

BERICHT

Projekt-Nr. **2080303** Ausfertigungs-Nr. **digital**

Datum **17.06.2024**

Tanklager Bremen-Farge

LKNr. 220 038

**19. Sachstandsbericht zur Sanierung des Grundwassers
im Bereich Verladebahnhof 2 (Zeitraum: Januar 2023 – Dezember 2023)
sowie**

**Monitoringuntersuchungen im Bereich
Verladebahnhof 2 (Januar 2023 - Dezember 2023)**

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 2	7
2.1 Beschreibung der Maßnahme und Sanierungstechnik	7
2.2 Anforderung an die Wasserableitung	8
2.3 Probenahme	9
2.4 Ergebnisse der laufenden Sanierung	10
2.5 Bewertung Sanierung Verladebahnhof 2	24
3. Grundwassermonitoring	29
3.1 Bereich Verladebahnhof 2	29
3.2 Tiefenorientierte Abgrenzung der Grundwasserverunreinigung und Monitoring im Abstrom der ehem. Kanisterabstellfläche	42

Anlagen

- 1 Lageplan: Darstellung der Grundwasserfließrichtung im Dezember 2023 Bereich Verladebahnhof 2 und Abstrom
- 2 Lageplan: Darstellung Standort der Sanierungsanlage Verladebahnhof 2 und Verlauf von Förderleitungen sowie BTEX-Gehalte im geförderten Grundwasser
- 3 Lagepläne: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für BTEX in Grundwassermessstellen - Verladebahnhof 2 und Abstrom nach Teufenbereich gegliedert
 - 3.1 Flach
 - 3.2 Mittel
 - 3.3 Tief
- 4 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für MTBE in Grundwassermessstellen - Verladebahnhof 2 und Abstrom nach Teufenbereich gegliedert
 - 4.1 Flach
 - 4.2 Mittel

4.3 Tief

- 5 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für PAK in Grundwassermessstellen - Verladebahnhof 2 und Abstrom nach Teufenbereich gegliedert
 - 5.1 Flach
 - 5.2 Mittel
 - 5.3 Tief
- 6 Lageplan: Grafische Darstellung der BTEX-Schadstofffahne
- 7 Lageplan: Grafische Darstellung der MTBE-Schadstofffahne
- 8 Tabelle: Entwicklung der Schadstoffgehalte und Frachten - Sanierung Verladebahnhof 2
- 9 Tabelle: Befunde im gereinigten Ablaufwasser und der Abluft - Sanierung Verladebahnhof 2
- 10 Tabellarische Aufstellung der Veränderungen/ Anpassungen der laufenden Sanierung sowie Übersicht Betriebsstunden
- 11 Laborberichte Sanierung - Verladebahnhof 2 Sanierungsanlage
- 12 Laborberichte Monitoring - Verladebahnhof 2 und Abstrom
 - 12.1 Monitoring Verladebahnhof 2 und Abstrom- Mai 2023
 - 12.2 Monitoring Verladebahnhof 2 und Abstrom- November 2023
 - 12.3 Ergebnisse Tiefenerkundung
- 13 Probenahmeprotokolle
 - 13.1 Sanierung Verladebahnhof 2 - Sanierungsanlage
 - 13.2 Monitoring Verladebahnhof 2 und Abstrom
 - 13.2.1 Monitoring Verladebahnhof 2 und Abstrom – Mai 2023
 - 13.2.2 Monitoring Verladebahnhof 2 und Abstrom – November 2023
 - 13.3 Tiefenerkundung
- 14 Protokolle der Wasserstandsmessungen - Verladebahnhof 2 und Abstrom
- 15 Schematisches Fließbild der Sanierungsanlage- Sanierung Verladebahnhof 2
- 16 Tabellarische Aufstellung über ausgeführte Grundwasseruntersuchungen 2023

Abbildungsverzeichnis

- **Grafik 1: Entwicklung Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen**
- **Grafik 2: Entwicklung Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen des Gleisbereichs**
- **Grafik 3: Entwicklung Phasenmächtigkeiten in den Beobachtungsmessstellen**
- **Grafik 4: Entwicklung der Wasserstände in den Sanierungsbrunnen**
- **Grafik 5: Grundwasserstände in Beobachtungsmessstellen - Verladebahnhof 2**

Tabellenverzeichnis

- **Tabelle 1: Aufstellung über erbrachte Leistungen**
- **Tabelle 2: Stammdaten Förderbrunnen Verladebahnhof 2**
- **Tabelle 3 : Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Sanierungsanlage (ungefiltertes Rohwasser)**
- **Tabelle 4: Mengen geförderter Leichtphasen**
- **Tabelle 5: Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen**
- **Tabelle 6: Phasenmächtigkeiten GWMS 1/13 bis GWMS 6/13**
- **Tabelle 7: Phasenmächtigkeiten in den Beobachtungsmessstellen**
- **Tabelle 8: BTEX-Gehalte in den Förderbrunnen im aktuellen Untersuchungszeitraum**

1. Anlass und Aufgabenstellung

Im Bereich des Verladebahnhofs 2 wurde anhand der Ergebnisse aus den bisher durchgeführten Erkundungen eine Kontamination von Boden und Grundwasser durch BTEX lokalisiert und lateral sowie vertikal abgegrenzt.

Unter Berücksichtigung der ermittelten BTEX-Gehalte im Schadenszentrum sowie des vorhandenen Phasenkörpers im Bereich des Verladebahnhofs 2 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 (jetzt: SKUMS – Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau) mit Schreiben vom 17.05.2010 auf der Grundlage des *Antrages auf eine wasserbehördliche Erlaubnis für die Entnahme und Ableitung des Grundwassers im Rahmen einer Sanierung*, HPC AG 29.03.2010, angeordnet. Dabei wurde die dauerhafte Unterschreitung der folgenden Sanierungszielwerte festgelegt:

In der Bodenluft:

BTEX	=	< 5,0 mg/m ³
------	---	-------------------------

Im Boden:

Benzol	=	< 0,5 mg/kg TS
BTEX (einschl. Trimethylbenzol)	=	< 10 mg/kg TS
MKW	=	< 1000 mg/kg TS

Im Grundwasser:

Benzol	=	< 1,0 µg/l
BTEX (einschl. Trimethylbenzol)	=	< 20,0 µg/l
MKW	=	< 100,0 µg/l
MTBE	=	< 15 µg/l
PAK (Summe EPA, ohne Naphthalin)	=	< 1,0 µg/l

Die HPC AG wurde von Performa Nord, Geschäftsbereich Bundesbau beauftragt, die Sanierung des Grundwassers auf der Liegenschaft des Tanklagers Bremen-Farge, Bereich Verladebahnhof 2 fachgutachterlich zu begleiten.

Der Verlauf der Grundwassersanierung wird, wie in der Anordnung vom 17.05.2010 gefordert, in regelmäßigen, jährlichen Berichten zum Sachstand durch HPC AG dargestellt:

1. Sachstandsbericht, 29.10.2010: Zeitraum Juli 2010 - Oktober 2010
2. Sachstandsbericht, 15.03.2011: Zeitraum Juli 2010 - Februar 2011

3. Sachstandsbericht, 26.06.2011: Zeitraum Juli 2010 - Juni 2011
4. Sachstandsbericht, 25.01.2012: Zeitraum August 2011 - Januar 2012
5. Sachstandsbericht, 20.08.2012: Zeitraum Februar 2012 - Juli 2012
6. Sachstandsbericht, 15.04.2013: Zeitraum August 2012 - März 2013
7. Sachstandsbericht, 06.01.2014: Zeitraum April 2013 - August 2013
8. Sachstandsbericht, 14.03.2014: Zeitraum September 2013 - Februar 2014
9. Sachstandsbericht, 30.07.2014: Zeitraum März 2014 - Juli 2014
10. Sachstandsbericht, 31.08.2015: Zeitraum August 2014 - Dezember 2014
11. Sachstandsbericht, 20.06.2016: Zeitraum Januar 2015 - Dezember 2015
12. Sachstandsbericht, 30.05.2017: Zeitraum Januar 2016 - Dezember 2016
13. Sachstandsbericht, 14.09.2018: Zeitraum Januar 2017 - Dezember 2017
14. Sachstandsbericht, 25.06.2019: Zeitraum Januar 2018 - Dezember 2018
15. Sachstandsbericht, 23.03.2020: Zeitraum Januar 2019 - Dezember 2019
16. Sachstandsbericht, 21.04.2021: Zeitraum Januar 2020 – Dezember 2020
17. Sachstandsbericht, 11.07.2022: Zeitraum Januar 2021 – Dezember 2021
18. Sachstandsbericht, 13.02.2023: Zeitraum Januar 2022 – Dezember 2022.

Im vorliegenden 19. Sachstandsbericht wird der Sanierungszeitraum von Januar 2023 bis Dezember 2023 dokumentiert. In den jeweiligen Sachstandsberichten werden außerdem die Ergebnisse der Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 2 und dessen Grundwasserabstrom dargestellt. Die Dokumentation für den Verladebahnhof 1 und den Bereich des Hafens erfolgte bis zum 13. Sachstandsbericht in einem gemeinsamen Bericht. Beginnend mit dem 14. Sachstandsbericht werden diese Bereiche getrennt dokumentiert.

Zwecks Übersichtlichkeit und zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse in den unterschiedlichen Teufenabschnitten des Grundwassers, werden nachfolgend alle Analysenergebnisse im Hinblick auf ihre laterale und vertikale Position gegenüber der Schadstoffquelle bewertet. Für die tiefenbezogene Einteilung der Grundwassermessstellen in flache, mittlere und tiefe Messstellen ist die Entnahmetiefe über NN ausschlaggebend.

Die in den Übersichtsplänen eingefügten Analysenergebnisse aus den einzelnen Messstellen werden zwecks Übersichtlichkeit als Minimal-, Maximal-, Median und aktuellem Wert in komprimierter Form dargestellt. Damit bleibt ein Vergleich mit früheren Schadstoffbelastungen möglich. Aufgrund der angefallenen Datenmenge seit Beginn der Sanierung im Tanklager Farge, sind die Ergebnisse aller Stichtagsmessungen sowie die Analysenergebnisse aller gewonnenen Grundwasserproben in einem in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst für Bremen erarbeiteten Messstellenkataster zusammengeführt.

Einzelanalysen und Trendverläufe sind somit digital verfügbar. Das Kataster steht seit Mitte 2020 unter folgender Adresse zur Verfügung:

https://gdfbmapserver.marum.de/mapbender3/application/Messstellenkataster_Farge

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

2.1 Beschreibung der Maßnahme und Sanierungstechnik

Die Sanierung des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 2 erfolgt zum jetzigen Zeitpunkt mittels des Verfahrens der hydraulisch unterstützten Phasenabschöpfung.

Hierbei wurde im Kontaminationszentrum bis November 2022 aus 12 Brunnen, im Zeitraum von Dezember 2022 – Januar 2024 baubedingt aus 8 Brunnen und seit Februar 2024 aus 11 Brunnen Grundwasser gefördert, um ein weiteres Abströmen von Schadstoffen mit dem Grundwasser zu unterbinden. Dabei werden die Fördermengen, Förderraten sowie die Wasserstände der Förderbrunnen in der Anlage automatisch erfasst und im monatlichen Abstand von der HPC AG ausgelesen und dokumentiert. Die Ablesung ermöglicht in Verbindung mit der vom Labor durchgeführten Analytik eine Frachtberechnung für die einzelnen Förderbrunnen.

Parallel zur Grundwasserförderung wird eine Phasenabschöpfung betrieben, wodurch eine nachhaltige Entfrachtung des wassergesättigten Bodens bzw. des Überganges wassergesättigte/ wasserungesättigte Bodenzone ermöglicht wird. Die HPC AG führt im Rahmen der monatlichen Stichtagsmessung mittels 2-Phasen-Lot eine Phasenmessung an folgenden GWMS durch: GWMS 04/13, GWMS 01/06-flach und GWMS 01/08. Die Firma Züblin führt ca. vierteljährlich Phasenmessungen an den Förderbrunnen durch. Bei der Abschöpfung werden die Phasen in einem Sammelbehälter zusammengeführt. Eine Mengenerfassung je Brunnen ist daher nicht möglich.

Die Grundwasserförderung erfolgt mittels Tauchpumpen aus den Brunnen. Die Entnahmetiefen sind den Planunterlagen zu entnehmen (Anlage 2). Die in den Förderbrunnen aufschwimmende Leichtphase wird mittels druckluftgesteuertem Abschöpfsystem in einem Vorlagebehälter aufgefangen und ordnungsgemäß entsorgt (ausgeführt durch die Nehlsen GmbH und Co KG, im Auftrag der Firma Züblin).

Die Wasseraufbereitung erfolgt durch eine zweistufige, horizontale Strippanlage mit nachgeschalteter zweistufiger Aktivkohlefilterung des Wassers sowie der Abluftreinigung aus der Strippanlage mittels dreistufiger Aktivkohlefiltration.

Da im geförderten Grundwasser Eisen-Ausfällungen beim Pumpbetrieb stattfinden, ist den Aktivkohlefiltern eine Enteisenung, bestehend aus einem Sandfilter sowie einer automatischen Rückspüleinrichtung, vorgeschaltet.

Das gereinigte Wasser wird zur Versickerung in den Graben westlich des Verladegleises 2 abgeführt. Die Analyse des Roh- und abgereinigten Wassers, sowie der abgereinigten Luft erfolgt durch ein akkreditiertes Labor (aktuell: Institut SGS Fresenius). Die Überprüfung der Reinigungsziele erfolgt im Auftrag von Performa Nord durch die HPC AG. Eine Übersicht der Analyseergebnisse, erfolgter Filterwechsel und Instandsetzungsarbeiten ist Anlage 9 zu entnehmen.

Ein schematisches Fließbild der Sanierungsanlage befindet sich in der Anlage 15. Die Position der Förderbrunnen sowie des Standortes der Sanierungsanlage ist in der Anlage 2 ersichtlich. Die Sanierungsanlage inklusive der Wasseraufbereitung, der Strippanlage und der Abluftreinigung wird von der Firma Züblin betrieben und instand gehalten.

Für die Optimierung des Sanierungsbetriebes im Bereich Verladebahnhof 2 wurden im Januar 2015 die Messstellen GWMS 01/13, GWMS 02/13, GWMS 03/13, GWMS 05/13 und GWMS 06/13 in die hydraulische Sanierung integriert. Seit August 2019 wurde der Förderbetrieb um zwei weitere Brunnen (01/17 und 02/17) ergänzt. Hierdurch konnte die Entfrachtung des Grundwasserleiters intensiviert werden.

Es ist zu beachten, dass die Brunnen GWMS 01/09, GWMS 02/09, GWMS 03/13 und GWMS 06/13 während des hier zu bewertenden Zeitraums nicht betrieben werden konnten, da sie sich im Baufeld der laufenden Rückbaumaßnahme am Verladebahnhof befinden. Die stillgelegten Förderbrunnen wurden gegen Beschädigung gesichert und die Vorlagebehälter seitlich gelagert, so dass nach Freimachung der Fläche die Brunnen wieder in Betrieb genommen werden konnten. Ausgenommen davon ist der Brunnen GWMS 02/09, welcher dauerhaft beschädigt wurde. Zusätzlich fanden diverse Arbeiten an der Anlage statt, welche sich auch auf die ablesbaren Zählerstände ausgewirkt haben. Die Daten sind daher insbesondere in der ersten Jahreshälfte lückenhaft. Zwei der Phasenabschöpfsysteme der stillgelegten Brunnen wurden an anderer Stelle eingesetzt (GWMS 04/09 und GWMS 06/09) und die Förderraten der GWMS 01/17 und GWMS 02/17 erhöht. Die Abschöpfung bei der GWMS 04/09 wird nach Reaktivierung der Brunnen wieder entfernt, da hier keine Phase abgeschöpft werden konnte. Der letzte Nachweis eines Phasenkörpers ist hier aus dem Jahr 2018 (siehe Tab. 5).

2.2 Anforderung an die Wasserableitung

Gemäß der Anordnung durch die Freie Hansestadt Bremen, Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa vom 17.05.2010 sind für die Ableitung des Wassers in den Sickergraben folgende Werte einzuhalten:

Benzol	= 10 µg/l
BTEX (einschl. Trimethylbenzol)	= 100 µg/l
MKW	= 1000 µg/l.

Bei Einleitung in die Weser:

Benzol	= 5 µg/l
BTEX (einschl. Trimethylbenzol)	= 50 µg/l
MKW	= 500 µg/l.

2.3 Probenahme

Die Kontrolle der Sanierungsanlage hinsichtlich der Entwicklung der Schadstoffgehalte wird einmal monatlich mittels Beprobung des ungefilterten Rohwassers der Förderbrunnen durchgeführt. Am jeweiligen Kontrolltermin werden auch die Wasserstände sämtlicher Grundwassermessstellen gemessen.

Die Kontrolle der Reinigungsleistung der Anlage hinsichtlich Einhaltung der Grenzwerte bei der Versickerung erfolgt einmal monatlich als Fremdüberwachung durch den Gutachter. Hierbei werden das gefilterte Ablaufwasser nach den Wasseraktivkohlefiltern sowie die gereinigte Abluft nach den Luftaktivkohlefiltern beprobt.

Die Kontrollen und die Protokollierung der Ergebnisse erfolgt durch die HPC AG. Die Protokolle der Probenahmen befinden sich in der Anlage 13 (die abgereinigte Luft ist dabei als AK 2 + 3 vermerkt), die Messungen der Wasserstände in der Anlage 14 des vorliegenden Berichtes. Eine Übersicht der durchgeführten Arbeiten und der jeweils ausführenden Firma ist folgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 1: Aufstellung über erbrachte Überwachungsleistungen:

	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/HPC AG	Performa Nord	vierteljährlich
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 über HPC	monatlich
Reinwasserchemie	SGS Fresenius	Performa Nord über HPC	monatlich
Entsorgung Leichtphase	Nehlsen GmbH und Co KG	Züblin	2-3 mal / Jahr

2.4 Ergebnisse der laufenden Sanierung

Die Wasserförderung erfolgte bis November 2022 aus insgesamt 12 Förderbrunnen. 4 Brunnen (GWMS 01/09, GWMS 02/09, GWMS 03/13 und GWMS 06/13) waren bis Ende 2023 baubedingt außer Betrieb. Aktuell sind 11 Förderbrunnen in Betrieb (s.o.). Die Förderbrunnen wurden mit Beginn der Sanierung im Jahr 2010 sukzessive eingerichtet. Eine Übersicht der Förderbrunnen inkl. der Filterlage und Beginn der Nutzung als Förderbrunnen ist Tab. 2 zu entnehmen. Hierbei ist zu beachten, dass die Datengrundlage aufgrund der zwischenzeitlichen Abschaltung der Förderbrunnen sowie wiederholter technischer Störungen lückenhaft ist. Eine Zusammenfassung der Historie bezüglich Einrichtung/ Nutzung der Förderbrunnen sowie Veränderungen/ Anpassungen der laufenden Sanierung liegt in Form der Anlage 10 vor. Hier sind auch die Betriebsstunden der Sanierungsanlage im aktuellen Untersuchungszeitraum dokumentiert.

Während des aktuellen Untersuchungszeitraums gab es einige technische Ausfälle. So wurden im Januar Steuerkabel beschädigt, wodurch es zum Ausfall der Anlage über einen Zeitraum von ca. 2 Wochen kam. Im Februar und März gab es kürzere Stillstandszeiten aufgrund von Defekten am Ölabscheider und an der Anlagensteuerung. Im Juli/ August 2023 waren Instandsetzungsarbeiten am Schlammbecken notwendig. Die Schäden wurden jeweils zeitnah behoben (siehe Anlage 10).

Da am Förderbrunnen GWMS 04/09 nur kurzzeitig eine Phasenabschöpfung installiert wurde, ist diese nicht in Tabelle 2 aufgeführt.

Um größeren Ablagerungen in der Strippanlage vorzubeugen, wird das System im 2-3 monatigen Abstand gereinigt. So kann dauerhaft eine hohe Reinigungsleistung erzielt werden.

Tabelle 2: Stammdaten Förderbrunnen Verladebahnhof 2**Stand 2023**

Brunnen	02/08	01/09	02/09	03/09	04/09	06/09	01/13
Filterlage [m u GOK]	14-25	13-21 24-30	13-22 24-28 30-35	13-22 24-30	21,8-28,8	12,7-21,63	12,5-19,5
Ausbaudurchmesser [mm]	125	125	125	125	125	125	150
Beginn der Grundwasserförderung	07/2010	07/2010	07/2010	07/2010	12/2011	09/2014	01/2015
Beginn der Phasenabschöpfung	07/2010	07/2010	07/2010	07/2010		04/2023	01/2015
Durchschnittliche Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,140	0,020	0,400	0,370	0,140	0,150	0,050
Aktuelle Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,190	0,120	seit 11/2022 außer Betrieb	seit 12/2013 außer Betrieb	0,160	0,220	0,100
Durchschnittliche Förderung BTEX (Fracht) [kg/Monat]	0,560	0,190	0,500	0,700	0,050	0,970	0,020
Aktuelle Förderung BTEX (Fracht) [kg/Monat] Stand: 20.12.2023	0,340	seit 11/2022 nicht beprobbar	seit 11/2022 außer Betrieb	seit 12/2013 außer Betrieb	0,060	0,480	0,030

Brunnen	02/13	03/13	05/13	06/13	01/17	02/17
Filterlage [m u GOK]	12,5-19,5	12,5-19,5	12,5-19,5	12,5-19,5	12-24	12-24
Ausbaudurchmesser [mm]	150	150	150	150	200	200
Beginn der Grundwasserförderung	01/2015	01/2015	01/2015	01/2015	08/2019	08/2019
Beginn der Phasenabschöpfung	01/2015	01/2015	01/2015	01/2015		
Durchschnittliche Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,160	0,070	0,180	0,030	0,640	0,560
Aktuelle Fördermenge Grundwasser [m³/h]	0,000	seit 11/2022 außer Betrieb	0,180	0,180	0,610	0,410
Durchschnittliche Förderung BTEX (Fracht) [kg/Monat]	0,030	0,480	0,440	0,010	1,030	0,620
Aktuelle Förderung BTEX (Fracht) [kg/Monat] Stand: 20.12.2023	seit 11/2022 nicht beprobbar	seit 11/2022 außer Betrieb	0,210	0,190	0,480	0,250

2.4.1 Mengen der Wasserentnahme, Entwicklung der Schadstoffgehalte, Frachten

Die im bisherigen Sanierungszeitraum realisierten Fördermengen und die ermittelten Schadstoffgehalte, die ausgetragenen Schadstoffmengen sowie die Befunde im gereinigten Ablaufwasser bzw. der Abluft sind in den Anlagen 8 und 9 detailliert ersichtlich. Die Frachtenberechnung in Anlage 8 ergibt sich aus den monatlich abgelesenen Zählerständen und den durchschnittlichen Schadstoffkonzentrationen. Die BTEX-Konzentration wird dabei in kg umgerechnet. Die Summe der Frachten wird durch Addition der Einzelfrachten der Förderbrunnen errechnet. Am Ende steht die Gesamtsumme der ausgetragenen Schadstofffracht seit Beginn der Sanierung.

Die Laborprotokolle mit detaillierten Angaben zu den Analysen befinden sich in der Anlage 11. Nachfolgend werden die Analysenbefunde in einer Übersicht dargestellt.

Das Konzentrationsniveau in den Förderbrunnen im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) hat sich im Vergleich zu den Vorjahren nicht wesentlich verändert.

Tendenziell zeigt sich aber eine nahezu kontinuierlich abnehmende Konzentration in der GWMS 05/13, in der die BTEX-Werte seit Ende 2020 fast durchgängig unter 10.000 µg/l liegen. Aktuell (2023) nehmen die Konzentrationen nicht weiter ab, sondern liegen bei ca. 4.000 µg/l. Auch in der GWMS 06/13 liegen die Konzentrationen seit Mitte 2021 unter 10.000 µg/l. Im aktuellen Untersuchungszeitraum wurde der Förderbrunnen erst seit Dezember wieder betrieben. Die BTEX-Konzentrationen liegen bei 8.890 µg/l – 11.690 µg/l und damit auf einem höheren Niveau als noch im Vorjahr (2022: max. 3.387 µg/l).

Einige Förderbrunnen zeigen bezüglich der BTEX-Konzentrationen einen großen Schwankungsbereich. Dies betrifft im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) z.B. die Brunnen GWMS 02/08 (ca. 6.964 µg/l – 13.799 µg/l), GWMS 06/09 (2.397 µg/l – 23.168 µg/l) sowie GWMS 05/13 (1.818 µg/l – 12.661 µg/l).

Der Großteil der Förderbrunnen weist schwankende BTEX-Konzentrationen auf einem Niveau von ca. 1.000 µg/l – ca. 5.000 µg/l auf.

Die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen sowie der Wasserstände in den einzelnen Förderbrunnen ist zusätzlich detailliert im Messstellenkataster nachvollziehbar.

Tabelle 3: Befunde der Laboranalysen der Grundwasserproben der Sanierungsanlage (ungefiltertes Rohwasser)

Gehalte für BTEX in µg/l im ungefilterten Rohwasser der Förderbrunnen (einschl. Trimethylbenzole, Cumol, Styrol)														Bemerkungen
Datum	GWMS 02/08	GWMS 01/09	GWMS 02/09	GWMS 03/09	GWMS 04/09	GWMS 06/09	GWMS 01/13	GWMS 02/13	GWMS 03/13	GWMS 05/13	GWMS 06/13	GWMS 01/17	GWMS 02/17	
15.01.2020	19.082,00	2.436,00			1.265,00		2.980,00	13.906,00	18.243,00	19.182,00		8.905,00	5.630,00	Störung Pumpe 06/09 und 06/13
13.02.2020	7.750,00	1.166,00	910,00		546,00	10.550,00	1.402,00	5.987,00	10.240,00	8.630,00	14.110,00	4.550,00	3.078,00	
23.03.2020	13.588,00	2.244,00	2.131,00		604,00	12.900,00	1.713,00	8.016,00	9.968,00	15.003,00	15.900,00	12.310,00	3.102,00	
27.04.2020	9.880,00	1.479,00	2.359,00		188,00	13.270,00	1.763,00	6.305,00	12.180,00	12.150,00	9.910,00	8.030,00	3.571,00	
11.05.2020	13.497,00	1.650,00	1.880,00		489,00	57.940,00	1.530,00	4.814,00	18.124,00	16.630,00		6.962,00	2.913,00	Störung Pumpe 06/13
09.06.2020	10.478,00		2.165,00		437,00	14.388,00	3.352,00	498,00	15.992,00	13.986,00		8.079,00	3.236,00	Störung Pumpe 01/09 06/13
09.07.2020	19.465,00	2.721,00	5.453,00		990,00	23.540,00	12.042,00	11.491,00	22.703,00	19.973,00	11.152,00	4.358,00	5.050,00	
17.08.2020	12.107,00	2.564,00	5.048,00		1.485,00	17.516,00	6.706,00	8.937,00	20.046,00	13.943,00	10.452,00	11.076,00	4.140,00	
24.09.2020	9.754,00	1.542,00	2.280,00		146,00	17.082,00	6.238,00	6.563,00	21.720,00	11.118,00	11.306,00	7.598,00	3.797,00	
19.10.2020	11.569,00	4.325,00	5.972,00		1.622,00	16.397,00	6.886,00	6.843,00		11.620,00		10.724,00	4.560,00	Störung Pumpe 03/13 und 06/13
26.11.2020	7.775,00	2.449,00	4.610,00		478,00	11.815,00	3.850,00	4.271,00		8.832,00		3.980,00	3.182,00	Störung Pumpe 03/13 und 06/13
15.12.2020	7.773,00	1.779,00	4.231,00		212,00	29.190,00	2.670,00	4.156,00	9.230,00	7.550,00		3.206,00	5.096,00	Störung Pumpe 06/13
07.01.2021	8.713,00	3.046,00	3.158,00		814,00	9.020,00	1.249,00	3.392,00		7.660,00		5.000,00	3.006,00	Störung Pumpe 03/13 und 06/13
09.02.2021	8.857,00	2.575,00	1.580,00		163,00	11.360,00	1.453,00	3.622,00	14.230,00	8.652,00	12.786,00	6.045,00	3.315,00	
15.03.2021	20.940,00	2.993,00	6.932,00		1.679,00	20.656,00	3.186,00	7.703,00	22.612,00	11.512,00	21.383,00	16.142,00	4.859,00	
20.04.2021	6.718,00	2.739,00	3.023,00		148,00	8.357,00	345,00	3.837,00	3.013,00	4.797,00		4.134,00	2.634,00	Störung Pumpe 06/13
17.05.2021	9.500,00	1.661,00	2.553,00		600,00	15.833,00	1.353,00	3.354,00	9.884,00	4.200,00	11.241,00	8.194,00	3.281,00	
17.06.2021		1.113,00	1.518,00		134,00	12.269,00	763,00	2.919,00	9.202,00	4.060,00	5.733,00	5.244,00	3.308,00	Störung Pumpe 02/08
15.07.2021		887,00	865,00		100,00	9.361,00	359,00	1.869,00	17.920,00	3.021,00		6.101,00	2.776,00	Störung Pumpe 02/08 und 06/13
12.08.2021		1.289,00	1.494,00		863,00	10.693,00	1.142,00	3.326,00	4.770,00	4.491,00		5.371,00	3.474,00	Störung Pumpe 02/08 und 06/13
16.09.2021		982,00	2.074,00		403,00	8.600,00	487,00	1.883,00	2.847,00	2.518,00		3.350,00	2.514,00	Störung Pumpe 02/08 und 06/13
08.11.2021	4.820,00	1.546,00	2.316,00		989,00	6.700,00		4.047,00		3.105,00		4.860,00	2.855,00	Störung Pumpe 01/13, 03/13 und 06/13
02.12.2021	10.489,00	2.882,00	3.687,00	Brunnen außer Betrieb genommen	286,00	31.717,00	1.700,00	5.206,00	11.642,00	3.780,00	4.772,00	7.358,00	2.338,00	
15.12.2021	3.948,00	1.295,00	1.420,00		614,00	8.240,00		3.276,00				3.950,00	2.494,00	Störung Pumpe 01/13, 03/13, 05/13 und 06/13
27.01.2022	10.676,00	1.201,00	2.382,00		1.275,00	13.964,00		4.338,00				9.602,00	3.862,00	Störung Pumpe 01/13, 03/13, 05/13 und 06/13
10.03.2022	7.960,00	941,00	1.772,00		378,00	9.957,00		3.777,00				6.302,00	3.047,00	Störung Pumpe 01/13, 03/13, 05/13 und 06/13
30.03.2022	8.035,00	1.521,00	2.408,00		1.160,00	10.620,00	542,00	2.851,00	4.611,00			5.390,00	3.589,00	Störung Pumpe 05/13 und 06/13
20.04.2022	13.799,00	1.905,00	1.691,00		2.384,00	18.020,00	365,00	2.578,00	2.152,00	1.962,00		3.558,00	1.404,00	Störung Pumpe 06/13
05.05.2022	11.072,00	4.024,00	3.243,00		5.539,00	15.380,00	650,00	4.551,00				6.948,00	4.104,00	Störung Pumpe 03/13, 05/13 und 06/13
01.07.2022	13.381,00	1.371,00	1.992,00		2.643,00	10.888,00	378,00	2.999,00	8.601,00	4.165,00	3.387,00	4.707,00	1.929,00	
29.07.2022	11.640,00	1.951,00	2.712,00		2.020,00	19.996,00	888,00	3.070,00	13.194,00	3.970,00		4.433,00	2.695,00	Störung Pumpe 06/13
31.08.2022	10.258,00	1.662,00	3.250,00		305,00	36.500,00	1.279,00	4.417,00	1.279,00		2.589,00	7.974,00	4.651,00	Störung Pumpe 05/13
28.09.2022	4.480,00	790,00	1.556,00		1.412,00	3.355,00	1.167,00	1.935,00		3.048,00	1.609,00	1.503,00	2.076,00	Störung Pumpe 03/13
31.10.2022	7.095,00	551,00	1.326,00		100,00	12.860,00	478,00	1.249,00	3.988,00	644,00	1.387,00	5.691,00	1.736,00	
30.11.2022	6.964,00				479,00	15.190,00		3.440,00		4.172,00		5.099,00	3.069,00	03/13, 01/09, 02/09 und 06/13 derzeit außer Betrieb. Störung Pumpe 01/13
23.01.2023	5.518,00				1.487,00	18.110,00	n.b.	2.617,00		4.733,00		5.325,00	2.528,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb. Störung Pumpe 02/08, 01/13 und 02/13
02.03.2023	2.397,00				126,00	n.b.	n.b.	1.344,00		1.818,00		1.920,00	1.270,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb. Störung Pumpe 02/08, 01/13 und 02/13
29.03.2023	14.270,00				843,00	23.093,00	n.b.	2.948,00		3.603,00		4.098,00	3.019,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb. Störung Pumpe 02/08, 01/13 und 02/13
27.04.2023	13.722,00				251,00	23.670,00	n.b.	556,00		2.637,00		n.b.	1.065,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb. Störung Pumpe 01/13 und 01/17. Störung Überfüllung
11.05.2023	3.721,00				139,00	n.b.	n.b.	1.741,00		2.687,00		2.651,00	1.716,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb. Störung Pumpe 01/13 und 06/09 (sehr wenig/quasi reines Öl)
13.05.2023					64,00									
01.06.2023	16.802,00				64,00		633,00	2.005,00		12.661,00		2.957,00	3.783,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb.
30.06.2023	23.168,00				653,00	n.b.	789,00	3.752,00		8.941,00		4.914,00	2.794,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb.
11.08.2023	13.016,00				1.605,00	17.877,00	623,00	1.992,00		2.940,00		2.755,00	1.854,00	01/09, 02/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb.
04.09.2023	11.971,00				396,00	16.040,00	241,00	3.820,00		4.195,00		8.185,00	1.583,00	01/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb.
29.09.2023	4.675,00				131,00	12.357,00	1.862,00	457,00		3.310,00		2.451,00	2.177,00	01/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb.
08.11.2023	9.671,00				875,00	10.014,00	1.838,00	3.296,00		3.886,00		6.820,00	4.453,00	01/09, 03/13 und 06/13 derzeit außer Betrieb. Störung Pumpe 06/09
06.12.2023	5.438,00				237,00	8.010,00	1.860,00	2.881,00		3.877,00	11.690,00	3.282,00	2.022,00	01/09 und 03/13 derzeit außer Betrieb.
20.12.2023	15.043,00				3.673,00	16.536,00	3.179,00	6.690,00		9.380,00	8.890,00	5.781,00	4.161,00	01/09 und 03/13 derzeit außer Betrieb.

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.

Ergänzend zu der bekannten Hauptschadstoffgruppe der BTEX wurden bei allen Sanierungsbrunnen zu Beginn der jeweiligen Förderung die Parameter PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), LHKW (leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe) und Blei sowie bis 2015 stichprobenartig gemäß der unter Kapitel 2.2 genannten Anordnung zur Sanierung MTBE (Methyltertiärbutylether, ca. 2-4 Mal jährlich), analysiert. Die Ergebnisse sind dem Messstellenkataster zu entnehmen. Im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) sind diesbezüglich einmalig im Mai Analysen vorgenommen worden. MTBE wurde nicht bzw. nur in geringen Mengen (max. 5 µg/l) nachgewiesen. Der MKW-Gehalt entspricht jeweils dem bekannten Niveau aus den Erstbeprobungen der Förderbrunnen (n.n. bis max. 1,3 mg/l in der GWMS 05/13). Hinsichtlich der PAK konnten in allen Förderbrunnen gegenüber der ersten Untersuchung erhöhte Konzentrationen festgestellt werden. So liegen die PAK-Gehalte in der GWMS 05/13 (2013: 6,73 µg/l) im Mai 2023 bei 44,24 µg/l. Die Beprobung im Mai fand vor der Durchführung der Großlochbohrungen im Bereich des ehem. Verladebahnhofs 2 statt. Somit resultieren die hohen PAK-Konzentrationen nicht aus einer Schadstoffmobilisierung aufgrund der Bautätigkeit. Die benachbarten Beobachtungsmessstellen GWMS 01/06-flach und GWMS 02/07 zeigen stark schwankende PAK-Gehalte, welche im aktuellen Beobachtungszeitraum (2023) ebenfalls oberhalb des Konzentrationsniveaus von 2012-2014 liegen. Es ist also insgesamt eine Zunahme der PAK-Konzentrationen im Schadenszentrum zu verzeichnen. Es ist anzunehmen, dass der langjährige Förderbetrieb zu einer Konzentration von PAK in diesem Bereich geführt hat.

2.4.2 Phasenförderung

Die aus den Brunnen abgeschöpften Leichtphasen werden in Vorlagebehältern aufgefangen und entsorgt. Die bisher angefallenen Leichtphasenmengen werden nachfolgend gemäß den vorliegenden Übernahmescheinen des Entsorgers aufgeführt. Bei der Phasenabschöpfung wird je nach Mächtigkeit der Phasenschicht und Einbautiefe der Phasenförderpumpe auch zeitweise Wasser mit abgepumpt. Der Wasseranteil lag bei zunächst durchschnittlich ca. 40%, wurde aber durch die Optimierung der Phasenförderung auf ca. 10% reduziert.

Die unterschiedlich langen Zeiträume zwischen den Entsorgungsterminen der abgeschöpften Phasen sind auf die Schwankungen bei den nachfließenden Phasenmengen in den Brunnen zurückzuführen. Seit 2023 wird die Phasenentsorgung nach Verladebahnhof getrennt dokumentiert. Tabelle 4 zeigt die Summe beider Bahnhöfe. Es entfallen ca. 50-70% auf Verladebahnhof 2.

Tabelle 4: Mengen geförderter Leichtphasen

Datum	Menge Leichtphase gemäß Übernahmeschein in t	ca.-Anteil Wasser in %	Anteil Leichtphase in t	Anteil Leichtphase in Litern (bei Dichte von ca. 0,8 kg/l)
27.07.2010	1,68	40	1,008	1.260,0
11.08.2010	1,35	40	0,810	1.012,5
09.09.2010	1,35	40	0,810	1.012,5
26.01.2011	1,62	10	1,458	1.822,5
02.05.2011	0,63	10	0,567	708,8
03.06.2011	0,99	10	0,891	1.113,8
04.07.2011	0,90	10	0,810	1.012,5
18.07.2011	0,90	10	0,810	1.012,5
09.08.2011	0,81	10	0,729	911,3
22.08.2011	1,08	10	0,972	1.215,0
25.08.2011	0,90	10	0,810	1.012,5
14.09.2011	1,08	10	0,972	1.215,0
23.05.2012	1,50	10	1,350	1.687,5
13.06.2012	1,85	10	1,665	2.081,3
06.07.2012	1,90	10	1,710	2.137,5
29.01.2013	2,07	10	1,863	2.328,8
18.04.2013	1,44	10	1,296	1.620,0
21.08.2013	1,98	10	1,782	2.227,5
13.12.2013	2,16	10	1,944	2.430,0
28.02.2014	2,00	10	1,800	2.250,0
10.06.2014	1,70	10	1,530	1.912,5
18.08.2014	2,40	10	2,160	2.700,0
07.04.2015	1,10	10	0,990	1.237,5
10.04.2015	2,80	10	2,520	3.150,0
07.07.2015	2,60	10	2,340	2.925,0
18.02.2016	7,50	10	6,750	8.437,5
29.06.2016	4,00	10	3,600	4.500,0
22.11.2016	4,00	10	3,600	4.500,0
08.03.2017	6,50	10	5,850	7.312,5
14.06.2017	4,20	10	3,780	4.725,0
06.09.2017	4,00	10	3,600	4.500,0
06.12.2017	4,00	10	3,600	4.500,0
27.02.2018	4,00	10	3,600	4.500,0
18.04.2018	4,00	10	3,600	4.500,0
26.06.2018	5,00	10	4,500	5.625,0
20.11.2018	4,00	10	3,600	4.500,0
14.05.2019	5,00	10	4,500	5.625,0
13.11.2019	4,00	10	3,600	4.500,0
02.04.2020	4,00	10	3,600	4.500,0
03.06.2020	2,00	10	1,800	2.250,0
02.09.2020	3,50	10	3,150	3.937,5
16.12.2020	5,00	10	4,500	5.625,0
25.11.2021	4,00	10	3,600	4.500,0
08.06.2022	10,48	10	9,432	11.790,0
11.11.2022	3,88	10	3,492	4.365,0
21.06.2023	3,50	10	3,150	3.937,5
06.07.2023	7,74	10	6,966	8.707,5
28.07.2023	3,14	10	2,826	3.532,5
21.11.2023	3,38	10	3,042	3.802,5
Summen	149,61		133,335	166.668,8

Die Messungen der Mächtigkeit 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 vertikalen Ausdehnung des Phasenkörpers lassen sich in den Förderbrunnen aufgrund ihres Ausbaudurchmessers nicht unterbringen. Es ist geplant bei der Neueinrichtung der Abstomsicherung (vor Beginn der Bodensanierung im Bereich Verladebahnhof 2) alle Förderbrunnen mit ausreichendem Ausbaudurchmesser für eine automatische Erfassung des Phasenkörpers herzustellen. Im Nachgang zur Bodensanierung sind zudem zusätzliche Beobachtungspegel auf der Liegenschaft vorgesehen, die eine Überwachung der räumlichen Ausdehnung des verbleibenden Phasenkörpers gewährleisten sollen. Südlich des Verladebahnhof 2, außerhalb der Liegenschaft, werden im Jahr 2024 voraussichtlich fünf Beobachtungsbrunnen zur ergänzenden Phasenüberwachung eingerichtet.

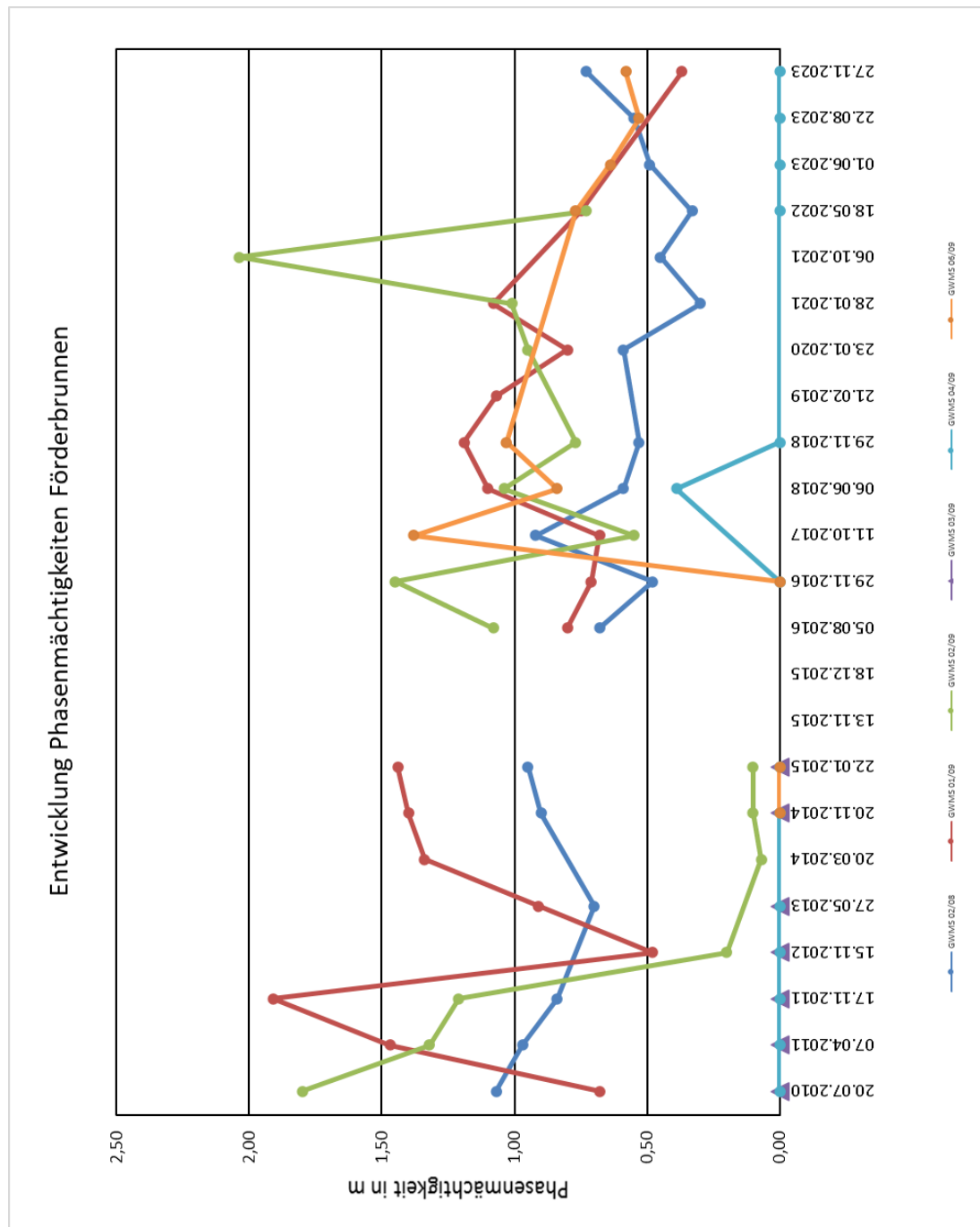
Einige der Förderbrunnen waren baubedingt nicht zugänglich bzw. stillgelegt. An den Brunnen GWMS 01/09, GWMS 02/09, GWMS 03/13 und GWMS 06/13 waren Phasenmessungen daher nicht immer möglich.

Die Ergebnisse der bisherigen Messungen der Phasenmächtigkeit stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 5: Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen

Mächtigkeit Phasenkörper in Meter						
Datum	GWMS 02/08	GWMS 01/09	GWMS 02/09	GWMS 03/09	GWMS 04/09	GWMS 06/09
20.07.2010	1,07	0,68	1,80	0,00	0,00	
07.04.2011	0,97	1,47	1,32	0,00	0,00	
17.11.2011	0,84	1,91	1,21	0,00	0,00	
15.11.2012	nicht bestimmt	0,48	0,20	0,00	0,00	
27.05.2013	0,70	0,91	nicht bestimmt	0,00	0,00	
20.03.2014	nicht bestimmt	1,34	0,07	nicht bestimmt	nicht bestimmt	
20.11.2014	0,90	1,40	0,10	0,00	0,00	0,00
22.01.2015	0,95	1,44	0,10	0,00	0,00	0,00
13.11.2015	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	Phase vorhanden; Mächtigkeit zwischen ca. 1 - 2 m; genauere Messung wegen vorh. Leitungen/Platzmangel für das Lot nicht möglich
18.12.2015	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
05.08.2016	0,68	0,80	1,08	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
29.11.2016	0,48	0,71	1,45	nicht bestimmt	0,00	0,00
11.10.2017	0,92	0,68	0,55	nicht bestimmt	nicht bestimmt	1,38
06.06.2018	0,59	1,1	1,04	nicht bestimmt	0,39	0,84
29.11.2018	0,53	1,19	0,77	nicht bestimmt	0,00	1,03
21.02.2019	nicht bestimmt	1,07	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
23.01.2020	0,59	0,8	0,95	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
28.01.2021	0,3	1,08	1,01	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
06.10.2021	0,45	nicht bestimmt	2,04	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt
18.05.2022	0,33	0,75	0,73	nicht bestimmt	0,00	0,77
01.06.2023	0,49	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	0,00	0,64
22.08.2023	0,55	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht bestimmt	0,00	0,53
27.11.2023	0,73	0,37	nicht bestimmt	nicht bestimmt	0,00	0,58

Grafik 1: Entwicklung Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen

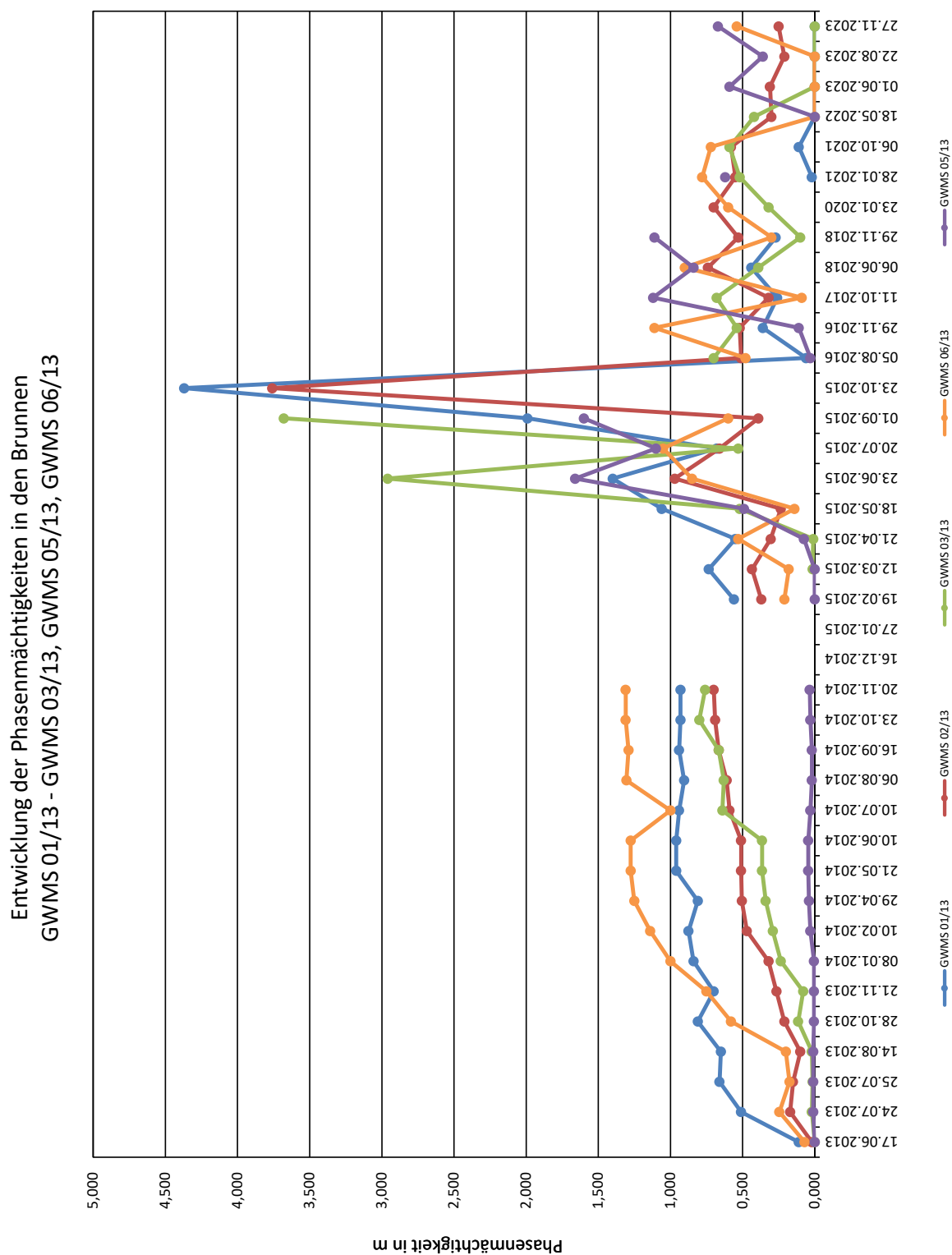


Die Messungen der Phasenmächtigkeiten in den seit Januar 2015 als Förderbrunnen genutzten Messstellen GWMS 01/13 bis GWMS 03/13, GWMS 05/13 und GWMS 06/13 sowie GWMS 01/17 und GWMS 02/17 zeigten bisher folgende Ergebnisse:

Tabelle 6: Phasenmächtigkeiten GWMS 1/13 bis GWMS 6/13 sowie GWMS 01/17 und GWMS 02/17

Mächtigkeit Phasenkörper in Meter							
Datum	GWMS 01/13	GWMS 02/13	GWMS 03/13	GWMS 05/13	GWMS 06/13	GWMS 01/17	GWMS 02/17
17.06.2013	0,110	0,020	0,000	0,000	0,070	Messstellen wurden erst ab August 2019 als Förderbrunnen genutzt	
24.07.2013	0,510	0,170	0,020	0,010	0,245		
25.07.2013	0,660	0,150	0,015	0,010	0,175		
14.08.2013	0,650	0,100	0,020	0,010	0,200		
28.10.2013	0,810	0,210	0,115	0,005	0,580		
21.11.2013	0,700	0,265	0,080	0,005	0,750		
08.01.2014	0,840	0,320	0,235	0,005	1,000		
10.02.2014	0,875	0,470	0,290	0,030	1,140		
29.04.2014	0,810	0,505	0,340	0,040	1,250		
21.05.2014	0,960	0,510	0,365	0,045	1,275		
10.06.2014	0,960	0,510	0,365	0,045	1,275		
10.07.2014	0,940	0,590	0,640	0,030	1,000		
06.08.2014	0,905	0,610	0,630	0,020	1,305		
16.09.2014	0,940	0,665	0,665	0,020	1,290		
23.10.2014	0,930	0,690	0,800	0,030	1,310		
20.11.2014	0,930	0,700	0,760	0,035	1,310		
16.12.2014	nicht bestimmt; Messstellen wurden umgebaut und in die Sanierung integriert						
27.01.2015							
19.02.2015	0,560	0,370		0,000	0,210		
12.03.2015	0,735	0,435	0,015	0,000	0,180		
21.04.2015	0,550	0,305	0,010	0,075	0,530		
18.05.2015	1,060	0,235	0,520	0,490	0,140		
23.06.2015	1,400	0,970	2,960	1,660	0,850		
20.07.2015	0,680	0,660	0,530	1,100	1,050		
01.09.2015	1,990	0,390	3,680	1,600	0,600		
23.10.2015	4,370	3,760	nicht bestimmt				
05.08.2016	0,060	0,510	0,700	0,030	0,480		
29.11.2016	0,360	0,520	0,540	0,110	1,110		
11.10.2017	0,260	0,320	0,680	1,120	0,090		
06.06.2018	0,440	0,740	0,390	0,840	0,900		
29.11.2018	0,270	0,530	0,100	1,110	0,300		
23.01.2020	nicht bestimmt	0,700	0,320	nicht bestimmt	0,600	0,000	0,000
28.01.2021	0,020	0,550	0,520	0,620	0,780	0,000	0,000
06.10.2021	0,110	0,580	0,590	nicht bestimmt	0,720	0,000	0,000
18.05.2022	0,000	0,300	0,420	nicht bestimmt	nicht bestimmt	0,000	0,000
01.06.2023	0,000	0,310	nicht bestimmt	0,590	nicht bestimmt	0,000	0,000
22.08.2023	0,000	0,210	0,000	0,360	nicht bestimmt	0,000	0,000
27.11.2023	0,000	0,250	nicht bestimmt	0,670	0,540	0,000	0,000

In den seit August 2019 als Förderbrunnen betriebenen GWMS 01/17 und GWMS 02/17 wurde bis jetzt kein Phasenkörper nachgewiesen.

Grafik 2: Entwicklung Phasenmächtigkeiten in den Förderbrunnen des Gleisbereichs

Die Förderbrunnen 02/08, 01/09 und 02/09, welche in den Jahren 2008/2009 eingerichtet wurden, sowie die seit Januar 2015 als Förderbrunnen genutzten Messstellen GWMS 01/13 bis GWMS 03/13, GWMS 05/13 und GWMS 06/13 zeigen schwankende Phasenmächtigkeiten. Veränderungen der Phasenmächtigkeit sind weitgehend auf eine zeitnah durchgeführte Phasenabschöpfung zurückzuführen. Geringe Phasenmächtigkeiten liegen entsprechend dann vor, wenn ein Abpumpen der Phase kurz zuvor stattgefunden hat.

Im Förderbrunnen GWMS 06/09 wurden im November und Dezember 2015 erstmals ebenfalls Phasenanteile ermittelt. Hier war zuvor im Oktober 2015 versuchsweise die Förderrate gesteigert worden. Eine genaue Messung der Phasenmächtigkeit im Förderbrunnen 06/09 ist aufgrund des nur geringen Platzes für das Messlot nicht möglich. Eine Messung kann hier nur im Zuge des Ausbaus des Pumpensystems erfolgen und wurde erstmalig im Oktober 2017 durchgeführt. Seit diesem Zeitpunkt betrug die Phasenmächtigkeit zwischen 0,53 und 1,38 m. Im aktuellen Beobachtungszeitraum (2023) beträgt die Phasenmächtigkeit ca. 0,6 m. Am Brunnen GWMS 06/09 sowie am Nachbarbrunnen GWMS 04/09 (nur temporär, siehe Kap. 2.1) wurden 2023 Phasenabschöpfssysteme der außer Betrieb genommenen Förderbrunnen installiert.

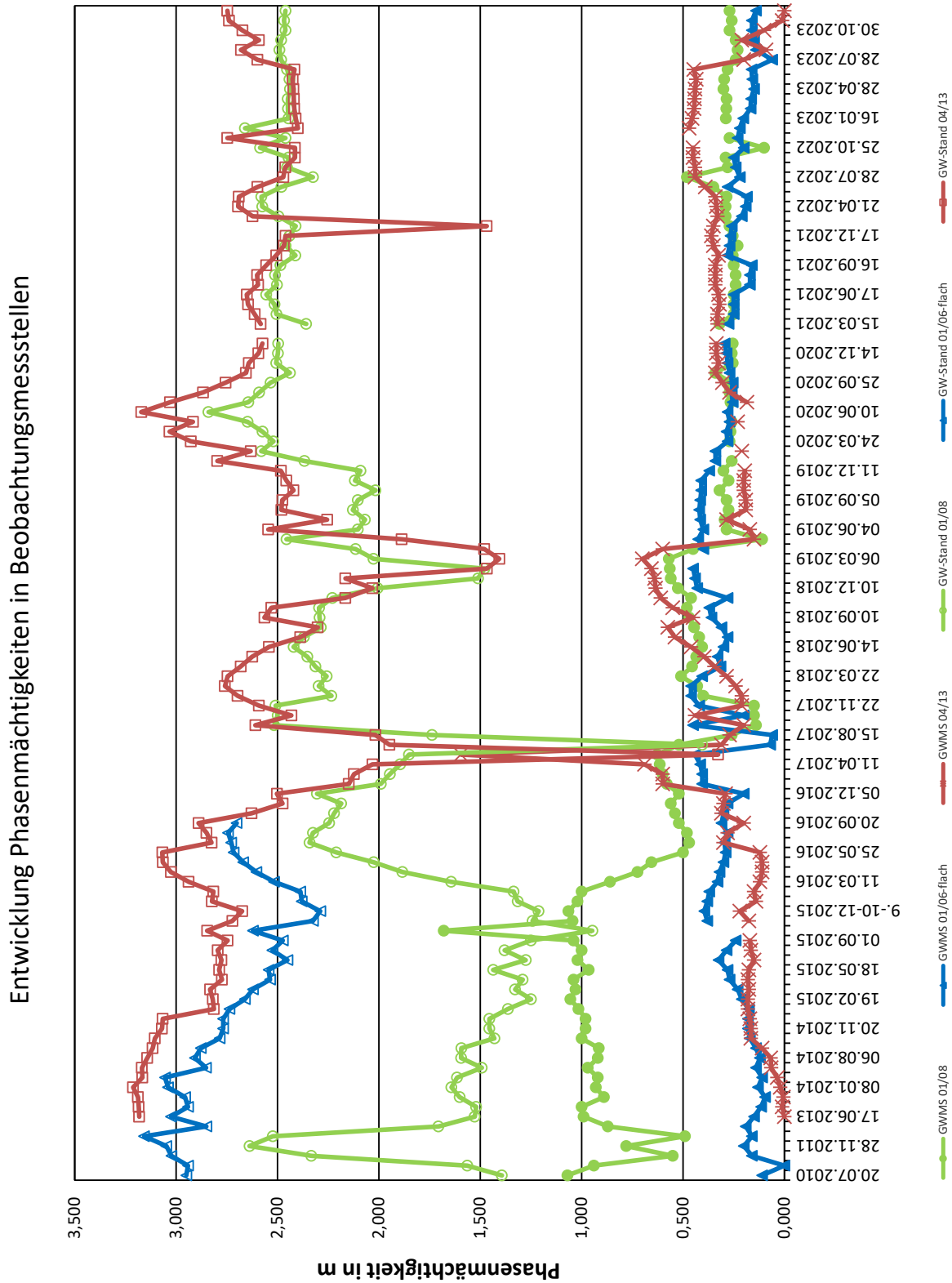
Im Zuge der monatlichen Wasserstandsmessungen im vorhandenen Messstellennetz der Beobachtungsbrunnen werden ebenfalls Phasenmessungen durchgeführt. Hierbei zeigten sich bisher nur in den Messstellen GWMS 01/08, GWMS 01/06-flach und GWMS 01/06-tief sowie in der seit Juni 2013 vorhandenen Messstelle GWMS 04/13 Phasenanteile.

Die Ergebnisse der gemessenen Phasenmächtigkeiten in den Beobachtungsmessstellen werden nachfolgend für das Jahr 2023 tabellarisch und für den gesamten Untersuchungszeitraum grafisch dargestellt.

Tabelle 7: Phasenmächtigkeiten in den Beobachtungsmessstellen

Mächtigkeit Phasenkörper in Meter			
Datum	GWMS 01/08	GWMS 01/06-flach	GWMS 04/13
16.01.2023	0,289	0,203	0,455
22.02.2023	0,286	0,167	0,445
29.03.2023	0,285	0,164	0,443
28.04.2023	0,300	0,150	0,440
05.06.2023	0,297	0,158	0,435
30.06.2023	0,280	0,162	0,447
28.07.2023	0,240	0,060	0,200
01.09.2023	0,230	0,140	0,090
25.09.2023	0,240	0,150	0,210
30.10.2023	0,270	0,160	0,100
05.12.2023	0,260	0,160	0,010
18.12.2023	0,270	0,140	0,000

Grafik 3: Entwicklung Phasenmächtigkeiten in den Beobachtungsmessstellen



Die Phasenmächtigkeiten in der Beobachtungsmessstelle GWMS 01/06-flach liegen bisher auf einem relativ gleichbleibenden Niveau. Die Leichtphasen in GWMS 06/09 waren erstmalig im November 2015 aufgetreten. Es ist anzunehmen, dass durch den dauerhaften Pumpbetrieb und der erzeugten Wasserspiegelabsenkung eine Phasenmobilisierung in Richtung GWMS 06/09 erfolgt ist.

In der GWMS 01/08 sind die Phasenmächtigkeiten seit dem Jahr 2016 geringer als im vorhergehenden Beobachtungszeitraum. Entsprechende Schwankungen wurden schon zu Beginn der Messkampagnen im Jahr 2010 festgestellt. Da jedoch seit September 2017 dauerhaft Phasenmächtigkeiten $\leq 0,5$ m gemessen wurden (gegenüber ca. 1 m Mächtigkeit in den Jahren 2010-2016) und im Beobachtungszeitraum des Jahres 2019 die Mächtigkeit erneut um ca. 0,2 m auf ein Niveau von $< 0,3$ m gesunken ist, war davon ausgegangen worden, dass die mobilisierbaren Phasenmengen im Untergrund an dieser Messstelle rückläufig sind. In den Jahren 2020-2022 blieben die Phasenmächtigkeiten nahezu gleich und zeigten keine weiteren Abnahmen.

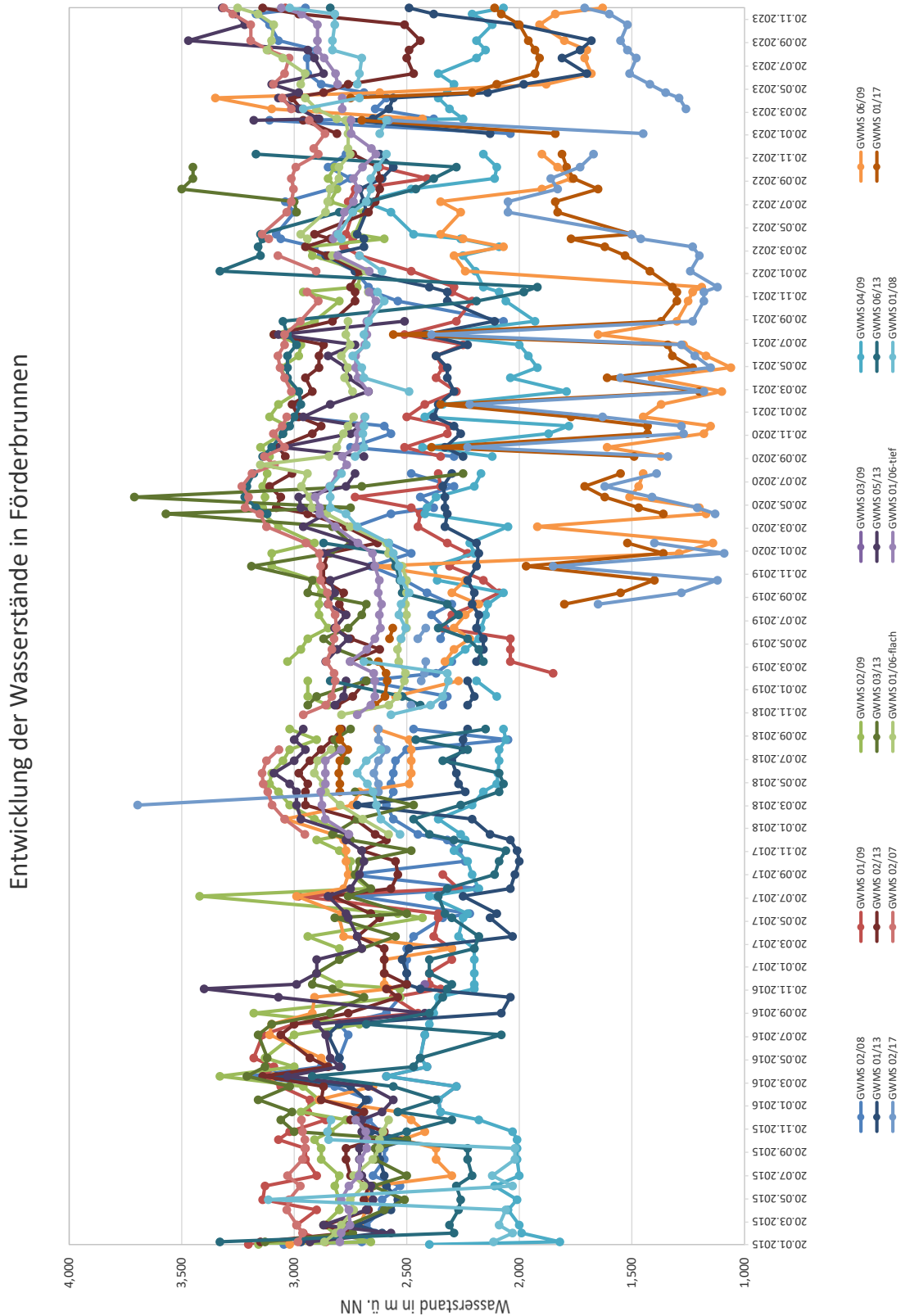
Auch im aktuellen Beobachtungszeitraum des Jahres 2023 liegen die Phasenmächtigkeiten in GWMS 01/08 zwischen 0,23 – 0,30 m. Auch die Phasenmächtigkeiten in der Messstelle GWMS 01/06-flach (zwischen ca. 0,06 – 0,20 m) bleiben nahezu konstant. In der GWMS 04/13 (zwischen 0,00 – 0,46 m) wurde im Verlauf des Jahres 2023 ein deutlicher Rückgang der Phasenmächtigkeit beobachtet.

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 Verhältnisse im Bereich der Grundwasserkontamination. In der Anlage 1 ist der Grundwassergleichenplan einer Stichtagsmessung (Dezember 2023) exemplarisch dargestellt, um die Einwirkung des Förderbetriebes auf die hydraulische Situation zu dokumentieren.

Im Zuge der Neueinstellung und Erweiterung der Sanierung Ende 2014 bzw. im Januar 2015 wurden die Messeinrichtungen neu justiert, so dass die folgende grafische Darstellung die Wasserstände mit Beginn der Wasserförderung ab Januar 2015 berücksichtigt.

Grafik 4: Entwicklung der Wasserstände in den Sanierungsbrunnen



Die in der Grafik 4 dargestellten Ganglinien des Grundwasserspiegels zeigen für alle Förderbrunnen mit Beginn der Wasserförderung eine Absenkung des Wasserspiegels. Die Grundwasserstände betragen im aktuellen Berichtszeitraum (Jahr 2023) zwischen 3,4 mNHN (GWMS 05/13) und 0,35 mNHN (GWMS 04/09). Die Ganglinien der Förderbrunnen verlaufen parallel zueinander und liegen insgesamt im Vergleich zum Vorjahr 2022 auf etwa gleichem Niveau.

Schwankungen der Wasserspiegelhöhe während des Sanierungsbetriebes gehen im Wesentlichen auf Unterschiede in den Fördermengen sowie unterschiedliche Phasenmächtigkeiten zurück. Je nach Dicke des Leichtphasenkörpers kann die Höhe der Wassersäule über der Messsonde variieren, so dass hieraus Veränderungen bei den Wasserständen resultieren, die nicht auf natürliche Schwankungen zurückgehen oder durch die Fördermengen verursacht werden. Die Abweichungen der Messwerte für den Sanierungsbrunnen 01/09 (um ca. 5 m, beginnend Oktober 2017) waren auf eine Fehlfunktion des Datenloggers zurückzuführen und wurden im März 2019 behoben. Seit Januar 2020 liegen die Messwerte des Brunnens 06/09 deutlich niedriger als zuvor. Dies ist auf die Inbetriebnahme der Förderbrunnen GWMS 01/17 und GWMS 02/17 im August 2019 zurückzuführen. Der Förderbrunnen GWMS 04/09 liegt ebenfalls im Einzugsgebiet von GWMS 01/17 und GWMS 02/17. Deutliche Schwankungen im aktuellen Beobachtungszeitraum (2023) stehen im Zusammenhang mit dem Abschalten der Förderbrunnen innerhalb der Baugrube am ehem. Verladebahnhof 2 während der Rückbaumaßnahme bzw. sind auf Veränderungen der Förderraten und Ausfallzeiten zurückzuführen.

2.5 Bewertung Sanierung Verladebahnhof 2

1. Durch die Grundwasserförderung über insgesamt 10 Förderbrunnen besteht, wie aus Anlage 1 ersichtlich, am Standort Verladebahnhof 2 ein Absenkbereich, der bis an die Liegenschaftsgrenze heranreicht. In Absprache mit den zuständigen Behörden (inkl. wasserrechtlicher Genehmigung) ist der Betrieb für fast das gesamte Jahr 2023 (seit November 2022) auf 8 Förderbrunnen reduziert worden. Seit Dezember 2023 werden wieder 9 Förderbrunnen betrieben. Der Brunnen GWMS 03/13 wird derzeit freigespült und zusammen mit der GWMS 01/09 im Januar 2024 wieder in Betrieb genommen. Der Förderbrunnen GWMS 02/09 ist dauerhaft beschädigt. Die hydraulische Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahme im Bereich der Quellbelastung des Grundwasserschadens ist jedoch weiterhin gewährleistet. Mit den Förderbrunnen GWMS 01/17 und GWMS 02/17 werden seit August 2019 auch die Randbereiche der Kontamination hydraulisch erfasst.

2. Die bisherige Entwicklung der BTEX-Gehalte (eingeschlossen sind hier auch die Gehalte für TMB, Cumol und Styrol) im geförderten Grundwasser zeigt bei allen Brunnen im Verlauf des bisherigen Sanierungszeitraumes von Juli 2010 bis Dezember 2023 nach wie vor hohe Werte, was auf die noch vorhandene Leichtphase im Sanierungsbereich zurückzuführen ist.

Im Förderbrunnen GWMS 01/13 wurden seit Beginn des Jahres 2019 zunächst dauerhaft Konzentrationen $< 5.000 \mu\text{g/l}$ nachgewiesen. Im Zeitraum vom Juli 2020 bis Oktober 2020 war mit $6.000\text{-}12.000 \mu\text{g/l}$ kurzzeitig erneut ein höheres Konzentrationsniveau erreicht. Seit November 2020 sind die BTEX-Konzentrationen rückläufig und liegen wieder dauerhaft unterhalb von $5.000 \mu\text{g/l}$.

Im Förderbrunnen GWMS 02/08 zeichnete sich zunächst eine Verringerung der durchschnittlichen BTEX-Gehalte seit dem Jahr 2017 ab. So wurden im Jahr 2016 noch BTEX-Konzentrationen von durchschnittlich ca. $23.000 \mu\text{g/l}$ festgestellt. Dies verringerte sich im Jahr 2017 auf ca. $17.000 \mu\text{g/l}$. In den Folgejahren ergaben die Analysen einen weiteren Rückgang bis Ende 2021. Seitdem liegen hier mittlere BTEX-Konzentrationen von ca. $10.000 \mu\text{g/l}$ vor. Im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) wurden zwischen $2.397 \mu\text{g/l}$ (März 2023) und $23.168 \mu\text{g/l}$ (Juni 2023) nachgewiesen.

Für den Brunnen GWMS 01/09 liegen im aktuellen Beobachtungszeitraum des Jahres 2023 keine Werte vor, da der Brunnen aufgrund des Rückbaus des Verladebahnhofs 2 außer Betrieb genommen werden musste. 2022 schwankten die Werte zwischen ca. $500 \mu\text{g/l}$ und ca. $4.000 \mu\text{g/l}$. Diese Schwankungen traten auch in den Vorjahren auf, so dass kein verlässlicher Trend für eine dauerhafte Abnahme der BTEX-Gehalte zu erkennen ist.

Auch für den Brunnen GWMS 02/09 liegen aktuell (2023) keine Werte vor, da der Brunnen aufgrund des Rückbaus des Verladebahnhofs 2 außer Betrieb genommen werden musste. Bei den BTEX-Gehalten war im Jahr 2022 im Vergleich mit den Vorjahren keine eindeutige und anhaltende Verringerung der Konzentrationen für BTEX zu erkennen. Die im Jahr 2022 vorliegenden Konzentrationsschwankungen sind auch aus den Vorjahren bekannt.

In dem seit September 2014 neu an die Sanierung angeschlossenen Förderbrunnen GWMS 06/09 lag bis Ende 2022 ein nahezu gleichbleibend hohes Niveau der BTEX-Konzentrationen vor, das sich auch im Jahr 2023 fortsetzt. Vermutlich wird durch den Betrieb der Förderbrunnen GWMS 01/17 und GWMS 02/17 hier vorhandene Produktphase im südlichen Bereich des Verladebahnhofs 2 weiter konzentriert. In den Brunnen GWMS 01/17 und GWMS 02/17 liegt derzeit keine Produktphase vor.

Die zeitliche Entwicklung der BTEX-Gehalte im aktuellen Untersuchungszeitraum in den Förderbrunnen ist im Detail der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 8) zu entnehmen. Für eine grafische Darstellung sowie den langfristigen Konzentrationsverlauf wird auf das Messstellenkataster des Standortes Tanklager Farge bzw. die Anlage 2 verwiesen.

Tabelle 8: BTEX-Gehalte [$\mu\text{g/l}$] in den Förderbrunnen im aktuellen Untersuchungszeitraum

Datum	GWMS 02/08	GWMS 01/09	GWMS 02/09	GWMS 04/09	GWMS 06/09	GWMS 01/13
23.01.2023	5.518,00	außer Betrieb	außer Betrieb	1.487,00	18.110,00	n.b.
02.03.2023	2.397,00			126,00	n.b.	n.b.
29.03.2023	14.270,00			843,00	23.093,00	n.b.
27.04.2023	13.722,00			251,00	23.670,00	n.b.
11.05.2023	3.721,00			139,00	n.b.	n.b.
13.05.2023				64,00		
01.06.2023	16.802,00			64,00		633,00
30.06.2023	23.168,00			653,00	n.b.	789,00
11.08.2023	13.016,00			1.605,00	17.877,00	623,00
04.09.2023	11.971,00			396,00	16.040,00	241,00
29.09.2023	4.675,00			131,00	12.357,00	1.862,00
08.11.2023	9.671,00			875,00	10.014,00	1.838,00
06.12.2023	5.438,00			237,00	8.010,00	1.860,00
20.12.2023	15.043,00			3.673,00	16.536,00	3.179,00
Datum	GWMS 02/13	GWMS 03/13	GWMS 05/13	GWMS 06/13	GWMS 01/17	GWMS 02/17
23.01.2023	2.617,00	außer Betrieb	4.733,00	außer Betrieb	5.325,00	2.528,00
02.03.2023	1.344,00		1.818,00		1.920,00	1.270,00
29.03.2023	2.948,00		3.603,00		4.098,00	3.019,00
27.04.2023	556,00		2.637,00		n.b.	1.065,00
11.05.2023	1.741,00		2.687,00		2.651,00	1.716,00
13.05.2023						
01.06.2023	2.005,00		12.661,00		2.957,00	3.783,00
30.06.2023	3.752,00		8.941,00		4.914,00	2.794,00
11.08.2023	1.992,00		2.940,00		2.755,00	1.854,00
04.09.2023	3.820,00		4.195,00		8.185,00	1.583,00
29.09.2023	457,00		3.310,00		2.451,00	2.177,00
08.11.2023	3.296,00		3.886,00		6.820,00	4.453,00
06.12.2023	2.881,00		3.877,00	11.690,00	3.282,00	2.022,00
20.12.2023	6.690,00		9.380,00	8.890,00	5.781,00	4.161,00

3. An der südlichen Liegenschaftsgrenze liegt ein weiterer Belastungsschwerpunkt im Bereich der GWMS 04/09 und GWMS 06/09 vor, der bereits im Zuge der Erkundungsphase in den Jahren 2008 und 2009 ermittelt wurde und mittels der Wasserförderung aus den beiden Förderbrunnen in die Sanierungsmaßnahme einbezogen wird. Die Höhe der Belastung im Grundwasser, insbesondere der hier vorhandene Phasenkörper, ist seit Oktober 2015 bekannt. Eine anhaltende Verminderung der Belas-

tung konnte bis jetzt nicht erzielt werden. Starke Schwankungen bei den Ergebnissen aus der GWMS 04/09 sind auf eine episodische Emulsionsbildung durch Zuströmen von Leichtphase in die Kreiselpumpe zurückzuführen.

4. Eine automatisierte Phasenabschöpfung (siehe Kapitel 2.4.2) für die Messstelle GWMS 01/08 ist aufgrund des nur geringen Ausbaudurchmessers (50 mm) nicht möglich. Eine manuelle Phasenabschöpfung ist am 31.08.2017 erfolgt. Dabei wurde die Leichtphase vollständig abgeschöpft (ca. 20 l). Zeitgleich wurde auch an der Messstelle 04/13 eine manuelle Abschöpfung vorgenommen. Dort war jedoch die Leichtphase bereits nach 2 l Entnahme vollständig entfernt.
5. Insgesamt sind in 10 Förderbrunnen (GWMS 02/08, 01/09, 02/09, 04/09, 06/09, 01/13, 02/13, 03/13, 05/13, 06/13) und 3 Beobachtungsmessstellen (GWMS 01/08, 01/06-flach, 04/13) regelmäßig Phasen gemessen worden. In der GWMS 01/06-tief wurde nur zeitweise ein Phasenkörper festgestellt (Juli/August 2017).
6. Die Förderbrunnen GWMS 01/09, GWMS 02/09, GWMS 03/13 und GWMS 06/13 waren im aktuellen Untersuchungszeitraum des Jahres 2023 nicht bzw. erst im Dezember 2023 zu beproben, da die Förderung unterbrochen war. Insgesamt ist die Förderleistung der Brunnen gegenüber dem Vorjahr (2022) auf dem gleichen Niveau. Die gesamte durchschnittliche Förderrate ist durch die Abschaltung der vier oben genannten Brunnen von 3,68 m³/h (2022) auf 2,91 m³/h (2023) reduziert worden.

2.5.1 Vorschläge zum weiteren Vorgehen:

1. Der Sanierungsbetrieb ist im derzeitigen Umfang mit der Wasserförderung aus den Brunnen GWMS 02/08, GWMS 01/09, GWMS 04/09, GWMS 06/09, GWMS 01/13, GWMS 02/13, GWMS 03/13, GWMS 05/13, GWMS 06/13, GWMS 01/17 und GWMS 02/17 samt Leichtphasenförderung weiter zu betreiben.
2. Im Jahr 2023 wurde eine automatische Phasenabschöpfung im Förderbrunnen GWMS 06/09 einschließlich Sammelsystem eingerichtet, da baubedingt Sammelsysteme anderer Förderbrunnen bereitstanden. Damit wird nur in den phasenfreien Brunnen GWMS 04/09, GWMS 01/17 und GWMS 02/17 keine automatisierte Phasenabschöpfung betrieben.
3. Im 11. Sachstandsbericht wurde vorgeschlagen, die Messstelle 04/13 als Förder- und Phasenabschöpfbrunnen in die Sanierung aufzunehmen und im Wechsel mit der GWMS 03/13 zu betreiben. Da die Phasenmächtigkeiten in GWMS 03/13 wesentlich größer war als in GWMS 04/13, wurde auf die Installation einer neuen Förder- und Steuerleitung zwischen der

GWMS 03/13 bis zur GWMS 04/13 jedoch verzichtet. Die GWMS 03/13 ist derzeit baubedingt außer Betrieb.

Im aktuellen Beobachtungszeitraum (Jahr 2023) beträgt die durchschnittliche Phasenmächtigkeit in der Messstelle GWMS 04/13 ca. 0,27 m (im Jahr 2022: 0,47 m). Im Förderbrunnen GWMS 03/13 lag im August 2023 kein Phasenkörper vor.

4. Die laufende Sanierung im Bereich Verladebahnhof 2 ist eine geeignete Maßnahme zur Sicherung der Kontamination und zur Phasenabschöpfung. Im Verlauf der Maßnahme werden permanent, in Abhängigkeit des Sanierungsverlaufes, die Optimierungsmöglichkeiten geprüft. Die im 12. Sachstandsbericht zur Sicherung der Grundwasserbelastung empfohlene Einrichtung weiterer Sanierungsbrunnen wurde Ende des Jahres 2017 durchgeführt. Die Brunnen GWMS 01/17 und GWMS 02/17 sind seit August 2019 als Förderbrunnen an die Sanierungsanlage angeschlossen.

Die beiden Brunnen wurden im Jahr 2018 bereits mit in die monatliche Stichtagsmessung sowie in die halbjährliche Beprobung im Zuge des Monitorings einbezogen und sind seit Beginn der Integration als Förderbrunnen Bestandteil der monatlichen Beprobung und Analytik der Sanierungsanlage.

Vor Beginn der Bodensanierungsmaßnahme im Bereich des ehem. Verladebahnhof 2 werden die Sanierungsanlage sowie ein Teil der Förderbrunnen aus dem Bereich der Baugrube in Abstromrichtung verlegt. Die Ausgestaltung der Abstromsicherung, d.h. Lage und Anzahl von Förderbrunnen wird nach erfolgter Phasenerkundung südlich der Liegenschaft festgelegt. Die Untersuchung ist im Jahr 2024 vorgesehen.

5. Insgesamt ist eine Abnahme der Förderraten der Sanierungsbrunnen über den Zeitraum ihres Betriebs festzustellen. Regenerationsmaßnahmen wurden aufgrund der meist geringen Wirksamkeit dieser Maßnahmen und des bevorstehenden Rückbaus der Messstellen im Sanierungsbereich nicht durchgeführt. Die außerhalb des Sanierungsbereiches befindlichen Förderbrunnen sind bei der Neuanlage der Abstromsicherung zu ersetzen. Ausgenommen davon sind die Brunnen 01/17 und 02/17. Bei Neubau der Förderbrunnen sollte auch eine automatisierte Phasenmessung berücksichtigt werden.
6. Für die laufende Phasenabschöpfung bestehen prinzipiell Möglichkeiten die Phasenförderung zu verbessern (zusätzliche Entnahmebrunnen, Brunnen im größeren Durchmesser). Tatsächlich ließen sich aber bis jetzt aufgrund der schlechten Zugänglichkeit (Bebauung, Gleiskörper) keine wesentlichen Optimierungsmöglichkeiten realisieren. Nach Abschluss der aktuell laufenden Rückbaumaßnahme der baulichen Einrichtungen im Bereich des Verladebahnhofs 2 ist zu prüfen, inwiefern Maßnahmen zur

Phasenförderung ausgeweitet werden können. Dies erfolgt im Rahmen der für 2024 geplanten Phasenerkundung südlich der Liegenschaft.

3. Grundwassermonitoring

3.1 Bereich Verladebahnhof 2

Mittels eines Grundwassermonitorings an ausgewählten Messstellen wird die Entwicklung der Schadstoffgehalte im Bereich des Verladebahnhofs 2, der Liegenschaft und in dessen Grundwasserabstrom überprüft.

Die im vorliegenden Bericht dokumentierten Monitoringkampagnen wurden in den Zeiträumen vom 11.05.-12.07.2023 und 01.11.-20.12.2023 durchgeführt. Die Probenahme des Grundwassers im Rahmen des Monitorings erfolgt durch die HPC AG.

Für das Monitoring im Bereich Verladebahnhof 2 auf der Liegenschaft sowie im Grundwasserabstrom des Verladebahnhofs 2 ist in Abstimmung mit der Behörde derzeit folgender Untersuchungsumfang festgelegt:

- Die Kontrolle der Grundwasserqualität in den Monitoringmessstellen auf BTEX und MTBE erfolgt im ½-jährlichen Abstand (aktuell: Mai 2023 und November 2023; im vorliegenden 19. Bericht dokumentiert); nächste Untersuchungen März und Oktober 2024,
- PAK werden einmal jährlich im Zuge des Monitorings analysiert (letzte Untersuchung: Oktober 2022; im 18. Sachstandsbericht dokumentiert; aktuell: Mai 2023, im vorliegenden 19. Bericht dokumentiert); nächste Untersuchung: März 2024,
- Eine Untersuchung des Grundwassers auf MKW erfolgt alle 5 Jahre (letzte Untersuchung: Mai 2023; im vorliegenden 19. Sachstandsbericht dokumentiert). Nächste Untersuchung: März 2028,
- Die Untersuchung der zum Verladebahnhof 2 anstromigen Messstellen Werkstatt, B11, GWMS 5 erfolgt alle 5 Jahre auf BTEX (letzte Untersuchung Mai 2023; im vorliegenden 19. Sachstandsbericht dokumentiert). Nächste Untersuchung: März 2028,
- Die Untersuchung der zum Verladebahnhof 2 anstromigen Messstellen FK1 und Block 16 erfolgt alle 2 Jahre auf BTEX (letzte Untersuchung: Mai 2023; im 17. Sachstandsbericht dokumentiert). Nächste Untersuchung: Mai 2025,
- Die Untersuchung der zum Verladebahnhof 2 anstromigen Messstellen D3-2 und Gleis 6 erfolgt jährlich auf BTEX (zuletzt: März 2022; im 18.

Sachstandsbericht dokumentiert). Aktuelle Untersuchung: Mai 2023, die nächste Untersuchung erfolgt im März 2024. PAK werden aufgrund der dauerhaft niedrigen Gehalte alle 5 Jahre untersucht (zuletzt Mai 2019; im 15. Sachstandsbericht dokumentiert). Nächste Untersuchung: Oktober 2024.

- Ergänzend zu den regelmäßigen Untersuchungen auf die Schadstoffe BTEX, MTBE, MKW und PAK wurde das Grundwasser im Jahr 2018 einmalig und an ausgewählten Grundwassermessstellen am Verladebahnhof 2 auf PFC untersucht. Dies betraf die Messstellen GWMS 01/06-flach (Schadenszentrum, flach), GWMS 08/09-flach (mittlerer Abstrom, flach) und GWMS 09/09-flach (weiterer Abstrom, flach). Aufgrund der negativen Befunde ist zurzeit keine Wiederholungsbeprobung vorgesehen.

Die Auswertung der Ergebnisse aus dem aktuellen Monitoring erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln. Dabei werden die Befunde aus den Grundwassermessstellen (GWMS) bezüglich ihrer Lage im An-, Abstrom und Schadenszentrum 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 erarbeiteten Messstellenkataster zu entnehmen. Eine Darstellung der Befunde für die Parameter BTEX, MTBE und PAK befindet sich in den Lageplänen der Anlagen 3 bis 5. Für die BTEX-Gehalte und die MTBE-Gehalte im Grundwasser sind zusätzlich Verteilungspläne in den Anlagen 6 und 7 ersichtlich. Die Befunde zur einmalig erfolgten Untersuchung auf PFC werden ausschließlich schriftlich dokumentiert (Kapitel 3.1.5 ff.).

Die Laborberichte der Analysen aus dem aktuellen Untersuchungszeitraum (BTEX, MTBE, MKW und PAK) befinden sich in der Anlage 12, die Probenahmeprotokolle in der Anlage 13.2.

3.1.1 BTEX

3.1.1.1 Anstrom

(Messstellen: Werkstatt, GWMS 5, B11, D 3-2, Gleis 6, FK1)

Die im Anstrom befindlichen Grundwassermessstellen Werkstatt, GWMS 5, B11, D 3-2, FK1 und Gleis 6 erfassen jeweils den flachen Teufenbereich. Die Messstelle B11 wurde im Zuge der Baumaßnahme beschädigt. Da die Fläche bis zur Fertigstellung der Bodensanierung im Verladebahnhof als Bereitstellungsfläche Verwendung findet und im Anschluss der Rückbau der gesamten versiegelten Fläche erfolgt, sollte im Anschluss an die Bodensanierungsmaßnahme ein Ersatz der Beobachtungsmessstelle geprüft werden. Im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) waren in den Messstellen Werk-

statt, GWMS 5, FK1 und Gleis 6 keine BTEX nachweisbar. Die Befunde für BTEX in den Messstellen Block 16 und D3-2 liegen in einem gleichbleibend niedrigen Bereich (aktuell Block 16: 2 µg/l, Median: n.n.; aktuell - D 3-2: 224,00 µg/l, Median: 129,5 µg/l).

3.1.1.2 Schadenszentrum

(Messstellen: GWMS 01/06-flach/tief, GWMS 01/07, GWMS 02/07, GWMS 04-07-flach/tief)

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 01/06-flach, GWMS 01/07, GWMS 02/07 und GWMS 04-07-flach. Die BTEX-Konzentrationen in der Messstelle GWMS 01/06-flach, lagen im Jahr 2018 gegenüber den Vorjahren und dem Zeitraum seit Mai 2019 deutlich niedriger. Aktuell, im November 2023 wurden hier 10.320 µg/l (Median: 11.572 µg/l) nachgewiesen. Somit liegt hier keine langfristige Veränderung vor.

Die BTEX-Befunde der Messstellen GWMS 02/07 (aktuell im Nov. 2023: 4.734 µg/l; Median: 3.668 µg/l) und GWMS 04/07-flach (aktuell im Nov. 2023: 7.860 µg/l; Median: 4.704 µg/l) entsprechen in der Größenordnung den bisherigen Analysenergebnissen. In der Messstelle GWMS 01/07 (aktuell Nov. 2023: BTEX 5.781; Median: 3 µg/l) sind die BTEX-Gehalte deutlich gegenüber dem für diese Messstelle üblichen Konzentrationsniveau erhöht. Einen ähnlichen Einzelbefund gab es im März 2018. Wie im Jahr 2018 ist die Ursache für die hohen BTEX-Konzentrationen unklar.

Die Messstelle GWMS 01/06-tief deckt den mittleren, die Messstelle GWMS 04/07-tief den tiefen Aquiferabschnitt im Verladebahnhof 2 ab. In der Grundwasserprobe der Messstelle GWMS 01/06-tief wurde keine wesentliche Veränderung der BTEX-Konzentrationen gegenüber den Vorjahren festgestellt (aktuell im Nov. 2023: 180 µg/l, Median: 93,5 µg/l). In der GWMS 04/07-tief wurden die bisher höchsten BTEX-Gehalte nachgewiesen: 1.514 µg/l (Median: 225 µg/l).

3.1.1.3 Naher Abstrom (Messstellen : GWMS 03/07-flach/tief, GWMS 05/09)

Der flache, mittlere und tiefe Abschnitt des Grundwasserleiters im direkten Abstrom des Verladebahnhofs 2, an der Liegenschaftsgrenze des Tanklagers Farge, wird durch die Messstellengruppe GWMS 03/07-flach/ -tief, GWMS 05/09 sowie bis August 2019 durch die Messstellen GWMS 01/17 und GWMS 02/17 (seit 08/2018 Förderbrunnen) erschlossen. Die BTEX-Belastung in GWMS 03/07-flach hatte seit Juni 2014 zugenommen. Gegen-

über den Vorjahren lag die Konzentration der BTEX zunächst oberhalb von 100 µg/l, seit Juni 2017 oberhalb von 700 µg/l. Seit 2019 sind die BTEX-Gehalte zurückgegangen, seit März 2022 < 100 µg/l (aktuell im Nov. 2023: 2 µg/l; Median: 151 µg/l). Der Rückgang korreliert mit der Inbetriebnahme der Förderbrunnen GWMS 01/17 und GWMS 02/17.

Das Grundwasser in den Messstellen GWMS 05/09 und GWMS 03/07-tief weist im aktuellen Untersuchungszeitraum keine auffälligen Veränderungen auf (aktuell im Nov. 2023: GWMS 05/09: BTEX 3 µg/l, Median: 22 µg/l; GWMS 03-07-tief: 9 µg/l, Median: 29 µg/l). Die Werte schwanken im jeweils üblichen Konzentrationsbereich.

3.1.1.4 Mittlerer Abstrom

(Messstellen: GWMS 07/09 flach/tief, GWMS 08/09-flach/tief, GWMS 13/12)

Das Grundwasser im flachen Teufenbereich zeigt bezüglich der BTEX-Konzentrationen gegenüber den Vorjahren wenige Veränderungen. Seit Beginn der Sanierung sind in der GWMS 07/09-flach große Schwankungen der BTEX-Gehalte festgestellt worden. Die Untersuchung im Mai 2019 ergab eine BTEX-Konzentration von 3.028 µg/l (Median: 1.108 µg/l). In 2020 fanden aufgrund der Untersuchungen im Zusammenhang mit einem Feldversuch zur In-Situ Sanierung in dieser Messstelle keine Beprobungen statt. Seit Mai 2021 wird die Messstelle wieder beprobt. Aktuell (Mai 2023) wurden 384 µg/l nachgewiesen. Der Schwankungsbereich seit März 2021 war in dieser Messstelle auch schon früher feststellbar. Es ist noch kein eindeutiger Trend erkennbar.

Die seit dem Jahr 2016 nachgewiesenen BTEX-Konzentrationen in der Größenordnung von bis zu 200 µg/l in der GWMS 08/09-flach wurden 2021 und 2022 leicht überschritten. Im aktuellen Untersuchungszeitraum (Nov. 2023: 121 µg/l) liegen sie zwischen 100 und 150 µg/l und damit immer noch im für diese Messstelle bekannten Schwankungsbereich. Die aktuellen BTEX-Gehalte des Grundwassers in der GWMS 13/12 entsprechen den Befunden vorheriger Untersuchungen. Aktuell wurden im November 2023 keine BTEX nachgewiesen (Median: 13 µg/l).

Im mittleren Teufenbereich spiegeln sich die Ergebnisse aus dem flachen Teufenbereich wider. Die Belastung in der GWMS 08/09-tief liegt aktuell (Nov. 2023) bei 99 µg/l (Median: 85 µg/l). In GWMS 07/09-tief liegen bis Mai 2019 erhebliche Schwankungen der BTEX-Konzentrationen vor (Mai 2019: 257 µg/l). Aktuell liegt der BTEX-Wert wie in den Vorjahren (2021/22) deutlich niedriger (Nov. 2023: 64 µg/l).

3.1.1.5 Weiterer Abstrom

(Messstellen: GWMS 09/09-flach/-tief, GWMS 01/10-flach/tief, GWMS 02/10-flach/tief, 2717/32/0391, GWMS 07/13-flach/ mittel/tief, GWMS 08/13-flach/mittel/tief, GWMS 09/13-flach/mittel/tief, GWMS 10/13-flach/mittel/tief PR 175-flach, PR 176-flach, PR 177-flach, GWMS 1/14-flach/mittel/tief, GWMS 11/17 flach/mittel/tief, PR 181 flach/mittel/tief, GWMS 12/17 flach/mittel/tief)

Die Analysenergebnisse der Grundwasserproben aus dem flachen Teufenbereich des weiteren Abstroms entsprechen bis auf wenige Ausnahmen den Befunden der letzten Jahre. In zehn der bereits in früheren Monitoringkampagnen untersuchten GWMS liegen auch aktuell im November 2023 die BTEX-Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze (GWMS 01/10-flach, GWMS 07/13-flach, GWMS 08/13-flach, GWMS 09/13-flach, PR 175-flach, PR 176-flach, PR 177-flach, GWMS 10/13-flach, GWMS 1/14-flach, 11/17-flach, 12/17-flach). Es bestätigt sich das niedrige Konzentrationsniveau aus dem letzten Untersuchungszeitraum im Jahr 2022.

Die aktuelle Grundwasserprobe (Nov. 2023) aus der Messstelle 09/09-flach zeigt nachweisbare Konzentrationen von BTEX (aktuell: 21 µg/l; Median: 47 µg/l). In der Messstelle GWMS 02/10-flach wurden erneut BTEX in niedrigen Konzentrationen nachgewiesen (aktuell im Nov. 2023: 30 µg/l, Median: n.n.). In den GWMS 01/10-flach, 08/13-flach, 09/13-flach, PR 176-flach und 1/14-flach wurden jeweils im Mai 2023 erneut niedrige BTEX-Konzentrationen ermittelt (max. 13 µg/l in der 176-flach). In den Messstellen GWMS 12/17-flach (Mai 2023: 15 µg/l) und PR 176-flach (Mai 2023: 9 µg/L) wurden im Mai 2023 erstmalig BTEX nachgewiesen. In der Beprobung von November 2023 lagen die Konzentrationen in den hier genannten Messstellen unterhalb der Nachweisgrenze.

In der neu in das Monitoring einbezogenen Messstelle PR 181-flach wurden keine BTEX nachgewiesen.

In den Grundwassermessstellen, welche den mittleren Teufenbereich des weiteren Abstroms abdecken, liegen die Analysenergebnisse bis auf wenige Ausnahmen im langjährigen Mittel. In 9 Messstellen können aktuell im Nov. 2023 keine BTEX nachgewiesen werden (GWMS 01/10-tief, GWMS 07/13-mittel, GWMS 09/13-mittel, PR 175-mittel, PR 176-mittel, PR 177-mittel, GWMS 1/14-mittel, GWMS 11/17-mittel, GWMS 12/17-mittel). Positive Befunde liegen in diesen Messstellen bereits bis zu sechs Jahre zurück, wobei, wie auch bereits im flachen Teufenbereich, geringe BTEX-Konzentrationen unterhalb von 10 µg/l in der Beprobung vom Mai 2023 nachgewiesen wurden. Einen erstmaligen Nachweis dieser Schadstoffgruppe gab es in den

Messstellen PR 177-mittel (Mai 2023: 6 µg/l) und GWMS 12/17-mittel (Mai 2023: 11 µg/l).

Die höchsten BTEX-Konzentrationen im mittleren Teufenbereich des weiteren Abstoms wurden in der Beobachtungsmessstelle GWMS 09/09-tief nachgewiesen (aktuell Nov. 2023: 39 µg/l, Median: 564 µg/l). Die Konzentrationen sind seit Mai 2021 rückläufig und der aktuelle Wert der geringste, der in dieser Messstelle bis jetzt erfasst wurde. Langjährige, fast gleichbleibende bzw. innerhalb des bekannten Schwankungsbereiches liegende Werte können für die Messstellen GWMS 02/10-tief (aktuell Nov. 2023: 24 µg/l; Median: 47 µg/l) und GWMS 08/13-mittel (aktuell im Nov. 2023 9, Median: 26 µg/l) bestätigt werden. In der GWMS 10/13-mittel sind seit Mai 2019 kontinuierlich abnehmende BTEX-Gehalte festzustellen. Aktuell (Nov. 2023) waren 15 µg/l BTEX nachweisbar (Median: 60 µg/l).

In der neu in das Monitoring einbezogenen Messstelle PR 181-mittel wurden keine BTEX nachgewiesen.

Insgesamt können bezüglich der BTEX-Konzentrationen im tiefen Teufenbereich des weiteren Abstoms keine auffälligen Abweichungen gegenüber den Befunden der letzten Jahre festgestellt werden. In neun Messstellen werden aktuell im November 2023 keine BTEX nachgewiesen (GWMS 07/13-tief, GWMS 08/13-tief, GWMS 09/13-tief, PR 175-tief, PR 176-tief, PR 177-tief, GWMS 1/14-tief, GWMS 11/17-tief, GWMS 12/17-tief). Die aktuellen Analysergebnisse der Proben GWMS 10/13-tief spiegeln den Trend des mittleren Teufenbereichs wider (aktuell im Nov. 2023: 15 µg/l, Median: 110 µg/l). In den GWMS 09/13-tief, PR 175-tief, PR 176-tief, PR 177-tief und GWMS 11/17-tief wurden im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) erstmalig geringe Mengen BTEX nachgewiesen (Mai 2023: < 10 µg/l). Im November 2023 lagen die BTEX-Konzentrationen wieder unterhalb der Nachweisgrenze.

In der neu in das Monitoring einbezogenen Messstelle PR 181-tief wurden keine BTEX nachgewiesen.

3.1.2 MTBE

Da im Zuge des Monitorings im Mai 2011 lokal hohe Befunde für MTBE im Grundwasser verschiedener Messstellen ermittelt wurden, wird das Grundwasser aller Messstellen halbjährlich auf MTBE analysiert. Auf diese Weise wird sowohl die ungefähre Ausbreitung als auch die Konzentrationsentwicklung beobachtet. Eine grafische Darstellung der Befunde für den Parameter MTBE befindet sich in den Lageplänen der Anlage 4, ein Verteilungsplan der MTBE-Gehalte in der Anlage 7. Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar.

3.1.2.1 Anstrom (Messstellen: s.o.)

Seit Beginn der Sanierung konnte in keiner der im Anstrom befindlichen Grundwassermessstellen MTBE nachgewiesen werden.

3.1.2.2 Schadenszentrum (Messstellen: s.o.)

Im flachen Teufenbereich des Schadenszentrums lagen die Analysenergebnisse bezüglich des Schadstoffes MTBE im Untersuchungszeitraum 2022 erstmalig seit Mai 2019 nicht an allen Grundwassermessstellen unterhalb der Nachweisgrenze.

Im Oktober 2022 lag in der Messstelle GWMS 01/06 die bisher höchste MTBE-Konzentration seit Beginn der Untersuchungen vor (aktuell: 2.300 µg/l; Median: 17 µg/l). Die hier nachgewiesene Konzentration entsprach nicht dem hier zu erwartenden Konzentrationsniveau. Nach Aussage des Labors waren bei der Analytik keine Unregelmäßigkeiten aufgefallen. Die GWMS 01/06 ist die einzige Messstelle in diesem Bereich, bei der eine auffällige MTBE-Konzentration festgestellt wurde. Die Ursache für den Befund ist nicht bekannt. Es war zu prüfen, ob sich der Befund an dieser Stelle wiederholt. Im Zuge der Untersuchungen im Mai und November 2023 wurde weder in der GWMS 01/06-flach, noch in den anderen Messstellen des flachen Teufenbereichs MTBE nachgewiesen. Somit handelt es sich um einen Einzelfund.

Die im mittleren Teufenbereich befindliche Grundwassermessstelle GWMS 01/06-tief zeigt im Jahr 2023 gegenüber den Vorjahresbefunden (März 2022: 3 µg/l, Oktober 2022: n.n.) erneut geringe Werte (Mai 2023: 0,8 µg/l, Nov. 2023: 4 µg/l).

Für die Messstelle GWMS 04/07 im tiefen Teufenbereich wurde im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) kein MTBE nachgewiesen.

3.1.2.3 Naher Abstrom (Messstellen: s.o.)

In den den flachen Teufenbereich betreffenden Messstellen GWMS 03/07-flach, GWMS 05/09, GWMS 03/07-tief wurde im Jahr 2023 kein MTBE nachgewiesen.

3.1.2.4 Mittlerer Abstrom (Messstellen: s.o.)

Bezüglich der MTBE-Belastung zeigen die Messstellen im mittleren Abstrom deutliche Schwankungen. Insbesondere die Analysenergebnisse der Messstelle GWMS 07/09-flach weisen eine hohe Varianz auf. Die Messstellen GWMS 07/09-flach und -tief wurden aufgrund der Untersuchungen im Zu-

sammenhang mit einem Feldversuch zur In-Situ Sanierung Ende 2019 und in 2020 nicht beprobt. Die Befunde seit Mai 2021 (3,9 µg/l) zeigen deutlich geringere Werte als noch im Jahr 2018 (Oktober 2018: 520 µg/l). Auch im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) liegt die Konzentration < 100 µg/l (aktuell Nov. 2023 07/09-flach: 28 µg/l; Median 111 µg/l; 07/09-tief: 5 µg/l, Median 10 µg/l).

Die Konzentrationen in GWMS 13/12 liegen wie in den Vorjahren 2021/ 2022 im aktuellen Untersuchungszeitraum (Mai 2023: 260 µg/l; Nov. 2023: 190 µg/l) auf einem deutlich geringeren Niveau als in 2020 (1.600 - 1.700 µg/l). Seit 2017 wurden in den Messstellen GWMS 08/09-flach (aktuell Nov. 2023: MTBE 17 µg/l, Median: 62 µg/l) und GWMS 08/09-tief (mittlerer Teufenbereich, aktuell im Nov. 2023: MTBE nicht nachweisbar, Median: 39 µg/l) dauerhaft Werte < 100 µg/l bzw. 50 µg/l festgestellt.

3.1.2.5 Weiterer Abstrom (Messstellen s.o.)

Bis auf die Messstellen GWMS 07/13-flach und GWMS 11/17-flach liegen die Untersuchungsergebnisse für den Schadstoff MTBE im flachen Teufenbereich innerhalb der jeweils bisher in den Messstellen bekannten Schwankungsbreite (aktuell Nov. 2023: GWMS 02/10-flach 100µg/l, Median: 22 µg/l; GWMS 09/09-flach 49 µg/l, Median: 49 µg/l; GWMS 01/10-flach 3 µg/l, Median: 6 µg/l; GWMS 08/13-flach MTBE nicht nachweisbar, Median: n.n.; GWMS 10/13-flach MTBE nicht nachweisbar, Median: 10 µg/l; GWMS 12/17-flach 78 µg/l, Median: 26 µg/l).

In den GWMS 2717/32/0391, 09/13-flach, PR 176-flach, PR 177-flach und GWMS 1/14-flach lagen die MTBE-Gehalte im Mai und November 2023 wie schon in den Vorjahren unterhalb der Nachweisgrenze. In der neu in das Monitoring einbezogenen Messstelle PR 181-flach wurde kein MTBE nachgewiesen.

In PR 175-flach wurde im März 2020 erstmalig MTBE in geringer Konzentration ermittelt (0,7 µg/l). Seitdem (Stand 2023) waren MTBE nicht nachweisbar.

Die Analysenergebnisse der Beprobung der Messstelle GWMS 07/13-flach ergab im Oktober 2022 erstmalig einen Nachweis für MTBE (640 µg/l; Median: n.n.). Im Jahr 2023 wurde in beiden Monitoringkampagnen kein MTBE nachgewiesen. In der Messstelle GWMS 11/17-flach wurde nach dem Anstieg der MTBE-Konzentration bis Okt. 2022 (1.200 µg/l) ein Rückgang beobachtet. Aktuell (Nov. 2023) liegen hier 510 µg/l MTBE vor (Median: 670 µg/l). Diese Konzentration entspricht dem Niveau der Jahre 2018-2020.

Bezüglich der MTBE-Gehalte im mittleren Teufenbereich gab es gegenüber den bisherigen Analysenergebnissen im aktuellen Untersuchungszeitraum

2023 keine auffälligen Veränderungen (GWMS 09/09-tief aktuell: 92 µg/l, Median: 335 µg/l; GWMS 02/10-tief aktuell: 450 µg/l, Median: 755 µg/l; GWMS 08/13-mittel aktuell: 18 µg/l, Median: 10 µg/l; GWMS 11/17-mittel aktuell: 650 µg/l, Median: 820 µg/l).

In den Messstellen GWMS 09/13-mittel, PR 175-mittel, PR 176-mittel, PR 177-mittel, GWMS 07/13-mittel, GWMS 1/14 und PR 181-mittel konnte kein MTBE nachgewiesen werden.

Seit September 2018 liegt die Konzentration von MTBE in der GWMS 10/13-mittel bei ca. 200 µg/l gegenüber < 100 µg/l in den Vorjahren. Das Konzentrationsniveau war seitdem etwa gleichbleibend und zeigte keine Tendenz zu weiter ansteigenden Werten. Im März 2022 wurde einmalig ein höherer MTBE-Gehalt ermittelt (450 µg/l) und im Oktober 2022 die bisher niedrigste (6,4 µg/l) MTBE-Konzentration nachgewiesen. Im aktuellen Untersuchungszeitraum wurden 160 µg/l (Mai 2023) bzw. 140 µg/l (Nov. 2023) festgestellt.

In der Messstelle GWMS 01/10-tief ist das Konzentrationsniveau seit März 2020 leicht rückläufig. Waren zwischen 2017 und 2019 noch Werte im Bereich von 110 – 140 µg/l ermittelt worden, liegt das Konzentrationsniveau aktuell deutlich niedriger (Mai 2023: 77 µg/l; Nov. 2023: 46 µg/l).

In der an der Weser gelegenen Messstelle GWMS 12/17-mittel ist ein leichter Anstieg der MTBE-Gehalte (aktuell Nov. 2023: 11 µg/l) gegenüber der ersten Probenahme im März 2018 (2 µg/l) erkennbar.

Der tiefe Abschnitt des weiteren Abstroms zeigt hinsichtlich der MTBE-Konzentrationen nur wenige Auffälligkeiten. Die Messstellen, GWMS 09/13-tief, PR 175-tief, PR 176-tief, PR 177-tief und GWMS 12/17-tief sind weiterhin MTBE-frei. In der GWMS 1/14-tief wurde im November 2021 erstmals MTBE mit einem Wert von 0,8 µg/l festgestellt. Seitdem (Stand 2023) wurde kein MTBE mehr nachgewiesen.

Es besteht ein auffälliger Befund (Nov. 2023) in der GWMS 07/13-tief. Hier wurde eine MTBE-Konzentration von 74 µg/l nachgewiesen (Median 0,8 µg/l).

Der MTBE-Gehalt in der Messstelle GWMS 08/13-tief liegt im Nov. 2023 bei 26 µg/l. Langfristig sind Schwankungen in der ermittelten Größenordnung in GWMS 08/13-tief offenbar möglich. In der Messstelle GWMS 10/13-tief wurden im aktuellen Untersuchungszeitraum erneut MTBE-Konzentrationen von > 100 µg/l nachgewiesen (Mai 2023: 110,00 µg/l; Nov. 2023: 120 µg/l). Ein Trend zu ansteigenden Werten liegt jedoch nicht vor.

In der Messstelle GWMS 11/17-tief konnte im März 2020 erstmals MTBE in geringen Mengen nachgewiesen werden (März 2020: 0,8 µg/l). Seitdem ist MTBE nicht oder nur in geringen Mengen nachweisbar (aktuell Nov. 2023:

nicht nachweisbar, Median: n.n.). In der neu in das Monitoring einbezogenen Messstelle PR 181-tief wurde kein MTBE nachgewiesen.

Bezüglich der MTBE-Fahne soll im Jahr 2024 eine Probenahmekampagne mit Direct-Push-Sondierungen gezielt den vermuteten Fahnenrand sowie innerhalb der bekannten Fahne (u.a. in der Nähe der GWMS 2717/32/0391) gezielt erkunden, um die Ergebnisse aus dem Monitoring zu verifizieren.

3.1.3 PAK

Aufgrund der gegenüber BTEX und MTBE nur untergeordneten Grundwasser-
serverunreinigung durch PAK erfolgt die Untersuchung auf PAK im Zuge des
regulären Monitorings nur noch einmal jährlich. Eine grafische Darstellung
der Befunde für den Parameter PAK ist im Lageplan der Anlage 5 ersichtlich.
Die Ergebnisse bis einschließlich 2023 stellen sich wie folgt dar.

Hinsichtlich der analysierten Einzelsubstanzen im Spektrum der PAK ist mit
einem Anteil von > 99% fast ausschließlich Naphthalin nachweisbar.

3.1.3.1 Anstrom (Messstellen s.o.)

PAK waren in den Messstellen Werkstatt, GWM 5, D 3-2 und FK1 im aktuel-
len Untersuchungszeitraum 2023 nicht Bestandteil des Untersuchungspro-
gramms. In der Messstelle Gleis 6 wurden geringe Mengen PAK nachgewie-
sen (0,61 µg/l; Median: 0,51 µg/l).

3.1.3.2 Schadenszentrum (Messstellen s.o.)

Hinsichtlich der Schadstoffgruppe der PAK ist im flachen Teufenbereich im
aktuellen Untersuchungszeitraum keine Veränderung gegenüber den Vorjah-
ren festzustellen. Die Ergebnisse der Untersuchung der Messstellen GWMS
01/06-flach (aktuell Mai 2023: 99 µg/l; Median: 84 µg/l) und der GWMS 02/07
(aktuell Okt. 2022: 70 µg/l; Median: 28 µg/l) zeigen eine hohe Schwankungs-
breite. Der Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA) für Naphthalin wird in den
Messstellen GWMS 01/06-flach, D3-2 und GWMS 02/07 überschritten.

Alle anderen Ergebnisse aus diesem Teufenbereich sind als nahezu unver-
ändert einzustufen (GWMS 01/07 aktuell Mai 2023: 0,6 µg/l, Median: 0,08
µg/l). Die Messstelle GWMS 04/07 war baustellenbedingt nicht zugänglich
(Median 63 µg/l).

Die Analytik der Grundwasserproben aus dem mittleren und tiefen Bereich
hat keine wesentlichen Veränderungen gegenüber den Vorjahren ergeben.
Für die Messstelle GWMS 01/06-tief liegt die aktuelle Konzentration der PAK

im Mai 2023 bei 0,02 µg/l (Median: 0,79 µg/l). Die GWMS 04/07-tief war baustellenbedingt nicht zugänglich (Median: 4,74 µg/l).

3.1.3.3 Naher Abstrom (Messstellen s.o.)

Im flachen Teufenbereich liegt aktuell im Mai 2023 in der Messstelle GWMS 03/07-flach ein vergleichsweise niedriges Konzentrationsniveau vor (4 µg/l, Median: 7 µg/l). Hier war seit 2016 bis zum März 2020 (56 µg/l) ein Anstieg der PAK-Gehalte zu verzeichnen gewesen. Der Geringfügigkeitsschwellenwert für Naphthalin (LAWA) wird hier überschritten. Die Analysenergebnisse des mittleren (GWMS 05/09 aktuell im Mai 2023: 1 µg/l, Median: 0,12 µg/l) und tiefen (GWMS 03/07-tief aktuell im Mai 2023: 0,3 µg/l, Median: 1,7 µg/l) Teufenbereichs bestätigen die Befunde der Vorjahre.

3.1.3.4 Mittlerer Abstrom (Messstellen s.o.)

Im mittleren Abstrom wurden im Monitoring im Mai 2023 keine wesentlichen Veränderungen gegenüber den Vorjahren festgestellt (GWMS 07/09-flach: 2 µg/l, Median: 5 µg/l; GWMS 07/09-tief: 0,3 µg/l, Median: 0,3 µg/l; GWMS 08/09-flach: 4 µg/l, Median: 4 µg/l; GWMS 08/09-tief: 10 µg/l, Median: 6 µg/l; GWMS 13/12: 2 µg/l, Median: 3 µg/l). In der GWMS 07/09-flach wird der Geringfügigkeitsschwellenwert (LAWA) für Naphthalin erreicht.

3.1.3.5 Weiterer Abstrom (Messstellen s.o.)

Die Befunde der im flachen Teufenbereich entnommenen Grundwasserproben des weiteren Abstroms entsprechen den Ergebnissen der bisherigen Untersuchungen. In der neu in das Monitoring einbezogenen Messstelle PR 181-flach wurden geringfügige Mengen PAK nachgewiesen (0,03 µg/l).

Im mittleren Teufenbereich wurden gegenüber den Vorjahresergebnissen ebenfalls keine wesentlichen Veränderungen der PAK-Gehalte festgestellt. Die Konzentrationen dieser Schadstoffgruppe bleiben auch im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) in der Messstelle GWMS 02/10-tief weiterhin rückläufig (seit 2015 < 10 µg/l, seit 2017 <= 1 µg/l). Die PAK-Gehalte liegen nur knapp oberhalb der Bestimmungsgrenze für diesen Parameter. In der PR 181-mittel wurden geringfügige Mengen PAK nachgewiesen (0,03 µg/l).

Die Ergebnisse des tiefen Bereiches entsprechen in der Größenordnung denen der bisherigen Untersuchungen. In der neu in das Monitoring einbezogenen Messstelle PR 181-tief wurden geringfügige Mengen PAK nachgewiesen (0,02 µg/l).

3.1.4 MKW

Um für die MKW (Mineralölkohlenwasserstoffe) ebenfalls ein Bild über die räumliche Ausdehnung zu ermitteln, wurde im Zuge der Monitoringuntersuchungen das Grundwasser aller Monitoringmessstellen auch mehrmals auf MKW analysiert. Ein Erfordernis für eine eng gestaffelte Monitoringuntersuchung auf MKW besteht aufgrund der bisher ermittelten Ergebnisse nicht. Daher sind Kontrolluntersuchungen im Abstand von ca. 5 Jahren vorgesehen (aktueller Untersuchungsumfang siehe Anlage 16). Im aktuellen Untersuchungszeitraum für das Jahr 2023 wurden MKW lediglich in der Messstelle GWMS 12/17-mittel (0,3 mg/l) nachgewiesen. Eine Übersicht der bisher ermittelten Befunde in den einzelnen Messstellen ist im Messstellenkataster ersichtlich.

3.1.5 PFC

Die Schadstoffgruppe der PFC ist auf anderen (ehem.) Liegenschaften der Bundeswehr z.T. bereits in größeren Mengen im Grundwasser nachgewiesen worden. Zwecks Klärung einer eventuell bestehenden Belastung des Grundwassers am Standort Tanklager Bremen-Farge wurde eine Auswahl von Wasserproben aus dem Monitoring zusätzlich auf PFC untersucht und die Ergebnisse im Bericht zum Jahr 2019 sowie im Messstellenkataster dokumentiert.

Die hierfür ausgewählten Grundwassermessstellen befinden sich sowohl im Schadenszentrum (01/06-flach) als auch im mittleren (08/09-flach) und weiteren (09/09-flach) Abstrom des Verladebahnhofs 2. Es konnten in keiner der untersuchten Grundwasserproben PFC nachgewiesen werden. Im aktuellen Untersuchungszeitraum 2023 wurde keine Untersuchung auf PFC durchgeführt.

3.1.6 Grundwasserstände, Grundwasserfließrichtung

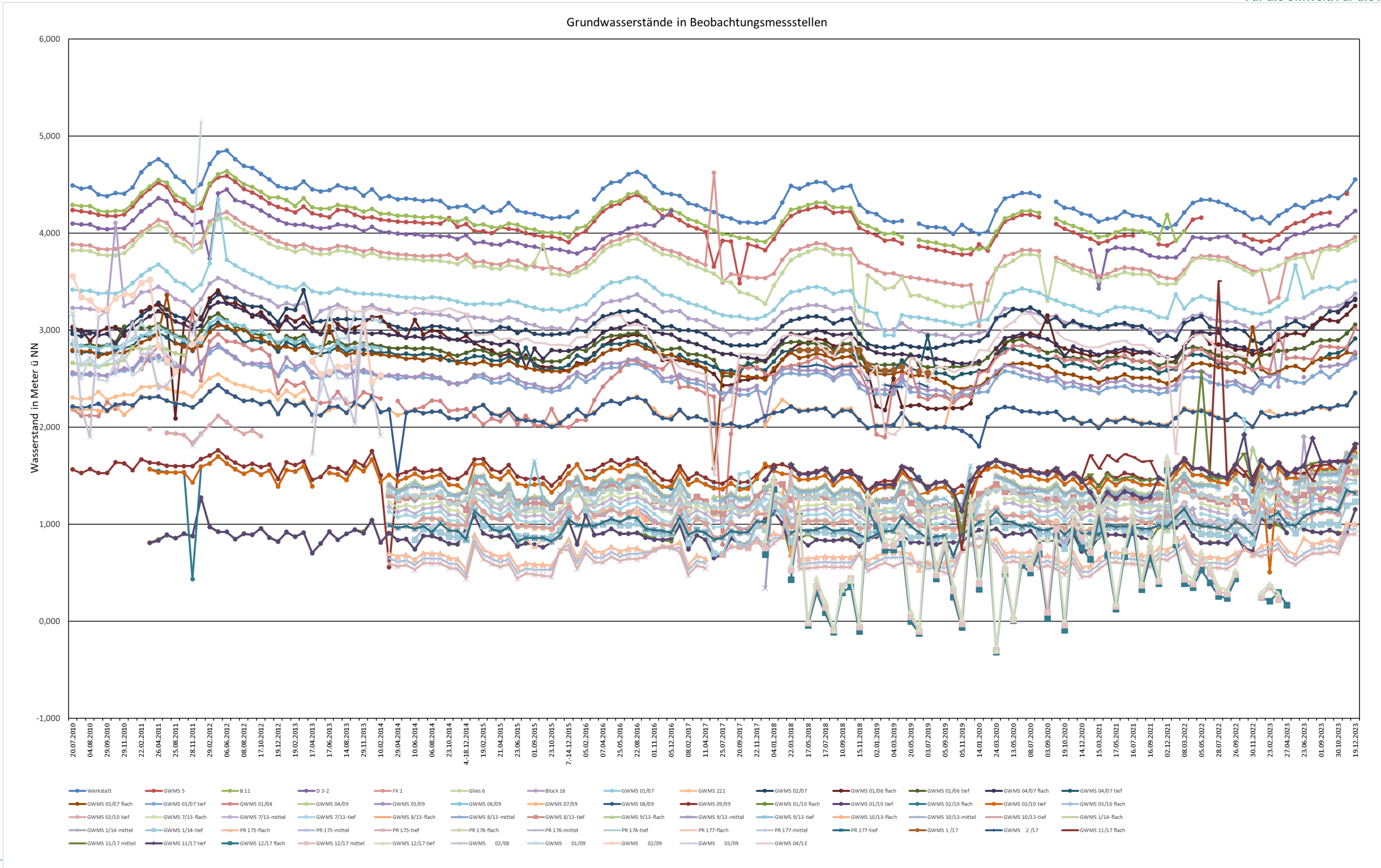
Die Messung der Grundwasserstände in den Förderbrunnen und Beobachtungsmessstellen erfolgt seit Beginn der Sanierung monatlich.

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 2 zusammengefasst dargestellt.

Die Wasserstandsmessungen erfolgten im Zuge des Monitorings jeweils vor der Beprobung des Grundwassers in den einzelnen Messstellen.

Grafik 5: Grundwasserstände in Beobachtungsmessstellen - Verladebahnhof 2



In der Anlage 1 ist die Grundwasserfließrichtung im Bereich Verladebahnhof 2 für den Stichtag 20.12.2023 dargestellt. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Süden bis Südsüdwesten orientiert. Im Bereich der Förderbrunnen ist der Einfluss der Wasserentnahme an der, um die Brunnen ausgebildeten Absenkung zu erkennen. Der Einfluss der Absenkung reicht bis an die Liegenschaftsgrenze und erfasst damit den Schwerpunkt der Belastung des Grundwassers durch BTEX.

Die in der Grafik 5 dargestellten Ganglinien zeigen weitgehend gleichartige Veränderungen des Wasserspiegels in den dargestellten Messstellen, die auf natürliche Schwankungen des Grundwasserspiegels zurückgehen. Eine wesentliche Änderung der hydrologischen Bedingungen außerhalb der Liegenschaft wurde seit Beginn der Sanierung nicht festgestellt. Veränderungen innerhalb der Liegenschaft sind auf schwankende Fördermengen der Brunnen zurückzuführen. Veränderungen in den Leichtphase-führenden Messstellen (u.a. 01/08, 01/06-flach und 04/13) sind auf Schwankungen der jeweiligen Phasenmächtigkeiten zurückzuführen. Die Ganglinien der Messstellengruppe 12/17 spiegeln den tideabhängigen Grundwasserspiegel wider.

3.2 Tiefenorientierte Abgrenzung der Grundwasserverunreinigung und Monitoring im Abstrom der ehem. Kanisterabstellfläche

Es besteht der Verdacht, dass die Wasserförderung durch die von der SWB betriebenen Brunnen des Wasserwerkes Blumenthal möglicherweise zu einer Verlagerung der Schadstofffahne im Abstrom des Tanklagers Farge führen könnte. Ebenso bestand das Erfordernis im Abstrom der ehemaligen Kanisterabstellfläche des Tanklagers (Schadenszentrum bei der GWMS D3-2) eine Abgrenzung in südliche Richtung vorzunehmen. Insgesamt wurden zur Klärung beider Sachverhalte im Jahr 2021 vier Messstellengruppen eingerichtet, welche bis in eine maximale Tiefe von ca. 60 m (GWMS 1/21-3/21) bzw. 30 m (GWMS 4/21) u. GOK reichen.

Details zum Messstellenausbau, dem lokalen Bodenaufbau und den ersten Ergebnissen inklusive einer Bewertung sind dem 17. Sachstandsbericht (Monitoringuntersuchungen im Verladebahnhof 2, Untersuchungszeitraum des Jahres 2021) zu entnehmen.

Der Untersuchungsumfang an den seit November 2021 in das Monitoring eingegliederten Messstellengruppen umfasst die Schadstoffgruppen BTEX, PAK, MKW und MTBE.

Die Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2023 werden mit dem vorliegenden 18. Sachstandsbericht dokumentiert und Veränderungen gegenüber dem Vorjahr bewertet. Eine grafische Darstellung erfolgt über das Messstellenkataster des GDfB.

3.2.1 Neue Grundwassermessstellen zur Tiefenerkundung (GWMS 01/21 F, GWMS 01/21 T, GWMS 02/21 F, GWMS 02/21 T, GWMS 03/21 F, GWMS 03/21 M und GWMS 03/21 T)

Für die MTBE-Verunreinigung im Bereich der GWMS 13/12 wurde mit den neuen Messstellen GWMS 01/21 F und GWMS 01/21 T eine deutliche vertikale Abnahme in der MTBE Konzentration festgestellt. 2021 lagen in der Tiefe 50 – 54 m unter GOK noch MTBE in Höhe von 23 µg/l vor. Aktuell (Nov. 2023) wurden dort 9 µg/l nachgewiesen. Gegenüber dem hohen Befund in der Tiefe 23 – 28 m unter GOK (GWMS 13/12: 190 µg/l) und der deutlichen Abnahme bis in 50 – 54 m, ist mit einer vollständigen vertikalen Abgrenzung im Tiefenabschnitt 50 – 60 m zu rechnen.

Für die BTEX-Belastung in der Messstellengruppe GWMS 03/07-flach (Mai 2023: 87 µg/l, Nov. 2023: 2 µg/l) und GWMS 03/07-tief (Mai 2023: 16 µg/l, Nov. 2023: 9 µg/l) besteht mit den neuen Messstellen GWMS 02/21 F und GWMS 02/21 T eine vertikale Abgrenzung der bekannten Kontamination. Bei der ersten Untersuchung (Nov. 2021) waren in den Tiefen 44 – 48 m unter GOK (GWMS 02/21 F) und 52 – 56 m unter GOK (GWMS 02/21 T) keine BTEX nachweisbar. Im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) waren in beiden Messstellen keine BTEX nachweisbar.

An der südöstlichen Liegenschaftsgrenze wurden in der neu hergestellten Messstellengruppe GWMS 03/21 im aktuellen Untersuchungszeitraum (2023) geringe Werte für BTEX, MTBE und PAK bis in die Tiefe von 36 – 40 m unter GOK festgestellt. Vertikal ist die Verunreinigung im Grundwasser in der Tiefe von 46 – 50 m unter GOK abgegrenzt.

3.2.2 Neue Grundwassermessstellen Abstrom KF3, ehem. Kanisterabfüllfläche (GWMS 04/21 F und GWMS 04/21 T)

Die zur weiteren Eingrenzung der Grundwasserkontamination im Abstrom der KF 3 (ehemalige Kanisterabfüllfläche) eingerichtete Messstellengruppe GWMW 04/21 bestätigt das hier bekannte Bild der Schadstoffverteilung. Es ist auf Grundlage der bisherigen Untersuchungsergebnisse davon auszugehen, dass die Messstellen etwa zentral in der hier bekannten Schadstofffahne liegen. Die Messstellen GWMS 04/21 F und GWMS 04/21 T weisen aktuell (Nov. 2023) im Tiefenbereich bis ca. 19 m für BTEX einen Wert von 138 µg/l auf (Nov. 2021: 194 µg/l). Vertikal wurde in der Tiefe 26 – 30 m unter GOK eine deutliche Abnahme der BTEX- sowie der Benzol- und PAK-Konzentration festgestellt (aktuell Nov. 2023: 61 µg/l BTEX), so dass eine vertikale Abgrenzung zwar noch nicht vollständig vorliegt aber in einer Tiefe von 35 – 40 m unter GOK zu erwarten ist.

3.2.3 Bewertung Monitoring/Abstrom Verladebahnhof 2

1. Im Grundwasseranstrom des Verladebahnhofs 2 wurden gleichbleibend niedrige BTEX-Gehalte festgestellt. MTBE waren bisher nicht nachweisbar.
2. Im Bereich des Schadenszentrums zeigt insbesondere die GWMS 01/06-flach für BTEX aktuell erneut hohe Werte (10.320 µg/l). Seit Ende 2017 (11.900 µg/l im Dezember 2017) war hier zwischenzeitig eine deutliche Abnahme der BTEX-Gehalte mit Konzentrationen < 5.000 µg/l festgestellt worden. Seit September 2020 liegt das Konzentrationsniveau wieder deutlich bei > 10.000 µg/l.

Die BTEX-Konzentrationen in der Messstelle GWMS 01/07, welche im März 2018 (9.968 µg/l) als auffällig zu bewerten waren, haben in den Folgejahren (Stand 2022) wieder ein für diese Messstelle übliches Niveau erreicht. Aktuell (2023) wurden erneut auffällige BTEX-Konzentrationen festgestellt (Nov. 2023: 5.781 µg/l). Hinweise auf die Ursache der hohen Befunde liegen nicht vor. Der mittlere Bereich zeigt keine relevanten Abweichungen gegenüber den Vorjahren. Im tiefen Teufenbereich (GWMS 04/07-tief) sind die BTEX-Konzentrationen gegenüber den Vorjahren deutlich erhöht (aktuell Nov. 2023: 1.514 µg/l). Der flache Teufenbereich (GWMS 04/07-flach) ist davon nicht betroffen. Die Messstellen GWMS 04/07-flach/ -tief waren im Zuge der Baumaßnahme (Juli 2023) instandzusetzen, da sie zuvor durch Fahrzeuge beschädigt worden waren.

3. Im nahen Abstrom lag für BTEX in der Messstelle 03/07-flach bis 2019 eine tendenzielle Zunahme der Konzentration vor. Die Konzentrationen sind seit 2019 wieder rückläufig. Die Schadstofffahne, welche entlang der Messstellen GWMS 07/09-flach/ -tief, GWMS 08/09-flach/ -tief, GWMS 09/09-flach/ -tief und GWMS 10/13-flach/ -mittel/ -tief ausgebildet ist, zeigt im aktuellen Beobachtungszeitraum keine auffälligen Konzentrationszunahmen. Zwar liegen die BTEX-Konzentrationen im flachen (08/09-flach) und mittleren (09/09-tief) Teufenbereich des mittleren und weiteren Abstroms weiterhin auf einem hohen Niveau, die Varianz der Messwerte, wie sie auch schon in den Vorjahren festgestellt wurde, hat sich jedoch nicht wesentlich verändert.

Die weitgehend in allen Tiefenabschnitten der Messstellengruppe GWMS 10/13 rückläufigen BTEX-Konzentrationen lassen zum jetzigen Zeitpunkt an dieser Stelle nicht auf eine weitere Zunahme der Verlagerung der Schadstoffe in Richtung des Abstroms schließen. Hinweise auf eine weitere laterale Ausdehnung der Schadstofffahne für BTEX bestehen nicht. Der erstmalige Nachweis von BTEX in den Messstellen GWMS 09/13-flach/ -tief, GWMS 11/17-tief, PR 175-tief, PR 176-tief und PR 177-flach/ -tief im Mai 2023 hat sich im Monitoring vom Nov. 2023 nicht wiederholt.

Weitere Messstellen im Randbereich der bekannten Kontamination waren bereits zuvor in den Jahren 2014 (GWMS 01/10-flach, PR 175-mittel, PR 176-flach/ -mittel), 2015 (GWMS 08/13-flach, GWMS 09/13-flach/ -mittel) und 2016 (GWMS 1/14-flach/ -tief, GWMS 07/13-mittel) durch geringe BTEX-Gehalte ($< 20 \mu\text{g/l}$) aufgefallen, welche sich aktuell (Mai 2023) wiederholt haben. In der Untersuchung vom Nov. 2023 waren an diesen Messstellen keine BTEX nachweisbar, d.h. es bestehen keine Hinweise auf eine Verlagerung der Schadstofffahne.

4. Bezüglich der Entwicklung der MTBE-Gehalte gibt es nur wenige Veränderungen im aktuellen Untersuchungszeitraum.

Im Schadenszentrum sind die MTBE-Befunde weiterhin rückläufig. Der einmalig hohe Befund in der Messstelle 01/06-flach im Jahr 2022 ($2.300 \mu\text{g/l}$) hat sich im aktuellen Untersuchungszeitraum 2023 nicht wiederholt (Mai und Nov. 2023: n.n.). Kontrolluntersuchungen (2023) in den Förderbrunnen ergaben keine bzw. sehr geringe MTBE-Konzentrationen im Rohwasser. Auch in benachbarten Beobachtungsmessstellen wurde seit Beginn der Untersuchungen kein vergleichbares Konzentrationsniveau festgestellt.

Die MTBE-Fahne ist gekennzeichnet durch hohe Konzentrationen im mittleren und tiefen Aquiferbereich. Südlich der Liegenschaft, im mittleren Abstrom, liegen nach wie vor hohe Befunde in der GWMS 13/12 (aktuell im Nov. 2023: $190 \mu\text{g/l}$) vor. Seit 2021 zeigt sich damit ein deutlich geringeres Konzentrationsniveau als in den Jahren 2017 – 2020 (bis zu $2.400 \mu\text{g/l}$). In der Messstellengruppe GWMS 11/17 lagen 2022 für MTBE dagegen ansteigende Konzentrationen vor (im Okt. 2022: GWMS 11/17-flach: $1.200 \mu\text{g/l}$; GWMS 11/17-mittel: $770 \mu\text{g/l}$). Aktuell (2023) wurden geringe Gehalte festgestellt (GWMS 11/17-flach: Nov. 2023: $510 \mu\text{g/l}$; GWMS 11/17-mittel: $650 \mu\text{g/l}$). Innerhalb der Messstellengruppe 07/13 hat sich im Untersuchungszeitraum 2022 erstmalig ein MTBE-Befund $> 500 \mu\text{g/l}$ ergeben. Aktuell (2023) ist MTBE im flachen und mittleren Teufbereich nicht nachweisbar. In der GWMS 07/13-tief wurde MTBE in höheren Konzentrationen ($74 \mu\text{g/l}$) nachgewiesen, als für diese Messstelle üblich (Median: $0,8 \mu\text{g/l}$). Dies ist im kommenden Untersuchungszeitraum weiter zu beobachten. In der weiter östlich liegenden Messstellengruppe GWMS 09/13 sowie PR 176 sind MTBE nicht nachweisbar. Eine fortschreitende Verlagerung nach Osten ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht erkennbar. Eine Abgrenzung der Verunreinigung in östlicher Richtung liegt vor. Diese wird im Rahmen einer Direct-Push-Probenahmekampagne (Entnahmetiefen bis 30 m u. GOK) im Jahr 2024 geprüft.

Seit 2017 wurden gegenüber den Vorjahren erhöhte MTBE-Gehalte ($120 - 140 \mu\text{g/l}$) in der Messstelle GWMS 01/10-tief nachgewiesen. Seit 2020

sind die Werte für MTBE wieder geringer (Nov. 2023: 46 µg/l), lassen aber dennoch auf eine weitere südliche Verlagerung der MTBE in Richtung Abstrom schließen. Dies bestätigt sich auch in der Messstellengruppe 12/17 am Weserufer. Hier ist im mittleren Teufenbereich ein leichter Konzentrationsanstieg seit Einrichtung der Messstellen im Jahr 2017 zu verzeichnen.

In den Messstellen GWMS 08/13-mittel und GWMS 08/13-tief ist das Konzentrationsniveau stabil. In der weiter im Abstrom gelegenen Messstellengruppe 10/13 wurden seit Okt. 2018 MTBE-Gehalte > 100 µg/l ermittelt. In der weiter westlich gelegenen Messstellengruppe 01/14 war kein MTBE nachweisbar.

Die positiven Befunde in der in unmittelbarer Nähe zur Weser gelegenen Messstellengruppe GWMS 12/17 gaben Anlass zu einer näheren Untersuchung der MTBE-Fahne in diesem Bereich. Unter anderem war zu klären, ob die MTBE-Befunde ausschließlich auf den Eintrag aus dem Gebiet des Tanklagers Farge zurückzuführen sind. Die im Jahr 2017 durchgeführten Untersuchungen ergaben keine Hinweise auf eine weitere, lokale MTBE-Quelle.


5. Die PAK-Gehalte im Schadenszentrum haben sich gegenüber den Vorjahren nicht wesentlich verändert. Eine flächendeckende Zunahme der PAK-Gehalte im nahen, mittleren und weiteren Abstrom liegt aktuell nicht vor.

3.2.4 Weiteres Vorgehen

Die Kontrolle der Grundwasserqualität in den Monitoringmessstellen ist wie folgt beizubehalten:


- Die Kontrolle der Grundwasserqualität in den Monitoringmessstellen auf BTEX und MTBE erfolgt im ½-jährlichen Abstand, wobei die Beprobung jahreszeitlich wechseln soll (nächste Untersuchungen: März 2024, Oktober 2024),
- PAK werden einmal jährlich im Zuge des Monitorings analysiert (nächste Untersuchung: März 2024). Für die Messstellen D3-2 und Gleis 6 ist eine Untersuchung auf PAK alle 5 Jahre ausreichend (nächste Untersuchung: März 2024),
- Eine Untersuchung des Grundwassers auf MKW erfolgt alle 5 Jahre (nächste Untersuchung: Frühjahr 2028),

- Die Untersuchung der zum Verladebahnhof 2 anstromigen Messstellen Werkstatt, B11, GWMS 5 erfolgt alle 5 Jahre auf BTEX (nächste Untersuchung: Frühjahr 2028),
- Die Untersuchung der zum Verladebahnhof 2 anstromigen Messstellen FK1 und Block 16 erfolgt alle 2 Jahre auf BTEX (nächste Untersuchung: Juni 2025),
- Die Untersuchung der zum Verladebahnhof 2 anstromigen Messstellen D3-2, und Gleis 6 erfolgt jährlich auf BTEX (nächste Untersuchung: März 2024),
- ½-jährliche Untersuchung der Messstellengruppen GWMS 01/21 bis GWMS 04/21. Die Analyse des Grundwassers ist auf die relevanten Parameter der BTEX, MTBE und PAK vorzunehmen (nächste Untersuchung: März 2024, Oktober 2024),
- ergänzende Untersuchungen zum Phasenkörper an der südlichen Liegenschaftsgrenze (geplant 2024),
- Grundwasseruntersuchungen innerhalb und im Randbereich der bekannten MTBE-Fahne zur Erhöhung der räumlichen Auflösung und Abgrenzung in Abstromrichtung (Ausführung 2024).

DocuSigned by:

A47D8C9DC8C0409...

Dipl. Geol. O. Böcker

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

DocuSigned by:

8D629D54B4D64ED...

M.Sc. Geow. N. Schroth