

BERICHT

Projekt-Nr. **2151292** Ausfertigungs-Nr.

Datum **22.05.2023**

Tanklager Bremen-Farge

LKNr. 220 038

**6. Sachstandsbericht zur Grundwassersanierung und Abstromsicherung
im Bereich Verladebahnhof 1 (Zeitraum: Januar 2022 – Dezember 2022)
sowie**

**Monitoringuntersuchungen im Bereich
Verladebahnhof 1 (Januar 2022 - Dezember 2022)**

Auftraggeber

**Freie Hansestadt Bremen
Performa Nord
Eigenbetrieb des Landes Bremen
Geschäftsbereich Bundesbau
Langenstraße 10-12
28195 Bremen**

Inhaltsverzeichnis

Text	Seite
1. Anlass und Aufgabenstellung	5
2. Umfang der Wasserentnahme und Wasserableitung im Rahmen der Sanierung Verladebahnhof 1	6
2.1 Beschreibung der Maßnahme und Sanierungstechnik	6
2.2 Anforderung an die Wasserableitung	7
2.3 Probenahme	7
2.4 Ergebnisse der laufenden Sanierung	8
2.5 Bewertung Sanierung Verladebahnhof 1	15
3. Grundwassermonitoring	17
3.1 Bereich Verladebahnhof 1	17

Anlagen

- 1 Lageplan: Darstellung der Grundwasserfließrichtung im Mai 2022
- 2 Lageplan: Darstellung Standort der Sanierungsanlage Verladebahnhof 1 und Verlauf von Förderleitungen sowie BTEX-Gehalte im geförderten Grundwasser und aktuelle Phasenmessung
- 3 Lagepläne: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für BTEX in Grundwassermessstellen Verladebahnhof 1 und Abstrom nach Teufenbereich gegliedert
 - 3.1 Flach
 - 3.2 Mittel
 - 3.3 Tief
 - 3.4 Schadstofffahne
- 4 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für MTBE in Grundwassermessstellen Verladebahnhof 1 und Abstrom nach Teufenbereich gegliedert
 - 4.1 Flach
 - 4.2 Mittel
 - 4.3 Tief

- 5 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für PAK in Grundwassermessstellen Verladebahnhof 1 und Abstrom nach Teufenbereich gegliedert
 - 5.1 Flach
 - 5.2 Mittel
 - 5.3 Tief
- 6 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für MKW in Grundwassermessstellen Verladebahnhof 1 und Abstrom nach Teufenbereich gegliedert
 - 6.1 Flach
 - 6.2 Mittel
 - 6.3 Tief
- 7 Tabelle: Entwicklung der Schadstoffgehalte und Frachten – Sanierung
- 8 Tabelle: Befunde im gereinigten Ablaufwasser und der Abluft - Sanierung
- 9 Tabellarische Aufstellung Veränderungen/ Anpassungen der laufenden Sanierung
- Nur digital:**
- 10 Laborberichte
 - 10.1 Sanierungsanlage
 - 10.2 Monitoring
 - 10.2.1 Monitoring - März 2022
 - 10.2.2 Monitoring – Oktober/Dezember 2022
- 11 Probenahmeprotokolle
 - 11.1 Sanierungsanlage
 - 11.2 Monitoring
 - 11.2.1 Monitoring – März 2022
 - 11.2.2 Monitoring – Oktober/Dezember 2022
- 12 Protokolle der Wasserstandsmessungen Verladebahnhof 1 und Abstrom
- 13 Schematisches Fließbild der Sanierungsanlage

Abbildungsverzeichnis

- **Grafik 1: Entwicklung Phasenmächtigkeiten im Förderbrunnen**
- **Grafik 2: Entwicklung der Wasserstände in Sanierungsbrunnen**
- **Grafik 3: Wasserstände im Bereich Verladebahnhof 1**

Tabellenverzeichnis

- **Tabelle 1: Aufstellung über erbrachte Leistungen**
- **Tabelle 2: Stammdaten der Förderbrunnen Verladebahnhof 1**
- **Tabelle 3: Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Sanierungsanlage**
- **Tabelle 4: Veränderungen/ Anpassungen der laufenden Sanierung**
- **Tabelle 5: PAK-Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Förderbrunnen (ungefiltertes Rohwasser)**
- **Tabelle 6: MKW-Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Förderbrunnen (ungefiltertes Rohwasser)**
- **Tabelle 7: MTBE-Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Sanierungsanlage (ungefiltertes Rohwasser)**
- **Tabelle 8: Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen**
- **Tabelle 9: BTEX-Gehalte in den Förderbrunnen im aktuellen Untersuchungszeitraum**

1. Anlass und Aufgabenstellung

Im Bereich des Verladebahnhofs 1 wurde anhand der Ergebnisse aus den bisher durchgeführten Erkundungen eine Kontamination des Grundwassers durch BTEX lokalisiert und lateral sowie vertikal abgegrenzt.

Unter Berücksichtigung der ermittelten BTEX-Gehalte im Schadenszentrum sowie des an einigen Messstellen vorhandenen Phasenkörpers war das Erfordernis für Sanierungsmaßnahmen gegeben, wobei durch entsprechende Maßnahmen insbesondere der Schadstoffabstrom von der Liegenschaft zu minimieren ist.

Die Sanierung des Grundwassers wurde durch die Freie Hansestadt Bremen, Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa mit Schreiben vom 05.09.2016 auf der Grundlage des *Antrages auf eine wasserbehördliche Erlaubnis für die Entnahme und Ableitung des Grundwassers im Rahmen einer Sanierung*, HPC AG 24.05.2016, angeordnet.

Die HPC AG wurde von Performa Nord, Geschäftsbereich Bundesbau (ehemals Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR) beauftragt, die Sanierung des Grundwassers auf der Liegenschaft des Tanklagers Bremen-Farge, Bereich Verladebahnhof 1 fachgutachterlich zu begleiten.

Der Verlauf der seit November 2016 durchgeführten Grundwassersanierung und Abstomsicherung ist in regelmäßigen Berichten zum Sachstand durch die HPC AG darzustellen.

Im vorliegenden 5. Sachstandsbericht wird der Sanierungszeitraum von Januar 2021 bis Dezember 2021 dokumentiert. Zwecks Übersichtlichkeit wird eine Gliederung der Ergebnisse nach Teufe der Grundwassermessstellen (flach, mittel, tief) vorgenommen. Diese bezieht sich auf die Tiefe der Probenahme in Meter über NN.

Im vorliegenden Bericht werden die Eckdaten der jeweiligen Messstelle sowie Minimal-, Maximal-, Durchschnitts- und aktuelle Konzentration des untersuchten Schadstoffes in den Übersichtsplänen aufgeführt. Die gesamten Analyseergebnisse wurden erstmalig mit dem 2. Sachstandsbericht in einem Messstellenkataster zusammengeführt, welches zum jetzigen Zeitpunkt eine Übersicht aller durchgeführten Analysen und ermittelten Wasserstandsdaten (bis zum Ende des Jahres 2022) der einzelnen Förderbrunnen und Monitoringmessstellen enthält. Das Messstellenkataster ist in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst für Bremen erstellt worden. Hier wurden und werden in Zukunft alle Messdaten zu Sanierung und Monitoring der Verladebahnhöfe 1 und 2 sowie des Hafenbereiches eingepflegt. Das Kataster steht seit Mitte 2020 zur Verfügung.

Auf Grundlage der Detailuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 1 (*Bericht der HPC AG vom 27.02.2014: Detailuntersuchungen von kontamini-*

onsverdächtigen und kontaminierten Flächen, Phase IIb-2 im Bereich Tanklager Bremen Farge) waren regelmäßige Kontrolluntersuchungen des Grundwassers in Form eines Monitorings in folgendem Umfang durchzuführen:

Bereich Verladebahnhof 1:

Beprobung und Analyse des Grundwassers aus allen vorhandenen Grundwassermessstellen, Analyse auf die Parameter BTEX, MKW, PAK und MTBE sowie Messung der Grundwasserstände und Bestimmung der Grundwasserfließrichtung.

Das Monitoring wurde erstmals im Dezember 2014 durchgeführt. Die Ergebnisse der Monitoringuntersuchungen mit den Kampagnen im März 2022 sowie Oktober/Dezember 2022 werden im Kapitel 3 des vorliegenden Berichts dokumentiert.

2. Umfang der Wasserentnahme und Wasserableitung im Rahmen der Sanierung Verladebahnhof 1

2.1 Beschreibung der Maßnahme und Sanierungstechnik

Die Abstromsicherung des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 1 erfolgt mittels Wasserförderung, Wasserreinigung und Rückführung des gereinigten Wassers über eine Sickerrigole (siehe Anlage 2) in den Grundwasserleiter.

Hierbei wird im Kontaminationszentrum aus derzeit 10 Brunnen Grundwasser gefördert, um ein weiteres Abströmen von Schadstoffen mit dem Grundwasser zu unterbinden. Die Brunnen, die als Förderbrunnen in die Sanierung integriert wurden, sind aufgrund der dort festgestellten, hohen Belastung des Grundwassers bezüglich BTEX, MTBE, PAK und MKW ausgewählt worden.

Die Grundwasserförderung erfolgt mittels Tauchpumpen aus den Brunnen. Die Entnahmetiefen sind den Tabellen in der Anlage 7 zu entnehmen.

Die Wasseraufbereitung erfolgt durch eine Strippanlage mit nachgeschalteter zweistufiger Aktivkohlefilterung des Wassers. Eine zweistufige Aktivkohlefiltration wird zur Reinigung der Abluft der Strippanlage eingesetzt. Die in den Brunnen aufschwimmende Leichtphase wird mittels druckluftgesteuertem Abschöpfsystem in Vorlagebehältern aufgefangen und sachgemäß entsorgt.

Da es im geförderten Grundwasser während des Pumpetriebs zu Eisen-Ausfällungen kommt, ist den Aktivkohlefiltern eine Enteisenung, bestehend aus einem Sandfilter sowie einer automatischen Rückspüleinrichtung, vorgeschaltet.

Das gereinigte Wasser wird über eine Rigole nördlich der Grundwassermessstelle GWMS 12/13, östlich der Pumpstation 2 wieder versickert.

Ein schematisches Fließbild der Sanierungsanlage befindet sich in der Anlage 13. Die Position der Förderbrunnen sowie des Standortes der Sanierungsanlage sind in der Anlage 2 ersichtlich.

2.2 Anforderung an die Wasserableitung

Gemäß der Anordnung durch die Freie Hansestadt Bremen, Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa vom 05.09.2016 sind für die Ableitung des Wassers in den Sickergraben folgende Werte einzuhalten:

Benzol	=	1 µg/l
BTEX (Summe, einschließlich Trimethylbenzol)	=	15 µg/l
MKW	=	100 µg/l
MTBE	=	15 µg/l
PAK (ohne Naphthalin)	=	0,1 µg/l
Naphthalin	=	1 µg/l

Bei Einleitung in die Weser:

Benzol	=	5 µg/l
BTEX (Summe, einschließlich Trimethylbenzol)	=	50 µg/l
MKW	=	500 µg/l
MTBE	=	15 µg/l
PAK (ohne Naphthalin)	=	0,4 µg/l
Naphthalin	=	1 µg/l

2.3 Probenahme

Die Kontrolle der Sanierungsanlage hinsichtlich der Entwicklung der Schadstoffgehalte wird einmal monatlich durch die HPC AG (Beprobung des ungefilterten Rohwassers der Förderbrunnen) durchgeführt. Am jeweiligen Kontrolltermin werden, ebenfalls durch die HPC AG, auch die Wasserstände sämtlicher Grundwassermessstellen dokumentiert.

Die HPC AG führt einmal monatlich eine Kontrolle der Reinigungsleistung der Anlage durch. Die Einhaltung der Grenzwerte bei der Versickerung wird somit gesichert. Die Kontrolle besteht aus der Beprobung des gefilterten Ablaufwassers nach den Aktivkohlefiltern sowie der gereinigten Abluft nach den Luftaktivkohlefiltern und der anschließenden Analyse im Labor.

Die Analytik der Wasser- und Luftproben erfolgt durch das Institut SGS Fresenius. Eine Übersicht der Analysenergebnisse, erfolgter Filterwechsel und Instandsetzungsarbeiten an der Sanierungsanlage ist Anlage 8 zu entnehmen. Die Protokolle der Probenahmen befinden sich in der Anlage 11, die Messungen der Wasserstände in der Anlage 12 des vorliegenden Berichtes.

Tabelle 1: Aufstellung über erbrachte Leistungen

	ausgeführt durch	im Auftrag	Intervall
Fördermengen pro Brunnen	HPC AG	Performa Nord	monatlich
Förderraten der Sanierungsanlage	HPC AG	Performa Nord	monatlich
Phasenmächtigkeit in Entnahmebrunnen	Züblin	Performa Nord	2-3 mal / Jahr
Phasenmächtigkeit in GWMS	HPC AG	Performa Nord	monatlich
Wasserstände Entnahmebrunnen	HPC AG	Performa Nord	monatlich
Wasserstände GWMS	HPC AG	Performa Nord	monatlich
Rohwasserchemie	SGS Fresenius	Performa Nord	monatlich
Reinwasserchemie	SGS Fresenius	Performa Nord	monatlich
Entsorgung Leichtphase	Nehlsen GmbH und Co KG	Züblin	2-3 mal / Jahr

2.4 Ergebnisse der laufenden Sanierung

Die Wasserförderung erfolgt aus insgesamt 10 Förderbrunnen. Diese wurden im Jahr 2016 eingerichtet. Eine Übersicht der Förderbrunnen inkl. der Filterlage und Beginn der Nutzung als Förderbrunnen ist Tabelle 2 zu entnehmen. Eine Zusammenfassung der Historie bezüglich Einrichtung/ Nutzung der Förderbrunnen sowie Veränderungen/ Anpassungen der laufenden Sanierung liegt in der Anlage 9 vor.

Tabelle 2: Stammdaten Förderbrunnen Verladebahnhof 1**Stand 2022**

Brunnen	GWMS 01/12	GWMS 02/12	GWMS 03/12	GWMS 04/12	GWMS 05/12
Filterlage [m u GOK]	4-8	10-15	20-25	4-8	10-15
Ausbaudurchmesser [mm]	125	125	125	125	125
Beginn der Grundwasserförderung	11/2016	11/2016	11/2016	11/2016	11/2016
Beginn der Phasenabschöpfung	-	-	-	10/2017	-
Durchschnittliche Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,172	0,499	0,240	0,443	0,496
Aktuelle Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,110	0,230	0,160	0,390	0,570
Durchschnittliche Fracht [kg/Monat]	0,030	0,040	0,040	0,020	0,380
Aktuelle Fracht [kg/Monat]	0,030	0,080	0,070	0,050	0,520

Brunnen	GWMS 11/13	GWMS 12/13	GWMS 14/13	GWMS 15/13	GWMS 16/13
Filterlage [m u GOK]	4-10	4-10	4-10	4-10	4-9
Ausbaudurchmesser [mm]	125	125	125	125	125
Beginn der Grundwasserförderung	11/2016	11/2016	11/2016	11/2016	11/2016
Beginn der Phasenabschöpfung	06/2021	-	06/2021	06/2021	06/2021
Durchschnittliche Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,128	0,241	0,194	0,226	0,189
Aktuelle Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,174	0,302	0,180	0,300	0,000
Durchschnittliche Fracht [kg/Monat]	0,010	0,050	0,480	2,380	0,020
Aktuelle Fracht [kg/Monat]	0,000	0,030	0,060	0,650	0,000

2.4.1 Mengen der Wasserentnahme, Entwicklung der Schadstoffgehalte, Frachten

Die Wasserförderung erfolgte seit dem Beginn der Sanierung im November 2016 über die Förderbrunnen GWMS 01/12 bis GWMS 05/12 und GWMS 11/12, welche im Jahr 2012 erstellt und erstmals am 18.12.2012 beprobt wurden sowie über die Förderbrunnen GWMS 11/13, GWMS 12/13 und 14/13 bis 16/13, welche Ende des Jahres 2013 eingerichtet und im November bzw. Dezember 2013 erstmals untersucht wurden. Die Förderbrunnen waren zuvor Bestandteil des Monitorings des Verladebahnhofs 1.

Die im bisherigen Sanierungszeitraum realisierten Fördermengen und die ermittelten Schadstoffgehalte sowie die ausgetragenen Schadstoffmengen sind in der Anlage 7 ersichtlich und betragen aktuell 185 kg. Die Frachtenberechnung in Anlage 7 ergibt sich aus den monatlich abgelesenen Zählerständen und den durchschnittlichen Schadstoffkonzentrationen. Die Konzentration wird dabei in kg umgerechnet. Die Summe der Frachten wird durch Addition der Einzelfrachten der Förderbrunnen ermittelt. Am Ende steht die Gesamtsumme der ausgetragenen Schadstofffracht seit Beginn der Sanierung. Die Befunde im gereinigten Ablaufwasser bzw. der Abluft können Anlage 8 entnommen werden.

Die Laborprotokolle mit detaillierten Angaben zu den Analysen befinden sich in der Anlage 10.1, die Probenahmeprotokolle in der Anlage 11.1. Nachfolgend (Tabelle 3) werden die aktuellen Analysenbefunde für BTEX in einer Übersicht dargestellt. Bei der Analytik vom 26.09.2022 war im Rahmen einer

Gerätewartung ein Problem im Labor aufgetreten. Auch nach erneuter Analytik an Rückstellproben waren die Ergebnisse nicht ganz plausibel. Daher werden die Daten dieser Beprobung nicht bei der Bewertung berücksichtigt.

Tabelle 3: BTEX-Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Sanierungsanlage (ungefiltertes Rohwasser) im aktuellen Berichtszeitraum 2022

Gehalte für BTEX in µg/l im ungefilterten Rohwasser der Förderbrunnen (einschl. Trimethylbenzole, Cumol, Styrol)										
Datum	GWMS 01/12	GWMS 02/12	GWMS 03/12	GWMS 04/12	GWMS 05/12	GWMS 11/13-flach	GWMS 12/13-flach	GWMS 14/13-flach	GWMS 15/13-flach	GWMS 16/13-flach
26.01.2022	311,00	381,00	509,00	111,00	734,00	328,00	664,00	3.401,00	8.548,00	8,00
10.03.2022	159,00	323,00	383,00	113,00	529,00	269,00	509,00	4.060,00	4.463,00	19,00
30.03.2022	215,00	325,00	404,00	128,00	555,00	274,00	512,00	330,00	7.703,00	11,00
19.04.2022	183,00	243,00	381,00	67,00	521,00	190,00	644,00	3.828,00	12.017,00	4,00
04.05.2022	194,00	307,00	374,00	106,00	522,00	280,00	566,00	6.240,00	5.579,00	20,00
30.06.2022	78,90	178,60	147,00	48,70	n.b.	77,90	197,00	1.122,00	n.b.	2,50
28.07.2022	236,00	488,00	369,00	125,00	558,00	470,00	285,00	2.722,00	7.670,00	3,00
30.08.2022	208,00	280,00	387,00	121,00	745,00	291,00	483,00	5.000,00	21.970,00	19,00
26.09.2022	< 1,00	202,00	262,00	29.270,00	< 1,00	1.423,00	312,00	30.360,00	17.860,00	< 1,00
28.10.2022	218,00	318,00	343,00	138,00	556,00	262,00	452,00	1.524,00	4.809,00	21,00
01.12.2022	192,00	228,00	246,00	79,00	392,00	175,00	317,00	373,00	1.781,00	5,00
19.12.2022	305,00	325,00	457,00	123,00	745,00	220,00	389,00	324,00	2.181,00	n.b.

Die BTEX-Gehalte im geförderten Grundwasser unter Angabe von Minimal-/Maximalwert, Median und aktuellem Befund des jeweiligen Förderbrunnens sind zusätzlich im Lageplan in der Anlage 2 aufgeführt.

Eine tabellarische und grafische Darstellung der Konzentrationsentwicklung seit Sanierungsbeginn ist dem Messstellenkataster zu entnehmen.

Ergänzend zu der bekannten Hauptschadstoffgruppe der BTEX wurden gemäß der unter Kapitel 2.2 genannten Anordnung zur Sanierung die Stoffgruppen der PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), der MKW (Mineralölkohlenwasserstoffe) und der Schadstoff MTBE (Methyl-tertiärbutylether) analysiert (Tabelle 4, 5 und 6). Eine grafische Darstellung der jeweiligen Konzentrationsentwicklung seit Sanierungsbeginn erfolgt im Messstellenkataster.

Im aktuellen Untersuchungszeitraum sind seit Juni 2022 auffällig hohe Schadstoffgehalte in den Förderbrunnen GWMS 14/13-flach, GWMS 12/13-flach und GWMS 15/13-flach nachgewiesen worden. Dies betrifft insbesondere die Parameter MKW und PAK. Die Inbetriebnahme der Phasenabschöpfung hat zu Veränderungen in der Förderrate geführt. Die Schwankungen der Schadstoffgehalte in den oben genannten Förderbrunnen sind auf das Vorhandensein von Leichtphase in den Proben zurückzuführen. Es ist unklar, warum die PAK, als auch der Anteil der MKW von der für die Förderbrunnen üblichen Schadstoffzusammensetzung abweichen.

Tabelle 4: PAK-Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Förderbrunnen (ungefiltertes Rohwasser) im aktuellen Berichtszeitraum 2022

Gehalte für PAK in µg/l im ungefilterten Rohwasser der Förderbrunnen										
Datum	GWMS 01/12	GWMS 02/12	GWMS 03/12	GWMS 04/12	GWMS 05/12	GWMS 11/13-flach	GWMS 12/13-flach	GWMS 14/13-flach	GWMS 15/13-flach	GWMS 16/13-flach
26.01.2022	23,38	9,28	6,57	7,04	23,53	8,27	37,09	66,09	49,75	1,37
10.03.2022	16,92	6,23	5,60	6,70	15,45	10,28	27,75	27,75	37,86	0,75
30.03.2022	24,84	3,01	3,97	8,90	17,77	11,38	25,34	87,21	61,69	0,81
19.04.2022	23,16	4,62	5,18	5,41	20,08	13,19	38,13	118,21	15,51	0,58
04.05.2022	12,75	6,04	5,57	14,06	10,53	11,95	24,05	220,26	28,78	1,06
30.06.2022	22,00	9,70	8,41	9,05	n.b.	9,73	13,20	208,00	n.b.	0,07
28.07.2022	13,97	4,23	6,29	7,34	11,12	8,22	24,11	657,71	456,86	1,11
30.08.2022	28,50	9,00	5,91	15,42	15,31	15,99	26,46	3.451,18	62,14	2,08
26.09.2022	22,34	7,97	10,18	60,98	25,59	14,77	32,15	1.500,70	3,18	3,18
28.10.2022	14,33	8,16	3,66	26,69	10,54	4,74	10,70	12.275,30	49,90	1,30
01.12.2022	21,22	3,98	3,97	63,77	21,16	13,89	35,33	3.247,26	42,05	2,02
19.12.2022	22,73	3,20	3,23	9,94	6,98	5,77	57,12	8.266,80	101,19	n.b.

Tabelle 5: MKW-Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Sanierungsanlage (ungefiltertes Rohwasser) im aktuellen Berichtszeitraum 2022

Gehalte für MKW in mg/l im ungefilterten Rohwasser der Förderbrunnen										
Datum	GWMS 01/12	GWMS 02/12	GWMS 03/12	GWMS 04/12	GWMS 05/12	GWMS 11/13-flach	GWMS 12/13-flach	GWMS 14/13-flach	GWMS 15/13-flach	GWMS 16/13-flach
26.01.2022	0,30	0,00	0,00	2,00	0,20	0,20	0,30	1,20	2,10	0,20
10.03.2022	0,00	0,00	0,00	0,00	<0,1	<0,1	<0,1	24,00	0,40	0,00
30.03.2022	0,70	0,00	0,00	1,00	<0,1	0,40	0,10	3,60	1,70	0,00
19.04.2022	0,50	0,20	0,20	0,60	0,50	0,40	0,40	7,80	2,80	0,00
04.05.2022	0,20	0,20	0,20	5,10	0,30	0,20	0,20	80,00	0,70	0,00
30.06.2022	3,10	0,49	0,29	12,00	n.b.	5,90	700,00	2.100,00	n.b.	1,90
28.07.2022	0,20	0,10	0,60	2,30	0,40	2,30	0,40	7.800,00	7.700,00	0,50
30.08.2022	0,30	0,50	0,20	6,90	0,30	7,50	0,30	4.800,00	96,00	0,80
26.09.2022	0,70	0,00	0,00	20,00	0,10	0,30	0,20	750,00	23,00	8,60
28.10.2022	1,10	0,00	0,10	18,00	0,30	0,30	2,90	790,00	2,50	0,90
01.12.2022	0,40	<0,1	2,00	13,00	<0,1	<0,1	0,10	790,00	4,50	<0,1
19.12.2022	0,50	0,10	0,10	3,40	0,60	0,20	0,40	310,00	4,10	n.b.

Tabelle 6: MTBE-Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Sanierungsanlage (ungefiltertes Rohwasser) im aktuellen Berichtszeitraum 2022

Gehalte für MTBE in µg/l im ungefilterten Rohwasser der Förderbrunnen										
Datum	GWMS 01/12	GWMS 02/12	GWMS 03/12	GWMS 04/12	GWMS 05/12	GWMS 11/13-flach	GWMS 12/13-flach	GWMS 14/13-flach	GWMS 15/13-flach	GWMS 16/13-flach
26.01.2022	<0,5	2,80	18,00	1,40	6,30	1,40	3,90	10,00	<0,5	<0,5
10.03.2022	<0,5	<0,5	15,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
30.03.2022	<0,5	2,20	17,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
19.04.2022	<0,5	<0,5	13,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	8,10	<0,5	<0,5
04.05.2022	<0,5	<0,5	17,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
30.06.2022	<0,5	1,70	12,00	<0,5	n.b.	1,00	2,60	<0,5	n.b.	<0,5
28.07.2022	0,90	2,00	17,00	0,80	<0,5	4,10	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
30.08.2022	<0,5	<0,5	15,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
26.09.2022	<0,5	<0,5	1,70	1.300,00	<0,5	<0,5	2,30	240,00	<0,5	<0,5
28.10.2022	<0,5	<0,5	16,00	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
01.12.2022	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
19.12.2022	<0,5	1,90	15,00	<0,5	<0,5	1,20	4,00	<0,5	<0,5	n.b.

2.4.2 Phasenmächtigkeiten

Die Messungen der Mächtigkeiten des Phasenkörpers in den Sanierungsbrunnen können nur im Zusammenhang mit dem Ausbau und der Wartung der Phasenförderpumpen in unregelmäßigen Abständen erfolgen.

Zusätzliche Systeme zur Bestimmung der Phasenmächtigkeit lassen sich in den Förderbrunnen aufgrund des Ausbaudurchmessers der Brunnen nicht unterbringen. Die Ergebnisse der bisherigen Messungen seit Beginn der Sanierung am Verladebahnhof 1 stellen sich wie folgt dar:

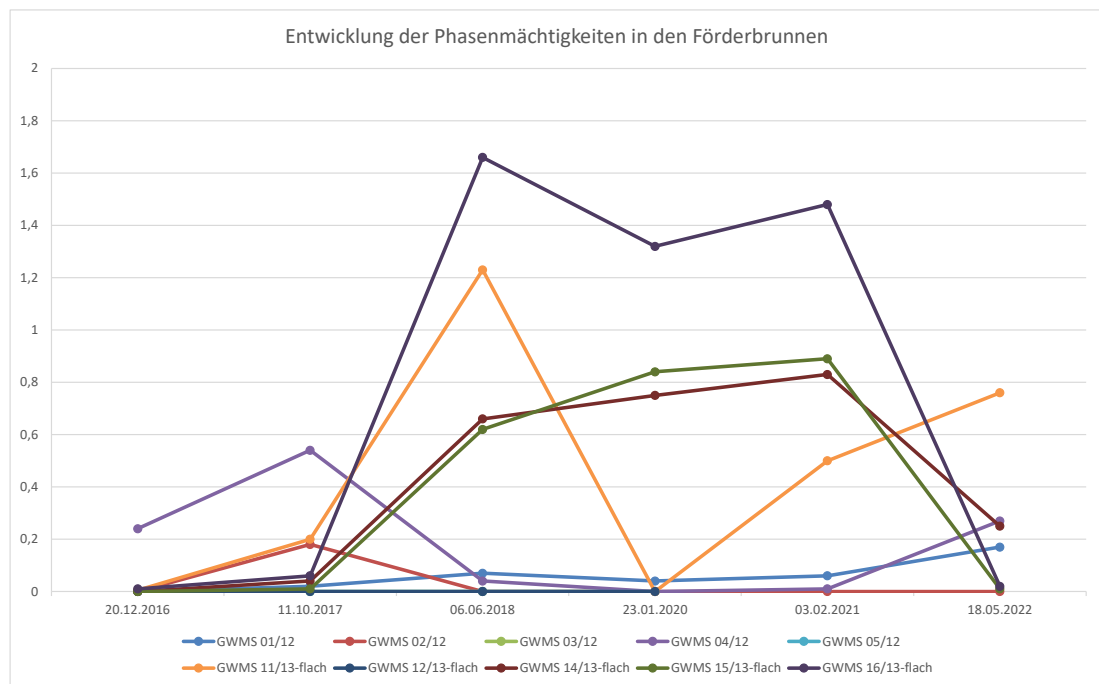
Tabelle 7: Phasenmächtigkeiten in Förderbrunnen

Mächtigkeit Phasenkörper in Meter										
Datum	GWMS 01/12	GWMS 02/12	GWMS 03/12	GWMS 04/12	GWMS 05/12	GWMS 11/13-flach	GWMS 12/13-flach	GWMS 14/13-flach	GWMS 15/13-flach	GWMS 16/13-flach
20.12.2016	0	0	0	0,24	0	0,005	0	0	0	0,01
11.10.2017	0,02	0,18	0	0,54	0	0,2		0,04	0,01	0,06
06.06.2018	0,07	0	0	0,04	0	1,23	0	0,66	0,62	1,66
23.01.2020	0,04	0					0	0,75	0,84	1,32
03.02.2021	0,06	0	0	0,01	0	0,5	0	0,83	0,89	1,48
18.05.2022	0,17	0	0	0,27	0	0,76	0	0,25	0,01	0,02

Der Brunnen GWMS 04/12 wies im Oktober 2017 eine größere Phasenmächtigkeit auf, so dass die Phasenförderung in Betrieb genommen wurde. Eine Phasenförderung an den Messstellen GWMS 11/13-flach, 14/13-flach, GWMS 15/13-flach und GWMS 16/13-flach wurde 2021 in Betrieb genommen. Die Phasenmessung mittels 2-Phasen-Lot ergab im aktuellen Untersuchungszeitraum des Jahres 2022 an einem Förderbrunnen einen Leichtpha-

senkörper mit einer Mächtigkeit $\geq 0,50$ m. Seit Beginn der Untersuchungen waren an insgesamt fünf Förderbrunnen Phasenkörper in dieser Größenordnung festgestellt worden. Die Phasenmächtigkeiten zum 18.05.2022 waren deutlich geringer als während der Messungen in den Jahren 2018, 2020 und 2021. Die bisher geförderten Leichtphasenmengen werden zusammen mit den Leichtphasen des Verladebahnhof II abtransportiert (Entsorgung). Es erfolgt keine separate Mengenermittlung.

Grafik 1: Entwicklung der Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen [m]

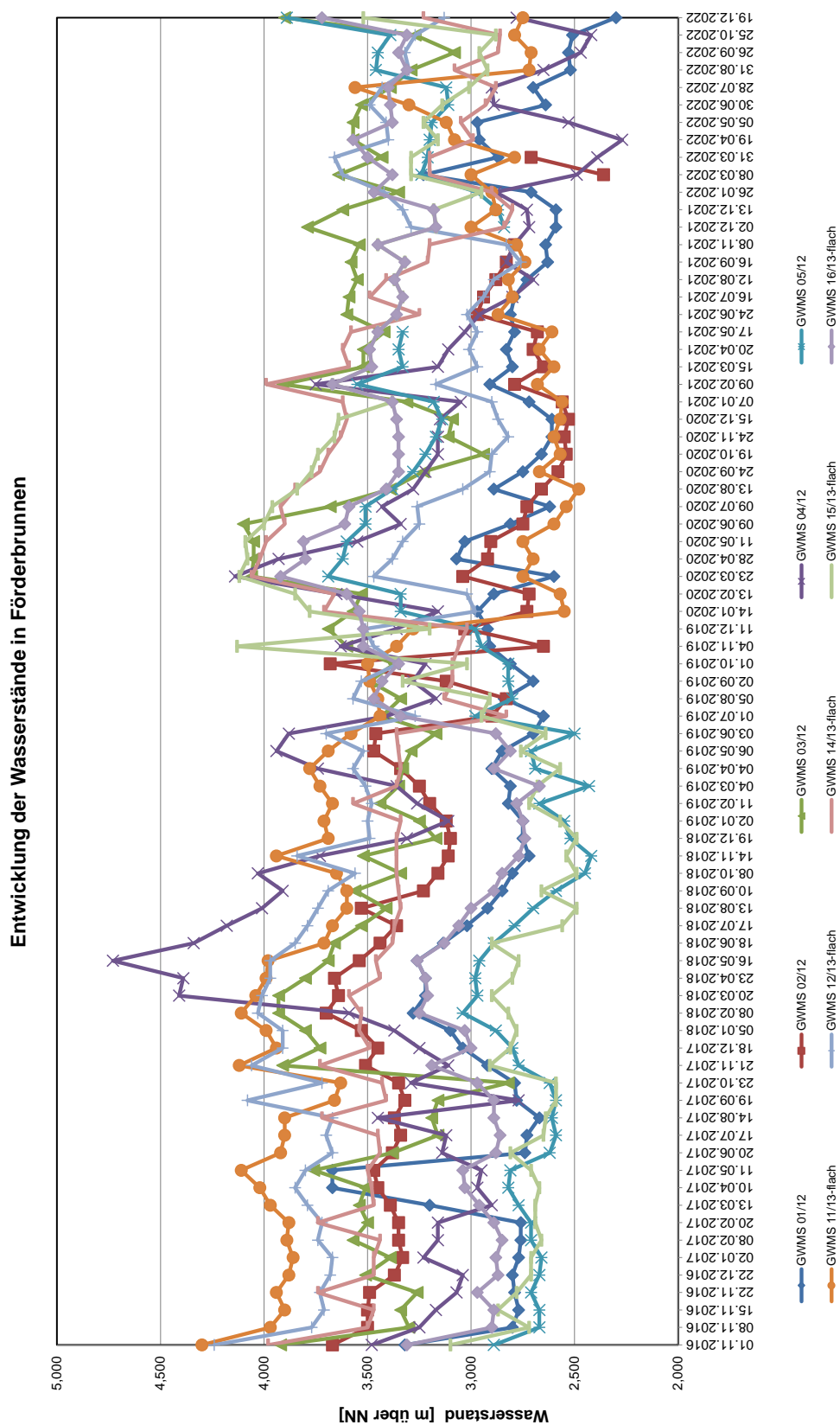


In den Beobachtungsmessstellen wurde keine aufschwimmende Phase nachgewiesen.

2.4.3 Wasserstände

Im Zuge der monatlichen Kontrolle der Sanierungsanlage sowie der Beprobung des Wassers aus den Sanierungsbrunnen werden die automatisch aufgezeichneten Wasserstandsdaten abgelesen. Die so gewonnenen Informationen dienen der Prüfung der Wirksamkeit der hydraulischen Eindämmung des Schadens. In der Anlage 1 ist der Grundwassergleichenplan einer Stichtagmessung (Mai 2022) exemplarisch dargestellt, um die derzeitige Wirksamkeit des Förderbetriebes zu dokumentieren. Die folgende grafische Darstellung zeigt die Veränderungen der Wasserstände mit Beginn der Sanierung ab November 2016.

Grafik 2: Entwicklung der Wasserstände in den Sanierungsbrunnen



Die in der Grafik 2 dargestellten Ganglinien des Grundwasserspiegels zeigen für alle Förderbrunnen mit Beginn der Wasserförderung eine Absenkung des Wasserspiegels. Die Grundwasserflurabstände betragen im aktuellen Berichtszeitraum (Jahr 2022) zwischen 4,4 m (GWMS 03/12) und 6,3 m (GWMS 11/13) unter Geländeoberkante (GOK). Die Ganglinien der Förderbrunnen verlaufen parallel zueinander. Schwankungen der Wasserspiegelhöhe während des Sanierungsbetriebes gehen im Wesentlichen auf Unterschiede in den Fördermengen zurück. So korreliert etwa die seit Herbst 2019 von durchschnittlich 0,45 zu 0,2 m³/h verringerte Förderrate des Brunnens 16/13 mit einem höheren Wasserstand (von 2,8 mNN zu 3,3 mNN). Die höhere Förderrate (ca. 0,5 m³/h) im Brunnen 03/12 seit Juni 2020 korreliert wiederum mit einem niedrigeren Wasserstand in der zweiten Jahreshälfte des Jahres 2020.

Im Jahr 2019 und 2020 wurden bei den Förderbrunnen GWMS 04/12 und GWMS 15/13 episodisch ungewöhnlich hohe Wasserstände gemessen. Ursache für den Wasserspiegelanstieg war die im betroffenen Zeitraum festgestellte diskontinuierliche Förderung. Seit 2021 haben sich die Förderraten stabilisiert und es treten nur geringere Wasserspiegelschwankungen auf.

2.4.4 Veränderungen/Anpassungen der laufenden Sanierung

Technische Probleme bei der Anlagensteuerung oder den Komponenten der Sanierungsanlage sind im bisherigen Sanierungsverlauf nur wenige und in geringem Umfang aufgetreten, so dass der Sanierungsbetrieb insgesamt nicht beeinträchtigt war.

2.5 Bewertung Sanierung Verladebahnhof 1

1. Durch die Grundwasserförderung über insgesamt 10 Förderbrunnen besteht, wie aus Anlage 1 ersichtlich, am Standort Verladebahnhof 1 eine Grundwasserabsenkung, welche bis an die Liegenschaftsgrenze heranreicht. Es sind im Bereich der GWMS 04/12, GWMS 05/12 und 11/12 sowie um die GWMS 11/13 und GWMS 15/13 jeweils Absenkrichter vorhanden, welche den Sanierungsbereich hydraulisch sichern. Der Abstrom von verunreinigtem Grundwasser wird weitgehend verhindert.
2. Die bisherige Entwicklung der BTEX-Gehalte zeigt in den Brunnen GWMS 02/12 und GWMS 11/13-flach im Verlauf des Sanierungszeitraumes von Januar 2017 bis Dezember 2022 ein gleichbleibend hohes Konzentrationsniveau. Die Messstelle GWMS 03/12 zeigt einen leichten Rückgang der BTEX-Gehalte. In der Messstelle GWMS 14/13-flach werden seit Januar 2022 fast durchgängig BTEX-Gehalte > 1.000 µg/l nachgewiesen, wobei eine große Schwankungsbreite zu verzeichnen ist (ca. 300-6.000 µg/l). Die höchsten Konzentrationen treten aktuell im Jahr 2022, wie bisher, in der GWMS 15/13-flach auf, wobei auch hier erhebli-

che Schwankungen in den nachgewiesenen BTEX-Konzentrationen vorliegen. Bis September 2019 lag die durchschnittliche Konzentration bei ca. 6.600 µg/l BTEX. Zwischen Oktober 2019 und Oktober 2020 wurden dauerhaft über 10.000 µg/l, einmalig auch über 30.000 µg/l BTEX im Grundwasser ermittelt. Im aktuellen Beobachtungszeitraum liegen die Werte für BTEX im Bereich zwischen ca. 1.800 µg/l und ca. 22.000 µg/l.

In der GWMS 12/13 wurden nach auffällig hohen Befunden im Jahr 2018 (durchschnittlich 1.400 µg/l) in den darauffolgenden Jahren seit 2019 und beständig Konzentrationen unterhalb 1.000 µg/l festgestellt, so dass sich hier für die letzten Jahre eine durchschnittliche BTEX-Konzentration von ca. 500 µg/l ergibt. In den Brunnen GWMS 04/12 und GWMS 05/12 bewegen sich die Werte 2022 auf einem ähnlichen Niveau wie in den Vorjahren. In der GWMS 16/13-flach waren im Jahr 2021 nahezu dauerhaft geringe Werte zwischen ca. 2,0 – 35 µg/l ermittelt worden. Aktuell liegen die BTEX-Gehalte bei maximal 20 µg/l.

Für eine grafische Darstellung der BTEX-Gehalte in den Förderbrunnen sowie den langfristigen Konzentrationsverlauf wird auf das Messstellenkaster des Standortes Tanklager Farge bzw. die Anlage 2 verwiesen.

3. Insgesamt haben sich die Leichtphasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen seit November 2016 erhöht. Die Phasenmächtigkeiten der Förderbrunnen im Bereich des Bahnhofs (14/13-flach, GWMS 15/13-flach und GWMS 16/13-flach) haben im aktuellen Untersuchungszeitraum des Jahres 2022 gegenüber den Vorjahren stark abgenommen, demgegenüber ist die Phasenmächtigkeit südwestlich des Verladebahnhofes 1 (01/12, 04/12) leicht angestiegen. Da bislang nur sechs Messwerte je Förderbrunnen ermittelt wurden und die Mächtigkeit der Phasen vom Zeitpunkt der Phasenabschöpfung abhängt, kann keine abschließende Aussage über einen Trend in Richtung weitere Zunahme der Mächtigkeit bzw. Auswirkungen nach einem Abschöpfen der Leichtphase getroffen werden. Die erhöhten Phasenmächtigkeiten sind vermutlich auf die durch den Pumpbetrieb verursachte Wasserspiegelabsenkung zurückzuführen, die ihrerseits zu einer Mobilisierung der Leichtphase geführt hat.
4. Die Analysenergebnisse der Beprobung des Ablaufwassers, siehe Anlage 8, zeigen bisher keine auffälligen Befunde. Für alle Parameter werden die Werte bei der Versickerung eingehalten. Benötigte Aktivkohlewechsel wurden zeitnah durchgeführt.

2.5.1 Vorschläge zum weiteren Vorgehen:

1. Der Sanierungsbetrieb ist im derzeitigen Umfang mit der Wasserförderung aus den Brunnen GWMS 01/12, GWMS 02/12, GWMS 03/12, GWMS 04/12, GWMS 05/12, GWMS 11/13, GWMS 12/13, GWMS 14/13, GWMS 15/13 und GWMS 16/13 weiter zu betreiben.

2. Die Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen, insbesondere in den Brunnen 11/13, 14/13, 15/13 und 16/13 erfordern eine Phasenabschöpfung, die dort sowie im Brunnen 04/12 bereits installiert und fortzuführen ist. Für die übrigen Förderbrunnen reichen die vorhandenen Mengen an Leichtphase derzeit noch nicht für den Abschöpfungsbetrieb aus.
3. Die Phasenabschöpfung in den Brunnen 11/13, 14/13, 15/13 und 16/13 ist zu erhöhen, um die Phasenförderung zu optimieren. In Brunnen 15/13 ist dies bereits erfolgt. Die Anpassung der Pumpraten der anderen Brunnen erfolgt 2023.
4. Die bis zum Jahr 2017 im Abstand von 2 Wochen ausgeführte Kontrolle der Schadstoffgehalte im gereinigten Ablaufwasser wurde seit dem Jahr 2018 auf einen monatlichen Turnus umgestellt. Die einmal im Monat durchgeführten Entnahmen reichen aus, um die Kontrolle der Einhaltung der Einleitwerte bei der Versickerung sicherzustellen.

3. Grundwassermonitoring

3.1 Bereich Verladebahnhof 1

Seit August 2014 wird der Bereich des Verladebahnhofs 1 der Liegenschaft in das regelmäßige Monitoring des Tanklagers Bremen Farge eingeschlossen. Das Monitoring umfasst die monatliche Messung der Grundwasserstände sowie halbjährlich die Beprobung und Analyse des Grundwassers aus den vorhandenen Grundwassermessstellen. Die Messstellen GWMS 01/12 bis GWMS 05/12 und GWMS 11/12 wurden im Jahr 2012 erstellt und erstmals am 18.12.2012 untersucht. Die übrigen Messstellen wurden Ende des Jahres 2013 eingerichtet und im November und Dezember 2013 erstmals beprobt.

Für die südliche Abgrenzung der Grundwasserverunreinigung wurden im Jahr 2013 die Messstellen GWMS 19/13 und GWMS 20/13 sowie im Dezember 2015 die Messstellengruppe GWMS 01/15 erstellt. Zusätzlich wird der abstromig liegende Feuerlöschbrunnen FLB 107 im Monitoring berücksichtigt.

Für den Verladebahnhof 1 war zusätzlich zu den halbjährlichen Beprobungen im Jahr 2015 eine vierteljährliche Zwischenkontrolle durchzuführen. Das erste Zwischenmonitoring erfolgte im April 2015. Es umfasste die Beprobung und Analyse des Grundwassers aus allen vorhandenen Grundwassermessstellen im Bereich des Verladebahnhofs 1 sowie die Analyse des Wassers auf die Parameter BTEX, MKW, PAK und MTBE. Die Ergebnisse wurden in folgendem Bericht dokumentiert:

- Tanklager Bremen-Farge; LKNr. 220 038; Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 1 und Hafen (April 2015); HPC AG, 12.06.2015.

Das zweite Zwischenmonitoring erfolgte im September 2015. Die Ergebnisse wurden im 11. Sachstandsbericht zur Sanierung am Verladebahnhof 2 aufgeführt:

- *Tanklager Bremen-Farge; LKNr. 220 038; 11. Sachstandsbericht zur Sanierung des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 2 (Zeitraum Januar 2015 – Dezember 2015) - Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 2, Verladebahnhof 1 und Hafen (Zeitraum Januar 2015 – Dezember 2015); HPC AG, 20.06.2016.*

Die Ergebnisse des Grundwassermonitorings vom November 2016-Dezember 2017, sowie für die Jahre 2018 bis 2021 wurden im 1. - 5. Sachstandsbericht zur Sanierung am Verladebahnhof 1 aufgeführt:

Tanklager Bremen-Farge; 1. Sachstandsbericht zur Sanierung des Grundwassers (November 2016-Dezember 2017) im Bereich Verladebahnhof 1; HPC AG, 28.08.2018

Tanklager Bremen-Farge; 2. Sachstandsbericht zur Grundwassersanierung und Abstromsicherung im Bereich Verladebahnhof 1 (Januar 2018 - Dezember 2018) sowie Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 1; HPC AG, 15.08.2019

Tanklager Bremen-Farge; 3. Sachstandsbericht zur Grundwassersanierung und Abstromsicherung im Bereich Verladebahnhof 1 (Januar 2019 – Dezember 2019) sowie Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 1; HPC AG, 09.03.2020.

Tanklager Bremen-Farge; 4. Sachstandsbericht zur Grundwassersanierung und Abstromsicherung im Bereich Verladebahnhof 1 (Januar 2020 – Dezember 2020) sowie Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 1; HPC AG, 21.04.2021.

Tanklager Bremen-Farge; 5. Sachstandsbericht zur Grundwassersanierung und Abstromsicherung im Bereich Verladebahnhof 1 (Januar 2021 – Dezember 2021) sowie Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 1; HPC AG, 11.07.2022.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen sind in den folgenden Kapiteln dargestellt. Die Laborberichte der Analysen befinden sich in der Anlage 10.2, die Probenahmeprotokolle in der Anlage 11.2.

Für das Monitoring im Bereich des Verladebahnhofes auf der Liegenschaft sowie im Grundwasserabstrom ist in Abstimmung mit der Behörde derzeit folgender Untersuchungsumfang festgelegt:

- Die Kontrolle der Grundwasserqualität in den Monitoringmessstellen auf BTEX, MTBE, PAK und MKW erfolgt im ½-jährlichen Abstand (aktuell: März 2022 und Oktober/Dezember 2022; im vorliegenden Bericht dokumentiert).
- Nächstes Monitoring: Mai 2023, November 2023.

Im vorliegenden 6. Sachstandsbericht werden die Ergebnisse des Monitorings für den Verladebahnhof 1 und dessen Grundwasserabstrom aufgeführt. Für den Verladebahnhof 1 wurde im November 2016 eine Grundwassersanierung in Betrieb genommen. Die als Förderbrunnen genutzten Messstellen werden im Rahmen der laufenden Sanierung überwacht und nicht mehr im Zuge des Monitorings beprobt.

Die Auswertung der Ergebnisse aus dem aktuellen Monitoring erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln. Dabei werden die Befunde aus den GWMS bezüglich ihrer Lage im Schadenszentrum und im Abstrom sowie nach Entnahmetiefen (flach, mittel, tief) gestaffelt bewertet und den Ergebnissen der vorhergehenden Beprobungen gegenübergestellt. Eine tabellarische Aufstellung aller bisherigen Ergebnisse ist dem in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst für Bremen erstellten Messstellenkataster zu entnehmen. Eine Darstellung der Befunde für die Parameter BTEX, MTBE, PAK und MKW befindet sich außerdem in den Lageplänen der Anlagen 3 - 6.

Die Laborberichte der Analysen befinden sich in der Anlage 10, die Probenahmeprotokolle in der Anlage 11.

3.1.1 BTEX

Die Ergebnisse aus dem aktuellen Untersuchungszeitraum (Jahr 2022) werden für den Bereich Verladebahnhof 1 für den Parameter BTEX in den Lageplänen der Anlage 3 dargestellt.

3.1.1.1 Schadenszentrum (Messstellen: GWMS 11/12, GWMS 11/13-mittel, GWMS 12/13-mittel/tief, GWMS 13/13-flach/mittel/tief, GWMS 14/13-mittel/tief, GWMS 15/13-mittel, GWMS 16/13-mittel, GWMS 17/13-flach/mittel, GWMS 18/13-flach/mittel)

Der flache Teufenbereich innerhalb des Schadenszentrums wird im Wesentlichen durch die zu Förderbrunnen umgebauten Grundwassermessstellen abgedeckt. Die verbliebenen und zu beprobenden Beobachtungsmessstellen in diesem Bereich sind: GWMS 13/13-flach, GWMS 17/13-flach und GWMS 18/13-flach.

In der Messstelle GWMS 18/13-flach wurden im aktuellen Berichtszeitraum 2022 keine wesentlichen Veränderungen gegenüber den Vorjahren festgestellt (aktuell November 2022: 47 µg/l, Median: 46 µg/l). In der Messstelle GWMS 17/13-flach liegen die BTEX-Gehalte seit 2017 fast durchgängig oberhalb von 100 µg/l. Im Sept. 2018 lagen die bisher höchsten Konzentrationen (600 µg/l) vor. Im aktuellen Untersuchungszeitraum 2022 liegen die Konzentrationen bei 1 µg/l (März 2022) und 109 µg/l (Okt. 2022).

Die BTEX-Konzentrationen an der Messstelle GWMS 13/13-flach schwankten bis zum Ende des Jahres 2017 erheblich. Seit 2018 wurden beständig Gehalte von weniger als 500 µg/l ermittelt. Es zeichnet sich eine Konsolidierung auf einem niedrigeren Konzentrationsniveau ab, als es zu Beginn der Beobachtung nachgewiesen wurde (> 1.000 µg/l). Aktuell wurden im Oktober 2022 nur 6 µg/l BTEX nachgewiesen.

Im mittleren Teufenbereich wurden im Laufe des Monitorings z.T. sehr stark schwankende BTEX-Gehalte festgestellt. In der Messstelle GWMS 18/13-mittel befinden sich die Befunde des aktuellen Berichtszeitraums 2022 innerhalb der üblichen Schwankungsbreite. Im März und Oktober 2022 wurde jeweils ein Wert von ca. 60 µg/l (Median: 110 µg/l) nachgewiesen. Seit 2017 deutet sich hier ein rückläufiger Trend der BTEX-Konzentrationen an.

In drei weiteren Beobachtungsmessstellen zeichnet sich ebenfalls ein Trend zu niedrigeren BTEX-Konzentrationen ab. So wurden in der GWMS 13/13-mittel seit November 2019 Gehalte < 350 µg/l ermittelt (aktuell im Oktober 2022: 160 µg/l, Median: 474 µg/l). In der GWMS 14/13-mittel sind seit 2018 Werte < 250 µg/l nachweisbar (aktuell Okt. 2022: 177 µg/l; Median: 258 µg/l). In der Messstelle GWMS 16/13-mittel wurden im November 2019 erstmals keine BTEX nachgewiesen. Aktuell liegt die Konzentration bei 66 µg/l (Okt. 2022).

Auffällig ist die Entwicklung in den GWMS 11/12 und GWMS 11/13-mittel. Es zeichnet sich eine Zunahme der BTEX-Gehalte ab. In 2022 wurden in diesen zwei Messstellen die jeweils bisher höchsten BTEX-Konzentrationen ermittelt (GWMS 11/12: 342 µg/l; GWMS 11/13-mittel: 1.107 µg/l). Das Konzentrationsniveau in der GWMS 12/13-mittel liegt seit Mai 2021 bei max. 5 µg/l. Dies entspricht dem Niveau, welches vor dem Beginn des Sanierungsbetriebs am Verladebahnhof 1 bestand.

Der BTEX-Gehalt in der Messstelle GWMS 17/13-mittel war im November 2019 mit 141 µg/l für diese Messstelle außergewöhnlich hoch. Ein Trend zu dauerhaft höheren Werten hat sich hier jedoch nicht bestätigt, jedoch schwanken die BTEX-Konzentrationen erheblich. Die aktuellen Konzentrationen betragen 118 µg/l (März 2022) und 3 µg/l (Oktober 2022), der Median liegt bei 4 µg/l.

Die Messstellen GWMS 12/13-tief, 13/13-tief und 14/13-tief repräsentieren den tiefen Aquiferbereich des Schadenszentrums. Hier schwanken die BTEX-Konzentrationen seit Beginn der Untersuchungen erheblich. Die Befunde der Messstelle GWMS 12/13-tief liegen weiterhin auf einem niedrigen Niveau (GWMS 12/13-tief aktuell im Oktober 2022: 3 µg/l, Median: 0,5 µg/l). In der GWMS 13/13-tief wurde mit 933 µg/l im März 2020 und 842 µg/l im September 2020 ein höheres Konzentrationsniveau festgestellt als es für die Jahre 2016-2019 der Fall war. Seit 2021 sind die Werte deutlich niedriger (Oktober 2022: 125 µg/l). Für die BTEX-Gehalte in der Messstelle GWMS 14/13-tief ist insgesamt im langjährigen Vergleich trotz Konzentrations-

schwankungen eine Abnahme der Grundwasserbelastung festzustellen. Seit November 2019 sind die Konzentrationen geringer als 100 µg/l.

3.1.1.2 **Abstrom (Messstellen: GWMS 19/13-flach/mittel/tief, GWMS 20/13-flach/mittel/tief, GWMS 01/15-mittel/tief, FLB 107)**

Im flachen Teufenbereich des nahen Abstroms konnten einmalig seit 2015 im September 2020 geringe Konzentrationen von BTEX festgestellt werden (GWMS 19/13-flach: 9 µg/l). Seitdem waren BTEX jedoch nicht mehr nachweisbar. Die BTEX-Gehalte des mittleren Teufenbereichs sind nach wie vor niedrig (GWMS 19/13-mittel aktuell Oktober 2022: 8 µg/l; Median: 32 µg/l) bzw. nahe der Nachweisgrenze (GWMS 20/13-mittel aktuell nicht nachweisbar). Im tieferen Abschnitt konnten lediglich in der Messstelle GWMS 19/13-tief BTEX in geringer Konzentration nachgewiesen werden (18 µg/l; Median: 40 µg/l). In der Messstelle GWMS 20/13-tief, GWMS 1/15-mittel und 1/15-tief sowie im Brunnen FLB107 wurden aktuell im Zeitraum 2022 keine BTEX nachgewiesen. Insgesamt entsprechen die Ergebnisse des aktuellen Untersuchungszeitraums den bisherigen Befunden.

3.1.2 **MTBE**

Lokal wurde bei den bisherigen Untersuchungen des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 1 MTBE im Grundwasser verschiedener Messstellen ermittelt. Im Zuge des Monitorings wird das Grundwasser aller Messstellen halbjährlich auf MTBE analysiert, um ein Bild über die ungefähre Ausbreitung zu erhalten und die Konzentrationsentwicklung zu beobachten. Eine grafische Darstellung der Befunde für den Parameter MTBE befindet sich in den Lageplänen der Anlage 4. Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar.

3.1.2.1 **Schadenszentrum (Messstellen s.o.)**

Im flachen Teufenbereich des Schadenszentrums konnte im Jahr 2022 erneut nur in der GWMS 17/13-flach MTBE nachgewiesen werden (aktuell Okt. 2022: 3,3 µg/l). Die MTBE-Konzentrationen im mittleren Teufenbereich liegen unterhalb oder in der Nähe der Nachweisgrenze. In der GWMS 13/13-mittel (März 2022: 41 µg/l; Median: 29 µg/l) werden die höchsten Konzentrationen erreicht. Im tieferen Bereich zeigt sich ein ähnliches Bild. In der Messstelle GWMS 12/13-tief liegt der MTBE-Gehalt im März 2022 bei 1,4 µg/l. In der Messstelle GWMS 14/13-tief konnte MTBE nicht festgestellt werden. Seit Ende des Jahres 2015 wurde in der Beobachtungsmessstelle GWMS 13/13-tief zunächst wieder MTBE nachgewiesen. Aktuell wurden im Oktober 2022 37 µg/l MTBE ermittelt. Im Zeitraum von September 2020 bis März 2022 konnte MTBE an dieser Messstelle nicht nachgewiesen werden.

3.1.2.2 Abstrom (Messstellen s.o.)

Im mittleren und tiefen Aquiferabschnitt des Abstroms wurde im aktuellen Untersuchungszeitraum 2022 kein bzw. nur geringe Mengen MTBE nachgewiesen. In größerer Tiefe liegt MTBE in geringen Konzentrationen vor. Die Befunde entsprechen jeweils dem bisherigen Konzentrationsniveau. In den Messstellen GWMS 19/13-tief, GWMS 20/13-tief und FLB107 wurden aktuell im Oktober maximal 11 µg/l MTBE ermittelt. In den Messstellen GWMS 1/15-mittel und GWMS 1/15-tief wurde im aktuellen Untersuchungszeitraum 2022, wie auch in den Jahren zuvor, kein MTBE festgestellt.

3.1.3 PAK

Lokal wurden bei den bisherigen Untersuchungen des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 1 PAK im Grundwasser verschiedener Messstellen ermittelt. Im Zuge des Monitorings wird das Grundwasser aller Messstellen halbjährlich auf PAK analysiert, um ein Bild über die ungefähre Ausbreitung zu erhalten und die Konzentrationsentwicklung zu beobachten. Eine Darstellung der Befunde für den Parameter PAK befindet sich in den Lageplänen der Anlage 5. Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar.

3.1.3.1 Schadenszentrum (Messstellen s.o.)

Die PAK-Gehalte in den Grundwassermessstellen des Verladebahnhofs 1 entsprechen im aktuellen Untersuchungszeitraum (Jahr 2022) in ihrer Größenordnung den Befunden aus den vorangegangenen Monitoringuntersuchungen und liegen in der hier bekannten Schwankungsbreite vor. Das Konzentrationsniveau für PAK in GWMS 13/13-flach, GWMS 17/13-flach und GWMS 18/13-flach ist hier unverändert.

Alle Beobachtungsmessstellen des mittleren Teufenbereichs weisen PAK in nachweisbaren Konzentrationen auf. Die Werte liegen aber auch hier seit den letzten 2 – 3 Jahren auf einem niedrigen Niveau.

PAK in nachweisbaren Konzentrationen liegen auch in größerer Tiefe weiterhin vor. Die Konzentrationen liegen unterhalb von 5 µg/l. Der höchste Befund ist weiterhin in der Messstelle GWMS 14/13 zu beobachten (Okt. 2022: 1,28 µg/l, Median: 5,44 µg/l).

3.1.3.2 Abstrom (Messstellen s.o.)

Im mittleren und tiefen Bereich des Abstroms wurden im aktuellen Untersuchungszeitraum 2022, wie in den vorherigen Untersuchungen, nur geringe Konzentrationen für PAK nachgewiesen. Für die Messstelle GWMS 19/13-

mittel liegen die höchsten PAK-Konzentrationen vor (Oktober 2022: 0,26 µg/l; Median: 0,99 µg/l) vor.

In den Messtellen GWMS 1/15-mittel und GWMS 1/15-tief liegen die PAK-Gehalte im aktuellen Untersuchungszeitraum 2022 nahe der Nachweisgrenze. Dies entspricht den bisherigen Befunden in diesem Bereich des Abstroms des Verladebahnhof 1.

3.1.4 MKW

Bei den bisherigen Untersuchungen des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 1 wurden lokal MKW im Grundwasser verschiedener Messstellen ermittelt. Im Zuge des Monitorings wird das Grundwasser aller Messstellen halbjährlich auf MKW analysiert, um ein Bild über die ungefähre Ausbreitung zu erhalten und die Konzentrationsentwicklung zu beobachten. Eine Darstellung der Befunde für den Parameter MKW befindet sich in den Lageplänen der Anlage 6. Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar.

3.1.4.1 Schadenszentrum (Messstellen s.o.)

Im flachen und im mittleren Teufenbereich des Schadenszentrums wurden für den Großteil der Beobachtungsmessstellen im hier dokumentierten Beobachtungszeitraum keine oder nur geringe MKW-Gehalte nachgewiesen. Positive Befunde bestehen aktuell in den Messstellen GWMS 13/13-flach (0,2 mg/l; Median: 0,2 mg/l) und GWMS 11/13-mittel (0,70 mg/l; Median: nicht nachgewiesen). Im tieferen Grundwasser sind aktuell keine MKW festgestellt worden. Eine wesentliche Veränderung der MKW-Konzentrationen gegenüber den Vorjahren besteht nicht.

3.1.4.2 Abstrom (Messstellen s.o.)

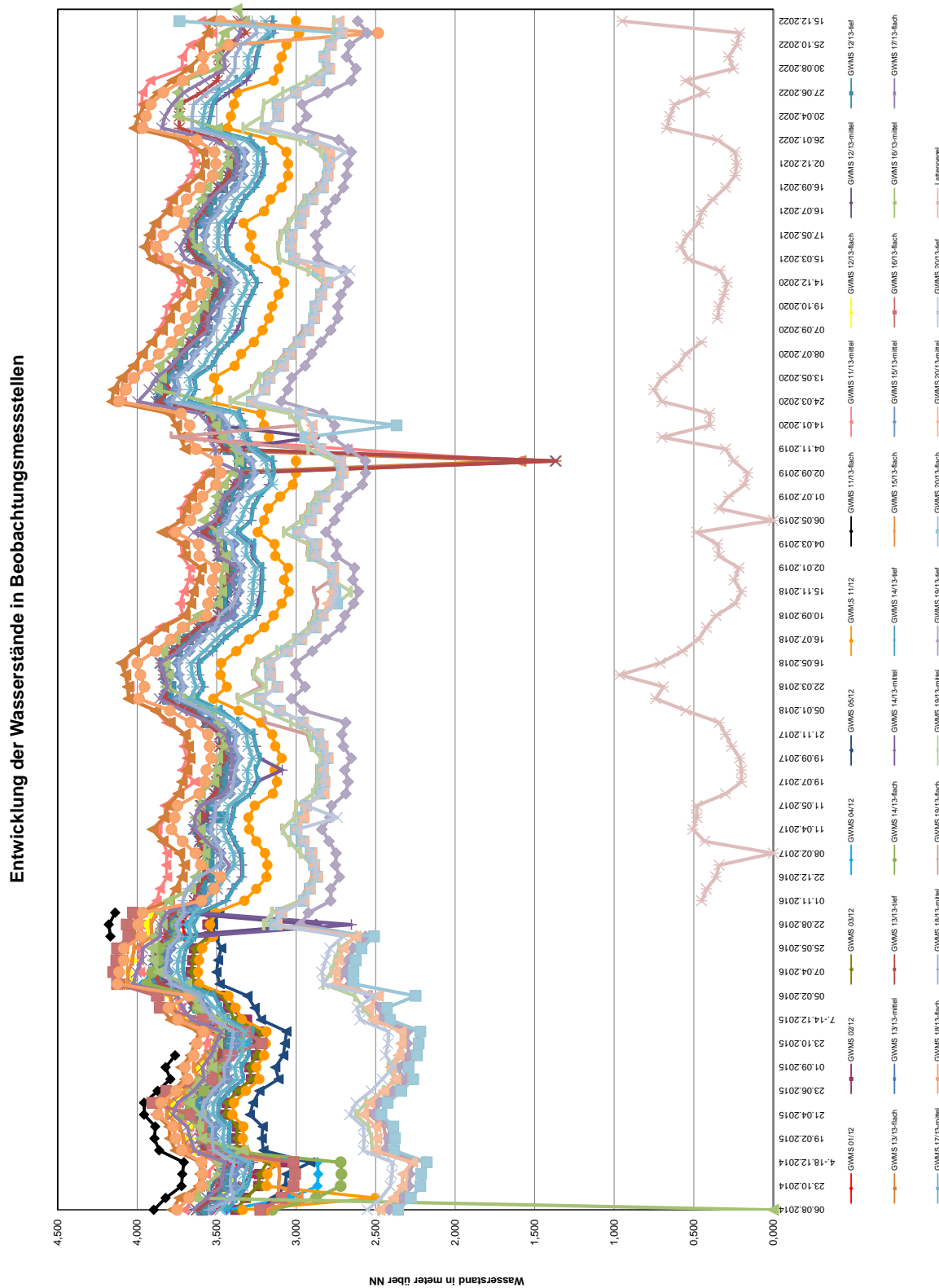
Die Schadstoffgruppe der MKW konnte aktuell (Jahr 2022) lediglich in der Messstelle GWMS 19/13-mittel in geringen Konzentrationen nachgewiesen werden. In den vorhergehenden Messungen lagen die bislang einzigen positiven Befunde für MKW ebenfalls in dieser Beobachtungsmessstelle.

3.1.5 Grundwasserstände, Grundwasserfließrichtung

Die Messung der Grundwasserstände in den Beobachtungsmessstellen im Bereich Verladebahnhof 1 erfolgt monatlich. Die Messwerte sind im Detail dem Messstellenkataster zu entnehmen.

Nachfolgend wird die Entwicklung der Grundwasserstände grafisch für die Beobachtungsmessstellen im Umfeld und im Grundwasserabstrom des Verladebahnhofs 1 dargestellt.

Grafik 3: Wasserstände im Bereich Verladebahnhof 1



In der Zeit vom Juli 2016 bis November 2016 wurden insgesamt 10 Messstellen (GWMS: 1/12, 2/12, 3/12, 4/12, 5/12, 11/13-flach, 12/13-flach, 14/13-flach, 15/13-flach, 16/13-flach) zu Sanierungsbrunnen umgebaut und entsprechend andere Bezugshöhen (Schachtoberkante = GOK) für die Wasserstandsmessungen verwendet. Seit November 2016 werden die Wasserstände der als Sanierungsbrunnen genutzten Messstellen nicht mehr per Handmessung erfasst, sondern im Rahmen der Überwachung der Sanierung automatisch aufgezeichnet. Die Wasserstandsdaten der Sanierungsbrunnen sind in Kapitel 2.4.3 des vorliegenden Berichts dokumentiert.

Die Wasserstandsmessungen erfolgten im Zuge des Monitorings jeweils vor der Beprobung des Grundwassers in den einzelnen Messstellen. Im Oktober 2019 sind Auffälligkeiten in den Messstellen GWMS 11/13-mittel, 13/13-flach, -mittel und -tief zu verzeichnen. Bei der anschließenden Stichtagsmessung im November 2019 sind die Wasserstände dieser vier Messstellen wieder auf das vorherige Niveau zurückgekehrt. Korrelierende Veränderungen in der Förderrate des in unmittelbarer Nähe befindlichen Brunnens GWMS 11/13-flach bestehen nicht. Im aktuellen Untersuchungszeitraum des Jahres 2022 wurden keine Auffälligkeiten bezüglich der Wasserstände festgestellt.

In der Anlage 1 ist die Grundwasserfließrichtung für den Stichtag 04.05.2022 für den Bereich Verladebahnhof 1 dargestellt. Die generelle Grundwasserfließrichtung ist nach Südwesten orientiert. Im Bereich der Förderbrunnen ist um die Brunnen GWMS 01/12 bis GWMS 03/12 sowie um die Brunnen GWMS 11/13 und GWMS 12/13 jeweils eine lokale Absenkung des Grundwasserspiegels erkennbar. Die Fließrichtung des Grundwassers ist innerhalb der Liegenschaftsgrenzen durch den Betrieb der Förderbrunnen im flachen Aquiferabschnitt in Richtung der Förderbrunnen orientiert.

Im Bereich Verladebahnhof 1 zeigen sich bisher im gesamten Beobachtungszeitraum saisonal durch unterschiedliche Niederschlagshöhen bedingte Grundwasserspiegelschwankungen.

3.1.6 Bewertung Verladebahnhof 1

1. Die Befunde für BTEX im flachen Teufenbereich des Schadenszentrums weisen auf einen Transport des belasteten Grundwassers in Richtung der Messstelle GWMS 17/13-flach hin. Hier wurde mit Beginn des Jahres 2017 ein rel. hohes Konzentrationsniveau bezüglich BTEX nachgewiesen, das sich aber im Verlauf der weiteren Sanierung bis Ende 2022 weiter verringert hat. Gleichzeitig zeigt sich bis Ende 2021 eine fast kontinuierliche Verringerung der BTEX-Gehalte im abstromig gelegenen Förderbrunnen 04/12. Der Anstieg der Konzentrationen in der GWMS 17/13-flach fiel zeitlich mit dem Beginn des Sanierungsbetriebes zusammen. Vermutlich führte der Förderbetrieb der Sanierungsbrunnen zu einer Mobilisierung von BTEX durch ein verändertes Strömungsregime im Grundwasser.

Im mittleren und tiefen Bereich des Schadenszentrums sind die abnehmenden BTEX-Gehalte in den Messstellen GWMS 14/13-mittel und GWMS 14/13-tief auffällig. Diese Entwicklung ist in den folgenden Monitoringkampagnen bis aktuell zum Oktober 2022 weiter zu beobachten. Es kann derzeit gefolgert werden, dass sich die Wasserförderung im Sanierungsbrunnen GWMS 14/13-flach positiv auf die Schadstoffgehalte im mittleren und tiefen Aquiferabschnitt auswirkt.

Demgegenüber steht im aktuellen Berichtszeitraum des Jahres 2022 eine weiter anhaltende Zunahme der BTEX-Konzentrationen in der Messstelle GWMS 11/12 im Südwesten der Gleise sowie in GWMS 11/13-mittel. Die GWMS 12/13-mittel zeigte bis Ende 2020 (September 2020: 877 µg/l) ebenfalls zunehmende Werte für BTEX, seit Mai 2021 (max. 5 µg/l) sind die Werte dagegen erheblich niedriger. Für GWMS 11/12 ist ein Zusammenhang mit der Wasserförderung der benachbarten Förderbrunnen erkennbar. Die Förderung in GWMS 01/12 und GWMS 04/12 führt hier vermutlich zu einer Mobilisierung der BTEX in Richtung des Beobachtungsbrunnens. Für den Bereich nördlich der Verladegleise (GWMS 11/13-mittel, GWMS 12/13-mittel) ist hier kein Zusammenhang mit den Förderraten erkennbar.

Seit dem Monitoring im Dezember 2016 liegen in der Beobachtungsmessstelle GWMS 16/13-mittel nur vergleichsweise geringe BTEX-Konzentrationen vor. Die Abnahme der Werte insgesamt steht vermutlich im Zusammenhang mit der Wasserförderung im Zuge des Sanierungsbetriebes an den Messstellen GWMS 15/13-flach und GWMS 16/13-flach und zeigt die positive Auswirkung der laufenden Sanierungsmaßnahme. In beiden Sanierungsbrunnen sind die BTEX-Gehalte rückläufig.

2. Die BTEX-Gehalte im Abstrom des Verladebahnhof 1 entsprechen den Befunden aus den Vorjahren und zeigen weiterhin nur geringe bzw. keine Belastungen des Grundwassers.
3. Hinsichtlich der MTBE-Belastung am Verladebahnhof 1 im aktuellen Untersuchungszeitraum sind gegenüber den Vorjahren nur wenige Veränderungen im Bereich des Schadenszentrums feststellbar. Die höchsten Werte für MTBE liegen im Jahr 2022 im mittleren und tiefen Teufenbereich vor.

Im Abstrom des Verladebahnhofs 1 entsprechen die Befunde den Vorjahren.

4. Bezüglich der PAK-Belastung im Grundwasser des Verladebahnhof 1 ergaben sich im aktuellen Untersuchungszeitraum 2022 nur wenige Veränderungen gegenüber den Befunden des Vorjahres. In der Messstelle GWMS 13/13-flach (Schadenszentrum) ist der PAK-Gehalt seit Beginn des Jahres 2018 deutlich zurückgegangen und seitdem auf einem etwa gleichbleibenden Niveau (Oktober 2022: 5,25 µg/l).

Die Befunde an dieser Messstelle sind weiter zu beobachten. Eine Verlagerung der PAK in Richtung Abstrom zeigt sich aktuell nicht.

5. Die MKW-Belastung des Grundwassers am Verladebahnhof 1 beschränkt sich weiterhin auf das Schadenszentrum. Eine wesentliche Konzentrationsveränderung hat hier nicht stattgefunden. Im Abstrom wurden im Jahr 2022 in einer Messstelle MKW in geringen Konzentrationen nachgewiesen (GWMS 19/13-mittel).
6. Die GWMS 15/13-mittel konnte seit Dezember 2017 nicht mehr beprobt werden. Der Brunnen ist versandet und wird aus dem Monitoringprogramm herausgenommen. Eine Instandsetzung ist nach den geplanten Rückbauarbeiten in diesem Bereich geplant.
7. Die in den Jahren 2014 und 2015 zeitweise gemessenen großen Phasenmächtigkeiten in den heutigen Sanierungsbrunnen wurden kurz vor und seit Beginn der Sanierung in dem damaligen Umfang nicht mehr festgestellt. Die Mächtigkeiten der Leichtphasen in den Messstellen fielen ab April 2015 gegenüber Dezember 2014 deutlich geringer aus, zum Teil waren Phasen nicht mehr messbar.

Vermutlich stand die Veränderung der Phasenmächtigkeiten mit Grundwasserspiegelschwankungen in Verbindung. Hohe Wasserstände können dazu führen, dass der Wasserspiegel über den im Boden vorhandenen Phasenkörper reicht, so dass zeitweise keine Phase festzustellen ist, da der Phasenkörper sich nur verzögert nach oben bewegen und in die Messstelle übertreten kann. Ein sinkender Wasserspiegel ermöglicht einen verstärkten Zufluss von Leichtphase in die Messstelle.

Die Phasenmächtigkeiten in den untersuchten Förderbrunnen haben sich aktuell in 2022 gegenüber den Vorjahren seit 2018 verändert. Die Phasenmächtigkeiten der Förderbrunnen im Bereich des Bahnhofs haben im aktuellen Untersuchungszeitraum des Jahres 2022 gegenüber den Vorjahren stark abgenommen, demgegenüber ist die Phasenmächtigkeit südwestlich des Verladebahnhofs 1 leicht angestiegen. In den Vorjahren bis 2021 haben die im Phasenmächtigkeiten im Verladebahnhof 1 stetig zugenommen, was auf eine dauerhafte Verlagerung der aufschwimmenden Phase durch den verstärkten Pumpbetrieb im Jahr 2018 zurückgeführt wurde. Die gestiegene Phasenmächtigkeit ermöglichte die Inbetriebnahme einer Abschöpfung an den betreffenden Messstellen (11/13-flach, 14/13-flach, 15/13-flach und 16/13-flach). Die Phasenmächtigkeit ist hierdurch im Zentrum des Verladebahnhofs 1 reduziert worden. An GWMS 11/13-flach konnte kein Effekt der Abschöpfung auf die Mächtigkeit der Leichtphase beobachtet werden.

8. Mit der Messstellengruppe GWMS 20/13 war die Grundwasserverunreinigung bisher analytisch in südöstliche Richtung abgegrenzt. BTEX waren in allen drei Tiefenabschnitten der GWMS 20/13 bis März 2018 nicht nach-

weisbar. Seit September 2018 wurden bis zu 3,00 µg/l in der Messstelle 20/13-mittel nachgewiesen. Die BTEX-Konzentrationen sind nur gering und zeigen derzeit keine steigende Tendenz. Die PAK- und MKW-Gehalte sind in der Messstellengruppe nahezu unverändert.

Die Abgrenzung der Belastung in südwestliche Richtung, ausgehend von der Messstellengruppe GWMS 19/13, ist mit der Messstellengruppe GWMS 1/15 erfolgt. Lediglich in der Messstelle GWMS 1/15-tief gab es im September 2018 einen einmaligen geringen positiven Befund bezüglich BTEX (1 µg/l). Im aktuellen Untersuchungszeitraum 2022 liegt der BTEX-Gehalt wie bereits seit 2019 unterhalb der Nachweisgrenze. Insgesamt deutet sich eine Abnahme der Grundwasserbelastung in diesem Bereich an. Maßnahmen, die über das weitere Monitoring hinaus gehen, sind nicht erforderlich.

3.1.7 Weiteres Vorgehen

Die Kontrolle der Grundwasserqualität in den Monitoringmessstellen sollte wie folgt weitergeführt werden:

- Kontrolle der Grundwasserqualität in den Monitoringmessstellen auf BTEX, MTBE, PAK und MKW im ½-jährlichen Abstand mit Berücksichtigung jahreszeitlicher Einflüsse (nächste Untersuchungen: Mai 2023, November 2023).



Dipl. Geol. O. Böcker

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



M.Sc. Geow. N. Schroth