

Hydraulischer Bereich 16 Rath / Derendorf

Ergebnisbericht zum Pumpversuch an der tertiären GWM 18665
im Bereich des Frigen-Schadens Am Gatherhof 41

Auftraggeber: Umweltamt Düsseldorf, Brinckmannstraße 7, 40225 Düsseldorf

Auftragnehmer: BFM Umwelt GmbH, Germaniastraße 21, 40223 Düsseldorf

Projekt-Nr.: P160802-02

Berichts-Nr.: B160802-02-27-2B_barrierefrei

Seitenzahl: 29 Seiten

Anlagenzahl: 5 Anlagen

Düsseldorf, den 13.09.2019

J. Weindl

i.A. Dr. M. Wolf

Sachverständiger nach §18 BBodSchG
Sachgebiete 2 und 5

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkungen.....	3
2	Literatur und verwendete Unterlagen	5
3	Grundlagen	6
3.1	Relevante Parameterübersicht	6
3.2	Schadstoffverteilung	7
3.3	Messstellendaten.....	11
4	Durchführung	12
4.1	technische Anpassung.....	12
4.2	Förderraten und Förderdauer	13
4.2.1	Hydraulisches Monitoring	14
4.2.2	Chemisches Monitoring	14
4.2.3	Unterweisung Beteiligter	14
5	Ergebnisdarstellung und -interpretation.....	16
5.1	Ergebnisse des chemischen Monitorings.....	16
5.1.1	LHKW-Konzentrationsverläufe	16
5.1.2	LHKW-Spektrum	17
5.1.3	BTEX-Konzentrationsverläufe	18
5.1.4	Eisen- und Mangan-Konzentrationsverläufe.....	18
5.2	Ergebnisse des hydraulischen Monitorings (Datenlogger)	19
5.3	Darstellung der Anlagendurchläufe	22
5.3.1	LHKW-Konzentrationen im Prozesswasser	22
5.3.2	LHKW-Konzentrationen in der Prozessluft	23
5.3.3	Frachtentwicklung	25
6	Zusammenfassende Bewertung.....	26
7	Anlagen.....	29

1 Vorbemerkungen

Im Hydraulischen Bereich HB 16 liegen im Nordteil des Grundstücks Am Gatherhof 41 in den Kompartimenten Boden und Grundwasser erhebliche Belastungen mit Trichlorfluormethan (Frigen R11, im Folgenden als Frigen bezeichnet) vor. Sowohl im quartären als auch im tertiären Aquifer ist das Grundwasser mit Frigen beaufschlagt.

Die BFM Umwelt GmbH Beratung-Forschung-Management (BFM) wurde am 11.08.2017 vom Umweltamt der Stadt Düsseldorf (UAD) mit der Erarbeitung eines Sanierungsvariantenscans für den Frigen-Schaden im Bereich des Eintragsgrundstücks Gatherhof 41 beauftragt, der in Berichtsform am 01.02.2018 dem UAD vorgelegt wurde (B160802-17-2B, /1/). Dabei sollten, die über die derzeit laufende Pump-and-Treat Maßnahme hinausgehenden, technischen Möglichkeiten einer Sanierung des tiefliegenden Frigen-Schadens dargestellt und bewertet werden.

Grundsätzlich wurde im Sanierungsvariantenscan /1/ lediglich eine Intensivierung der hydraulischen Sanierung durch zusätzliche Tertiärbrunnen für zielführend befunden.

Im Frigenschadensbereich gibt es bisher nur geringe Kenntnisse hinsichtlich der hydrogeologischen Verhältnisse sowie der Schadstoffsituation im Tertiär. Auch die Auswirkungen einer Einmischung von Wasser aus dem tertiären Grundwasserleiter auf die Grundwasseraufbereitungsanlage kann nicht abschließend abgeschätzt werden. Daher wurde auf Basis der Ergebnisse des Sanierungsvariantenscans beschlossen, am Frigenschaden eine Grundwassermessstelle bis in den oberen tertiären Aquifer auszubauen, der in Zukunft auch als Entnahmebrunnen zur Erweiterung der hydraulischen Sanierung genutzt werden könnte. Es wurde darüber hinaus vereinbart, einen Pumpversuch an der neu errichteten Tertiärmessstelle durchzuführen.

Ziele des Pumpversuchs sollten sein, Grundlagenerkenntnisse über die kurzfristige Schadstoffentwicklung und die Ergiebigkeit des Brunnens während des Abpumpens im tertiären Aquifer zu erlangen sowie die hydraulischen Kenndaten des Tertiärs am Frigen-Schaden zu ermitteln.

Für den Pumpversuch sollte zur Reinigung des anfallenden Förderwassers die bestehende und für das Schadstoffspektrum geeignete Grundwassersanierungsanlage am Standort genutzt werden.

Mit der Bestellung Nr. LG500081808 vom 26.07.2018 wurde die BFM GmbH (BFM) vom Umweltamt der Stadt Düsseldorf (UAD) mit der Planung, Koordinierung und Auswertung des Pumpversuchs im tertiären Grundwasserleiter am Frigen-Schaden beauftragt.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse des durchgeführten Pumpversuchs.

2 Literatur und verwendete Unterlagen

- /1/ BFM GmbH: „Hydraulischer Bereich HB 16 Rath/Derendorf Gatherhof 41 Frigen-Schaden, Variantenscan Sanierung“, B160802-02-17-2B; Düsseldorf; 01.02.2018
- /2/ Hydraulischer Bereich HB 16: „Projektdatenbank.“
- /3/ ahu AG Wasser Boden Geomatik: „HB16: Auswertung der Direct-Push-Untersuchungen auf dem Gelände PAGUAG“; Aachen, 17.01.2007
- /4/ Fugro Consult GmbH: „Kurzbericht Auswertung der Direct-Push-Untersuchungen auf dem Gelände C.F.Gomma (April 2008)“; Aachen, 05.05.2008
- /5/ Fugro Consult GmbH: „Bericht Auswertung der Direct-Push- und MIP-Untersuchungen auf dem Gelände Am Gatherhof 41 (Nov./Dez. 2008)“; Aachen, 28.01.2009
- /6/ BFM Umwelt GmbH: „Hydraulischer Bereich HB 16 Rath/Derendorf Gatherhof 41 Sachstandsbericht 2018 Teilbereich Am Gatherhof 41“, B160802-02-05-3A; Düsseldorf; 15.03.2019
- /7/ Reducta GmbH, Beratende Ingenieure: „B-Plan 5781/038 Nördlich Westfalenstraße“. Ergänzende Detailuntersuchung Frigen-Schaden Gebäude R“. Düsseldorf, 02.09.2016
- /8/ BFM Umwelt GmbH: „Hydraulischer Bereich HB 16 Rath/Derendorf Konzept zum Pumpversuch an der tertiären GWM 18665 im Bereich des Frigen-Schadens Am Gatherhof 41“, B160802-02-27-1A; Düsseldorf; 04.09.2018
- /9/ BFM Umwelt GmbH: „Hydraulischer Bereich 55 Eller / Bilk; Erlebnisbericht zum Pumpversuch an der tertiären Grundwassermessstelle 14563T am Rangierbahnhof Eller.“ Bericht Nr. B0001-02-11-4A; Düsseldorf; 19.07.2017.

3 Grundlagen

3.1 Relevante Parameterübersicht

Im Umgriff der zur FA 2017 auskartierten Frigenbelastung befand sich bisher keine Grundwassermessstelle, die den tertiären Aquifer erschließt. Eine Charakterisierung des allgemeinen Grundwasserchemismus im Tertiär konnte nur durch Einzelmessungen an den im weiteren Umfeld befindlichen tertiären Messstellen GWM 15674 im Abstrom (ca. 145 m westlich) und GWM 18220 im Seitenstrom (ca. 80 m nordwestlich) beschrieben werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass zum einen nur wenige Analysen vorliegen und zum anderen diese z.T. mehrere Jahre alt sind. Weiterhin liegen für die neu errichtete GWM 18665 (Pumpversuchsbrunnen) Ergebnisse der Vollanalyse vor. Die nachfolgende Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 zeigen die hydrochemischen Parameter für den tertiären Aquifer.

Tabelle 3-1: Vor Ort-Parameter und LHKW-Gehalte im tertiären Aquifer auf dem Gelände Am Gatherhof 41

Parameter	GWM 18665	GWM 15674	GWM 18220	GWM 18598
PN-Datum	14.12.2018	09.10.2018	21.08.2018	31.07.2018
pH-Wert	6,8	7,3	7,1	7,4
Sauerstoff in mg/l	0,5	0,2	0,6	0,1
Redoxspannung in mV	110	-20	325	70
Frigen 11 in µg/l	310.000	< BG	< BG	< BG
LHKW gesamt in µg/l	310.564	< BG	3,6	0,8

Tabelle 3-2: Chemismus im tertiären Aquifer auf dem Gelände Am Gatherhof 41

Parameter	GWM 18665
PN-Datum	14.12.2018
Eisen in mg/l	3,8
Mangan in mg/l	0,24
Sulfat in mg/l	32
Nitrat in mg/l	2,6
Ammonium in mg/l	< BG
Magnesium in mg/l	10
Calcium in mg/l	70
Kalium in mg/l	2,6
Natrium in mg/l	18

3.2 Schadstoffverteilung

Die Beschreibung der Schadstoffsituation in der gesättigten Zone erfolgt auf Basis von Ergebnissen aus Direct-Push- (DP) und MIP-Sondierungen (/1/, /3/, /4/, /5/) sowie von regelmäßig stattfindenden Grundwasserbeprobungen /2/. In Anlage 1 ist eine schematische Darstellung der Ergebnisse der DP- und MIP-Sondierungen sowie der Grundwasserbeprobungen dargestellt. Außerdem findet sich in /1/ ein Querschnitt mit den Ergebnissen aus Boden- und Grundwasseruntersuchungen.

Direkt-Push-Sondierungen aus den Jahren 2006 /3/ und 2008 /4/ zeigten in der gesättigten Bodenzone ab einer Tiefe von 7 – 8 m u. GOK bereits erhebliche Gehalte an Frigen an (bis 9.800 µg/l; DP 06-08). Mit zunehmender Tiefe stiegen die Frigen-Konzentrationen weiter an und erreichten in einer Tiefe von 20 – 21 m u. GOK mit 1.300.000 µg/l ihr Maximum (DP 06-08). Eine Tiefenabgrenzung der Belastung in der gesättigten Bodenzone konnte mit den DP-Sondierungen nicht getroffen werden.

Aus den beiden im Profil A – A' liegenden MIP-Sondierungen (Anlage 1, /1/) ist lediglich eine quantitative Abschätzung der Frigen-Gehalte möglich. Hier wurden bis zu einer Tiefe von 13 – 14 m u. GOK Konzentrationen < 100 µg/l detektiert (MIP 19). Bis zu einer Tiefe von 19 – 20 m u. GOK wurden Konzentrationen > 5.000 µg/l detektiert (MIP 19), welche bis zu einer Tiefe von 24 – 25 m u. GOK auf < 1.000 µg/l abnahmen (MIP 19). Eine Tiefenabgrenzung des Frigen-Schadens in der gesättigten

Bodenzone konnte mit den Ergebnissen der MIP-Sondierungen ebenfalls nicht getroffen werden.

In Anlage 1 ist für die Grundwassermessstellen die Schadstoffbelastung entlang der jeweiligen Filterstrecke dargestellt. Der Sanierungsbrunnen 15238 ist von 2 – 18 m u. GOK verfiltert (Quartär bis oberes Tertiär). Im Brunnen konnten im Jahr 2018 Frigen-Konzentrationen zwischen 420 – 470 µg/l ermittelt werden. In der im Quartär ausgebauten Grundwassermessstelle (GWM) 15710 konnten im Jahr 2018 maximal 2,3 µg/l Frigen analysiert werden. Die höchsten Frigen-Gehalte zeigte im Jahr 2018 die GWM 15711 mit 1.400 – 1.700 µg/l. Die GWM 15711 ist gemäß Ausbauplan von 14 – 20 m u. GOK verfiltert, das Tertiär beginnt hier gemäß Schichtenverzeichnis bei 18,8 m u. GOK, sodass diese GWM sowohl im unteren Quartär als auch im oberen Tertiär verfiltert ist.

An der Fahnen Spitze befindet sich der Sanierungsbrunnen 15237. Der SB 15237 ist bis zu einer Tiefe von 22 m u. GOK vollkommen im Quartär verfiltert. Im Jahr 2018 konnten Frigen-Konzentrationen zwischen 5,5 – 28 µg/l ermittelt werden.

Die Schadstofffahne des Frigen-Schadens erstreckte sich zur Fahnenaufnahme 2018 auf einer Länge von ca. 250 m und einer maximalen Breite von ca. 15 m (Isokonze > 20 µg/l). Die Fläche der Verunreinigungsfahne > 20 µg/l beträgt in etwa 2.200 m² (Abbildung 3-1).

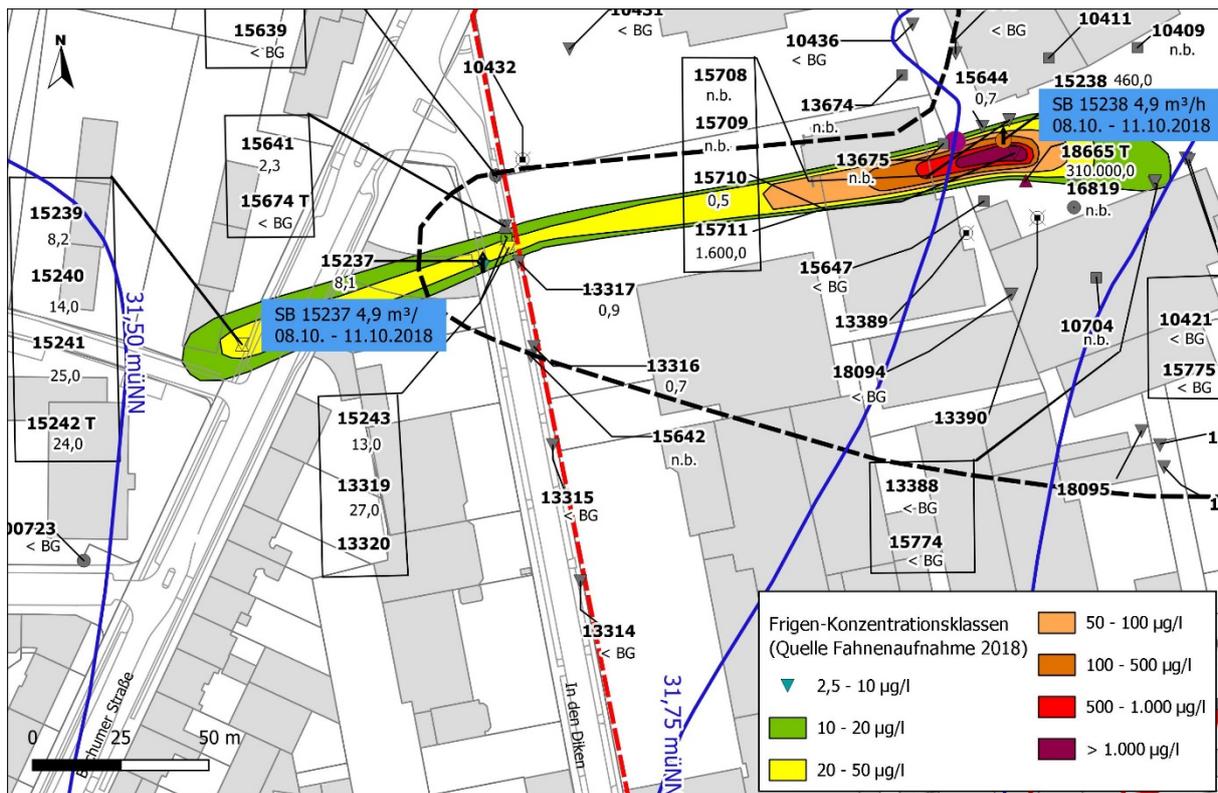


Abbildung 3-1: Ausbreitung der Frigen-Fahne zur Fahnenaufnahme 2018 aus /6/

Zur vertikalen und horizontalen Abgrenzung des Frigen-Schadens wurden durch die ANONYM aus Düsseldorf (ANONYM) in den Jahren 2016 /7/ und 2017 insgesamt 11 Inlinerbohrungen (max. Endteufe: 30 m u. GOK) niedergebracht. Zusätzlich wurden im November 2017 durch die ANONYM aus Neuss zwei Kleinrammbohrungen bis zu einer Endteufe von 17 m u. GOK niedergebracht /1/.

Aus den Bohrungen aus den Jahren 2016 und 2017 kann die Schadstoffsituation in der ungesättigten Bodenzone wie folgt skizziert werden:

Bis zur Grenze Quartär/Tertiär (14 – 15,5 m u. GOK) fanden sich im Boden nur geringe Anteile an Frigen. Maximal wurden 5,9 mg/kg Frigen bis zu einer Tiefe von 2 m u. GOK detektiert (ILB 16.3).

Ab dem Übergang des Quartärs zum Tertiär nahmen die Frigen-Gehalte zu und erreichten in einer Tiefe von 16 – 17 m u. GOK ihre Maximalkonzentration von 180 mg/kg (ILB 16.2). Mit fortschreitender Tiefe nahmen die Gehalte wieder ab. Ab ca. 22 m u. GOK wurden noch Konzentrationen von < BG bis 1,9 mg/kg analysiert.

In Abbildung 3-2 ist in einem Schnitt die Schadstoffverteilung dargestellt.

ILB 16.1		RKS 17.4		GWM 18665		RKS 16.2		ILB 16.2		ILB 16.3	
0-1m	0 mg/kg	0-1m	0 mg/kg	0-1m	16 mg/kg	0-1m	0,7 mg/kg	0-1m	0 mg/kg	0-1m	0,3 mg/kg
1-2m	0 mg/kg	1-2m	0,1 mg/kg	1-2m	1,0 mg/kg	1-2m	0,6 mg/kg	1-2m	0 mg/kg	1-2m	5,9 mg/kg
2-3m	0 mg/kg	2-3m	0 mg/kg	2-3m	0,4 mg/kg	2-3m	0 mg/kg	2-3m	0 mg/kg	2-3m	0 mg/kg
3-4m	0 mg/kg	3-4m	0 mg/kg	3-4m	0,1 mg/kg	3-4m	0 mg/kg	3-4m	0 mg/kg	3-4m	0 mg/kg
4-5m	0 mg/kg	4-5m	0 mg/kg	4-5m	0 mg/kg	4-5m	0 mg/kg	4-5m	0 mg/kg	4-5m	0 mg/kg
5-6m	0 mg/kg	5-6m	0 mg/kg	5-6m	0 mg/kg	5-6m	0 mg/kg	5-6m	0 mg/kg	5-6m	0 mg/kg
6-7m	0 mg/kg	6-7m	0 mg/kg	6-7m	0 mg/kg	6-7m	0 mg/kg	6-7m	0 mg/kg	6-7m	0 mg/kg
7-8m	0 mg/kg	7-8m	0 mg/kg	7-8m	0 mg/kg	7-8m	0 mg/kg	7-8m	0 mg/kg	7-8m	0 mg/kg
8-9m	0 mg/kg	8-9m	0 mg/kg	8-9m	0 mg/kg	8-9m	0 mg/kg	8-9m	0 mg/kg	8-9m	0 mg/kg
9-10m	0 mg/kg	9-10m	0 mg/kg	9-10m	0 mg/kg	9-10m	0 mg/kg	9-10m	0 mg/kg	9-10m	0 mg/kg
10-11m	0 mg/kg	10-11m	0 mg/kg	10-11m	0 mg/kg	10-11m	0 mg/kg	10-11m	0 mg/kg	10-11m	0 mg/kg
11-12m	0 mg/kg	11-12m	0 mg/kg	11-12m	0 mg/kg	11-12m	0 mg/kg	11-12m	0 mg/kg	11-12m	0 mg/kg
12-13m	0 mg/kg	12-13m	0 mg/kg	12-13m	0 mg/kg	12-13m	0 mg/kg	12-13m	0 mg/kg	12-13m	0 mg/kg
13-14m	0 mg/kg	13-14m	0 mg/kg	13-14m	10 mg/kg	13-14m	0 mg/kg	13-14m	0,1 mg/kg	13-14m	0 mg/kg
14-15m	89 mg/kg	14-15m	34 mg/kg	14-15m	59 mg/kg	14-15m	96 mg/kg	14-15m	58 mg/kg	14-15m	0 mg/kg
15-16m	70 mg/kg	15-16m	3,8 mg/kg	15-16m	5,8 mg/kg	15-16m	120 mg/kg	15-16m	130 mg/kg	15-16m	0 mg/kg
16-17m	19 mg/kg	16-17m	40 mg/kg	16-17m	14 mg/kg	16-17m	160 mg/kg	16-17m	180 mg/kg	16-17m	0 mg/kg
17-18m	6 mg/kg			17-18m	7,0 mg/kg			17-18m	171 mg/kg	17-18m	0 mg/kg
18-19m	0,4 mg/kg			18-19m	2,7 mg/kg			18-19m	160 mg/kg	18-19m	0 mg/kg
19-20m	0 mg/kg			19-20m	2,0 mg/kg			19-20m	34 mg/kg	19-20m	0 mg/kg
20-21m	0 mg/kg			20-21m	0 mg/kg			20-21m	1,2 mg/kg	20-21m	0 mg/kg
21-22m	0 mg/kg			21-22m	0 mg/kg			21-22m	7,6 mg/kg	21-22m	0 mg/kg
22-23m	0 mg/kg							22-23m	0 mg/kg	22-23m	0 mg/kg
23-24m	0 mg/kg							23-24m	1,9 mg/kg	23-24m	0 mg/kg
24-25m	0 mg/kg							24-25m	1,1 mg/kg	24-25m	0 mg/kg
								25-26m	0 mg/kg	25-26m	0 mg/kg

mg/kg	< 1
	1-10
	> 10

Quartär
Tertiär

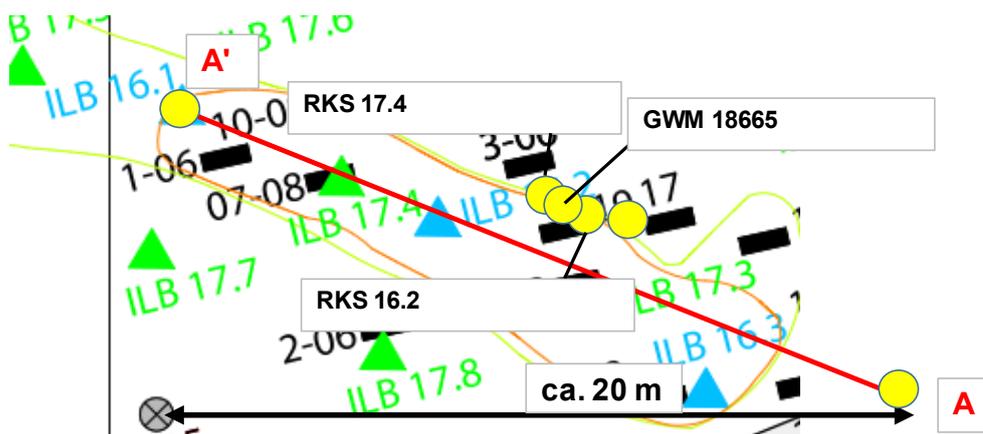


Abbildung 3-2: Schematische Darstellung der Schadstoffverteilung im Boden.

Im Zuge des Messstellenbaus der GWM 18665 wurden ebenfalls Bodenproben entnommen und auf LHKW analysiert. Der höchste LHKW-Gehalt wurde mit 59 mg/kg in einer Tiefe von 14,65 – 15 m u. GOK ermittelt. In den tiefer liegenden Schichten nahmen die LHKW-Gehalte rasch ab.

3.3 Messstellendaten

Die für den Pumpversuch relevante Grundwassermessstelle 18665 wurde im Juli/August 2018 durch die ANONYM neu errichtet und im oberen Tertiär verfiltert. Die Messstelle befindet sich auf dem Grundstück Am Gatherhof 41 auf der Freifläche nördlich von Gebäude R.

Das Schichtenverzeichnis sowie der Ausbauplan Messstelle 18665 ist diesem Bericht als Anlage 3 beigefügt. Die Endteufe der Bohrung befindet sich bei 22 m unter Geländeoberkante (u. GOK). Das Tertiär wurde in einer Höhe von 13,7 m u. GOK angetroffen. Die GWM ist in einer Tiefe von 14,5 bis 19,5 m u. GOK verfiltert und umfasst somit den oberen tertiären Grundwasserleiter.

In Tabelle 3-3 sind die Basisdaten für die GWM 18665 zusammengefasst.

Tabelle 3-3: Basisdaten der GWM 18665

Parameter	18665
Rechtswert	32347545,27
Hochwert	5681508,81
Pegeloberkante in müNN	37,91
Geländeoberkante in müNN	38,78
Durchmesser	6"
Ausbaumaterial	PE-Voll und Filterrohr, Edelstahl Filtergewebe
Pegelabschluss	Unterflur Ausbau mit Sebakappe und Straßendeckel
Bohrsohlhöhe in muGOK	ca. 22 muGOK
Bohrsohlhöhe in müNN	16,78
Filterstrecke (Filterrohr) in muGOK	ca. 14 muGOK
Filterstrecke (Filterrohr) in müNN	24,78

4 Durchführung

4.1 technische Anpassung

Der Pumpversuch wurde als Immission-Pumpversuch ausgelegt, welcher auch Daten zu hydraulischen Eigenschaften des Aquifers liefern sollte. Eine Reinigung des geförderten Wassers war erforderlich, da das Grundwasser der betroffenen GWM hohe LHKW-Gehalte (Frigen) aufweist (vgl. Tabelle 3-1).

Für den Pumpversuch wurde eine Pumpe mit einer Entnahmerate zwischen 0,5 m³/h und 5 m³/h verwendet. Während des Pumpversuchs stellte sich jedoch heraus, dass nur eine Förderrate von 0,23 m³/h realisierbar war.

Tabelle 4-1: Angaben zur technischen Ausführung des Pumpversuchs

Technische Einheit	Angaben zu Ausführung
Pumpentyp zu gewährleistender Fördermenge	0,5 m ³ /h – 5 m ³ /h
Einhängtiefe	15 – 16 m u. GOK
Abreinigung Förderwasser	über bestehende GWSA "Am Gatherhof 41 Frigen" Alternativ mobile Reinigungsanlage gem. RV Großbohrungen
Dimensionierung Abreinigungstechnik	entfällt, da Anlage bereits vorhanden
Ableitmöglichkeiten	über Kanaleinleitung der bestehenden Anlage

Die Wasseraufbereitung erfolgte über die schon am Standort befindliche Grundwassersanierungsanlage. Hierzu wurden noch Anpassungsarbeiten mit dem derzeitigen Anlagenbetreiber ANONYM abgestimmt und umgesetzt.

Zwischen Brunnen 18665 und der Anlage wurde eine fliegende Leitung für die Stromversorgung der Pumpe verlegt. Alle oberirdischen Leitungen wurden durch Baken und Bauzäune vor dem Überfahren durch Baustellenverkehr gesichert.

Das geförderte Wasser der Tertiärmessstelle 18665 wurde mittels eines Schlauchs oberirdisch zur Brunnenstube des SB 15238 geleitet und dort an die bestehende

Rohrverbindung des SB 15238 angebunden. Durch die bestehende Rohrleitung wurde das Mischwasser beider Brunnen direkt der Sanierungsanlage Frigen zugeführt. Um eine separate Probenahme beider Brunnen zu gewährleisten, wurde temporär eine Zapfstelle an der Rohrleitung des SB 15238 vor der Schnittstelle mit dem Schlauch des 18665 installiert. Für die Probenahme am 18665 wurde eine Zapfvorrichtung direkt am Schlauch angebracht.

Das Mischwasser der Brunnen 15238 und 18665 wurde zusammen mit dem geförderten Wasser des SB 15237 der einstufigen Strippung zugeführt. Die Prozessluft wurde nach der Strippung über eine zweistufige Luftaktivkohlekolonne gereinigt. Das Prozesswasser wurde nach der Strippung zusätzlich über eine einstufige Nassaktivkohle gereinigt und in die bestehende Kanalisation abgeschlagen.

Die Einleitgrenzwerte für das gereinigte Förderwasser sind von der Fachbehörde vorgegeben oder als projektinterne Grenzwerte festgelegt. Für die Summe LHKW gilt die Einleitgrenze von 10 µg/l, angestrebt wird eine komplette Entfernung der Schadstoffe.

Alle Maßnahmen wurden in Abstimmung mit dem UAD und dem beauftragten Gutachter BFM durchgeführt.

4.2 Förderraten und Förderdauer

Der Pumpversuch an der Tertiärmessstelle 18665 wurde in der Zeit vom 21.01.2019 bis einschließlich 05.02.2019 durchgeführt.

Wie im BFM-Bericht B160802-02-17-2A /1/ bereits beschrieben, existieren für den tertiären Aquifer am Untersuchungsstandort derzeit keine detaillierten Kenntnisse über grundlegende hydraulische Parameter. Im Zuge der Brunnenbauarbeiten wurde an Sedimentproben die Korngrößenverteilung für die Quartärbasis sowie für das obere Tertiär bestimmt. Hieraus ergaben sich für das Quartär k_f -Werte von $6,0 \times 10^{-4}$ m/s sowie für das obere Tertiär $4,8 \times 10^{-5}$ m/s.

Die maximale Förderrate im Tertiär wurde auf Basis der o.g. kf-Werte auf ca. 0,5 m³/h festgelegt. Die tatsächliche Förderrate der GWM 18665 wurde über einen MID erfasst und durch den Anlagenbetreiber notiert. Sie betrug im Durchschnitt 0,23 m³/h.

4.2.1 Hydraulisches Monitoring

Um die Aus- und Rückbildung des Entnahmetrichters während des Pumpversuchs in der Umgebung der GWM 18665 auswerten zu können, wurde der Grundwasserstand in ausgewählten GWM (vgl. Tabelle 4-2) mit Datenloggern erfasst.

Tabelle 4-2: Zusammenfassung hydraulisches Monitoring

GWM	Ausbau	Zweck	Messintervall
18665	6"	Pumpversuchsmessstelle	1 Minute
10402		Zustrom Pumpversuch	30 Minuten
15647	2"	Abstrom Pumpversuch	5 Minuten

4.2.2 Chemisches Monitoring

Begleitend zum Pumpversuch wurde ein chemisches Monitoring an den unten aufgeführten GWM durchgeführt. Untersuchungsparameter waren jeweils LHKW (inkl. Frigen 11), Eisen, Mangan und BTEX.

- Pumpversuchsmessstelle 18665
- Sanierungsbrunnen: 15237 + 15238

Das chemische Monitoringkonzept für den Kurzpumpversuch ist in Anlage 4 dargestellt.

4.2.3 Unterweisung Beteiligter

Zu Beginn des Pumpversuchs wurde durch die BFM in Abstimmung mit dem UAD eine Einweisung der am Pumpversuch beteiligten Personen vorgenommen. Hierbei wurde insbesondere auf die folgenden Punkte eingegangen:

- Der Pumpversuch wurde auf einer in Betrieb befindlichen Baustelle durchgeführt. Im Vorlauf zur Maßnahme wurden der Bauträger und der Eigentümer informiert. Das Gelände ist eben. Alle Zuwegungen sind asphaltiert oder gepflastert. Die Bebauung besteht teilweise aus Neubauten oder zum Rückbau anstehenden ehemaligen Werkshallen. Besonderes

Augenmerk beim Auf- und Abbau sowie dem Betrieb des Pumpversuchs war auf den Baustellenverkehr zu richten. Werkshallen durften nicht betreten werden. Mindestens 24 Stunden vor Beginn jeglicher Maßnahmen war eine schriftliche Anmeldung beim Bauträger einzureichen. Nur vorher angemeldete Personen durften das Gelände betreten.

- Einweisung der Probenehmer in die Lokalität, insbesondere in die zu beprobenden Zapfstellen und das durchzuführende chemische Monitoring gemäß Anlage 4.

5 Ergebnisdarstellung und -interpretation

5.1 Ergebnisse des chemischen Monitorings

5.1.1 LHKW-Konzentrationsverläufe

Die Abbildung 5-1 zeigt den Konzentrationsverlauf für LHKW im Verlauf des Pumpversuchs an GWM 18665, SB 15237 und SB 15238. Zu Beginn des Pumpversuchs wurde in GWM 18665 ein LHKW-Gehalt von 170.202 µg/l ermittelt, welcher im bekannten Bereich der bisherigen Analysen liegt. Während des Pumpversuchs zeigte sich ein rückläufiges Konzentrationsniveau, welches zum Ende des Pumpversuchs zwischen 30.000 – 40.000 µg/l stagnierte. Einen Monat nach Beendigung des Pumpversuchs zeigte sich ein Anstieg der LHKW-Konzentration auf 61.141 µg/l.

Aus Abbildung 5-1 ist zu ersehen, dass in SB 15238 zu Beginn des Pumpversuchs ein LHKW-Gehalt von 2.503 µg/l ermittelt wurde. Dieser liegt oberhalb des bekannten Schwankungsbereiches in diesem Brunnen. Da die erste Probe des SB 15238 noch aus der Zapfvorrichtung an der Sanierungsanlage entnommen wurde und nicht an der für den Pumpversuch installierten Zapfvorrichtung an der Rohrleitung (am Brunnenkopf) des SB 15238, ist hier nicht auszuschließen, dass bei der ersten Probenahme Mischwasser aus der GWM 18665 und dem SB 15238 entnommen wurde. Im weiteren Verlauf des Pumpversuchs zeigten sich an SB 15238 rückläufige Konzentrationen bis 191 µg/l. Einen Monat nach Beendigung des Pumpversuchs wurde im SB 15238 wieder ein höherer LHKW-Gehalt von 371 µg/l ermittelt.

Für den SB 15237 wurden zu Beginn des Pumpversuchs mit 5,1 µg/l LHKW-Konzentrationen auf dem bekannten Niveau ermittelt. Im Verlauf des Pumpversuchs zeigten sich keine Änderungen des Konzentrationsniveaus (Abbildung 5-1).

Die Ergebnisse des chemischen Monitorings zeigten, dass, wie auch schon vermutet, die Hauptbelastung des Frigen-Schadens an der Basis des Quartärs und im oberen Tertiär liegt. Die LHKW-Gehalte in GWM 18665 nehmen zu Beginn des Pumpversuchs stark ab und stagnieren zum Ende des Pumpversuchs. Die Konzentrationen in SB 15238 nehmen ebenfalls zunächst ab, um sich im Laufe des

Pumpversuchs auf einem erniedrigten Niveau zu stabilisieren. Es ist davon auszugehen, dass durch die Entspannung des tertiären Grundwassers im Laufe des Pumpversuchs nur mehr in geringerem Umfang Schadstoffe aus dem Tertiär dem Brunnen 15238 zufließen.

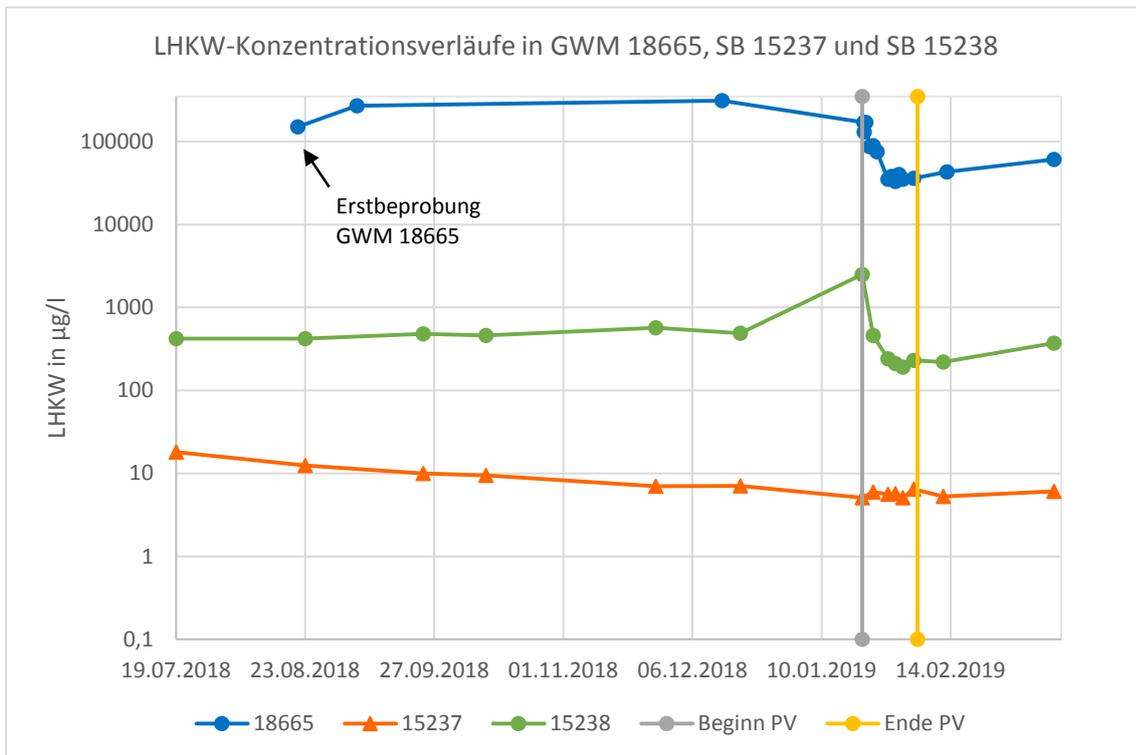


Abbildung 5-1: LHKW-Konzentrationsverläufe in GWM 18665, SB 15237 und SB 15238 während des Pumpversuchs in GWM 18665.

5.1.2 LHKW-Spektrum

In GWM 18665 wurde im LHKW-Spektrum mit 99,8 % als Hauptbestandteil Frigen ermittelt. Mit max. 530 µg/l werden aber auch nicht unerhebliche Konzentrationen an Trichlorethen (TRI) im Förderwasser gemessen. Weiterer Nebenbestandteil ist mit max. 34 µg/l Tetrachlorethen (PER).

Im SB 15238 wurde neben Frigen als Hauptbestandteil (> 99 %), auch TRI, PER und TRICLE111 (1,1,1-Trichlorethan) mit Werten jeweils unter 1 µg/l ermittelt.

Das LHKW-Spektrum im SB 15237 setzt sich neben Frigen aus PER, TRI und CISDI (Cis-Dichlorethen) zusammen.

5.1.3 BTEX-Konzentrationsverläufe

Im Rahmen der Vollanalyse im Dezember 2018 an GWM 18665 wurden BTEX-Gehalte von 87,7 µg/l festgestellt, woraufhin dieser Parameter auch im Zuge des Pumpversuchs mit analysiert werden sollte. Die BTEX wurden das erste mal zwei Tage nach Start des Pumpversuchs analysiert und wiesen einen Gehalt von 25 µg/l auf, im Verlauf des Pumpversuchs zeigten sich für die BTEX rückläufige Konzentrationen bis auf 10,7 µg/l.

In den Brunnen SB 15237 und SB 15238 wurden während des Pumpversuchs zu keiner Zeit BTEX festgestellt.

5.1.4 Eisen- und Mangan-Konzentrationsverläufe

Für den Fall, dass die GWM 18665 dauerhaft als Sanierungsbrunnen an die bestehende Grundwassersanierungsanlage Frigen angeschlossen werden soll, wurden im Rahmen des Pumpversuchs auch die Eisen- und Mangan-Gehalte analysiert.

Die Eisen-Gehalte lagen im Förderwasser der GWM 18665 zu Beginn des Pumpversuchs bei 5,8 mg/l. Im Verlauf des Pumpversuchs sanken die Eisen-Konzentrationen auf 0,7 mg/l ab. Die Mangan-Gehalte lagen im Förderwasser der GWM 18665 zu Beginn des Pumpversuchs bei 0,14 mg/l und reduzierten sich bis zum Ende des Pumpversuchs auf 0,059 mg/l.

Die Eisen-Gehalte liegen im Förderwasser der Brunnen SB 15237 und SB 15238 mit max. 0,014 mg/l bzw. 0,21 mg/l deutlich niedriger als in GWM 18665. Im Förderwasser von SB 15237 wurden zu keinem Zeitpunkt Mangan-Gehalte oberhalb der Bestimmungsgrenze ermittelt. Im Förderwasser des SB 15238 wurden bisher Mangan-Konzentrationen von max. 0,025 mg/l festgestellt.

Aufgrund der analysierten Eisen- und Mangan-Konzentrationen in GWM 18665 ist eine Verockerungsproblematik der Pumpe bei einer kontinuierlichen Förderung aus GWM 18665 als Sanierungsbrunnen als gering einzuschätzen.

5.2 Ergebnisse des hydraulischen Monitorings (Datenlogger)

Die hydraulischen Aufzeichnungen der Grundwasserstände in der Pumpversuchsmessstelle 18665 sowie an den vom Pumpversuch unbeeinflussten Messstellen GWM 10404 und 15647 zeigten, dass für den Versuchszeitraum generell leicht sinkende Grundwasserstände vorlagen (Abbildung 5-2, Abbildung 5-3). In den GWM 10404 und 15647 sanken die Grundwasserstände im Verlauf des PVs um ca. 2 cm.

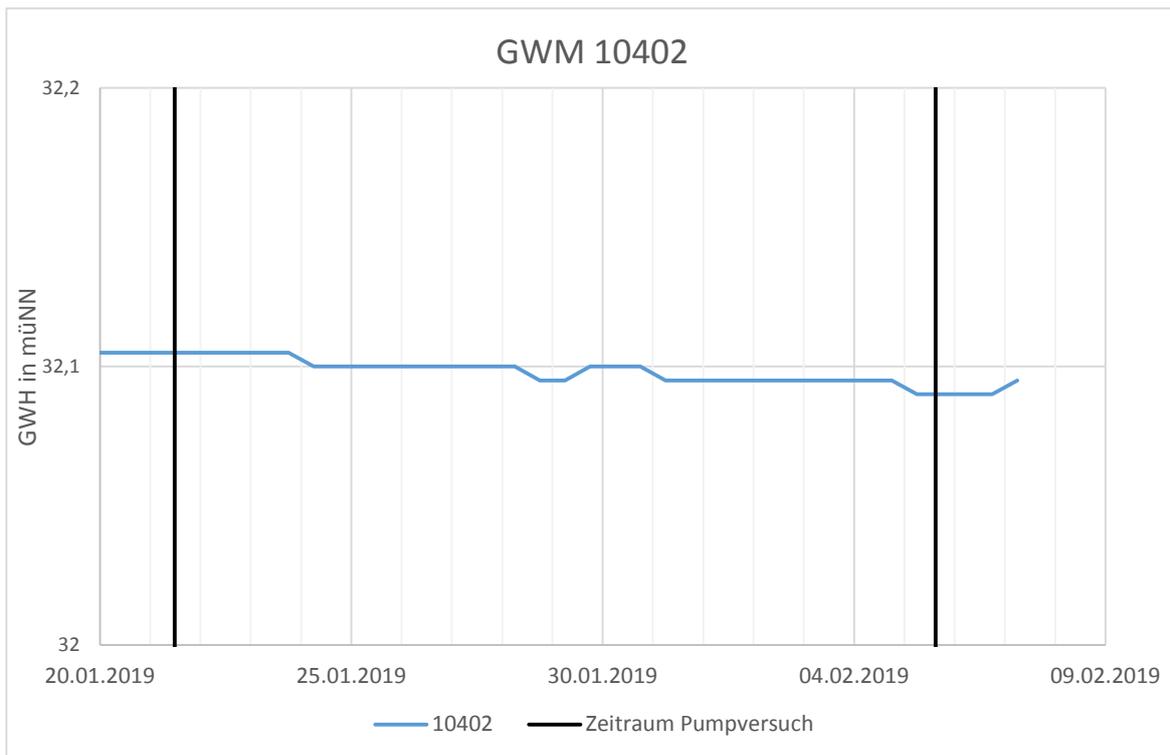


Abbildung 5-2: Grundwasserstände während des Pumpversuchs in der Zustrommessstelle 10402

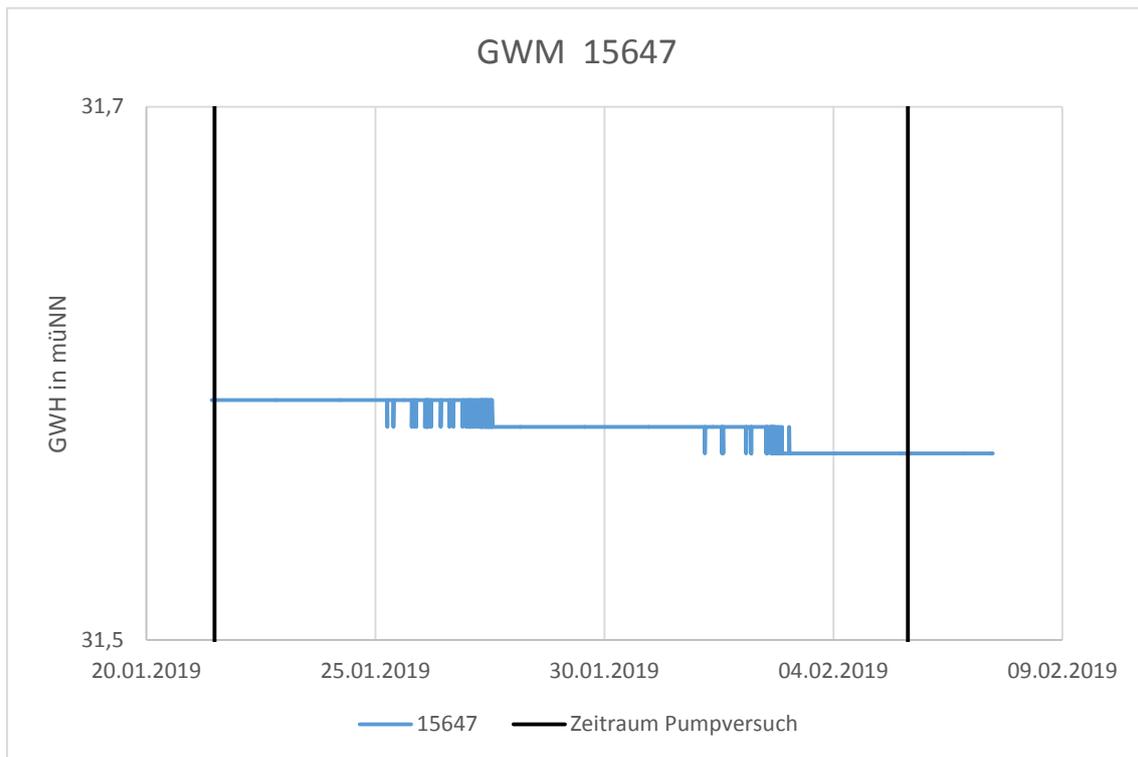


Abbildung 5-3: Grundwasserstände während des Pumpversuchs in der Abstrommessstelle 15647

Anzumerken ist hier, dass, im Gegensatz zur im tertiär verfilterten Pumpversuchsmessstelle, beide GWM im quartären Aquifer verfiltert sind. Direkte Rückschlüsse auf die Hydraulik im Tertiär, während des Pumpversuchs können auf Basis dieser Daten nicht getroffen werden.

Der Grundwasserstand in der Pumpversuchsmessstelle 18665 zeigt eine deutlich stärkere Absenkung als der Grundwasserstand in den Referenzmessstellen. Die Absenkung lag am Ende des Pumpversuchs bei ca. 90 cm (Abbildung 5-4). Eine weitere Erhöhung der Pumpleistung und damit tiefere Absenkung des Grundwassers war mit der eingesetzten Pumpe nicht möglich.

Die Absenkung erfolgte, wie auch schon aus anderen Pumpversuchen im Tertiär aus dem Stadtgebiet bekannt /9/, relativ schnell und stagniert im weiteren Verlauf des Pumpversuchs zunächst. Ab Mitte des Versuchs ist festzustellen, dass der Grundwasserstand weiter sinkt, ohne dass ein vergleichbarer Effekt in den Referenzmessstellen zu beobachten ist, was zunächst unplausibel ist. Eine Drift des

Datenlogger kann ausgeschlossen werden, da der Wiederanstieg vollständig und plausibel ist.

Mögliche Ursachen für das Wiedereinsetzen der Absenkung können sein:

- Erhöhung der Pumpenleistung bzw. Fördermenge: hierfür liegen keine Hinweise vor.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit partieller Stockwerkstrennung zwischen Quartär und Tertiär.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit geringerer Durchlässigkeit im Tertiär.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit geringerer Tertiärmächtigkeit.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit weiteren Tertiärwasserentnahmen: dies ist nicht der Fall.

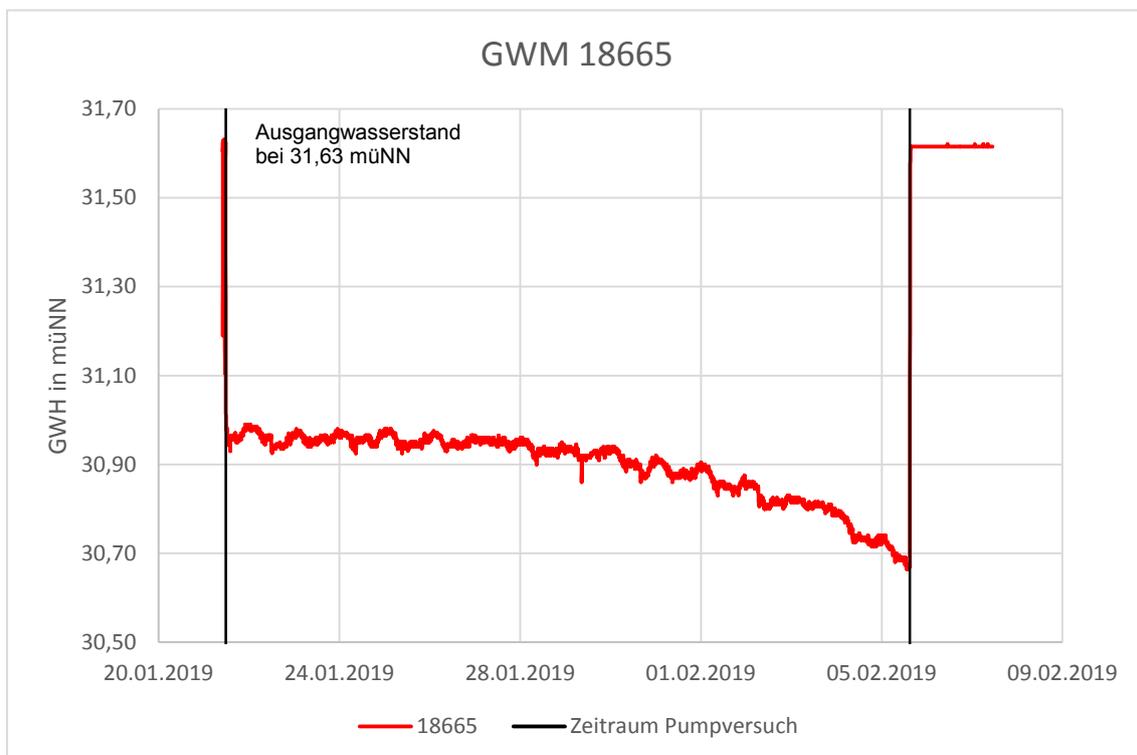


Abbildung 5-4: Grundwasserhöhe in der Pumpversuchsmessstelle 18665

Bestimmung des kf-Werts

Die Auswertung des Pumpversuchs erfolgte mit dem Programm Hydro Tec der Firma GeoLogik. Die Auswertung der mittels Datenloggerdaten aufgezeichneten Grundwasserstandsentwicklung erfolgte dabei über eine Typkurvenanpassung mit dem Verfahren nach Theis. Mithilfe dieser Methode konnte der kf-Wert in GWM 18665 auf einen Bereich von $2 - 8 \times 10^{-6}$ m/s festgelegt werden. Dabei ist der Zustrom von Wasser aus dem Quartär nicht berücksichtigt, so dass der kf-Wert tendenziell zu hoch bestimmt wird. Eine exaktere Auswertung ist aufgrund des starken Abfalls des Grundwasserstands zum Ende des Pumpversuchs nicht möglich.

Die Durchlässigkeit ist damit als geringer einzuschätzen, als aus den Korngrößenanalysen angenommen (siehe Abschnitt 4.2).

5.3 Darstellung der Anlagendurchläufe

5.3.1 LHKW-Konzentrationen im Prozesswasser

Die GWM 18665 wurde während des Pumpversuchs an die schon bestehende GWSA Frigen Am Gatherhof 41 angeschlossen. Dabei zeigten sich während des Pumpversuchs im Zulauf zur Anlage (vor Strippung) Konzentrationen von 1.203 µg/l bis max. 6.107 µg/l. Der Ablauf nach Strippung wurde während des Versuchs nur einmalig beprobt. Dabei zeigte sich eine LHKW-Konzentration von 14,1 µg/l. Das Reinwasser zeigte während des gesamten Versuchs LHKW-Gehalte unterhalb der Bestimmungsgrenze (Abbildung 5-5).

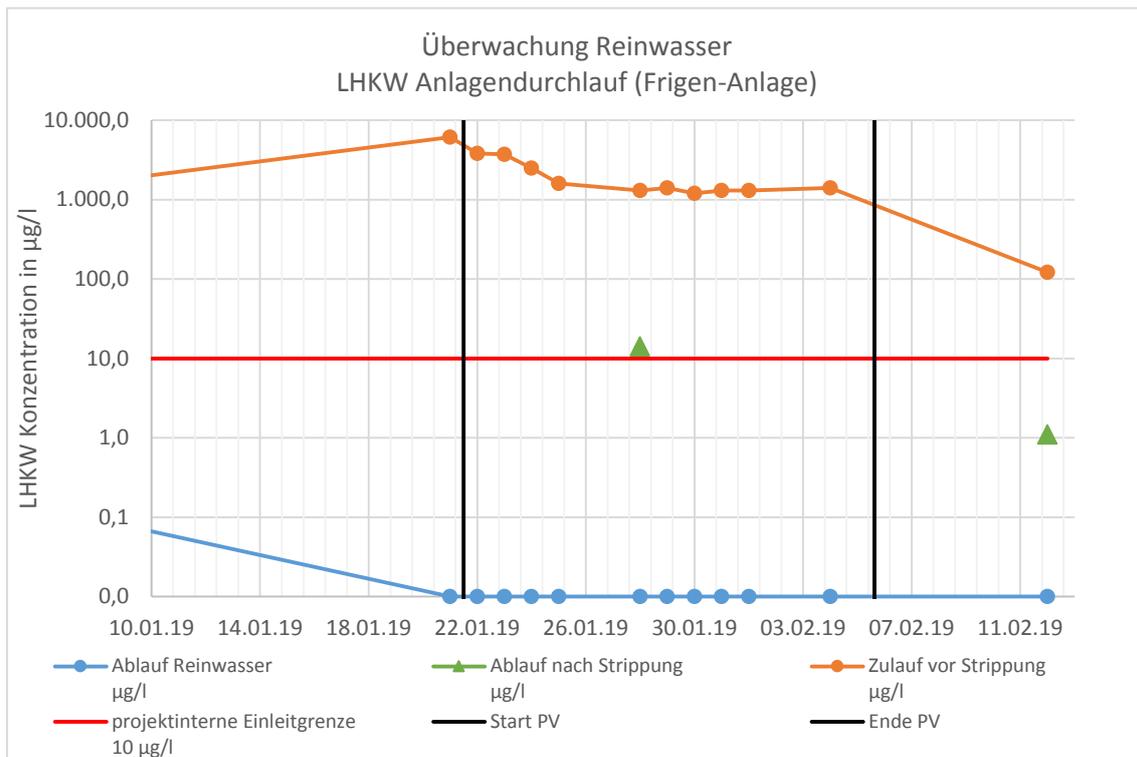


Abbildung 5-5: LHKW-Konzentrationen im Prozesswasser während des Pumpversuchs an GWM 18665.

Auf Basis der Ergebnisse für das Prozesswasser kann festgestellt werden, dass die Strippung auch bei hohen Zulaufgehalten generell gut funktioniert. Der LHKW-Gehalt nach der Strippung lag mit 14,1 µg/l oberhalb der projektinternen Einleitgrenze von 10 µg/l. Eine direkte Einleitung des Prozesswassers nach Strippung, wie es z.T. bisher möglich war, wird bei einer zukünftigen, dauerhaften Anbindung der GWM 18665 an die GWSA Frigen nicht durchführbar sein. Der bestehenden Strippung sollte daher dauerhaft ein Nassaktivkohlefilter nachgeschaltet werden, um im Reinwasser LHKW-Gehalte unterhalb des projektinternen Einleitwerts von 10 µg/l sicherzustellen.

5.3.2 LHKW-Konzentrationen in der Prozessluft

In der Zuluft vor dem ersten Luftaktivkohlefilter (LAK) wurden während des Pumpversuchs an GWM 18665 LHKW-Konzentrationen von 34 mg/m³ bis maximal 170 mg/m³ ermittelt (Abbildung 5-6). In der Abluft nach dem 1. Aktivkohlefilter wurden

LHKW-Gehalte von < BG (nach Aktivkohlewechsel) bis max. 54 mg/m³ detektiert. In der Abluft nach dem Polizeifilter lagen die LHKW-Gehalte bei max. 50 mg/m³ (Abbildung 5-6).

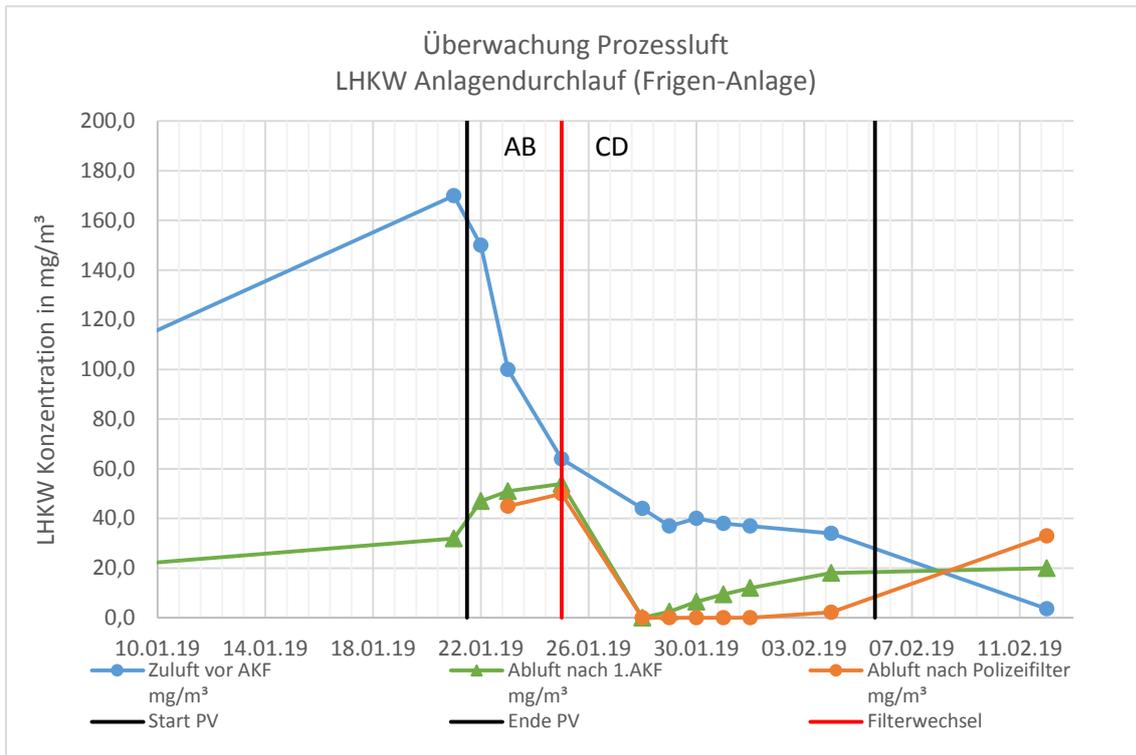


Abbildung 5-6: LHKW-Konzentrationen in der Prozessluft während des Pumpversuchs an GWM 18665.

Auf Basis der Ergebnisse der Prozessluft kann festgestellt werden, dass bei einer Anbindung der GWM 18665 an die GWSA Frigen Am Gatherhof 41 nach ca. vier Tagen nach Aktivkohlewechsel (d.h. bei frischer Aktivkohle ohne Vorbeladung) in der Abluft nach dem 1. LAK LHKW-Konzentrationen oberhalb des projektinternen Abluftgrenzwerts von 0 mg/m³ detektiert werden. In dem 2. LAK wird der projektinterne Abluftgrenzwert für ca. sieben Tage eingehalten. Bei einer dauerhaften Einbindung der GWM 18665 an die GWSA Frigen ist hier festzuhalten, dass bei einer strikten Einhaltung des Abluftgrenzwerts ca. wöchentlich ein LAK-Wechsel durchzuführen wäre. Ein wöchentlicher LAK-Wechsel ist weder praktikabel noch wirtschaftlich.

5.3.3 Frachtentwicklung

Im Rahmen des 14-tägigen Pumpversuchs wurden aus der GWM 18665 3,8 kg Frigen (andere LHKW < 0,01 kg) aus dem Grundwasserwasser entfernt. Im Vergleich dazu, entfrachtete der SB 15237 während des Pumpversuchs ca. 0,008 kg, der SB 15238 ca. 1,2 kg Frigen. Die Entfrachtung im SB 15238 ist mit 1,2 kg relativ hoch im Vergleich zu den bekannten monatlichen Werten (ca. 1,7 kg). Dies lässt sich durch den hohen Anfangswert von 2.500 µg/l erklären. Die tatsächliche Entfrachtung liegt daher ggf. etwas niedriger.

6 Zusammenfassende Bewertung

Die BFM Umwelt GmbH Beratung-Forschung-Management (BFM) wurde am 11.08.2017 vom Umweltamt der Stadt Düsseldorf (UAD) mit der Erarbeitung eines Sanierungsvariantenscans für den Frigen-Schaden im Bereich des Eintragsgrundstücks Gatherhof 41 beauftragt (BFM-Bericht B160802-17-2B, /1/). Dabei sollten, die über die derzeit laufende Pump-and-Treat Maßnahme hinausgehenden, technischen Möglichkeiten einer Sanierung des tiefliegenden Frigen-Schadens dargestellt und bewertet werden. Auf Basis der Ergebnisse des Sanierungsvariantenscan /1/ wurde lediglich eine Intensivierung der hydraulischen Sanierung durch zusätzliche Tertiärbrunnen für zielführend befunden.

Mit der Bestellung Nr. LG500081808 vom 26.07.2018 wurde die BFM vom UAD mit der Planung, Koordinierung und Auswertung eines Pumpversuchs im tertiären Grundwasserleiter am Frigen-Schaden beauftragt.

Nach Konzeptionierung durch die BFM wurde der Pumpversuch in der Zeit vom 21.01.2019 bis einschließlich 05.02.2019 an der neu errichteten Tertiärmessstelle 18665 durchgeführt.

Die Ergebnisse des chemischen Monitorings zeigten, dass, wie auch schon vermutet, die Hauptbelastung des Frigen-Schadens an der Basis des Quartärs und im oberen Tertiär liegt. Die LHKW-Gehalte nehmen in GWM 18665 zu Beginn des Pumpversuchs stark ab, stagnieren zum Ende des Pumpversuchs jedoch zwischen 30.000 – 40.000 µg/l. Die Konzentrationen in SB 15238 nehmen ebenfalls zunächst ab, um sich im Laufe des Pumpversuchs auf einem erniedrigten Niveau zu stabilisieren. Es ist davon auszugehen, dass durch die Entspannung des tertiären Grundwassers im Laufe des Pumpversuchs nur mehr in geringerem Umfang Schadstoffe aus dem Tertiär dem Brunnen 15238 zufließen.

Die Ergebnisse des hydraulischen Monitorings zeigten, dass die Grundwasserstände in den im Zstrom und Abstrom von GWM 18665 befindlichen Messstellen vom Pumpversuch nicht beeinflusst werden. In der Pumpversuchsmessstelle selber sinkt der Grundwasserstand im Verlauf des Pumpversuchs um ca. 90 cm. Die Absenkung

erfolgte, wie auch schon aus anderen Pumpversuchen im Tertiär aus dem Stadtgebiet bekannt /9/, relativ schnell und stagniert im weiteren Verlauf des Pumpversuchs zunächst. Ab Mitte des Versuchs ist festzustellen, dass der Grundwasserstand weiter sinkt, ohne dass ein vergleichbarer Effekt in den Referenzmessstellen zu beobachten ist, was zunächst unplausibel ist. Eine Drift des Datenloggers kann ausgeschlossen werden, da der Wiederanstieg vollständig und plausibel ist.

Mögliche Ursachen für das Wiedereinsetzen der Absenkung können sein:

- Erhöhung der Pumpenleistung bzw. Fördermenge: hierfür liegen keine Hinweise vor.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit partieller Stockwerkstrennung zwischen Quartär und Tertiär.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit geringerer Durchlässigkeit im Tertiär.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit geringerer Tertiärmächtigkeit.
- Ausweitung des Fassungsbereichs in Bereiche mit weiteren Tertiärwasserentnahmen: dies ist nicht der Fall.

Bzgl. einer zukünftigen dauerhaften Anbindung der GWM 18665 an die schon bestehende GWSA Frigen Am Gatherhof 41 kann festgestellt werden, dass die Strippung auch bei den hohen Zulaufgehalten generell gut funktioniert. Eine direkte Einleitung des Prozesswassers nach Strippung, wie es z.T. bisher möglich war, wird bei einer zukünftigen, dauerhaften Anbindung der GWM 18665 an die GWSA Frigen jedoch nicht durchführbar sein. Bei der derzeitigen Anlagenkonfiguration sollte bei einer Anbindung der GWM 18665 der Strippung dauerhaft ein Nassaktivkohlefilter nachgeschaltet werden, um im Reinwasser LHKW-Gehalte unterhalb des projektinternen Einleitwerts von 10 µg/l sicherzustellen.

Nach Auswertung der Ergebnisse der Prozessluft kann festgestellt werden, dass bei einer Anbindung der GWM 18665 in der Abluft nach dem 1. LAK bereits vier Tage nach einem Aktivkohlewechsel (d.h. bei frischer Kohle) LHKW-Konzentrationen

oberhalb der projektinternen Einleitgrenze von 0 mg/m^3 detektiert werden. In dem 2. LAK wird die projektinterne Einleitgrenze ca. sieben Tage eingehalten. Bei einer dauerhaften Einbindung der GWM 18665 an die GWSA Frigen ist hier festzuhalten, dass bei einer strikten Einhaltung der Einleitgrenzwerte ca. wöchentlich ein LAK-Wechsel durchzuführen wäre. Ein wöchentlicher LAK-Wechsel ist weder praktikabel noch wirtschaftlich. Hier sollte ggf. geprüft werden, ob die relativ geringen Volumenströme aus einer potentiellen Tertiärförderung mittels Membranfiltration (RO) gereinigt werden können.

7 Anlagen

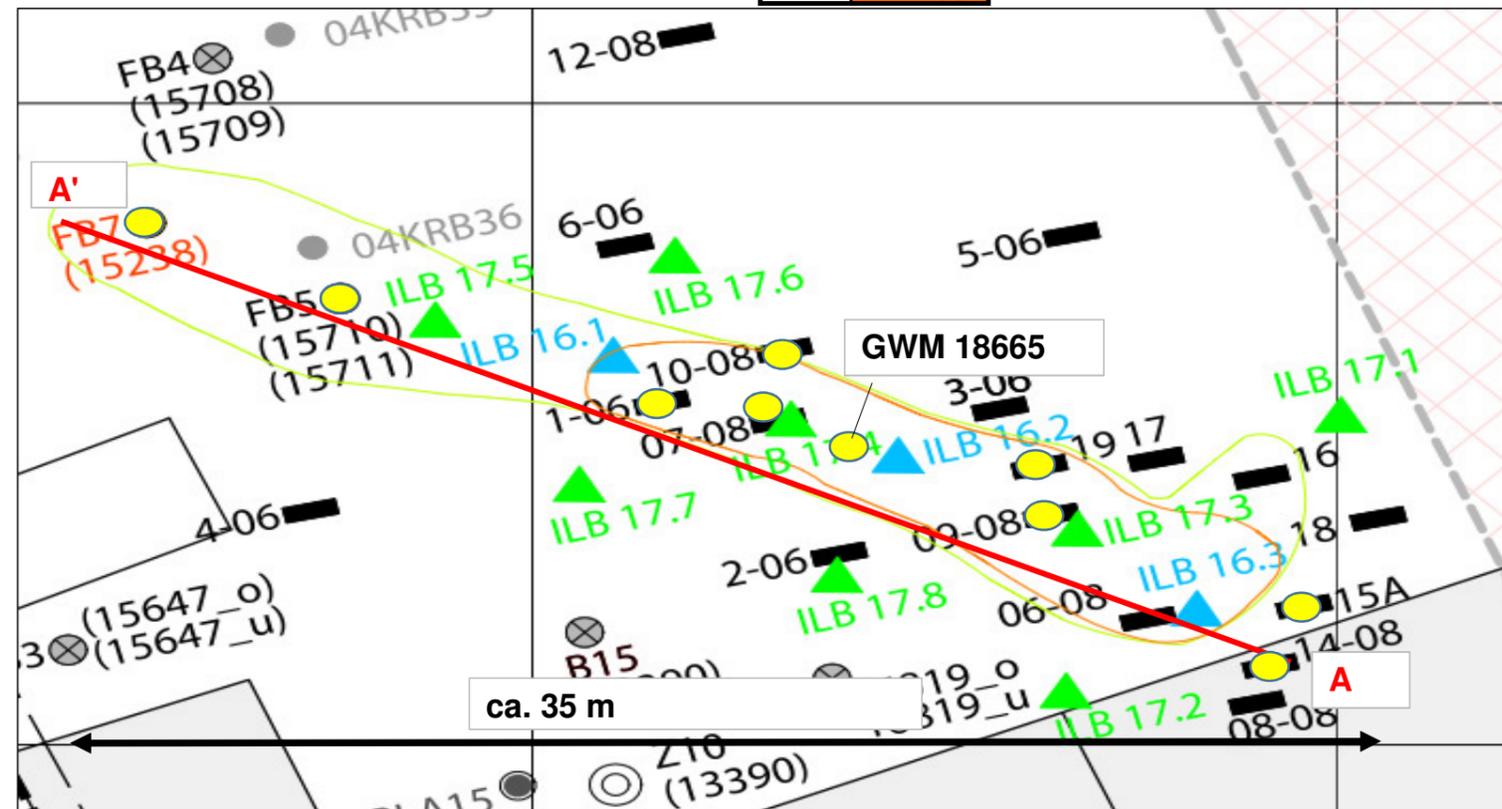
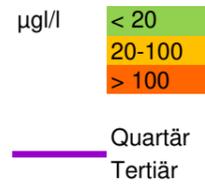
- Anlage 1: Schematische Darstellung der Ergebnisse aus DP-, MIP- und Grundwasseruntersuchungen
- Anlage 2: Schematische Darstellung der Ergebnisse aus Boden- und Grundwasseruntersuchungen
- Anlage 3: Ausbauplan und Schichtenverzeichnisse Messstelle 18665
- Anlage 4: Chemisches Monitoring und Förderkonzept
- Anlage 5: Lageplan

Anlage 1: Schematische Darstellung der Ergebnisse aus DP-, MIP- und Grundwasseruntersuchungen

Schematische Darstellung der Schadstoffverteilung im Grundwasser

← Grundwasserfließrichtung

A'		Grundwasserfließrichtung												A	
GWM 15238	GWM 15710	GWM 15711	DP 1-06	DP 10-08	DP 07-08	GWM 18665	MIP 19	DB 09-08	DP 06-08	DP 14-08	MIP 15				
0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	< 100 µg/l		
1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	< 100 µg/l		
2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	< 100 µg/l		
3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	< 100 µg/l		
4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	< 100 µg/l		
5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	< 100 µg/l		
6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	< 100 µg/l		
7-8m	7-8m	2017: <0,5 - 0,7 µg/l	7-8m	96 µg/l	7-8m	120 µg/l	7-8m	1.900 µg/l	7-8m	< 100 µg/l	7-8m	9.800 µg/l	7-8m	< 100 µg/l	
8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8.200 µg/l	8-9m	< 100 µg/l	8-9m	20.000 µg/l	8-9m	< 100 µg/l	
9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	20 µg/l	9-10m	75 µg/l	9-10m	< 100 µg/l	9-10m	640 µg/l	9-10m	< 100 µg/l	9-10m	< 100 µg/l	
10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	14.000 µg/l	10-11m	< 100 µg/l	10-11m	< 100 µg/l	10-11m	22.000 µg/l	10-11m	< 100 µg/l	
11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	420 µg/l	11-12m	130 µg/l	11-12m	< 100 µg/l	11-12m	960 µg/l	11-12m	< 100 µg/l	11-12m	< 100 µg/l	
12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	39.000 µg/l	12-13m	< 100 µg/l	12-13m	< 100 µg/l	12-13m	28.000 µg/l	12-13m	< 100 µg/l	
13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	11.000 µg	13-14m	100 µg/l	13-14m	< 100 µg/l	13-14m	1.900 µg/l	13-14m	< 100 µg/l	13-14m	< 100 µg/l	
14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	83.000 µg/l	14-15m	> 5.000 µg/l	14-15m	< 100 µg/l	14-15m	72.000 µg/l	14-15m	< 100 µg/l	
15-16m	15-16m	2017: 1.200 - 1.700 µg/l	15-16m	22 µg/l	15-16m	270 µg/l	15-16m	> 5.000 µg/l	15-16m	6.300 µg/l	15-16m	< 100 µg/l	15-16m	< 100 µg/l	
16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	110.000 µg/l	16-17m	> 5.000 µg/l	16-17m	< 100 µg/l	16-17m	200.000 µg/l	16-17m	< 100 µg/l	
17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	19 µg/l	17-18m	250 µg/l	17-18m	> 5.000 µg/l	17-18m	12.000 µg/l	17-18m	< 100 µg/l	17-18m	< 100 µg/l	
18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	1.900 µg/l	18-19m	> 5.000 µg/l	18-19m	< 100 µg/l	18-19m	1.100.000 µg/l	18-19m	< 100 µg/l	
19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	430 µg/l	19-20m	> 5.000 µg/l	19-20m	76.000 µg/l	19-20m	< 100 µg/l	19-20m	< 100 µg/l	
20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	350 µg/l	20-21m	< 1.000 µg/l	20-21m	< 1.000 µg/l	20-21m	1.300.000 µg/l	20-21m	< 100 µg/l	
21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	510 µg/l	21-22m	< 1.000 µg/l	21-22m	44.000 µg/l	21-22m	< 100 µg/l	21-22m	< 100 µg/l	
22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	< 1.000 µg/l	22-23m	730.000 µg/l	22-23m	< 100 µg/l	22-23m	< 100 µg/l	
23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	< 1.000 µg/l	23-24m	48.000 µg/l	23-24m	< 100 µg/l	23-24m	< 100 µg/l	
24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	< 1.000 µg/l	24-25m	< 1.000 µg/l	24-25m	< 100 µg/l	24-25m	< 100 µg/l	



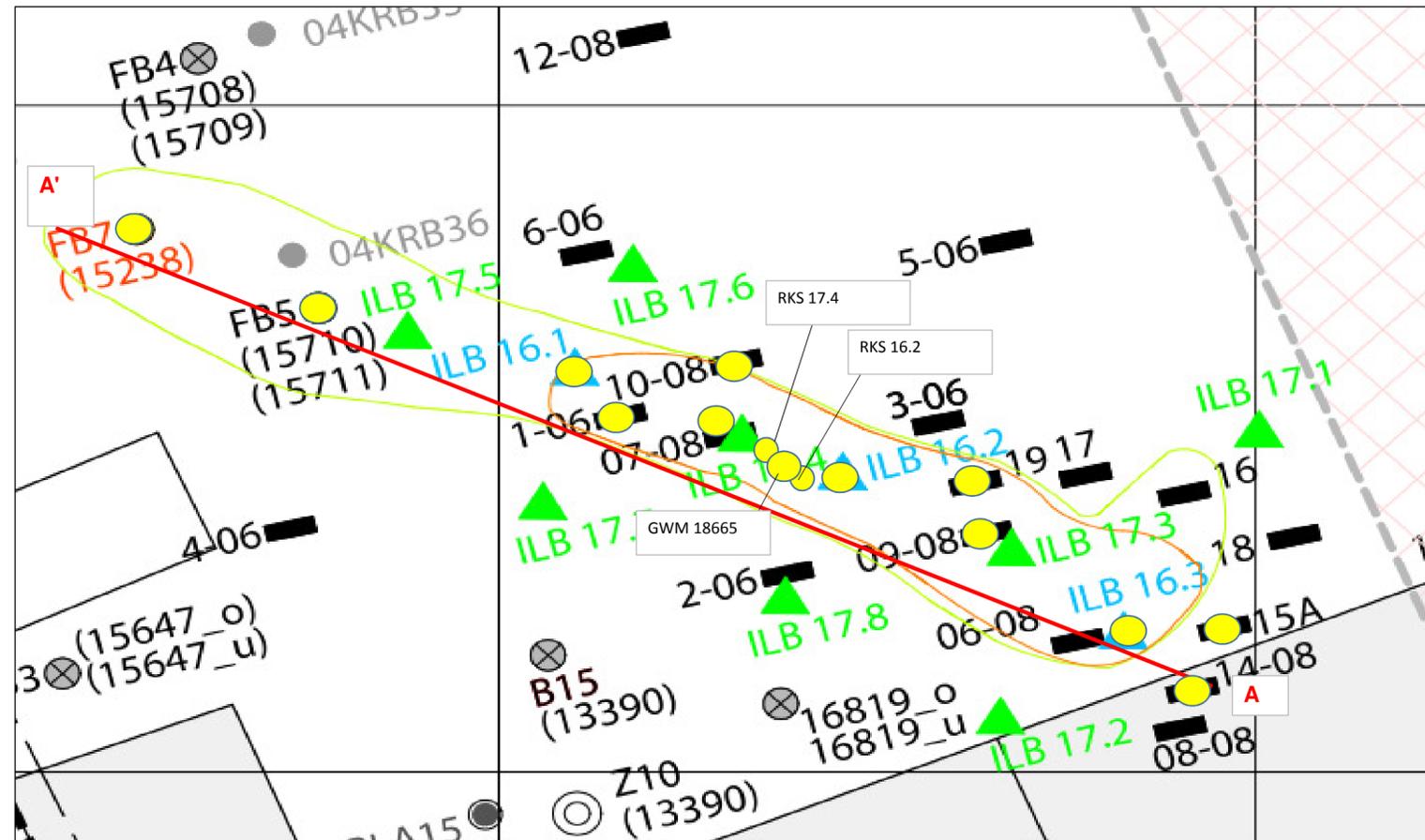
Anlage 2: Schematische Darstellung der Ergebnisse aus Boden- und Grundwasseruntersuchungen

Grundwasserfließrichtung																							
A																				A'			
GWM 15238	GWM 15710	GWM 15711	ILB 16.1	DP 1-06	DP 10-08	DP 07-08	RKS 17.4	GWM 18665	RKS 16.2	ILB 16.2	MIP 19	DB 09-08	DP 06-08	ILB 16.3	DP 14-08	MIP 15							
0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0-1m	0,3 mg/kg	0-1m	< 100 µg/l
1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	1-2m	5,9 mg/kg	1-2m	< 100 µg/l
2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	2-3m	0 mg/kg	2-3m	< 100 µg/l
3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	3-4m	0 mg/kg	3-4m	< 100 µg/l
4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	4-5m	0 mg/kg	4-5m	< 100 µg/l
5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	5-6m	0 mg/kg	5-6m	< 100 µg/l
6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	6-7m	0 mg/kg	6-7m	< 100 µg/l
7-8m	7-8m	2017: 7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	7-8m	96 µg/l	7-8m	< 100 µg/l
8-9m	8-9m	<0,5 - 8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	8-9m	120 µg/l	8-9m	< 100 µg/l
9-10m	9-10m	0,7 µg/l 9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	9-10m	1.900 µg/l	9-10m	< 100 µg/l
10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	10-11m	8.200 µg/l	10-11m	< 100 µg/l
11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	11-12m	75 µg/l	11-12m	< 100 µg/l
12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	12-13m	420 µg/l	12-13m	< 100 µg/l
13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	13-14m	130 µg/l	13-14m	< 100 µg/l
14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	14-15m	100 µg/l	14-15m	< 100 µg/l
15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	15-16m	11.000 µg/l	15-16m	< 100 µg/l
16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	16-17m	100 µg/l	16-17m	< 100 µg/l
17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	17-18m	83.000 µg/l	17-18m	< 100 µg/l
18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	18-19m	34 mg/kg	18-19m	< 100 µg/l
19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	19-20m	3,8 mg/kg	19-20m	< 100 µg/l
20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	20-21m	40 mg/kg	20-21m	< 100 µg/l
21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	21-22m	7,0 mg/kg	21-22m	< 100 µg/l
22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	22-23m	2,7 mg/kg	22-23m	< 100 µg/l
23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	23-24m	1,900 µg/l	23-24m	< 100 µg/l
24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	24-25m	2,0 mg/kg	24-25m	< 100 µg/l
25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	25-26m	0 mg/kg	25-26m	< 100 µg/l

µg/l < 20
20-100
> 100

mg/kg < 1
1-10
> 10

Quartär
Tertiär



Anlage 3: Ausbauplan und Schichtenverzeichnisse Messstelle 18665

Plängsken Brunnenbau GmbH
 Fritz-Baum-Aalle 3
 47506 Neukirchen-Vluyn

Ausbauskitze

Anlage:

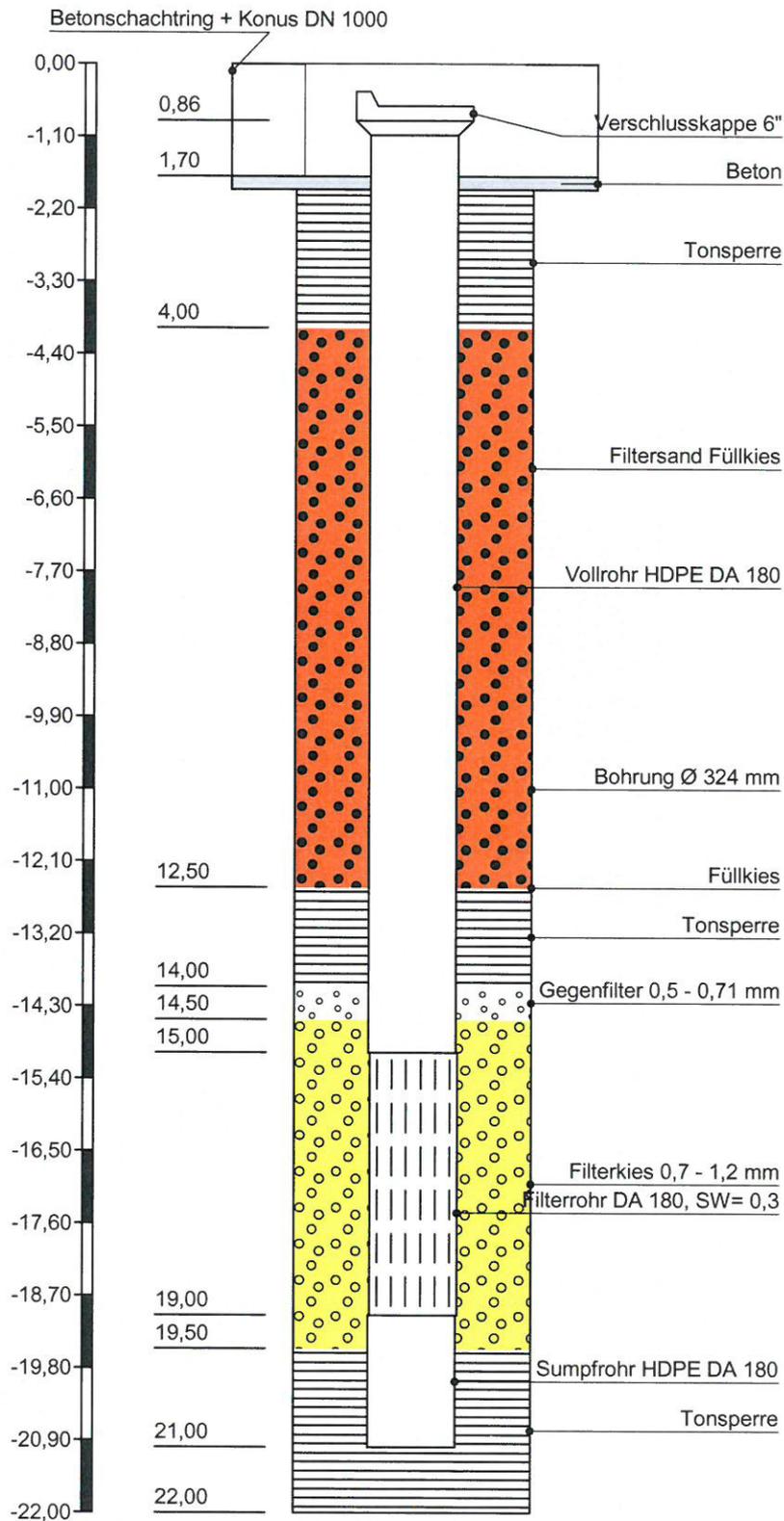
Projekt: Sanierungsbrunnen Frigen
 Am Gaterhof 41

Auftraggeber: Umweltamt Stadt Düsseldorf

Bearb.: Erdmann

Datum: 21.08.2018

Ausbauskitze



Plängsken Brunnenbau GmbH
 Fritz-Baum-Aalle 3
 47506 Neukirchen-Vluyn

Zeichnerische Darstellung von
 Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage:

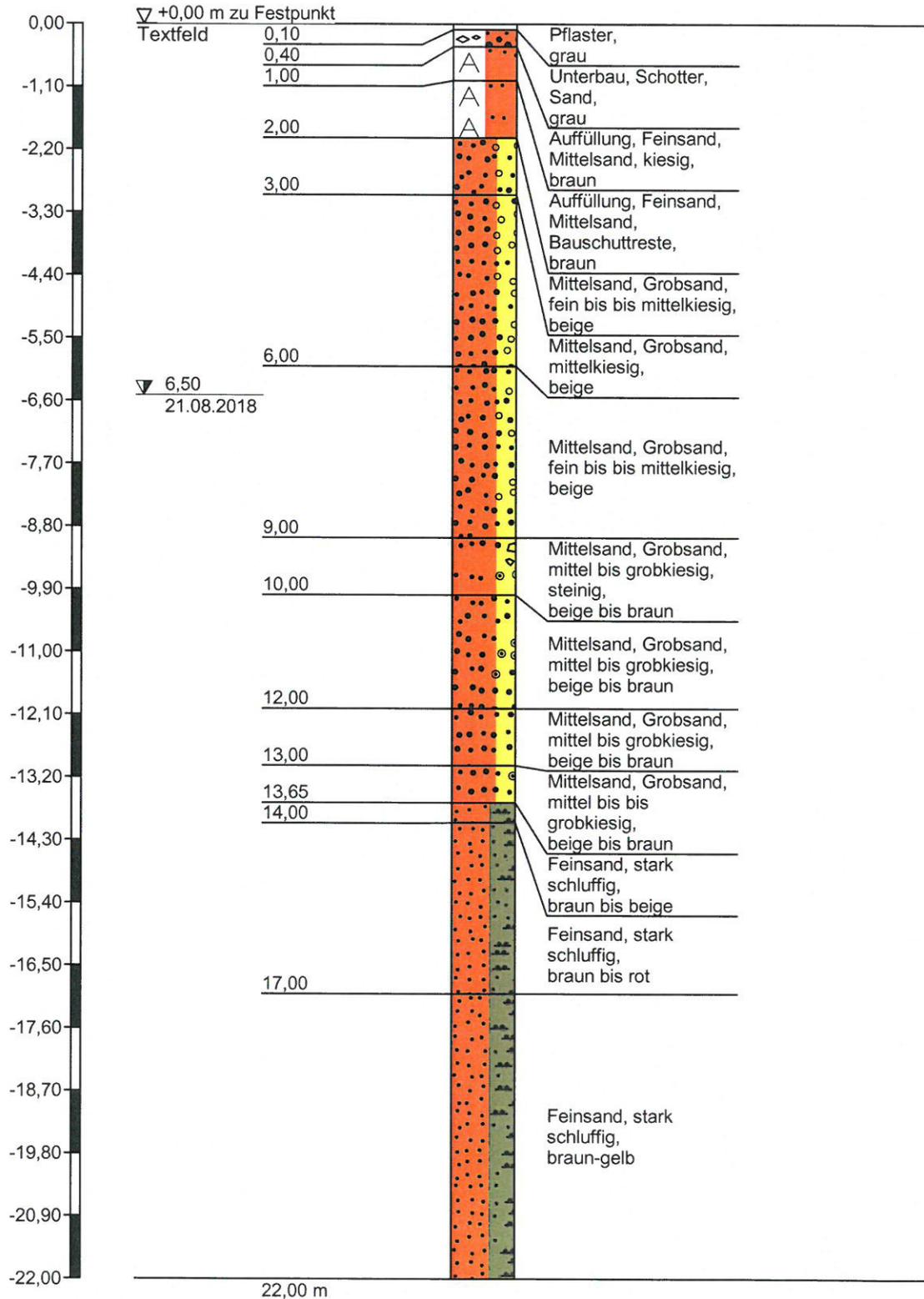
Projekt: Sanierungsbrunnen Frigen
 Am Gaterhof 41

Auftraggeber: Umweltamt Stadt Düsseldorf

Bearb.: Erdmann

Datum: 21.08.2018

Bohrprofil

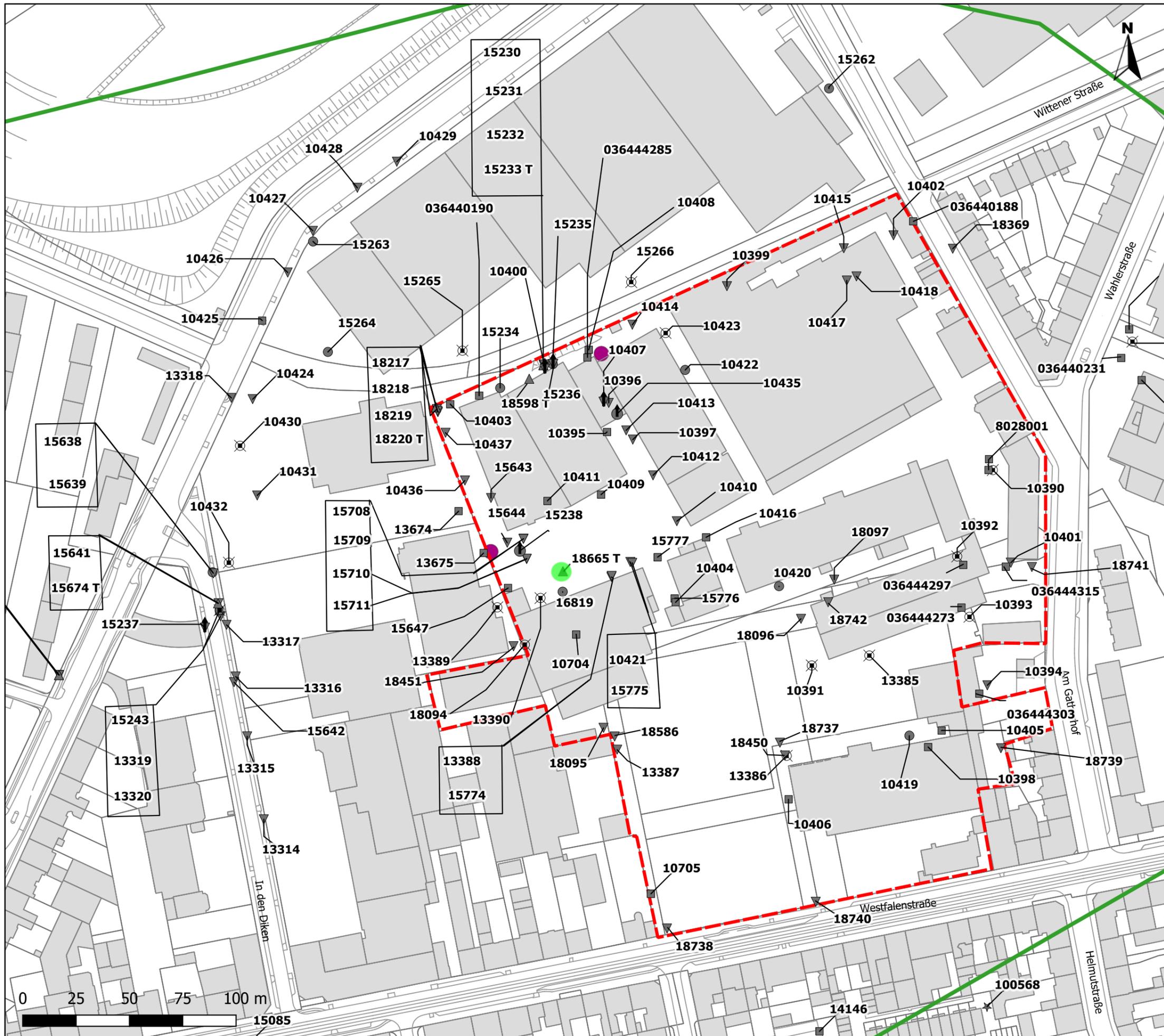


Höhenmaßstab 1:110

Anlage 4: Chemisches Monitoring und Förderkonzept

Beginn: 21.01.2019 10:00 Uhr		Wasserproben					Luftproben			Förderrate
Datum	Stunden nach Beginn	GWM 18665	SB 15237	SB 15238	Zulauf Wasser	Ablauf Wasser	Zuluft	Abluft AKF 1	Abluft AKF 2	GWM 18665
21.01.2019	0	x	x	x						0,5 - 1 m³/h
21.01.2019	4	x			x	x	x	x		0,5 - 1 m³/h
22.01.2019	24	x			x	x	x	x		0,5 - 1 m³/h
23.01.2019	48	x + BTEX			x + BTEX	x + BTEX	x + BTEX	x + BTEX	x + BTEX	0,5 - 1 m³/h
24.01.2019	72	x	x	x	x	x				0,5 - 1 m³/h
25.01.2019	96	x			x	x	x	x	x	0,5 - 1 m³/h
26.01.2019	120									0,5 - 1 m³/h
27.01.2019	144									0,5 - 1 m³/h
28.01.2019	168	x + BTEX	x	x	x + BTEX	x + BTEX	x + BTEX	x + BTEX	x + BTEX	0,5 - 1 m³/h
29.01.2019	192	x			x	x	x	x	x	0,5 - 1 m³/h
30.01.2019	216	x	x	x	x	x	x	x	x	0,5 - 1 m³/h
31.01.2019	240	x			x	x	x	x	x	0,5 - 1 m³/h
01.02.2019	264	x	x	x	x	x	x	x	x	0,5 - 1 m³/h
02.02.2019	288									0,5 - 1 m³/h
03.02.2019	312									0,5 - 1 m³/h
04.02.2019	336	x	x	x	x	x	x	x	x	0,5 - 1 m³/h

Anlage 5: Lageplan



Legende

- Brunnensymbole**
- ▼ GWM, unvollkommen, Quartär
 - GWM, vollkommen, Quartär
 - ▲ GWM, Tertiär / Devon
 - ◆ Sanierungsbrunnen, unvollkommen
 - Sanierungsbrunnen, vollkommen
 - ▭ Brunnen, sonstige
 - Ausbau unbekannt / sonstige
 - ⊗ Messstelle zerstört
- Multilevelmessstellen**
- ▼ 10266 MLP, Tiefe 1, Quartär
 - ▼ 16597 MLP, Tiefe 2, Quartär
 - ▼ 16598 MLP, Tiefe 3, Quartär
 - ▲ 18231 T MLP, Tiefe 1, Tertiär
 - ▲ 18232 T MLP, Tiefe 2, Tertiär
- Grundstück Gatherhof**
- ▭ Grundstück Gatherhof
- Sanierungsanlagen**
- städtisch - aktiv
 - neuer Tertiärbrunnen

Index	Datum	Änd.	Erg.	Vermerk	Gez.
 Umweltamt Landeshauptstadt Düsseldorf					
Name: WM Datum: 7.3.18 entworfen: WM Datum: 6.8.19 gezeichnet: WM geprüft:					HB 16 Rath/Derendorf Detaillageplan Gatherhof
Datum: _____ Unterschrift: _____					Plannummer: P160802-02-52 Index: 0 Maßstab: 1:1.750
Auftraggeber: Landeshauptstadt Düsseldorf Der Oberbürgermeister Umweltamt					Auftragnehmer:  bfm.umwelt <small>BERATUNG • FORSCHUNG • MANAGEMENT • GMBH</small> Hauptsitz: Zehrenstraße 7 81247 München Büro Düsseldorf: Germaniastr. 21 40223 Düsseldorf