

## BERICHT

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

Datum **17.05.2023**

**Tanklager Bremen-Farge**

**LKNr. 220 038**

### **5. Sachstandsbericht zum Monitoring im Bereich Hafen (Januar 2022 - Dezember 2022)**

#### **Auftraggeber**

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

## Inhaltsverzeichnis

Text	Seite
<b>1. Anlass und Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>2. Grundwassermonitoring</b>	<b>5</b>
2.1 BTEX	12
2.2 MTBE	14
2.3 PAK	16
2.4 MKW	17
2.5 Phasenmessungen	18
2.6 Grundwasserstände, Grundwasserfließrichtung	18
2.7 Bewertung Hafen	20
2.8 Weiteres Vorgehen	21

## Anlagen

- 1 Lageplan mit Darstellung der Grundwasserfließrichtung Mai 2022
- 2 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für BTEX
- 3 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für MTBE
- 4 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für PAK
- 5 Lageplan: Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen für MKW
- Nur digital:**
- 6 Laborberichte Monitoring
  - 6.1 Monitoring Hafen – April 2022
  - 6.2 Monitoring Hafen – Dezember 2022
- 7 Probenahmeprotokolle
  - 7.1 Monitoring Hafen – April 2022
  - 7.2 Monitoring Hafen – Dezember 2022
- 8 Protokolle der Wasserstandsmessungen

## Tabellenverzeichnis

- **Tabelle 1: Aufstellung über erbrachte Leistungen**
- **Tabelle 2: Übersicht der im Jahr 2019 zurückgebauten Messstellen(-gruppen) und der eingerichteten Ersatzmessstellen(-gruppen)**
- **Tabelle 3: Schadstoff-Konzentrationen (Median) seit Beginn des Monitorings im Bereich Hafen sowie Befunde nach Abschluss der Bauarbeiten und aktuelle (Dezember 2022) Ergebnisse**

## 1. Anlass und Aufgabenstellung

Auf Grundlage der Detailuntersuchungen im Bereich des Hafens (*Bericht der HPC AG vom 27.02.2014: Detailuntersuchungen von kontaminationsverdächtigen und kontaminierten Flächen, Phase IIb-2 im Bereich Tanklager Bremen Farge*) sowie der *Wasserbehördlichen Erlaubnis der Freien Hansestadt Bremen, Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa* (Schreiben vom 17.05.2010) sind regelmäßige Kontrolluntersuchungen des Grundwassers in Form eines Monitorings in folgendem Umfang durchzuführen:

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

Das Monitoring für den Bereich Hafen wurde erstmals im Dezember 2014 durchgeführt. Die ausführenden Firmen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1: Aufstellung über erbrachte Leistungen:**

	ausgeführt durch	im Auftrag	Intervall
<b>Wasserstände und Probenahme GWMS</b>	HPC AG	Immobilien Bremen	monatlich
<b>Rohwasserchemie</b>	SGS Fresenius	Immobilien Bremen	monatlich

Die Dokumentation erfolgt seit dem Jahr 2018 separat vom Sachstandsbericht zum Verladebahnhof 2:

- *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038, 1. Sachstandsbericht zum Monitoring im Bereich Hafen (Januar 2018 – Dezember 2018), 29.03.2019,*
- *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038, 2. Sachstandsbericht zum Monitoring im Bereich Hafen (Januar 2019 – Dezember 2019), 02.03.2020.*

Die Untersuchungen vor dem Jahr 2018 können den 11.- 13. Sachstandsberichten zum Monitoring Verladebahnhof 2 entnommen werden.

Im Zeitraum von Juli 2018 bis April 2020 wurden umfangreiche Rückbauarbeiten sowie eine Bodenaustauschmaßnahme auf der Liegenschaft durchgeführt. Der vom Bodenaustausch betroffene Bereich ist in den Lageplänen in Anlage 2-5 ausgewiesen und umfasst eine Bearbeitungstiefe von bis zu 7 m u. GOK. Durch die Baumaßnahme ergaben sich zeitweise Einschränkungen für die Grundwasseruntersuchungen, da bestehende Grundwassermessstellen für den Bodenaustausch z.T. zurückgebaut werden mussten oder vorübergehend nicht erreichbar waren. Eine detaillierte Beschreibung der Maßnahme erfolgte durch die Berichte:

- Tanklager Bremen Farge – Rückbau Hafenanlage, LKNr.: 220 038, Rückbau, Bodenaustausch, Sanierung Phase III, 10.09.2020,
- Tanklager Bremen-Farge – Rückbau Hafenanlage, LKNr.: 220 038, Bericht zum Sanierungserfolg nach Bodenaustausch.

Die Ergebnisse der im Anschluss an die Maßnahme durchgeführten Monitorings in den Jahren 2020 und 2021 sind den Berichten:

- Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038, 3. Sachstandsbericht zum Monitoring im Bereich Hafen (Januar 2020 – Dezember 2020), 23.03.2021,
- Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038, 4. Sachstandsbericht zum Monitoring im Bereich Hafen (Januar 2021 – Dezember 2021), 11.07.2022

zu entnehmen.

Die Ergebnisse des aktuellen Monitorings im Jahr 2022 sind im vorliegenden Bericht dokumentiert.

## 2. Grundwassermonitoring

Die im vorliegenden Bericht dokumentierten Monitoringkampagnen wurden in den Zeiträumen vom 26.-27.4.2022 und 06-08.12.2022 durchgeführt. Die Probennahme des Grundwassers im Rahmen des Monitorings erfolgte durch die HPC AG.

Im Zuge des Gebäuderückbaus und des durchgeführten Bodenaustausches in den Jahren 2018 – 2020 wurden einige Messstellen zurückgebaut. Dies betraf die Messstellen GWMS 22/13-flach und -mittel (Februar 2019), GWMS 21/13-flach und -mittel (Mai 2019), GWMS 23/13-flach und -mittel, GWMS 24-flach (alt) und mittel (alt) sowie GWMS 25/13-flach (Juni 2019). Im Anschluss an die Baumaßnahme wurden neue Messstellen(-gruppen) als Ersatz eingerichtet (u.a. GWMS 21/13-flach (neu)/ -tief (neu), GWMS 22/13-flach (neu)/ -tief (neu)) sowie GWMS 24/13-flach (neu), GWMS 24/24-tief (neu).

Zusätzlich wurden drei der für die Grundwasserentspannung im Zuge der Sanierungsarbeiten eingerichteten Brunnen erhalten und als tiefe Grundwassermessstellen genutzt (BR 10-tief, BR 15-tief und BR 17-tief) und um jeweils eine flache Messstelle ergänzt (BR 10-flach, BR 15-flach und BR 17-flach), um eine flächendeckende Überwachung des Grundwassers im ehemaligen Hafenbereich des Tanklagers Bremen-Farge weiterhin zu gewährleisten. Tabelle 2 beinhaltet eine Aufstellung der bestehenden und der zurückgebauten Grundwassermessstellen sowie die Bezeichnung der jeweils dafür neu eingerichteten Messstellen (-gruppen) und genutzten Brunnen aus der Grundwasserentspannung. Die neuen Messstellen(-gruppen) wurden im Zuge des Zwischenmonitorings im Juni 2020 zum ersten Mal untersucht.

**Tabelle 2: Übersicht der zurückgebauten und der neuen Messstellen(-gruppen)**

Bestehende alte und neue sowie ersetzte Messstellen	Filtertiefe [m u. GOK]	Filtertiefe [mNN]	Neue Filtertiefe [mNN]	Bemerkungen
GWMS 06/12	1,5-5,5	2,94 bis -1,06		
GWMS 07/12	10,0-15,0	-5,55 bis -10,55		
GWMS 08/12	1,5-5,5	3,04 bis -0,96		
GWMS 09/12	10,0-14,0	-5,60 bis -9,60		
GWMS 10/12	1,5-5,5	2,90 bis -1,10		
GWMS 12/12	11,0-15,0	-6,47 bis -10,47		
GWMS 21/13-flach (alt)	1,0-5,0	3,54 bis -0,46		
GWMS 21/13-flach (neu)	0,7-5,7		3,94 bis -1,06	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 21/13-flach; Aushub bis -5,2 m u. GOK (OK Klei) erfolgt, UK Klei bei -8,5 m u. GOK
GWMS 21/13-mittel (alt)	10,0-15,0	-5,44 bis -10,44		
GWMS 21/13-tief (neu)	10,0-15,0		-5,363 bis -10,363	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 21/13-mittel; Aushub bis -5,2 m u. GOK (OK Klei) erfolgt, UK Klei bei -8,5 m u. GOK
GWMS 22/13-flach (alt)	1,5-5,5	3,28 bis -0,72		
GWMS 22/13-flach (neu)	1,0-6,0		3,632 bis -1,368	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 22/13-flach, Aushub bis -5,9 m u. GOK erfolgt (OK Klei), UK Klei bei -8,6 m u. GOK
GWMS 22/13-mittel (alt)	10,0-15,0	-5,26 bis -10,26		
GWMS 22/13-tief (neu)	10,0-15,0		-5,37 bis -10,37	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 22/13-mittel; Aushub bis -5,9 m u. GOK erfolgt (OK Klei), UK Klei bei -8,6 m u. GOK
GWMS 24/13-flach (alt)	1,5-5,5	4,60 bis 0,60		
GWMS 24/13-flach (neu)	2,0-7,0		3,967 bis -1,033	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 24/13-flach

Fortsetzung Tabelle 2:

Bestehende alte und neue sowie ersetzte Messstellen	Filtertiefe [m u. GOK]	Filtertiefe [mNN]	Neue Filtertiefe [mNN]	Bemerkungen
GWMS 24/13-mittel (alt)	10,0-15,0	-3,97 bis -8,97		
GWMS 24/13-tief	10,0-15,0		-4,033 bis -9,033	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 24/13-mittel
GWMS 25/13-mittel	7,0 – 12,0	-1,57 bis -6,57		
GWMS BR10-flach	1,0-6,0		3,333 bis -1,667	
GWMS BR10-tief	12,0-17,0		-7,628 bis -12,628	
GWMS BR15-flach	1,0-6,0		3,936 bis -1,064	
GWMS BR15-tief	10,0-15,0		-5,067 bis -10,067	
GWMS BR17-flach	1,0-6,0		3,979 bis -1,021	
GWMS BR17-tief	10,0-15,0		-5,064 bis -10,064	
Zurückgebaute Messstellen ohne Ersatz	Filtertiefe [m u. GOK]			Bemerkungen
GWMS 23/13-flach	1,0-5,0	3,88 bis 0,38		
GWMS 23/13-mittel	10,0-15,0	-4,64 bis -9,64		
GWMS 25/13-flach	2-5	3,42 bis 0,42		kein Ersatz, da sich GWMS 24/13-flach und -tief in unmittelbarer Nähe befinden und GWMS 25/13-mittel erhalten bleiben konnte

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

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

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

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

- *Monitoringuntersuchungen im Bereich Verladebahnhof 2, Verladebahnhof 1 und Hafen (Zeitraum Januar 2015 – Dezember 2015); HPC AG, 20.06.2016.*

Eine Detailbetrachtung und Beurteilung der Schadstoffsituation im Bereich Hafen, auch unter Berücksichtigung einer Frachtbetrachtung und geplanter Folge-nutzungen, wurde in folgenden Berichten durchgeführt:

- *Tanklager Bremen-Farge; LKNr. 220 038; Bereich Hafen: Wasserstandsmessungen und Grundwasseruntersuchungen, 2. Bericht (Zeitraum April 2015 – September 2015); HPC AG, 30.09.2015,*

- *Tanklager Bremen-Farge; LKNr. 220 038; 12. Sachstandsbericht zur Sanierung des Grundwassers im Bereich Verladebahnhof 2 (Zeitraum Januar 2016 – Dezember 2016).*

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen sind den Tabellen der Anlagen 2 bis 5 sowie dem Messstellenkataster zu entnehmen, welches in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Dienst Bremen erstellt wurde. Hier wurden und werden in Zukunft alle Messdaten zum Monitoring eingepflegt. Die Laborberichte der aktuellen Analysen befinden sich in der Anlage 6, die Probenahmeprotokolle in der Anlage 7. Tabelle 3 fasst die Befunde bis Sanierungsbeginn und unmittelbar nach Beendigung der Maßnahme zusammen.

Für das Monitoring im Bereich Hafen auf der Liegenschaft ist in Abstimmung mit der Behörde derzeit folgender Untersuchungsumfang festgelegt:

- Die Kontrolle der Grundwasserqualität in den Monitoringmessstellen auf BTEX, MTBE, PAK und MKW erfolgt im ½-jährlichen Abstand (aktuell: April 2022, Dezember 2022), im vorliegenden Bericht dokumentiert.

- Die nächsten Kontrollen erfolgen im Juni 2023 und November 2023.



Die im vorliegenden Berichtszeitraum in das Monitoring eingebundenen Messstellen im Bereich Hafen werden nachfolgend den Ergebnissen der bisher durchgeführten Grundwasseranalysen gegenübergestellt. Die tabellarische sowie die grafische Darstellung der Befunde des Monitorings für die Parameter BTEX, MTBE, PAK und MKW erfolgt zusammengefasst in Tabelle 3. Die Ergebnisse aus allen drei Monitoringkampagnen der Jahre 2020 - 2022 (BTEX, MTBE, PAK, MKW) sind im Messstellenkataster und in den Anlagen 2-5 des vorliegenden Berichts enthalten.

Alle in den nachfolgenden Unterkapiteln beschriebenen aktuellen Befunde beziehen sich auf die Analysenergebnisse aus der Untersuchung im Winter 2022. Die Mediankonzentrationen ergeben sich aus den Daten des Zeitraumes vor der Sanierung.

Tabelle 3: Schadstoff-Konzentrationen (Median) seit Beginn des Monitorings im Bereich Hafen sowie Befunde des Zwischenmonitorings nach Abschluss der Bauarbeiten und aktuelle (Dezember 2022) Ergebnisse

Messstelle	Mittlere BTEX-Konz. vor der Sanierung [µg/l]	BTEX-Konz. (Benzol-Konz.) nach der Sanierung [µg/l]	BTEX-Konzentration (Benzol-Konz.) Dezember 2022 [µg/l]	Mittlere MTBE-Konz. vor der Sanierung [µg/l]	MTBE-Konz. nach der Sanierung [µg/l]	MTBE-Konz. Dezember 2022 [µg/l]	Mittlere PAK-Konz. inkl. Naphthalin (Naphthalin-Konz.) vor der Sanierung [µg/l]	PAK-Konz. inkl. Naphthalin (Naphthalin-Konz.) nach der Sanierung [µg/l]	PAK-Konz. inkl. Naphthalin (Naphthalin-Konz.) Dezember 2022 [µg/l]	Mittlere MKW-Konz. vor der Sanierung [mg/l]	MKW-Konz. nach der Sanierung [mg/l]	MKW-Konz. Dezember 2022 [mg/l]	Bemerkung
Deichbereich (inkl. Sommerdeich), außerhalb Sanierungsbereich													
GWMS BR15-flach		20.522,00 (316)	2.885,00 (590)		n.n.	n.n.		190,66 (190)	180,39 (180)		5,60	0,80	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR15-tief		46,00 (n.n.)	17,00 (n.n.)		n.n.	n.n.		0,60 (0,6)	0,03 (0,03)		n.n.	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR17-flach		351,00 (1)	832,00 (61)		n.n.	n.n.		0,11 (0,11)	16,07 (16)			0,40	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR17-tief		n.n. (n.n.)	4,00 (n.n.)		n.n.	n.n.		n.n. (n.n.)	3,70 (0,36)			n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 24/13-flach	17.971,00	32.100,00 (120)	15.996,00 (44)	n.n.	n.n.	n.n.	93,43	420,78 (420)	420,64 (420)	0,80	5,80	0,40	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 24/13-tief	13,50	3.752,00 (12)	119,00 (n.n.)	n.n.	n.n.	n.n.	0,24	15,12 (15)	4,10 (4,1)	n.n.	0,40	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 25/13-mittel	8,00	n.n. (n.n.)	101,00 (n.n.)	n.n.	n.n.	n.n.	0,08	n.n. (n.n.)	1,30 (1,3)	n.n.	n.n.	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 09/12 (tief)	42,00	70,00 (20)	231,00 (35)	n.n.	n.n.	n.n.	1,50	1,96 (1,9)	7,60 (7,6)	n.n.	0,20	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 10/12 (flach)	18,50	1,00 (1)	49,00 (n.n.)	0,70	2,40	1,60	0,57	n.n. (n.n.)	0,79 (0,79)	0,05	n.n.	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
Zentrum Rückbau- und Sanierungsbereich													
GWMS 21/13-flach	14.740,50	n.n. (n.n.)	19,00 (n.n.)	n.n.	5,30	6,10	108,88	n.n. (n.n.)	n.n. (n.n.)	0,90	n.n.	n.n.	
GWMS 21/13-tief	9,00	1.236 (28)	42,00 (5)	n.n.	n.n.	n.n.	0,23	50,20 (50)	0,93 (0,83)	n.n.	0,30	n.n.	Restbelastung/ Mobilisierung vermutet
GWMS 22/13-flach	139,00	n.n. (n.n.)	15,00 (n.n.)	n.n.	n.n.	3,10	2,69	0,01 (0,01)	0,09 (n.n.)	0,20	n.n.	n.n.	
GWMS 22/13-tief	621,50	16,00 (n.n.)	8,00 (n.n.)	n.n.	4,60	6,40	32,00	0,5 (0,45)	0,67 (0,57)	0,65	n.n.	n.n.	
Bereich Weser, außerhalb Sanierungsbereich, Abstrom													
GWMS BR10-flach		541,00 (n.n.)	184,00 (n.n.)		n.n.	n.n.		7,29 (7)	3,60 (3,4)		0,80	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR10-tief		19,00 (n.n.)	18,00 (n.n.)		n.n.	n.n.		0,11 (0,11)	0,35 (0,35)		n.n.	n.n.	
GWMS 08/12 (flach)	429,00	67,00 (n.n.)	50,00 (n.n.)	n.n.	n.n.	n.n.	2,93	2,34 (0,51)	1,53 (0,67)	0,25	0,30	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches



Fortsetzung Tabelle 3:

Messstelle	Mittlere BTEX-Konz. vor der Sanierung [µg/l]	BTEX-Konz. (Benzol-Konz.) nach der Sanierung [µg/l]	BTEX-Konzentration (Benzol-Konz.) Dezember 2022 [µg/l]	Mittlere MTBE-Konz. vor der Sanierung [µg/l]	MTBE-Konz. nach der Sanierung [µg/l]	MTBE-Konz. Dezember 2022 [µg/l]	Mittlere PAK-Konz. inkl. Naphthalin (Naphthalin-Konz.) vor der Sanierung [µg/l]	PAK-Konz. inkl. Naphthalin (Naphthalin-Konz.) nach der Sanierung [µg/l]	PAK-Konz. inkl. Naphthalin (Naphthalin-Konz.) Dezember 2022 [µg/l]	Mittlere MKW-Konz. vor der Sanierung [mg/l]	MKW-Konz. nach der Sanierung [mg/l]	MKW-Konz. Dezember 2022 [mg/l]	Bemerkung
Bereich Weser, außerhalb Sanierungsbereich, Abstrom													
GWMS 12/12 (tief)	4,00	37,00 (12)	78,00 (7)	n.n.	1,20	n.n.	0,13	6,93 (6,9)	3,40 (3,3)	n.n.	n.n.	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 06/12 (flach)	51,00	10,00 (n.n.)	37,00 (n.n.)	n.n.	n.n.	n.n.	0,67	0,31(0,29)	0,66 (0,63)	0,20	0,30	0,10	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 07/12 (tief)	652,00	846,00 (50)	70,00 (25)	n.n.	n.n.	9,60	26,42	19,06 (19)	1,80 (0,9)	0,30	0,30	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches

## 2.1 BTEX

Im Zuge des Monitorings wird das Grundwasser aller Messstellen halbjährlich auf BTEX analysiert, um ein Bild über die Ausbreitung zu erhalten und die Konzentrationsentwicklung zu beobachten. Eine Darstellung der Befunde für die Parameter BTEX (inkl. TMB, Cumol und Styrol) befindet sich im Lageplan der Anlage 2. Die aktuellen Untersuchungsergebnisse für die Schadstoffgruppe der BTEX stellen sich wie folgt dar.

### 2.1.1 Flacher Teufenbereich (GWMS 06/12, GWMS 08/12, GWMS 10/12, GWMS 21/13-flach, GWMS 22/13-flach, GWMS 24/13-flach sowie GWMS BR10-flach, BR15-flach und BR17-flach)

Seit Beginn des Monitorings ist im flachen Teufenbereich eine große Varianz für die Befunde feststellbar. Dies ist dadurch begründet, dass sich das ehemalige Hafengebiet im tidebeeinflussten Bereich des Weserufers befindet. Seit Beginn der Beprobungen 2012/2013 bis zur Sanierungsmaßnahme auf der Liegenschaft im Jahr 2018/2019 konnte in keiner der Grundwassermessstellen ein Trend hinsichtlich zunehmender oder abnehmender Konzentrationen beobachtet werden.

In den Messstellen außerhalb des Sanierungsbereiches GWMS 06/12, GWMS 08/12 und GWMS 10/12 waren bis zum Mai 2021 weitgehend gleichbleibende Konzentrationen auf niedrigem Niveau festgestellt worden. Im November 2021 zeigte sich in allen drei Messstellen ein deutlicher Konzentrationsanstieg auf Werte > 100 µg/l (November 2021: GWMS 06/12: 117 µg/l, GWMS 08/12: 130 µg/l, GWMS 10/12: 172 µg/l). Im aktuellen Untersuchungszeitraum (2022) ist das Konzentrationsniveau wieder deutlich niedriger. Somit ist der Befund aus November 2021 vermutlich auf tideabhängige Veränderungen zurückzuführen. Eine genauere Aussage zur zeitlichen Entwicklung kann jedoch erst nach weiteren Monitoringkampagnen getroffen werden.

Die Messstellen GWMS 24/13-flach, GWMS BR10-flach, GWMS BR15-flach und GWMS BR17-flach, welche ebenfalls außerhalb des Sanierungsbereiches liegen, wurden im Juni 2020 das erste Mal beprobt. Es ergaben sich für GWMS 24/13-flach und GWMS BR15-flach sehr hohe BTEX-Konzentrationen von > 20.000 µg/l. Ebenfalls relativ hohe Werte > 300 µg/l zeigten im Juni 2020 die Messstellen GWMS BR10-flach und GWMS BR17-flach.

Diese Messstellen (außer GWMS BR10-flach) befinden sich im Bereich des Deiches, in den dort bekannten und nicht vom Bodenaustausch betroffenen Belastungen.

Aktuell wurden (mit Ausnahme der BR17-flach) deutlich geringere BTEX-Konzentrationen im Grundwasser in diesen Messstellen festgestellt (z.B. GWMS 24/13-flach: 37.240 µg/l im November 2021, aktuell im Dezember 2022: 15.966 µg/l). Ob sich hier eine Tendenz für weiter abnehmende Werte andeutet, ist mittels der folgenden Monitoringkampagnen zu prüfen.

Der Sanierungserfolg zeigt sich nach wie vor in den unmittelbar vom Bodenaustausch betroffenen Messstellen GWMS 21/13-flach und GWMS 22/13-flach. BTEX waren im Zwischenmonitoring in keiner der beiden Messstellen nachweisbar. Im September 2020 wurden nur geringe Befunde ermittelt (GWMS 21/13-flach: 21 µg/l, Median der alten Messstelle 14.741 µg/l; GWMS 22/13-flach: 2 µg/l, Median der alten Messstelle: 139 µg/l). Die aktuellen Werte vom April/ Dezember 2022 zeigen auch weiterhin keine Veränderung im Konzentrationsniveau (GWMS 21/13-flach: n.n./ 19 µg/l; GWMS 22/13-flach: n.n./ 15 µg/l).

## **2.1.2 Mittlerer/tiefer Teufenbereich (GWMS 07/12, GWMS 09/12, GWMS 12/12, GWMS 21/13-tief, GWMS 22/13-tief, GWMS 24/13-tief, GWMS 25/13-mittel, GWMS BR10-tief, GWMS BR15-tief, GWMS BR17-tief)**

Im mittleren Teufenbereich haben sich vor der Sanierungsmaßnahme aufgrund der großen Varianz der Befunde innerhalb einer Messstelle keine langfristigen eindeutigen Tendenzen in Richtung steigender oder fallender Werte bei den BTEX-Konzentrationen feststellen lassen.

Nach der Sanierungsmaßnahme lässt sich jedoch im mittleren Teufenbereich ein Sanierungserfolg durch die Bodenaustauschmaßnahme, welche 2019/ 2020 durchgeführt wurde, erkennen.

Die Messstellen GWMS 07/12, GWMS 09/12, GWMS 12/12 und GWMS 25/13-mittel liegen außerhalb des vom Bodenaustausch erfassten Bereichs und bis auf GWMS 25/13-mittel im Abstrom Richtung Weser und erfassen den mittleren (GWMS 25/13) bzw. tieferen Aquifer (GWMS 07/12, GWMS 09/12, GWMS 12/12).

Im aktuellen Untersuchungszeitraum des Jahres 2022 wurden, gegenüber den Befunden aus 2020, niedrigere BTEX-Konzentrationen in den Messstellen GWMS 07/12 und GWMS 12/12 festgestellt (Dezember 2022: 70 µg/l bzw. 78 µg/l). Die Konzentrationen der anderen Messstellen schwanken zum Teil deutlich. In GWMS 09/12 wurden im April 2022 58 µg/l, im Dezember 2022 231 µg/l nachgewiesen. In der Messstelle GWMS 25/13-mittel wurden im aktuellen Untersuchungszeitraum (2022) BTEX-Konzentrationen von ca. 100 µg/l festgestellt. Hier wurden seit dem Bodenaustausch Gehalte zwischen 2 und 226 µg/l ermittelt.

Die weiteren Messstellen außerhalb des vom Bodenaustausch betroffenen Bereichs (GWMS BR15-tief, GWMS BR10-tief und GWMS BR17-tief) zeigen ent-

sprechend ihrer Lage zu den bekannten Belastungsschwerpunkten höhere BTEX-Konzentrationen als im vom Bodenaustausch betroffenen Abschnitt.

Die jeweils tief ausgebauten Messstellen zeigten im Dezember 2022 für BTEX niedrigere BTEX-Gehalte als im Monitoring November 2021. Gegenüber den Befunden von 2020 ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen. Hinweise auf eine zunehmende vertikale Verlagerung sind derzeit nicht erkennbar.

Insgesamt sind die BTEX-Gehalte im mittleren/ tiefen Abschnitt des Grundwassers wesentlich geringer als im flachen Teufenbereich.

Die Messstellen GWMS 21/13-tief und GWMS 22/13-tief befinden sich auf der Fläche des Bodenaustausches. Die Filtertiefen der neuen Messstellen sind nahezu identisch mit den zurückgebauten Messstellen GWMS 21/13-mittel und GWMS 22/13-mittel (Vergleich Tabelle 2). In der GWMS 22/13-tief zeigt sich der Erfolg der Maßnahme. Hier werden aktuell im Dezember 2022 nur 8 µg/l BTEX nachgewiesen. Hier ist ein deutlicher Rückgang der Werte nach der Sanierung zu beobachten. In der GWMS 21/13-tief zeigt sich offensichtlich eine Restbelastung bzw. Mobilisierung von BTEX im Untergrund. Die Größenordnung für den im Zwischenmonitoring im Juni 2020 festgestellten BTEX-Gehalt im Grundwasser von 1.236 µg/l hat sich im Monitoring von September 2020 mit 933 µg/l zunächst bestätigt. Mit den Werten vom Mai 2021 (232 µg/l) und November 2021 (172 µg/l), liegt aber ein kontinuierlicher Rückgang der BTEX-Konzentrationen vor. Dieser bestätigt sich auch im aktuellen Untersuchungszeitraum (2022) mit 42 µg/l BTEX.

In der unmittelbar außerhalb des Sanierungsbereiches, im Deichbereich gelegenen GWMS 24/13-tief war zwischenzeitig ein Anstieg der Werte nach der Sanierung festzustellen. Vermutlich ist es auch hier zu einer Mobilisierung von BTEX im Untergrund aus Restbelastungen gekommen. Der aktuelle Befund entspricht von der Größenordnung den BTEX-Konzentrationen der Jahre 2016-2018.

## 2.2 MTBE

Lokal wurde bei den bisherigen Untersuchungen des Grundwassers im Bereich Hafen MTBE im Grundwasser verschiedener Messstellen ermittelt. Im Zuge des Monitorings wird das Grundwasser aller Messstellen halbjährlich auf MTBE analysiert, um ein Bild über die Ausbreitung zu erhalten und die Konzentrationsentwicklung zu beobachten. Eine Darstellung der Befunde für den Parameter MTBE befindet sich im Lageplan der Anlage 3. Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar.

Bis zur Bodensanierung in den Jahren 2019/2020 trat MTBE nur untergeordnet auf bzw. war in den meisten Messstellen nicht nachweisbar. Das episodische Auftreten ist vermutlich, analog zu den BTEX-Befunden, auf den Tideeinfluss im Untersuchungsgebiet zurückzuführen. Eine Tendenz in Richtung zunehmender

MTBE-Gehalte bzw. eine Verlagerung des Schadstoffs in Richtung Abstrom war nicht erkennbar.

In den Messstellen GWMS 10/12 (flach), GWMS 12/12 (tief), GWMS 21/13-flach, GWMS 22/13-flach- und -tief konnten nach der Bodensanierung (Beprobungen im Juni und September 2020) geringe Mengen von MTBE nachgewiesen werden.

Die höchsten Konzentrationen von ca. 5 µg/l wurden in den Messstellen 21/13-flach und 22/13-tief ermittelt. In der GWMS 10/12 liegt das Konzentrationsniveau bei ca. 2 µg/l. In der GWMS 25/13-mittel ist MTBE seit dem Bodenaustausch im Grundwasser nicht nachweisbar.

Aktuell ist im April/ Dezember 2022 MTBE nur in den Messstellen GWMS 10/12, GWMS 21/13-flach, GWMS 22/13-flach, GWMS 07/12 und GWMS 22/13-tief festzustellen. In den anderen Messstellen waren MTBE nicht nachweisbar.

Auffällig ist der Befund in der Messstelle 07/12 (tief) am Weserufer. Vor dem Bodenaustausch waren maximal MTBE-Gehalte von 1,4 µg/l und seit Dezember 2016 kein MTBE nachweisbar. 2022 wurden deutlich höhere Konzentrationen von 17 µg/l (April) bzw. 9,6 µg/l (Dezember) ermittelt. Die Entwicklung sollte in kommenden Monitoringkampagnen beobachtet werden.

## 2.3 PAK

Lokal wurden bei den bisherigen Untersuchungen des Grundwassers im Bereich Hafen PAK im Grundwasser verschiedener Messstellen ermittelt. Im Zuge des Monitorings wurde das Grundwasser aller Messstellen zunächst halbjährlich, seit 2017 jährlich auf PAK analysiert, um ein Bild über die Ausbreitung zu erhalten und die Konzentrationsentwicklung zu beobachten. Eine grafische Darstellung der Befunde für den Parameter PAK befindet sich im Lageplan der Anlage 4.

Im flachen Teufenbereich entsprechen die PAK-Konzentrationen nach der Sanierungsmaßnahme den Befunden aus dem bisherigen Untersuchungszeitraum seit November 2013. Einzige Ausnahme bildet die neu eingerichtete Messstelle GWMS 21/13-flach, in der aktuell im Dezember 2022 wie in den vorhergehenden Kampagnen < 1 µg/l PAK ermittelt wurden. Dies ist auf den durchgeführten Bodenaustausch in diesem Bereich zurückzuführen. In der zuvor dort befindlichen Messstelle wurden seit 2015 durchgängig > 100 µg/l PAK nachgewiesen (Ausnahme: Sept. 2015: 40,51 µg/l). Auch in der GWMS 22/13-flach zeigt sich sanierungsbedingt ein Rückgang der Werte. Gleichbleibende Befunde liegen in den flachen Messstellen GWMS 24/13-flach, GWMS 06/12, GWMS 08/12 und GWMS 10/12 vor.

Das Konzentrationsniveau der neu eingerichteten Messstellen im Deichbereich und am Weserufer entspricht ihrer Lage zu den bekannten Belastungsschwerpunkten und zeigt auch im aktuellen Untersuchungszeitraum (2022) vergleichsweise hohe Werte. Aktuell im Dezember 2022 wurden folgende Konzentrationen ermittelt: GWMS 24/13-flach: 421 µg/l (Median: 93 µg/l), GWMS BR10-flach: 4 µg/l, GWMS BR15-flach: 180 µg/l, GWMS BR17-flach: 16 µg/l.

Im mittleren/ tiefen Teufenbereich entsprechen die Befunde im Wesentlichen dem jeweiligen Konzentrationsniveau seit der Bodenaustauschmaßnahme. In



den GWMS 09/12 und GWMS 25/13-mittel entsprechen die Befunde den bisherigen Werten seit 2013.

Der zwischenzeitig (November 2021) hohe PAK-Gehalt in der Messstelle GWMS 12/12 hat sich im aktuellen Monitoringzeitraum (2022) nicht bestätigt.

Die im Bereich des Bodenaustauschs neu eingerichtete Messstelle GWMS 22/13-tief zeigt dauerhaft geringe Befunde mit aktuell im Dezember 2022: 0,67 µg/l. Hier ist ein deutlicher Rückgang der Werte nach der Sanierung festzustellen.

Im aktuellen Berichtszeitraum (2022) sind in der GWMS 21/13-tief, GWMS 24/13-tief und GWMS 07/12 gegenüber den Werten seit 2020 rückläufige PAK-Konzentrationen festzustellen. Die zwischenzeitig hohen PAK-Gehalte in den Messstellen GWMS 21/13-tief und GWMS 24/13-tief sind auf das Niveau zum Zeitraum vor der Bodensanierung zurückgekehrt und liegen bei ca. 1-4 µg/l. In der GWMS 07/12 wurden seit 2020 deutlich geringere PAK-Gehalte als vor der Sanierung ermittelt.

In den Messstellen GWMS BR10-tief, GWMS BR15-tief und GWMS BR17-tief wurden 2022 nur geringe PAK-Gehalte nahe der Nachweisgrenze ermittelt. Dies entspricht den Befunden seit Einrichtung der Messstellen im Jahr 2020.

## 2.4 MKW

Bei den bisherigen Untersuchungen des Grundwassers im Bereich Hafen wurden lokal MKW im Grundwasser verschiedener Messstellen ermittelt. Im Zuge des Monitorings wurde das Grundwasser aller Messstellen zunächst halbjährlich, seit 2017 jährlich auf MKW analysiert, um ein Bild über die Ausbreitung zu erhalten und die Konzentrationsentwicklung zu beobachten. Eine grafische Darstellung der Befunde für den Parameter MKW befindet sich im Lageplan der Anlage 5.

Die MKW-Konzentrationen vor der Sanierung lagen auf einem gleichbleibend niedrigen Niveau. In den bekannten Schadenszentren war diese Schadstoffgruppe seit 2013 durchgängig nachweisbar.

MKW wurden im Berichtszeitraum 2022 nur in wenigen Messstellen des flachen Teufenbereichs nachgewiesen. Geringe MKW-Konzentrationen liegen in folgenden Messstellen aktuell im Dezember 2022 vor: GWMS 06/12 (0,1 mg/l), GWMS 24/13-flach (0,4 mg/l), GWMS BR15-flach (0,8 mg/l) und GWMS BR17-flach (0,4 mg/l).

Das Konzentrationsniveau ist unverändert niedrig. Die höchsten MKW-Konzentrationen sind im Bereich der bekannten Schadenszentren zu finden.

Im direkt vom Bodenaustausch betroffenen Bereich (GWMS 21/13-flach und GWMS 22/13-flach) wurden wiederholt keine MKW nachgewiesen. Hier ist ein fast vollständiger Rückgang der MKW nach der Sanierung zu verzeichnen.

Im mittleren/ tiefen Teufenbereich ist die MKW-Konzentration im Grundwasser in allen Messstellen aktuell unterhalb der Nachweisgrenze (Dezember 2022).

Es zeigen sich derzeit gleichbleibende Befunde in den tiefen Messstellen BR-10-tief, BR-15-tief, BR-17-tief, GWMS 07/12, GWMS 09/12, GWMS 12/12 und GWMS 25/13-tief (ehem. mittel). Dagegen wurden nach der Sanierung im April 2022 erstmals geringe Gehalte an MKW in den GWMS 21/13-tief (ehem. mittel) und 24/13-tief (ehem. mittel) nachgewiesen. In der GWMS 22/13-tief zeigt sich der Sanierungserfolg mit einem starken Rückgang der Werte seit 2020.

## 2.5 Phasenmessungen

Bisher wurden im Bereich Hafen im Zuge der monatlichen Wasserstandsmessungen im vorhandenen Messstellennetz keine Leichtphasenkörper festgestellt.

## 2.6 Grundwasserstände, Grundwasserfließrichtung

Die Messung der Grundwasserstände in den Beobachtungsmessstellen im Bereich Hafen erfolgt monatlich. Davon abweichend sind zwischen September 2018 und März 2019 aufgrund der Rückbautätigkeiten auf der Liegenschaft keine Stichtagsmessungen erfolgt. Im Laufe des Jahres 2019 wurden die Messstellen GWMS 22/13-flach und -mittel (Februar 2019), GWMS 21/13-flach und -mittel (Mai 2019), GWMS 23/13-flach und -mittel sowie GWMS 25/13-flach (Juni 2019) zurückgebaut.

Im Berichtszeitraum 2020 liegen auftragsbedingt Wasserstandsdaten für die Monate Januar/ Februar und Oktober bis Dezember vor. Seit Januar 2021 erfolgt die Stichtagsmessung wieder monatlich.

Die Messwerte des aktuellen Untersuchungszeitraums sind im Detail der Anlage 8 zu entnehmen. Alle Grundwasserstände seit Beginn des Monitorings sind im Messstellenkataster einzusehen, welches über den Geologischen Dienst für Bremen verfügbar ist.

Um die zeitliche Entwicklung und Beeinflussung der tideabhängigen Grundwasserstände, auch in unterschiedlichen Tiefen, zu ermitteln, wurden im Zeitraum Oktober 2014 bis September 2015 in den Messstellen GWMS 07/12, GWMS 08/12 und GWMS 22/13 automatisch aufzeichnende Datenlogger installiert, die regelmäßig ausgelesen wurden, um festzustellen, wie sich die hydraulischen Verhältnisse sowie die Kontamination im Bereich des Weserufers, auch unter Berücksichtigung des Tideneinflusses, ändern bzw. entwickeln. Ergänzt wurden diese Aufzeichnungen durch die oben genannten monatlichen Handmessungen der Wasserstände in allen Beobachtungsmessstellen im Bereich Hafen.

Die detaillierten Ergebnisse wurden in separaten Berichten dokumentiert, zuletzt im Bericht:

- *Tanklager Bremen-Farge; LKNr. 220 038; Bereich Hafen: Wasserstandsmessungen und Grundwasseruntersuchungen, 2. Bericht (Zeitraum April 2015 – September 2015); HPC AG, 30.09.2015.*

In Abhängigkeit der Wasserstände in der Weser reagieren die tieferen, im eigentlichen Grundwasserleiter ausgebauten Messstellen (z.B. GWMS 07/12 und GWMS 24/13-mittel) mit Wasserspiegelschwankungen von in der Regel ca. 2,0 m zwischen Tidehochwasser und Tideniedrigwasser.

Die im oberflächennahen Abschnitt ausgebauten Messstellen (z.B. GWMS 08/12) zeigen ebenfalls einen tidewasserabhängigen Verlauf des Wasserspiegels. Die Differenz in der Schwankungsbreite zwischen Thw und Tnw liegt jedoch bei nur ca. 0,1 – 0,5 m. Der hydraulische Zusammenhang zwischen Vorfluter Weser und der oberflächennahen, bisher als Stauwasserkörper angesprochenen, wasserführenden Schicht ist eindeutig erkennbar.

Im Beobachtungszeitraum des Jahres 2019 wurde das Grundwasser im Zuge des unterirdischen Rückbaus des vorhandenen Gebäudebestandes und den Bodenausbau durch eine Grundwasserentspannung abgesenkt. Die Grundwasserabsenkung fand im Zeitraum von Mitte Mai 2019 bis Anfang Oktober 2019 statt.

Die betroffenen Wasserstandsdaten geben den von der Baumaßnahme beeinträchtigten Grundwasserspiegel wieder.

Es erfolgte eine Kontrolle der Wiederherstellung der hydraulischen Verhältnisse. Die Ergebnisse sind dem Bericht:

- *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038, 3. Sachstandsbericht zum Monitoring im Bereich Hafen (Januar 2020 – Dezember 2020), 23.03.2021*

zu entnehmen.

In der Anlage 1 ist die Grundwasserfließrichtung am Stichtag 04.05.2022 für den Bereich Hafen dargestellt. Die Grundwasserfließrichtung ist zu diesem Zeitpunkt tideabhängig nach Südwesten in Richtung Weser orientiert.

Bei niedrigem Wasserstand in der Weser wird ein verstärkter Zustrom aus dem Grundwasserleiter Richtung Weser begünstigt. Hohe Wasserstände in der Weser führen zu einer landeinwärts gerichteten Fließbewegung in Richtung Osten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Entwässerung aus dem Grundwasserleiter durch das Ansteigen des Wasserspiegels aufgrund eines temporären Druckanstiegs reduziert wird.

## 2.7 Bewertung Hafen

1. Bei den bisher vorliegenden Befunden sind hinsichtlich der Konzentrationsentwicklung insbesondere die BTEX von Bedeutung. Die bisher seit 2012 ermittelten Werte zeigen zum Teil deutliche Schwankungen und liegen innerhalb eines vergleichsweise großen Varianzbereiches. Einzelne Messstellen weisen zeitweise eine Halbierung, teilweise aber auch eine Verdoppelung der Konzentrationen auf.

Die höchsten BTEX-Konzentrationen im oberflächennahen Grundwasser liegen in den Messstellen GWMS 24/13-flach und GWMS BR15-flach vor, welche in den bekannten Belastungsschwerpunkten des Untersuchungsgebietes unterhalb des Deiches liegen und nicht vom Bodenaustausch im Jahr 2019 erfasst wurden.

Die Monitoringkampagnen der Jahre 2020-2022 zeigen insbesondere in den Messstellen GWMS 21/13-flach sowie GWMS 22/13-flach/-tief eine deutliche Verringerung der BTEX-Konzentrationen gegenüber den Werten vor der Sanierung. In der GWMS 21/13-tief zwischenzeitig hohe BTEX-Gehalte direkt im Anschluss an den Bodenaustausch sind seit September 2020 rückläufig und wieder auf dem Niveau vor der Sanierung.

Dies ist auf den Ausbau von schadstoffbelastetem Boden zurückzuführen. Eine eindeutige Auswirkung auf die BTEX-Gehalte im Abstrom, zum Vorfluter Weser, ist derzeit noch nicht erkennbar.

Die Filterstrecken der GWMS 21/13-flach und GWMS 22/13-flach befinden sich vollständig im durch die Sanierung ausgetauschten Bodenabschnitt. Der Nachweis von BTEX in den entnommen Proben könnte daher ein Hinweis auf aus den im Deichbereich verbliebenen Schadenszentren herangeführten Schadstoffen sein. Ob es sich tatsächlich um einen erneuten Eintrag aus nicht sanierten Bereichen handelt, kann erst nach einer längerfristigen Beobachtung beurteilt werden.

Die Messstellen im flachen und tiefen Abstrom des sanierten Bereiches weisen zum Teil noch BTEX-Werte im üblichen Schwankungsbereich auf. Der Effekt der Sanierung wird durch die Mobilisierung aus den Bereichen außerhalb der Sanierung überlagert. An einigen Messstellen ist ein leichter Rückgang der BTEX-Konzentrationen erkennbar.

2. Das Sanierungsziel war, die Belastungsquellen im Rahmen der Bodenaustauschmaßnahme (2019) zu beseitigen bzw. deutlich zu verkleinern, so dass der Austrag von Schadstoffen in das Grundwasser zukünftig vermindert wird. Auf Grundlage der bisher erhobenen Daten wurde dieses Ziel erreicht. Die Bereiche, welche aufgrund des auch während der Baumaßnahme zu schützenden Deiches nicht vollständig erfasst werden konnten, weisen weiterhin hohe Konzentrationen von BTEX auf (GWMS BR15-flach und GWMS 24/13-flach). Damit befinden sich die noch vorhandenen Hauptverunreinigungen durch BTEX im Anstrom, außerhalb der Liegenschaft.

Lokal (Bereich GWMS 21/13-tief) liegen vermutlich kleinere Restbelastungen im tiefen Aquifer unterhalb des Kleihorizontes vor, die vom Bodenausbau nicht betroffen waren, im Zuge der Wasserhaltung während der Baumaßnahme aber mobilisiert worden sein können. Hier zeigt sich aber ein kontinuierlicher Rückgang der BTEX-Konzentrationen.

Auch in den tiefen Messstellen GWMS 09/12, GWMS 12/12 und GWMS 24/13-mittel sowie 24/13-tief gibt es durch ansteigende Schadstoffgehalte unmittelbar nach der Sanierung Hinweise auf eine Mobilisierung der Schadstoffe durch die Sanierung. Seitdem deuten sich bis zum aktuellen Zeitpunkt Ende 2022 jedoch rückläufige Gehalte an.

3. Für MTBE liegt aktuell ein auffälliger Befund in der Messstelle 07/12 (tief) vor. Auch im ehemaligen Schadenszentrum (Messstellengruppen 21/13 und 22/13) sind die MTBE-Konzentrationen etwas höher als 2021. Die Ursache für die hohen Gehalte ist unklar, da bisher in keiner Messstelle im Hafenbereich Konzentrationen  $> 5 \mu\text{g/l}$  MTBE nachgewiesen wurden.
4. Für PAK und MKW wurden Konzentrationsschwankungen innerhalb eines bestimmten Varianzbereiches festgestellt, wobei sich für diese Stoffgruppen der Schwerpunkt innerhalb der Kontaminationsquellen sowie in den im Abstrom hierzu liegenden Messstellen lokalisieren ließ. In der Messstelle 12/12 (tief) ist das Konzentrationsniveau der PAK höher als vor der Sanierung.

Im aktuellen Untersuchungszeitraum zeigt sich für die Schadstoffgruppen der PAK und MKW ein Verteilungsmuster, welches dem der BTEX-Gehalte im Grundwasser gleicht. Bei den PAK handelt es sich im Wesentlichen um Naphthalin. Einzige Ausnahme bildet aktuell die GWMS BR17-tief.

## 2.8 Weiteres Vorgehen

Bedingt durch die Lage unmittelbar am bzw. unter dem Deich waren zum Schutz des Deiches Teilbereiche der Schadenszentren von den Maßnahmen zum Bodenaustausch ausgenommen. Die hier vorhandenen Restbelastungen sind weiter zu beobachten, da in den innerhalb des Bodenaustauschbereiches verfilterten Messstellen erneut Schadstoffe nachzuweisen waren. Hierbei ist insbesondere zu kontrollieren, ob die Schadstoffkonzentrationen durch die Restbelastungen im Anstrom ansteigen.

Folgender Untersuchungsumfang wird für das zukünftige Monitoring vorgeschlagen:

- Analytik auf BTEX und MTBE im ½-jährlichen Abstand (nächste Untersuchung: Juni und November 2023),
- MTBE kann aufgrund der Befunde in GWMS 07/12 derzeit noch nicht aus dem Untersuchungsprogramm entfallen,

- Analytik auf PAK und MKW im jährlichen Abstand.



Dipl. Geol. O. Böcker

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



M.Sc. Geow. N. Schroth