die Aerobisierung des Aquifers, um optimale Bedingungen für den aeroben Abbau von BTEX-Verbindungen zu schaffen. Die Aerobisierung soll durch die Zugabe von Sauerstoff sowie ggf. weiterer notwendiger Substanzen erfolgen. In einem Abstand von 2,50 m folgt anschließend der Eingaberiegel 2. Dieser ist vornehmlich für die Zugabe von Auxiliarsubstrat, um den aeroben cometabolischen Abbau von MTBE zu unterstützen. Am Ende des Versuchsfeldes folgt der zweite Überwachungsriegel, welcher aus ÜP2 und ÜP3 besteht. Dieser Riegel fungiert als Kontrollzone und soll abschließend den Erfolg der unterschiedlichen In-Situ Abbauprozesse aufzeigen. Zu den drei Überwachungspegeln wurde ein weiterer Überwachungspegel EP1 zwischen P2 und P3 erbaut, um mögliche Zwischenschritte hinsichtlich der Abbaumechanismen im Grundwasser überwachen zu können.

3.2.2 SOD- Bestimmung des Bohrguts

Die Analyse des SOD-Wertes (solid-oxidand-demand) bildet einen elementaren Punkt für die künstliche Aerobisierung des Aquifers. Dabei gibt der SOD-Wert den Oxidationsmittelbedarf des Bodens an. Folgend bildet dieser Bedarf die Grundlage zur Berechnung des einzugebenden Sauerstoffs.

Im Rahmen der Herstellung des Versuchsfeldes wurden Proben des entnommenen Bohrguts aus den verschiedenen Pegeln entnommen. Dies galt sowohl für die sieben Eingabepegel wie auch für die drei Überwachungspegel. Im Zuge der Konzeptionierung wurde ein durchschnittlicher SOD-Wert des Aquifers von 2,0 g KMnO_4 / kg Boden TS angenommen, mit welchem zunächst die Bestimmung der Sauerstoffmenge berechnet wurde. Wie jedoch die Ergebnisse der SOD-Analysen vom 04.12.2017 in Tab. 1 zeigen, liegt der SOD-Wert im Versuchsfeld im Bereich von 3,3 bis 25,3 g KMnO_4 / kg Boden TS. Folglich erwies sich die SOD-Bestimmung als sinnvoll, da festgestellt werden konnte, dass der Oxidationsmittelbedarf des Bodens deutlich höher ist als zunächst angenommen. Weiterhin zeigten Untersuchungen des Bohrguts keine auffallend hohen Schadstoffkonzentrationen an Begleitkontaminationen (Phenole, Cyanide, EOX, PAK, PCB, LHWK und verschiedene Schwermetalle). Somit konnte eine hemmende Wirkung der aufgeführten Begleitstoffe auf die biologische Aktivität im Untergrund ausgeschlossen werden.

3.2.3 Bestimmung der BTEX-Verwerter, Eisen(III)-Reduzierer und Gesamtkeimzahlen

Der Nachweis von den BTEX-Verwertern, Eisen III Reduzierer sowie die Bestimmung der Gesamtkeimzahlen wird auf Grundlage eines MPN-Tests durchgeführt. Mit dem MPN-Test (Most Probable Number) lassen sich stoffwechselaktive Mikroorganismen in Grundwasserproben oder Bodeneluaten quantifizieren. Von den Proben wird eine dezimale Verdünnungsreihe in Mikrotiterplatten erstellt (Abb. 3, links). Nach Inkubation der Ansätze wird die Anzahl der getrüben, d.h. bewachsenen, Röhrchen pro Verdünnungsstufe ausgezählt (Abb. 3, rechts). Auf Grundlage einer Poisson-Verteilung lässt sich mit Hilfe eines

Seite 8 von 39

EDV-Programms oder Tabellen die wahrscheinlichste Keimzahl einer Probe ermitteln. Für das Biomonitoring wurde für einen MPN-Test Grundwasser aus den Pegeln ÜP3 und P2 entnommen. Anstelle der im März 2018 beprobten Messstelle GWM 07/09, die sich letztlich nicht in der Reaktionszone befanden, wurde der Pegel P4 beprobt. Dadurch sind durch die drei Entnahmestellen geringe bis hohe Schadstoffgehalte abgedeckt worden. Für die Probenahme wurden jeweils drei 50 ml Glasflaschen mit Schliffstopfen befüllt und gekühlt zum Analysezentrum geschickt.

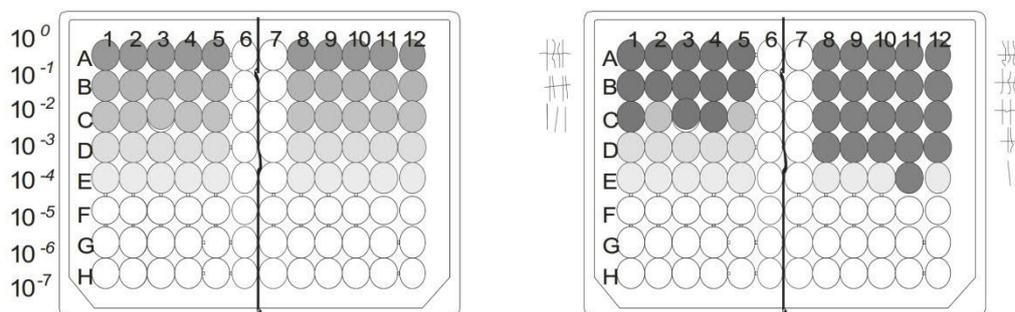


Abb. 3: Most Probable Number-Verfahren.
Links: dezimale Verdünnungsreihe.
rechts: Aufzählung der bewachsenen = getrübbten Röhrrchen.

Die Ergebnisse des MPN-Tests sind in der Tab. 3 dargestellt und zeigen für den Zeitpunkt der Nullbeprobung (März 2018), dass insbesondere die Gesamtkeimzahlen (aerob) in einem normalen Maße vorhanden sind. Fortführend konnte im Rahmen der durchgeführten des In-Situ-Feldversuchs konnte eine Milieuverbesserung erreicht werden, wodurch auch die Gesamtkeimzahlen im Versuchsfeld signifikant anstiegen.

3.2.4 Stabilisierung des pH- Wertes im Aquifer mittels pump & refill

Nach Errichtung der Messstellen, sowie der Erkundung des Versuchsfeldes, wurde vom 15.02.2018 bis 08.03.2018 eine erste Beprobungskampagne des Grundwassers mit dem Doppelpackersystem durchgeführt. Über die gesamten zehn Pegel wurden tiefendifferenzierte Grundwasserproben entnommen, d.h. die Pumpe wurde mittig der Filterstrecke eingebaut. Die Entnahme dieser Proben stellte vor allem die Milieubedingungen in Hinblick auf die Sauerstoffversorgung, die vorliegende Schadstoffverteilung und den pH-Wert dar. Die Ergebnisse, welche in der Tab. 2 dargestellt sind, zeigen, dass sowohl die BTEX-Aromaten als auch MTBE im Versuchsfeld sehr heterogen verteilt vorlagen. Weiterhin fand im Rahmen der Untersuchung die Bestimmung des pH-Wertes im Versuchsfeld statt. Der pH-Wert hat einen maßgeblichen Einfluss auf die biologische Aktivität und damit zwangsläufig auf den Abbau der Monoaromaten. Idealerweise liegt der pH-Wert dafür in einem neutralen Bereich. Die Analysen ergaben jedoch Werte zwischen 4,6 bis 5,3, womit sich das Versuchsfeld in einem sauren Milieu befindet. Dieses hemmt den biologischen Abbau. Der niedrige pH-Wert im Versuchsfeld ist womöglich auf bereits ablaufende Abbauprozesse der AKW's mit entsprechender Carbonsäurebildung im Untergrund zurückzuführen. Als weiterer Aspekt ist hierbei die niedrige Pufferkapazität des Aquifers zu nennen.

Aufgrund dieser Erkenntnis wurde zunächst ein Zwischenschritt hinsichtlich der geplanten Sanierungsphasen in Form einer pH-Wert Anhebung zwischengeschaltet. Die wasserrechtlich genehmigte Konzeption musste für die nächsten Schritte angepasst und somit eine Erweiterung der bestehenden Genehmigung erwirkt werden.

Mit dem eingefügten Verfahrensschritt pump & refill wird der pH-Wert durch die Eingabe einer wässrigen Natriumcarbonat (Na_2CO_3) - Lösung im Aquifer so eingestellt, dass die autochthonen Mikroorganismen wachsen und die vorhandene AKW in einem leistungsfähigen Maß abgebaut werden können.

Zur zusätzlichen Überwachung der Vor-Ort-Parameter wurden Multisonden zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts, des Redox-Potentials, der Temperatur, der Leitfähigkeit und des pH-Werts in die Pegel des Feldes eingesetzt. So konnten direkt online Milieuveränderungen des Grundwassers nachgewiesen werden. Im Zuge dieser kontinuierlichen Feldüberwachung wurde deutlich, dass vergleichsweise viel Sauerstoff im Grundwasser gelöst war (vgl. Abb. 4). Dennoch wurde die Zugabe von Sauerstoff in Form von Wasserstoffperoxid ins Grundwasser überprüft. Jedoch zeigte sich, dass die Eigenschaften des Wassers, insbesondere der niedrige pH-Wert, die Fenton-Reaktion hervorriefen und es so zur Gasbildung kam. Dies konnte während der Stabilisierungsmaßnahme vor Ort festgestellt werden, da die Zugabe von Wasserstoffperoxid in einen geschlossenen, mit Grundwasser gefüllten IBC-Behälter zu einer derart starken Gasentwicklung führte, dass sich der Behälter verformte. Aufgrund dessen wurde beschlossen, vorerst auf eine Aerobisierung des Grundwassers, wie in der Konzeptionierung angedacht, zu verzichten. Stattdessen wurde die Sauerstoffkonzentration fortführend während der Milieuanpassung und dem damit vorausschreitenden biologischen Abbau beobachtet.

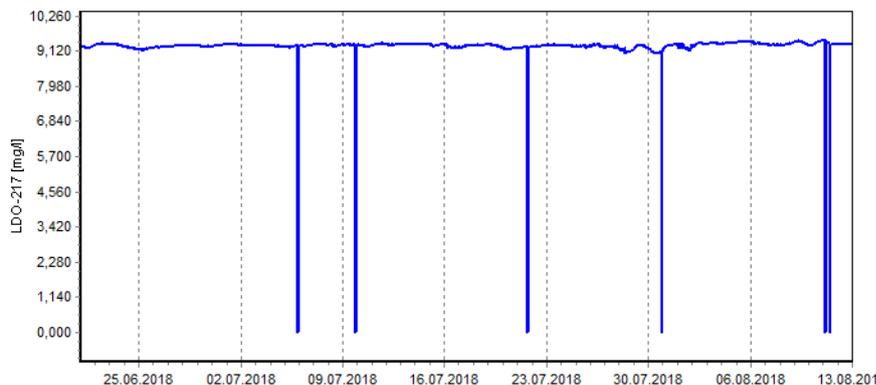


Abb. 4: Verlauf des Sauerstoffgehalts im Grundwasser

Die pH-Wert Stabilisierung fand innerhalb von 2,5 Wochen (26.09.2018 bis 15.10.2018) in den 10 Pegeln ÜP1-3 und P1-7 statt. Je Pegel und Tiefe wurden 1.000 L Grundwasser entnommen und IBC Wassertanks gelagert. Die Entnahme fand ohne Doppelpackersystem statt, da so höhere Fördermengen erreicht werden konnten. Als Puffer wurden in 1000 L Standortwasser (IBC) 7,5 kg Natriumcarbonat aufgelöst. Weiterhin wurden 5 kg nitritfreier Dünger als Nährstoffzusatz hinzugegeben. Dieser enthielt 4 % Gesamtstickstoff, 1,5 % Gesamtposphat sowie 1 % Gesamtkalium. Die gepufferte Lösung wurde mithilfe eines Doppelpackersystems in die gleichen Horizonte, aus denen das Wasser entnommen wurde, reinfiltriert. Da das Reinfiltrieren drucklos stattfand, verteilte sich die pH-Wert Stabilisierung auf insgesamt 2,5 Wochen.

Des Weiteren fand am 26.09.2018 eine Nährstoffanalyse des Grundwassers statt, welche Aufschluss über das DOC:N:P:K-Verhältnis geben, welches im Idealfall für den aeroben Abbau bei ungefähr 100:10:1:1 oder höher liegt. Die Analyseergebnisse zeigten, dass die Mindestanforderungen an das DOC-N-P-K-Verhältnis für einen biologischen Abbau gegeben waren, sodass eine weitere Zugabe von Nährstoffen zunächst nicht notwendig war. So sollten den Mikroorganismen ausreichend Sulfat und Nitrat als Elektronenakzeptoren zur Verfügung stehen.

Im Versuchsfeld zeigte sich im Anschluss an die pH-Werterhöhung eine nachweisbare Sauerstoffzehrung und somit eine Abnahme des Redoxpotentials. Verdeutlicht wird dies durch die Abb. 5.



Abb. 5: Redoxpotential in P3

Der Abbildung kann man eine signifikante Abnahme des Redoxpotentials in Folge der pH-Stabilisierung (Anfang Oktober 2018) entnehmen. Das optimierte Milieu verstärkte die biologischen Abbauprozesse, sodass es auch zum Verbrauch des gelösten Sauerstoffs kam. Mit der Zeit ist es wahrscheinlich, dass nachströmendes Grundwasser und der Abbau von organischem Material den pH-Wert wieder absenken ließen, so zu erkennen in Abb. 6. Mit sinkendem pH-Wert war zeitgleich der Anstieg des Redoxpotentials zu beobachten.

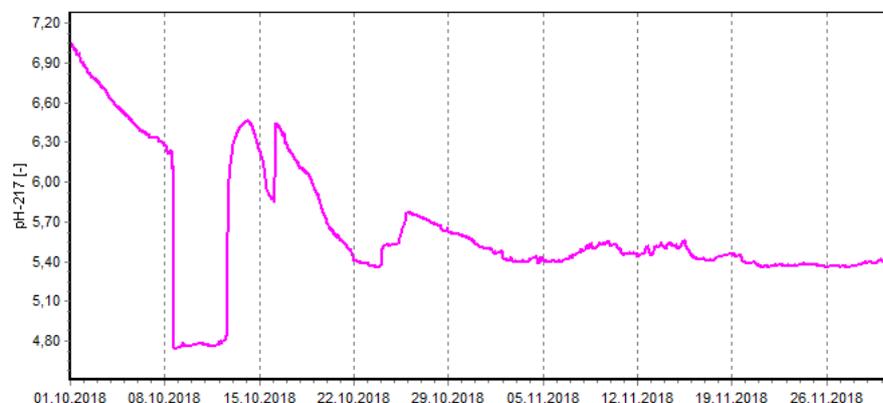


Abb. 6: pH-Wertentwicklung nach pump & refill in EP1

Zur Beurteilung, welche Auswirkungen die Optimierung der Vor-Ort-Parameter auf den Schadstoffabbau hat, erfolgte die erste Probenahme nach der pH-Wert Stabilisierung am

12.12 und 13.12.2018. Die Probenahme wurde wie bei der Nullbeprobung durchgeführt. Die Ergebnisse dazu befinden sich aus Tab. 4 zu entnehmen. Zusammenfassend zeigten die Analyseergebnisse in dieser Versuchsphase keine klare Tendenz des Schadstoffabbaus der Monoaromaten im Versuchsfeld. Es kam lediglich lokal in einigen Pegeln zur Reduktion der Schadstoffkonzentrationen, was wiederum auf den biologischen Abbau schließen lässt.

3.2.4.1 Lokale pH-Wert-Stabilisierung

Im Rahmen eines kleinen Versuchs wurde Mitte des Jahres 2019 eine pH-Wert-Stabilisierung in ausgewählten Messstellen und Tiefen durchgeführt. Zur Beobachtung wurde ein engmaschiges Monitoring (3, 7, 14, 28 Tage) nach der Stabilisierung angesetzt. Parallel wurde die Grundwasserchemie mithilfe der In-Situ-Multisonden überwacht.

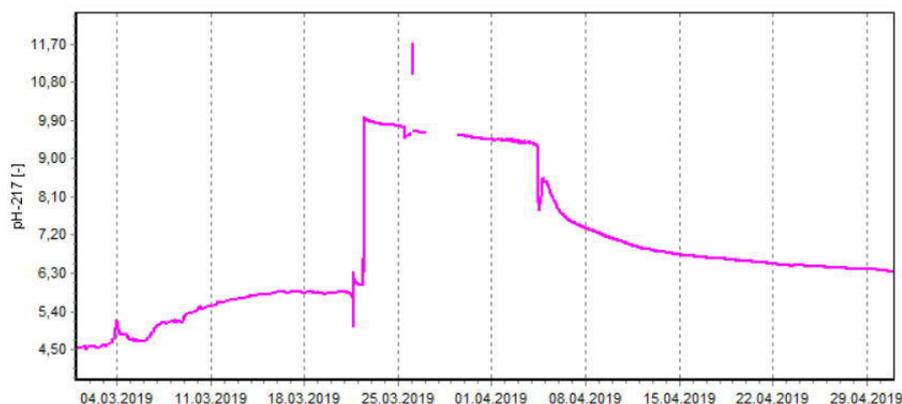


Abb. 7: Verlauf des pH-Werts in P3

Die Abb. 7 zeigt die erzeugte pH-Wert-Erhöpfung im Zeitraum des Versuchs. Es wird deutlich, dass der pH-Wert temporär über 9 angehoben werden konnte. Wie bereits zuvor beschrieben, besteht eine Wechselwirkung zwischen dem pH-Wert und der biologischen Aktivität, welche sich unter anderem dadurch äußert, dass bei den aeroben Abbauprozessen im Wasser gelöster Sauerstoff verbraucht wird.

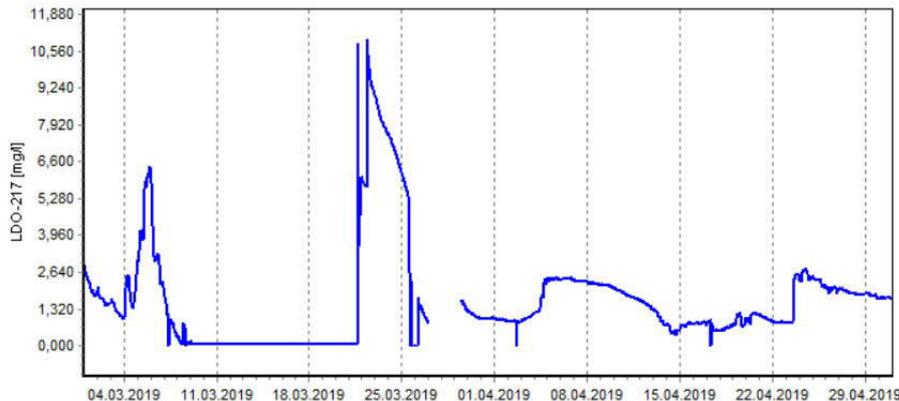


Abb. 8: Verlauf des Sauerstoffgehalts in P3

Dies wird besonders bei Betrachtung der Abb. 8 deutlich. Zu Beginn des Versuchs lag im Pegel P3 ein Sauerstoffgehalt von ca. 10 mg/l vor, der in Folge der pH-Wert-Stabilisierung sehr rasch abnahm. Der Sauerstoff wurde hierbei nahezu komplett verbraucht. Das Ergebnis dieses Versuchs stellt zudem dar, dass eine Sauerstoffzugabe nötig werden könnte, sollte der pH-Wert über einen langen Zeitraum im leicht basischen Bereich liegen.

3.2.5 Bau der Entnahme- und Infiltrationsbrunnen zur Grundwasserzirkulation

Resultierend aus der Beprobung von Dezember 2018 und der daraus deutlich gewordenen uneinheitlichen Abnahme der Schadstoffgehalte wurde Anfang 2019 eine Nivellierung der Grundwasserstände durchgeführt. Diese sollte Aufschluss über die genaue Grundwasserfließrichtung im Versuchsfeld der Abstromfahne geben.

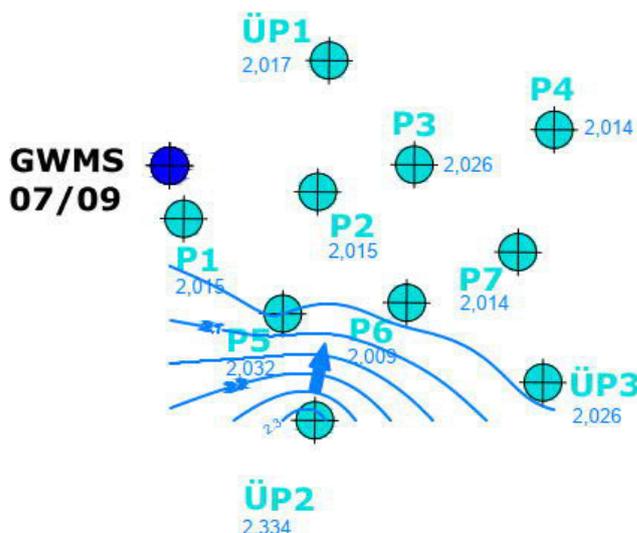


Abb. 9: Grundwasserstände im Pegelfeld vor Zirkulation

Wie sich der Abb. 9 entnehmen lässt, folgen die Grundwasserstände nicht den zu Beginn der Konzeptionierung erstellten Erwartungen. Statt eines leichten Gradienten über die verschiedenen Pegelzonen, zeichnet sich ein sehr heterogenes Bild der Wasserstände ab. Insbesondere wird deutlich, dass sich der Bereich um P5, ÜP2 und ÜP3 weder über den natürlichen Grundwasserfluss noch über die pump & refill-Methode sanieren lässt, da die Grundwasserstände hier deutlich über denen der anderen Pegel liegen.

Neben den Strömungsverhältnissen im Aquifer führt auch das Nachströmen von Wasser niedrigen pH-Werts nicht zu einer dauerhaften pH-Wert Einstellung im neutralen Bereich. Diese Punkte waren ausschlaggebend für die Installation einer dauerhaften Grundwasserzirkulation, wodurch erzwungene Strömungsverhältnisse im Versuchsfeld erzeugt werden sollten.

Das überarbeitete Konzept zur Milieustabilisierung durch dauerhafte Zirkulation sah vor im Anstrom einen Infiltrationsbrunnen (IB2) sowie zwei Entnahmebrunnen (EB1 und EB2) im Abstrom zu errichten. Die bereits vorhandene Grundwassermessstelle GWMS 07/09 fungierte fortan als zweite Infiltrationsstelle (IB1). Die neuen Brunnen wurden in DN 100 mit einer Filterstrecke im Bereich von 16,9 bis 21,9 m u. GOK (vgl. Anhang 2) versehen. Die neue Anordnung lässt sich aus Abb. 10 entnehmen.

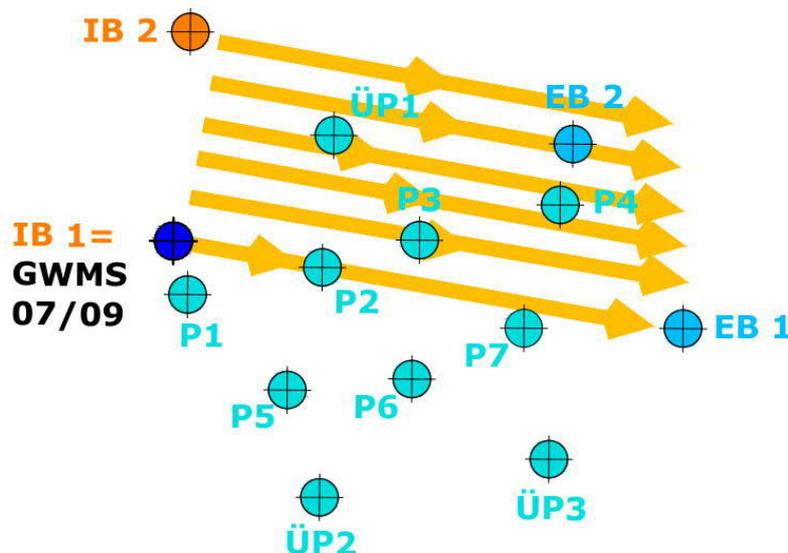


Abb. 10: Erzwungenes Fließfeld durch Zirkulationsbetrieb

Dieser Ausbau der neuen Brunnen mit einer durchgehenden Verfilterung von 16,0 – 21,9 m u. GOK (vgl. Abb. 11) sollte die pH-Wert-Stabilisierung über den gesamten Behandlungsbereich ermöglichen. Aufgrund der Erkenntnisse aus der Nivellierung der Pegel wurde das Zirkulationsfeld angepasst und weicht somit von dem ursprünglich gedachten Strömungsverlauf ab.

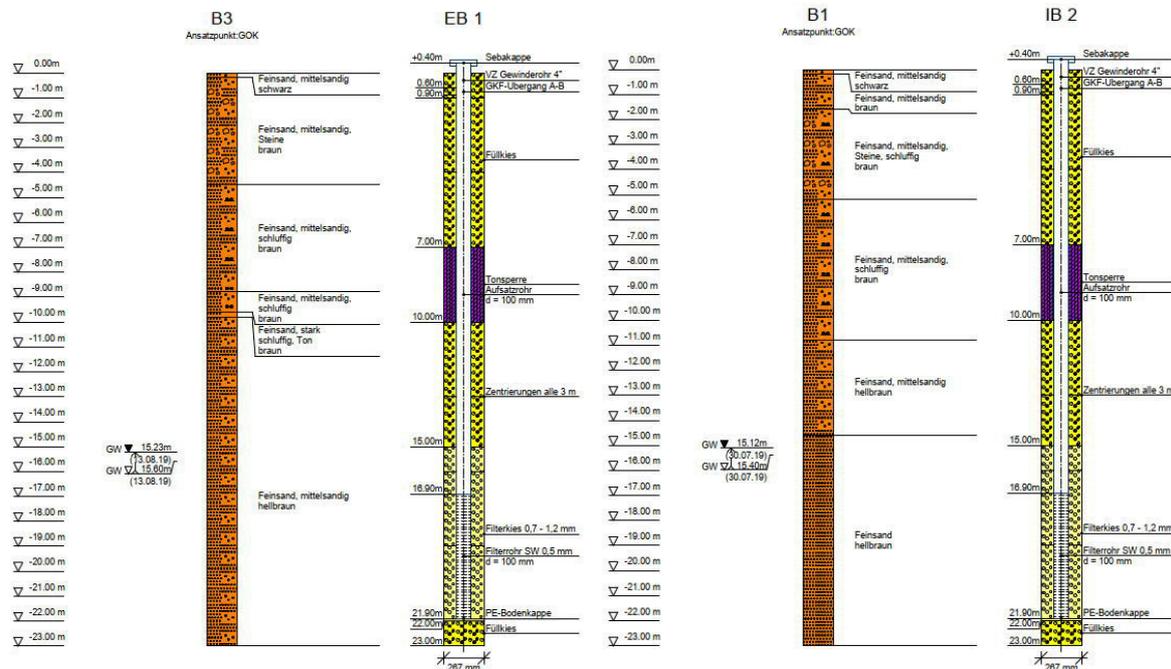


Abb. 11: Ausbau der neuen Entnahme- und Infiltrationsbrunnen (EB 1 und IB 2)

3.2.6 Homogenisierung des Aquifers durch Zirkulation und pH-Wert Anhebung

Der Zirkulationsbetrieb wurde im September 2019 gestartet. Mit Hilfe der Zirkulation sollte der biologische Abbau in Folge der Homogenisierung des Aquifers auf einen neutralen pH-Wert in zwei Stufen hervorgerufen werden. Das erste Ziel der Wasserzirkulation war die Einstellung eines ausreichenden Gradienten zwischen dem Infiltrations- und Entnahmebereich. Der zu Beginn eingestellte Volumenstrom von 0,7 m³/h pro Entnahmebrunnen erwies sich schnell als zu niedrig. Folglich wurden größere Brunnenpumpen in EB1 und EB2 installiert, sodass ein Volumenstrom von bis zu ca. 1,2 bis 1,5 m³/h gewährleistet werden konnte (vgl. Abb. 12). So wurde kontinuierlich Grundwasser aus EB1, bzw. EB2 entnommen und in den entsprechenden Infiltrationsbrunnen IB1, bzw. IB2 eingegeben, sodass sich letztlich ein Höhengradient zwischen Infiltrations- und Entnahmebrunnen von etwa 10-20 cm einstellte. Mit diesem Gradienten stellte sich ein gerichteter Grundwasserfluss im Versuchsfeld ein.

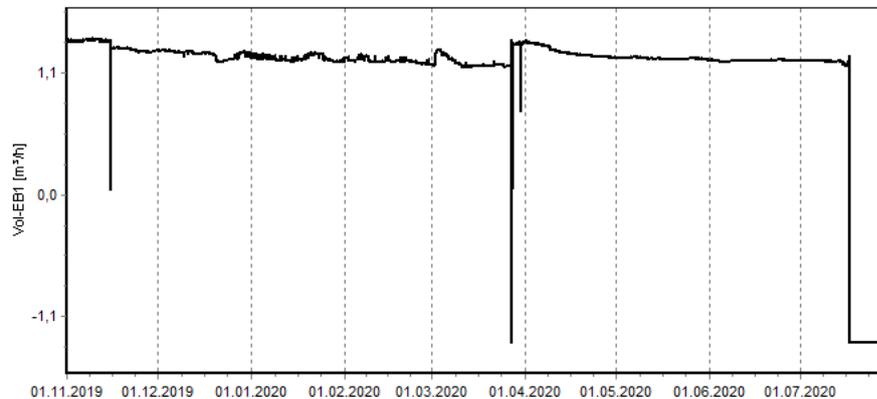


Abb. 12: Volumenstrom während der Zirkulation

Das zweite Ziel der Zirkulationsmaßnahme war die Anhebung des pH-Wertes. Die Stabilisierung des pH-Wertes im Zirkulationsfeld wurde mittels Natriumcarbonat als Pufferlösung durchgeführt. Die verdünnte Lösung wurde dem Volumenstrom der Zirkulation zugegeben und somit in die Infiltrationsbrunnen eingegeben. Mit Hilfe des Zirkulationsflusses sollte sich die Pufferlösung anschließend von den Infiltrationsbrunnen über die Pegel hin zu den Entnahmekunnen verteilen und somit im gesamten Feld zu einer Erhöhung des pH-Wertes führen.

Zur Überprüfung der getroffenen Maßnahmen vor Inbetriebnahme der Grundwasserzirkulation im September 2019 wurde, neben der bereits installierten Multisonde, eine Nullbeprobung des Feldes durchgeführt. Die Ergebnisse befinden sich in der Tab. 7. Parallel zu dieser Beprobung wurden Kohlenstoffisotopenmessungen für BTEX und MTBE durchgeführt (vgl. Tab. 5). Als Nachweis eines biologischen Abbaus gilt die Anreicherung des schweren Isotops $\delta^{13}C$ (max. 2 ‰) im Ausgangssubstrat. Bei keinem der gemessenen Einzelstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol und MTBE konnte eine signifikante Anreicherung des schweren Isotops nachgewiesen werden. Dies entspricht den Erwartungen, dass kein biologischer Abbau stattfindet, da der niedrige pH-Wert den Abbau nachweislich hemmt.

Die Überprüfung der Wirksamkeit der erzwungenen Strömung durch die Zirkulation sollten zwei Schadstoffanalysen liefern. Zum einen fand eine Beprobung der Pegel des Versuchsfeldes im März 2020 statt, während es fortlaufend zur Eingabe von Pufferlösung in den Aquifer kam. Zum anderen wurde eine Abschlussbeprobung der Maßnahme im Juli 2020 durchgeführt, bei welcher die Pufferzugabe bereits einige Zeit gestoppt war.

3.2.7 Überprüfung des Schadstoffabbaus im aeroben Redoxmilieu

Zur Untersuchung des aeroben, biologischen BTEX- und MTBE-Abbaupotentials des Standorts der Abstromfahne wurde in Zusammenarbeit mit der Uni Tübingen, Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, eine Laborstudie durchgeführt. Dafür wurden im Rahmen der Brunnenerweiterung zur Grundwasserzirkulation Bohrgutproben genommen, welche zusammen mit Proben des Standortwassers für die Analysen verwendet wurden. Vor der Analyse wurde das Sediment homogenisiert und anschließend, genau wie auch das Standortwasser, begast, um vorhandene BTEX und MTBE auszutreiben. Folgend wurden drei verschiedene Mikrokosmenansätze durchgeführt:

Ansatz I: Standortbedingungen (pH ca. 5,9)

Ansatz II: pH gepuffert (pH ~ 7,4)

Ansatz III: pH gepuffert (pH ~ 7,4) + Nährstoffe (Spurenelemente und Vitamine)

Die Sauerstoffgehalte lagen in den drei Ansätzen bei minimal 9,4 mg/l. Zur Pufferung wurden 50 ml/l einer 0,74 molaren NaHCO₃-Lösung verwendet. Zu Ansatz III wurden je 0,2 ml von Vitamin 3, Vitamin 7 und SL-10 Trace Elements Lösungen gegeben. Die Mikrokosmen wurden in 250 ml Serumflaschen mit 50 g homogenisiertem Sediment angesetzt und mit Standortwasser auf ein Volumen von 200 ml aufgefüllt. Zum Start des Abbauxperiments wurden alle Mikrokosmen mit einer Lösung von MTBE, Benzol, Toluol, ETBE und o-Xylol versetzt. Die Startkonzentration lag jeweils bei 8 mg/l. Um das Abbauverhalten in den einzelnen Mikrokosmen zu bestimmen, wurden im Verlauf des Experiments mehrere Proben zur Bestimmung der MTBE- und BTEX-Konzentrationen genommen und analysiert. Die Ergebnisse lassen sich den Diagrammen Abb. 20 bis Abb. 23 entnehmen. Dargestellt werden die Konzentrationsdaten der jeweiligen Substanz in der Wasserphase. Diese berechneten sich aus dem Verhältnis der Konzentration in der Wasser- zur Gasphase, wobei das entnommene Volumen durch die Probenahme berücksichtigt wurde.

3.2.8 Überprüfung des Schadstoffabbaus in anaeroben Redoxmilieu

Des Weiteren wurde das biologische Abbaupotential des Standorts nicht nur für aerobe Bedingungen analysiert, sondern auch für ein anaerobes Milieu. Dafür wurden die oben genannten Mikrokosmenansätze nach 150 Tagen mit je 0,5 ml Melasselösung versetzt. In Folge dessen wurden anaerobe Abbaubedingungen geschaffen, die sich auf das Abbauverhalten der MTBE und BTEX auswirkten. Auch diese Ergebnisse finden sich in den Diagrammen Abb. 20 bis Abb. 23 wieder.

4. Ergebnisse und Diskussion

Im Verlauf des Feldversuchs zur Sanierung der Schadensfahne des Verladebahnhofs II in Bremen Farge fanden über 30 Monate unterschiedliche, weiterentwickelte Maßnahmen zur Aktivierung des biologischen Abbaus von BTEX und MTBE statt. Grundlage getroffener Maßnahmen stellten Messergebnisse dar, die im Folgenden aufgeführt und bewertet werden.

4.1 Nullbeprobung und Bewertung des Versuchsfeldes

Zu Beginn des Feldversuchs fand eine Nullbeprobung des Standortes in 03-2018 statt, welcher Aufschluss über die derzeitige Situation und die Abbaubedingungen geben sollte. Die Tab. 1 zeigt die Ergebnisse der SOD-Bestimmungen des Bohrguts, welches im Rahmen des Pegelbaus analysiert wurde.

4.1.1 Oxidationsmittelbedarf des Aquifers

Tab. 1: Analyseergebnisse der SOD-Bestimmung des Bohrguts

Parameter	P 1 21-23 m	P 2 19-21m	P 3 17-19 m	P 4 21-23 m	P 5 19-21 m	P 6 17-19 m	P 7 19-21 m	ÜP1 17-19 m	ÜP2 15-17 m	ÜP3 21-23 m
Trocken- masse [%]	77,9	76,4	78,5	69,6	76	78,4	79,5	85,1	77,8	78,2
PSOD-T1 [g KMnO ₄ /kg TS]	23,5	23,5	19	25,3	6,7	3,3	15,5	20,9	4,5	8,1

Die Ergebnisse der SOD-Bestimmung zeigen einen Trend in der Verteilung des Oxidationsmittelbedarf im Versuchsfeld. So ist im Bereich des ersten Eingaberiegels der Bedarf mit >20 g KMnO₄/kg TS deutlich am höchsten. Passend zu den Ergebnissen war der Eingaberiegel 1 zur Injektion von Sauerstoff gedacht. Auch im Rahmen der Grundwasserzirkulation wird zukünftig dieser Bereich als erstes die Zugabe von erforderlichen Chemikalien erfahren. Beispielsweise ist es denkbar dem Zirkulationsvolumenstrom Oxidationsmittel, wie z.B. Permanganat zuzugeben und so für eine Aerobisierung des Aquifers zu sorgen.

4.1.2 Schadstoffkonzentrationen im Versuchsfeld vor Feldversuch

Vor Beginn der Sanierungsversuche der Abstromfahne wurde ebenfalls eine Nullbeprobung im März 2018 seitens der Schadstoffe durchgeführt. Diese sollte aufzeigen, welche Gehalte die Schadstoffe im Grundwasser aufweisen und wie diese über das Versuchsfeld verteilt sind. Die Analyseergebnisse sind in der Tab. 2 dargestellt.

**Abschlussbericht In-situ Feldversuch
Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II**



Tab. 2: Analyseergebnisse der Nullbeobachtung des Versuchsfelds

Parameter	P 1			P 2			P 3			P 4			P 5		
	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]
pH-Wert [-]	5,2	5,2	5,2	4,6	4,6	4,6	5,3	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,5	5,2
Redoxpotential [mV]	389	230	399	573	582	587	409	391	406	413	384	387	526	434	461
Sauerstoffgehalt [mg/l]	1,1	1,1	3,4	10	10,1	10	4,7	0,6	4,7	2	0,4	1,5	7,4	4,8	7,1
Benzol	3100	3600	2700	170	120	120	4200	7500	4000	3400	6600	5400	31	58	31
Toluol	30	43	34	3	2,1	1,8	38	72	50	38	66	61	1,2	0,9	0,6
Ehtylbenzol	570	800	580	42	31	27	710	1200	810	690	1300	1100	9,9	13	8,9
o-Xylol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m-,p-Xylol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe Xylole	960	1300	1000	99	70	61	770	2400	1600	1300	2400	2000	26	31	21
Summe BTEX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trimethylbenzole	310	390	300	29	22	20	400	750	480	370	710	590	7,6	11	7,5
Summe BTEX	4970	6133	4614	343	245,1	229,8	6118	11922	6940	5798	11076	9151	75,7	113,9	69
MTBE	1100	1000	700	41	33	35	1100	1700	1000	680	1200	910	11	21	9,8
tert.-Butanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Abschlussbericht In-situ Feldversuch
Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II**



Parameter	P 6			P 7			ÜP 1			ÜP 2			ÜP 3		
	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]
pH-Wert [-]	4,9	4,9	5	4,6	4,7	4,6	5,2	5,2	5,2	4,7	4,6	4,6	5,1	5	5
Redoxpotential [mV]	532	529	513	544	563	576	356	349	362	597	641	685	451	472	486
Sauerstoffgehalt [mg/l]	9,4	9,7	9,2	10	9,8	9,3	0,4	0,3	0,7	7,2	7,8	8,3	2,2	5,6	6,7
Benzol	23	62	89	2,4	14	30	5000	5800	4400	0,1	0,1	0,1	2700	1000	650
Toluol	0,6	0,7	1	0,2	0,3	0,8	49	61	47	< 0,1	< 0,1	< 0,1	30	16	11
Ehtylbenzol	7,5	11	15	2,5	3,8	9	1300	1700	1000	< 0,1	< 0,1	< 0,1	560	240	190
o-Xylol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m-,p-Xylol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe Xylole	15	19	24	5,6	9,5	21	1700	2300	1800	0,3	0,3	0,3	1300	580	380
Summe BTEX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trimethylbenzole	5,6	7,3	9,6	2,2	2,5	7,3	520	630	500	0,2	0,2	0,2	420	200	120
Summe BTEX	51,7	100	138,6	12,9	30,1	68,1	8569	10491	7747	0,6	0,6	0,6	5010	2036	1351
MTBE	15	28	40	< 1,0	4,3	6	1400	1300	930	< 1,0	< 1,0	< 1,0	530	220	140
tert.-Butanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Insgesamt liegen die BTEX-Konzentrationen sehr heterogen verteilt vor. Die höchsten Gehalte fallen vornehmlich in mittlerer Tiefe von 18,5 m und reichen bis ca. 12.000 µg/l. Die MTBE-Konzentrationen folgen diesem Trend, sodass hohe Gehalte der beiden Schadstoffe zumeist gebündelt auftreten. Auffällig ist in diesem Fall, dass die höchsten Schadstoffbelastungen im rechten Bereich des Versuchsfeldes vorliegen (ÜP1, P3, P4 und P7). Nachfolgend war es später aufgrund dessen auch das Ziel, diesen Bereich mithilfe der Zirkulation zu erreichen und so sanieren zu können. Im Gegensatz dazu fällt auf, dass der Bereich um P5, P6 und ÜP2 kaum Kontaminationen aufweist. Dies könnte auf den Grundwasserfluss zurückzuführen sein. Wie in Kapitel 3.2.5 gezeigt, besteht hier ein Gradient des Grundwasserstandes, wodurch nachströmendes Wasser vom Verladebahnhof nicht zu den genannten Pegeln gelangt. Weiterhin lassen sich der Tab. 2 entnehmen, dass die Summenkonzentration von BTEX zum größten Teil von Benzol und Xylol geprägt wird, wohingegen Ethylbenzol und besonders Toluol in sehr geringem Maße im Grundwasser vorhanden sind. Wie bereits zuvor beschrieben, bewegte sich der pH-Wert des Feldes im leicht sauren Bereich, was sich hemmend auf die Abbaubedingungen der Schadstoffe auswirkte. Im Gegensatz dazu zeigte sich jedoch, dass das Redoxpotential des Standortes höher als erwartet ausfiel, wie die Abb. 13 zeigt.

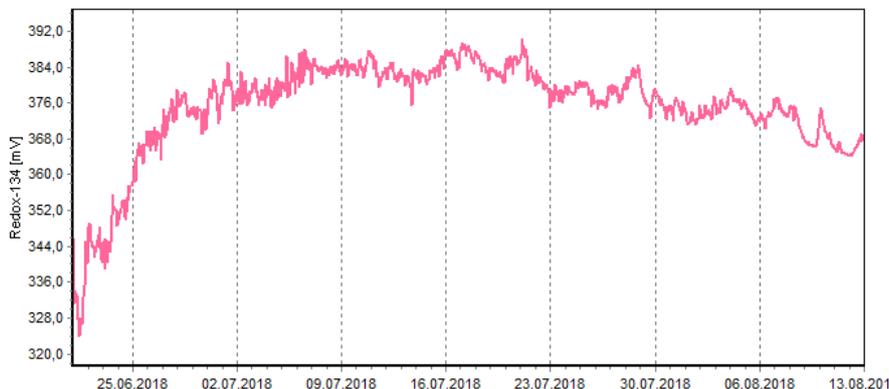


Abb. 13: Verlauf des Redoxpotentials in P3

Aufgrund dieser Erkenntnisse rückte man von der ursprünglichen Zielsetzung, das Testfeld zu aerobisieren, vorerst ab und fokussierte sich auf die Optimierung der biologischen Abbaubindungen, indem der pH-Wert stabilisiert wurde.

4.2 Betrieb passive pH-Stabilisierung

Mithilfe der Maßnahme den pH-Wert anzuheben und zu stabilisieren, sollte die biologische Aktivität im Versuchsfeld erhöht werden, sodass die Abbauprozesse aktiviert werden. Wie sich beispielsweise in der Abb. 14 zeigt, konnte der pH-Wert temporär sehr stark angehoben werden.

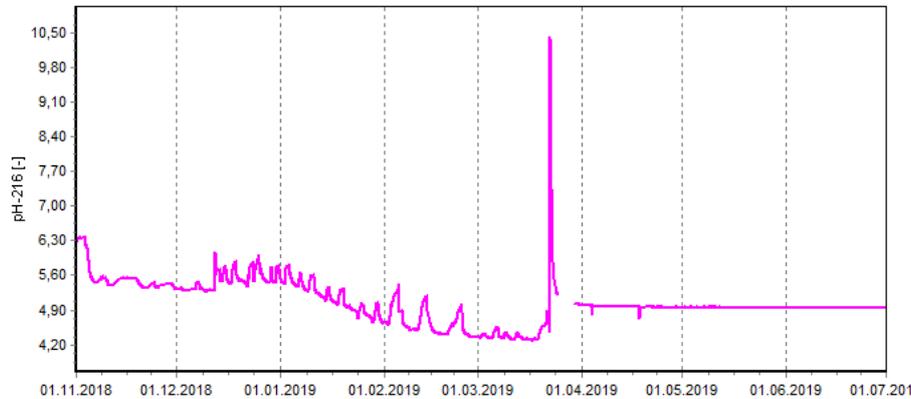


Abb. 14: pH-Wertentwicklung während pump & refill in ÜP1

Im Anschluss an die pH-Werterhöhung auf etwa pH 6,4 folgte eine stätige Abnahme über ca. vier Monate bis sich der Wert wieder unter 5 eingependelt hatte. Infolge des Grundwasserflusses kam es zur Verteilung und Austreibung der Pufferlösung im Versuchsfeld. Damit zeigte sich besonders, dass eine punktuelle Eingabe der Pufferlösung nicht eine großflächige Homogenisierung der Abbaubedingungen im Feld nach sich zieht. Resultierend aus der lokalen pH-Wertstabilisierung wurden dennoch Verbesserungen der biologischen Abbaubedingungen im Aquifer erzielt. Dies zeigte sich zunächst, wie bereits beschrieben, unter anderem in der Abnahme des Redoxpotentials und dem Verbrauch an gelöstem Sauerstoff. Folgend wurden weitere Analysen durchgeführt, welche die Veränderungen der Milieuverbesserung bestätigen sollten. So stellte sich in Folge der MPN-Tests heraus, dass die Gesamtkeimzahlen und Eisen(III)-Reduzierer mit erhöhtem pH-Wert anstiegen (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Analyseergebnisse des MPN-Tests

Parameter	P2	P2	GWM07/09	P4	ÜP3	ÜP3
	Mrz 18 18,5 m	Dez 18 18,5 m	Mrz 18 21,5 m	Dez 18 21,5 m	Mrz 18 18,5 m	Dez 18 18,5 m
Gesamtkeimzahl (aerob)	1,10E+04	1,10E+05	1,60E+05	4,20E+06	4,20E+04	1,10E+05
Eisen(III)-Reduzierer	4,20E+03	4,20E+05	1,60E+03	3,60E+06	1,10E+04	5,60E+04
BTEX-Verwerter (aerob)	4,50E+03	1,10E+03	4,90E+03	2,60E+04	6,90E+03	4,60E+03

Die MPN-Analyse lässt einen Zusammenhang zwischen der Zunahme der Mikroorganismen und dem Absinken des Redoxpotentials und des Sauerstoffgehalts zu. Die biologischen Prozesse der genannten Organismen laufen allesamt aerob ab. Folglich nimmt die Sauerstoffzehrung mit größerer Anzahl zu. Insgesamt konnte somit also ein Anstieg der biologischen Aktivität nachgewiesen werden. Hingegen machen die Analysen jedoch auch deutlich, dass die BTEX-Verwerter mit dem gestiegenen pH-Wert nicht zunahmen. Die Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte werden in der Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4: Analyseergebnisse der Beprobung des pump & refill

Parameter	P 1			P 2			P 3			P 4			P 5		
	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]
pH-Wert [-]	4,9	5,4	4,9	6,1	5,3	5,2	6,6	6,1	6	6,5	6,3	5,5	4,7	4,8	4,7
Redoxpotential [mV]	435	487	544	435	487	544	510	532	552	471	491	535	590	588	625
Sauerstoffgehalt [mg/l]	2,8	5,4	5,5	8,4	4,4	4,5	>20	>20	>20	9,2	11,4	7,5	11,9	11,9	10,7
Benzol	3660	2490	70	639	2000	285	17	210	6	1100	930	80	6	22	4
Toluol	34	41	< 1	5	28	5	< 1	2	< 1	10	17	< 1	< 1	< 1	< 1
Ehtylbenzol	691	580	15	106	479	83	7	43	5	256	222	10	8	7	6
o-Xylol	690	500	14	107	599	92	15	41	4	243	402	13	5	8	5
m-,p-Xylol	738	620	14	120	530	77	7	49	4	285	256	11	6	7	4
Cumol	62	63	6	12	50	7	< 1	4	< 1	20	19	4	2	1	< 1
n-Propylenbenzol	33	26	< 1	3	23	3	< 1	2	< 1	10	8	1	< 1	< 1	< 1
Summe BTEX	5908	4320	119	992	3709	552	46	351	19	1924	1854	119	27	45	19
1,3,5-Trimethylbenzol	95	87	2	14	70	7	2	9	< 1	31	35	< 1	< 1	< 1	< 1
1,2,4-Trimethylbenzol	255	200	4	33	173	15	2	14	< 1	67	73	3	2	2	< 1
1,2,3-Trimethylbenzol	84	36	< 1	8	51	5	< 1	1	< 1	16	2	< 1	< 1	< 1	< 1
Summe BTEX	6342	4643	125	1047	4003	579	50	375	19	2038	1964	122	29	47	19
MTBE	1300	280	19	280	170	46	66	53	7	630	210	33	1,1	26	0,9
tert.-Butanol	-	< 0,1	-	-	-	< 0,1	< 0,1	-	-	-	-	< 0,1	< 0,1	-	-

**Abschlussbericht In-situ Feldversuch
Tanklager Bremen Farge Verladebahnhof II**



Parameter	P 6			P 7			ÜP 1			ÜP 2			ÜP 3		
	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]	21,5 m [µg/l]	18,5 m [µg/l]	16 m [µg/l]
pH-Wert [-]	4,9	4,9	5	5,6	5,5	5,7	6,2	5,5	5,2	4,9	4,6	4,9	5,4	5,5	5,4
Redoxpotential [mV]	528	525	510	458	459	545	377	438	512	614	651	626	499	513	528
Sauerstoffgehalt [mg/l]	7,7	9,9	10,7	18,3	11,2	28,1	1,5	1,9	3,8	7,7	8,3	8,8	7	6,3	7,2
Benzol	273	39	19	1420	1710	44	433	3320	307	3	2	16	9	222	51
Toluol	3	< 1	< 1	24	33	< 1	3	47	3	< 1	< 1	< 1	< 1	6	1
Ehtylbenzol	54	7	3	333	418	18	58	758	18	2	3	12	7	55	16
o-Xylol	91	24	8	346	306	14	36	1140	117	2	2	12	5	25	13
m-,p-Xylol	52	10	5	340	444	17	65	863	55	1	3	11	3	48	9
Cumol	6	2	< 1	37	45	2	7	77	13	< 1	< 1	1	< 1	8	1
n-Propylenbenzol	3	< 1	< 1	15	21	1	3	39	3	< 1	< 1	< 1	< 1	3	< 1
Summe BTEX	482	82	35	2515	2977	96	605	6244	516	8	10	52	24	367	91
1,3,5-Trimethylbenzol	9	3	< 1	44	57	2	8	116	11	< 1	< 1	1	< 1	8	2
1,2,4-Trimethylbenzol	17	2	< 1	119	144	4	10	327	34	< 1	< 1	3	< 1	16	5
1,2,3-Trimethylbenzol	8	2	< 1	26	20	< 1	3	103	8	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1
Summe BTEX	516	89	35	2704	3198	102	626	6790	569	8	10	56	24	392	98
MTBE	95	180	53	290	270	11	170	630	52	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	33	8
tert.-Butanol	-	-	-	-	-	-	-	< 0,1	-	-	-	-	-	-	-

Vergleichend zu den Analyseergebnissen der Nullbeprobung kam es zu einigen Veränderungen der Schadstoffgehalte im Versuchsfeld. Es ist eine deutliche Verschiebung der Schadstofffront zu erkennen. Lagen die hohen Gehalte im März 2018 besonders im Bereich des ersten Eingabepegels, lassen sich an den Werten aus Dezember 2018 eine deutliche Zunahme der Konzentrationen im zweiten Eingaberiegel erkennen. Dieses Ergebnis lässt allerdings weniger Rückschlüsse auf den biologischen Abbau zu, sondern wird hauptsächlich auf den Grundwasserfluss zurückzuführen sein. Wie in Kapitel 3.2.5 erläutert, lässt sich der Grundwasserfluss nicht wie in der Konzeptionierung erwartet beschreiben. Stattdessen wird der Bereich um P5, ÜP2 und ÜP3 kaum durchströmt, weshalb die Schadstoffgehalt in diesem Bereich auch sehr gering sind. Stattdessen fließt das Wasser über ÜP1, P2 und P3 in Richtung P4, P6 und P7 ab. Bei Betrachtung der Analyseergebnisse in Tab. 4 wird daher deutlich, dass sich die Schadstofffront genau in diese Richtung verschoben hat. Verdeutlicht wird diese Annahme auch durch die Tab. 5.

Tab. 5: Ergebnisse der Kohlenstoffisotopenmessung ($\delta^{13}\text{C}$) im September 2019

Parameter	Kohlenstoffisotop $\delta^{13}\text{C}$		
	P 1 [‰]	P 4 [‰]	ÜP 1 [‰]
Benzen	-30,4	-30,5	-30,9
Toluol	-18,5	-17,6	-18,6
Ethylbenzen	-29,8	-30,3	-30,4
m-, p-Xylol	-29,1	-29,7	-29,8
o-Xylol	-29	-29,2	-29,3
MTBE	-30,8	-30,8	-30,8

Die Tabelle stellt die Anreicherung des Kohlenstoffisotops $\delta^{13}\text{C}$ in P1, P4 und ÜP1 dar. Dieses gilt als Indikator für den biologischen Schadstoffabbau. Dabei wird eine Anreicherung des schweren Isotops von 2 ‰ im Ausgangssubstrat als Abbau angenommen ($\delta^{13}\text{C}$ wird positiver). Signifikante Anreicherungen des schweren Isotops wurden in keinem der gemessenen Stoffe gefunden. Darauf basierend kann anhand der Kohlenstoffisotopenmessung kein biologischer Abbau in den gemessenen GWM nachgewiesen werden. Bestätigt wird dies des Weiteren auch durch die Tab. 6.

Tab. 6: Ergebnisse der Kontrolle des aeroben MTBE-Abbaus anhand von tert-Butanol (Dezember 2018)

Parameter	P 1	P2	P 3	P 4	P5	ÜP1
	18,5 [µg/l]	16 [µg/l]	21,5 [µg/l]	18,5 [µg/l]	21,5 [µg/l]	18,5 [µg/l]
tert-Butanol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Im Zuge des aeroben Abbaus von MTBE fällt tert-Butanol als Abbauprodukt an. Eine Anreicherung dieser Verbindung im Grundwasser ließe demnach auf einen MTBE-Abbau schließen. Die Ergebnisse der Laboranalyse zeigen jedoch für keinen der beprobten Pegel einen Nachweis von tert-Butanol, weshalb ein MTBE-Abbau ausgeschlossen werden kann. Aufgrund dessen wurde fortführend die Grundwasserzirkulation im Feldversuch errichtet.

4.3 Betrieb Grundwasserzirkulation mit pH-Stabilisierung

Im Rahmen der Grundwasserzirkulation wurde kontinuierlich Wasser aus den Entnahmebrunnen EB 1 und EB 2 gefördert, mit einer Pufferlösung versetzt und anschließend wieder in das Versuchsfeld über die Infiltrationspegel eingegeben. Dabei konnte bis zum Abschalten der Anlage am 17.07.20 ein kontinuierlicher Volumenstrom von ca. 1,25 m³/h (EB1 – IB1) bis 2 m³/h (EB2 – IB2) aufrechterhalten werden. Daraus ergab sich der gewünschte Grundwassergradient im Versuchsfeld. Wie die Tab. 7 aufzeigt, konnten die Grundwasserstände insbesondere im Vergleich zur Nullnivellierung am 28.02.2019 künstlich beeinflusst werden. Neben der deutlichen Absenkung in den Entnahmebrunnen sowie der hohen Überstauung in den Infiltrationsbrunnen, lässt sich auch im Zirkulationsfeld eine Entwicklung des Wasserstandes detektieren. Den Infiltrationsbrunnen naheliegende Pegel (P1, P2, ÜP1) weisen einen deutlich höheren Wasserstand auf als die Pegel im Bereich der Entnahmebrunnen (P3, P4, P7). Den Werten vom 11.11.19 zufolge bildete sich deutlich ein erzeugter Höhengradient von bis zu 20 cm im Pegelfeld aus (vgl. Anhang 4).

Tab. 7: Grundwasserstände der Brunnen und Pegel vor und während Zirkulation

Brunnen / Pegel	Grundwasserstand		
	28.02.2019 ohne Zirkulation [m über NN]	01.10.2019 Zirkulation Summe 1,4 m ³ /h [m über NN]	11.11.2019 Zirkulation Summe 3,2 m ³ /h [m über NN]
IB 1	-	2,359	4,039
IB 2	-	2,422	5,242
EB 1	-	1,603	1,793
EB 2	-	1,762	1,882
P 1	2,015	2,040	1,980
P 2	2,015	2,025	1,975
P 3	2,026	1,998	1,798
P 4	2,014	1,949	1,789
P 5	2,032	2,060	1,960
P 6	2,009	2,004	1,864
P 7	2,014	1,959	1,759
ÜP 1	2,017	2,019	1,949
ÜP 2	2,334	2,159	2,009
ÜP 3	2,026	1,951	1,831

Neben der Einstellung des Höhengradienten kam es während der Grundwasserzirkulation weiterhin zu pH-Stabilisierung. Infolgedessen wurde Puffer zur Feldstabilisierung über den gesamten Zeitraum von September 2019 bis Mai 2020 infiltriert. Die Auswirkungen hiervon sind in den nachfolgenden Abbildungen (Abb. 15 und Abb. 16) zu erkennen.

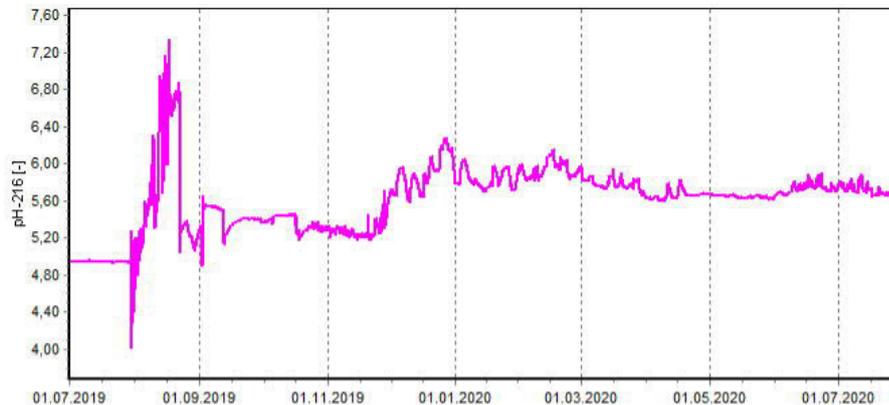


Abb. 15: pH-Wert während Grundwasserzirkulation in ÜP1

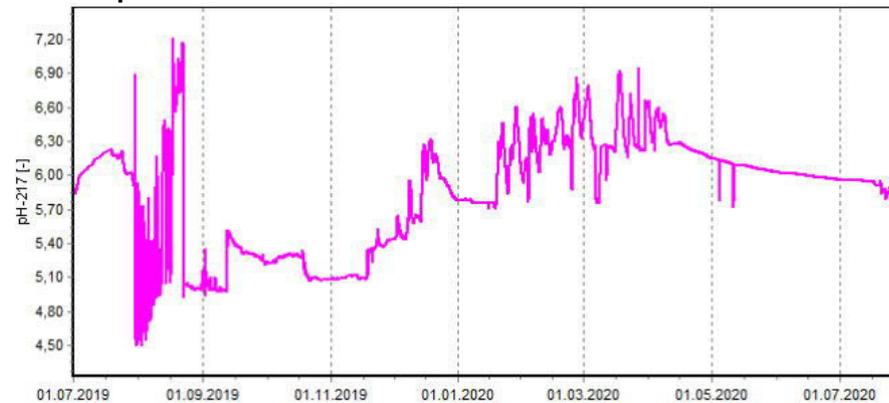


Abb. 16: pH-Wert während der Grundwasserzirkulation in EP1

In beiden aufgeführten Pegeln zeigt sich zu Beginn der Zirkulation ein starker Anstieg des pH-Wertes, welcher auf eine hohe Dosierung der Pufferlösung zurückzuführen ist. Folgend wurde die Zugabe etwas reduziert und der Puffer verteilte sich über das gesamte Versuchsfeld. Hierbei ist zu erkennen, dass sich der pH-Wert insgesamt, trotz einiger Schwankungen, bei etwa pH 6 eingependelt hat. Somit liegt der stabilisierte pH-Wert ca. 1 bis 1,5 höher als im umliegenden Aquifer. Außerdem ist er stabil und erreicht das gesamte Zirkulationssystem, was den Erfolg der Zirkulationsmaßnahme verdeutlicht. Wie bereits im Verfahren pump & refill nimmt der veränderte pH-Wert Einfluss auf die alle anderen wasserchemischen Parameter sowie dem biologischen Abbaupotential der Schadstoffe im System. Beispielhaft sind in Abb. 17 und Abb. 18 die Verläufe des Redoxpotentials dargestellt.

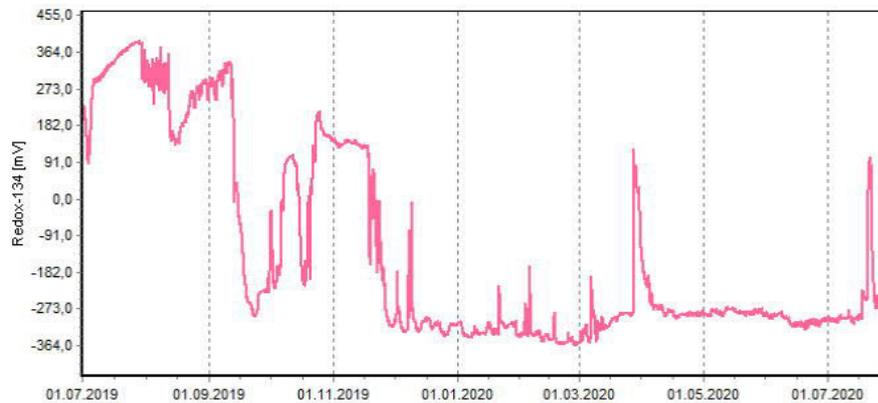


Abb. 17: Redoxpotential während der Grundwasserzirkulation in P3

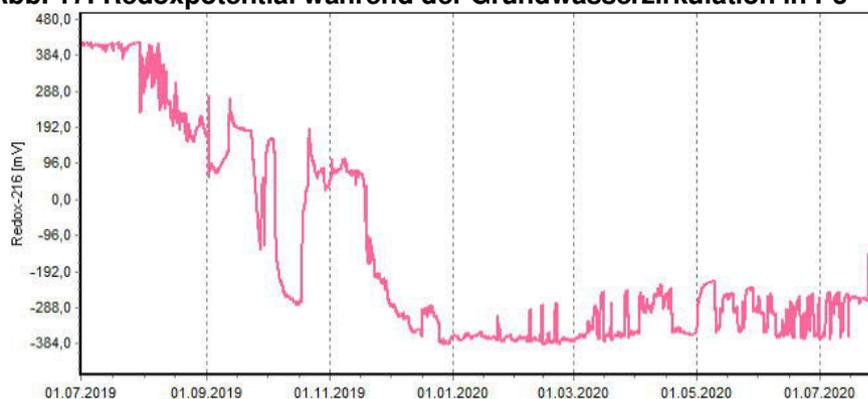


Abb. 18: Redoxpotential während der Grundwasserzirkulation in ÜP1

Wie sich den Abbildungen entnehmen lässt, ähneln sich die Verläufe des Redoxpotentials. Zu Beginn der Grundwasserzirkulation wiesen sie mit über 300 mV eine gute Grundlage für den aeroben Abbau auf. Im Zuge der Zirkulation und der damit einhergehenden pH-Werterhöhung kam es zu einer deutlichen Reduktion der Redoxpotentiale. Über einen Zeitraum von sechs Monaten sanken die Potentiale um etwa 600 mV bis sie sich schließlich im Bereich von -300 mV stabilisierten. Folglich müssen im Grundwasser des Versuchsfeldes Prozesse stattgefunden haben, die Sauerstoff gezehrt haben und das Redoxpotential somit absenken ließen. Eine weitere Beprobung im März 2020 sollte Aufschluss darüber geben, ob es dabei zu aeroben Abbauprozessen von BTEX und MTBE kam.

Als Bewertungsgrundlage der Wirksamkeit der Grundwasserzirkulation wurde zu Beginn des Zirkulationsbetriebs im September 2019 zunächst eine weitere Schadstoffanalyse durchgeführt. Dabei wurden die Parameter Benzol, BTEX und MTBE beprobt. Die Ergebnisse sind in Tab. 8 aufgeführt.

Tab. 8: Analyseergebnisse der Nullbeprobung vor dem Zirkulationsbetrieb

Parameter	P 1	P 3	P 4	P 7	IB 1	IB 2	EB 1	EB 2
	18,5 m [µg/l]							
Benzol	2100	440	2200	2100	460	1400	2800	3700
BTEX	3714	764	3810	4334	789	2341	5631	7964
MTBE	290	37	220	260	52	130	270	220

Die Ergebnisse der Analyse zeigen für die Pegel keine signifikanten Änderungen der Gehalte im Vergleich zur letzten Feldbeprobung im Dezember 2018. Weiterhin wird deutlich, dass sowohl die BTEX als auch die MTBE-Gehalte in den Entnahmebrunnen sehr hoch liegen. Somit wird außerdem deutlich, dass die Schadstofffront schon über das Versuchsfeld hinaus gewandert ist. Die erste Überprüfungsbeprobung des Zirkulationsbetriebs fand im März 2020 statt. Die Ergebnisse dazu befinden sich in der Tab. 9.

Tab. 9: Analyseergebnisse der Überprüfungsbeprobung des Zirkulationsbetriebs

Parameter	P 1	P 2	P 3	P 4	P 7	ÜP 1	IB 1	IB 2	EB 1	EB 2
	18,5 m [µg/l]									
Benzol	360	380	400	190	410	480	360	540	590	180
BTEX	466,8	475,4	481,4	258,5	506,2	590,9	503,1	658,5	776,4	283,3
MTBE	74	66	71	67	79	86	81	130	130	62

Die Ergebnisse führen sichtbar auf, dass sich mithilfe der Grundwasserzirkulation die Schadstoffgehalte in allen Pegeln signifikant reduziert haben. Dies gilt insbesondere für Benzol und BTEX. Bei MTBE sind die Abnahmen der Konzentrationen deutlich geringer. Auffällig ist des Weiteren, dass sich die Schadstoffgehalte homogenisiert haben und in allen Pegeln nahezu gleich hoch sind. Diese Erkenntnis spricht dafür, dass die erzwungene Zirkulation des Grundwassers vor allem zu einer Verteilung und somit zu einer Homogenisierung im Aquifer führt. Es lässt den Rückschluss zu, dass mithilfe der Zirkulation das gesamte Versuchsfeld erreicht wird. Weiterhin könnten die reduzierten Schadstoffgehalte auf BTEX-Abbauprozesse zurückzuführen sein. Wie bereits beschrieben, setzen diese eher ein, als der Abbau von MTBE.

Eine abschließende Beurteilung über die Maßnahme Grundwasserzirkulation sollte die Abschlussbeprobung des Betriebs am 20.07.2020 geben. Neben der Analyse der Schadstoffkonzentrationen konnten vor Ort auch die pH-Werte der Pegel und Brunnen bestimmt werden. Zusammengefasst sind die Analyseergebnisse in der folgenden Tab. 10.

Tab. 10: Analyseergebnisse der Abschlussbeprobung des Zirkulationsbetriebs

Parameter	P 1 18,5 m [µg/l]	P 2 18,5 m [µg/l]	P 3 18,5 m [µg/l]	P 4 18,5 m [µg/l]	P 7 18,5 m [µg/l]	ÜP 1 18,5 m [µg/l]	IB 1 18,5 m [µg/l]	IB 2 18,5 m [µg/l]	EB 1 18,5 m [µg/l]	EB 2 18,5 m [µg/l]
pH-Wert	5,4	4,5	5,4	5,3	5,2	5,7	6,2	6,3	5,7	5,7
Benzol	230	2,4	240	100	12	420	23	23	230	88
Toluol	1,3	1,3	1,6	0,9	0,5	1,3	0,3	<0,1	0,9	1,1
Ethylbenzol	13	0,7	4,1	1,4	0,4	10	<0,1	<0,1	<0,1	2,3
Xylole	7,7	1,8	9,6	2,6	1,3	6	29	4	23	55
Trimethylbenzol	4,9	0,8	4,4	1,5	0,6	3,3	8,2	1,1	9,6	20
Summe BTEX	256,9	7	259,7	106,4	14,8	440,6	60,5	28,1	263,5	166,4
MTBE	50	<0,1	51	37	4,6	61	45	74	74	54

Auch die Abschlussbeprobung stellt den Erfolg der Grundwasserzirkulation in Relation zur Nullbeprobung deutlich dar. Alle Schadstoffkonzentrationen konnten signifikant reduziert werden. Zudem zeigt sich, dass sich mit Ausnahme von Pegel 2 ein homogener, stabiler pH-Wert im Versuchsfeld eingestellt hat.

Vergleichend zu den Ergebnissen aus dem März 2020 lässt sich eine weitere, erhebliche Reduktion der Schadstoffgehalte erkennen. Neben den Infiltrationsbrunnen verringerten sich die BTEX- und MTBE-Konzentrationen insbesondere in P4 und P7 nochmals um über 90 %. Auch in den restlichen Brunnen und Pegeln ist eine Abnahme um ca. 50 % ersichtlich. Die Gründe liegen, wie bereits genannt, in den Folgen der Zirkulation und der daraus resultierenden Homogenisierung des Versuchsfeldes. Fortführend kann durch die Zirkulation des Grundwasser auch das Austreiben dieses aus der Lokalität des Feldes verringert werden, sodass die Wirksamkeit der Grundwasserzirkulation als Maßnahme für eine Abstromfahne bekräftigt wird.

Zur Überprüfung, ob die Schadstoffreduktion auf Abbauprozesse oder lediglich auf die Homogenisierung des Grundwassers zurückzuführen ist, wurden in Zusammenarbeit mit der Uni Tübingen Mikrokosmenuntersuchungen durchgeführt, die den BTEX- und MTBE-Abbau unter Feldversuchsbedingungen simulierten.

4.3.1 Aerobes und anaerobes mikrobielles Abbaupotential von BTEX und MTBE

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Entwicklungen der MTBE-, Benzol-, Toluol-, ETBE- und o-Xylol-Konzentrationen der Mikrokosmenuntersuchungen. Die verschiedenen Ansätze der Mikrokosmen wurden in Kapitel 3.2.7 beschrieben. Die gestrichelte Linie bei 150 Tagen gibt jeweils den Zeitpunkt an, ab dem die Milieubedingungen von aerob auf anaerob umgestellt wurden.

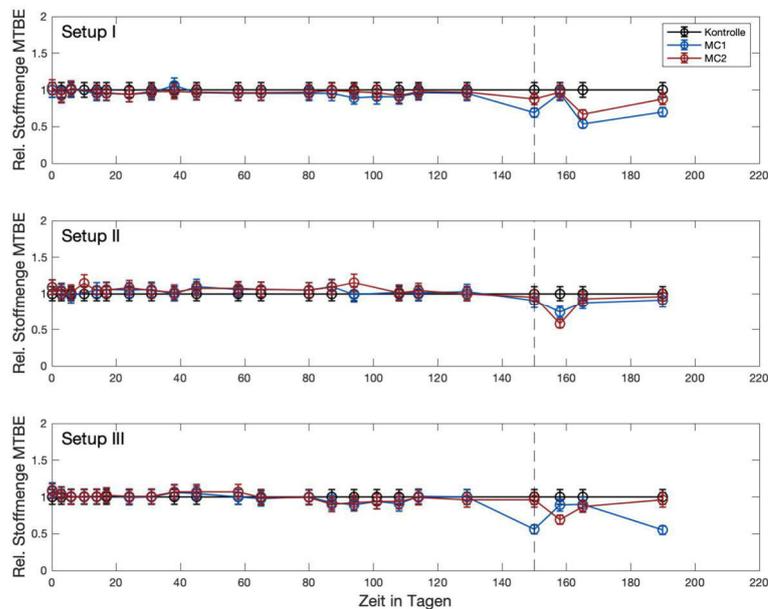


Abb. 19: Relative Stoffmenge von MTBE über die Dauer des Abbauxperiments unter aeroben (bis 150 Tage) und anaeroben (ab 150 Tage) Redoxbedingungen

Der Abb. 19 lassen sich die Veränderungen der MTBE-Gehalte über den Versuchszeitraum in Relation zu einer Kontrollprobe entnehmen. Dabei wird deutlich, dass sich für alle drei Ansätze im Verlauf der aeroben Bedingungen kein signifikanter Abbau der Schadstoffe einstellt. Mit dem Wechsel in den anaeroben Bereich konnte hingegen eine erkennbare Reduktion der MTBE-Stoffmenge detektiert werden. Dabei zeichnen sich jedoch kaum Unterschiede zwischen den verschiedenen Ansätzen ab, weshalb die Untersuchungen keinen Aufschluss darüber geben, ob ein stabilisierter pH-Wert von 7,56 oder die Zugabe von Nährstoffen den MTBE-Abbau fördert. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, besonders im aeroben Bereich, dass möglicherweise eine hemmende Wirkung des Abbaus aufgrund der BTEX-Anwesenheit im Grundwasser vorliegt.

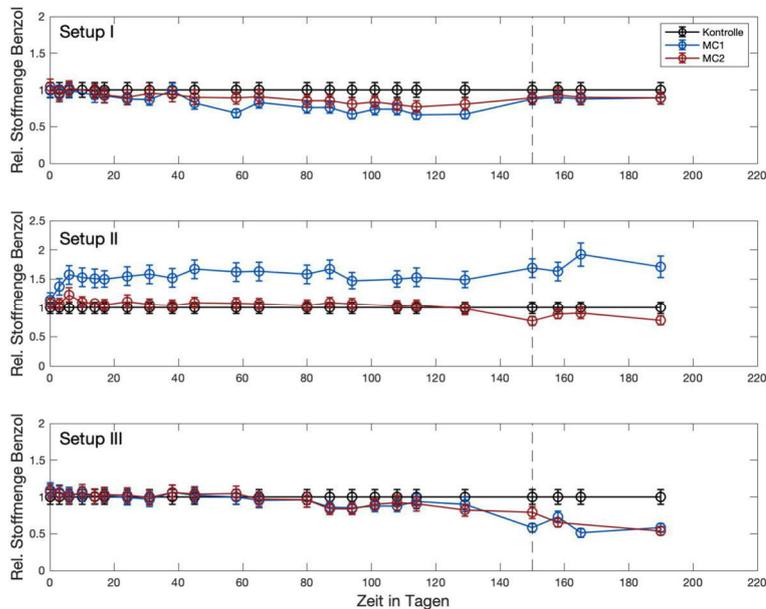


Abb. 20: Relative Stoffmenge von Benzol über die Dauer des Abbauxperiments unter aeroben (bis 150 Tage) und anaeroben (ab 150 Tage) Redoxbedingungen

Die Laboranalysen für Benzol (s. Abb. 20) zeigen für die Ansätze I und II weder unter aeroben noch anaeroben Bedingungen einen biologischen Abbau. Hingegen konnte in Ansatz III mit der Umstellung auf anaerobe Bedingungen ab Tag 150 in beiden Mikrokosmen ein signifikanter Umsatz von Benzol detektiert werden. Somit lassen die Untersuchungen den Schluss zu, dass mittels Zugabe von Vitaminen und Spurenelementen in Kombination mit anaeroben Bedingungen der biologische Abbau von Benzol am Standort in Farge stimuliert werden kann.

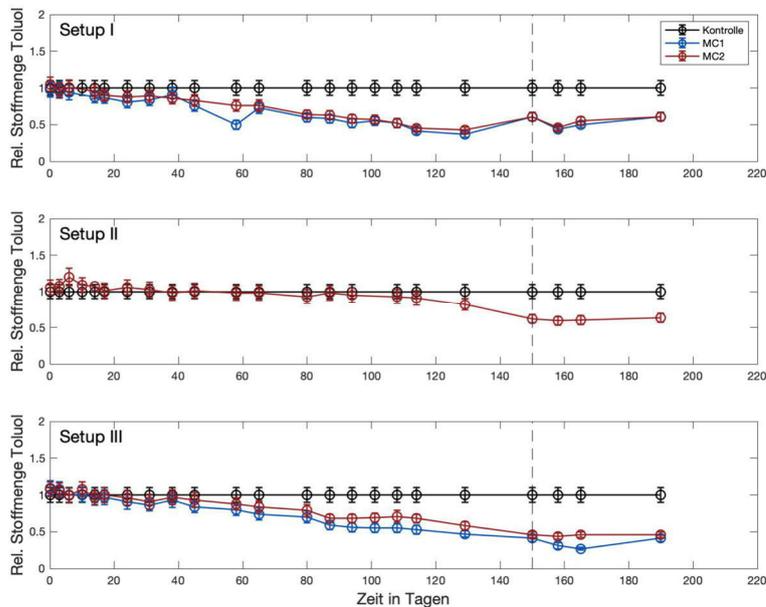


Abb. 21: Relative Stoffmenge von Toluol über die Dauer des Abbauexperiments unter aeroben (bis 150 Tage) und anaeroben (ab 150 Tage) Redoxbedingungen

Für Toluol zeigt sich in allen drei Ansätzen eine deutliche Abnahme (ca. 50 %) der relativen Stoffmenge im aeroben Milieu (vgl. Abb. 21). Im Anschluss an die Umstellung auf anaerobe Bedingungen konnte keine weitere Abnahme gemessen werden. So findet der biologische Abbau von Toluol am Standort unabhängig von Puffer- und Nährstoffzugabe unter aeroben Bedingungen statt, wohingegen ein anaerobes Milieu die Abbauaktivität stark hemmt.

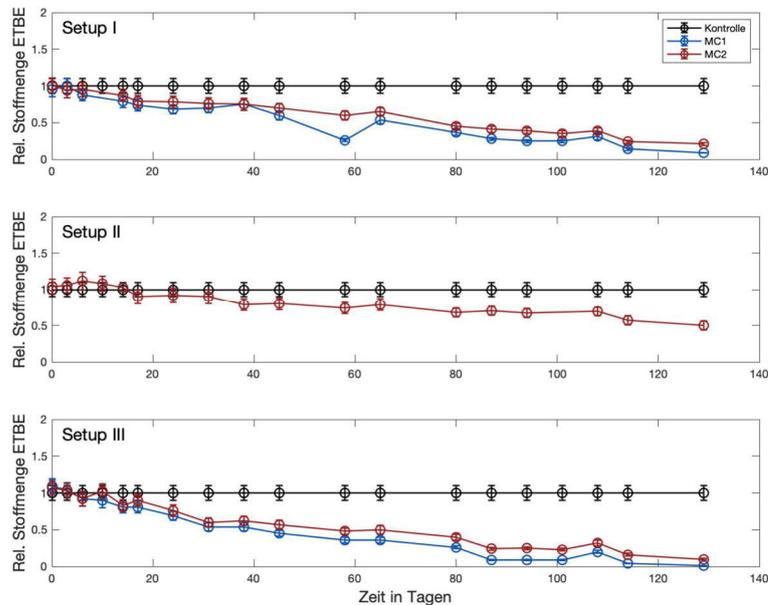


Abb. 22: Relative Stoffmenge von ETBE über die Dauer des Abbauxperiments unter aeroben (bis 150 Tage) und anaeroben (ab 150 Tage) Redoxbedingungen

ETBE verhält sich ähnlich wie Toluol. Unter aeroben Bedingungen konnte für alle drei Ansätze ein starker Abbau festgestellt werden, bei den Ansätzen I und III war nach 129 Tagen sogar ein vollständiger Umsatz in den Mikrokosmen eingetreten (vgl. Abb. 22). Demnach findet der biologische ETBE-Abbau in der Abstromfahne unabhängig von Puffer und Nährstoffen statt.

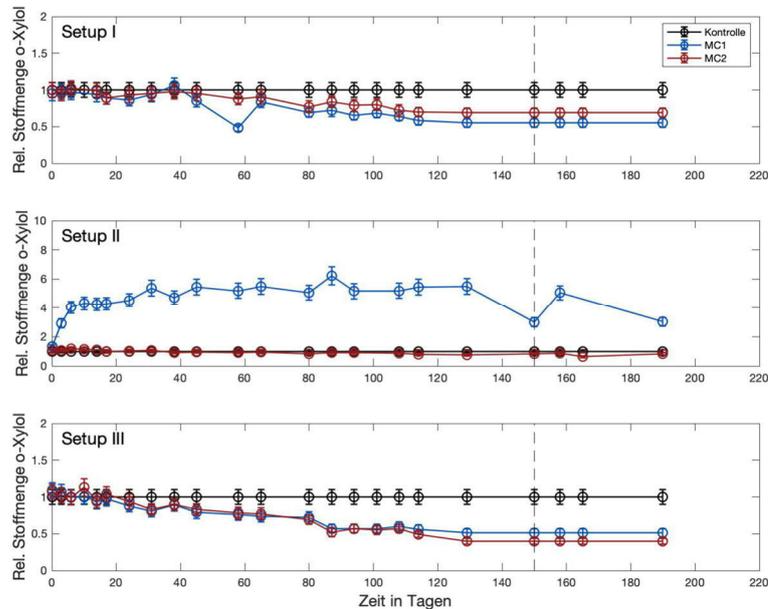


Abb. 23: Relative Stoffmenge von o-Xylol über die Dauer des Abbauxperiments unter aeroben (bis 150 Tage) und anaeroben (ab 150 Tage) Redoxbedingungen

Auch o-Xylol zeigt unter aeroben Bedingungen einen abnehmenden Verlauf. Lediglich für den Ansatz II konnte weder unter aeroben noch unter anaeroben Bedingungen eine Abnahme der relativen Stoffmenge bestimmt werden. Die Zugabe von Melasse führte in der Folge zu keiner weiteren Veränderung der o-Xylol-Gehalte. Somit ist davon auszugehen, dass auch der o-Xylol-Abbau am Standort unter aeroben Bedingungen stattfinden kann. Zusammenfassend zeigten die Mikrokosmen-Analysen, dass in der Abstromfahne des Verladebahnhofs am Standort Bremen Farge ein biologischer Abbau von Toluol, ETBE und o-Xylol nachgewiesen werden konnte. Der Abbau verlief bevorzugt unter aeroben Bedingungen ab, während anaerobe Bedingungen zumeist hemmend wirkten. Im Gegensatz dazu konnte ein Abbau von Benzol lediglich im anaeroben Milieu und unter Zugabe von Puffer und Nährstoffen detektiert werden. Der biologische Abbau von MTBE lag kaum vor, was für eine hemmende Wirkung der biologischen Aktivität durch ein Vorliegen von BTEX-Verbindungen spricht.

5. Erkenntnisse aus den Feldversuchen zur großmaßstäblichen Anwendung

5.1 Erkenntnisse aus dem Feldversuch

Mit den ursprünglich geplanten Sanierungsfeld aus Überwachungspegel, Infiltrationspegel und Kontrollpegel und einer passiven Grundwasserströmung konnten die vorab festgelegten Ziele des Feldversuchs zunächst nicht erreicht werden. Ursache dafür war, dass die Durchlässigkeit des Untergrundes selbst zwar ausreichend war, eine homogene Aerobisierung sowie eine Verteilung der erforderlichen Reagenzien aber durch stark schwankende Wasserstände im Pegelfeld keinen homogenen Grundwassergradient aufzeigten was keine natürliche zielgerichtete Ausbreitung ermöglichte. Des Weiteren wurde im Versuchsfeld mit der Erstbeprobung im März 2018 ein durchschnittlicher pH-Wert von $\text{pH} < 5$ gemessen, was einen mikrobiologischen Abbau einiger Schadstoffkomponenten zum Teil hemmt bzw. keinen Abbau zulässt. Erst nach der Einrichtung des Grundwasserzirkulationsfeldes mit den beiden Entnahmehrunden EB 1 und EB 2 den Infiltrationsbrunnens IB 2 sowie der Nutzung des bestehenden Brunnens GWMS 07/09 als IB 1, konnte mit einem Grundwasserzirkulationsvolumenstrom von ca. $3,2 \text{ m}^3/\text{h}$ eine homogene ausgerichtete Strömungsrichtung des Grundwassers erzeugt und eine Verteilung der Reagenzien und somit eine Einstellung des erforderlichen Redoxmilieus erzielt werden.

Nach dem Umbau des passiven Versuchsfeldes auf ein aktives Grundwasserzirkulationsfeld wurden fast alle wesentlichen Ziele des Feldversuchs erreicht. Es gab aber auch Ziele, die nur teilweise oder gar nicht erreicht wurden.

Erreichte Ziele

- 1) Durch das Grundwasserzirkulationsfeld wurde die Schadstofffahne hydraulisch abgeschnitten und im Reaktorfeld die nachströmenden Schadstoffe aus der Schadensquelle mittels In-situ Sanierungsverfahren aerob bzw. anaerob mikrobiell weitestgehend mineralisiert.
- 2) Die räumliche Erfassung und Beeinflussung der physikalisch-chemischen Parameter durch das Pegelfeld mit Hilfe der tiefendifferenzierten Beprobung und Messung war erfolgreich.
- 3) Im Bereich des Zirkulationsfeldes wurde eine steuerbare zielgerichtete Grundwasserführung im Versuchsfeld erzeugt.
- 4) Durch den Umbau vom passiven Versuchsfeld in ein aktives Grundwasserzirkulationsfeld konnte das hydraulische System und die zielgerichtete Reagenzienzugabe auf die eingesetzten In-situ Sanierungsverfahren so abgestimmt werden, dass das erforderliche Redoxmilieu dauerhaft stabil blieb.
- 5) Im Bereich des Versuchsfeldes wurden unterschiedliche in-situ Verfahren zeitlich sequentiell miteinander kombiniert

Nicht erreichte Ziele

- 6) Die Machbarkeit bestimmter mikrobiologischer Sanierungseffekte konnten nachgewiesen werden. Allerdings gelang es nicht, die dafür erforderliche Zeitdauer zu bestimmen. Die BTEX-Gehalte im Bereich des gesamten Versuchsfeldes haben deutlich abgenommen, die sich jedoch nicht ausschließlich auf die aerob bzw. anaeroben mikrobiologischen Abbauprozesse zurückführen lassen. Die Verifizierung des mikrobiologischen Abbaus von MTBE konnte nur in schwacher Form nachgewiesen werden, deshalb ist davon auszugehen, dass der Rückgang der Schadstoffgehalte nicht nur auf die in-situ Sanierungsverfahren zurückzuführen ist, sondern auch auf Verdünnungseffekte durch den Betrieb der Grundwasserzirkulation.

5.2 Anwendung des Verfahrens als hydraulische Schadstoffbarriere für das Abschneiden der Abstromfahne

5.2.1 Anwendung und Grundkonzeption

Anhand der gewonnenen Ergebnisse und Betriebserfahrungen aus dem Feldversuch konnte die prinzipielle Machbarkeit und Effizienz der In-situ Sanierungsverfahren bestätigt werden. Die aufgetretenen Probleme mit den hydraulischen und wasserchemischen Randbedingungen konnten behoben werden. Mit Hilfe des Feldversuchs konnten Möglichkeiten der Optimierung im Hinblick auf ein zielgerichtetes, erfolgreiches Abschneiden der Abstromfahne aufgezeigt werden.

Zusammenfassend wird eine Kombination folgender innovativer Sanierungsverfahren als sinnvoll und zielführend angesehen:

- Grundwasserzirkulationsreaktor (GZR) mit Entnahmebrunnen und Eingabepiegel zur Erzeugung einer Grundwasserzirkulation sowie einer Zugabemöglichkeit vor der Reinfiltration bezüglich Reagenzien zur Einstellung des erforderlichen wasserchemischen Parameter
- Kombination aerober und anaerober mikrobiologischer In-situ Sanierungsverfahren zur Schadstoffreduktion
- Reinigungsstufe für Restkonzentrationen aus dem Zirkulationswassers mittels einer Adsorptionsstufe

Es sei darauf hingewiesen, dass das ursprüngliche Sanierungskonzept und die Maßnahmen zu dessen Optimierung keinesfalls als starr verstanden werden dürfen. In Abhängigkeit des Sanierungsverlaufs sollte, sofern erforderlich, eine kontinuierliche Anpassung der Sanierungsmaßnahmen zum Erreichen des Sanierungsziels erfolgen.

5.2.2 Technische Umsetzung der hydraulischen Schadstoffbarriere

Das Kernstück des hydraulischen Systems bilden die Grundwasserzirkulationsreaktoren GZR 1-6, die so angeordnet sind, dass die Abstromfahne hydraulisch vollständig erfasst wird und keine Schadstoffe diese Barriere passieren können (vgl. Abb. 25). Dieses stellt eine wesentliche Veränderung zur ursprünglichen Feldversuchskonzeption mit aktiver Grundwasserzirkulation dar.

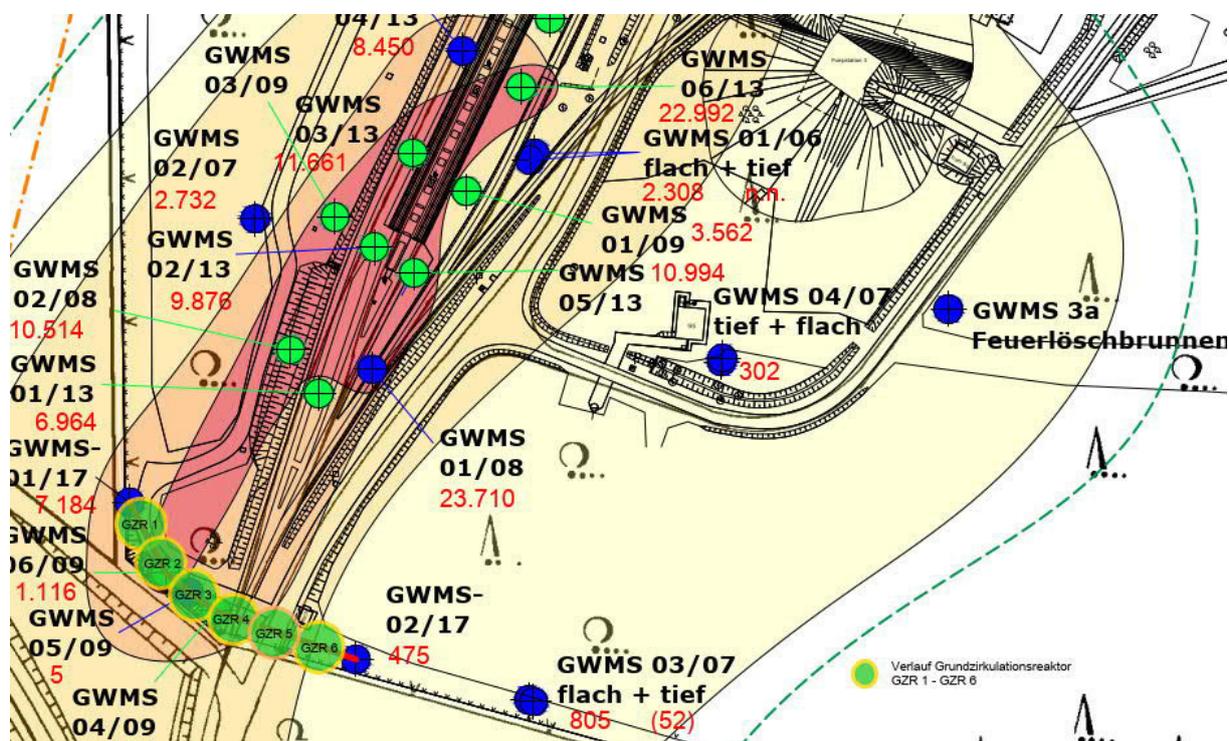


Abb. 24: Abstomsicherung über Grundwasserzirkulationsreaktoren (GZR)

Durch die Grundwasserentnahme und Reinfiltration bildet sich eine Grundwasserzirkulationswalze um den jeweiligen Entnahmebrunnen aus (vgl. Abb 26). Über diese Zirkulationswalze werden je nach wasserchemische Erfordernis Reagenzien in den Förderstrom infiltriert und somit über den gesamten Reaktorraum des GZR zu den Schadstoffen transportiert, um dort zu wirken.

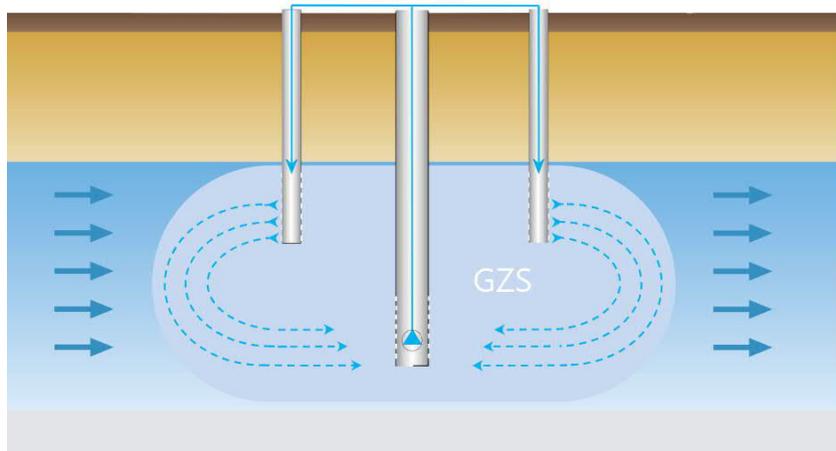


Abb. 25: Schematische Darstellung Grundwasserzirkulation

Abströmendes Wasser fließt aus dem Schadstoffzentrum in den Erfassungsbereich der Zirkulationsreaktoren. Dort wird es hydraulisch erfasst und die mitgeführten Schadstoffe mikrobiell mineralisiert. Vor der Reinfiltration wird der Zirkulationsstrom über eine Adsorptionsstufe geleitet. Diese dient als Reinigungsstufe für Restkonzentrationen, welche mikrobiell nicht zerstört werden können.

Der Durchsatz je Zirkulationsreaktor ist mit ca. 3 – 4 m³/h veranschlagt. Der mittlere Filterabstand ist so ausgewählt, dass von einem effektiven Wirkradius von ca. 8 – 10 m auszugehen ist.



Unterlagen Pegelbohrung

Bauvorhaben:

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zuernweg 1
21217 Seevetal

Anbei folgende Unterlagen:

- * Das Schichtenverzeichnis mit Ausbauplan
- * Das Schichtenverzeichnis
- * Einmessskizze
- * Fotos der Bohrarbeiten

Wir danken für Ihren Auftrag!

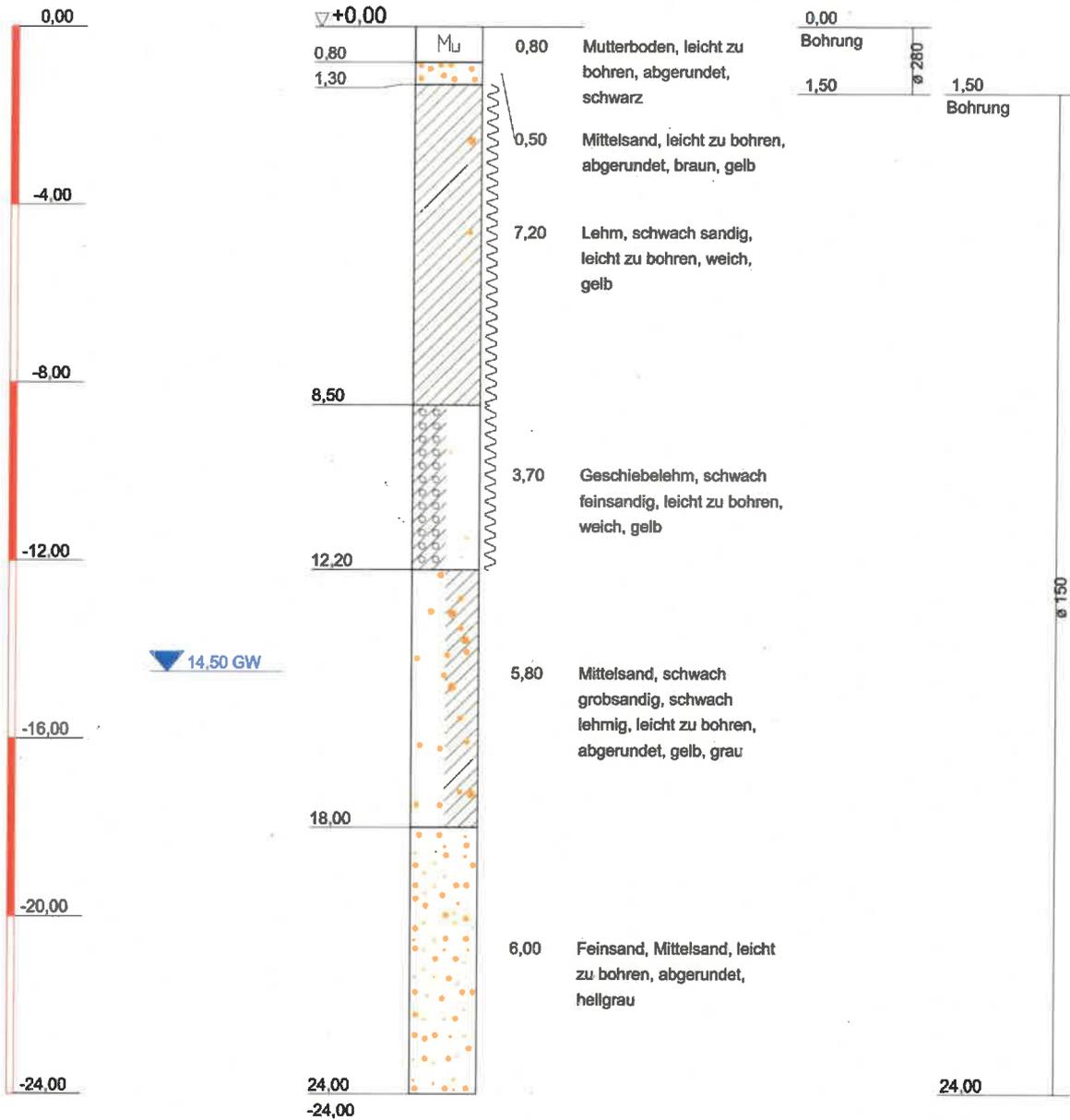


Erdbohrtechnik Brüntjen GmbH • Omonikastr. 6b • 26655 Westerstede
Tel: 0 44 88 / 5 22 66-6 • Fax: 0 44 88 / 5 22 66-9 • Info@erdbohren.de • www.erdbohren.de
Amtsgericht Oldenburg • HRB 201389 • Geschäftsführer: Marc Brüntjen

Pegelbohrung 1 -11

Schichtenprofil

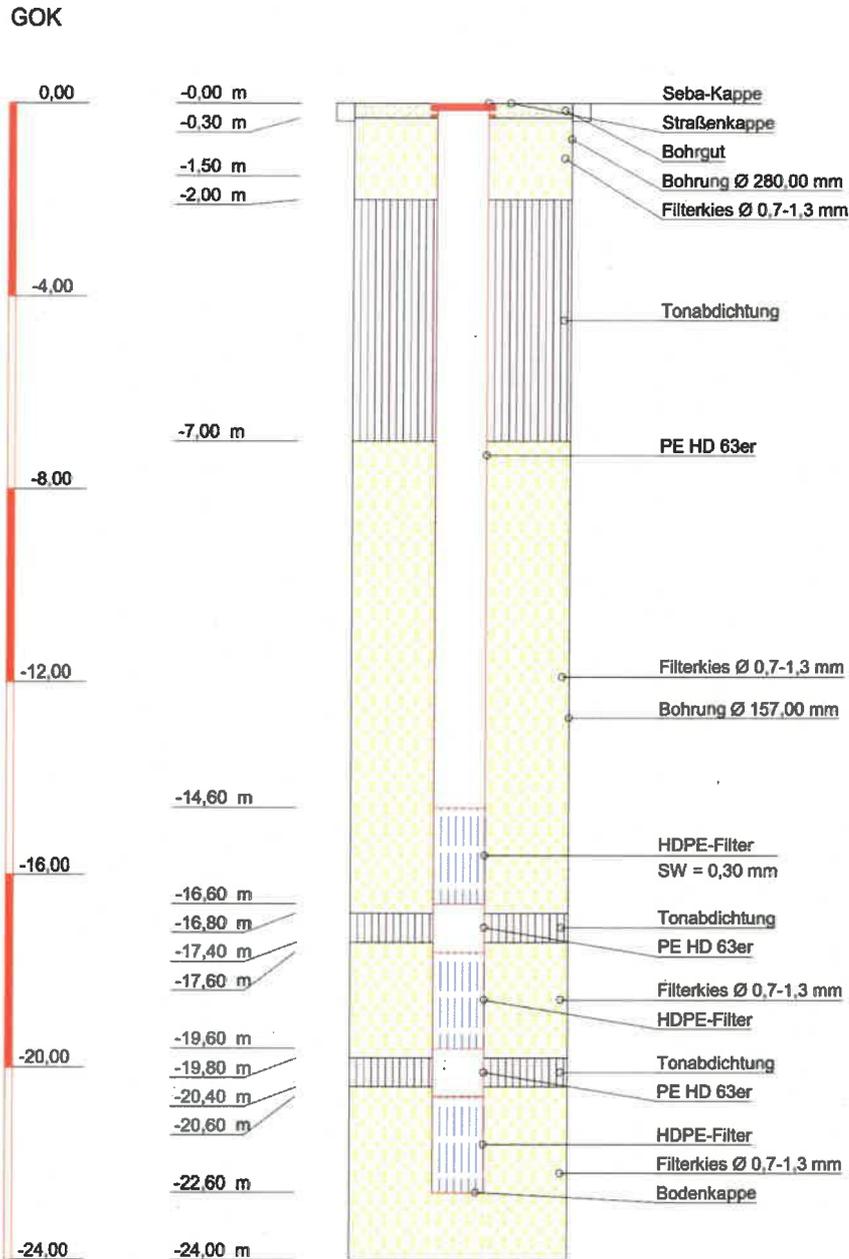
GOK



<p><b style="color: red;">Erdbohrtechnik</p> <p>Brüntjen GmbH</p> <p>Omorikastr. 6b 26655 Westerstede Tel.: 04488/52266-6 Fax: -9</p>	<p>Bauvorhaben: Pegel 1 - 11 Bremen-Farge</p> <p>Planbezeichnung: Züblin Umwelttechnik GmbH Zuernweg 1 21217 Seevetal</p>	Plan-Nr:
		Projekt-Nr: P17-0322
		Datum: 29.01.18
		Maßstab: 1 : 150
		Bearbeiter: Silke Hilla

Pegel 1 - 11

Ausbauzeichnung



Erdbohrtechnik

Brüntjen GmbH

Omorikastr. 6b
26655 Westerstede
Tel.: 04488/52266-6 Fax: -9

Bauvorhaben:

Pegel 1 - 11
Bremen-Farge

Planbezeichnung:

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zuernweg 1
21217 Seevetal

Plan-Nr:

Projekt-Nr: P17-0322

Datum: 29.01.18

Maßstab: 1 : 150

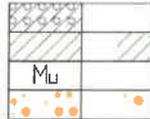
Bearbeiter: Silke Hilla

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER
Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab.1
▼ Ruhewasserstand

BODENARTEN

Geschiebelehm		Lg
Lehm	lehmig	L l
Mutterboden		Mu
Sand	sandig	S s



KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

NEBENANTEILE

'	schwach (< 15 %)
—	stark (ca. 30-40 %)
"	sehr schwach; " sehr stark

KONSISTENZ

wch	weich
abg	abgerundet

BOHRVORGANG

lzb	leicht zu bohren
-----	------------------

Bauvorhaben:

Pegel 1 - 11
Bremen-Farge

Planbezeichnung:

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zuernweg 1
21217 Seevetal

Plan-Nr:

Maßstab: 1 : 150

Erdbohrtechnik
Brüntjen GmbH
Omorikastr. 6b
26655 Westerstede
Tel.: 04488/52266-6 Fax: -9

Bearbeiter: Silke Hilla

Datum:

Gezeichnet: Silke Hilla

29.01.18

Geändert:

Gesehen: Marc Brüntjen

Projekt-Nr: P17-0322

SCHICHTENVERZEICHNIS

Kopfblatt zum Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben

Bohrung: **Pegelbohrung 1 -11 / Blatt 0**

Karte i.M. 1: Nr:

Gitterwerte des Bohrpunktes: Rechts:

Name des Kartenblattes:

Ort, in oder bei dem die Bohrung liegt: **Bremen-Farge**

Hoch:

Zweck der Bohrung: **Pegelbohrung**

Kreis:

Höhe des Ansatzpunktes in m über NHN: **0,00**

Baugrund:

(Ansatzpunkt **0,00** m über Gelände)

Auftraggeber: **Züblin Umwelttechnik GmbH, Zuernweg 1, 21217 Seevetal**

Objekt:

Bohrunternehmer: **Erdbohrtechnik Brüntjen GmbH**

Geräteführer: **Karsten Schröder**

Geböhrt vom **21.11.17** bis **04.12.17**

Endteufe: **24,00** m unter Ansatzpunkt ¹⁾

Bohrlochdurchmesser: bis **1,50** m **280,00** mm, bis **24,00** m **157,00** mm ²⁾

Bohrverfahren bis **24,00** m **Spülbohrung**

Zusätzliche Angaben bei Wasserbohrungen:

Filter: von **14,60** m bis **16,60** m unter Ansatzpunkt Ø **0,00** mm Art: **HDPE-Filter**

von **17,60** m bis **19,60** m unter Ansatzpunkt Ø **0,00** mm Art: **HDPE-Filter**

Kiesschüttung: von **0,30** m bis **2,00** m unter Ansatzpunkt, Körnung: **0,70 - 1,25 mm**

von **7,00** m bis **16,80** m unter Ansatzpunkt, Körnung: **0,70 - 1,25 mm**

Abdichtung (Wassersperre): von **2,00** m bis **7,00** m unter Ansatzpunkt

von **16,80** m bis **17,40** m unter Ansatzpunkt

von **19,80** m bis **20,40** m unter Ansatzpunkt

Wasserstand **in Ruhe** **14,50** m unter Ansatzpunkt

Beharrungszustand erreicht? **Nein**

Unterschrift des Geräteführers

i. A. Schröder

Fachtechnisch bearbeitet von

am **13.2.2018**

Proben nach Bearbeitung aufbewahrt bei

Anzahl: **0**

unter Nr.:

¹⁾ bei Schrägbohrungen = Bohrlänge

²⁾ Verrohrte Strecken sind unterstrichen

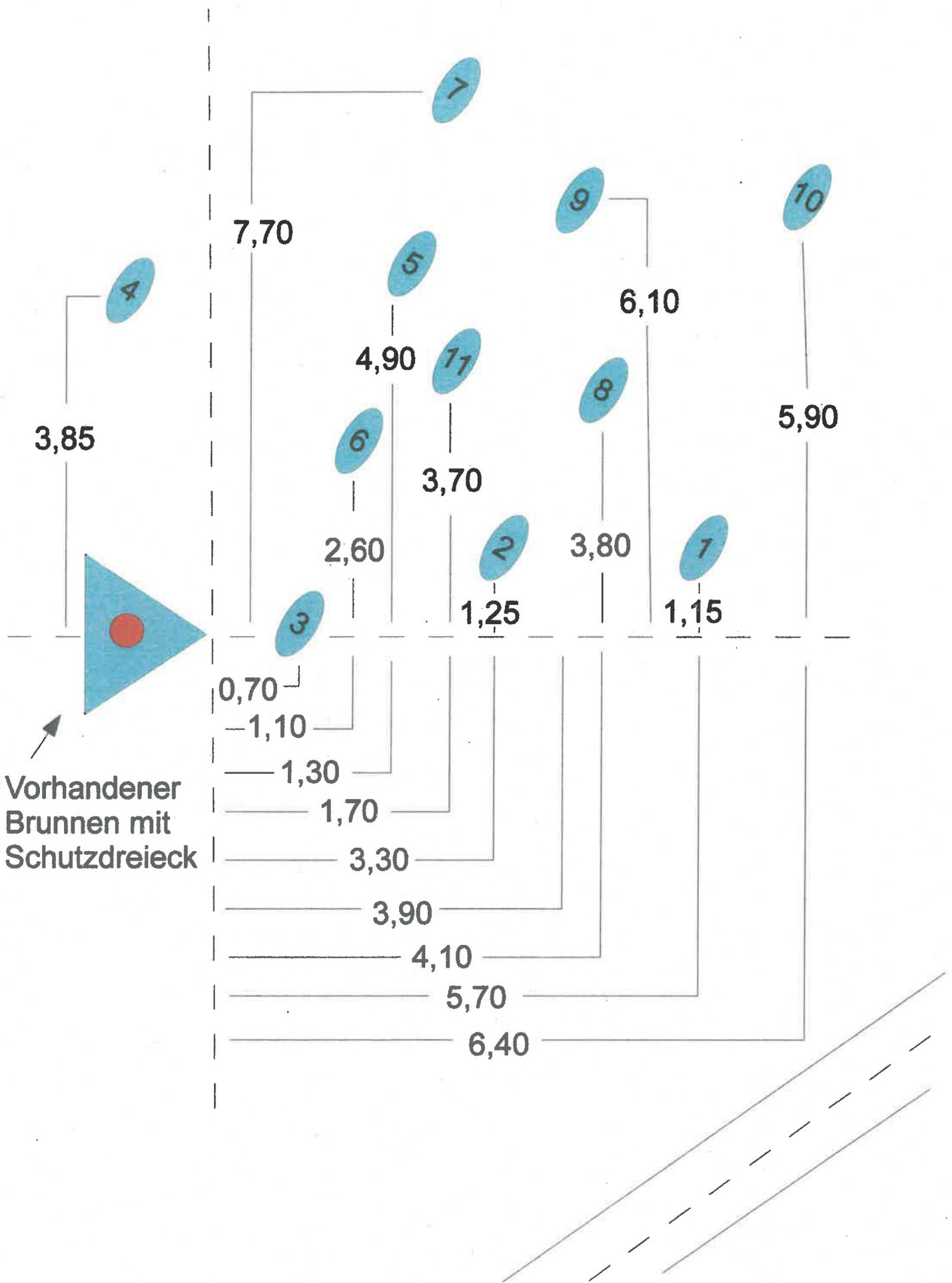
	Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben	Anlage: Bericht: AZ:
--	---	----------------------------

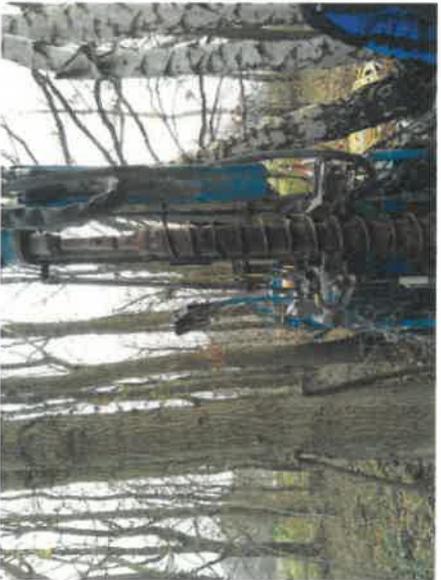
Bauvorhaben: Pegelbohrung 1 - 11 Bohrung Nr.: Pegelbohrung 1 -11 / Blatt 1	Datum: 13.2.2018
---	-------------------------

1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kemverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾				Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe		i) Kalk- gehalt		
0,80	a) Mutterboden						
	b)						
	c) abgerundet	d) leicht zu bohren	e) schwarz				
	f)	g)	h)				
1,30	a) Mittelsand						
	b)						
	c) abgerundet	d) leicht zu bohren	e) braun, gelb				
	f)	g)	h)				
8,50	a) Lehm, schwach sandig						
	b)						
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) gelb				
	f)	g)	h)				
12,20	a) Geschlebelehm, schwach feinsandig						
	b)						
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) gelb				
	f)	g)	h)				
18,00	a) Mittelsand, schwach grobsandig, schwach lehmig						
	b)						
	c) abgerundet	d) leicht zu bohren	e) gelb, grau				
	f)	g)	h)				
24,00	a) Feinsand, Mittelsand						
	b)						
	c) abgerundet	d) leicht zu bohren	e) hellgrau				
	f)	g)	h)				

¹⁾ Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

AG: Züblin Umwelttechnik GmbH
BV: Bremen-Farge





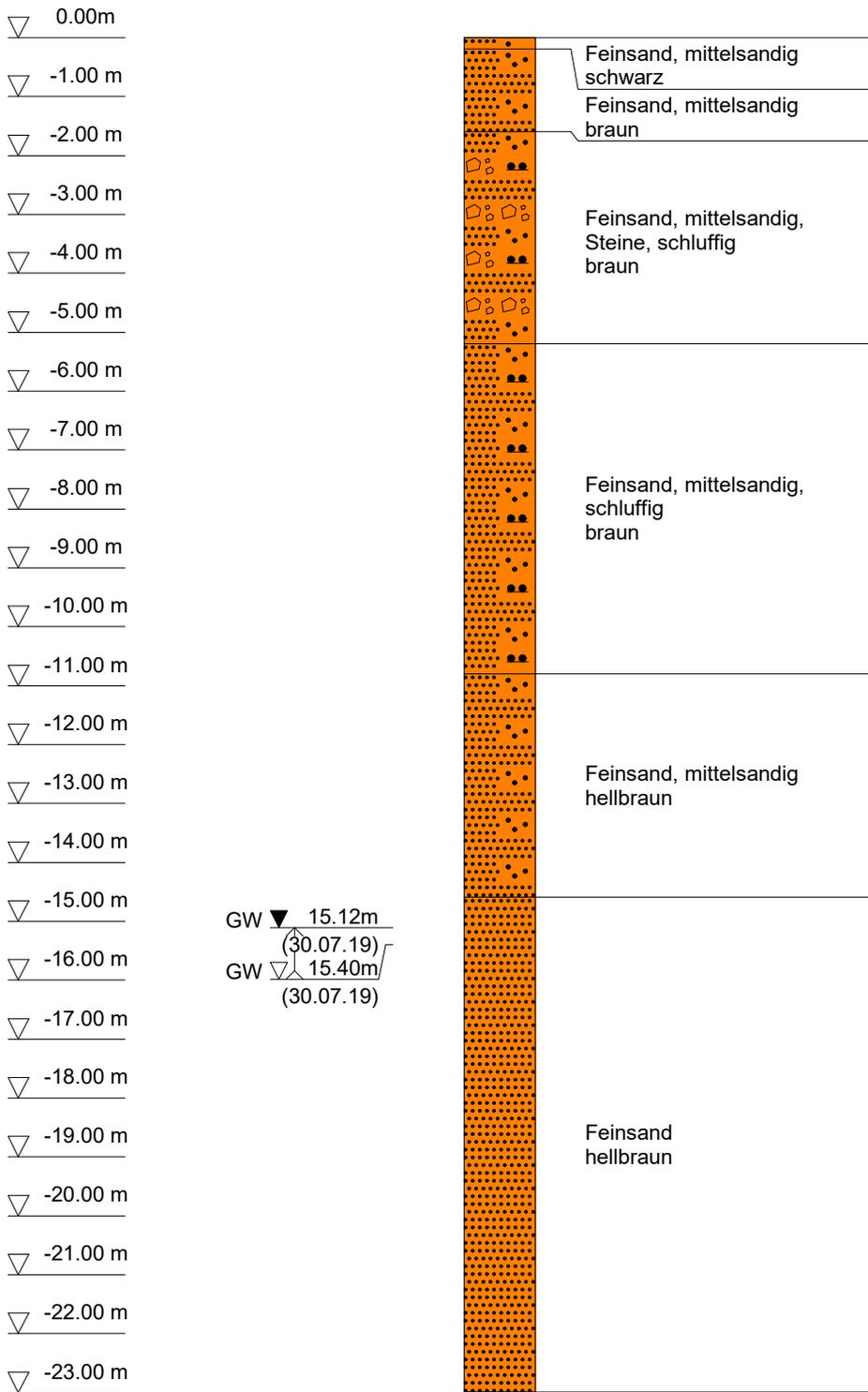




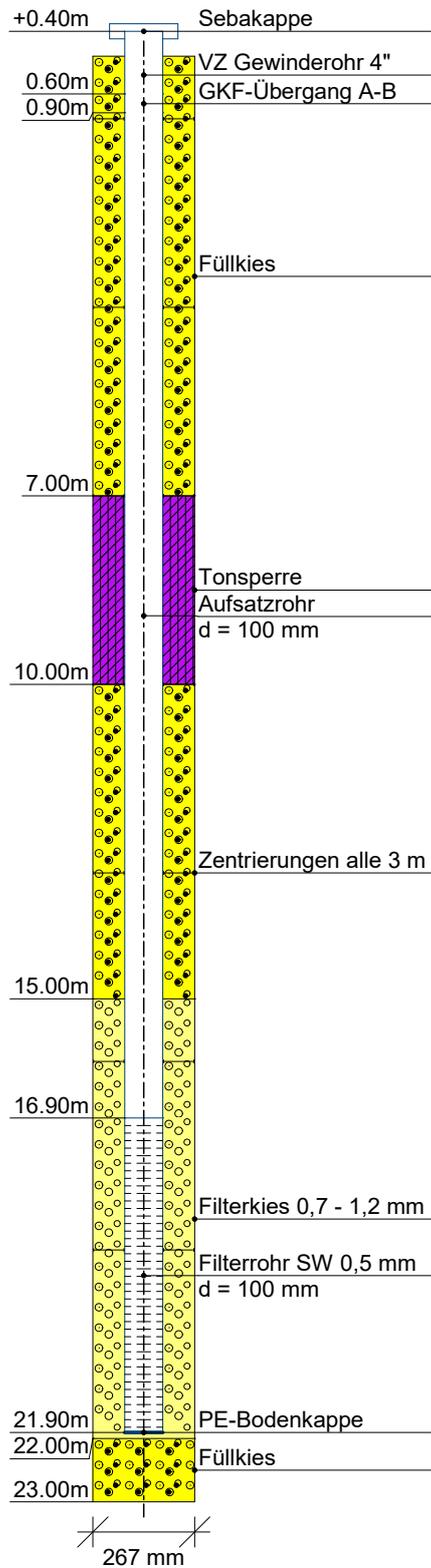
Schneider	Projekt: TL Bremen Farge, Samlandstraße
Brunnenbau * Spezial-Tiefbau	Nr.: 19/106
27283 Verden-Borstel	AG: Züblin Umwelttechnik GmbH, Haferwende 27, 28357 Bremen
Tel.: 04231-9641-0	Maßstab: 1: 120 / 1: 20

B1

Ansatzpunkt: GOK



IB 2





Schneider
 Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
 27283 Verden-Borstel
 Tel.: 04231-9641-0

Kopfbblatt nach DIN 4022 zum Schichtenverzeichnis
 für Bohrungen
 Wasserbohrung

Archiv-Nr:
 Aktenzeichen: **19/106**

Anlage:
 Bericht:

1 Objekt TL Bremen Farge, Samlandstraße

Anzahl der Seiten des Schichtenverzeichnisses: **4**
 Anzahl der Testberichte und ähnliches:

2 Bohrung Nr. B1

Zweck: **Förder- bzw. Infiltrationsbrunnen**

Ort: **Samlandstr. / gegenüber Elektro Bredemeier, 28777 Bremen**

Lage (Topographische Karte M = 1 : 25000):

Nr:

Rechts:

Hoch:

Lotrecht

Richtung:

Höhe des a) zu NN

m

Ansatzpunktes b) zu

m [m] unter Gelände

3 Lageskizze (unmaßstäblich)

Bemerkung:

4 Auftraggeber: Züblin Umwelttechnik GmbH, Haferwende 27,28357 Bremen
 Fachaufsicht: **Herr Ruiter**

5 Bohrunternehmen: Schneider Brunnenbau Spezial-Tiefbau, 27283 Verden-Borstel

gebohrt am: **30.07.19**

Tagesbericht-Nr:

Projekt-Nr: **19/106**

Geräteführer: **Oskar Schneider**

Qualifikation:

Geräteführer:

Qualifikation:

Geräteführer:

Qualifikation:

6 Bohrerät Typ: WD 100

Baujahr: **2004**

Bohrerät Typ:

Baujahr:

7 Messungen und Tests im Bohrloch:

8 Probenübersicht:	Art - Behälter	Anzahl	Aufbewahrungsort
Bohrproben	offene Proben		vor Ort
Bohrproben			
Bohrproben			
Sonderproben			
Wasserproben			

9 Bohrtechnik	BP = Bohrung mit durchgehender Gewinnung nichtgekernter Proben	BKR= BK mit richtungsorientierter Kernentnahme
9.1 9.1 Kurzzeichen		BKB= BK mit beweglicher Kernumhüllung
9.1.1 Bohrverfahren		BKF= BK mit fester Kernumhüllung
9.1.1.1 Art:	BuP= Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben	... =
BK = Bohrung mit durchgehender Gewinnung gekernter Proben	BS = Sondierbohrungen	
... =	... =	

9.1.1.2 Lösen:	ram = rammend	schlag = schlagend
rot = drehend	druck = drückend	greif = greifend

9.1.2 Bohrwerkzeug	HK = Hohlkrone	Schn = Schnecke	... =
9.1.2.1 Art:	VK = Vollkrone	Spi = Spirale	... =
EK = Einfachkernrohr	H = Hartmetallkrone	Kis = Kiespumpe	... =
DK = Doppelkernrohr	D = Diamantkrone	Ven = Ventilbohrer	
TK = Dreifachkernrohr	Gr = Greifer	Mei = Meißel	
S = Seilkernrohr	Schap = Schappe	SN = Sonde	

9.1.2.2 Antrieb:	HA = Hand	DR = Druckluft
G = Gestänge	F = Freifall	HY = Hydraulik
SE = Seil	V = Vibro	

9.1.2.3 Spülhilfe:	SS = Sole	d = direkt
WS= Wasser	DS = Dickspülung	id = indirekt
LS = Luft	Sch = Schaum	

9.2 Bohrtechnische Tabellen											
Tiefe in m		Bohrverfahren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Bemerkungen
Bohrlänge in m von	bis	Art	Lösen	Art	ø mm	Antrieb	Spülhilfe	Außen ø mm	Innen ø mm	Tiefe m	
0	15,40	BuP	rot	Schn	240	hy		2673	251		
15,40	23,00	BuP	schlag	ven	250	hy,se					

9.3 Bohrkronen			9.4 Geräteführer-Wechsel					
Nr	Nr:	ø Außen/Innen:	Nr	Datum Tag/Monat Jahr	Uhrzeit	Tiefe	Name Geräteführer für Ersatz	Grund
1	Nr:	ø Außen/Innen: /	1					
2	Nr:	ø Außen/Innen: /	2					
3	Nr:	ø Außen/Innen: /	3					
4	Nr:	ø Außen/Innen: /	4					
5	Nr:	ø Außen/Innen: /						
6	Nr:	ø Außen/Innen: /						

10 Angaben über Grundwasser, Verfüllung und Ausbau

Wasser erstmals angetroffen bei **15.40** m, Anstieg bis _____ m unter Ansatzpunkt

Höchster gemessener Wasserstand **15.12** m unter Ansatzpunkt bei _____ m Bohrtiefe

Verfüllung: **0.00** m bis **7.00** m Art: **Füllkies** von: **10.00** m bis: **15.00** m Art: **Füllkies**

Nr	Filterrohr			Art	Filterschüttung			Sperrschicht			OK Peilrohr m über/unter Ansatzpunkt
	von m	bis m	ø mm		von m	bis m	Körnung mm	von m	bis m	Art	
	16.90	21.90	100	Filterkies	15.00	22.00		7.00	10.00	Tonsperre	

11 Sonstige Angaben

Datum: **16.08.19** Firmenstempel: _____ Unterschrift: _____

DC



Schneider
 Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
 27283 Verden-Borstel
 Tel.: 04231-9641-0

Anlage
 Bericht:
 Az.: 19/106

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **TL Bremen Farge, Samlandstraße**

Bohrung Nr. B1

Blatt 1

Datum:
30.07.19

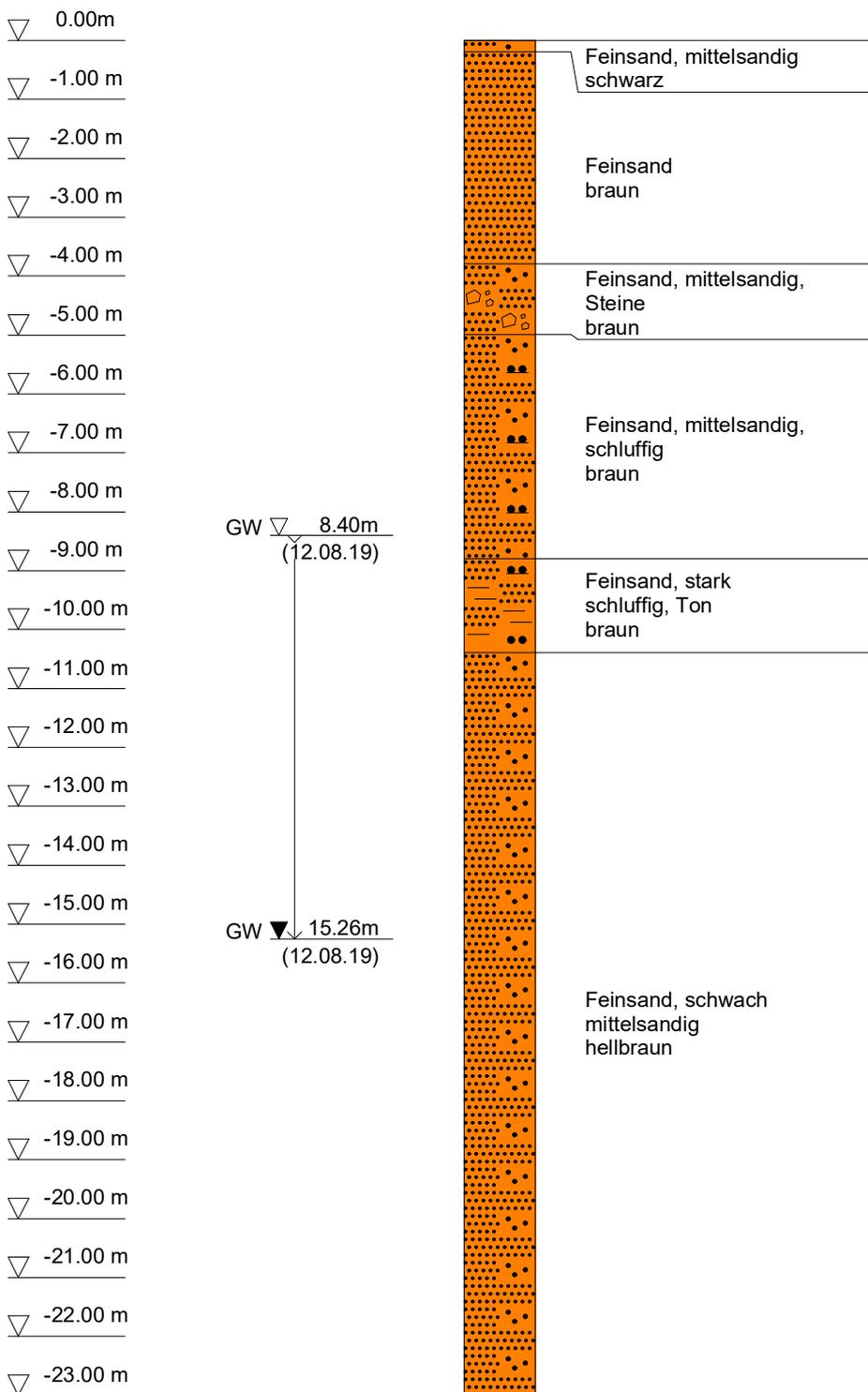
1	2	3	4	5	6
Bism unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkungen c) Beschaffenheit nach Bohrgut d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang e) Farbe f) Übliche Benennung g) Geologische Benennung h) Gruppe i) Kalk-gehalt	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
			Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)
0.20	a) Feinsand, mittelsandig b) c) abgerundet, erdfeucht d) leicht zu bohren e) schwarz f) Oberboden g) h) i)				
1.60	a) Feinsand, mittelsandig b) c) abgerundet d) leicht zu bohren e) braun f) Sand g) h) i)				
5.20	a) Feinsand, mittelsandig, Steine, schluffig b) c) abgerundet d) schwer zu bohren e) braun f) Sand g) h) i)				
10.80	a) Feinsand, mittelsandig, schluffig b) c) abgerundet d) schwer zu bohren e) braun f) Sand g) h) i)				
14.60	a) Feinsand, mittelsandig b) c) abgerundet d) leicht zu bohren e) hellbraun f) Sand g) h) i)				



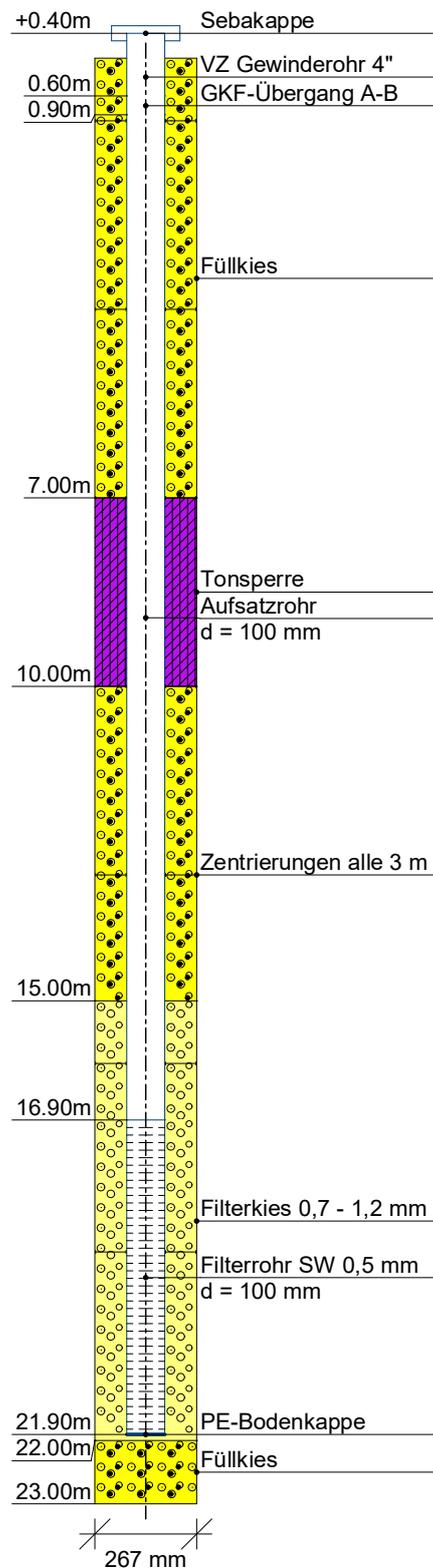
Schneider	Projekt: TL Bremen Farge, Samlandstraße
Brunnenbau * Spezial-Tiefbau	Nr.: 19/106
27283 Verden-Borstel	AG: Züblin Umwelttechnik GmbH, Haferwende 27, 28357 Bremen
Tel.: 04231-9641-0	Maßstab: 1: 120 / 1: 20

B2

Ansatzpunkt: GOK



EB 2





Schneider
Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
27283 Verden-Borstel
Tel.: 04231-9641-0

Kopfblatt nach DIN 4022 zum Schichtenverzeichnis
für Bohrungen
Wasserbohrung

Archiv-Nr:
Aktenzeichen: **19/106**

Anlage:
Bericht:

1 Objekt TL Bremen Farge, Samlandstraße

Anzahl der Seiten des Schichtenverzeichnisses: **4**
Anzahl der Testberichte und ähnliches:

2 Bohrung Nr. B2

Zweck: **Förder- bzw. Infiltrationsbrunnen**

Ort: **Samlandstr. / gegenüber Elektro Bredemeier, 28777 Bremen**

Lage (Topographische Karte M = 1 : 25000):

Nr:

Rechts:

Hoch:

Lotrecht

Richtung:

Höhe des a) zu NN

m

Ansatzpunktes b) zu

m [m] unter Gelände

3 Lageskizze (unmaßstäblich)

Bemerkung:

4 Auftraggeber: Zueblin Umwelttechnik GmbH, Haferwende 27, 28357 Bremen
Fachaufsicht: **Herr Ruiter**

5 Bohrunternehmen: Schneider Brunnenbau Spezial-Tiefbau, 27283 Verden-Borstel

gebohrt am: **12.08.19**

Tagesbericht-Nr:

Projekt-Nr: **19/106**

Geräteführer:

Qualifikation:

Geräteführer:

Qualifikation:

Geräteführer:

Qualifikation:

6 Bohrergerät Typ: WD 100

Baujahr: **2004**

Bohrgerät Typ:

Baujahr:

7 Messungen und Tests im Bohrloch:

8 Probenübersicht:	Art - Behälter	Anzahl	Aufbewahrungsort
Bohrproben	offene Proben		vor Ort
Bohrproben			
Bohrproben			
Sonderproben			
Wasserproben			

9 Bohrtechnik	BP = Bohrung mit durchgehender Gewinnung nichtgekernter Proben	BKR= BK mit richtungsorientierter Kernentnahme
9.1 Kurzzeichen		BKB= BK mit beweglicher Kernumhüllung
9.1.1 Bohrverfahren		BKF= BK mit fester Kernumhüllung
9.1.1.1 Art:	BuP= Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben	... =
BK = Bohrung mit durchgehender Gewinnung gekernter Proben	BS = Sondierbohrungen	
... =	... =	

9.1.1.2 Lösen:	ram = rammend	schlag = schlagend
rot = drehend	druck = drückend	greif = greifend

9.1.2 Bohrwerkzeug	HK = Hohlkrone	Schn = Schnecke	... =
9.1.2.1 Art:	VK = Vollkrone	Spi = Spirale	... =
EK = Einfachkernrohr	H = Hartmetallkrone	Kis = Kiespumpe	... =
DK = Doppelkernrohr	D = Diamantkrone	Ven = Ventilbohrer	
TK = Dreifachkernrohr	Gr = Greifer	Mei = Meißel	
S = Seilkernrohr	Schap = Schappe	SN = Sonde	

9.1.2.2 Antrieb:	HA = Hand	DR = Druckluft
G = Gestänge	F = Freifall	HY = Hydraulik
SE = Seil	V = Vibro	

9.1.2.3 Spülhilfe:	SS = Sole	d = direkt
WS= Wasser	DS = Dickspülung	id = indirekt
LS = Luft	Sch = Schaum	

9.2 Bohrtechnische Tabellen											
Tiefe in m		Bohrverfahren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Bemerkungen
Bohrlänge in m von	bis	Art	Lösen	Art	ø mm	Antrieb	Spülhilfe	Außen ø mm	Innen ø mm	Tiefe m	
0	8,40	BuP	rot	Schn	240	hy		273	251	23	
8,40	23,00	BuP	schlag	Ven	250	hy,se					

9.3 Bohrkronen			9.4 Geräteführer-Wechsel						
Nr	Nr:	ø Außen/Innen:	Nr	Datum Tag/Monat Jahr	Uhrzeit	Tiefe	Name Geräteführer für	Ersatz	Grund
1	Nr:	ø Außen/Innen: /	1						
2	Nr:	ø Außen/Innen: /	2						
3	Nr:	ø Außen/Innen: /	3						
4	Nr:	ø Außen/Innen: /	4						
5	Nr:	ø Außen/Innen: /							
6	Nr:	ø Außen/Innen: /							

10 Angaben über Grundwasser, Verfüllung und Ausbau

Wasser erstmals angetroffen bei **8.40** m, Anstieg bis _____ m unter Ansatzpunkt

Höchster gemessener Wasserstand **8.40** m unter Ansatzpunkt bei _____ m Bohrtiefe

Verfüllung: **0.00** m bis **7.00** m Art: **Füllkies** von: **10.00** m bis: **15.00** m Art: **Füllkies**

Nr	Filterrohr			Art	Filterschüttung			Sperrschicht			OK Peilrohr m über/unter Ansatzpunkt
	von m	bis m	ø mm		von m	bis m	Körnung mm	von m	bis m	Art	
	16.90	21.90	100	Filterkies	15.00	22.00		7.00	10.00	Tonsperre	

11 Sonstige Angaben

Datum: **16.08.19** Firmenstempel: _____ Unterschrift: _____

DC



Schneider
 Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
 27283 Verden-Borstel
 Tel.: 04231-9641-0

Anlage
 Bericht:
 Az.: 19/106

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **TL Bremen Farge, Samlandstraße**

Bohrung Nr. B2

Blatt 1

Datum:
12.08.19

1	2	3	4	5	6			
Bism unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Art	Nr
c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt					
0.20	a) Feinsand, mittelsandig							
	b)							
	c) abgerundet, erdfeucht	d) leicht zu bohren	e) schwarz					
	f) Oberboden	g)	h)	i)				
3.80	a) Feinsand							
	b)							
	c) abgerundet	d) schwer zu bohren	e) braun					
	f) Sand	g)	h)	i)				
5.00	a) Feinsand, mittelsandig, Steine							
	b)							
	c) abgerundet	d) schwer zu bohren	e) braun					
	f) Sand	g)	h)	i)				
8.80	a) Feinsand, mittelsandig, schluffig				Grundwasser 8.40m u. AP 12.08.19			
	b)							
	c) abgerundet	d) leicht zu bohren	e) braun					
	f) Sand	g)	h)	i)				
10.40	a) Feinsand, stark schluffig, Ton							
	b)							
	c) abgerundet	d) schwer zu bohren	e) braun					
	f) Schluff	g)	h)	i)				



Schneider
 Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
 27283 Verden-Borstel
 Tel.: 04231-9641-0

Anlage
 Bericht:
 Az.: 19/106

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **TL Bremen Farge, Samlandstraße**

Bohrung Nr. B2

Blatt 2

Datum:
12.08.19

1	2	3	4	5	6		
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Bemerkungen		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen				Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Art	Nr
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt			
23.00 Endtiefe	a) Feinsand, schwach mittelsandig		Ruhewasser 15.26m u. AP 12.08.19				
	b)						
	c) abgerundet	d) leicht zu bohren			e) hellbraun		
	f) Sand	g)			h)	i)	



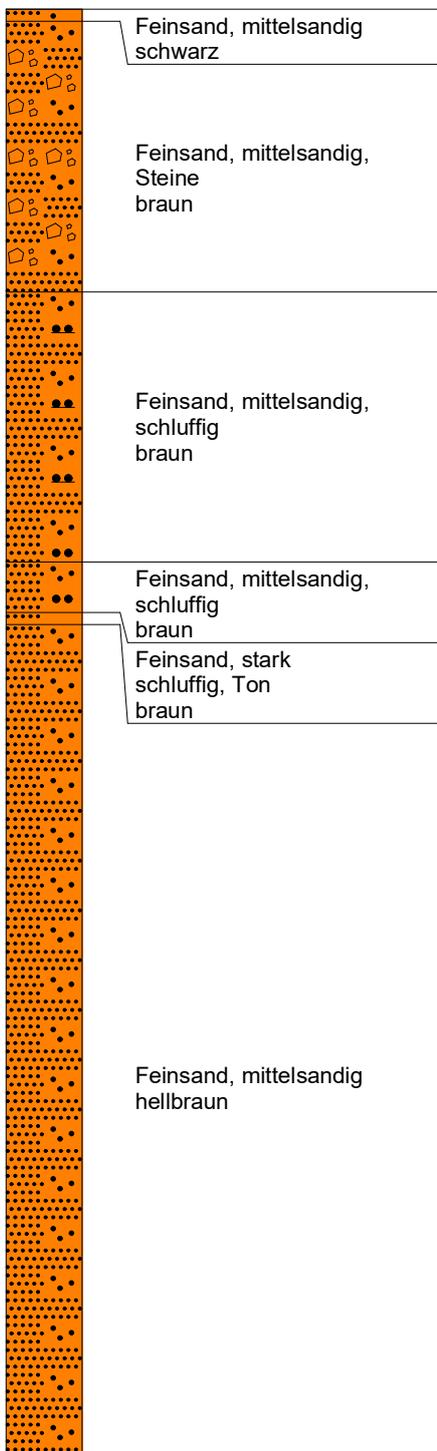
Schneider	Projekt: TL Bremen Farge, Samlandstraße
Brunnenbau * Spezial-Tiefbau	Nr.: 19/106
27283 Verden-Borstel	AG: Züblin Umwelttechnik GmbH, Haferwende 27, 28357 Bremen
Tel.: 04231-9641-0	Maßstab: 1: 120 / 1: 20

B3

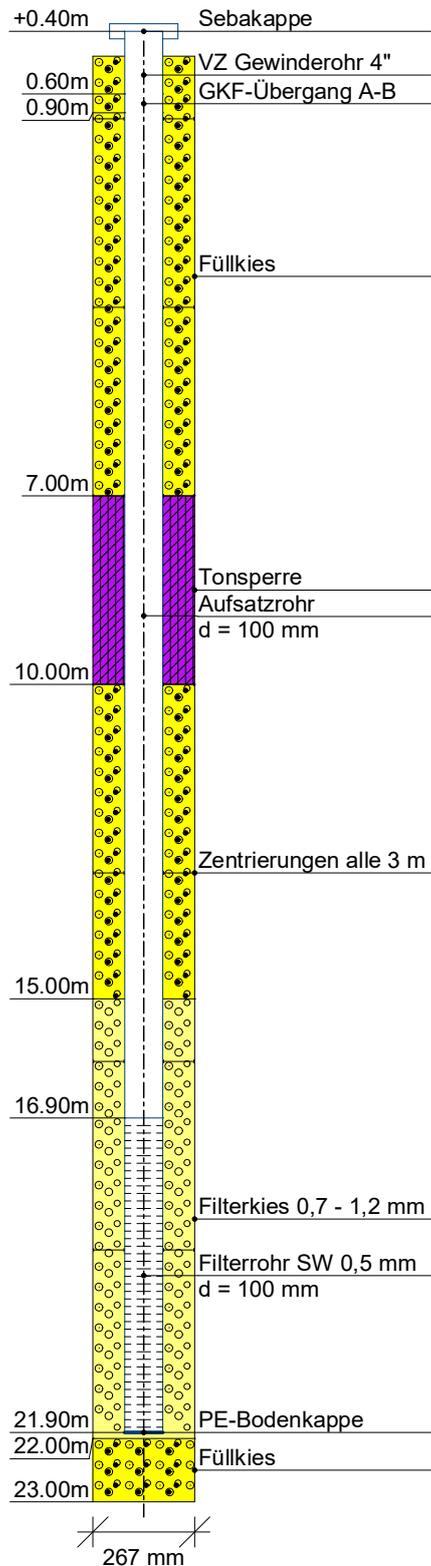
Ansatzpunkt: GOK

- ▽ 0.00m
- ▽ -1.00 m
- ▽ -2.00 m
- ▽ -3.00 m
- ▽ -4.00 m
- ▽ -5.00 m
- ▽ -6.00 m
- ▽ -7.00 m
- ▽ -8.00 m
- ▽ -9.00 m
- ▽ -10.00 m
- ▽ -11.00 m
- ▽ -12.00 m
- ▽ -13.00 m
- ▽ -14.00 m
- ▽ -15.00 m
- ▽ -16.00 m
- ▽ -17.00 m
- ▽ -18.00 m
- ▽ -19.00 m
- ▽ -20.00 m
- ▽ -21.00 m
- ▽ -22.00 m
- ▽ -23.00 m

GW ▼ 15.23m
(13.08.19)
GW ▲ 15.60m
(13.08.19)



EB 1





Schneider
Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
27283 Verden-Borstel
Tel.: 04231-9641-0

Kopfbblatt nach DIN 4022 zum Schichtenverzeichnis
für Bohrungen
Wasserbohrung

Archiv-Nr:
Aktenzeichen: **19/106**

Anlage:
Bericht:

1 Objekt TL Bremen Farge, Samlandstraße

Anzahl der Seiten des Schichtenverzeichnisses: **4**
Anzahl der Testberichte und ähnliches:

2 Bohrung Nr. B3

Zweck: **Förder- bzw. Infiltrationsbrunnen**

Ort: **Samlandstr. / gegenüber Elektro Bredemeier, 28777 Bremen**

Lage (Topographische Karte M = 1 : 25000):

Nr:

Rechts:

Hoch:

Lotrecht

Richtung:

Höhe des a) zu NN

m

Ansatzpunktes b) zu

m [m] unter Gelände

3 Lageskizze (unmaßstäblich)

Bemerkung:

4 Auftraggeber: Zueblin Umwelttechnik GmbH, Haferwende 27, 28357 Bremen
Fachaufsicht: **Herr Ruiter**

5 Bohrunternehmen: Schneider Brunnenbau Spezial-Tiefbau, 27283 Verden-Borstel

gebohrt am: **13.08.19**

Tagesbericht-Nr:

Projekt-Nr: **19/106**

Geräteführer: **Oskar Schneider**

Qualifikation:

Geräteführer:

Qualifikation:

Geräteführer:

Qualifikation:

6 Bohrergerät Typ: WD 100

Baujahr: **2004**

Bohrergerät Typ:

Baujahr:

7 Messungen und Tests im Bohrloch:

8 Probenübersicht:	Art - Behälter	Anzahl	Aufbewahrungsort
Bohrproben	offene Proben		vor Ort
Bohrproben			
Bohrproben			
Sonderproben			
Wasserproben			

9 Bohrtechnik	BP = Bohrung mit durchgehender Gewinnung nichtgekernter Proben	BKR= BK mit richtungsorientierter Kernentnahme
9.1 9.1 Kurzzeichen		BKB= BK mit beweglicher Kernumhüllung
9.1.1 Bohrverfahren		BKF= BK mit fester Kernumhüllung
9.1.1.1 Art:	BuP= Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben	... =
BK = Bohrung mit durchgehender Gewinnung gekernter Proben	BS = Sondierbohrungen	
... =	... =	

9.1.1.2 Lösen:	ram = rammend	schlag = schlagend
rot = drehend	druck = drückend	greif = greifend

9.1.2 Bohrwerkzeug	HK = Hohlkrone	Schn = Schnecke	... =
9.1.2.1 Art:	VK = Vollkrone	Spi = Spirale	... =
EK = Einfachkernrohr	H = Hartmetallkrone	Kis = Kiespumpe	... =
DK = Doppelkernrohr	D = Diamantkrone	Ven = Ventilbohrer	
TK = Dreifachkernrohr	Gr = Greifer	Mei = Meißel	
S = Seilkernrohr	Schap = Schappe	SN = Sonde	

9.1.2.2 Antrieb:	HA = Hand	DR = Druckluft
G = Gestänge	F = Freifall	HY = Hydraulik
SE = Seil	V = Vibro	

9.1.2.3 Spülhilfe:	SS = Sole	d = direkt
WS= Wasser	DS = Dickspülung	id = indirekt
LS = Luft	Sch = Schaum	

9.2 Bohrtechnische Tabellen											
Tiefe in m		Bohrverfahren		Bohrwerkzeug				Verrohrung			Bemerkungen
Bohrlänge in m von	bis	Art	Lösen	Art	ø mm	Antrieb	Spülhilfe	Außen ø mm	Innen ø mm	Tiefe m	
0	15,60	BuP	rot	Schn	240	hy		273	251		
15,60	23,00	BuP	schlag	Ven	250	hy,se					

9.3 Bohrkronen			9.4 Geräteführer-Wechsel					
Nr	Nr:	ø Außen/Innen:	Nr	Datum Tag/Monat Jahr	Uhrzeit	Tiefe	Name Geräteführer für Ersatz	Grund
1	Nr:	ø Außen/Innen: /	1					
2	Nr:	ø Außen/Innen: /	2					
3	Nr:	ø Außen/Innen: /	3					
4	Nr:	ø Außen/Innen: /	4					
5	Nr:	ø Außen/Innen: /						
6	Nr:	ø Außen/Innen: /						

10 Angaben über Grundwasser, Verfüllung und Ausbau

Wasser erstmals angetroffen bei **15.60** m, Anstieg bis _____ m unter Ansatzpunkt

Höchster gemessener Wasserstand **15.23** m unter Ansatzpunkt bei _____ m Bohrtiefe

Verfüllung: **0.00** m bis **7.00** m Art: **Füllkies** von: **10.00** m bis: **15.00** m Art: **Füllkies**

Nr	Filterrohr			Art	Filterschüttung			Sperrschicht			OK Peilrohr m über/unter Ansatzpunkt
	von m	bis m	ø mm		von m	bis m	Körnung mm	von m	bis m	Art	
	16.90	21.90	100	Filterkies	15.00	22.00		7.00	10.00	Tonsperre	

11 Sonstige Angaben

Datum: **16.08.19** Firmenstempel: _____ Unterschrift: _____

DC



Schneider
 Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
 27283 Verden-Borstel
 Tel.: 04231-9641-0

Anlage
 Bericht:
 Az.: 19/106

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **TL Bremen Farge, Samlandstraße**

Bohrung Nr. B3

Blatt 1

Datum:
13.08.19

1	2	3	4	5	6
Bism unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkungen c) Beschaffenheit nach Bohrgut d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang e) Farbe f) Übliche Benennung g) Geologische Benennung h) Gruppe i) Kalk- gehalt	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben Art Nr Tiefe in m (Unter- kante)		
0.20	a) Feinsand, mittelsandig b) c) abgerundet, erdfeucht d) leicht zu bohren e) schwarz f) Oberboden g) h) i)				
4.50	a) Feinsand, mittelsandig, Steine b) c) abgerundet d) schwer zu bohren e) braun f) Sand g) h) i)				
8.80	a) Feinsand, mittelsandig, schluffig b) c) abgerundet d) leicht zu bohren e) braun f) Sand g) h) i)				
9.60	a) Feinsand, mittelsandig, schluffig b) c) abgerundet d) leicht zu bohren e) braun f) Sand g) h) i)				
9.80	a) Feinsand, stark schluffig, Ton b) c) abgerundet d) schwer zu bohren e) braun f) Ton g) h) i)				



Schneider
 Brunnenbau * Spezial-Tiefbau
 27283 Verden-Borstel
 Tel.: 04231-9641-0

Anlage
 Bericht:
 Az.: 19/106

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **TL Bremen Farge, Samlandstraße**

Bohrung Nr. B3

Blatt 2

Datum:
13.08.19

1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk-gehalt				
23.00 Endtiefe	a) Feinsand, mittelsandig				Ruhewasser 15.23m u. AP 13.08.19 Grundwasser 15.60m u. AP 13.08.19			
b)								
c) abgerundet	d) leicht zu bohren	e) hellbraun						
f) Sand	g)	h)	i)					



Anhang 3: Nährstoffe und Elektronenakzeptoren¹

Pegel- bezeichnung	Datum	DOC	Sulfat	Nitrat	Nitrit	Ammonium	Stickstoff, gesamt	Phosphat, gesamt	Phosphor	Kalium	Eisen (II)	Eisen (III)	Eisen, gesamt	BTEX*	C:N:P:K-Verhältnis
		mg/l													
P1 18,5m	26.09.2018	5,6	35	8,5	< 0,02	< 0,04	1,9	< 0,04	< 0,05	6,8	-	-	-	-	100 : 33 : 1 : 121
	12.12.2018	11,0	27	2,7	< 0,05	12,0	11,00	2,8	3,5	3,7	< 0,5	1,0	1,0	4,320	100 : 100 : 31 : 33
	21.03.2019	7,5	35	2,4	0,11	1,2	2,5	2,1	0,7	15,8	0,3	0,7	1,0	1,315	100 : 33 : 28 : 210
P2 15,5m	13.12.2018	< 2	36	21,0	< 0,05	44,0	39,0	3,6	4,3	6,6	< 0,5	2,3	2,3	0,552	100 : 1950 : 215 : 330
	21.03.2019	6,5	35	5,3	0,23	3,9	4,27	1,6	0,5	5,8	1,1	0,8	1,9	0,455	100 : 66 : 25 : 89
P3 21,5m	26.09.2018	8,4	35	4,3	< 0,02	< 0,04	1,0	< 0,04	< 0,05	5,2	-	-	-	-	100 : 12 : 0,6 : 62
	13.12.2018	4,2	39	12,0	< 0,05	54,0	35,0	8,8	13	4,5	< 0,5	24	24	0,046	100 : 833 : 309 : 107
	21.03.2019	3,6	37	5,8	0,12	5,0	5,3	2,9	0,9	5,2	0,1	0,4	0,5	0,034	100 : 148 : 80 : 144
P4 15,5m	13.12.2018	< 2	35	7,1	< 0,05	15,0	12,0	0,9	1,4	6,1	< 0,5	1,7	1,7	0,119	100 : 600 : 70 : 305
P5 21,5m	26.09.2018	1,1	45	16,1	< 0,02	< 0,04	3,6	< 0,04	< 0,05	7,0	-	-	-	-	100 : 327 : 4 : 636
	12.12.2018	< 2	50	14,0	< 0,05	1,2	3,1	< 0,3	0,07	7,4	< 0,5	0,3	0,3	0,027	100 : 155 : 3,5 : 370
ÜP1 18,5m	13.12.2018	13,0	26	1,0	< 0,05	22,0	20,0	4,0	4,8	3,2	< 0,5	6,8	6,8	6,244	100 : 153 : 37 : 24
	21.03.2019	6,2	33	2,1	0,08	0,9	2,5	1,4	0,5	5,3	1,6	0,4	2,0	0,087	100 : 40 : 23 : 85
ÜP2 21,5m	22.03.2019	1,8	58	14,4	< 0,02	< 0,04	3,3	< 0,15	< 0,05	20,7	0,1	0,3	0,4	0,018	100 : 183 : 1 : 1150

¹Kleinschnitker, J. (2018): Parameterabhängigkeit eines biologischen Abbaus von BTEX und MTBE in einem Grundwasserleiter im Rahmen eines Feldversuchs. Masterthesis, Hochschule Osnabrück.



Anhang 4: Grundwasserstände während Zirkulationsbetrieb

<h1 style="margin: 0;">Grundwasserstände</h1> Stichtagsmessung										 <small>DAS INGENIEURUNTERNEHMEN</small>		
Firma / Auftraggeber: Immobilien Bremen					Projekt: ISBO Versuch TL Farge							
Einsatzort: Farge					Projekt-Nr.: 2170492							
Projektbearbeiter: Kleinschnitker					Datum: 01.10.2019							
Truppführer / Techniker: Kleinschnitker					Wetter: bewölkt, 18 °C							
Datum	Uhrzeit	Mess- stelle	WSP in m uner Mess- punkt	Gelotete Tiefe des Brunnens in m	Messpunkt				Ausbau- durch- messer (mm)	Diffe- renz* GOK/ POK in m	Mess- punkt (m ü. NN)	WSP (m ü. NN)
					OK Rohr	POK	GOK	Sonstiges				
01.10.19		IB1	15,21		x				50			2,359
		IB 2	14,69		x				50			2,422
		EB1	15,72		x				50			1,603
		EB2	15,48		x				50			1,762
		P1	14,47		x				50			2,040
		P2	14,52		x				50			2,025
		P3	14,54		x				50			1,998
		P4	14,64		x				50			1,949
		P5	14,37		x				50			2,060
		P6	14,55		x				50			2,004
		P7	14,67		x				50			1,959
		ÜP1	14,53		x				50			2,019
		ÜP2	14,36		x				50			2,159
		ÜP3	14,75		x				50			1,951
*) = Angabe mit Vorzeichen (+,-)					WSP = Wasserspiegellage							
AD = Außendienst										Messmittel Ident.-Nr		
GOK = Geländeoberkante												
POK = Pegeloberkante												
Datum: 01.10.19			Unterschrift AD:			Datum:			Projektbearbeiter:			



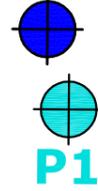
Grundwasserstände Stichtagsmessung



Firma / Auftraggeber: Immobilien Bremen					Projekt: ISBO Versuch TL Farge							
Einsatzort: Farge					Projekt-Nr.: 2170492							
Projektbearbeiter: Kleinschnitker					Datum: 11.11.2019							
Truppführer / Techniker: Kleinschnitker					Wetter: bewölkt, 14 °C							
Datum	Uhrzeit	Mess- stelle	WSP in m uner Mess- punkt	Gelotete Tiefe des Brunnens in m	Messpunkt				Ausbau- durch- messer (mm)	Diffe- renz* GOK/ POK in m	Mess- punkt (m ü. NN)	WSP (m ü. NN)
					OK Rohr	POK	GOK	Sonstiges				
11.11.19		IB1	13,53		x				50			4,039
		IB 2	11,87		x				50			5,242
		EB1	15,53		x				50			1,793
		EB2	15,36		x				50			1,882
		P1	14,53		x				50			1,980
		P2	14,57		x				50			1,975
		P3	14,74		x				50			1,798
		P4	14,80		x				50			1,789
		P5	14,47		x				50			1,960
		P6	14,69		x				50			1,864
		P7	14,87		x				50			1,759
		ÜP1	14,60		x				50			1,949
		ÜP2	14,51		x				50			2,009
		ÜP3	14,87		x				50			1,831
*) = Angabe mit Vorzeichen (+,-)					WSP = Wasserspiegellage							
AD = Außendienst									Messmittel Ident.-Nr			
GOK = Geländeoberkante												
POK = Pegeloberkante												
Datum: 11.11.19			Unterschrift AD:			Datum:			Projektbearbeiter:			

- 7 Lageplan – Position der Pegel im Versuchsfeld

**GWMS
07/09**



P1

ÜP1



P2



P3



EP1



P6



P5



ÜP2



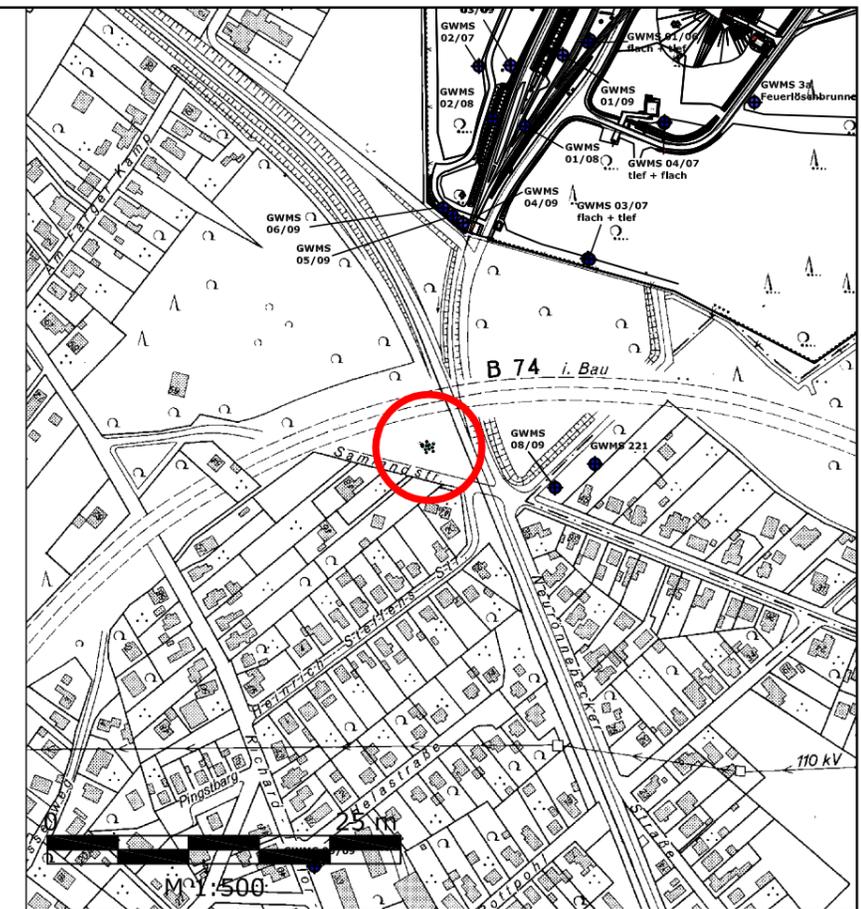
P4



P7



ÜP3



Legende:

-  **GWMS 07/09** Grundwassermessstelle
-  **P1** Pegel
-  Versuchsfeld

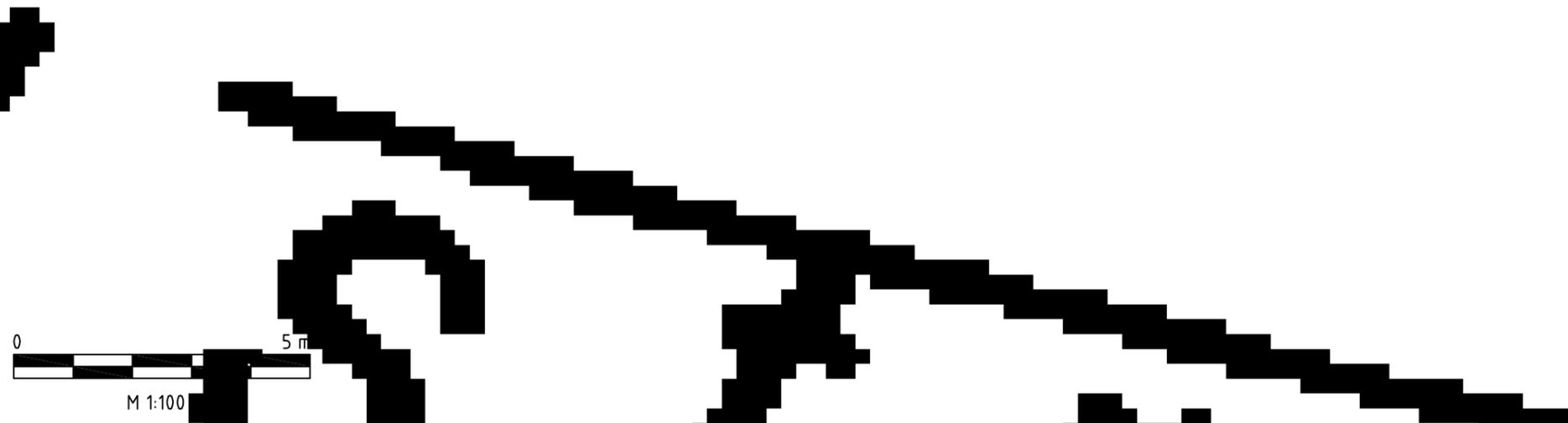
Projekt: **In-Situ Feldversuch
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507**

Darstellung: Lageplan - Position der Pegel im Versuchsfeld	Anlage:	7	
	Maßstab:	1 : 100 / 1:500	
gezeichnet:	Zeichnungs-Nr.:	Datum	Name
	geprüft:	jokl	22.06.2019
			22.06.2019

Bauherr/Auftraggeber:
**Bundesbau bei
Immobilien Bremen AöR
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen**

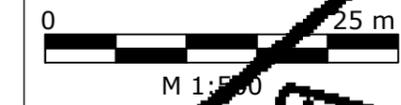
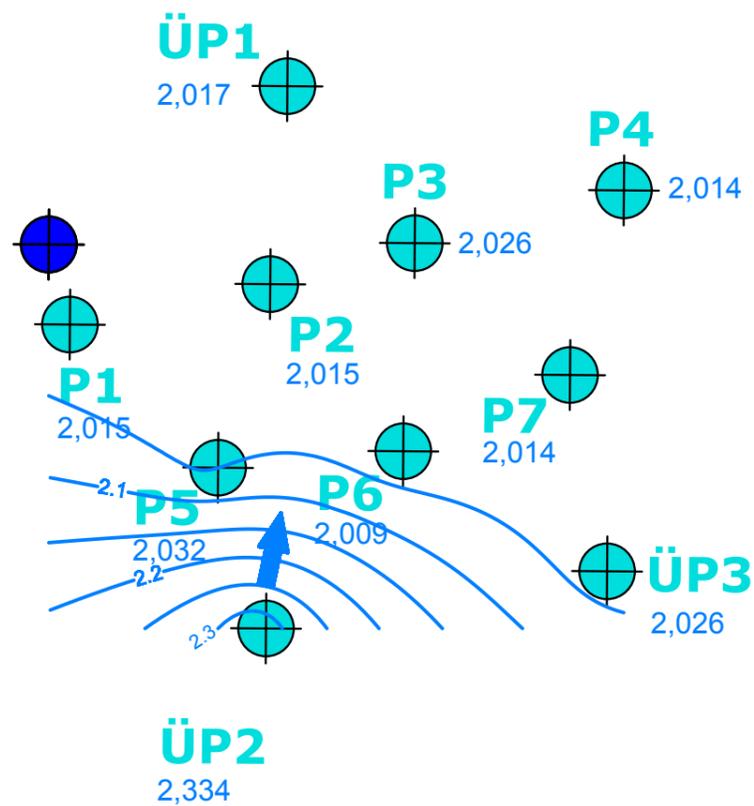
Planverfasser:

**HPC AG
Das Ingenieurunternehmen
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010**



- 8 Grundwassergleichenplan 13.02.2019

**GWMS
07/09**



Legende:

- GWMS 07/09** Grundwassermessstelle
- P1** 2,015 Pegel mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN
- Grundwassergleichenlinie mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN
- Grundwasserfließrichtung

Projekt: **In-Situ Feldversuch
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507**

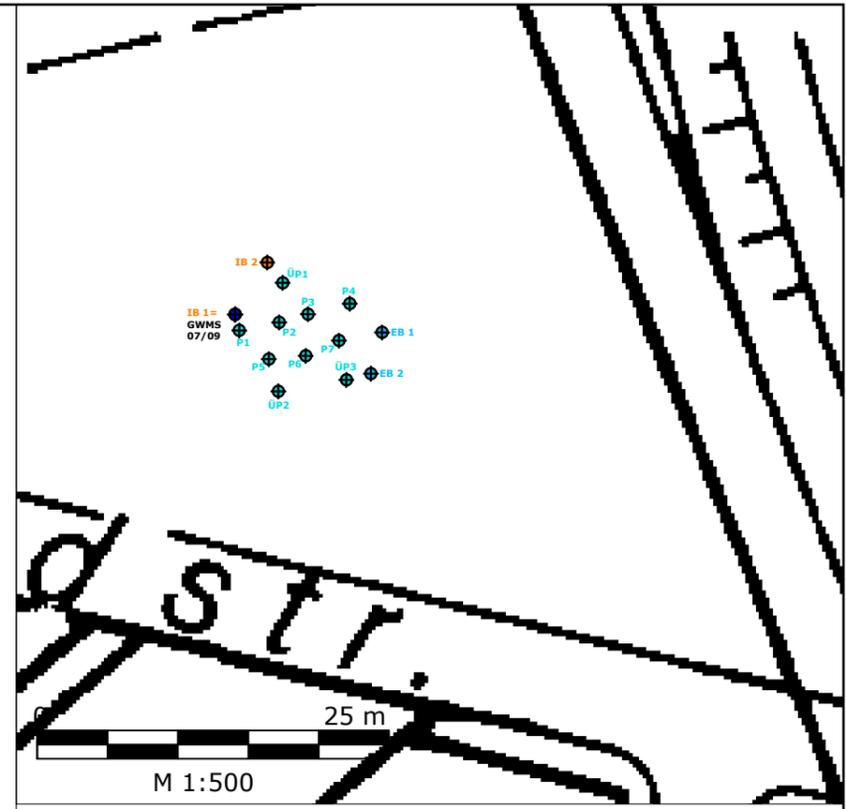
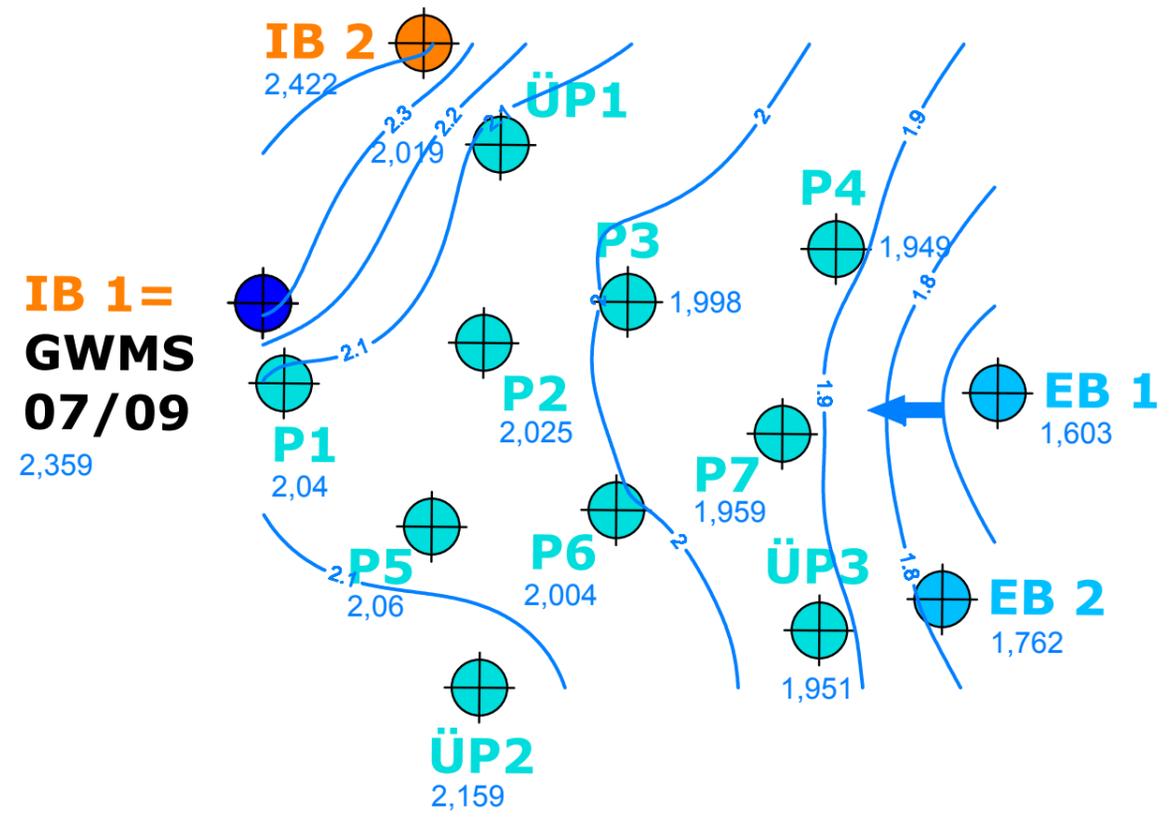
Darstellung: Lageplan - Position der Pegel mit Darstellung Grundwasserhöhen, Grundwassergleichen und Grundwasserfließrichtung vom 13.02.2019	Anlage:	8	
	Maßstab:	1: 100 / 1:500	
	Zeichnungs-Nr.:	Anlage21.1.dwg	
		Datum	Name
gezeichnet:	jokl	19.06.2019	
geprüft:	.	19.06.2019	

Bauherr/Auftraggeber:
**Bundesbau bei
Immobilien Bremen AöR
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen**

Planverfasser:
HPC
DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010



- 9 Grundwassergleichenplan 01.10.2019



Legende:

- GWMS 07/09** Grundwassermessstelle (ab 22,0 m u. GOK abgepackert)
- P1** 2,04 Pegel mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN
- IB 1** Infiltrationsbrunnen, neu DN 100 14,0-21,5 m u. GOK (Verfiltert)
- EB 1** Entnahmehbrunnen, neu DN 100 14,0-21,5 m u. GOK (Verfiltert)
- Grundwassergleichenlinie mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN
- Grundwasserfließrichtung

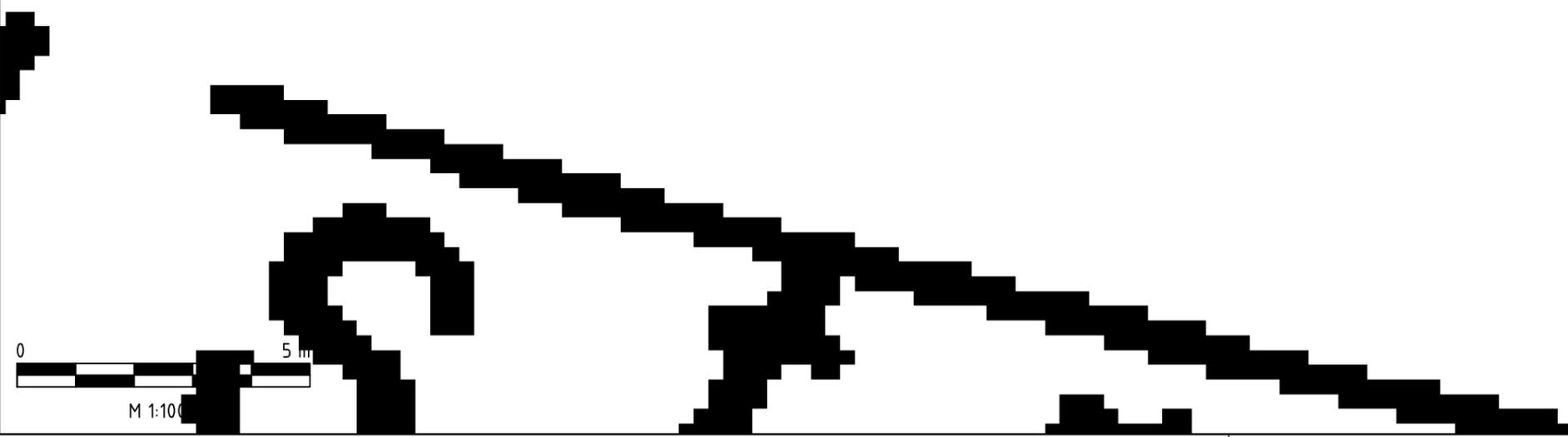
Projekt: **In-Situ Feldversuch**
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507

Darstellung: Lageplan - Position der Pegel mit Darstellung Grundwasserhöhen, Grundwassergleichen und Grundwasserfließrichtung vom 01.10.2019	Anlage:	9	
	Maßstab:	1: 100 / 1:500	
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_N_GW_3.dwg	
		Datum	Name
gezeichnet:	fia	15.10.2020	
geprüft:	.	15.10.2020	

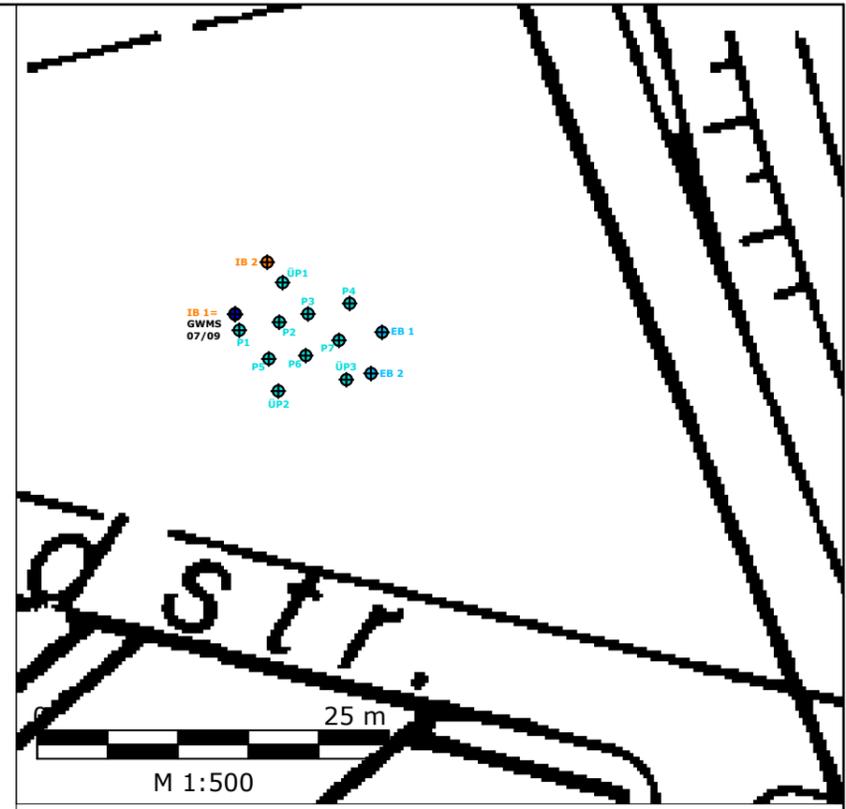
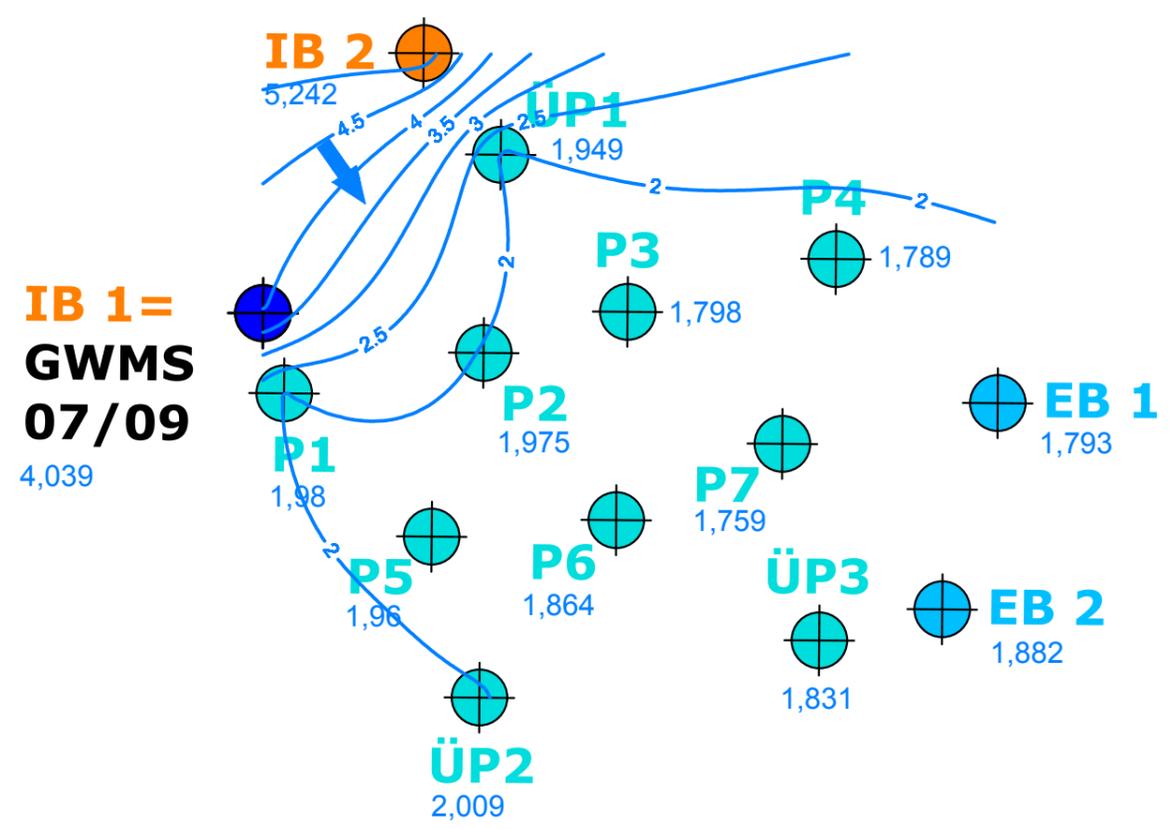
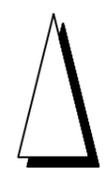
Bauherr/Auftraggeber:
Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR
Bundesbau
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen

Planverfasser:

HPC
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010



- 10 Grundwassergleichenplan 11.11.2019



Legende:

- GWMS 07/09** Grundwassermessstelle (ab 22,0 m u. GOK abgepackert)
- P1** 1,98 Pegel mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN
- IB 1** Infiltrationsbrunnen, neu DN 100 14,0-21,5 m u. GOK (Verfiltert)
- EB 1** Entnahmehbrunnen, neu DN 100 14,0-21,5 m u. GOK (Verfiltert)
- Grundwassergleichenlinie mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN
- Grundwasserfließrichtung

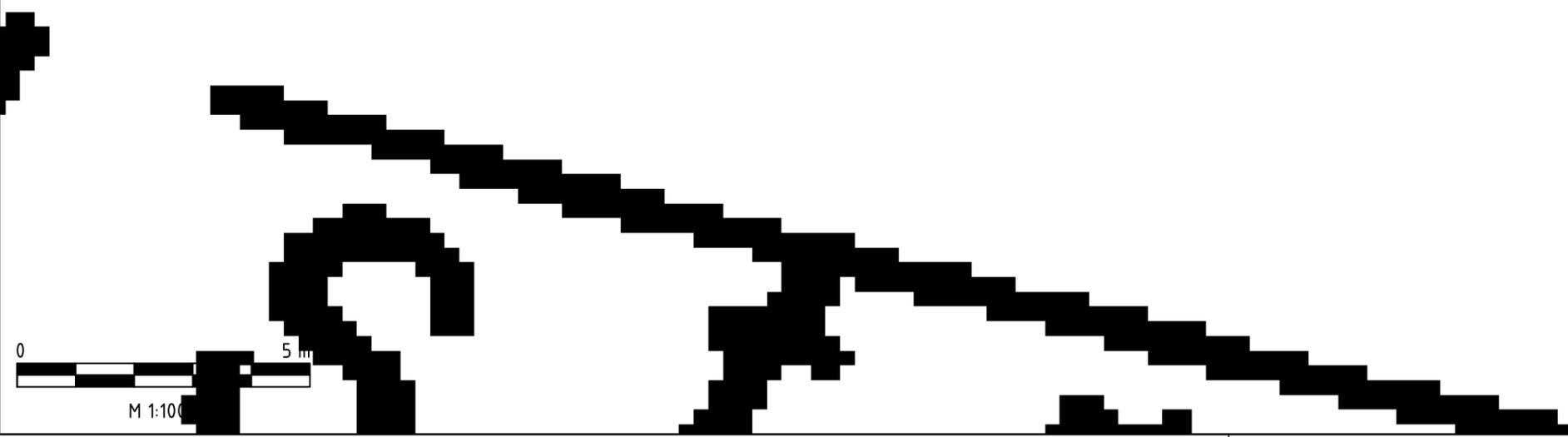
Projekt: **In-Situ Feldversuch**
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507

Darstellung: Lageplan - Position der Pegel mit Darstellung Grundwasserhöhen, Grundwassergleichen und Grundwasserfließrichtung vom 11.11.2019	Anlage:	10
	Maßstab:	1: 100 / 1:500
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_N_GW_4.dwg
		Datum
gezeichnet:	fia	15.10.2020
geprüft:	.	15.10.2020

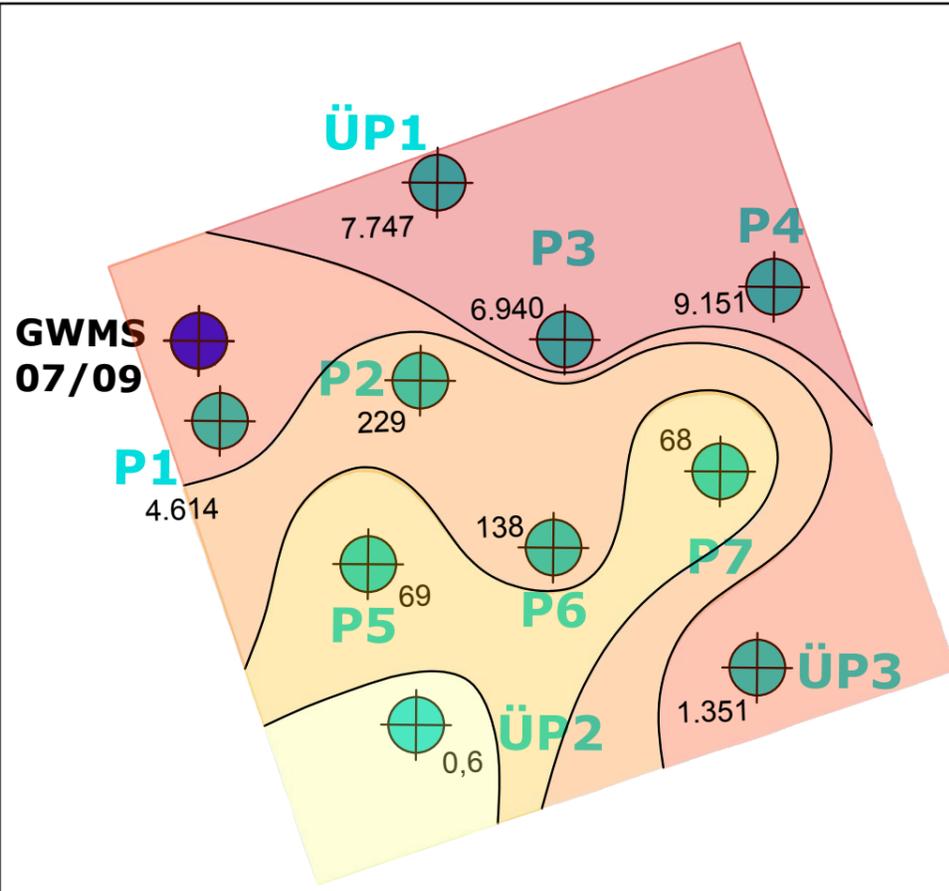
Bauherr/Auftraggeber:
Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR
 Bundesbau
 Theodor-Heuss-Allee 14
 22815 Bremen

Planverfasser:

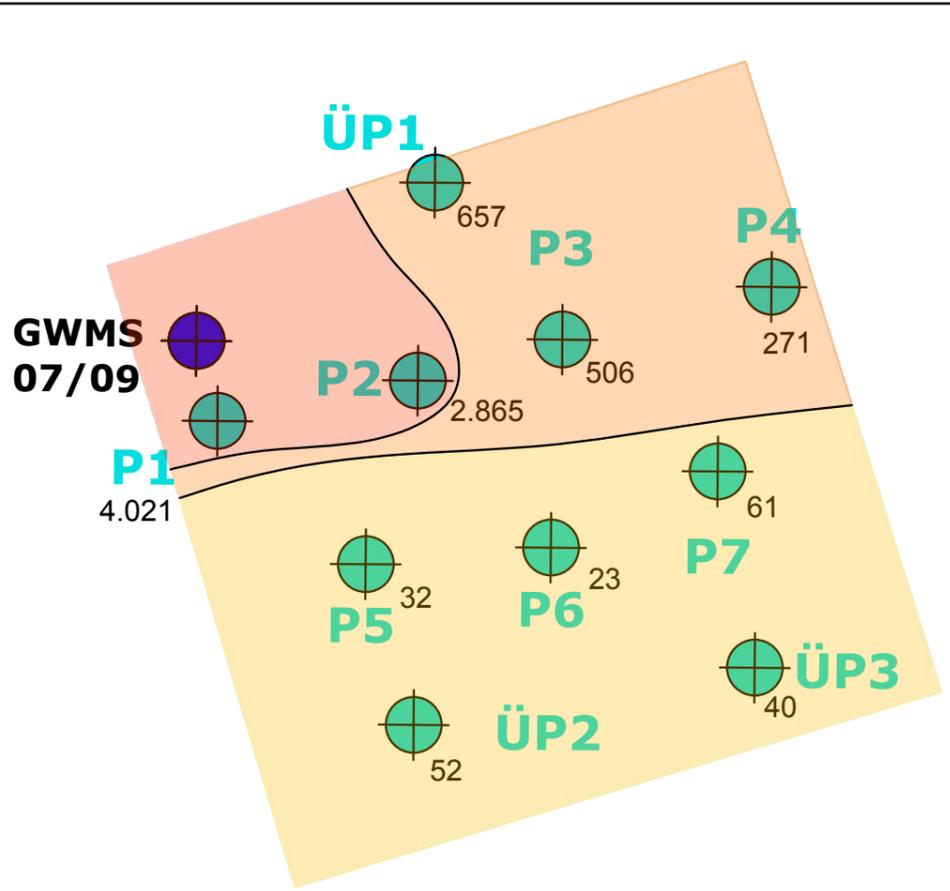
HPC
 DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
 HPC AG
 Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
 Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010



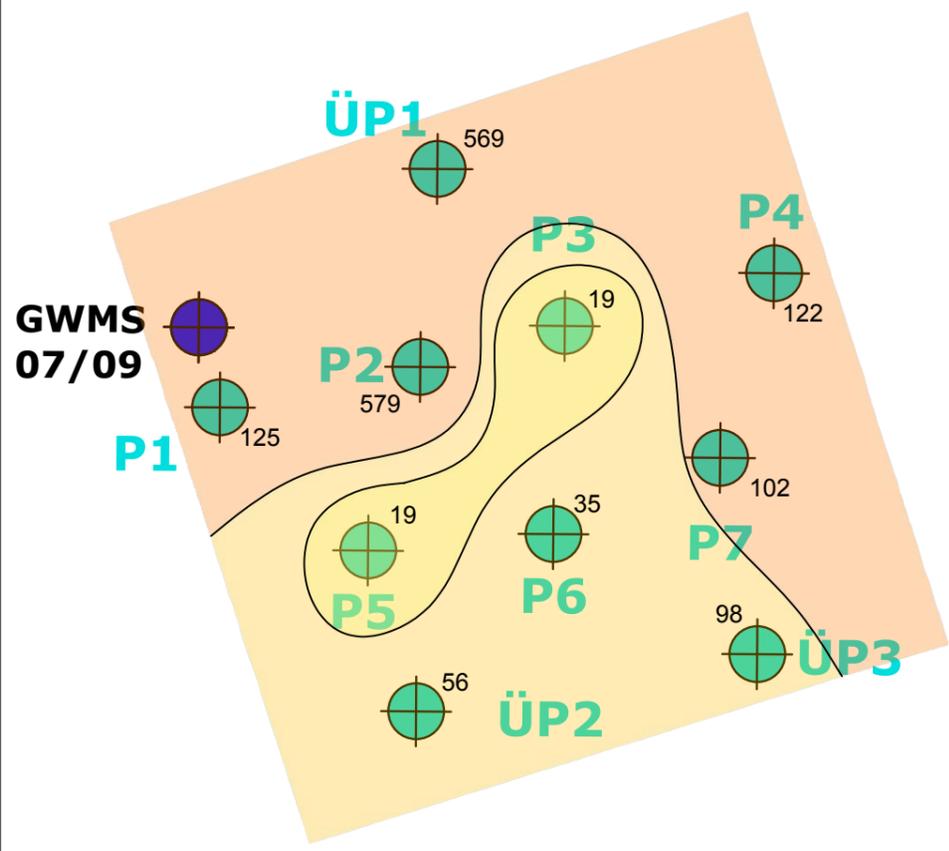
- 11 **Lageplan BTEX- und MTBE-Konzentrationsverläufe 1. Abbauversuch**



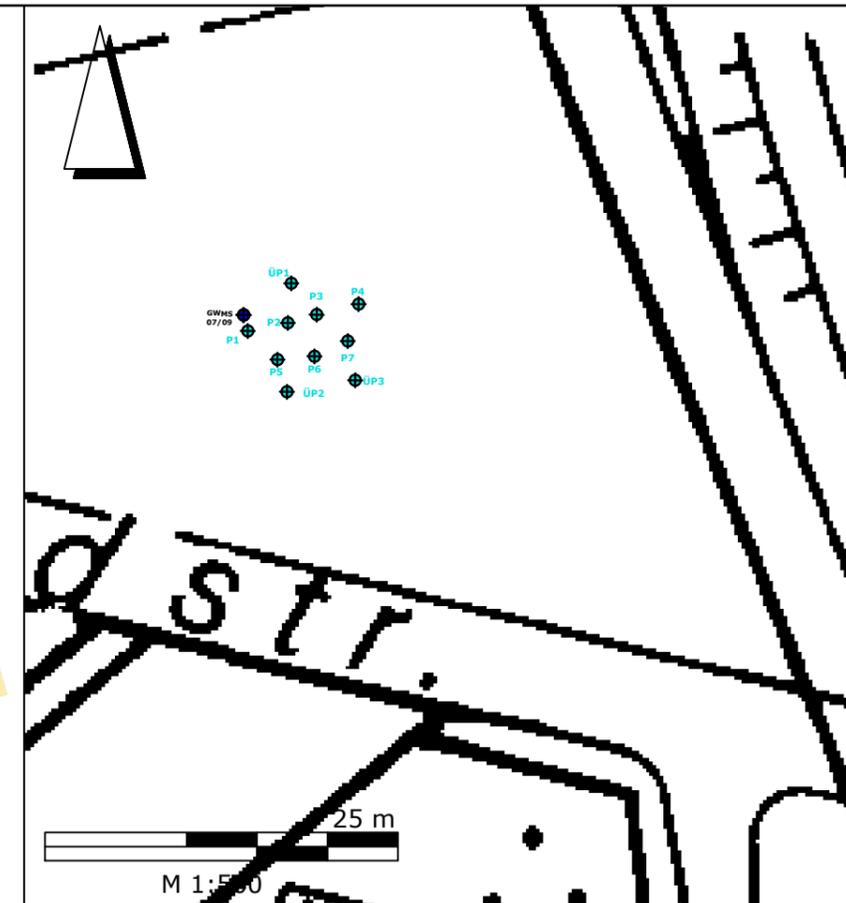
März 2018



August 2018



Dezember 2018



Legende:

- Grundwassermessstelle
- Pegel
- BTEX-Gehalte im Grundwasser in µg/l
 - < 0,5 - 20
 - > 20 - 100
 - > 100 - 1.000
 - > 1.000 - 5.000
 - > 5.000 - 10.000
 - >10.000

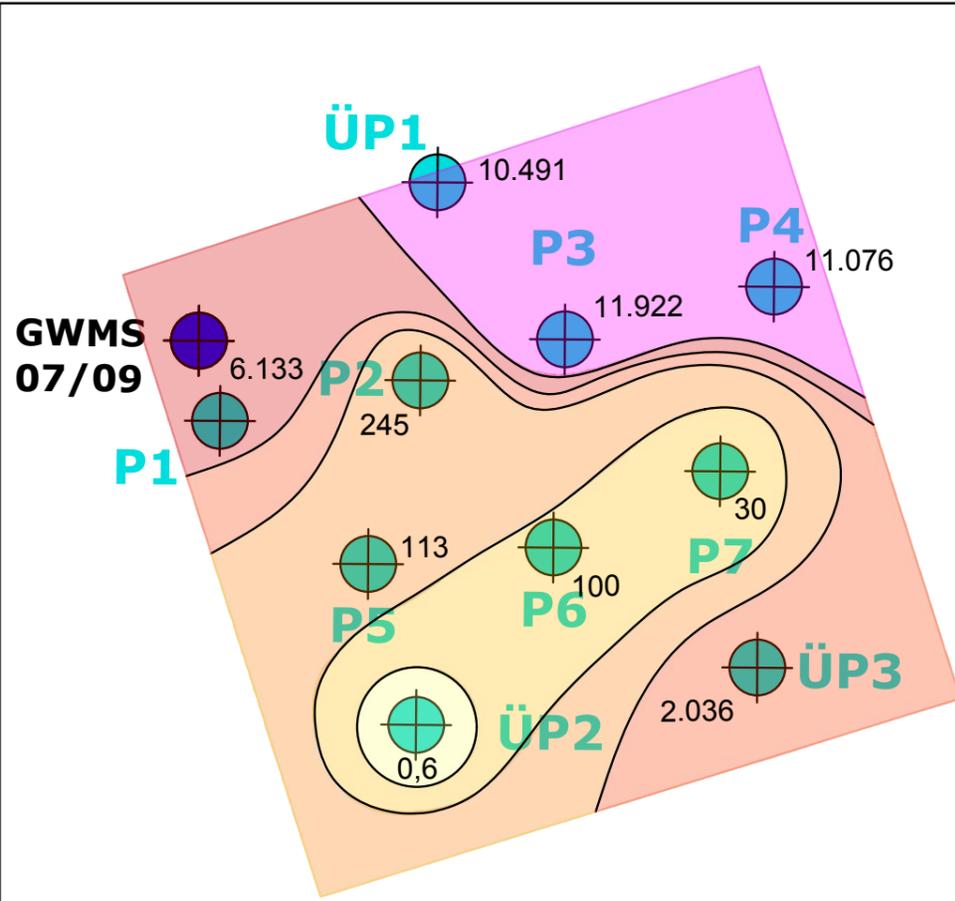
Projekt: In-Situ Feldversuch
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507

Darstellung:	Anlage:	11.1
Lageplan - Position der Pegel mit Ergebnissen der Grundwasseruntersuchungen für BTEX (Tiefe 15,50m) März bis Dezember 2018	Maßstab:	1 : 100 / 1500
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_BTEX_15,5.dwg
gezeichnet:	Datum	Name
	geprüft:	

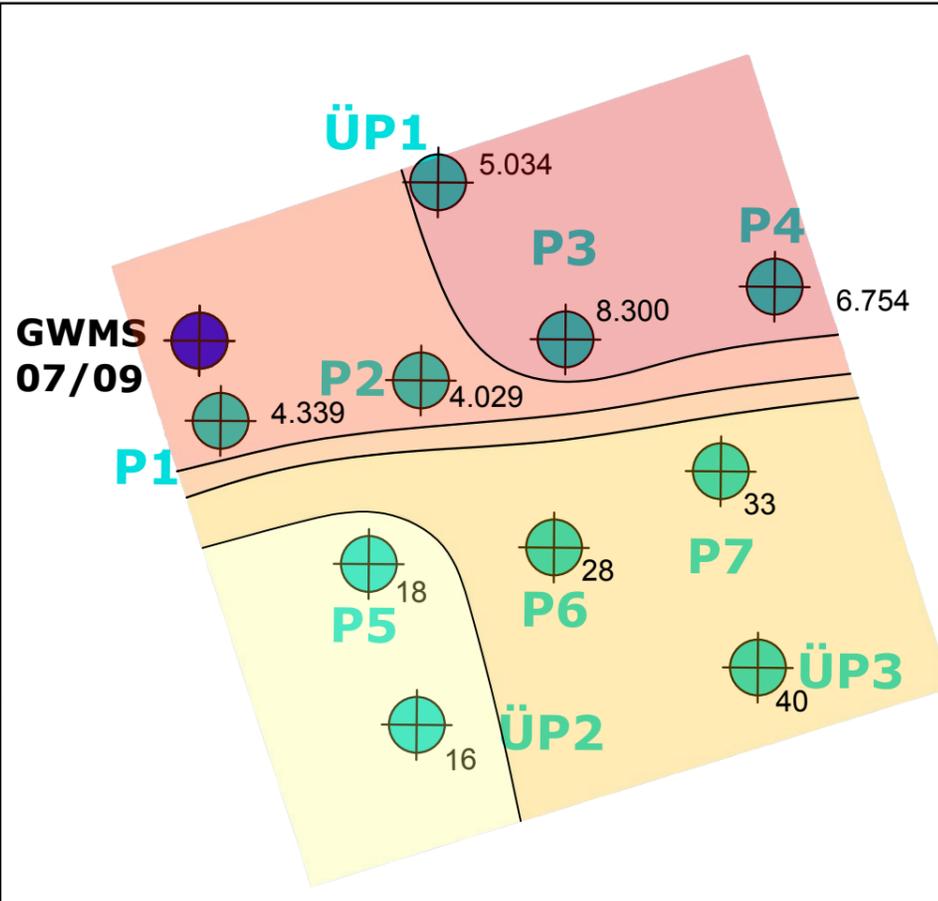
Bauherr/Auftraggeber:
Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR
Bundesbau
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen

Planverfasser:
 HPC AG
DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

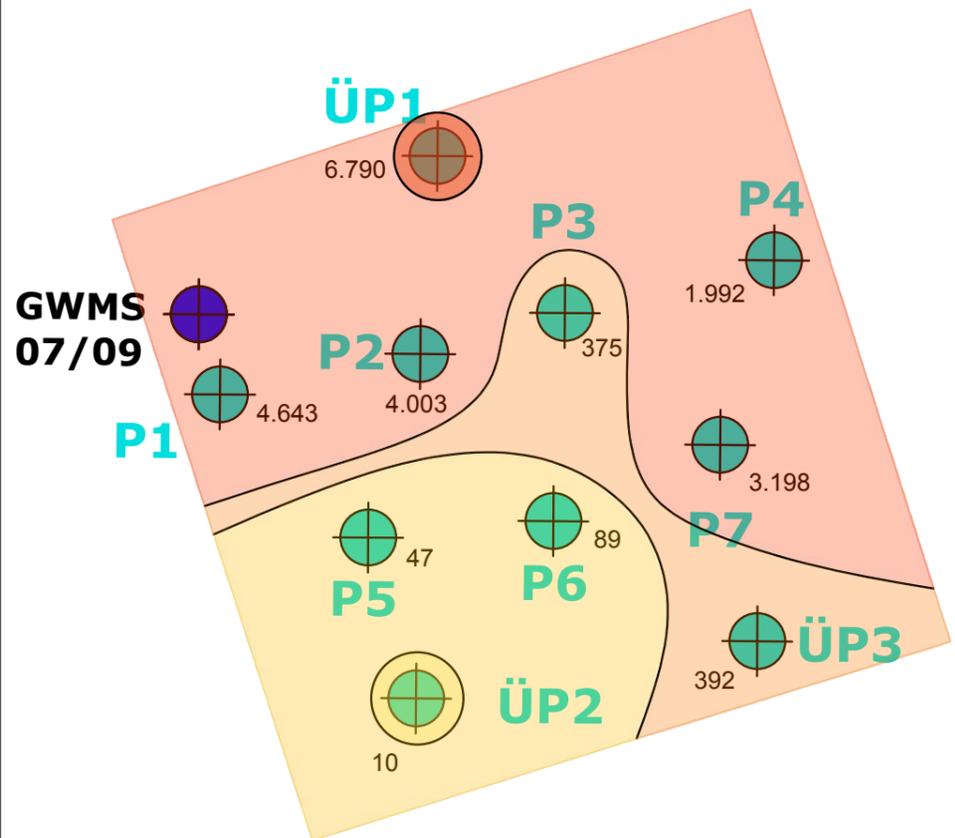




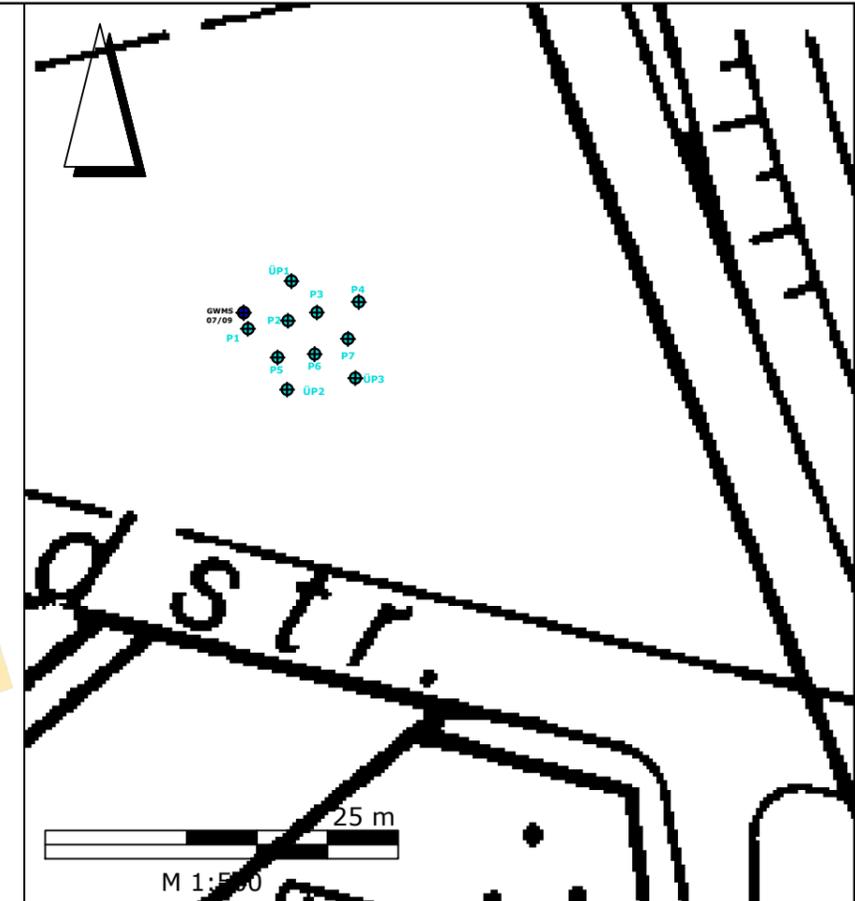
März 2018



August 2018



Dezember 2018



Legende:

GWMS 07/09 Grundwassermessstelle

P1 Pegel
33

BTEX-Gehalte im Grundwasser in µg/l

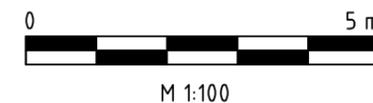
- < 0,5 - 20
- > 20 - 100
- > 100 - 1.000
- > 1.000 - 5.000
- > 5.000 - 10.000
- >10.000

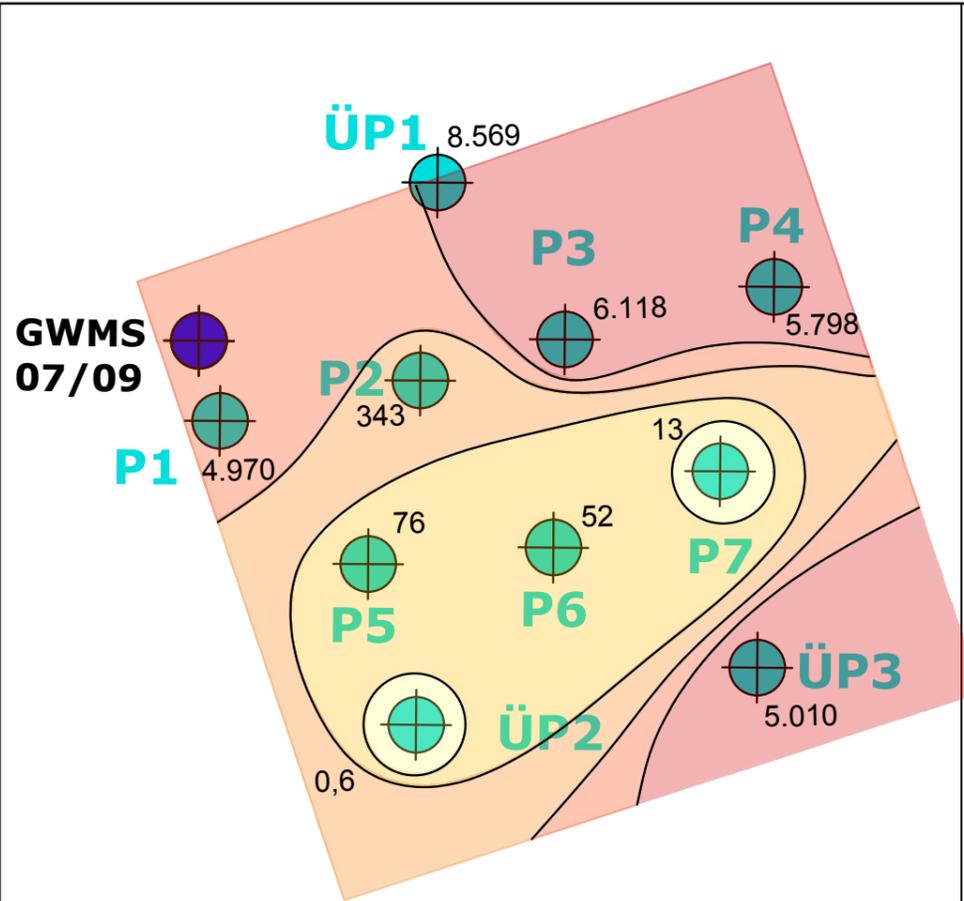
Projekt: **In-Situ Feldversuch
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507**

Darstellung:	Anlage:	11.2
Lageplan - Position der Pegel mit Ergebnissen der Grundwasser- untersuchungen für BTEX (Tiefe 18,50m) März bis Dezember 2018	Maßstab:	1 : 100 / 1.500
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_BTEX_18,5.dwg
	Datum	Name
gezeichnet:	fia	25.06.2019
geprüft:	.	25.06.2019

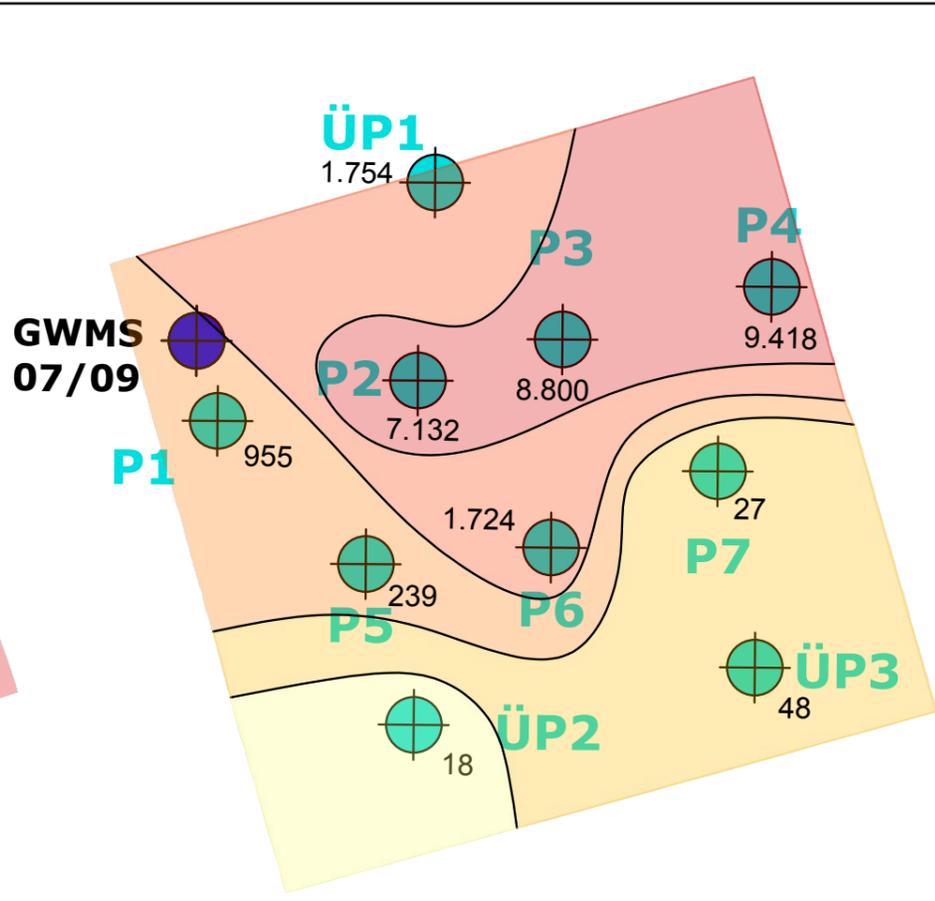
Bauherr/Auftraggeber:
**Bundesbau bei
Immobilien Bremen AÖR
Bundesbau
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen**

Planverfasser:
HPC
DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

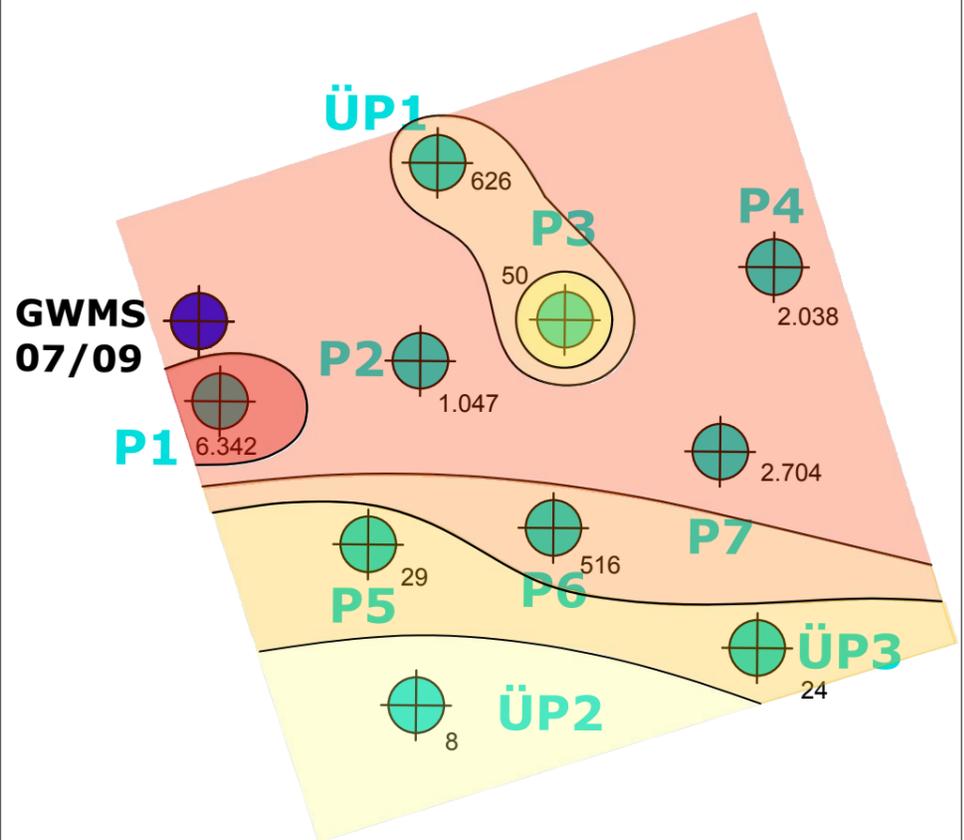




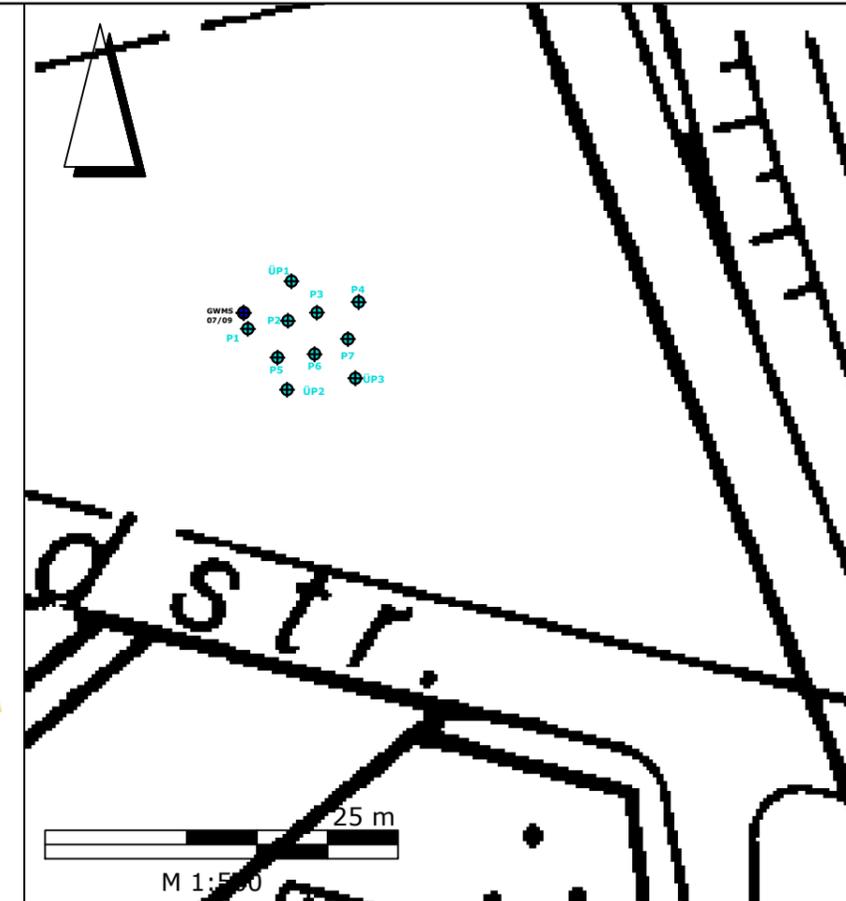
März 2018



August 2018



Dezember 2018



Legende:

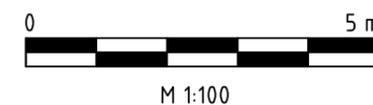
- GWMS 07/09** Grundwassermessstelle
- P1** 33 Pegel
- BTEX-Gehalte im Grundwasser in µg/l**
- < 0,5 - 20
- > 20 - 100
- > 100 - 1.000
- > 1.000 - 5.000
- > 5.000 - 10.000
- >10.000

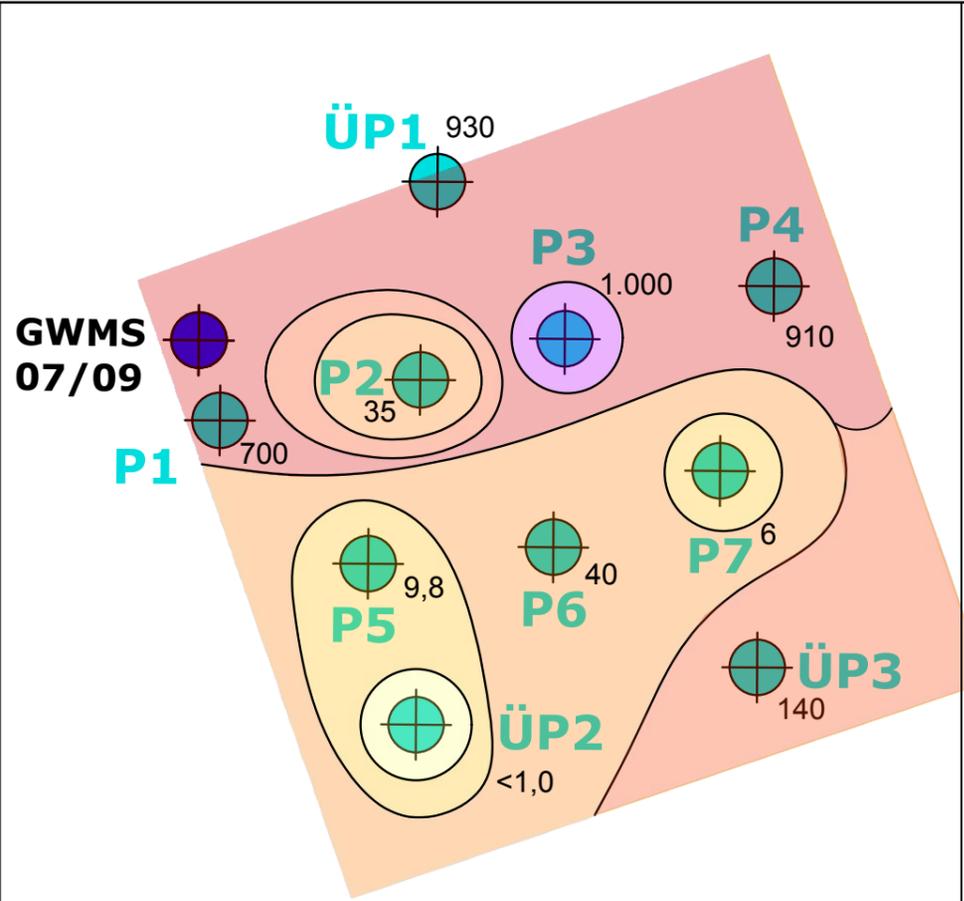
Projekt: **In-Situ Feldversuch
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507**

Darstellung: Lageplan - Position der Pegel mit Ergebnissen der Grundwasser- untersuchungen für BTEX (Tiefe 21,50m) März bis Dezember 2018	Anlage:	11.3
	Maßstab:	1 : 100 / 1500
gezeichnet:	Zeichnungs-Nr.:	2170492_BTEX_21,5.dwg
	Datum	Name
geprüft:	gezeichnet:	fia 25.06.2019
	geprüft:	25.06.2019

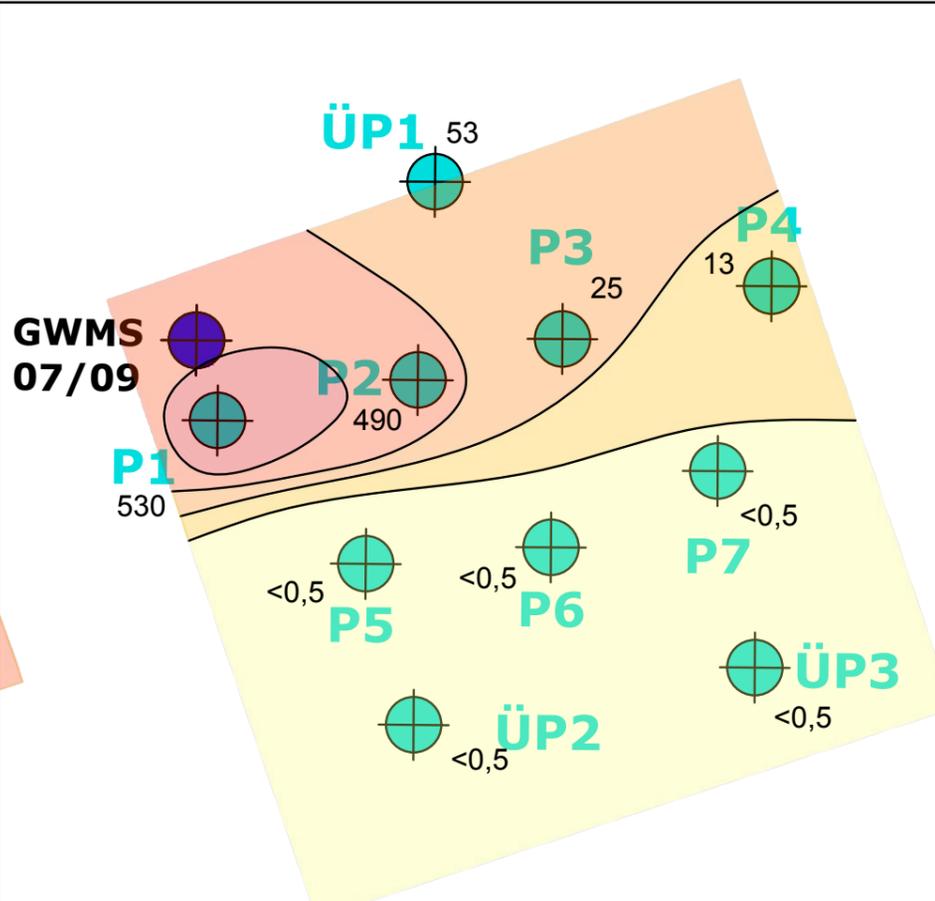
Bauherr/Auftraggeber:
**Bundesbau bei
Immobilien Bremen AÖR
Bundesbau
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen**

Planverfasser:
 HPC
DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

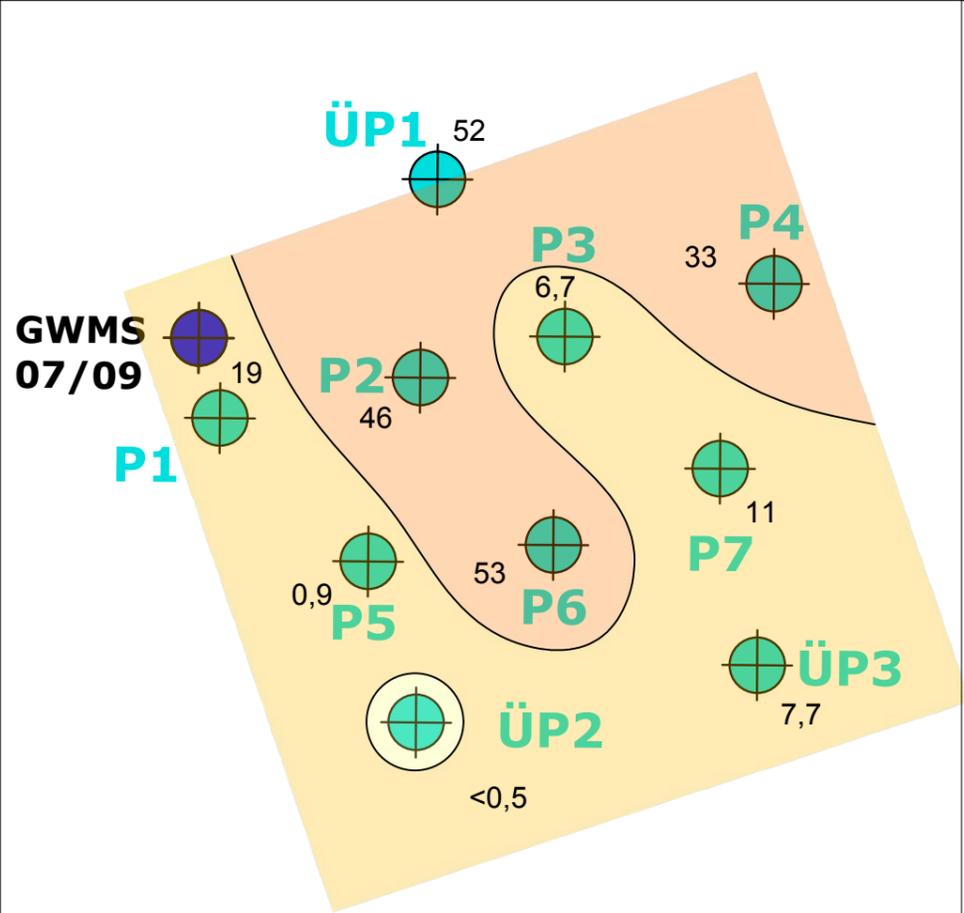




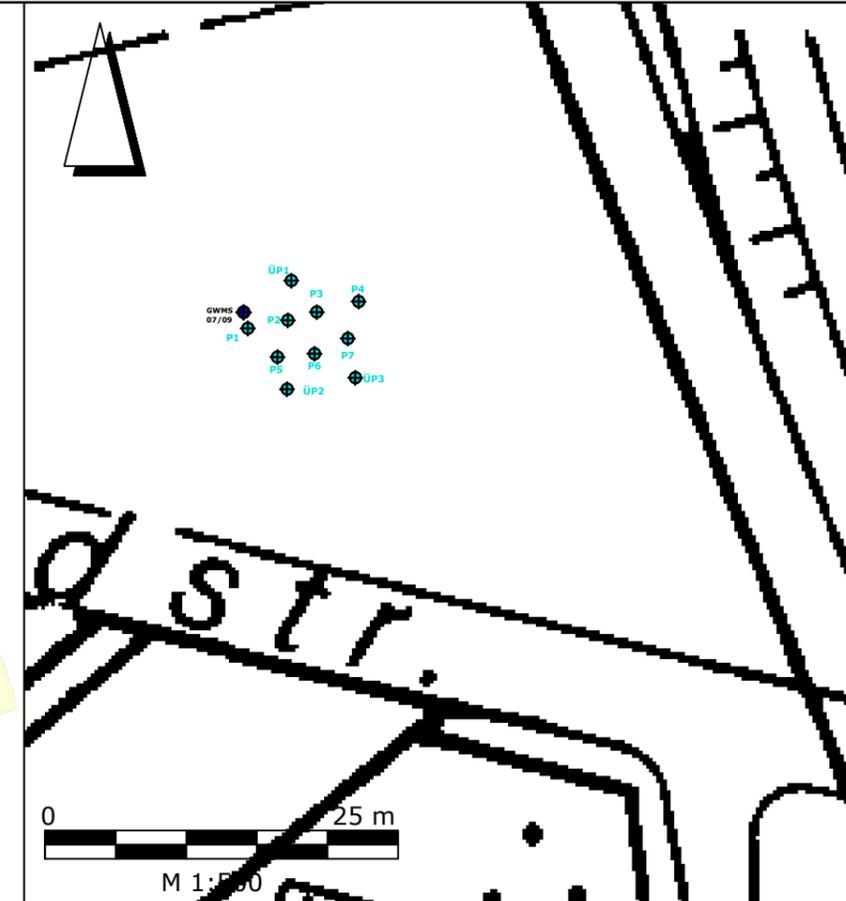
März 2018



August 2018



Dezember 2018



Legende:

- GWMS 07/09 Grundwassermessstelle
- Pegel

MTBE-Gehalte im Grundwasser in µg/l

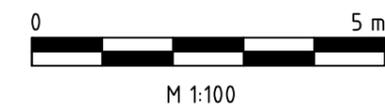
- < 1,0
- 1 - 20
- > 20 - 100
- > 100 - 500
- > 500 - 1.000
- > 1.000

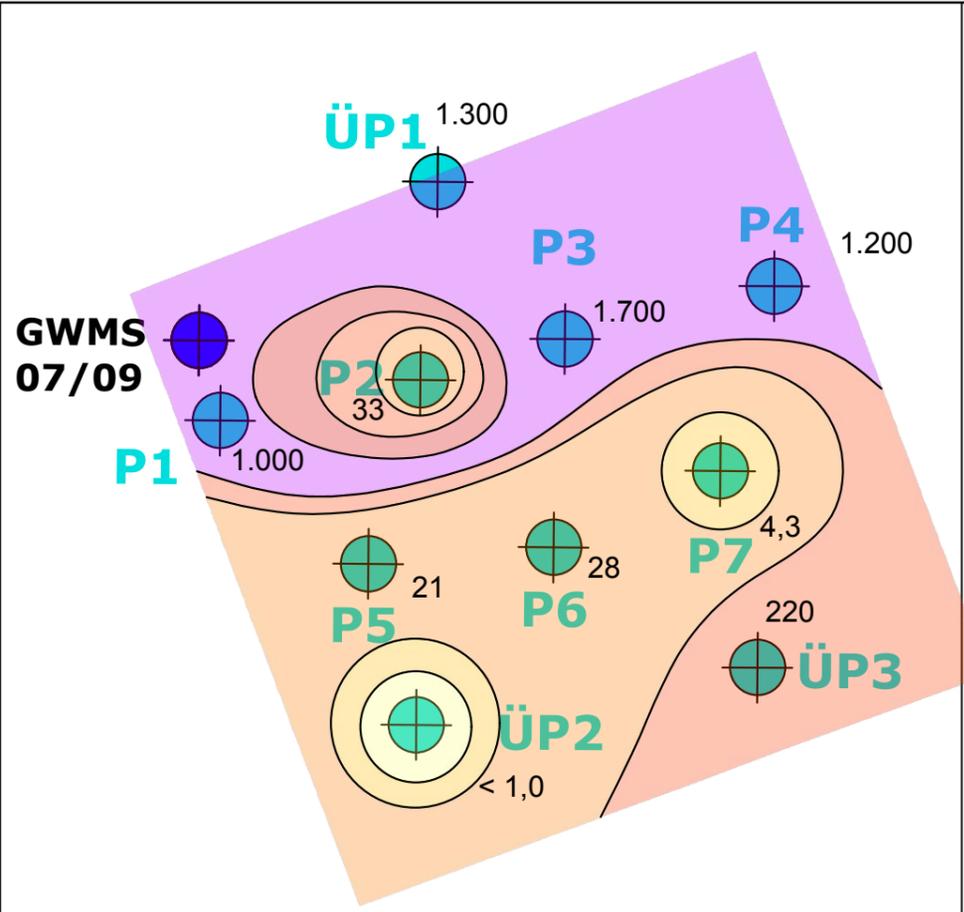
Projekt: **In-Situ Feldversuch**
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507

Darstellung: Lageplan - Position der Pegel mit Ergebnissen der Grundwasser- untersuchungen für MTBE (Tiefe 15,50m) März bis Dezember 2018	Anlage:	11.4
	Maßstab:	1 : 100 / 1.500
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_MTBE_15.5.dwg
	gezeichnet:	fia 25.06.2019
	geprüft:	. 25.06.2019

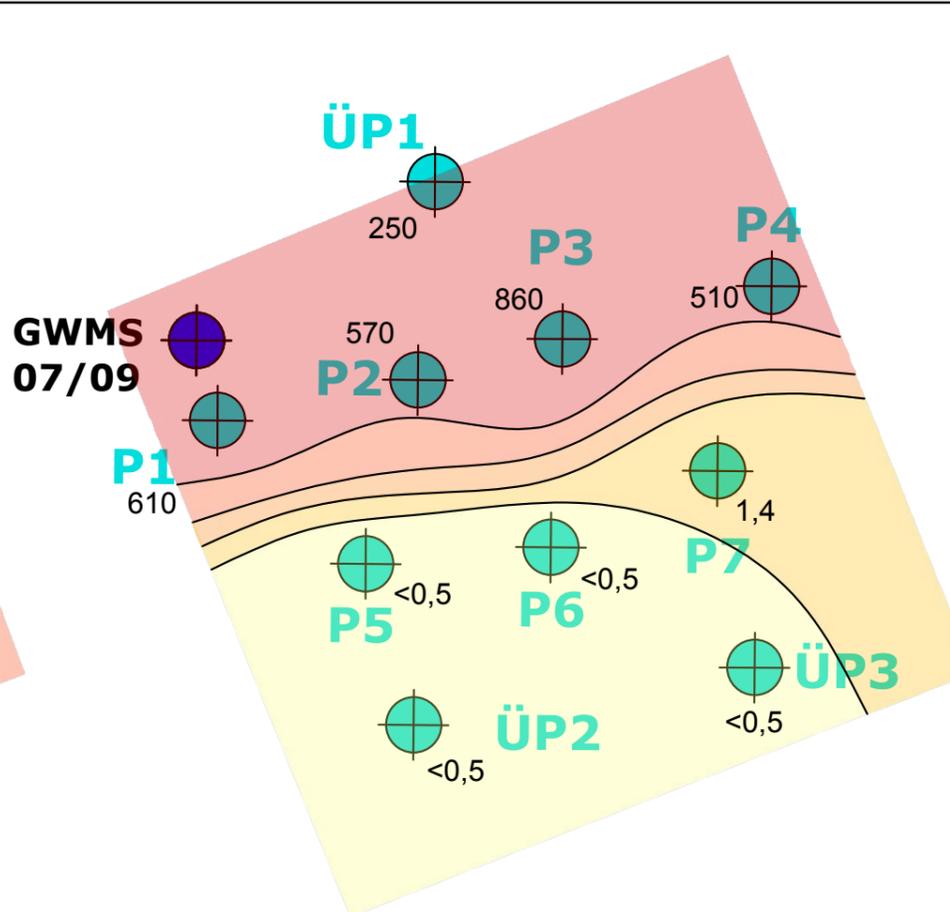
Bauherr/Auftraggeber:
Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR
 Bundesbau
 Theodor-Heuss-Allee 14
 22815 Bremen

Planverfasser:
HPC
 DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
 HPC AG
 Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
 Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

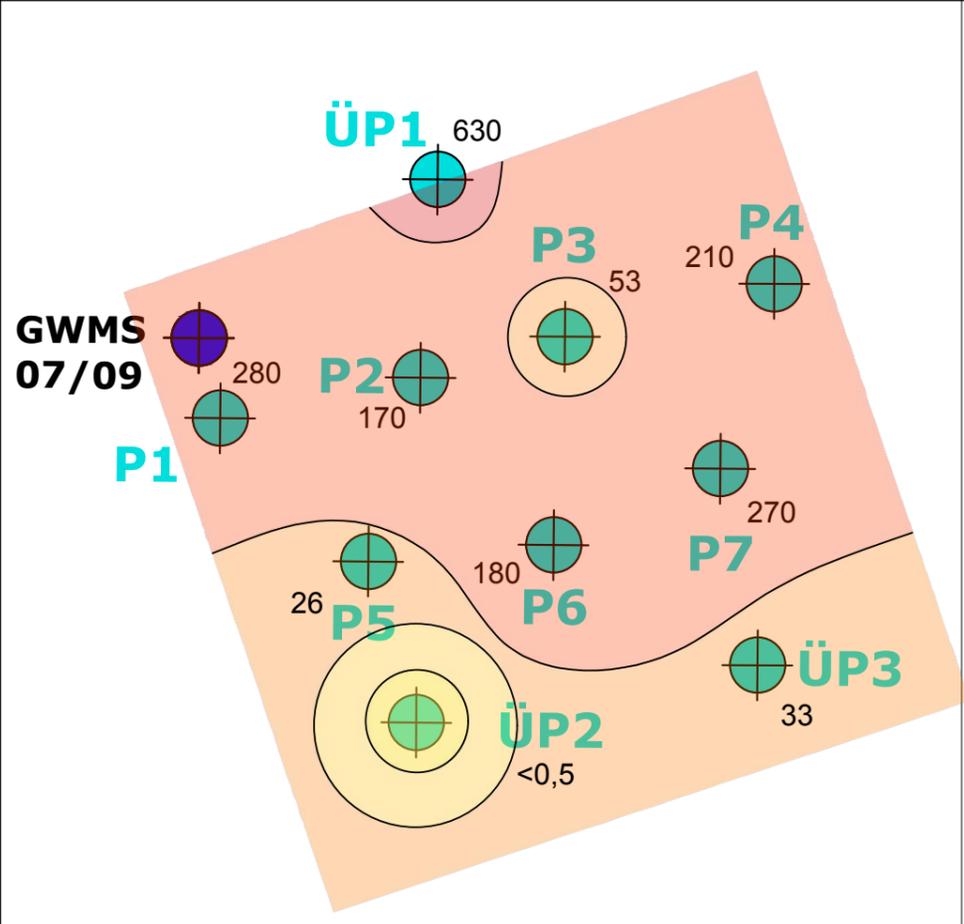




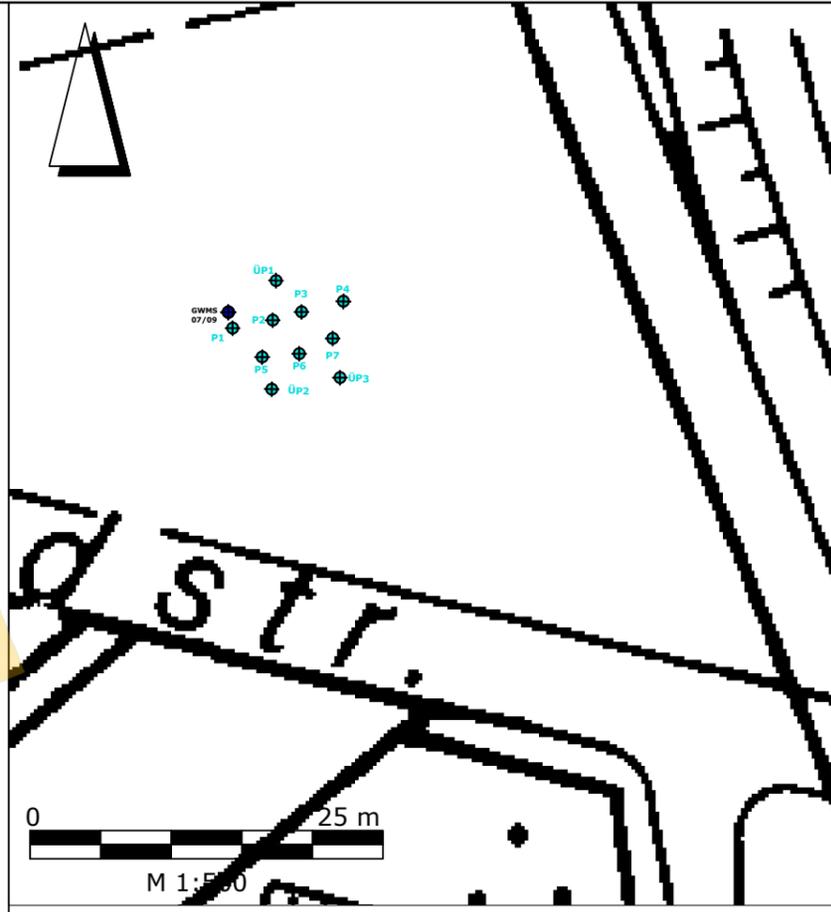
März 2018



August 2018



Dezember 2018



Legende:

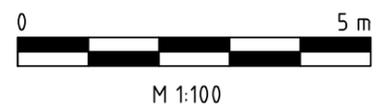
- GWMS 07/09 Grundwassermessstelle
- Pegel
- MTBE-Gehalte im Grundwasser in µg/l
- < 1,0
- 1 - 20
- > 20 - 100
- > 100 - 500
- > 500 - 1.000
- > 1.000

Projekt: **In-Situ Feldversuch
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507**

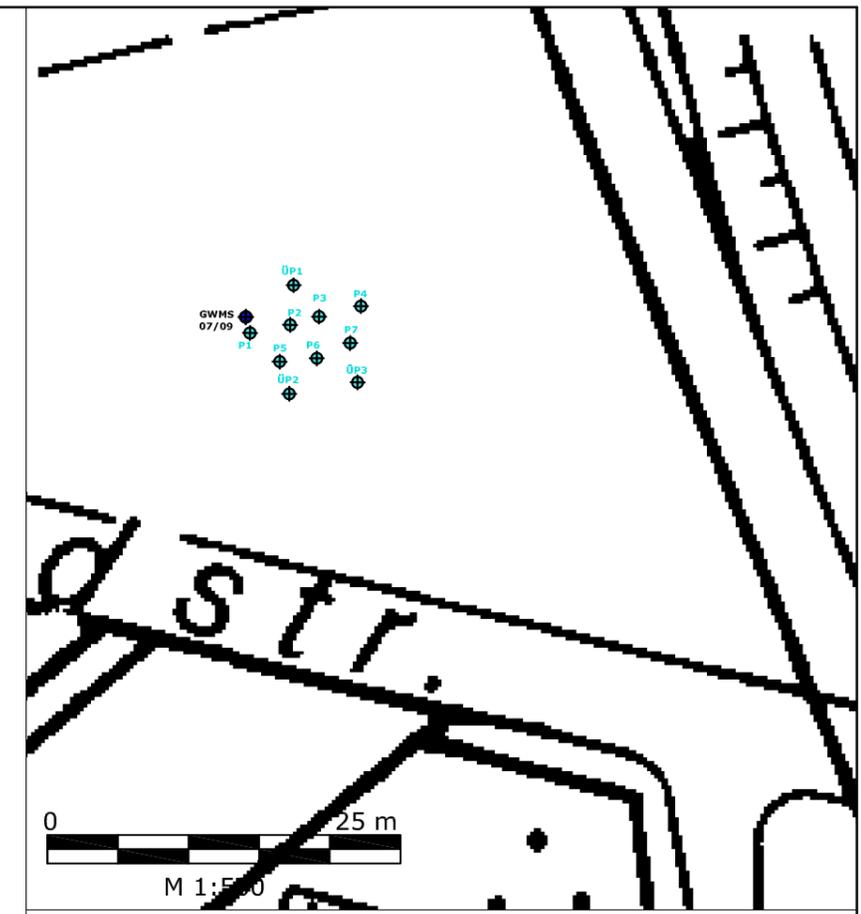
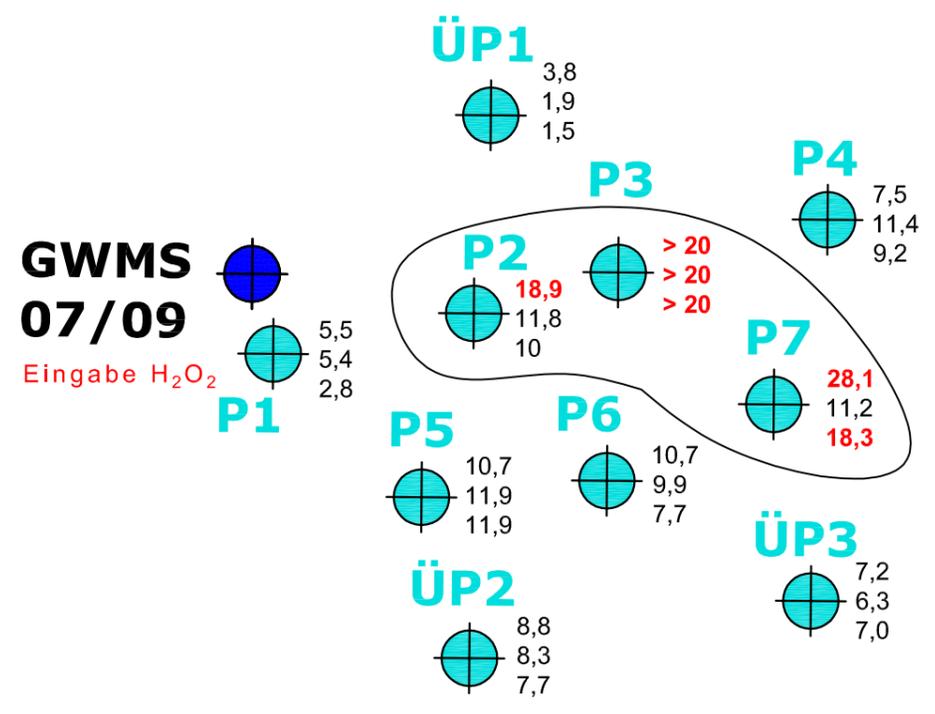
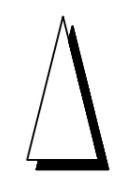
Darstellung:	Anlage:	11.5
Lageplan - Position der Pegel mit Ergebnissen der Grundwasser- untersuchungen für MTBE (Tiefe 18,50m) März bis Dezember 2018	Maßstab:	1: 100 / 1.500
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_MTBE_18.5.dwg
	Datum	Name
gezeichnet:	fia	13.10.2020
geprüft:	.	13.10.2020

Bauherr/Auftraggeber:
**Bundesbau bei
Immobilien Bremen AÖR
Bundesbau
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen**

Planverfasser:
HPC
DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010



- 12 **Lageplan – Sauerstoffmessungen Dezember 2018**



Legende:

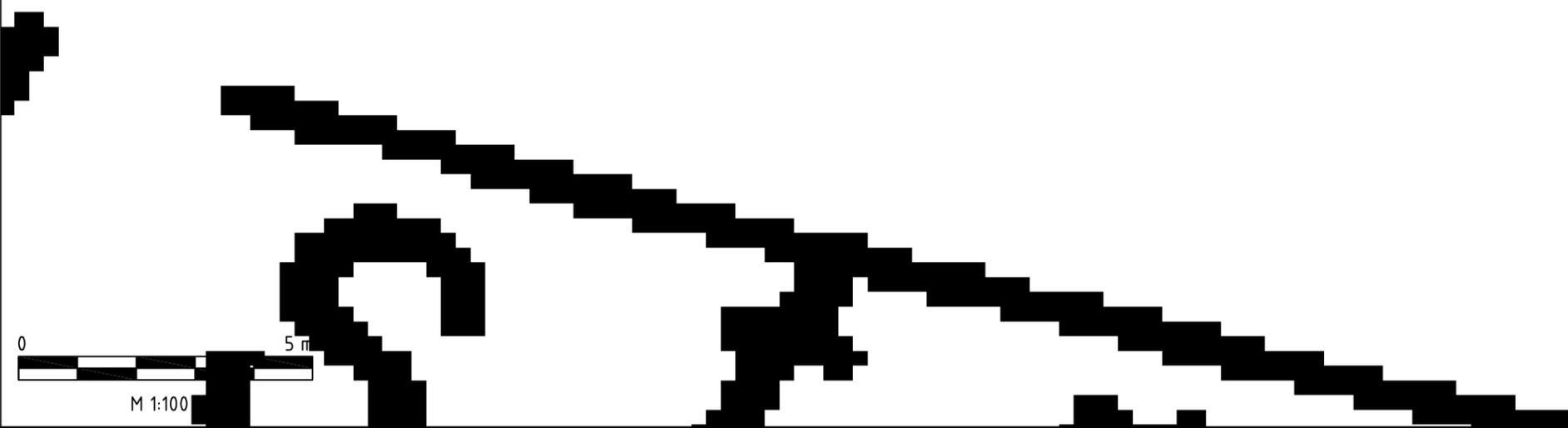
- GWMS 07/09 Grundwassermessstelle
- P1 Pegel
- 7,7 gemessene Sauerstoffgehalte in mg/l
- > 20 unnatürliche hohe Sauerstoffgehalte in mg/l

Projekt: **In-Situ Feldversuch**
Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507

Darstellung: Lageplan - Ausschnitt Position der Pegel mit Ergebnissen der Sauerstoffmessungen im Dezember 2018	Antage:	12
	Maßstab:	1 : 100 / 1:500
	Zeichnungs-Nr.:	2170492_Sauerstoff_Tracer.dwg
	Datum	Name
gezeichnet:	jokl	19.06.2019
geprüft:	.	19.06.2019

Bauherr/Auftraggeber:
Bundesbau bei
Immobilien Bremen AöR
Theodor-Heuss-Allee 14
22815 Bremen

Planverfasser:
HPC
DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010



- 13 Nährstoffuntersuchung und C:N:P:K-Verhältnis 1. Abbauversuch

Anlage 13: Gemessene Nährstoffe und Elektronenakzeptoren mit BTEX-Konzentration und C:N:P:K-Verhältnis

		DOC	Sulfat	Nitrat	Nitrit	Ammonium	Stickstoff, gesamt	Phosphat, gesamt	Phosphor	Kalium	Eisen (II)	Eisen (III)	Eisen, gesamt	BTEX*	C:N:P:K-Verhältnis
Pegelbezeichnung	Datum	mg/l													-
P1 18,5m	26.09.2018	5,6	35	8,5	< 0,02	< 0,04	1,9	< 0,04	< 0,05	6,8	-	-	-	-	100 : 33 : 1 : 121
	12.12.2018	11,0	27	2,7	< 0,05	12,0	11,00	2,8	3,5	3,7	< 0,5	1,0	1,0	4,320	100 : 100 : 31 : 33
	21.03.2019	7,5	35	2,4	0,11	1,2	2,5	2,1	0,7	15,8	0,3	0,7	1,0	1,315	100 : 33 : 28 : 210
P2 15,5m	13.12.2018	< 2	36	21,0	< 0,05	44,0	39,0	3,6	4,3	6,6	< 0,5	2,3	2,3	0,552	100 : 1950 : 215 : 330
	21.03.2019	6,5	35	5,3	0,23	3,9	4,27	1,6	0,5	5,8	1,1	0,8	1,9	0,455	100 : 66 : 25 : 89
P3 21,5m	26.09.2018	8,4	35	4,3	< 0,02	< 0,04	1,0	< 0,04	< 0,05	5,2	-	-	-	-	100 : 12 : 0,6 : 62
	13.12.2018	4,2	39	12,0	< 0,05	54,0	35,0	8,8	13	4,5	< 0,5	24	24	0,046	100 : 833 : 309 : 107
	21.03.2019	3,6	37	5,8	0,12	5,0	5,3	2,9	0,9	5,2	0,1	0,4	0,5	0,034	100 : 148 : 80 : 144
P4 15,5m	13.12.2018	< 2	35	7,1	< 0,05	15,0	12,0	0,9	1,4	6,1	< 0,5	1,7	1,7	0,119	100 : 600 : 70 : 305
P5 21,5m	26.09.2018	1,1	45	16,1	< 0,02	< 0,04	3,6	< 0,04	< 0,05	7,0	-	-	-	-	100 : 327 : 4 : 636
	12.12.2018	< 2	50	14,0	< 0,05	1,2	3,1	< 0,3	0,07	7,4	< 0,5	0,3	0,3	0,027	100 : 155 : 3,5 : 370
ÜP1 18,5m	13.12.2018	13,0	26	1,0	< 0,05	22,0	20,0	4,0	4,8	3,2	< 0,5	6,8	6,8	6,244	100 : 153 : 37 : 24
	21.03.2019	6,2	33	2,1	0,08	0,9	2,5	1,4	0,5	5,3	1,6	0,4	2,0	0,087	100 : 40 : 23 : 85
ÜP2 21,5m	22.03.2019	1,8	58	14,4	< 0,02	< 0,04	3,3	< 0,15	< 0,05	20,7	0,1	0,3	0,4	0,018	100 : 183 : 1 : 1150

*ohne Trimethylbenzole

Optimales Nährstoffverhältnis ≥ 100 : 10 : 1 : 1

**- 14 Tabelle BTEX- sowie MTBE-Konzentrationen mit zugehörigen Vor-
Ort-Parametern 1. Abbauversuch**

Pegelbezeichnung - Entnahmedatum	BTEX-Konz.* [µg/l]	MTBE-Konz. [µg/l]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	pH-Wert	Redoxpotential [mV]	elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	Temperatur [°C]
P1 15,5m - 08.03.18	4314	700	3,4	5,2	399	265	10,8
P1 15,5m - 28.08.18	3658	530	5,8	4,94	278	300	12,4
P1 15,5m - 12.12.18	119	19	5,5	4,9	544	374	11,2
P1 15,5m - 06.03.19	2480	-	-	-	-	-	-
P1 18,5m - 08.03.18	5743	1.000	1,1	5,2	230	222	10,8
P1 18,5m - 28.08.18	3920	610	5,61	4,97	276	269	12
P1 18,5m - 12.12.18	4320	280	5,4	5,3	487	264	11
P1 18,5m - 06.03.19	2792	-	-	-	-	-	-
P1 18,5m - 21.03.19	1315	-	2,56	5,33	197	184	10,6
P1 18,5m - 25.03.19	555	-	2,9	6,99	178	626	10,6
P1 18,5m - 28.03.19	1712	-	2,55	6,58	161	618	10,9
P1 18,5m - 04.04.19	1811	-	3,44	6,528	165	637	10,5
P1 18,5m - 18.04.19	389	-	1,59	5,6	172,3	223	11
P1 18,5m - 02.09.19	3714	290	-	-	-	-	-
P1 18,5m - 27.03.20	466,8	74	-	5,9	-390	280	11,8
P1 18,5m - 20.07.20	256	50	-	5,4	335,6	273	12,3
P1 21,5m - 08.03.18	4660	1.100	1,1	5,2	389	224	10,6
P1 21,5m - 28.08.18	856	170	8,4	5,06	275	333	11,9
P1 21,5m - 12.12.18	5908	1300	2,8	4,9	435	222	11
P1 21,5m - 06.03.18	1568	-	-	-	-	-	-
P2 15,5m - 07.03.18	209,8	0,035	10,1	4,6	587	396	10,9
P2 15,5m - 28.08.18	2623	490	7,35	4,5	365	368	12,6
P2 15,5m - 13.12.18	552	46	18,9	6,6	462	1204	11,6
P2 15,5m - 06.03.19	700	-	-	-	-	-	-
P2 15,5m - 21.03.19	455	-	2,16	5,65	150,5	292	10,2
P2 15,5m - 25.03.19	1365	-	1,6	9,93	84,2	2330	10,8
P2 15,5m - 28.03.19	1732	-	2,74	9,22	109	1442	10,9
P2 15,5m - 04.04.19	1312	-	2,56	7,138	101	737	10,5
P2 15,5m - 23.04.19	935	-	1,3	5,85	92,1	291	12,2
P2 18,5m - 07.03.18	223	33	10,1	4,6	582	399	11,1
P2 18,5m - 28.08.18	3706	570	7,35	4,5	365	368	12,6
P2 18,5m - 13.12.18	3709	170	11,8	5,8	467	808	11,4
P2 18,5m - 06.03.19	1001	-	-	-	-	-	-
P2 18,5 m - 27.03.20	475,4	66	-	5,5	-60	300	12,2
P2 18,5m - 20.07.20	7	< 1,0	-	4,5	356	573	12,4
P2 21,5m - 07.03.18	314	41	10,0	4,6	573	401	11,1
P2 21,5m - 28.08.18	6486	1100	3,1	4,59	315	254	12
P2 21,5m - 13.12.18	992	280	10	6,1	445	740	11,3
P2 21,5m - 06.03.19	177	-	-	-	-	-	-
P3 15,5m - 07.03.18	6460	1.000	4,7	5,2	406	332	10,7
P3 15,5m - 28.08.18	467	25	6,14	4,8	295	514	13,4
P3 15,5m - 13.12.18	19	6,7	> 20	6	552	667	11,4
P3 15,5m - 06.03.19	506	-	-	-	-	-	-
P3 18,5m - 07.03.18	11172	1700	0,6	5,2	391	229	10,6
P3 18,5m - 28.08.18	7440	860	2,46	4,9	246	293	12
P3 18,5m - 13.12.18	351	53	> 20	6,1	532	689	11,4
P3 18,5m - 06.03.19	498	-	-	-	-	-	-
P3 18,5m - 02.09.19	764	37	-	-	-	-	-
P3 18,5 m - 27.03.20	481,4	71	-	5,8	-260	280	12,3
P3 18,5m - 20.07.20	259	51	-	5,4	330	273	12,5
P3 21,5m - 07.03.18	5818	1100	4,7	5,3	409	338	10,7
P3 21,5m - 28.08.18	8080	1800	2,37	5,18	239	219	12,4
P3 21,5m - 13.12.18	46	66	>20	6,6	510	798	11,4
P3 21,5m - 06.03.19	470	-	-	-	-	-	-
P3 21,5m - 21.03.19	34	-	4,2	5,57	185	243	10,9
P3 21,5m - 25.03.19	306	-	3,77	9,73	103,4	1433	10,3
P3 21,5m - 28.03.19	247	-	2,07	9,41	94	1287	10,8
P3 21,5m - 04.04.19	336	-	2,17	9,024	97	1143	10,7
P3 21,5m - 23.04.19	396	-	1,91	6,35	104,7	442	12,7
P4 15,5m - 07.03.18	8561	910	1,5	5,3	387	274	10,6
P4 15,5m - 28.08.18	239	13	5,64	4,63	296	525	12
P4 15,5m - 13.12.18	119	33	7,5	5,5	535	559	11,2
P4 18,5m - 07.03.18	10326	1200	0,4	5,3	384	248	10,7
P4 18,5m - 28.08.18	6074	510	4,73	5,04	236	323	12,3
P4 18,5m - 13.12.18	1854	210	11,4	6,3	491	625	11,5
P4 18,5m - 02.09.19	3810	220	-	-	-	-	-
P4 18,5m - 27.03.20	258	67	-	5,3	200	310	12,2
P4 18,5m - 20.07.20	106	37	-	5,3	320	294	12,5

* ohne Trimethylbenzole

Pegelbezeichnung - Entnahmedatum	BTEX-Konz.* [µg/l]	MTBE-Konz. [µg/l]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	pH-Wert	Redoxpotential [mV]	elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	Temperatur [°C]
P4 21,5m - 07.03.18	5428	680	2	5,3	413	334	10,8
P4 21,5m - 28.08.18	8458	1100	2,68	5,05	255	227	12,1
P4 21,5m - 13.12.18	1924	630	9,2	6,5	471	747	11,5
P5 15,5m - 06.03.18	62	9,8	7,1	5,2	461	296	11
P5 15,5m - 29.08.18	26	< 0,5	9,05	4,78	427	277	14
P5 15,5m - 12.12.18	19	0,9	10,7	4,7	625	341	11,4
P5 18,5m - 06.03.18	103	21	4,8	5,5	434	321	10,9
P5 18,5m - 29.08.18	15	< 0,5	8,47	4,86	424	286	12,6
P5 18,5m - 12.12.18	45	26	11,9	4,8	588	1427	11,3
P5 21,5m - 06.03.18	68	11	7,4	5,3	526	294	11
P5 21,5m - 29.08.18	218	28	8,5	4,86	412	423	12,2
P5 21,5m - 12.12.18	27	1,1	11,9	4,7	590	339	11,3
P6 15,5m - 07.03.18	129	40	9,2	5	513	316	10,9
P6 15,5m - 29.08.18	19	< 0,5	10,07	4,63	423	360	12
P6 15,5m - 12.12.18	35	53	10,7	5,3	510	828	11,4
P6 18,5m - 07.03.18	97	28	9,7	4,9	529	317	10,9
P6 18,5m - 29.08.18	24	< 0,5	10,29	4,61	417	358	12,1
P6 18,5m - 12.12.18	82	180	9,9	4,7	525	2170	11,4
P6 21,5m - 07.03.18	46,1	15	9,4	4,9	532	318	10,6
P6 21,5m - 29.08.18	1583	270	9,3	4,64	409	341	12,1
P6 21,5m - 12.12.18	482	95	7,7	5	528	605	11,4
P7 15,5m - 07.03.19	61	6	9,3	4,6	576	376	10,7
P7 15,5m - 29.08.18	52	< 0,5	10,28	4,39	403	457	14,2
P7 15,5m - 12.12.18	96	11	28,1	5,7	545	629	11,7
P7 18,5m - 07.03.19	27,6	4,3	9,8	4,7	563	378	10,7
P7 18,5m - 29.08.18	29	1,4	10,53	4,45	399	453	12,3
P7 18,5m - 12.12.18	2977	270	11,2	5,5	459	534	11,2
P7 18,5m - 02.09.19	4334	260	-	-	-	-	-
P7 18,5m - 27.03.20	506,2	79	-	5,6	-100	300	11,9
P7 18,5m - 20.07.20	14	4,6	-	5,2	333	383	12,1
P7 21,5m - 07.03.19	10,7	< 1	10	4,6	544	378	11
P7 21,5m - 29.08.18	23	< 0,5	10,63	4,4	394	457	11,8
P7 21,5m - 12.12.18	2515	290	18,3	5,6	458	704	11,3
ÜP1 15,5m - 08.03.18	7247	930	0,7	5,2	362	251	10,5
ÜP1 15,5m - 28.08.18	604	53	4,6	4,8	239	451	12,2
ÜP1 15,5m - 13.12.18	516	52	3,8	5,2	512	548	11,2
ÜP1 15,5m - 06.03.19	1473	-	-	-	-	-	-
ÜP1 18,5m - 08.03.18	9861	1300	0,3	5,2	349	212	10,5
ÜP1 18,5m - 28.08.18	4632	250	5,2	5	226	366	12,1
ÜP1 18,5m - 13.12.18	6244	630	1,9	5,5	438	383	11,2
ÜP1 18,5m - 06.03.19	1332	-	-	-	-	-	-
ÜP1 18,5m - 21.03.19	87	-	1,92	5,54	168	216	10,8
ÜP1 18,5m - 25.03.19	866	-	2	8,67	142	1108	9,7
ÜP1 18,5m - 28.03.19	1815	-	1,85	7,13	107	803	10,8
ÜP1 18,5m - 04.04.19	2291	-	2,31	6,624	101	700	10,7
ÜP1 18,5m - 23.04.19	2439	-	1,13	5,56	115,2	230	12,8
ÜP1 18,5m - 27.03.20	503	86	-	6	-360	360	12,5
ÜP1 18,5m - 20.07.20	440	61	-	5,7	311	294	13
ÜP1 21,5m - 08.03.18	8049	1400	0,4	5,2	356	227	10,5
ÜP1 21,5m - 28.08.18	1680	610	6,7	5,19	173	242	12,1
ÜP1 21,5m - 13.12.18	605	170	1,5	6,2	377	443	11,2
ÜP1 21,5m - 06.03.19	1048	-	-	-	-	-	-
ÜP2 15,5m - 15.02.18	0,4	< 1,0	8,3	4,6	685	304	8,5
ÜP2 15,5m - 29.08.18	45	< 0,5	9,5	4,74	411	337	16,7
ÜP2 15,5m - 12.12.18	52	< 0,5	8,8	4,9	626	323	11,1
ÜP2 15,5m - 06.03.19	29	-	-	-	-	-	-
ÜP2 18,5m - 15.02.18	0,4	< 1,0	7,8	4,6	641	281	8,6
ÜP2 18,5m - 29.08.18	14	< 0,5	8,67	4,75	429	340	13
ÜP2 18,5m - 12.12.18	10	< 0,5	8,3	4,6	651	311	11,7
ÜP2 18,5m - 06.03.19	38	-	-	-	-	-	-
ÜP2 21,5m - 08.03.18	0,4	< 1,0	7,2	4,7	597	273	9,5
ÜP2 21,5m - 28.08.18	16	< 0,5	7,51	4,78	404	354	12,7
ÜP2 21,5m - 13.12.18	8	< 0,5	7,7	4,9	614	326	11,5
ÜP2 21,5m - 06.03.19	43	-	-	-	-	-	-
ÜP2 21,5m - 22.03.19	18	-	6,5	5,31	284	223	11,1
ÜP2 21,5m - 25.03.19	16	-	5,52	7,46	265	432	10,1
ÜP2 21,5m - 28.03.19	10	-	6,41	5,76	299	364	11,4
ÜP2 21,5m - 04.04.19	6	-	7,62	5,05	280	370	10,9
ÜP2 21,5m - 23.04.19	4	-	5,65	4,96	286,4	225	11,7

* ohne Trimethylbenzole

Pegelbezeichnung - Entnahmedatum	BTEX-Konz.* [µg/l]	MTBE-Konz. [µg/l]	Sauerstoffgehalt [mg/l]	pH-Wert	Redoxpotential [mV]	elektr. Leitfähigkeit [µS/cm]	Temperatur [°C]
ÜP3 15,5m - 06.03.18	1231	140	6,7	5	486	313	11,1
ÜP3 15,5m - 29.08.18	34	< 0,5	10,14	4,76	355	419	12,3
ÜP3 15,5m - 13.12.18	91	7,7	7,2	5,4	528	393	11,5
ÜP3 18,5m - 06.03.18	1836	220	5,6	5	472	297	10,9
ÜP3 18,5m - 29.08.18	33	< 0,5	9,87	4,71	352	418	12
ÜP3 18,5m - 13.12.18	367	33	6,3	5,5	513	423	11,5
ÜP3 21,5m - 06.03.18	4590	530	2,2	5,1	451	258	10,7
ÜP3 21,5m - 29.08.18	41	< 0,5	9,34	4,77	330	419	11,9
ÜP3 21,5m - 13.12.18	24	< 0,5	7	5,4	499	360	11,8
IB1 - 27.03.2020	503	81		5,8	-330	280	12,2
IB1 - 20.07.2020	60	45	-	6,2	323	527	12,4
IB2 - 27.03.2020	658	130	-	6,1	-370	380	12,3
IB2 - 20.07.2020	28	74	-	6,3	308	404	13,3
EB1 - 27.03.2020	776	130	-	5,7	-350	270	12,1
EB1 - 20.07.2020	263	74	-	5,7	309	314	12,8
EB2 - 27.03.2020	283	62	-	6	-410	370	12,1
EB 2 - 20.07.2020	166	54	-	5,7	317	342	11,8

* ohne Trimethylbenzole

Anlage 14: Ergebnisse der Überprüfung der Milieubedingungen am 19.11.2018

Pegel	Wasserstand u. GOK	Tiefe des Messgeräts u. GOK	Temperatur [°C]	Leitfähigkeit	pH-Wert	Redox- Potential [mV]
ÜP1	14,59	15,59	10,54	2,234	8,009	-422,2
ÜP1	14,59	22,00	10,44	3,207	7,825	-394,5
P1	14,62	15,62	10,58	0,292	5,937	-107,0
P1	14,62	22,00	10,49	0,782	6,118	-376,3
P2	14,22	15,22	10,62	0,705	6,034	-133,8
P2	14,22	22,00	10,51	2,884	8,387	-247,2
P3	14,63	15,63	10,63	2,902	7,641	-105,4
P3	14,63	22,00	10,49	5,030	7,925	-387,3
P4	14,71	15,71	10,57	1,692	7,090	-132,4
P4	14,71	22,00	10,48	5,881	8,571	-380,3
P5	9,95	10,95	10,80	0,251	5,217	-159,2
P5	9,95	15,30	10,75	0,363	4,972	-127,7
P5	9,95	22,00	10,74	0,505	6,085	-364,6
ÜP2	10,88	11,88	11,00	0,325	5,021	-148,7
ÜP2	10,88	15,30	10,87	0,329	4,877	-129,5
ÜP2	10,88	22,00	10,78	0,329	5,113	-128,0
ÜP3	9,75	10,75	10,78	0,354	5,577	-186,1
ÜP3	9,75	15,30	10,65	0,389	5,295	-151,2
ÜP3	9,75	22,00	10,55	0,402	5,623	-156,8

- 15 **Prüfberichte Schadstoffuntersuchungen**

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg
Zürnweg 1

21217 SEEVETAL

20. März 2018

PRÜFBERICHT 06031830

Auftragsnr. Auftraggeber: 579-DFAZ
Projektbezeichnung: Beprobung Grundwasser - In-situ Feldversuch ISBO Bremen Farge
Probenahme: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH ab 15.02.2018
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH ab 15.02.2018
Probeneingang: ab 15.02.2018
Prüfzeitraum: 15.02.2018 – 19.03.2018
Probennummer: 16313 - 16342, 19607 - 19609 / 18
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.
Analysenbefunde: Seite 3 - 20
Messverfahren: Seite 2
Qualitätskontrolle:

B. Sc. Tanja Staal
(Projektleiterin)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Probenahme:	DIN 38402-A13	Probenahme aus Grundwasserleiter
Messverfahren:	Phosphat	DIN EN ISO 6878 (D11)
	Kohlenwasserstoffe (GC;W)	DIN EN ISO 9377-2 (H53)
	BTEX	DIN 38407-F9
	Eisen	DIN EN ISO 17294-2
	Eisen (II)	DIN 38406 (E1)
	Ammonium-N	DIN 38406 (E5-1)
	MTBE	DIN 38407-F9
	pH-Wert	DIN 38404-C5
	el. Leitfähigkeit	DIN EN 27888
	Redoxpotential	DIN 38404-C6
	Sauerstoffgehalt	DIN EN 25814
	Temperatur	DIN 38404-C4
	Färbung	visuell
	Trübung	visuell
	Geruch	sensorisch

Labornummer	16313	16314	16315	16316
Probenbezeichnung	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel	Pegel 1 flach	Pegel 2 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	15.02.2018	15.02.2018	15.02.2018	06.03.2018
Uhrzeit	10:50	12:03	12:40	14:30
Wetterbedingungen	Schneeregen, 1 °C	-	-	-
Färbung	schw. grau	farblos	farblos	hellgrau
Trübung	klar	klar	klar	fast klar
Geruch	ohne	ohne	ohne	schw. aromat.
pH-Wert	4,7	4,6	4,6	5,3
Temperatur [°C]	9,5	8,6	8,5	11,0
Redoxpotential [mV]	+ 597	+ 641	+ 685	+ 526
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	273	281	304	294
Sauerstoffgehalt [mg/l]	7,2	7,8	8,3	7,4
Eisen, gesamt	260	150	< 50	900
Eisen (II)	< 50	< 50	< 50	200
Eisen (III)	260	150	< 50	700
Ammonium-N	95	48	29	< 10
Phosphat-P	38	27	41	< 20

Labornummer	16313	16314	16315	16316
Probenbezeichnung	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel	Pegel 1 flach	Pegel 2 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	< 100	850
MTBE	< 1,0	< 1,0	< 1,0	11
Naphthalin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,1
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	n.n.	n.n.	n.n.	1,21
Benzol	0,1	0,1	0,1	31
Toluol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2
Ethylbenzol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	9,9
Xylole	0,3	0,3	0,3	26
Trimethylbenzole	0,2	0,2	0,2	7,6
Summe BTEX	0,6	0,6	0,6	75,7

Labornummer	16317	16318	16319	16320
Probenbezeichnung	Pegel 2 mittel	Pegel 2 flach	Pegel 3 tief	Pegel 3 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	06.03.2018	06.03.2018	08.03.2018	08.03.2018
Uhrzeit	14:57	15:20	12:35	12:57
Färbung	hellgelb	hellgrau	ohne	ohne
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	klar	klar
Geruch	aromatisch	schw. aromat.	aromatisch	aromatisch
pH-Wert	5,5	5,2	5,2	5,2
Temperatur [°C]	10,9	11,0	10,6	10,8
Redoxpotential [mV]	+ 434	+ 461	+ 389	+ 230
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	321	296	224	222
Sauerstoffgehalt [mg/l]	4,8	7,1	1,1	1,1
Eisen, gesamt	960	620	3.700	3.600
Eisen (II)	950	390	2.900	2.800
Eisen (III)	< 50	230	800	800
Ammonium-N	14	11	18	49
Phosphat-P	< 20	< 20	43	32

Labornummer	16317	16318	16319	16320
Probenbezeichnung	Pegel 2 mittel	Pegel 2 flach	Pegel 3 tief	Pegel 3 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	640	960
MTBE	21	9,8	1.100	1.000
Naphthalin	1,8	0,8	5,7	5,5
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	1,8	0,8	5,7	5,5
Benzol	58	31	3.100	3.600
Toluol	0,9	0,6	30	43
Ethylbenzol	13	8,9	570	800
Xylole	31	21	960	1.300
Trimethylbenzole	11	7,5	310	390
Summe BTEX	113,9	69,0	4.970	6.133

Labornummer	16321	16322	16323	16324
Probenbezeichnung	Pegel 3 flach	Pegel 4 tief	Pegel 4 mittel	Pegel 4 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	08.03.2018	08.03.2018	08.03.2018	08.03.2018
Uhrzeit	13:19	13:59	14:22	14:43
Färbung	ohne	hellgrau	hellgrau	ohne
Trübung	klar	schwach trüb	schwach trüb	klar
Geruch	aromatisch	aromatisch	aromatisch	aromatisch
pH-Wert	5,2	5,2	5,2	5,2
Temperatur [°C]	10,8	10,5	10,5	10,5
Redoxpotential [mV]	+ 399	+ 356	+ 349	+ 362
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	265	227	212	251
Sauerstoffgehalt [mg/l]	3,4	0,4	0,3	0,7
Eisen, gesamt	2.500	10.000	11.000	8.300
Eisen (II)	2.300	8.100	9.500	7.500
Eisen (III)	200	1.900	1.500	800
Ammonium-N	26	170	51	43
Phosphat-P	47	38	44	34

Labornummer	16321	16322	16323	16324
Probenbezeichnung	Pegel 3 flach	Pegel 4 tief	Pegel 4 mittel	Pegel 4 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	490	830	1.000	900
MTBE	700	1.400	1.300	930
Naphthalin	4,3	7,5	8,5	7,8
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	4,3	7,5	8,5	7,8
Benzol	2.700	5.000	5.800	4.400
Toluol	34	49	61	47
Ethylbenzol	580	1.300	1.700	1.000
Xylole	1.000	1.700	2.300	1.800
Trimethylbenzole	300	520	630	500
Summe BTEX	4.614	8.569	10.491	7.747

Labornummer	16325	16326	16327	16328
Probenbezeichnung	Pegel 5 tief	Pegel 5 mittel	Pegel 5 flach	Pegel 6 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	14:21	14:45	15:10	12:53
Färbung	hellgrau	graugelb	hellgrau	schw. hellgrau
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb
Geruch	aromatisch	aromatisch	aromatisch	schw. aromat.
pH-Wert	5,3	5,2	5,2	4,6
Temperatur [°C]	10,7	10,6	10,7	11,1
Redoxpotential [mV]	+ 409	+ 391	+ 406	+ 573
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	338	229	332	401
Sauerstoffgehalt [mg/l]	4,7	0,6	4,7	10,0
Eisen, gesamt	2.900	7.200	4.500	400
Eisen (II)	2.700	5.700	3.800	160
Eisen (III)	200	1.500	700	240
Ammonium-N	< 10	110	< 10	< 10
Phosphat-P	< 20	< 20	< 20	< 20

Labornummer	16325	16326	16327	16328
Probenbezeichnung	Pegel 5 tief	Pegel 5 mittel	Pegel 5 flach	Pegel 6 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	470	920	630	< 100
MTBE	1.100	1.700	1.000	41
Naphthalin	4,4	8,0	5,3	3,1
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	4,4	8,0	5,3	3,1
Benzol	4.200	7.500	4.000	170
Toluol	38	72	50	3,0
Ethylbenzol	710	1.200	810	42
Xylole	770	2.400	1.600	99
Trimethylbenzole	400	750	480	29
Summe BTEX	6.118	11.922	6.940	343,0

Labornummer	16329	16330	16331	16332
Probenbezeichnung	Pegel 6 mittel	Pegel 6 flach	Pegel 7 tief	Pegel 7 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	13:19	13:50	12:53	13:18
Färbung	ohne	ohne	hellgrau	hellgrau
Trübung	schwach trüb	klar	schwach trüb	schwach trüb
Geruch	schw. aromat.	aromatisch	aromatisch	aromatisch
pH-Wert	4,6	4,6	5,3	5,3
Temperatur [°C]	11,1	10,9	10,8	10,7
Redoxpotential [mV]	+ 582	+ 587	+ 413	+ 384
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	399	396	334	248
Sauerstoffgehalt [mg/l]	10,1	10,1	2,0	0,4
Eisen, gesamt	680	210	2.700	6.800
Eisen (II)	120	60	2.100	6.300
Eisen (III)	560	150	600	500
Ammonium-N	< 10	< 10	< 10	18
Phosphat-P	< 20	21	< 20	33

Labornummer	16329	16330	16331	16332
Probenbezeichnung	Pegel 6 mittel	Pegel 6 flach	Pegel 7 tief	Pegel 7 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	520	1.000
MTBE	33	35	680	1.200
Naphthalin	3,3	2,3	4,3	70,7
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	3,3	2,3	4,3	70,7
Benzol	120	120	3.400	6.600
Toluol	2,1	1,8	38	66
Ethylbenzol	31	27	690	1.300
Xylole	70	61	1.300	2.400
Trimethylbenzole	22	20	370	710
Summe BTEX	245,1	229,8	5.798	11.076

Labornummer	16333	16334	16335	16336
Probenbezeichnung	Pegel 7 flach	Pegel 8 tief	Pegel 8 mittel	Pegel 8 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	13:41	9:48	10:13	10:47
Färbung	hellgrau	hellgelb	schwach gelb	hellgrau
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb
Geruch	aromatisch	ohne	ohne	ohne
pH-Wert	5,3	4,9	4,9	5,0
Temperatur [°C]	10,6	10,6	10,6	10,9
Redoxpotential [mV]	+ 387	+ 532	+ 529	+ 513
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	274	318	317	316
Sauerstoffgehalt [mg/l]	1,5	9,4	9,7	9,2
Eisen, gesamt	6.800	820	370	360
Eisen (II)	5.900	190	100	80
Eisen (III)	900	630	270	280
Ammonium-N	< 10	< 10	< 10	53
Phosphat-P	22	21	< 20	< 20

Labornummer	16333	16334	16335	16336
Probenbezeichnung	Pegel 7 flach	Pegel 8 tief	Pegel 8 mittel	Pegel 8 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	790	< 100	< 100	< 100
MTBE	910	15	28	40
Naphthalin	6,7	0,6	0,9	1,2
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	6,7	0,6	0,9	1,2
Benzol	5.400	23	62	89
Toluol	61	0,6	0,7	1,0
Ethylbenzol	1.100	7,5	11	15
Xylole	2.000	15	19	24
Trimethylbenzole	590	5,6	7,3	9,6
Summe BTEX	9.151	51,7	100,0	138,6

Labornummer	16337	16338	16339	16340
Probenbezeichnung	Pegel 9 tief	Pegel 9 mittel	Pegel 9 flach	Pegel 10 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	06.03.2018
Uhrzeit	11:32	11:56	12:21	11:03
Wetterbedingungen				
Färbung	hellgrau	hellgrau	ohne	schwach gelb
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	klar	schwach trüb
Geruch	ohne	ohne	ohne	aromatisch
pH-Wert	4,6	4,7	4,6	5,1
Temperatur [°C]	11,0	10,7	10,7	10,7
Redoxpotential [mV]	+ 544	+ 563	+ 576	+ 451
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	378	378	376	258
Sauerstoffgehalt [mg/l]	10,0	9,8	9,3	2,2
Eisen, gesamt	350	210	180	910
Eisen (II)	110	90	80	620
Eisen (III)	240	120	100	290
Ammonium-N	< 10	< 10	< 10	30
Phosphat-P	< 20	< 20	< 20	< 20

Labornummer	16337	16338	16339	16340
Probenbezeichnung	Pegel 9 tief	Pegel 9 mittel	Pegel 9 flach	Pegel 10 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	< 100	620
MTBE	< 1,0	4,3	6,0	530
Naphthalin	0,3	0,2	0,4	48,5
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	0,3	0,2	0,4	48,5
Benzol	2,4	14	30	2.700
Toluol	0,2	0,3	0,8	30
Ethylbenzol	2,5	3,8	9,0	560
Xylole	5,6	9,5	21	1.300
Trimethylbenzole	2,2	2,5	7,3	420
Summe BTEX	12,9	30,1	68,1	5.010

Labornummer	16341	16342	19607	19608
Probenbezeichnung	Pegel 10 mittel	Pegel 10 flach	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	06.03.2018	06.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	11:30	12:00	8:33	8:55
Färbung	ohne	ohne	ohne	ohne
Trübung	schwach trüb	klar	schwach trüb	klar
Geruch	aromatisch	aromatisch	ohne	ohne
pH-Wert	5,0	5,0	4,9	4,9
Temperatur [°C]	10,9	11,1	10,6	10,5
Redoxpotential [mV]	+ 472	+ 486	+ 497	+ 502
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	297	313	316	306
Sauerstoffgehalt [mg/l]	5,6	6,7	8,2	7,4
Eisen, gesamt	480	460	200	170
Eisen (II)	350	320	200	93
Eisen (III)	130	140	< 50	77
Ammonium-N	10	< 10	72	290
22				
Phosphat-P	< 20	< 20	30	47

Labornummer	16341	16342	19607	19608
Probenbezeichnung	Pegel 10 mittel	Pegel 10 flach	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	350	250	< 100	< 100
MTBE	220	140	3,2	13
Naphthalin	24,7	10,5	0,4	0,9
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	24,7	10,5	0,4	0,9
Benzol	1.000	650	5,0	31
Toluol	16	11	0,4	0,7
Ethylbenzol	240	190	2,9	7,2
Xylole	580	380	7,1	18
Trimethylbenzole	200	120	2,7	6,4
Summe BTEX	2.036	1.351	18,1	63,3

Labornummer	19609			
Probenbezeichnung	Pegel 1 flach			
Dimension	[µg/l]			
Entnahmedatum	07.03.2018			
Uhrzeit	9:21			
Färbung	ohne			
Trübung	klar			
Geruch	ohne			
pH-Wert	4,9			
Temperatur [°C]	10,7			
Redoxpotential [mV]	+ 507			
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	307			
Sauerstoffgehalt [mg/l]	7,6			
Eisen, gesamt	190			
Eisen (II)	52			
Eisen (III)	140			
Ammonium-N	22			
Phosphat-P	33			

Labornummer	19609			
Probenbezeichnung	Pegel 1 flach			
Dimension	[µg/l]			
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100			
MTBE	20			
Naphthalin	1,1			
Acenaphthylen	< 0,1			
Acenaphthen	< 0,1			
Fluoren	< 0,1			
Phenanthren	< 0,1			
Anthracen	< 0,1			
Fluoranthren	< 0,01			
Pyren	< 0,05			
Benzo(a)anthracen	< 0,05			
Chrysen	< 0,05			
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01			
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01			
Benzo(a)pyren	< 0,01			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01			
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01			
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01			
Summe PAK (EPA)	1,1			
Benzol	62			
Toluol	1,1			
Ethylbenzol	12			
Xylole	27			
Trimethylbenzole	10			
Summe BTEX	112,1			

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg
Zürnweg 1

21217 SEEVETAL

20. März 2018

PRÜFBERICHT 06031830

Auftragsnr. Auftraggeber: 579-DFAZ
Projektbezeichnung: Beprobung Grundwasser - In-situ Feldversuch ISBO Bremen Farge
Probenahme: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH ab 15.02.2018
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH ab 15.02.2018
Probeneingang: ab 15.02.2018
Prüfzeitraum: 15.02.2018 – 19.03.2018
Probennummer: 16313 - 16342, 19607 - 19609 / 18
Verpackung: diverse Gefäße
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.
Analysenbefunde: Seite 3 - 20
Messverfahren: Seite 2
Qualitätskontrolle:

B. Sc. Tanja Staal
(Projektleiterin)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Probenahme:	DIN 38402-A13	Probenahme aus Grundwasserleiter
Messverfahren:	Phosphat	DIN EN ISO 6878 (D11)
	Kohlenwasserstoffe (GC;W)	DIN EN ISO 9377-2 (H53)
	BTEX	DIN 38407-F9
	Eisen	DIN EN ISO 17294-2
	Eisen (II)	DIN 38406 (E1)
	Ammonium-N	DIN 38406 (E5-1)
	MTBE	DIN 38407-F9
	pH-Wert	DIN 38404-C5
	el. Leitfähigkeit	DIN EN 27888
	Redoxpotential	DIN 38404-C6
	Sauerstoffgehalt	DIN EN 25814
	Temperatur	DIN 38404-C4
	Färbung	visuell
	Trübung	visuell
	Geruch	sensorisch

Labornummer	16313	16314	16315	16316
Probenbezeichnung	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel	Pegel 1 flach	Pegel 2 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	15.02.2018	15.02.2018	15.02.2018	06.03.2018
Uhrzeit	10:50	12:03	12:40	14:30
Wetterbedingungen	Schneeregen, 1 °C	-	-	-
Färbung	schw. grau	farblos	farblos	hellgrau
Trübung	klar	klar	klar	fast klar
Geruch	ohne	ohne	ohne	schw. aromat.
pH-Wert	4,7	4,6	4,6	5,3
Temperatur [°C]	9,5	8,6	8,5	11,0
Redoxpotential [mV]	+ 597	+ 641	+ 685	+ 526
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	273	281	304	294
Sauerstoffgehalt [mg/l]	7,2	7,8	8,3	7,4
Eisen, gesamt	260	150	< 50	900
Eisen (II)	< 50	< 50	< 50	200
Eisen (III)	260	150	< 50	700
Ammonium-N	95	48	29	< 10
Phosphat-P	38	27	41	< 20

Labornummer	16313	16314	16315	16316
Probenbezeichnung	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel	Pegel 1 flach	Pegel 2 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	< 100	850
MTBE	< 1,0	< 1,0	< 1,0	11
Naphthalin	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,1
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	n.n.	n.n.	n.n.	1,21
Benzol	0,1	0,1	0,1	31
Toluol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2
Ethylbenzol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	9,9
Xylole	0,3	0,3	0,3	26
Trimethylbenzole	0,2	0,2	0,2	7,6
Summe BTEX	0,6	0,6	0,6	75,7

Labornummer	16317	16318	16319	16320
Probenbezeichnung	Pegel 2 mittel	Pegel 2 flach	Pegel 3 tief	Pegel 3 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	06.03.2018	06.03.2018	08.03.2018	08.03.2018
Uhrzeit	14:57	15:20	12:35	12:57
Färbung	hellgelb	hellgrau	ohne	ohne
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	klar	klar
Geruch	aromatisch	schw. aromat.	aromatisch	aromatisch
pH-Wert	5,5	5,2	5,2	5,2
Temperatur [°C]	10,9	11,0	10,6	10,8
Redoxpotential [mV]	+ 434	+ 461	+ 389	+ 230
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	321	296	224	222
Sauerstoffgehalt [mg/l]	4,8	7,1	1,1	1,1
Eisen, gesamt	960	620	3.700	3.600
Eisen (II)	950	390	2.900	2.800
Eisen (III)	< 50	230	800	800
Ammonium-N	14	11	18	49
Phosphat-P	< 20	< 20	43	32

Labornummer	16317	16318	16319	16320
Probenbezeichnung	Pegel 2 mittel	Pegel 2 flach	Pegel 3 tief	Pegel 3 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	640	960
MTBE	21	9,8	1.100	1.000
Naphthalin	1,8	0,8	5,7	5,5
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	1,8	0,8	5,7	5,5
Benzol	58	31	3.100	3.600
Toluol	0,9	0,6	30	43
Ethylbenzol	13	8,9	570	800
Xylole	31	21	960	1.300
Trimethylbenzole	11	7,5	310	390
Summe BTEX	113,9	69,0	4.970	6.133

Labornummer	16321	16322	16323	16324
Probenbezeichnung	Pegel 3 flach	Pegel 4 tief	Pegel 4 mittel	Pegel 4 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	08.03.2018	08.03.2018	08.03.2018	08.03.2018
Uhrzeit	13:19	13:59	14:22	14:43
Färbung	ohne	hellgrau	hellgrau	ohne
Trübung	klar	schwach trüb	schwach trüb	klar
Geruch	aromatisch	aromatisch	aromatisch	aromatisch
pH-Wert	5,2	5,2	5,2	5,2
Temperatur [°C]	10,8	10,5	10,5	10,5
Redoxpotential [mV]	+ 399	+ 356	+ 349	+ 362
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	265	227	212	251
Sauerstoffgehalt [mg/l]	3,4	0,4	0,3	0,7
Eisen, gesamt	2.500	10.000	11.000	8.300
Eisen (II)	2.300	8.100	9.500	7.500
Eisen (III)	200	1.900	1.500	800
Ammonium-N	26	170	51	43
Phosphat-P	47	38	44	34

Labornummer	16321	16322	16323	16324
Probenbezeichnung	Pegel 3 flach	Pegel 4 tief	Pegel 4 mittel	Pegel 4 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	490	830	1.000	900
MTBE	700	1.400	1.300	930
Naphthalin	4,3	7,5	8,5	7,8
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	4,3	7,5	8,5	7,8
Benzol	2.700	5.000	5.800	4.400
Toluol	34	49	61	47
Ethylbenzol	580	1.300	1.700	1.000
Xylole	1.000	1.700	2.300	1.800
Trimethylbenzole	300	520	630	500
Summe BTEX	4.614	8.569	10.491	7.747

Labornummer	16325	16326	16327	16328
Probenbezeichnung	Pegel 5 tief	Pegel 5 mittel	Pegel 5 flach	Pegel 6 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	14:21	14:45	15:10	12:53
Färbung	hellgrau	graugelb	hellgrau	schw. hellgrau
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb
Geruch	aromatisch	aromatisch	aromatisch	schw. aromat.
pH-Wert	5,3	5,2	5,2	4,6
Temperatur [°C]	10,7	10,6	10,7	11,1
Redoxpotential [mV]	+ 409	+ 391	+ 406	+ 573
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	338	229	332	401
Sauerstoffgehalt [mg/l]	4,7	0,6	4,7	10,0
Eisen, gesamt	2.900	7.200	4.500	400
Eisen (II)	2.700	5.700	3.800	160
Eisen (III)	200	1.500	700	240
Ammonium-N	< 10	110	< 10	< 10
Phosphat-P	< 20	< 20	< 20	< 20

Labornummer	16325	16326	16327	16328
Probenbezeichnung	Pegel 5 tief	Pegel 5 mittel	Pegel 5 flach	Pegel 6 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	470	920	630	< 100
MTBE	1.100	1.700	1.000	41
Naphthalin	4,4	8,0	5,3	3,1
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	4,4	8,0	5,3	3,1
Benzol	4.200	7.500	4.000	170
Toluol	38	72	50	3,0
Ethylbenzol	710	1.200	810	42
Xylole	770	2.400	1.600	99
Trimethylbenzole	400	750	480	29
Summe BTEX	6.118	11.922	6.940	343,0

Labornummer	16329	16330	16331	16332
Probenbezeichnung	Pegel 6 mittel	Pegel 6 flach	Pegel 7 tief	Pegel 7 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	13:19	13:50	12:53	13:18
Färbung	ohne	ohne	hellgrau	hellgrau
Trübung	schwach trüb	klar	schwach trüb	schwach trüb
Geruch	schw. aromat.	aromatisch	aromatisch	aromatisch
pH-Wert	4,6	4,6	5,3	5,3
Temperatur [°C]	11,1	10,9	10,8	10,7
Redoxpotential [mV]	+ 582	+ 587	+ 413	+ 384
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	399	396	334	248
Sauerstoffgehalt [mg/l]	10,1	10,1	2,0	0,4
Eisen, gesamt	680	210	2.700	6.800
Eisen (II)	120	60	2.100	6.300
Eisen (III)	560	150	600	500
Ammonium-N	< 10	< 10	< 10	18
Phosphat-P	< 20	21	< 20	33

Labornummer	16329	16330	16331	16332
Probenbezeichnung	Pegel 6 mittel	Pegel 6 flach	Pegel 7 tief	Pegel 7 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	520	1.000
MTBE	33	35	680	1.200
Naphthalin	3,3	2,3	4,3	70,7
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	3,3	2,3	4,3	70,7
Benzol	120	120	3.400	6.600
Toluol	2,1	1,8	38	66
Ethylbenzol	31	27	690	1.300
Xylole	70	61	1.300	2.400
Trimethylbenzole	22	20	370	710
Summe BTEX	245,1	229,8	5.798	11.076

Labornummer	16333	16334	16335	16336
Probenbezeichnung	Pegel 7 flach	Pegel 8 tief	Pegel 8 mittel	Pegel 8 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	13:41	9:48	10:13	10:47
Färbung	hellgrau	hellgelb	schwach gelb	hellgrau
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb	schwach trüb
Geruch	aromatisch	ohne	ohne	ohne
pH-Wert	5,3	4,9	4,9	5,0
Temperatur [°C]	10,6	10,6	10,6	10,9
Redoxpotential [mV]	+ 387	+ 532	+ 529	+ 513
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	274	318	317	316
Sauerstoffgehalt [mg/l]	1,5	9,4	9,7	9,2
Eisen, gesamt	6.800	820	370	360
Eisen (II)	5.900	190	100	80
Eisen (III)	900	630	270	280
Ammonium-N	< 10	< 10	< 10	53
Phosphat-P	22	21	< 20	< 20

Labornummer	16333	16334	16335	16336
Probenbezeichnung	Pegel 7 flach	Pegel 8 tief	Pegel 8 mittel	Pegel 8 flach
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	790	< 100	< 100	< 100
MTBE	910	15	28	40
Naphthalin	6,7	0,6	0,9	1,2
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	6,7	0,6	0,9	1,2
Benzol	5.400	23	62	89
Toluol	61	0,6	0,7	1,0
Ethylbenzol	1.100	7,5	11	15
Xylole	2.000	15	19	24
Trimethylbenzole	590	5,6	7,3	9,6
Summe BTEX	9.151	51,7	100,0	138,6

Labornummer	16337	16338	16339	16340
Probenbezeichnung	Pegel 9 tief	Pegel 9 mittel	Pegel 9 flach	Pegel 10 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	07.03.2018	07.03.2018	07.03.2018	06.03.2018
Uhrzeit	11:32	11:56	12:21	11:03
Wetterbedingungen				
Färbung	hellgrau	hellgrau	ohne	schwach gelb
Trübung	schwach trüb	schwach trüb	klar	schwach trüb
Geruch	ohne	ohne	ohne	aromatisch
pH-Wert	4,6	4,7	4,6	5,1
Temperatur [°C]	11,0	10,7	10,7	10,7
Redoxpotential [mV]	+ 544	+ 563	+ 576	+ 451
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	378	378	376	258
Sauerstoffgehalt [mg/l]	10,0	9,8	9,3	2,2
Eisen, gesamt	350	210	180	910
Eisen (II)	110	90	80	620
Eisen (III)	240	120	100	290
Ammonium-N	< 10	< 10	< 10	30
Phosphat-P	< 20	< 20	< 20	< 20

Labornummer	16337	16338	16339	16340
Probenbezeichnung	Pegel 9 tief	Pegel 9 mittel	Pegel 9 flach	Pegel 10 tief
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100	< 100	< 100	620
MTBE	< 1,0	4,3	6,0	530
Naphthalin	0,3	0,2	0,4	48,5
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	0,3	0,2	0,4	48,5
Benzol	2,4	14	30	2.700
Toluol	0,2	0,3	0,8	30
Ethylbenzol	2,5	3,8	9,0	560
Xylole	5,6	9,5	21	1.300
Trimethylbenzole	2,2	2,5	7,3	420
Summe BTEX	12,9	30,1	68,1	5.010

Labornummer	16341	16342	19607	19608
Probenbezeichnung	Pegel 10 mittel	Pegel 10 flach	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Entnahmedatum	06.03.2018	06.03.2018	07.03.2018	07.03.2018
Uhrzeit	11:30	12:00	8:33	8:55
Färbung	ohne	ohne	ohne	ohne
Trübung	schwach trüb	klar	schwach trüb	klar
Geruch	aromatisch	aromatisch	ohne	ohne
pH-Wert	5,0	5,0	4,9	4,9
Temperatur [°C]	10,9	11,1	10,6	10,5
Redoxpotential [mV]	+ 472	+ 486	+ 497	+ 502
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	297	313	316	306
Sauerstoffgehalt [mg/l]	5,6	6,7	8,2	7,4
Eisen, gesamt	480	460	200	170
Eisen (II)	350	320	200	93
Eisen (III)	130	140	< 50	77
Ammonium-N	10	< 10	72	290
22				
Phosphat-P	< 20	< 20	30	47

Labornummer	16341	16342	19607	19608
Probenbezeichnung	Pegel 10 mittel	Pegel 10 flach	Pegel 1 tief	Pegel 1 mittel
Dimension	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]
Kohlenwasserstoffe (GC)	350	250	< 100	< 100
MTBE	220	140	3,2	13
Naphthalin	24,7	10,5	0,4	0,9
Acenaphthylen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Acenaphthen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Phenanthren	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Anthracen	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pyren	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(a)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrysen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PAK (EPA)	24,7	10,5	0,4	0,9
Benzol	1.000	650	5,0	31
Toluol	16	11	0,4	0,7
Ethylbenzol	240	190	2,9	7,2
Xylole	580	380	7,1	18
Trimethylbenzole	200	120	2,7	6,4
Summe BTEX	2.036	1.351	18,1	63,3

Labornummer	19609			
Probenbezeichnung	Pegel 1 flach			
Dimension	[µg/l]			
Entnahmedatum	07.03.2018			
Uhrzeit	9:21			
Färbung	ohne			
Trübung	klar			
Geruch	ohne			
pH-Wert	4,9			
Temperatur [°C]	10,7			
Redoxpotential [mV]	+ 507			
el. Leitfähigkeit [µS/cm]	307			
Sauerstoffgehalt [mg/l]	7,6			
Eisen, gesamt	190			
Eisen (II)	52			
Eisen (III)	140			
Ammonium-N	22			
Phosphat-P	33			

Labornummer	19609			
Probenbezeichnung	Pegel 1 flach			
Dimension	[µg/l]			
Kohlenwasserstoffe (GC)	< 100			
MTBE	20			
Naphthalin	1,1			
Acenaphthylen	< 0,1			
Acenaphthen	< 0,1			
Fluoren	< 0,1			
Phenanthren	< 0,1			
Anthracen	< 0,1			
Fluoranthren	< 0,01			
Pyren	< 0,05			
Benzo(a)anthracen	< 0,05			
Chrysen	< 0,05			
Benzo(b)fluoranthren	< 0,01			
Benzo(k)fluoranthren	< 0,01			
Benzo(a)pyren	< 0,01			
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01			
Dibenzo(a,h)anthracen	< 0,01			
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,01			
Summe PAK (EPA)	1,1			
Benzol	62			
Toluol	1,1			
Ethylbenzol	12			
Xylole	27			
Trimethylbenzole	10			
Summe BTEX	112,1			

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Herrn Böcker
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 3962466
Auftrags Nr. 4672074
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 03.09.2018

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 29.08.2018

Prüfzeitraum von 30.08.2018 bis 03.09.2018
erste laufende Probenummer 180857434
Probeneingang am 30.08.2018

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 8

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3962466
Auftrag Nr. 4672074

Seite 2 von 8
03.09.2018

Proben von Ihnen übersendet		Matrix: Grundwasser					
Probennummer		180857434	180857435	180857436			
Bezeichnung		ÜP 2 21,5 m	ÜP 2 18,5 m	ÜP 2 16 m			
Eingangsdatum:		30.08.2018	30.08.2018	30.08.2018			
Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab	
BTEX Headspace :							
Benzol	µg/l	3	2	13	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	4	4	10	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	4	4	12	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	5	4	10	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	9	8	22			HE
Summe BTEX	µg/l	16	14	45			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	2	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	2	2	4	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	1	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	18	16	52			HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN 38407-9-1	HE
Alkohole :							
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾	TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3962466
Auftrag Nr. 4672074

Seite 3 von 8
03.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180857437	180857438	180857439
Bezeichnung	P4	P4	P4
	21,5 m	18,5 m	15,5 m
Eingangsdatum:	30.08.2018	30.08.2018	30.08.2018

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab	
BTEX Headspace :							
Benzol	µg/l	5600	3600	59	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	88	94	2	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	820	690	54	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	990	880	66	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	960	810	58	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	1950	1690	124			HE
Summe BTEX	µg/l	8458	6074	239			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	220	160	7	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	550	390	19	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	190	130	6	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	9418	6754	271			HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	1100	510	13	0,5	DIN 38407-9-1	HE
Alkohole :							
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾	TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3962466
Auftrag Nr. 4672074

Seite 4 von 8
03.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180857440	180857441	180857442
Bezeichnung	P3 21,5 m	P3 18,5 m	P3 15,5 m
Eingangsdatum:	30.08.2018	30.08.2018	30.08.2018

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	5600	4800	190	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	70	120	5	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	730	720	74	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	810	940	110	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	870	860	88	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	1680	1800	198		HE
Summe BTEX	µg/l	8080	7440	467		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	180	190	9	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	410	480	22	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	130	190	8	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	8800	8300	506		HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	1800	860	25	0,5	DIN 38407-9-1 HE
Alkohole :						
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾ TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3962466
Auftrag Nr. 4672074

Seite 5 von 8
03.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180857443	180857444	180857445
Bezeichnung	ÜP3 21,5 m	ÜP3 18,5 m	ÜP3 15,5 m
Eingangsdatum:	30.08.2018	30.08.2018	30.08.2018

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	8	7	8	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	10	8	8	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	12	9	9	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	11	9	9	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	23	18	18		HE
Summe BTEX	µg/l	41	33	34		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	2	2	1	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	4	4	4	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	1	1	1	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	48	40	40		HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN 38407-9-1 HE
Alkohole :						
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾ TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3962466
Auftrag Nr. 4672074

Seite 6 von 8
03.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180857446	180857447	180857448
Bezeichnung	P7	P7	P7
	21,5 m	18,5 m	15,5 m
Eingangsdatum:	30.08.2018	30.08.2018	30.08.2018

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	4	8	15	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	6	7	11	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	7	7	14	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	6	7	12	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	13	14	26		HE
Summe BTEX	µg/l	23	29	52		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	1	1	2	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	3	3	5	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	2	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	27	33	61		HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	< 0,5	1,4	< 0,5	0,5	DIN 38407-9-1 HE
Alkohole :						
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾ TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3962466
Auftrag Nr. 4672074

Seite 7 von 8
03.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180857449	180857450	180857501
Bezeichnung	P6	P6	P6
	21,5 m	18,5 m	15,5 m
Eingangsdatum:	30.08.2018	30.08.2018	30.08.2018

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	940	5	3	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	13	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	190	6	5	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	250	6	5	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	190	7	6	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	440	13	11		HE
Summe BTEX	µg/l	1583	24	19		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	29	1	1	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	83	3	3	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	29	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1724	28	23		HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	270	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN 38407-9-1 HE
Alkohole :						
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾ TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3962466
Auftrag Nr. 4672074

Seite 8 von 8
03.09.2018

Parameter	Einheit	Matrix: Grundwasser			Bestimmungs Methode	Lab
					-grenze	
Proben von Ihnen übersendet						
Probennummer		180857502	180857503	180857504		
Bezeichnung		P5	P5	P5		
		21,5 m	18,5 m	15,5 m		
Eingangsdatum:		30.08.2018	30.08.2018	30.08.2018		
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	120	3	7	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	2	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	25	4	6	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	47	4	6	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	24	4	7	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	71	8	13		HE
Summe BTEX	µg/l	218	15	26		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	5	< 1	1	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	11	3	4	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	5	< 1	1	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	239	18	32		HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	28	< 0,5	< 0,5	0,5	DIN 38407-9-1 HE
Alkohole :						
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾ TS

(1) nicht akkreditiert.

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38407-9-1 1991-05
SOP M 3453, GC-HS-FID 2017-05

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Herrn Böcker
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 3965431
Auftrags Nr. 4670532
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 05.09.2018

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 28.08.2018

Prüfzeitraum von 29.08.2018 bis 03.09.2018
erste laufende Probennummer 180852441
Probeneingang am 29.08.2018

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 4

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3965431
Auftrag Nr. 4670532

Seite 2 von 4
05.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180852441	180852442	180852443
Bezeichnung	ÜP 1	ÜP 1	ÜP 1
	21,5 m	18,5 m	15,5 m

Eingangsdatum:	29.08.2018	29.08.2018	29.08.2018
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	1300	2400	370	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	6	42	4	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	140	550	26	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	24	1000	150	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	210	640	54	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	234	1640	204		HE
Summe BTEX	µg/l	1680	4632	604		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	34	89	9	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	35	240	30	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	5	73	14	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1754	5034	657		HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	610	250	53	0,5	DIN 38407-9-1 HE
Alkohole :						
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾ TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3965431
Auftrag Nr. 4670532

Seite 3 von 4
05.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180852444	180852445	180852446
Bezeichnung	P1	P1	P1
	21,5 m	18,5 m	15,5 m
Eingangsdatum:	29.08.2018	29.08.2018	29.08.2018

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab	
BTEX Headspace :							
Benzol	µg/l	530	2100	1900	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	6	30	28	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	40	460	430	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	130	730	670	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	150	600	630	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	280	1330	1300			HE
Summe BTEX	µg/l	856	3920	3658			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	23	82	71	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	58	270	230	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	18	67	62	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	955	4339	4021			HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	170	610	530	0,5	DIN 38407-9-1	HE
Alkohole :							
tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾	TS

(1) nicht akkreditiert.

Tanklager Farge, In-situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 3965431
Auftrag Nr. 4670532

Seite 4 von 4
05.09.2018

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Grundwasser

Probennummer	180852447	180852448	180852449
Bezeichnung	P2 21,5 m	P2 18,5 m	P2 15,5 m

Eingangsdatum:	29.08.2018	29.08.2018	29.08.2018
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab	
BTEX Headspace :							
Benzol	µg/l	3700	2000	1300	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	46	26	23	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	730	450	240	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	1100	690	470	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	910	540	590	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	2010	1230	1060			HE
Summe BTEX	µg/l	6486	3706	2623			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	130	71	57	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	420	200	140	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	96	52	45	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	7132	4029	2865			HE
Methyl-tert.-butylether	µg/l	1100	570	490	0,5	DIN 38407-9-1	HE

Alkohole :

tert.-Butanol	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	SOP M 3453, GC-HS-FID ⁽¹⁾	TS
---------------	------	-------	-------	-------	-----	---	----

(1) nicht akkreditiert.

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38407-9-1 1991-05
SOP M 3453, GC-HS-FID 2017-05

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Herrn Böcker
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 4008873
Auftrags Nr. 4697953
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

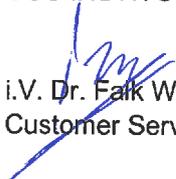
Hamburg, den 09.10.2018

Ihr Auftrag/Projekt: TL Farge, in situ Feldversuch
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 26.09.2018

PN: 26.09.2018

Prüfzeitraum von 27.09.2018 bis 05.10.2018
erste laufende Probenummer 180955182
Probeneingang am 27.09.2018

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH


i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 2

TL Farge, in situ Feldversuch
2170492

Prüfbericht Nr. 4008873
Auftrag Nr. 4697953

Seite 2 von 2
09.10.2018

Proben von Ihnen übersendet		Matrix: Grundwasser					
Probennummer		180955182	180955183	180955184			
Bezeichnung		P1 18,5m	P3 21,5m	P5 21,5m			
Eingangsdatum:		27.09.2018	27.09.2018	27.09.2018			
Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode	Lab	
Untersuchungsergebnisse :					-grenze		
DOC	mg/l	5,6	8,4	1,1	0,5	DIN EN 1484	HE
Sulfat	mg/l	35	35	45	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Nitrat	mg/l	8,5	4,3	16,1	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Nitrit	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	DIN EN ISO 10304-1	HE
Ammonium	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04	DIN 38406-5-1	HE
Kjeldahl-Stickstoff	mg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN EN 25663	HE
Stickstoff, gesamt	mg/l	1,9	1,0	3,6	1	DIN EN 25663	HE
ortho-Phosphat	mg/l	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,06	DIN EN ISO 6878	HE
Gesamtposphat	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04	DIN EN ISO 6878	HE
Metalle :							
Kalium	mg/l	6,8	5,2	7,0	0,5	DIN EN ISO 11885	HE
Phosphor, ges.	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	DIN EN ISO 11885	HE

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38406-5-1	1983-10
DIN EN 1484	1997-08
DIN EN 25663	1993-11
DIN EN ISO 10304-1	2009-07
DIN EN ISO 11885	2009-09
DIN EN ISO 6878	2004-09

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agn zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbeschränkung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.
Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg - Büro Bremen
Herr Ruiter
Haferwende 27

D-28357 BREMEN

4. Oktober 2018

PRÜFBERICHT 28091881

Auftragsnr. Auftraggeber: -
Projektbezeichnung: Analytik TBA
Probenahme: durch Auftraggeber
Probentransport: durch Auftraggeber am 26.09.2018
Probeneingang: 26.09.2018
Prüfzeitraum: 28.09.2018 - 04.10.2018
Probennummer: 56758 - 56760 / 18
Probenmaterial: Flüssigkeit
Verpackung: HS-Violen
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 2
Messmethoden: tert-Butanol HS-GC/MS
Qualitätskontrolle:

Dr. Jens Krause
(stellv. Laborleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Probennummer	56758	56759	56760
Bezeichnung	P1	P3	P5
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
tert-Butanol	< 0,1	< 0,1	< 0,1



Labor Luers Gottlieb-Daimler-Str. 1 28237 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg
Herr Rüter
Zuernweg 1

21217 Seevetal

Chemisch-Technisches
Laboratorium Luers GmbH & Co. KG
Gottlieb-Daimler-Str.1, 28237 Bremen
Geschäftsführer: Ralph-Matthias Schoth
Amtsgericht Bremen HRA 21432 HB
Persönlich haftende Gesellschafterin:
Schoth Verwaltungsgesellschaft mbH
Amtsgericht Bremen HRB 32201

Analysenbericht

Datum: 10.1.2019

rms-sch

Probeneingang : 12.12.2018
Probenehmer : CTL
Prüfzeitraum : 12.12.2018- 09.01.2019
Labor-Nr : 186859-186873
Probenart : Wasser
Anmerkungen zur Probe : Keine
Projekt : Tanklager Farge Abstrom Bhf II
Probenahmeort : Tanklager Farge
Probenbezeichnung : s. Messwerttabelle

Probenbeschreibung
Aussehen : s. Messwerttabelle
Geruch : s. Messwerttabelle

Dr. Frank Eberhardt
Laborleiter

Jan Starke
QM-Leiter



Probenbezeichnung		P1 15,5m	P1 18,5m	P1 21,5m	P5 15,5m	P5 18,5m
Labor-Nr.		186859	186860	186861	186862	186863
Parameter		Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Färbung		farblos	gelblich	gelblich	farblos	gelblich
Trübung		schwach	mittel	mittel	schwach	stark
Geruch		schwach ölig	ölig	ölig	ohne	ohne
Vor-Ort-Messungen						
pH-Wert	-	4,9	5,3	4,9	4,7	4,8
Leitfähigkeit	µS/cm	374	264	222	341	1.427
Sauerstoff	mg/l	5,5	5,4	2,8	10,7	11,9
Redoxpotential	mV	544	487	435	625	588
Temperatur	°C	11,2	11,0	11,0	11,4	11,3
Laboruntersuchungen						
Benzol	µg/l	70	2.490	3.660	4	22
Toluol	µg/l	< 1	41	34	< 1	< 1
Ethylbenzol	µg/l	15	580	691	6	7
p-/m-Xylol	µg/l	14	620	738	4	7
o-Xylol/Styrol	µg/l	14	500	690	5	8
Cumol	µg/l	6	63	62	< 1	1
n-Propylbenzol	µg/l	< 1	26	33	< 1	< 1
Summe BTEX	µg/l	119	4.320	5.908	19	45
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	2	87	95	< 1	< 1
1,2,4-Trimethylbenzol	µg/l	4	200	255	< 1	2
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	< 1	36	84	< 1	< 1
Summe BTEX/TMB	µg/l	125	4.643	6.342	19	47
Methyl-tert.-butylether	µg/l	19	280	1.300	0,9	26



Probenbezeichnung		P5 21,5m	P6 15,5m	P6 18,5m	P6 21,5m	P7 15,5m
Labor-Nr.		186864	186865	186866	186867	186868
Parameter		Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Färbung		farblos	farblos	farblos	farblos	gelblich
Trübung		schwach	schwach	schwach	mittel	stark
Geruch		ohne	ohne	ohne	ölig	schwach ölig
Vor-Ort-Messungen						
pH-Wert	-	4,7	5,3	4,7	5,0	5,7
Leitfähigkeit	µS/cm	339	828	2.170	605	629
Sauerstoff	mg/l	11,9	10,7	9,9	7,7	28,1
Redoxpotential	mV	590	510	525	528	545
Temperatur	°C	11,3	11,4	11,4	11,4	11,7
Laboruntersuchungen						
Benzol	µg/l	6	19	39	273	44
Toluol	µg/l	< 1	< 1	< 1	3	< 1
Ethylbenzol	µg/l	8	3	7	54	18
p-/m-Xylol	µg/l	6	5	10	52	17
o-Xylol/Styrol	µg/l	5	8	24	91	14
Cumol	µg/l	2	< 1	2	6	2
n-Propylbenzol	µg/l	< 1	< 1	< 1	3	1
Summe BTEX	µg/l	27	35	82	482	96
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	3	9	2
1,2,4-Trimethylbenzol	µg/l	2	< 1	2	17	4
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	2	8	< 1
Summe BTEX/TMB	µg/l	29	35	89	516	102
Methyl-tert.-butylether	µg/l	1,1	53	180	95	11

Analysenmethoden	
pH-Wert	DIN EN ISO 10523:2012
Leitfähigkeit	DIN EN 27888:1993-11
Sauerstoff	DIN EN 25814:1992
Redoxpotential	DIN 38404-C6:1984
BTEX	DIN 38407-F9:1991-05
MTBE	DIN 38407-9-1:1991-05



Probenbezeichnung		P7 18,5	P7 21,5	ÜP 2 15,5m	ÜP 2 18,5m	ÜP 2 21,5m
Labor-Nr.		186869	186870	186871	186872	186873
Parameter		Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Färbung		farblos	gelblich	farblos	farblos	farblos
Trübung		stark	stark	schwach	schwach	stark
Geruch		ölig	ölig	ohne	ohne	ohne
Vor-Ort-Messungen						
pH-Wert	-	5,5	5,6	4,9	4,6	4,9
Leitfähigkeit	µS/cm	534	704	323	311	326
Sauerstoff	mg/l	11,2	18,3	8,8	8,3	7,7
Redoxpotential	mV	459	458	626	651	614
Temperatur	°C	11,2	11,3	11,1	11,7	11,5
Laboruntersuchungen						
Benzol	µg/l	1.710	1.420	16	2	3
Toluol	µg/l	33	24	< 1	< 1	< 1
Ethylbenzol	µg/l	418	333	12	3	2
p-/m-Xylol	µg/l	444	340	11	3	1
o-Xylol/Styrol	µg/l	306	346	12	2	2
Cumol	µg/l	45	37	1	< 1	< 1
n-Propylbenzol	µg/l	21	15	< 1	< 1	< 1
Summe BTEX	µg/l	2.977	2.515	52	10	8
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	57	44	1	< 1	< 1
1,2,4-Trimethylbenzol	µg/l	144	119	3	< 1	< 1
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	20	26	< 1	< 1	< 1
Summe BTEX/TMB	µg/l	3.198	2.704	56	10	8
Methyl-tert.-butylether	µg/l	270	290	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Analysenmethoden	
pH-Wert	DIN EN ISO 10523:2012
Leitfähigkeit	DIN EN 27888:1993-11
Sauerstoff	DIN EN 25814:1992
Redoxpotential	DIN 38404-C6:1984
BTEX	DIN 38407-F9:1991-05
MTBE	DIN 38407-9-1:1991-05



Probenbezeichnung		P1 18,5m	P5 21,5m
Labor-Nr.		186860	186864
Parameter		Ergebnis	Ergebnis
Ammonium	mg/l	12	1,2
Phosphat	mg/l	2,8	< 0,3
Eisen ges.	mg/l	1,0	0,32
Eisen 2-wertig	mg/l	< 0,5	< 0,5
Eisen 3-wertig	mg/l	1,0	0,32
DOC	mg/l	11	< 2
Stickstoff ges.	mg/l	11	3,1
Kalium	mg/l	3,7	7,4
Phosphor ges.	mg/l	3,5	0,07
Sulfat	mg/l	27	50
Nitrit	mg/l	< 0,05	< 0,05
Nitrat	mg/l	2,7	14

Analysenmethoden	
Ammonium	DIN 38406-5:1983-10
Phosphat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Eisen ges.	DIN EN ISO 11885:2009-09
Eisen 2-wertig	DIN 38406-E1:1983-05
Eisen 3-wertig	berechnet
DOC	DIN EN 1484 (H3):1997-08
Stickstoff ges.	DIN EN 12260:2003-12
Kalium	DIN EN ISO 11885:2009-09
Phosphor ges.	DIN EN ISO 11885:2009-09
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Nitrit	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Nitrat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07



Labor Luers Gottlieb-Daimler-Str. 1 28237 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg
Herr Rüter
Zuernweg 1

21217 Seevetal

Chemisch-Technisches
Laboratorium Luers GmbH & Co. KG
Gottlieb-Daimler-Str.1, 28237 Bremen
Geschäftsführer: Ralph-Matthias Schoth
Amtsgericht Bremen HRA 21432 HB
Persönlich haftende Gesellschafterin:
Schoth Verwaltungsgesellschaft mbH
Amtsgericht Bremen HRB 32201

Analysenbericht

Datum: 10.1.2019

rms-sch

Probeneingang : 13.12.2018
Probenehmer : CTL
Prüfzeitraum : 13.12.2018- 09.01.2019
Labor-Nr : 186896-186910
Probenart : Wasser
Anmerkungen zur Probe : Keine
Projekt : Tanklager Farge Abstrom Bhf II
Probenahmeort : Tanklager Farge
Probenbezeichnung : s. Messwerttabelle

Probenbeschreibung
Aussehen : s. Messwerttabelle
Geruch : s. Messwerttabelle

Dr. Frank Eberhardt
Laborleiter

Jan Starke
QM-Leiter

Probenbezeichnung		P2 15,5m	P2 18,5m	P2 21,5m	P3 15,5m	P3 18,5m
Labor-Nr.		186896	186897	186898	186899	186900
Parameter		Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Färbung		gräulich	farblos	gelblich	gelblich	gelblich
Trübung		stark	schwach	stark	stark	stark
Geruch		schwach ölig	ölig	ölig	schwach ölig	ohne
Vor-Ort-Messungen						
pH-Wert	-	6,6	5,8	6,1	6,0	6,1
Leitfähigkeit	µS/cm	1.204	808	740	667	689
Sauerstoff	mg/l	18,9	11,8	10	> 20	> 20
Redoxpotential	mV	462	467	445	552	532
Temperatur	°C	11,6	11,4	11,3	11,4	11,4
Laboruntersuchungen						
Benzol	µg/l	285	2.000	639	6	210
Toluol	µg/l	5	28	5	< 1	2
Ethylbenzol	µg/l	83	479	106	5	43
p-/m-Xylol	µg/l	77	530	120	4	49
o-Xylol/Styrol	µg/l	92	599	107	4	41
Cumol	µg/l	7	50	12	< 1	4
n-Propylbenzol	µg/l	3	23	3	< 1	2
Summe BTEX	µg/l	552	3.709	992	19	351
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	7	70	14	< 1	9
1,2,4-Trimethylbenzol	µg/l	15	173	33	< 1	14
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	5	51	8	< 1	1
Summe BTEX/TMB	µg/l	579	4.003	1.047	19	375
Methyl-tert.-butylether	µg/l	46	170	280	6,7	53

Analysenmethoden	
pH-Wert	DIN EN ISO 10523:2012
Leitfähigkeit	DIN EN 27888:1993-11
Sauerstoff	DIN EN 25814:1992
Redoxpotential	DIN 38404-C6:1984
BTEX	DIN 38407-F9:1991-05
MTBE	DIN 38407-9-1:1991-05



Probenbezeichnung		P3 21,5m	P4 15,5m	P4 18,5m	P4 21,5m	ÜP 1 15,5m
Labor-Nr.		186901	186902	186903	186904	186905
Parameter		Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Färbung		gelblich	farblos	farblos	gräulich	farblos
Trübung		stark	mittel	mittel	stark	schwach
Geruch		schwach ölig	ölig	ölig	ölig	schwach ölig
Vor-Ort-Messungen						
pH-Wert	-	6,6	5,5	6,3	6,5	5,2
Leitfähigkeit	µS/cm	798	559	625	747	548
Sauerstoff	mg/l	> 20	7,5	11,4	9,2	3,8
Redoxpotential	mV	510	535	491	471	512
Temperatur	°C	11,4	11,2	11,5	11,5	11,2
Laboruntersuchungen						
Benzol	µg/l	17	80	930	1.100	307
Toluol	µg/l	< 1	< 1	17	10	3
Ethylbenzol	µg/l	7	10	222	256	18
p-/m-Xylol	µg/l	7	11	256	285	55
o-Xylol/Styrol	µg/l	15	13	402	243	117
Cumol	µg/l	< 1	4	19	20	13
n-Propylbenzol	µg/l	< 1	1	8	10	3
Summe BTEX	µg/l	46	119	1.854	1.924	516
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	2	< 1	35	31	11
1,2,4-Trimethylbenzol	µg/l	2	3	73	67	34
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	30	16	8
Summe BTEX/TMB	µg/l	50	122	1.992	2.038	569
Methyl-tert.-butylether	µg/l	66	33	210	630	52

Analysenmethoden	
pH-Wert	DIN EN ISO 10523:2012
Leitfähigkeit	DIN EN 27888:1993-11
Sauerstoff	DIN EN 25814:1992
Redoxpotential	DIN 38404-C6:1984
BTEX	DIN 38407-F9:1991-05
MTBE	DIN 38407-9-1:1991-05



Probenbezeichnung		ÜP 1 18,5m	ÜP 1 21,5m	ÜP 3 15,5m	ÜP 3 18,5m	ÜP 3 2 21,5m
Labor-Nr.		1868906	1868907	1868908	1868909	1868910
Parameter		Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Färbung		gräulich	gelblich	gräulich	gräulich	gräulich
Trübung		mittel	stark	mittel	mittel	stark
Geruch		stark ölig	ölig	ohne	ohne	ohne
Vor-Ort-Messungen						
pH-Wert	-	5,5	6,2	5,4	5,5	5,4
Leitfähigkeit	µS/cm	383	443	393	423	360
Sauerstoff	mg/l	1,9	1,5	7,2	6,3	7,0
Redoxpotential	mV	438	377	528	513	499
Temperatur	°C	11,2	11,2	11,5	11,5	11,8
Laboruntersuchungen						
Benzol	µg/l	3.320	433	51	222	9
Toluol	µg/l	47	3	1	6	< 1
Ethylbenzol	µg/l	758	58	16	55	7
p-/m-Xylol	µg/l	863	65	13	48	3
o-Xylol/Styrol	µg/l	1.140	36	9	25	5
Cumol	µg/l	77	7	1	8	< 1
n-Propylbenzol	µg/l	39	3	< 1	3	< 1
Summe BTEX	µg/l	6.244	605	91	367	24
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	116	8	2	8	< 1
1,2,4-Trimethylbenzol	µg/l	327	10	5	16	< 1
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	103	3	< 1	1	< 1
Summe BTEX/TMB	µg/l	6.790	626	98	392	24
Methyl-tert.-butylether	µg/l	630	170	7,7	33	< 0,5

Analysenmethoden	
pH-Wert	DIN EN ISO 10523:2012
Leitfähigkeit	DIN EN 27888:1993-11
Sauerstoff	DIN EN 25814:1992
Redoxpotential	DIN 38404-C6:1984
BTEX	DIN 38407-F9:1991-05
MTBE	DIN 38407-9-1:1991-05



Probenbezeichnung		P2 15,5m	P3 21,5m	P4 15,5m	ÜP 1 18,5m
Labor-Nr.		186896	186901	186902	186906
Parameter		Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Ammonium	mg/l	44	54	15	22
Phosphat	mg/l	3,6	8,8	0,94	4,0
Eisen ges.	mg/l	2,3	24	1,7	6,8
Eisen 2-wertig	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Eisen 3-wertig	mg/l	2,3	24	1,7	6,8
DOC	mg/l	< 2	4,2	< 2	13
Stickstoff ges.	mg/l	39	35	12	20
Kalium	mg/l	6,6	4,5	6,1	3,2
Phosphor ges.	mg/l	4,3	13	1,4	4,8
Sulfat	mg/l	36	39	35	26
Nitrit	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitrat	mg/l	21	12	7,1	0,97

Analysenmethoden	
Ammonium	DIN 38406-5:1983-10
Phosphat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Eisen ges.	DIN EN ISO 11885:2009-09
Eisen 2-wertig	DIN 38406-E1:1983-05
Eisen 3-wertig	berechnet
DOC	DIN EN 1484 (H3):1997-08
Stickstoff ges.	DIN EN 12260:2003-12
Kalium	DIN EN ISO 11885:2009-09
Phosphor ges.	DIN EN ISO 11885:2009-09
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Nitrit	DIN EN ISO 10304-1:2009-07
Nitrat	DIN EN ISO 10304-1:2009-07

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg - Büro Bremen
Herr Ruiter
Haferwende 27

D-28357 BREMEN

21. Dezember 2018

PRÜFBERICHT 14121861

Auftragsnr. Auftraggeber: -
Projektbezeichnung: ISBO Feldversuch Farge
Probenahme: durch Auftraggeber 12.+13.12.2018
Probentransport: durch Auftraggeber am 14.12.2018
Probeneingang: 14.12.2018
Prüfzeitraum: 14.12.2018 - 21.12.2018
Probennummer: 72113 - 72118 / 18
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: HS-Violen
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 2
Messmethoden: tert-Butanol HS-GC/MS
Qualitätskontrolle:

Dr. Jens Krause
(stellv. Laborleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Probennummer	72113	72114	72115
Bezeichnung	ÜP1-2	P1-2	P2-1
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
tert-Butanol	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Probennummer	72116	72117	72118
Bezeichnung	P3-3	P4-1	P5-3
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
tert-Butanol	< 0,1	< 0,1	< 0,1

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 4214152
Auftrags Nr. 4887498
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14115-02-00
D-PL-14115-03-00
D-PL-14115-06-00
D-PL-14115-07-00
D-PL-14115-08-00
D-PL-14115-10-00
D-PL-14115-13-00
D-PL-14115-14-00

Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 14.03.2019

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge ISBO
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 06.03.2019

Prüfzeitraum von 08.03.2019 bis 12.03.2019
erste laufende Probennummer 190257814
Probeneingang am 08.03.2019

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 6

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4214152
Auftrag Nr. 4887498

Seite 2 von 6
14.03.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190257814	190257815	190257816
Bezeichnung	ÜP1 21,5m	ÜP1 18,5m	ÜP1 15,5m

Eingangsdatum:	08.03.2019	08.03.2019	08.03.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
-----------	---------	--	--	--	--------------------------------	-----

BTEX Headspace :

Benzol	µg/l	640	900	1000	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	8	12	13	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	100	130	140	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	190	180	200	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	110	110	120	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	300	290	320			HE
Summe BTEX	µg/l	1048	1332	1473			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	44	22	25	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	52	55	65	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	22	26	30	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1166	1435	1593			HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4214152
Auftrag Nr. 4887498

Seite 3 von 6
14.03.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190257817	190257818	190257819
Bezeichnung	ÜP2 21,5m	ÜP2 18,5m	ÜP2 15,5m

Eingangsdatum:	08.03.2019	08.03.2019	08.03.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
-----------	---------	--	--	--	--------------------------------	-----

BTEX Headspace :

Benzol	µg/l	12	10	7	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	< 1	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	10	9	7	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	10	9	7	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	11	10	8	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	21	19	15			HE
Summe BTEX	µg/l	43	38	29			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	2	2	2	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	3	3	3	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	1	1	< 1	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	49	44	34			HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4214152
Auftrag Nr. 4887498

Seite 4 von 6
14.03.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190257820	190257821	190257822
Bezeichnung	P1 21,5m	P1 18,5m	P1 15,5m

Eingangsdatum:	08.03.2019	08.03.2019	08.03.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab	
BTEX Headspace :							
Benzol	µg/l	1200	2100	1600	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	13	22	30	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	5	210	270	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	210	280	350	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	140	180	230	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	350	460	580			HE
Summe BTEX	µg/l	1568	2792	2480			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	30	100	140	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	68	93	120	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	30	37	46	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1696	3022	2786			HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4214152
Auftrag Nr. 4887498

Seite 5 von 6
14.03.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190257823	190257824	190257825
Bezeichnung	P2 21,5m	P2 18,5m	P2 15,5m

Eingangsdatum:	08.03.2019	08.03.2019	08.03.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
-----------	---------	--	--	--	--------------------------------	-----

BTEX Headspace :

Benzol	µg/l	120	640	460	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	1	11	7	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	7	120	77	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	21	130	81	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	28	100	75	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	49	230	156			HE
Summe BTEX	µg/l	177	1001	700			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	4	22	14	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	10	49	34	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	3	17	12	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	194	1089	760			HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4214152
Auftrag Nr. 4887498

Seite 6 von 6
14.03.2019

Proben von Ihnen übersendet		Matrix: Wasser					
Probennummer		190257826	190257827	190257828			
Bezeichnung		P3 21,5m	P3 18,5m	P3 15,5m			
Eingangsdatum:		08.03.2019	08.03.2019	08.03.2019			
Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode	Lab	
					-grenze		
BTEX Headspace :							
Benzol	µg/l	290	350	330	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	5	5	5	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	53	44	64	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	64	42	43	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	58	57	64	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	122	99	107			HE
Summe BTEX	µg/l	470	498	506			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	9	9	12	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	10	26	29	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	9	6	5	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	498	539	552			HE

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38407-9-1 1991-05

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.
Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angebl./tatsächlich entnommen wurde(n).

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 4235951
Auftrags Nr. 4908901
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 28.03.2019

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge ISBO
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 25.03.2019

Prüfzeitraum von 26.03.2019 bis 28.03.2019
erste laufende Probennummer 190330057
Probeneingang am 26.03.2019

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 5

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4235951
Auftrag Nr. 4908901

Seite 2 von 5
28.03.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190330057	190330058	190330059
Bezeichnung	P1	ÜP2	ÜP1
	18,5	21,5	18,5
Eingangsdatum:	26.03.2019	26.03.2019	26.03.2019

Parameter	Einheit					Bestimmungs Methode -grenze	Lab
-----------	---------	--	--	--	--	--------------------------------	-----

Untersuchungsergebnisse :

DOC	mg/l	7,5	1,8	6,2	0,5	DIN EN 1484	HE
Sulfat	mg/l	35	58	33	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Nitrat	mg/l	2,4	14,4	2,1	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Nitrit	mg/l	0,11	< 0,02	0,08	0,02	DIN EN ISO 10304-1	HE
Ammonium	mg/l	1,2	< 0,04	0,90	0,04	DIN 38406-5-1	HE
Kjeldahl-Stickstoff	mg/l	2	< 1	2	1	DIN EN 25663	HE
Stickstoff, gesamt	mg/l	2,533	3,3	2,524	1	DIN EN 25663	HE

Metalle :

Eisen, ges.	mg/l	1,0	0,42	2,0	0,01	DIN EN ISO 11885	HE
Eisen II	mg/l	0,27	0,09	1,6	0,02	DIN 38406-E 1	HE
Kalium	mg/l	15,8	20,7	5,3	0,5	DIN EN ISO 11885	HE
Phosphor, ges.	mg/l	0,68	< 0,05	0,46	0,05	DIN EN ISO 11885	HE
Phosphat berechnet	mg/l	2,1	< 0,15	1,4	0,15		HE

BTEX Headspace :

Benzol	µg/l	850	6	< 1	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	6	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	170	1	38	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	19	2	< 1	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	270	9	49	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	289	11	49			HE
Summe BTEX	µg/l	1315	18	87			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	29	2	30	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	58	3	60	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	21	2	27	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1423	25	204			HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4235951
Auftrag Nr. 4908901

Seite 3 von 5
28.03.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190330060	190330061	190330062
Bezeichnung	P2	P3	P1
	15,5	21,5	18,5 nach 4T

Eingangsdatum:	26.03.2019	26.03.2019	26.03.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
-----------	---------	--	--	--	--------------------------------	-----

Untersuchungsergebnisse :

DOC	mg/l	6,5	3,6	-	0,5	DIN EN 1484	HE
Sulfat	mg/l	35	37	-	1	DIN EN ISO 10304-1	HE
Nitrat	mg/l	5,3	5,8	-	0,5	DIN EN ISO 10304-1	HE
Nitrit	mg/l	0,23	0,12	-	0,02	DIN EN ISO 10304-1	HE
Ammonium	mg/l	3,9	5,0	-	0,04	DIN 38406-5-1	HE
Kjeldahl-Stickstoff	mg/l	3	4	-	1	DIN EN 25663	HE
Stickstoff, gesamt	mg/l	4,270	5,337	-	1	DIN EN 25663	HE

Metalle :

Eisen, ges.	mg/l	1,9	0,52	-	0,01	DIN EN ISO 11885	HE
Eisen II	mg/l	1,1	0,10	-	0,02	DIN 38406-E 1	HE
Kalium	mg/l	5,8	5,2	-	0,5	DIN EN ISO 11885	HE
Phosphor, ges.	mg/l	0,52	0,93	-	0,05	DIN EN ISO 11885	HE
Phosphat berechnet	mg/l	1,6	2,9	-	0,15		HE

BTEX Headspace :

Benzol	µg/l	10	< 1	440	1	DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	< 1	< 1	3	1	DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	170	< 1	45	1	DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	15	1	10	1	DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	260	33	57	2	DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	275	34	67			HE
Summe BTEX	µg/l	455	34	555			HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	42	11	13	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	24	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	32	5	10	1	DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	553	50	578			HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4235951
Auftrag Nr. 4908901

Seite 4 von 5
28.03.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190330063	190330064	190330065
Bezeichnung	ÜP2 21,5 nach 3T	ÜP1 18,5 nach 4T	P2 15,5 nach 4T

Eingangsdatum:	26.03.2019	26.03.2019	26.03.2019
----------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	6	670	950	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	< 1	7	14	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	4	51	150	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	< 1	18	21	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	6	120	230	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	6	138	251		HE
Summe BTEX	µg/l	16	866	1365		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	1	24	28	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	2	59	65	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	1	16	21	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	20	965	1479		HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4235951
Auftrag Nr. 4908901

Seite 5 von 5
28.03.2019

Proben von Ihnen übersendet Matrix: Wasser

Probennummer 190330066
Bezeichnung P3
21,5 nach 3T

Eingangsdatum: 26.03.2019

Parameter	Einheit		Bestimmungs Methode	Lab
			-grenze	
BTEX Headspace :				
Benzol	µg/l	250	1 DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	3	1 DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	< 1	1 DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	7	1 DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	46	2 DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	53		HE
Summe BTEX	µg/l	306		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	9	1 DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	4	1 DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	5	1 DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	324		HE

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38406-5-1	1983-10
DIN 38406-E 1	1983-05, Abweichung:photometrisch Diskretanalysator
DIN 38407-9-1	1991-05
DIN EN 1484	1997-08
DIN EN 25663	1993-11
DIN EN ISO 10304-1	2009-07
DIN EN ISO 11885	2009-09

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsogs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Herrn Dr. Behbehani
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 4242856
Auftrags Nr. 4914630
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 02.04.2019

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge ISBO
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 28.03.2019

Prüfzeitraum von 29.03.2019 bis 02.04.2019
erste laufende Probennummer 190349337
Probeneingang am 29.03.2019

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 3

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4242856
Auftrag Nr. 4914630

Seite 2 von 3
02.04.2019

Proben von Ihnen übersendet Matrix: Wasser

Probennummer	190349337	190349338	190349339
Bezeichnung	P1	ÜP2	ÜP1
	18,5 m	21,5m	18,5 m
	nach 7T	nach 6T	nach 7T
Eingangsdatum:	29.03.2019	29.03.2019	29.03.2019

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	1200	2	970	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	12	< 1	12	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	< 1	2	44	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	290	3	420	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	210	3	210	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	500	6	630		HE
Summe BTEX	µg/l	1712	10	1656		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	35	< 1	36	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	38	2	91	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	28	< 1	32	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1813	12	1815		HE

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4242856
Auftrag Nr. 4914630

Seite 3 von 3
02.04.2019

Proben von Ihnen übersendet Matrix: Wasser

Probennummer	190349340	190349341
Bezeichnung	P2	P3
	15,5 m	21,5 m
	nach 7T	nach 6T
Eingangsdatum:	29.03.2019	29.03.2019

Parameter	Einheit			Bestimmungs Methode	Lab
				-grenze	
BTEX Headspace :					
Benzol	µg/l	1000	180	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	12	2	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	430	62	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	290	3	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	720	65		HE
Summe BTEX	µg/l	1732	247		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	45	7	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	85	< 1	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	31	5	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1893	259		HE

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN 38407-9-1 1991-05

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.
Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angebl./tatsächlich entnommen wurde(n).

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Herrn Dr. Behbehani
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 425285
Auftrags Nr. 4922015
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 09.04.2019

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge ISBO
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 04.04.2019

Prüfzeitraum von 05.04.2019 bis 09.04.2019
erste laufende Probennummer 190380843
Probeneingang am 05.04.2019

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 3

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4252285
Auftrag Nr. 4922015

Seite 2 von 3
09.04.2019

Proben von Ihnen übersendet

Matrix: Wasser

Probennummer	190380843	190380844	190380845
Bezeichnung	P1 18,5 m nach 14T	ÜP2 21,5 m nach 13T	ÜP1 18,5 m nach 14T

Eingangdatum:	05.04.2019	05.04.2019	05.04.2019
---------------	------------	------------	------------

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	1300	2	1300	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	12	< 1	21	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	49	1	250	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	240	3	420	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	210	< 2	300	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	450	3	720		HE
Summe BTEX	µg/l	1811	6	2291		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	37	< 1	51	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	63	< 1	120	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	28	< 1	37	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	1939	6	2499		HE

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Herrn Dr. Behbehani
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 4270027
Auftrags Nr. 4937383
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 24.04.2019

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge ISBO
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 18.04.2019

Prüfzeitraum von 23.04.2019 bis 24.04.2019
erste laufende Probennummer 190438800
Probeneingang am 23.04.2019

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 2

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4270027
Auftrag Nr. 4937383

Seite 2 von 2
24.04.2019

Proben von Ihnen übersendet Matrix: Wasser

Probennummer	190438800	190438901
Bezeichnung	P1 18,5m nach 28T	ÜP2 21,5m nach 27T

Eingangsdatum:	23.04.2019	23.04.2019
----------------	------------	------------

Parameter	Einheit			Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :					
Benzol	µg/l	9	1	1 DIN 38407-9-1	HE
Toluol	µg/l	< 1	< 1	1 DIN 38407-9-1	HE
Ethylbenzol	µg/l	< 1	< 1	1 DIN 38407-9-1	HE
o-Xylol	µg/l	220	3	1 DIN 38407-9-1	HE
m-,p-Xylol	µg/l	160	< 2	2 DIN 38407-9-1	HE
Summe Xylole	µg/l	380	3		HE
Summe BTEX	µg/l	389	4		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	50	< 1	1 DIN 38407-9-1	HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	9	< 1	1 DIN 38407-9-1	HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	37	< 1	1 DIN 38407-9-1	HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	485	4		HE

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):
DIN 38407-9-1 1991-05

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter
<http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Rödingsmarkt 16 D-20459 Hamburg

HPC AG
Herrn Dr. Behbehani
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Prüfbericht 4273391
Auftrags Nr. 4939760
Kunden Nr. 1478100

Herr Dr. Falk Wolf
Telefon +49 40-30101-693
Fax +49 89-1250-4069-950
falk.wolf@sgs.com



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Rödingsmarkt 16
D-20459 Hamburg

Hamburg, den 26.04.2019

Ihr Auftrag/Projekt: Tanklager Farge ISBO
Ihr Bestellzeichen: 2170492
Ihr Bestelldatum: 23.04.2019

Prüfzeitraum von 24.04.2019 bis 26.04.2019
erste laufende Probennummer 190446984
Probeneingang am 24.04.2019

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Dr. Falk Wolf
Customer Service

i.A. Kuno-Friedrich Konopka
Customer Service

Seite 1 von 2

Tanklager Farge ISBO
2170492

Prüfbericht Nr. 4273391
Auftrag Nr. 4939760

Seite 2 von 2
26.04.2019

Proben von Ihnen übersendet Matrix: Wasser

Probennummer	190446984	190446985	190446986
Bezeichnung	ÜP1 18,5m nach 33T	P3 21,5m nach 32T	P2 15,5m nach 33T
Eingangsdatum:	24.04.2019	24.04.2019	24.04.2019

Parameter	Einheit				Bestimmungs Methode -grenze	Lab
BTEX Headspace :						
Benzol	µg/l	1500	280	600	1	DIN 38407-9-1 HE
Toluol	µg/l	19	3	9	1	DIN 38407-9-1 HE
Ethylbenzol	µg/l	240	24	46	1	DIN 38407-9-1 HE
o-Xylol	µg/l	390	44	160	1	DIN 38407-9-1 HE
m-,p-Xylol	µg/l	290	45	120	2	DIN 38407-9-1 HE
Summe Xylole	µg/l	680	89	280		HE
Summe BTEX	µg/l	2439	396	935		HE
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/l	44	7	22	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,4 -Trimethylbenzol	µg/l	120	10	34	1	DIN 38407-9-1 HE
1,2,3-Trimethylbenzol	µg/l	43	2	16	1	DIN 38407-9-1 HE
Summe nachgewiesener BTEX	µg/l	2646	415	1007		HE

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):
DIN 38407-9-1 1991-05

Die Laborstandorte der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrage des Kunden handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 12 28357 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Büro Bremen
Haferwende 27

28357 BREMEN

6. September 2019

PRÜFBERICHT 02091970

Auftragsnr. Auftraggeber: -
Projektbezeichnung: Farge
Probenahme: durch Auftraggeber am 02.09.2019
Probentransport: durch Auftraggeber am 02.09.2019
Probeneingang: 02.09.2019
Prüfzeitraum: 02.09.2019 – 06.09.2019
Probennummer: 56714 - 56721 / 19
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: HS-Vials
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 2
Messverfahren: BTEX DIN 38407-9 (F9): 1991-05
MTBE HS-GC/MS
Qualitätskontrolle:

M. Sc. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Labornummer	56714	56715	56716	56717
Probenbezeichnung	IB 1	IB 2	EB 1	EB 2
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Benzol	460	1.400	2.800	3.700
Toluol	4,2	11	31	54
Ethylbenzol	94	280	790	1.200
Xylole	160	470	1.500	2.200
Trimethylbenzole	71	180	510	810
Summe BTEX	789,2	2.341	5.631	7.964
MTBE	52	130	270	220

Labornummer	56718	56719	56720	56721
Probenbezeichnung	P1	P3	P4	P7
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Benzol	2.100	440	2.200	2.100
Toluol	24	6,2	20	34
Ethylbenzol	430	93	480	700
Xylole	850	170	820	1.100
Trimethylbenzole	310	55	290	400
Summe BTEX	3.714	764,2	3.810	4.334
MTBE	290	37	220	260

Ergebnisse der Kohlenstoffisotopenmessung ($\delta^{13}\text{C}$) für BTEX & MTBE – ISBO Feldversuch Tanklager Bremen-Farge

Verbindung	GWM	$\delta^{13}\text{C}$ in ‰
Benzen	ÜP1	-30,9
	P1	-30,4
	P4	-30,5
Toluol	ÜP1	-18,6
	P1	-18,5
	P4	-17,6
Ethylbenzen	ÜP1	-30,4
	P1	-29,8
	P4	-30,3
m, p-Xylol	ÜP1	-29,8
	P1	-29,1
	P4	-29,7
o-Xylol	ÜP1	-29,3
	P1	-29,0
	P4	-29,2
MTBE	ÜP1	-30,8
	P1	-30,8
	P4	-30,8

Information:

Bitte beachten Sie, dass die typische Standardabweichung der Messung 0,5 ‰ beträgt.

Interpretation:

Als Indikator für biologischen Schadstoffabbau wird eine Anreicherung des schweren Isotops von 2 ‰ im Ausgangssubstrat angenommen ($\delta^{13}\text{C}$ wird positiver). Signifikante Anreicherungen des schweren Isotops wurden in keinem der gemessenen Stoffe gefunden. Darauf basierend kann anhand der Kohlenstoffisotopenmessung kein biologischer Abbau in den gemessenen GWM nachgewiesen werden.

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg - Büro Bremen
Herr Ruiter
Haferwende 27

D-28357 BREMEN

2. April 2020

PRÜFBERICHT 270320083

Auftragsnr. Auftraggeber: -
Projektbezeichnung: Farge ISBO-Testfeld
Probenahme: durch Auftraggeber am 27.03.2020
Probentransport: durch Auftraggeber am 27.03.2020
Probeneingang: 27.03.2020
Prüfzeitraum: 27.03.2020 – 02.04.2020
Probennummer: 119420 - 119429 / 20
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: Schliffglas (0,1 L)
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 2
Messmethoden: BTEX DIN 38407-9 (F9): 1991-05
MTBE HS-GC/MS
Qualitätskontrolle:

M. Sc. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Probennummer	119420	119421	119422	119423
Bezeichnung	P1	P2	P3	P4
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Benzol	360	380	400	190
Toluol	2,4	2,2	2,1	1,5
Ethylbenzol	23	27	11	12
Xylole	61	49	51	43
Trimethylbenzole	14	10	10	7,0
Styrol	2,0	0,6	0,5	0,3
Cumol	4,4	6,6	6,8	4,7
Summe BTEX	466,8	475,4	481,4	258,5
MTBE	74	66	71	67

Probennummer	119424	119425	119426	119427
Bezeichnung	P7	ÜP 1	IB 1	IB 2
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Benzol	410	480	360	540
Toluol	2,1	1,8	2,2	2,5
Ethylbenzol	23	13	10	1,7
Xylole	49	62	97	88
Trimethylbenzole	14	29	32	24
Styrol	0,4	0,6	0,5	2,2
Cumol	7,7	4,5	1,4	0,1
Summe BTEX	506,2	590,9	503,1	658,5
MTBE	79	86	81	130

Probennummer	119428	119429		
Bezeichnung	EB 1	EB 2		
Dimension	[µg/L]	[µg/L]		
Benzol	590	180		
Toluol	3,3	1,6		
Ethylbenzol	9,6	< 0,1		
Xylole	120	74		
Trimethylbenzole	50	27		
Styrol	2,7	0,4		
Cumol	0,8	0,3		
Summe BTEX	776,4	283,3		
MTBE	130	62		

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg - Büro Bremen
Herr Ruiter
Haferwende 27

D-28357 BREMEN

24. Juli 2020

PRÜFBERICHT 210720049

Auftragsnr. Auftraggeber: -
Projektbezeichnung: Farge ISBO-Testfeld
Probenahme: durch Auftraggeber am 20.07.2020
Probentransport: durch Auftraggeber am 20.07.2020
Probeneingang: 20.07.2020
Prüfzeitraum: 21.07.2020 – 24.07.2020
Probennummer: 148737 - 148746 / 20
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: Schliffglas (0,25 L)
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 3
Messmethoden: Seite 2
Qualitätskontrolle:

M. Sc. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Messverfahren: BTEX
MTBE

DIN 38407-9 (F9): 1991-05
HS-GC/MS

Probennummer	148737	148738	148739	148740
Bezeichnung	IB 1	IB 2	EB 1	EB 2
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Benzol	23	23	230	88
Toluol	0,3	< 0,1	0,9	1,1
Ethylbenzol	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,3
Xylole	29	4,0	23	55
Trimethylbenzole	8,2	1,1	9,6	20
Summe BTEX	60,5	28,1	263,5	166,4
MTBE	45	74	74	54

Probennummer	148741	148742	148743	148744
Bezeichnung	P 1	P 2	P 3	P 4
Dimension	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]
Benzol	230	2,4	240	100
Toluol	1,3	1,3	1,6	0,9
Ethylbenzol	13	0,7	4,1	1,4
Xylole	7,7	1,8	9,6	2,6
Trimethylbenzole	4,9	0,8	4,4	1,5
Summe BTEX	256,9	7,0	259,7	106,4
MTBE	50	< 1,0	51	37

Probennummer	148745	148746		
Bezeichnung	P 7	ÜP 1		
Dimension	[µg/L]	[µg/L]		
Benzol	12	420		
Toluol	0,5	1,3		
Ethylbenzol	0,4	10		
Xylole	1,3	6,0		
Trimethylbenzole	0,6	3,3		
Summe BTEX	14,8	440,6		
MTBE	4,6	61		



Universität Tübingen · Zentrum für Angewandte Geowissenschaften (ZAG)
Dr. Daniel Buchner · Schnarrenbergstr 94-96 · D-72076 Tübingen

Erich-Heiko Rüter
Senior Expert, Leitung Zweigstelle

Züblin Umwelttechnik GmbH
Haferwende 27
D-28357 Bremen

Dr. Daniel Buchner

Laborleiter
Schnarrenbergstr 94-96,
72076 Tübingen

Telefon +49 7071 29-7 31 67

Telefax +49 7071 29-50 59

E-Mail daniel.buchner@uni-
tuebingen.de

Internet www.zag.uni-tuebingen.de

Az/Gz

Tübingen, den 23.09.20

Berichtsdatum: 03.09.19
Messverfahren: GC-C-IRMS; SPME Anreicherung
Sachbearbeiter: Dr. Daniel Buchner, Laborleiter ZAG, Univ. Tübingen

	MTBE	Benzol	Toluol	Xylol	Ethylbenzol
	$\delta^{13}\text{C}$ in ‰				
ÜP1	-30,82	-30,86	-18,62	-29,55	-30,44
P1	-30,84	-30,36	-18,46	-29,00	-29,82
P4	-30,81	-30,53	-17,6	-29,46	-30,33

Standardabweichung: 0,5 ‰

Berichtsdatum: 07.09.20
Messverfahren: GC-C-IRMS; SPME Anreicherung
Sachbearbeiter: Dr. Daniel Buchner, Laborleiter ZAG, Univ. Tübingen

	MTBE	Benzol	Toluol	Xylol	Ethylbenzol
	$\delta^{13}\text{C}$ in ‰				
ÜP1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
P4	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
P3	-30,95	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Standardabweichung: 0,5 ‰

Berichtsdatum: 21.09.20
Messverfahren: GC-C-IRMS; SPME Anreicherung
Sachbearbeiter: Dr. Daniel Buchner, Laborleiter ZAG, Univ. Tübingen

	MTBE	Benzol	Toluol	Xylol	Ethylbenzol
	$\delta^{13}\text{C}$ in ‰				
P1	-30,52	-29,96	n.b.	n.b.	n.b.
EP1	-30,01	-29,56	n.b.	n.b.	n.b.
IB2	-30,32	-29,71	n.b.	n.b.	n.b.
EB1	-29,97	-28,54	n.b.	n.b.	n.b.
EB2	-30,37	-30,67	n.b.	-28,7	n.b.

Standardabweichung: 0,5 ‰

Best Regards



Dr. Daniel Buchner

- 16 **Prüfberichte Keimzahlen**

Prüfbericht

DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruher Str. 84, 76139 Karlsruhe
Abteilung: Umweltbiotechnologie und Altlasten

Projekt: Tanklager Farge, Bremen

Auftraggeber: Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg, Zürnweg 1, 21217 SEEVETAL

Probenehmer: Auftraggeber

Probenahme: 06.03.2018

Probeneingang: 07.03.2018

Probenart: Grundwasser

			Probenbezeichnung	GWM5-13	Pegel_10_Mitte	Pegel_6_Mitte
Parameter	Einheit	BG	Methode	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Gesamtkeimzahl (aerob)	Keime / mL	6,6E+00	Most Probable Number	1,6E+05	4,2E+04	1,1E+04
Eisen(III)-Reduzierer	Keime / mL	6,6E+00	Most Probable Number	1,6E+03	1,1E+04	4,2E+03
BTEX-Verwerter (aerob)	Keime / mL	2,0E+00	Most Probable Number	4,9E+03	6,9E+03	4,5E+03

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließ-
lich auf die untersuchte Probe.

Karlsruhe, den 17.04.2018



Dipl.-Geol. A. Müller
Sachbearbeiter/in



Labor

Prüfbericht

DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruher Str. 84, 76139 Karlsruhe
Abteilung: Umweltbiotechnologie und Altlasten

Tanklager Farge, Bremen: ISBO - Versuchsfeld, In-situ Sanierung Abstromfahne (Pilotversuch)

Auftraggeber: Züblin Umwelttechnik GmbH
Zweigstelle Hamburg, Zürnweg 1, 21217 SEEVETAL

Probenehmer: Labor - Dr. Döring Laboratorien

Probenahme: 13.12.2018

Probeneingang: 14.12.2018

Probenart: Grundwasser

Parameter	Einheit	BG	Probenbezeichnung	ÜP3 Mitte	P2 Mitte	P4 tief
			Methode	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Gesamtkeimzahl R2A (aerob)	Keime / mL	6,6E+00	Most Probable Number	1,1E+05	1,1E+05	4,2E+06
BTEX-Verwerter (aerob)	Keime / mL	6,6E+00	Most Probable Number	5,6E+04	4,2E+05	3,6E+06
Eisen(III)-Reduzierer	Keime / mL	6,6E+00	Most Probable Number	4,6E+03	1,1E+03	2,6E+04

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließ-
lich auf die untersuchte Probe.

Karlsruhe, den 25.01.2019



A. Müller
Sachbearbeiter



C. Schweikart
Labor

- 17 Abschlussbericht Mikrokosmenuntersuchung Uni Tübingen

Züblin Umwelttechnik GmbH
Dipl.-Ing. Erich-Heiko Ruiter
Senior Expert, Leitung Büro Bremen
Büro Bremen
Haferwende 27

D-28357 Bremen

Dr. Daniel Buchner
Laborleiter ZAG
Hölderlinstr. 12, Raum S537
72074 Tübingen

Telefon +49 7071 29-7 31 6
Telefax +49 7071 29-50 59
E-Mail daniel.buchner@uni-tuebingen.de
Internet <http://www.geo.uni-tuebingen.de/umweltmineralogie>
Az/Gz

Tübingen, den 29.05.20

Abschlussbericht

Untersuchung des aeroben mikrobiellen BTEX und MTBE Abbaupotenzials

Zur Untersuchung des aeroben, biologische BTEX und MTBE Abbaupotenzials für einem kontaminierten Standort wurde eine Laborstudie durchgeführt. Für die Gewinnung standorteigener Mikroorganismen wurde Sediment aus einer Bohrung und Standortwasser verwenden. Nach 150 Tagen wurde mittels Melasse Lösung auf anaerobe Abbaubedingungen umgestellt, um das anaerobe, biologische BTEX und MTBE Abbaupotenzial zu bestimmen.

Hintergrund

Studien zeigen, dass sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Bedingungen (Fe(III) reduzierend) biologischer MTBE Abbau stattfinden kann (Schirmer et al. 2003; Deeb et al. 2000). Jedoch kann die parallele Anwesenheit von BTEX Komponenten den biologischen Abbau von MTBE komplett oder teilweise hemmen (Raynal and Pruden 2008).

Für alle BTE(o-)X Komponenten ist ein biologischer Abbau unter aeroben als auch anaeroben Bedingungen bekannt. Toluol zeigt unter beiden Bedingungen den schnellsten Abbau (Weelink, van Eekert, and Stams 2010).

Mikrokosmenansätze

Das vorhandene Sediment wurde homogenisiert und -wie auch das Standortwasser- begast um vorhandene BTEX und MTBE auszutreiben.

Im Labor wurden drei Mikrokosmenansätze durchgeführt; *Ansatz I*: Standortbedingungen (pH ca. 5,9), *Ansatz II*: pH gepuffert (pH~7,4) und *Ansatz III*: pH gepuffert (pH~7,4) + Nährstoffe (Spurenstoffen und Vitaminen). Die Sauerstoffgehalte lagen in den drei Ansätzen bei minimal 9,4 mg/L. Zur Pufferung wurden 50 mL/L einer 0,74 M NaHCO₃ Lösung verwendet. Zu *Ansatz III* wurden 0,2 mL von Vitamin 3, Vitamin 7 (Widdel and Pfennig 1981) und 0,2 mL einer SL-10 Trace Elements Lösungen (Widdel, Kohring, and Mayer 1983) zu den Mikrokosmen gegeben. Ein Ansatz umfasste je zwei Lebendreplikate sowie eine abiotische Kontrolle (Zugabe 0,8 g NaN₃ zum Abtöten der Mikroorganismen). Die Mikrokosmen wurden in 250 mL

Serumflaschen mit 50 g homogenisiertem Sediment angesetzt und mit Standortwasser auf ein Volumen von 200 mL aufgefüllt. Die Kontrollen wurden durch Zugabe von je 0,8 g NaN₃ sterilisiert.

Zum Start des Abbauxperiments wurden alle Mikrokosmen mit einer Lösung aus MTBE, Benzol, Toluol, ETBE und o-Xylol versetzt. Die Startkonzentration von MTBE und der BTEX Komponenten betrug 8 mg/L. Um das Abbauverhalten in den einzelnen Mikrokosmen zu bestimmen, wurden im Verlauf des Experimentes mehrere Proben zur Bestimmung der MTBE und BTEX Konzentrationen genommen.

Nach 150 Tagen wurde den Mikrokosmen je 0,5 mL Melasse Lösung zugegeben, um anaerobe Abbaubedingungen zu schaffen.

Probenahme

Für jeden Mikrokosmos wurden BTEX- und MTBE-Konzentrationen (Duplikatmessung; Entnahme von je 250 µL Wasserphase) über die Zeit analysiert sowie Proben für eine spätere δ¹³C substanzspezifische Isotopenanalyse (2x 1 mL) genommen.

Datenanalyse

Die gemessenen Konzentrationsdaten entsprechen der Konzentration der jeweiligen Substanz in der Wasserphase. Die dargestellten Daten berücksichtigen die Änderung des Verhältnisses Wasserphase zur Gasphase, sowie die Menge an entnommener Substanz durch die Probenahme. Hierfür wurde die Stoffmenge jeder Substanz in der Gas- sowie Wasserphase für jeden Zeitpunkt berechnet, anschließend summiert und in Relation zur Kontrolle gesetzt.

Ergebnisse

Die Entwicklung der MTBE, Benzol, Toluol, ETBE und o-Xylol Konzentrationen von der *Ansätze I, II und III* unter aeroben und anaeroben Bedingungen wurden verglichen und sind im Folgenden zusammengefasst. Abbildung 1-5 zeigen die Entwicklung der MTBE, Benzol, Toluol, ETBE und o-Xylol Mengen in den einzelnen Mikrokosmen der drei Ansätze über den Verlauf des Abbauxperiments.

MTBE: Die relative MTBE Menge in den *Ansätzen I, II und III* zeigte im Verlauf des Experimentes keine signifikante Veränderung und blieb auch nach Umstellung auf anaerobe Bedingungen nach 150 Tagen nahezu konstant (Abbildung 1). Folglich liefern die Daten keinen eindeutigen Beleg für ein standorteigenes, biologisches MTBE Abbaupotenzial. Keiner der untersuchten Faktoren wie aeroben/anaeroben Umweltbedingungen, stabiler pH-Wert von 7,56 noch die Zugabe von Nährstoffen zeigen eine Stimulation eines biologischen Abbaus. Der ausbleibende Abbau kann auf eine hemmende Wirkung durch BTEX zurück zu führen sein.

Benzol: In den *Ansätzen I und II* konnte weder unter aeroben noch unter anaeroben Bedingungen ein biologischer Abbau über den Verlauf des Experimentes beobachtet werden. Im *Ansatz III* wurde mit der Umstellung auf anaerobe Bedingungen ab Tag 150 in beiden Mikrokosmen ein signifikanter Umsatz von Benzol detektiert (Abbildung 2). Der Umsatz unter aeroben Bedingungen kann aus den vorliegenden Daten nicht eindeutig abgeleitet werden. Die

Daten lassen den Schluss zu, dass mittels Zugabe von Vitaminen und Spurenelementen in Kombination mit anaeroben Bedingungen der biologische Abbau von Benzol am untersuchten Standort stimuliert werden kann.

Toluol: Die relative Stoffmenge von Toluol nahm in *Ansatz I, II* und *III* unter aeroben Bedingungen in allen lebenden Mikrokosmen in nahezu gleichem Maße (ca. 50 %) ab (Abbildung 3). Mit der Umstellung auf anaerobe Bedingungen ab Tag 150 waren keine weiteren Veränderungen messbar. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass unter aeroben Bedingungen Abbau stattfindet unabhängig von Puffer- und Nährstoffzugabe, während unter anaerobe Bedingungen die biologische Abbauproduktivität zum Erliegen kommt oder zumindest stark gehemmt wird.

ETBE: Für ETBE wurde in den *Ansätzen I, II* und *III* eine signifikante Abnahme der Stoffmenge unter aeroben Bedingungen gemessen (Abbildung 4). In den *Ansätzen I* und *III* konnte ein vollständiger Umsatz nach 129 Tagen in allen lebenden Mikrokosmen festgestellt werden. Das Ergebnis lässt den Schluss zu, dass der biologische ETBE Abbau am untersuchten Standort unter aeroben Bedingungen stattfindet und keine signifikante Stimulation durch Puffer- und Nährstoffzugabe erzielt werden kann.

o-Xylol: Die relative o-Xylol Menge zeigt in den *Ansätzen I* und *III* unter aeroben Bedingungen einen abnehmenden Verlauf. Nach der Umstellung auf anaerobe Bedingungen wurde keine weitere Abnahme gemessen. Im *Ansatz II* wurde weder unter aeroben noch unter anaeroben Bedingungen eine Veränderung der o-Xylol Menge beobachtet (Abbildung 5). Folglich ist anzunehmen, dass biologischer o-Xylol Abbau am untersuchten Standort unter aeroben Bedingungen unabhängig von Puffer- und Nährstoffzugabe möglich ist.

Wie die Mikrokosmenstudie zeigt, konnte biologischer Toluol, ETBE und o-Xylol Abbau im Labor mit dem vorhandenen Feldmaterial nachgewiesen werden. Der Abbau lief bevorzugt unter aeroben Bedingungen ab, während anaerobe Bedingungen hemmend wirkten. Die Zugabe von NaHCO₃ Pufferlösung zur Stabilisierung des pH-Wertes auf 7,56 und die Zugabe verschiedener Vitamine und Spurenelemente zeigte keinen signifikanten Einfluss auf das Abbauverhalten. Benzol Abbau fand ausschließlich unter anaeroben Bedingungen und mit Puffer- und Nährstoffzugabe statt. MTBE Abbau konnte weder unter aeroben noch anaeroben Bedingungen beobachtet werden. Dies könnte auf das Vorhandensein der BTEX-Komponenten zurückgeführt werden. Die stagnierenden Stoffmengen von Toluol und o-Xylol nach der Umstellung auf anaerobe Bedingungen deuten darauf hin, dass keine anaeroben BTEX abbauenden Bakterien am Standort vorhanden sind oder diese eine längere Adaptionsphase benötigen. Weiter Probenahmen über einen längeren Zeitraum könnten Aufschluss geben.

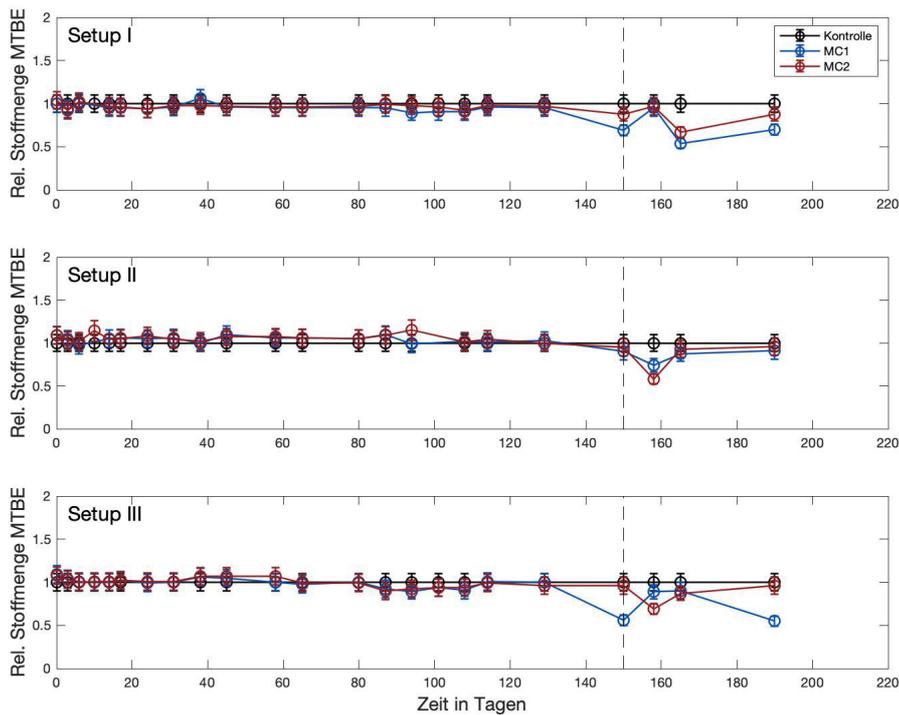


Abbildung 1: Relative Stoffmenge von MTBE gegen die Dauer des Abbauxperiments in Tagen für Ansatz I, II und III. Die gestrichelte Linie symbolisiert die Umstellung von aerobe auf anaerobe Bedingungen.

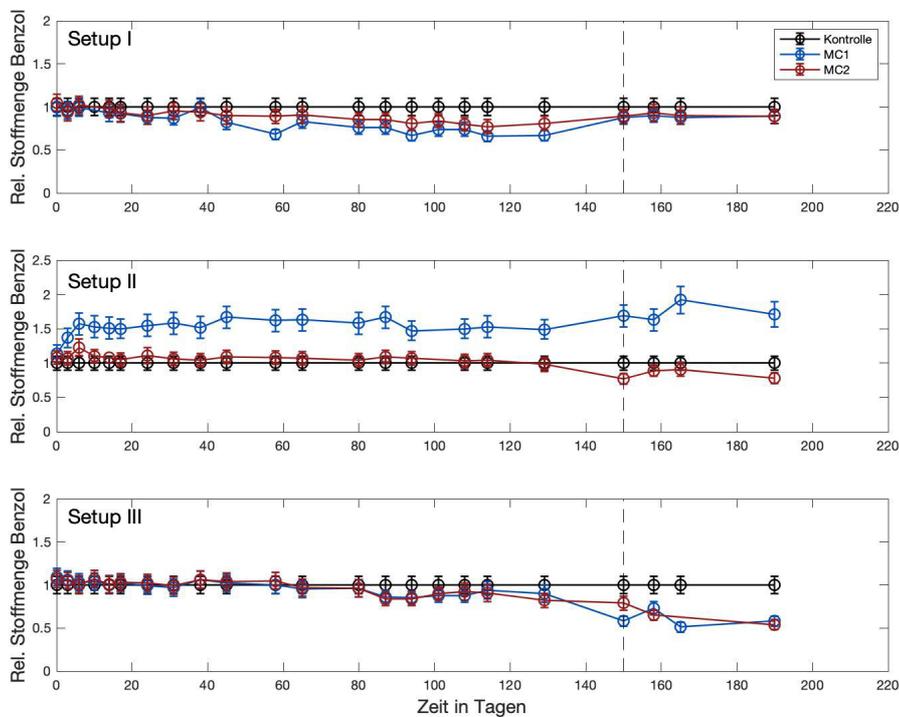


Abbildung 2: Relative Stoffmenge von Benzol gegen die Dauer des Abbauxperiments in Tagen für Ansatz I, II und III. Die gestrichelte Linie symbolisiert die Umstellung von aerobe auf anaerobe Bedingungen.

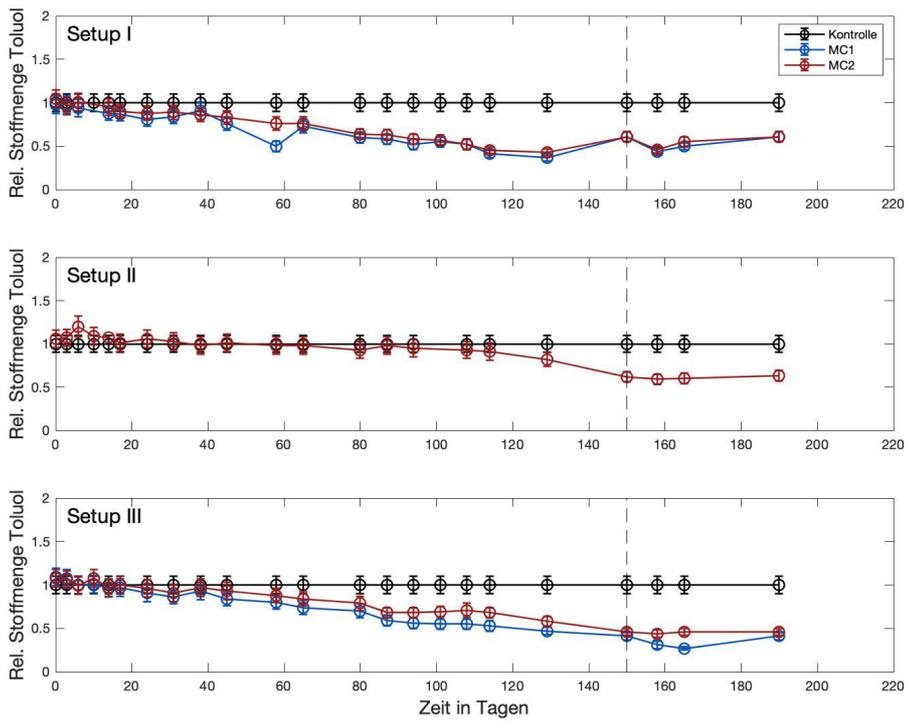


Abbildung 3: Relative Stoffmenge von Toluol gegen die Dauer des Abbauxperiments in Tagen für Ansatz I, II und III. Die gestrichelte Linie symbolisiert die Umstellung von aerobe auf anaerobe Bedingungen.

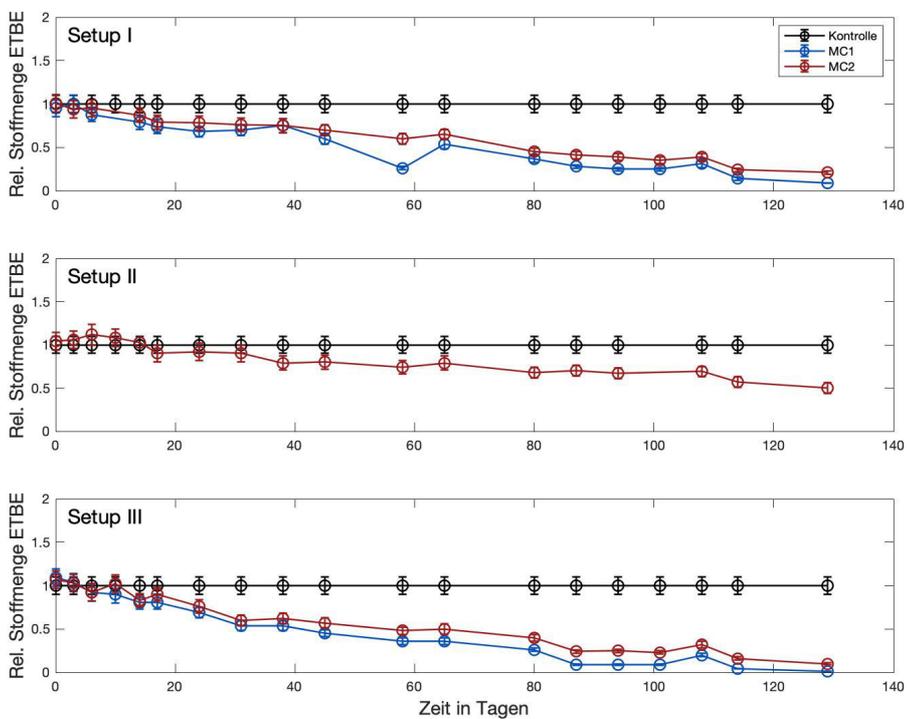


Abbildung 4: Relative Stoffmenge von ETBE gegen die Dauer des Abbauxperiments in Tagen für Ansatz I, II und III. Die gestrichelte Linie symbolisiert die Umstellung von aerobe auf anaerobe Bedingungen.

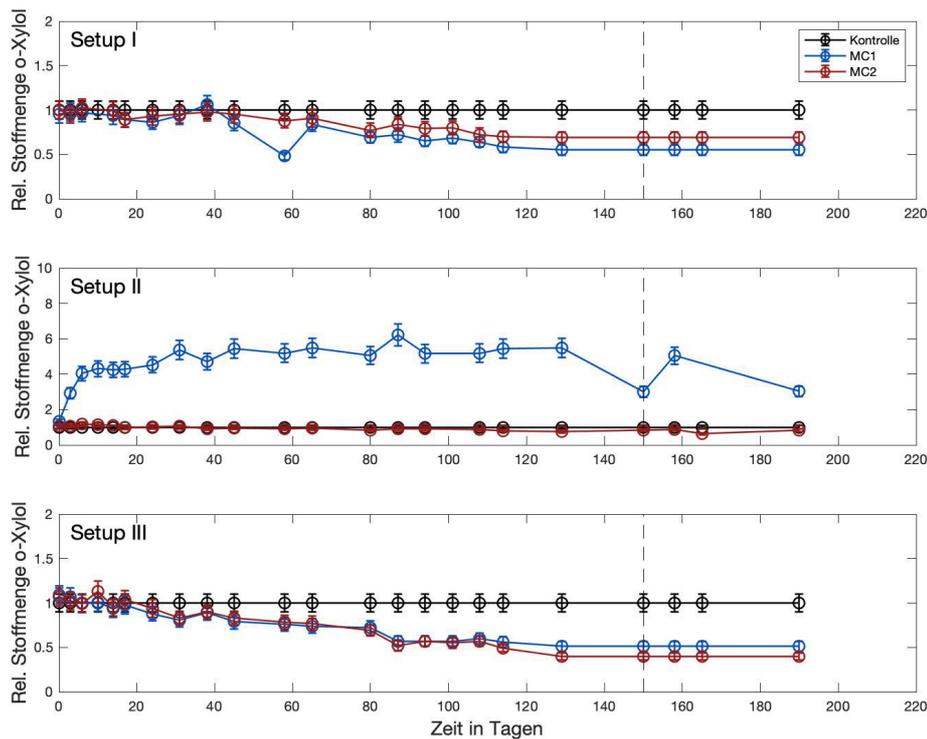


Abbildung 5: Relative Stoffmenge von o-Xylol gegen die Dauer des Abbauxperiments in Tagen für Ansatz I, II und III. Die gestrichelte Linie symbolisiert die Umstellung von aerobe auf anaerobe Bedingungen.

Tübingen, den 29.05.20

Daniel Buchner

Dr. Daniel Buchner

Referenzen

- Deeb, R. A., K. M. Scow, and L. Alvarez-Cohen. 2000. 'Aerobic MTBE biodegradation: an examination of past studies, current challenges and future research directions', *Biodegradation*, 11: 171-86.
- Raynal, M., and A. Pruden. 2008. 'Aerobic MTBE biodegradation in the presence of BTEX by two consortia under batch and semi-batch conditions', *Biodegradation*, 19: 269-82.
- Schirmer, M., B. J. Butler, C. D. Church, J. F. Barker, and N. Nadarajah. 2003. 'Laboratory evidence of MTBE biodegradation in Borden aquifer material', *Journal of Contaminant Hydrology*, 60: 229-49.
- Weelink, S. A. B., M. H. A. van Eekert, and A. J. M. Stams. 2010. 'Degradation of BTEX by anaerobic bacteria: physiology and application', *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology*, 9: 359-85.
- Widdel, F., G. W. Kohring, and F. Mayer. 1983. 'Studies on Dissimilatory Sulfate-Reducing Bacteria That Decompose Fatty-Acids .3. Characterization of the Filamentous Gliding Desulfonema-Limicola Gen-Nov Sp-Nov, and Desulfonema-Magnum Sp-Nov', *Archives of Microbiology*, 134: 286-94.

Widdel, F., and N. Pfennig. 1981. 'Studies on Dissimilatory Sulfate-Reducing Bacteria That Decompose Fatty-Acids .1. Isolation of New Sulfate-Reducing Bacteria Enriched with Acetate from Saline Environments - Description of Desulfobacter-Postgatei Gen-Nov, Sp-Nov', *Archives of Microbiology*, 129: 395-400.

- 18 Analyseergebnisse GWMS 07/09

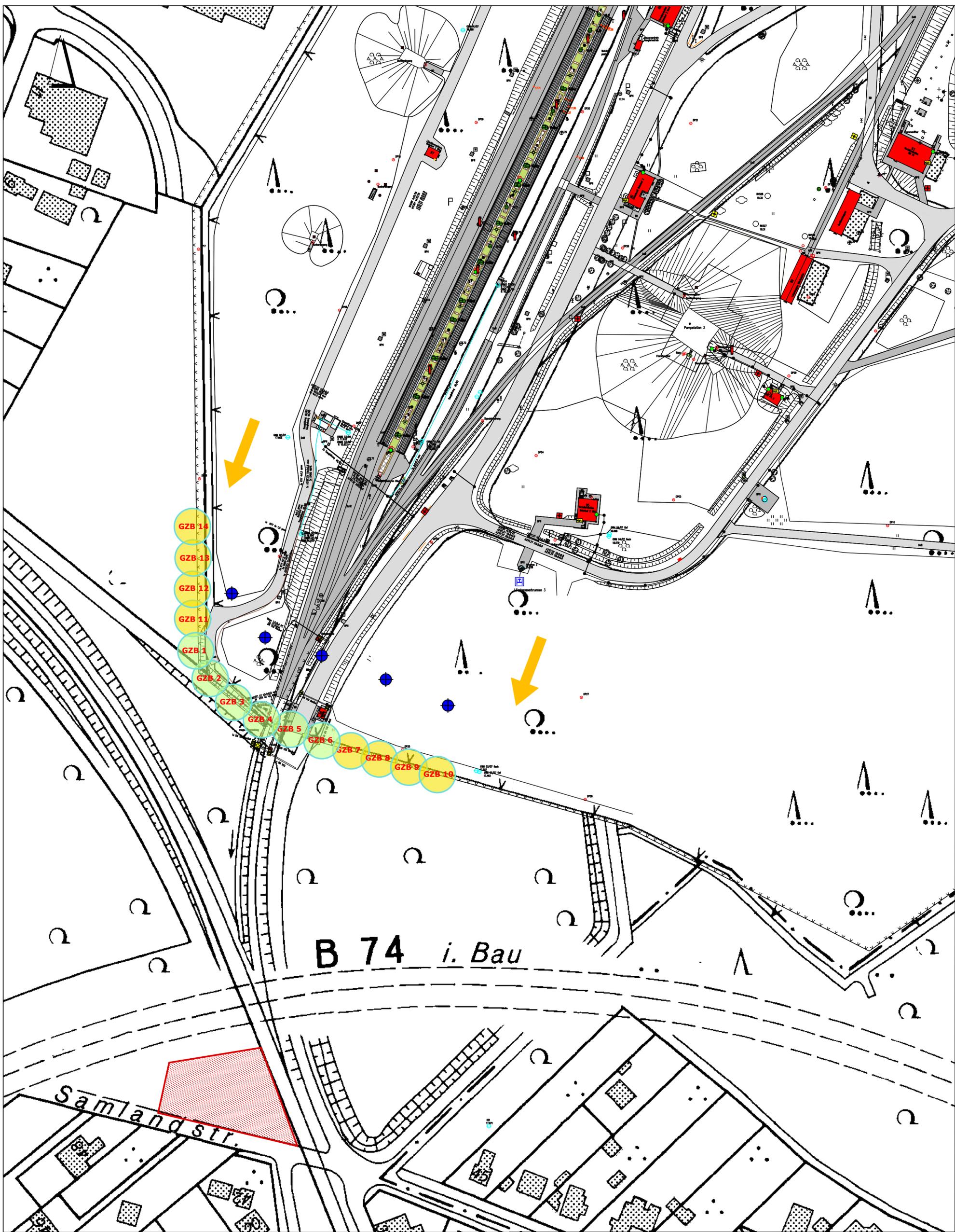
Anlage 18: Analyseergebnisse der Schadstoffuntersuchungen in GWMS 07/09 (tief)

GWMS 07/09 (tief)

Mittlerer Abstrom - mittel

Messstelle	GWMS 07/09 (tief)	GWMS 07/09 (tief)	GWMS 07/09 (tief)	GWMS 07/09 (tief)
Entnahmetiefe unter Gelände in m	28	28	28	28
Entnahmetiefe in m ü NN	-10,431	-10,431	-10,431	-10,431
Datum Probenahme	BTEX (µg/l)	MTBE (µg/l)	MKW (mg/l)	PAK (µg/l)
20.10.2009	20,00	n.b.	n.b.	n.b.
* 31.01.2011	25,80	n.b.	n.b.	n.b.
20.05.2011	79,60	n.b.	n.b.	n.b.
* 28.11.2011	27,30	8,30	n.b.	n.b.
06.06.2012	n.n.	15,00	n.b.	0,28
07.01.- 29.01.2013	81,00	37,00	n.b.	n.n.
17.06.-20.06.2013	83,00	69,00	n.b.	n.b.
12.2013 - 15.01.2014	116,00	43,00	n.b.	n.b.
02.06.-11.06.2014	268,00	9,90	n.b.	1,40
04.12.-18.12.2014	25,00	240,00	n.b.	n.b.
15.06.-24.06.2015	58,00	12,00	n.b.	0,28
09.12.-16.12.2015	88,00	8,00	n.b.	n.b.
25.05. -04.07.2016	n.n.	0,60	n.b.	0,01
24.11. - 06.12.2016	n.n.	n.n.	n.b.	n.b.
12.06.-21.06.2017	5,00	9,90	n.b.	16,00
07.12.-18.12.2017	103,00	64,00	n.b.	n.b.
15.03.-27.03.2018	9,00	13,00	n.b.	n.b.
10.09.-24.10.2018	423,00	120,00	n.b.	n.b.
07.05.2019	257,00	70,00	n.b.	2,20

**- 19 Lageplan mit Position und Reichweite der Reaktionszonen im
 Abstrom Bahnhof 2**



Legende:

-  Lage Testfeld In-Situ-Feldversuch
-  Infiltrationsbrunnen Abstrom Bodensanierung (GZB 1- GZB 6)
-  Infiltrationsbrunnen Abstromsicherung (Optional) (GZB 7- GZB 14)
-  Grundwassermessstellen (Überwachung Monitoring) Abstrom Sanierungsfläche)
-  Breite der kontaminierten Abstromfahne im Grundwasser

Baumaßnahme: In-Situ Feldversuch Tanklager Bremen-Farge, LgKNr.: 2200385507				
Planinhalt: Organisations- und Einsatzflächen Bodensanierung			Planverfasser: HPC DAS INGENIEURUNTERNEHMEN HPC AG Wilhelm-Herbst-Str. 5, 28359 Bremen Tel. (0421) 20 24 30 - 0, Fax (0421) 21 70 10 www.hpc.ag	
Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR Theodor-Heuss-Allee 14 22815 Bremen				
Zeichnungsnummer: 2170492_Organisations- u. Einsatzflächen.dwg	Maßstab: 1:1.000	Anlage: 19	Datum: 16.10.2020	Bearbeiter: fia