

BERICHT

 **Projekt-Nr. 2162359** **Ausfertigungs-Nr. 1/1** **Datum 10.09.2020**

Tanklager Bremen Farge – Rückbau Hafenanlage

LKNr.: 220 038

Bericht zum Sanierungserfolg nach Bodenaustausch

 **Auftraggeber**

**Bundesbau bei
Immobilien Bremen AöR
Theodor-Heuss-Allee 14
28215 Bremen**

HPC AG
Wilhelm-Herbst-Straße 5
28359 Bremen

Tel.: (0421) 20 24 30-0
Fax: (0421) 21 70 10

Inhaltsverzeichnis

Text	Seite
1. Vorgang, Anlass und Aufgabenstellung	4
1.1 Vorgang	4
1.2 Anlass und Aufgabenstellung	5
2. Kenntnisstand vor Beginn der Maßnahme	7
2.1 Vorhandene Unterlagen und Berichte	7
2.2 Beschreibung der Liegenschaft	8
2.3 Beschreibung des Schadensfalles	8
2.3.1 Grundwasser	8
2.3.2 Boden	9
3. Ausführungsplanung	10
3.1 Bauabschnitte	10
3.2 Rückbau von vorhandenen Grundwassermessstellen und Peilbrunnen	10
4. Beschreibung der Sanierungsmaßnahme	11
4.1 Sanierungsverfahren	11
5. Bodenaustausch	11
5.1 Schichtenfolge und Schadstoffbelastung vor der Maßnahme	12
5.2 Durchführung Bodenaustausch	12
5.3 Bewertung Sanierungserfolg Boden	14
5.4 Grundwasser	14
5.4.1 Bestehende Grundwassermessstellen und Untersuchungsumfang im Rahmen des Monitorings Tanklager Bremen-Farge	14
5.4.2 Grundwasserfließrichtung	17
5.4.3 Beprobung im Anschluss an die Rückbau- und Sanierungsmaßnahme	17
5.4.3.1 Deichbereich einschließlich Sommerdeich (Messstellen GWMS 24/13-flach und -tief, GWMS BR 15-flach und -tief, GWMS BR17-flach und -tief, GWMS 25/13-mittel, GWMS 09/12, GWMS 10/12)	19
5.4.3.2 Zentrum Rückbau- und Sanierungsbereich	20
5.4.3.3 Bereich Weser	20

6. Zusammenfassung**21****TABELLENVERZEICHNIS**

	Seite
Tabelle 1: Übersicht der zurückgebauten und der neuen Messstellen(-gruppen), Ausbauprofile siehe Anlage 5	16
Tabelle 2: BTEX-Konzentrationen (Median) seit Beginn des Monitorings im Bereich Hafen sowie aktuelle Befunde nach Abschluss der Bauarbeiten	18

ANLAGENVERZEICHNIS

1	Übersichtslageplan
2	Lagepläne Bauabschnitte
2.1	Übersicht offener Aushub und Großlochbohrungen
2.2	Bohr rasterplan Großlochbohrungen
2.3	Lageplan neue GWMS und Ergebnisse der Untersuchungen
2.4	Restbelastung nach Bodenaustausch
3	Probenahmeprotokolle (nur digital)
3.1	Überwachung Wasserreinigung
3.2	Monitoring nach Beendigung der Sanierung
4	Prüfberichte des Labors (nur digital)
4.1	Überwachung Wasserreinigung
4.2	Monitoring nach Beendigung der Sanierung
4.3	Tabelle Entwicklung der Schadstoffbelastung
5	Ausbaupläne vorhandener und neuer Grundwassermessstellen (nur digital)
5.1	Bestand und zurückgebaute Messstellen
5.2	Neu eingerichtete Messstellen
6	Nachtrag N1 zur wasserrechtlichen Genehmigung (nur digital)
7	Literatur

1. Vorgang, Anlass und Aufgabenstellung

1.1 Vorgang

Projektnummer HPC:	2162359
Projekt-/Vertragsnummer:	18D0029
Projektort:	Hafenbereich, Tanklager Bremen-Farge Unterm Berg 28777 Bremen
Auftrag HPC:	Bauabschnitt I (Bauoberleitung und örtliche Bauüberwachung nicht schadstoffbelasteter und schadstoffbelasteter Anlagen LPH 8) Bauabschnitt II (Ausführungsplanung, Vorbereitung und Mitwirkung der Vergabe, Bauoberleitung und örtliche Bauüberwachung schadstoffbelasteter Anlagen LPH 5, 6, 7 und 8)
Auftraggeber:	Bundesministerium der Verteidigung
Vertreten durch:	Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr Kompetenzzentrum Baumanagement Hannover (BAIDBw KompZ BauMgmt Hannover)
Vertreten durch:	Die Senatorin für Finanzen Geschäftsbereich Bundesbau (Fachaufsicht führende Ebene) Hanseatenhof 5 28195 Bremen
Vertreten durch:	Bundesbau bei Immobilien Bremen (Baudurchführende Ebene) Theodor-Heuss-Allee 14 28215 Bremen

1.2 Anlass und Aufgabenstellung

Bei dem Hafengelände des Tanklagers Bremen-Farge handelt es sich um einen ehemaligen Umschlagplatz für Kraftstoffe. Die baulichen Einrichtungen umfassten u.a. ein Löschwasserbecken, eine Pumpstation, eine Umspannstation, eine Verteilerstation, ein Unterkunftsgebäude mit Messwarte, ein Schaummittelhaus, Wachhäuser und weitere Nebengebäude sowie Medienleitungen und Kraftstofftrassen, die z.T. mit dem weiter nördlich befindlichen Tanklager verbunden sind. Zusätzlich waren Löschbrücken für Schiffe vorhanden.

Nachdem die Hafenanlage des Tanklagers Bremen-Farge stillgelegt wurde, war der Hafentrückbau der erste Schritt für den Gesamtrückbau des Tanklagers Bremen-Farge. Auf Grundlage der Verwaltungsvereinbarung Nr. 8081 WE mit dem Nachnutzer (Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen) bestand die Verpflichtung des Rückbaus der Anlagen des Hafens. Dies beinhaltete den vollständigen Rückbau der ober- und unterirdischen Bauwerke. Die Gebäude und Bauwerke wurden im Vorfeld der Rückbaumaßnahme auf entsorgungsrelevante Schadstoffe untersucht. Aufgrund der auf dem Gelände vorhandenen Altlasten in Boden und Grundwasser wurde im Rahmen der Besprechung vom 10.06.2016 (Protokoll vom 24.06.2016) mit der Bodenschutzbehörde die Notwendigkeit eines Bodenaustausches festgestellt. Auf dem Gelände wurden im Rahmen von Boden- und Grundwasseruntersuchungen (Phase IIa, Phase IIb, Phase IIb-2) Verunreinigungen mit BTEX und untergeordnet MKW sowie PAK und MTBE nachgewiesen, die auf den Umschlag und die Lagerung von Kraftstoffen zurückzuführen sind. Der Bodenaustausch war in offenen Baugruben sowohl im Zuge des mit dem Rückbau der Gebäude verbundenen Aushubs geplant als auch darüberhinausgehend mittels Austauschbohrungen in bekannten Schadenszentren.

Ziel der Sanierung war die Entfernung kontaminierten Bodenmaterials und damit verbunden eine Verringerung des Schadstoffeintrags aus dem Boden in das lokale Grundwasser. Es waren gemäß den Vorgaben der zuständigen Umweltschutzbehörde so viele Altlasten zu beseitigen, wie dies unter realistischen Ansätzen von Aufwand und Kosten möglich war. Die nach der Maßnahme voraussichtlich verbleibende Beaufschlagung des lokalen Grundwassers mit BTEX, MKW, PAK und MTBE sollte im Rahmen des Monitoringprogramms für das Tanklager Bremen-Farge weiter überwacht werden.

Nach Abschluss der Rückbaumaßnahme war die Fläche der bestehenden Deichlandschaft durch eine Renaturierung anzupassen.

Die HPC AG wurde von Bundesbau bei Immobilien mit der Planung, Vorbereitung und Mithilfe bei der Vergabe sowie der Bauoberleitung und örtlichen Bauüberwachung im Rahmen der Phase III auf der Liegenschaft beauftragt.

Grundlagen der Beauftragung sind

- Angebot Nr. 1180914 der HPC AG vom 19.02.2018,
- Vertrag Nr. 18D0029 zwischen der Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR und der HPC AG zur gutachterlichen und fachtechnischen Begleitung für den Rückbau; Leistungsphasen 6, 7, 8 sowie örtliche Bauüberwachung.

Inhalt der Beauftragung an HPC war die Planung und Begleitung des Rückbaus und Bodenaustausches auf dem Hafengelände des Tanklagers Bremen-Farge.

Im vorliegenden Bericht wird der Sanierungserfolg der Maßnahme zusammengefasst dargestellt. Eine Zusammenfassung des Bauablaufes ist einem separaten Bericht (HPC AG, Tanklager Bremen Farge – Rückbau Hafenanlage, LKNr.: 220 038 – Rückbau, Bodenaustausch, Sanierung und Nachsorge Phase III, 10.09.2020) zu entnehmen.

2. Kenntnisstand vor Beginn der Maßnahme

2.1 Vorhandene Unterlagen und Berichte

Die Liegenschaft (Liegenschafts-Kenn-Nr. 220038) befindet sich im Eigentum der Bundesrepublik Deutschland. Zu der Liegenschaft Tanklager Farge wurden im Hinblick auf die Ausführung des Rückbaus folgende Gutachten (Anlage 7) zugrunde gelegt:

- [1] Bericht der HPC AG vom 30.07.2010: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Erfassung von kontaminationsverdächtigen Flächen KVF im Rahmen der Phase I*
- [2] Bericht der HPC AG vom 22.05.2013: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Altlastenprogramm der Bundeswehr- Nachrecherche zur Nutzungshistorie*
- [3] Bericht der HPC AG vom 20.10.2011: *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038 Orientierende Untersuchung von kontaminationsverdächtigen Flächen (Phase IIa) im Bereich Tanklager Bremen Farge*
- [4] Bericht der HPC AG vom 08.03.2013: *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038 Orientierende Untersuchung von kontaminationsverdächtigen Flächen (Phase IIb) im Bereich Tanklager Bremen Farge*
- [5] Bericht der HPC AG vom 27.02.2014: *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038 Orientierende Untersuchung von kontaminationsverdächtigen Flächen (Phase IIb-2) im Bereich Tanklager Bremen Farge*
- [6] Bericht (Entwurf) der HPC AG vom 24.04.2015: *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038 Bereich Hafen – Wasserstandsmessungen und Grundwasseruntersuchungen 1. Bericht; Zeitraum: Oktober 2014 – März 2015)*
- [7] Bericht (Entwurf) der HPC AG vom 30.09.2015: *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038 Bereich Hafen – Wasserstandsmessungen und Grundwasseruntersuchungen 2. Bericht; Zeitraum: April 2015 – September 2015)*
- [8] Bericht der HPC AG vom 30.09.2016: *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038 Bereich Hafen – Boden- und Grundwasseruntersuchungen im Zuge der Rückbauplanung*
- [9] Bericht der HPC AG vom 30.05.2018: *Bodengutachten Rückbau Tanklager Farge (Bereich Hafen)*
- [10] Bericht der HPC AG vom 23.07.2018: *Baugrubenplanung zum Rückbau Tanklager Farge (Bereich Hafen) – 2. Bauabschnitt Baugrubensicherung*
- [11] Bericht der HPC AG vom 23.07.2018: *Tanklager Bremen-Farge, LKNr. 220 038 Rückbau Hafenanlage – Rückbau- und Entsorgungskonzept.*

2.2 Beschreibung der Liegenschaft

Die Liegenschaft (Tanklager Bremen Farge, Liegenschafts-Kenn-Nr. [LgKeNr.] 220 038) befindet sich in Bremen-Nord im Stadtteil Farge (siehe Übersichtsplan in Anlage 1). Die Zufahrt zur Liegenschaft Hafen erfolgt über die Straße Unterm Berg. Es besteht nur ein Zugang zum Grundstück, welcher durch ein elektronisches Rolltor gesichert ist. Das Gelände ist Richtung Norden, Westen und Osten durch einen fest installierten Zaun, Richtung Süden durch den Fluss Weser begrenzt.

Die an die Liegenschaft angrenzenden Flächen werden wie folgt genutzt:

Norden:	Deichanlage, Grünflächen, Wohngebiet
Westen:	Weser
Osten:	Wohngebiet
Süden:	Deichanlage, Wasser- und Schifffahrtsamt.

2.3 Beschreibung des Schadensfalles

Im Bereich des Hafengebietes Tanklager Bremen-Farge wurden Boden- und Grundwasserverunreinigungen durch BTEX und untergeordnet durch MKW, PAK und MTBE nachgewiesen (siehe [3], [4], [5], [8]). Die Entwicklung der Schadenssituation wird im Rahmen eines laufenden Monitoringprogramms halbjährlich überwacht.

2.3.1 Grundwasser

Der Grundwasserleiter ist in zwei Abschnitte zu gliedern, welche durch eine Kleischicht voneinander getrennt werden. In beiden Tiefenabschnitten wurde eine Beaufschlagung des Grundwassers mit den oben aufgeführten Schadstoffen nachgewiesen.

Der Schwerpunkt der Belastung liegt bei der Stoffgruppe der BTEX, die sich ausgehend von Kontaminationsschwerpunkten (Kontaminationsquellen im Bereich „Deichschart“ sowie im Bereich alte Pumpstation und Verteilerstation) Richtung Weser bis in den Uferbereich ausgedehnt hat und lokal die Tiefe von 15 m erreicht. Die Schadstoffe konzentrieren sich sowohl innerhalb der Belastungsquellen (nachgewiesen in den für das laufende Monitoring genutzten GWMS 21/13, GWMS 23/13, GWMS 24/13) als auch im Abstrom (Monitoringmessstellen GWMS 08/12, GWMS 12/12) überwiegend auf den oberen Abschnitt des Grundwassers in Tiefen von ca. 5 m unter Geländeoberkante.

Im Abstrom der Belastungsquelle an der ehemaligen Pumpstation wurde mit der Messstelle GWMS 22/13 die vertikale Verlagerung der BTEX im Grundwasser in diesem Bereich bis in ca. 15 m Tiefe dokumentiert. Die Belastung in der Tiefe bis ca. 15 m unter GOK setzt sich im Abstrom bis zu der Messstelle GWMS 07/12 fort.

Die Befunde der Messstellen GWMS 25/13, GWMS 09/12 und GWMS 10/12 zeigen, dass die südliche bzw. südöstliche Liegenschaftsgrenze den Randbereich der Grundwasserbelastung erfassen und ein Abstrom von verunreinigtem Grundwasser hier nur in geringem Umfang zu erkennen ist.

MTBE liegt mit Werten von ca. 0,5 – max. 13 µg/l vorwiegend diffus verteilt auf einem nur geringen Konzentrationsniveau vor.

Für alle untersuchten Parameter (BTEX, PAK, MKW, MTBE) ist im Verlauf des bisherigen Beobachtungszeitraumes (2012-2019) trotz deutlich schwankender Werte keine tendenzielle Abnahme der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser zu erkennen gewesen.

Es handelt sich insbesondere für BTEX und PAK aber offenbar um dauerhaft hohe Konzentrationsniveaus, die durch die Tide beeinflusst werden, so dass es sich bei den ermittelten Schwankungen vermutlich um periodische Konzentrationsveränderungen handelte.

Für BTEX und PAK wurde festgestellt, dass dauerhaft große Mengen als gelöste Schadstoffe und Frachten vorhanden sind und anhaltend aus den Quellen mobilisiert werden.

2.3.2 **Boden**

Die untersuchten Bodenproben im Bereich Hafen zeigen in Tiefen von ca. 4 m bis ca. 6-7 m u. GOK auffällige Befunde für die Parameter BTEX und MKW. Die analytischen Befunde decken sich hierbei mit den organoleptischen Befunden bei der Beprobung. Es ist ein auffälliger, kraftstoffartiger bis ölartiger Geruch in den Bodenproben festzustellen. Dieser reicht bis in Tiefen von 14-15 m u. GOK, in denen nur noch geringe Gehalte für BTEX und MKW und PAK nachzuweisen sind.

3. Ausführungsplanung

3.1 Bauabschnitte

Für den Rückbau der Hafenanlage des Tanklagers Bremen-Farge waren zwei Bauabschnitte geplant. Der erste umfasste den vollständigen Rückbau und die Entkernung von Gebäuden einschließlich Fundamenten und Bodenplatten, Schächten, Behälteranlagen, Brückenstegen (Rohrbrücken), Anlegedalben, Beleuchtungsanlagen, unterirdischen Kabel- und Leitungsanlagen, Hydranten, Löschmonitoren sowie Fuß- und Fahrwegen. Diese Arbeiten waren ohne Grundwasserabsenkung und nahezu ohne Ausbau von kontaminiertem Bodenmaterial möglich.

Der zweite Bauabschnitt umfasste den Rückbau des kontaminierten östlichen Hafengrundstückes im Bereich der unterirdischen Löschwasser-Pumpstation (mit sog. Druckausgleichsstation, Geb. 118) sowie das unterirdische Löschwasserbecken (Geb. 128) und die Verteilerstation (Geb. 116). Auf Grundlage der Voruntersuchungen an Bodenproben wurde die Schadstoffausbreitung im Untergrund abgeschätzt. In Abstimmung mit der zuständigen Bodenschutzbehörde wurden dann Aushubbereiche und -tiefen für den Bodenaustausch festgelegt. Die Arbeiten des zweiten Bauabschnittes waren aufgrund des geringen Grundwasserflurabstandes nur mit einer Grundwasserabsenkung realisierbar. Das geförderte Grundwasser war wegen der bereits dokumentierten Beaufschlagung mit Schadstoffen vor Einleitung in den lokalen Vorfluter, der Weser, über eine Desorptionsanlage und Aktivkohlefilter zu reinigen.

3.2 Rückbau von vorhandenen Grundwassermessstellen und Peilbrunnen

Beim Rückbau der zwei auf dem Baufeld befindlichen Messstellengruppen (21/13 und 22/13) des Monitoringprogramms Tanklager Bremen-Farge Bhf II sowie der außerhalb des Grundstücks befindlichen Peilbrunnen zur Kontrolle des Absenktrichters der Grundwasserabsenkung (GWM 1, GWM 2 und GWM 3) waren die Vorgaben der zuständigen Umweltbehörde zu berücksichtigen. Die Messstellen wurden gemäß DVGW Regelwerk W 135 und dem Merkblatt „Hydrogeologische Anforderungen an den Rückbau von Brunnen“ des GDfD Bremen während der Baumaßnahme zurückgebaut und zu verfüllt.

4. Beschreibung der Sanierungsmaßnahme

4.1 Sanierungsverfahren

Im Zuge des Rückbaus der Gebäude und Bauwerke waren die jeweiligen Fundamente freizulegen und abzubrechen. Dies bedingte Arbeiten im kontaminierten Bodenbereich, welcher gemäß den Voruntersuchungen ab ca. 3-4 m u. GOK vorliegt. In Abstimmung mit dem Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Referat 24 – Bodenschutz war der Boden des betroffenen Grundstücksbereiches im offenen Aushub bis auf das Niveau des anstehenden Kleis, welcher die beiden Grundwasserstockwerke voneinander trennt, auszubauen und durch Bodenmaterial der Zuordnungsklasse 0 zu ersetzen. Oberhalb des verfüllten Bodenmaterials war eine durchwurzelbare Bodenschicht entsprechend §12 BBodSchV herzustellen.

Dort, wo bedingt durch die Hochwasserschutzanlagen und die erforderlichen Böschungen kein offener Aushub erfolgen konnte, war der Boden durch Großlochbohrungen auszubauen.

Die Großlochbohrungen waren bis in eine Tiefe von 7 m u. GOK abzuteufen, da sich in diesem Bereich der Belastungsschwerpunkt befindet. Hier war der ausgebaute Boden durch Bodenmaterial der Zuordnungsklasse 0 zu ersetzen. Zusätzlich war eine ca. 1 m mächtige Kleischicht in den unmittelbar entlang des Deiches abgeteufte Bohrungen oberflächlich einzubauen. Diese sogenannte Deichsicherung betraf 4 bzw. 5 am Deich gelegene Bohrreihen (siehe Anlage 2.2). Auch mittels Großlochbohrungen war es zur Wahrung des Deichschutzes nicht möglich, den Bodenaustausch bis an die Grundstücksgrenze durchzuführen. Somit verbleibt als Restbelastung ein nicht zu sanierender, ca. 2,5 m breiter Streifen parallel zu den Hochwasserschutzanlagen sowie der Abschnitt unter dem Deich.

Nach Beendigung der Maßnahme waren rückgebaute Grundwassermessstellen wiederherzustellen, zur Feststellung des Sanierungserfolges zu beproben und auf die hier relevanten Schadstoffgruppen der MKW, BTEX, PAK und MTBE zu untersuchen. Die Lage der Messstellen ist Anlage 2.3 zu entnehmen. Die dort beigefügten Tabellen beinhalten für die Messstellengruppen 21/13, 22/13 und 24/13 jeweils den Median der zurückgebauten Messstellen und die aktuellen Konzentrationen der neu eingerichteten Messstellen in unmittelbarer Umgebung.

5. Bodenaustausch

Die vor Beginn der Sanierungsmaßnahme durchgeführten Bodenuntersuchungen sind in den Berichten [1,] [2], [3], [4], [5] zusammengefasst. Zusätzlich wurden im Zuge der Rückbauplanung 10 Rammkernsondierungen bis 5 m sowie 12 Rammkernsondierungen bis 15 m Tiefe abgeteuft und die

aus den Sondierungen gewonnenen Proben auf die am Standort relevanten Parameter BTEX, MKW und PAK untersucht. Weitere Details zu den Untersuchungsergebnissen sind dem Bericht „Boden- und Grundwasseruntersuchungen im Zusammenhang mit dem geplanten Rückbau der Hafenanlage und der Erstellung der ES-Bau“ vom 30.09.2016 (Anlage 7) zu entnehmen. Zwecks Bewertung des Sanierungserfolges sind im folgenden Kapitel die Ergebnisse der Untersuchungen kurz zusammengefasst.

5.1 Schichtenfolge und Schadstoffbelastung vor der Maßnahme

Die Bodenprofile der im Zusammenhang mit der Rückbauplanung abgeteuften Rammkernsondierungen ergaben folgende Schichtenfolge:

Es besteht eine bis zu 7,4 m mächtige künstliche Auffüllung (Mittel- bis Grobsande, z.T. Bauschuttreste), welche häufig nicht eindeutig vom mittel- bis grobsandigen gewachsenen Boden zu trennen ist. Diese ist unterlagert von tonigem Schluff/ schluffigem Ton (Klei) mit einer Mächtigkeit von ca. 0,5 bis 3,9 m. Bis zur Endtiefe von 15 m u. GOK folgen Feinsande (Mittel- bis Grobsand führend).

Der Kleihorizont konnte flächendeckend erschlossen werden, wobei die Mächtigkeit in nordöstlicher Richtung deutlich abnahm und in Deichnähe der Horizont z.T. komplett fehlte. Aufgrund der Bindigkeit dieses Horizontes liegen dort, wo der Kleihorizont ausgebildet ist, zwei Grundwasserstockwerke vor: In Tiefen ab ca. 3,5-4,3 m u. GOK sowie ab ca. 6,7-9,3 m u. GOK.

Die Analytik der aus den Rammkernsondierungen gewonnenen Bodenproben ergab eine Belastung des Bodens mit BTEX und MKW ab einer Tiefe von ca. 4,0 m u. GOK. Diese reicht bis ca. 7,0 m u. GOK, wobei organoleptische Auffälligkeiten auch im darunterliegenden Boden festzustellen waren. Im nordwestlichen Bereich der Liegenschaft liegt eine Belastung mit Schadstoffen nur oberhalb des Kleis vor. Auf dem restlichen Gelände wurden Schadstoffe auch unterhalb des Kleihorizontes (wo vorhanden) nachgewiesen. Der Belastungsschwerpunkt für die Schadstoffgruppen der BTEX, MKW und PAK liegt bei ca. 4-6 m u. GOK. Im östlichen Teil des Hafengebietes besteht die höchste Belastung im Bereich der ehem. Pumpstation (Geb. 118) und der Trafostation (Geb. 117).

5.2 Durchführung Bodenaustausch

Wie in Anlage 2.1 dargestellt, wurde bei der Rückbau- und Sanierungsmaßnahme ein Bodenaustausch im offenen Aushub (Aushubbereiche 1-3) sowie im Rahmen von Großlochbohrungen durchgeführt. Dabei war der offene Aushub bis zum Erreichen der Kleioberfläche in einer Tiefe von bis zu 6 m u. GOK vorzunehmen. Sofern vor

Erreichen dieser maximalen Aushubtiefe der lokal vorhandene Kleihorizont angetroffen wurde, war der Aushub auf Höhe Oberkante des Kleihorizontes zu beenden.

Der offene Aushub endete somit z.T. bereits in einer Tiefe von 5,2 m u. GOK. Während der Bodenaustauscharbeiten in Aushubbereich 3 wurde westerseitig der ehemaligen Verteilerstation eine an dieser Stelle nicht erwartete, starke Schadstoffbelastung im Boden festgestellt, welche durch einen intensiven Geruch nach Kraftstoffen gekennzeichnet war. Der offene Aushub erfolgte auch hier wie geplant bis zur Oberkante des Kleihorizontes.

Die Großlochbohrungen wurden jeweils bis auf eine Tiefe von 7,0 m u. GOK abgeteuft. Insgesamt wurden 1.176 Bohrungen mit einem Durchmesser von 1,5 m abgeteuft (siehe Anlage 2.2). Der ursprünglich geplante Bereich der ausgeführten Großlochbohrungen wurde aufgrund der vorliegenden Schadstoffbelastung im Bereich der ehem. Pumpstation erweitert. Ein offener Aushub war in diesem Bereich aufgrund der schädlichen Schadstoffemissionen und den Anforderungen an die Einhaltung der Vorgaben des BImSchG nicht möglich.

Im Zuge des Bodenausbaus in offener Baugrube wurde festgestellt, dass die Sohlplatte der ehem. Pumpstation (Geb. 118) im Untergrund verblieben musste. Aufgrund der zuvor unbekanntem Dicke der Sohlplatte (2,0 m) war ein offener Aushub aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse auf der Liegenschaft und der Gefahr einer Beschädigung des Deiches durch die erforderliche Ausweitung der Wasserhaltung nicht möglich.

Nach der Bodenentnahme erfolgte im Anschluss die Rückverfüllung mit Füllsand (bis 0,3 m u. GOK) und Oberboden. Hier wurden die Zuordnungswerte der Einbauklasse 0 als Kriterium zum Einbau zugrunde gelegt. Der im Rahmen der Deichsicherung einzubauende Klei erfüllt die Voraussetzungen zur Nutzung als geologische Barriere gemäß DepV. Nach der Oberflächenwiederherstellung wurde auf der Baufläche das vom WSA gewünschte Saatgut und im Deichbereich das vom Deichverband zur Verfügung gestellte Saatgut aufgebracht (Nachweise zum eingebrachten Boden und Saatgut liegen der Abschlussdokumentation der ausführenden Firma STRABAG bei).

Insgesamt wurde im offenen Aushub 1.092 m³ Oberboden abgetragen, 27.251 m³ unbelasteter Boden gefördert und 10.301 m³ belasteter Boden ausgebaut. Im Zuge der Großlochbohrungen wurden 5.459 m³ Boden im Deichbereich mit anschließender Deichsicherungsmaßnahme und 6.487 m³ ohne Deichsicherung ausgehoben. Angeliefert wurden insgesamt 23.219 m³ Füllsand sowie 1.152 m³ Klei und 3.420 m³ Oberboden.

5.3 Bewertung Sanierungserfolg Boden

Alle für den Bodenaustausch vorgesehenen Bereiche wurden im Zuge der Maßnahme erfasst und der Boden bis zur festgelegten Tiefe ausgebaut. Hierfür wurden die im Zuge der Ausführungsplanung ermittelten, tiefenorientierten Ergebnisse der Bodenuntersuchungen [8] zu Grunde gelegt.

Es verbleiben auf dem Grundstück in unmittelbarer Nähe zum Deich (10 m parallel zum Deich an der Straße Unterm Berg sowie zum Sommerdeich), unterhalb des Deichkörpers sowie entlang der Weser (in ca. 10 m Entfernung parallel zur Uferbefestigung) Bodenmassen, für die von Restbelastungen durch BTEX, MKW und PAK auszugehen ist. Diese Bereiche waren im Rahmen der Baumaßnahme nicht zu erreichen.

Der Sanierungsbereich samt Ausbautiefen im Boden ist Anlage 2.4 zu entnehmen.

5.4 Grundwasser

5.4.1 Bestehende Grundwassermessstellen und Untersuchungsumfang im Rahmen des Monitorings Tanklager Bremen-Farge

Im Bereich des Hafens werden regelmäßige Kontrolluntersuchungen des Grundwassers in Form eines Monitorings in folgendem Umfang durchgeführt:

- 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 im Dezember 2014 begonnen. Die Ergebnisse der Monitoringuntersuchungen werden in jährlichen Sachstandsberichten (bis zum Jahr 2018 angegliedert an den Sachstandsbericht zum Verladebahnhof 2 des Tanklagers Bremen-Farge) dokumentiert.

Im Zuge der Baumaßnahme zum Rückbau und der Sanierung des Hafenbereiches des Tanklagers Bremen-Farge wurden mehrere 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 sowie GWMS 25/13-flach (Juni 2019). Im Anschluss an die Baumaßnahme wurden neue Messstellen(-gruppen) als Ersatz eingerichtet. Zusätzlich wurden drei der für die Grundwasserentspannung eingerichteten

Brunnen erhalten und als tiefe Grundwassermessstellen genutzt (BR 10-tief, BR 15-tief und BR 17-tief).

Tabelle 1 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.

Tabelle 1: Übersicht der zurückgebauten und der neuen Messstellen(-gruppen), Ausbauprofile siehe Anlage 5

Bestehende alte und neue sowie ersetzte Messstellen	Filtertiefe [m u. GOK]	Bemerkungen
GWMS 06/12	1,5-5,5	
GWMS 07/12	10,0-15,0	
GWMS 08/12	1,5-5,5	
GWMS 09/12	10,0-14,0	
GWMS 10/12	1,5-5,5	
GWMS 12/12	11,0-15,0	
GWMS 21/13-flach	0,5-5,7	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 21/13-flach
GWMS 21/13-tief	10,0-15,0	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 21/13-mittel
GWMS 22/13-flach	0,5-6,0	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 22/13-flach
GWMS 22/13-tief	10,0-15,0	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 22/13-mittel
GWMS 24/13-flach	0,9-7,0	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 24/13-flach
GWMS 24/13-tief	10,0-15,0	als Ersatz für alte Messstelle GWMS 24/13-mittel
GWMS 25/13-mittel	7,0 – 12,0	
GWMS BR10-flach	0,5-6,0	
GWMS BR10-tief	12,0-17,0	
GWMS BR15-flach	0,5-6,0	
GWMS BR15-tief	10,0-15,0	
GWMS BR17-flach	0,5-6,0	
GWMS BR17-tief	10,0-15,0	
Zurückgebaute Messstellen ohne Ersatz	Filtertiefe [m u. GOK]	Bemerkungen
GWMS 23/13-flach	1,0-5,0	
GWMS 23/13-mittel	10,0-15,0	
GWMS 25/13-flach	0,8-5,5	kein Ersatz, da sich GWMS 24/13-flach und -tief sich in unmittelbarer Nähe befinden und GWMS 25/13-mittel erhalten bleiben konnte

5.4.2 Grundwasserfließrichtung

In Abhängigkeit der Wasserstände in der Weser reagieren die tieferen, im eigentlichen Grundwasserleiter ausgebauten Messstellen (z.B. GWMS 07/12) 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 wasserführenden Schicht ist eindeutig erkennbar. Bei niedrigem Wasserstand in der Weser ist die Fließrichtung zum Vorfluter, der Weser orientiert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein verstärkter Zustrom aus dem Grundwasserleiter Richtung Weser begünstigt wird. Hohe Wasserstände in der Weser führen zu einer landeinwärts gerichteten Fließbewegung, die darauf zurückzuführen ist, dass die Entwässerung aus dem Grundwasserleiter durch das Ansteigen des Wasserspiegels aufgrund eines temporären Druckanstiegs reduziert wird.

Der Einfluss der Tide wirkt sich auch auf die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser aus. Hier war insbesondere für die Schadstoffgruppe der BTEX bisher eine große Varianz im zeitlichen Verlauf des Monitorings erkennbar.

Zum Zeitpunkt der Probenahme der aktuellen Monitoringkampagne (Juni 2020) lagen noch nicht alle Vermessungsdaten vor, daher entfällt die Beschreibung der Grundwasserfließrichtung an dieser Stelle. Entsprechende Angaben werden im Rahmen der folgenden Monitoringkampagnen gemacht.

5.4.3 Beprobung im Anschluss an die Rückbau- und Sanierungsmaßnahme

Die Probenahme des Grundwassers an den vorhandenen Messstellen wurde nach Abschluss des Bodenausbaus am 24.-25.06.2020 durchgeführt. Die Analytik durch das akkreditierte Labor SGS Institut Fresenius erfolgte auf die am Standort relevanten Parameter BTEX, MKW, PAK und MTBE. Die Probenahmeprotokolle sind Anlage 3 zu entnehmen. Die Prüfberichte des Labors können in Anlage 4 eingesehen werden.

Zur Einordnung der Untersuchungsergebnisse des aktuellen Monitorings nach Beendigung der Rückbau- und Sanierungsarbeiten sind in Tabelle 2 die BTEX, MTBE-, PAK- und MKW-Konzentrationen der aktuellen Untersuchungen dargestellt, sowie Befunde aus Untersuchungen vor der Sanierung aufgeführt.

Tabelle 2: BTEX-Konzentrationen (Median) seit Beginn des Monitorings im Bereich Hafen sowie aktuelle Befunde nach Abschluss der Bauarbeiten

Messstelle	Mittlere BTEX-Konzentration vor der Sanierung [µg/l]	BTEX-Konzentration (Benzol-Konzentration) nach der Sanierung [µg/l]	Mittlere MTBE-Konzentration vor der Sanierung [µg/l]	MTBE-Konzentration nach der Sanierung [µg/l]	Mittlere PAK-Konzentration inkl. Naphthalin vor der Sanierung [µg/l]	PAK-Konzentration inkl. Naphthalin (Naphthalin-Konzentration) nach der Sanierung [µg/l]	Mittlere MKW-Konzentration vor der Sanierung [mg/l]	MKW-Konzentration nach der Sanierung [mg/l]	Bemerkung
Deichbereich (inkl. Sommerdeich), außerhalb Sanierungsbereich									
GWMS BR15-flach		20.522,00 (316)		n.n.		190,66 (190)		5,60	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR15-tief		46,00 (n.n.)		n.n.		0,60 (0,6)		n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR17-flach		351,00 (1)		n.n.		0,11 (0,11)		n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR17-tief		n.n. (n.n.)		n.n.		n.n. (n.n.)		n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 24/13-flach	17.971,00	32.100,00 (120)	0,80	n.n.	93,43	420,78 (420)	0,85	5,80	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 24/13-tief	22,00	3.752,00 (12)	1,50	n.n.	0,26	15,12 (15)	n.n.	0,40	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 25/13-mittel	28,00	n.n. (n.n.)	0,80	n.n.	0,27	n.n. (n.n.)	n.n.	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 09/12 (tief)	57,00	70,00 (20)	n.n.	n.n.	1,66	1,96 (1,9)	0,20	0,20	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 10/12 (flach)	41,50	1,00 (1)	1,30	2,40	0,70	n.n. (n.n.)	0,20	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
Zentrum Rückbau- und Sanierungsbereich									
GWMS 21/13-flach	14.740,50	n.n. (n.n.)	1,10	5,30	108,88	n.n. (n.n.)	0,90	n.n.	
GWMS 21/13-tief	35,00	1.236 (28)	n.n.	n.n.	0,38	50,20 (50)	n.n.	0,30	Restbelastung/ Mobilisierung vermutet
GWMS 22/13-flach	139,00	n.n. (n.n.)	1,15	n.n.	2,80	0,01 (0,01)	0,20	n.n.	
GWMS 22/13-tief	621,50	16,00 (n.n.)	1,85	4,60	32,00	0,5 (0,45)	0,65	n.n.	
Bereich Weser, außerhalb Sanierungsbereich, Abstrom									
GWMS BR10-flach		541,00 (n.n.)		n.n.		7,29 (7)		0,80	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS BR10-tief		19,00 (n.n.)		n.n.		0,11 (0,11)		n.n.	
GWMS 08/12 (flach)	454,00	67,00 (n.n.)	n.n.	n.n.	3,16	2,34 (0,51)	0,30	0,30	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 12/12 (tief)	4,50	37,00 (12)	0,70	1,20	0,16	6,93 (6,9)	1,20	n.n.	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 06/12 (flach)	56,50	10,00 (n.n.)	n.n.	n.n.	1,58	0,31(0,29)	0,20	0,30	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches
GWMS 07/12 (tief)	865,50	846,00 (50)	0,95	n.n.	26,80	19,06 (19)	0,50	0,30	liegt außerhalb des Sanierungsbereiches

5.4.3.1 Deichbereich einschließlich Sommerdeich (Messstellen GWMS 24/13-flach und -tief, GWMS BR 15-flach und -tief, GWMS BR17-flach und -tief, GWMS 25/13-mittel, GWMS 09/12, GWMS 10/12)

Für das zukünftige Monitoring werden am Deich die neuen Messstellen GWMS BR15-flach/tief und GWMS BR17-flach/tief sowie die Messstellen GWMS 24/13-flach/tief und GWMS 25/13-mittel genutzt. Diese Messstellen liegen unmittelbar vor dem Deich, außerhalb des Sanierungsbereiches.

Die hier ermittelten Schadstoffgehalte zeigen, dass unmittelbar unterhalb des Deiches Restbelastungen im Grundwasser vorhanden sind. Die Schadstoffkonzentrationen liegen bei GWMS 24/13-flach/tief in den als Ersatz hergestellten neuen Messstellen höher als in den alten Messstellen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die neuen Messstellen sich nicht am ursprünglichen Standort der ersetzten Messstellengruppe 24/13 befinden, sondern weiter in Richtung Deich außerhalb des Sanierungsbereiches errichtet wurden und die dort vorhandenen Restkontamination erfassen.

Auch die neu hergestellten Messstellen GWMS BR15-flach/tief und GWMS BR17-flach/tief weisen Verunreinigungen im Grundwasser insbesondere durch BTEX, die auch hier auf die Position der Messstellen außerhalb des Sanierungsbereiches zurückgehen..

Vertikal ist vom oberen Aquiferabschnitt in die Tiefe eine erhebliche Konzentrationsabnahme festzustellen. Der Schwerpunkt der Grundwasserverunreinigung liegt im flachen Tiefenbereich des Grundwassers bei ca. 4-6 m u. GOK und damit über dem hier vorhandenen Kleihorizont. Im tiefen Grundwasserkörper (ca. 10-15 m u. GOK) sind die Schadstoffe nicht (GWMS BR 17) oder nur in rel. geringer Konzentration (GWMS BR 15) nachweisbar.

In der Messstellengruppe GWMS 24/13 fällt der Kleihorizont aus. Die vertikale Verlagerung der Schadstoffe (insbesondere BTEX) ist hier deutlicher ausgebildet, so dass auch in der Tiefe von 10-15 m u. GOK noch rel. hohe BTEX-Gehalte festzustellen sind. Die seitlich im Südosten gelegene Messstelle GWMS 25/13-mittel zeigt keine auffälligen Werte für BTEX. Gegenüber den früheren Befunden sind hier BTEX aktuell (Juni 2020) sogar nicht nachweisbar.

Für die Schadstoffgruppen der PAK und MKW zeigt sich ein ähnliches Bild der Konzentrationsverteilung wie für die BTEX. Beide Schadstoffgruppen sind im Verhältnis zu BTEX aber nur untergeordnet vorhanden. MTBE liegen auf einem insgesamt niedrigen Konzentrationsniveau.

5.4.3.2 Zentrum Rückbau- und Sanierungsbereich

In den Messstellen GWMS 21/13-flach und GWMS 23/13-flach waren vor der Sanierungsmaßnahme dauerhaft hohe BTEX-Gehalte $> 10.000 \mu\text{g/l}$ festzustellen. Aktuell sind BTEX in der nach der Sanierung errichteten neuen Messstelle GWMS 21/13-flach nicht mehr nachweisbar.

Die neue Messstelle GWMS 21/13-tief zeigt aktuell eine BTEX-Konzentration von $1.236 \mu\text{g/l}$ gegenüber einem Wert von zuvor $35 \mu\text{g/l}$ (Median) in der alten Messstelle GWMS 21/13-mittel. Eine eindeutige Ursache hierfür ist derzeit nicht erkennbar. Da die bisher bekannte Hauptbelastung oberhalb des Kleihorizontes mittels Bodenaustausch entfernt wurde, liegt eventuell eine bisher nicht erfasste Restbelastung im tieferen Abschnitt des Grundwassers vor.

In der Messstellengruppe GWMS 22/13 wurden nach der Sanierungsmaßnahme keine (GWMS 22/13-flach) bzw. geringere BTEX-Gehalte ($16 \mu\text{g/l}$ in der GWMS 22/13-tief) nachgewiesen als vor der Sanierungsmaßnahme.

Für die Schadstoffgruppen der PAK, MKW und MTBE zeigt sich eine gegenüber den BTEX vergleichbare Konzentrationsverteilung, jedoch auf erheblich niedrigerem Niveau.

Die BTEX-Gehalte im Grundwasser sind durch die Sanierungsmaßnahme deutlich gesenkt worden. In den bisher stark belasteten Abschnitten des Grundwasserleiters sind aktuell (Stand Juni 2020) keine BTEX mehr nachweisbar (GWMS 21/13-flach und GWMS 22/13-flach). Für den Bereich der GWMS 23/13 wurde keine neue Grundwassermessstelle erstellt. Hier ist jedoch ebenfalls davon auszugehen, dass durch den Bodenaustausch im grundwassergesättigten Abschnitt keine relevanten Schadstoffgehalte mehr vorhanden sind.

5.4.3.3 Bereich Weser

Die Befunde aus den Messstellen des Aquiferabschnittes oberhalb des Kleis (GWMS 08/12: aktuell $67 \mu\text{g/l}$; Median früherer Untersuchungen: $454 \mu\text{g/l}$) und GWMS 06/12: aktuell $10 \mu\text{g/l}$; Median früherer Untersuchungen: $56,5 \mu\text{g/l}$) zeigen eine Verringerung der BTEX-Gehalte im Grundwasser nach Abschluss der Sanierung.

Im Aquifer unter dem Klei zeigte sich eine leichte Erhöhung der BTEX-Konzentration in der Messstelle GWMS 12/12 (aktuell: $37 \mu\text{g/l}$; Median: $4,5 \mu\text{g/l}$). Für die Messstelle GWMS 07/12 ergab sich keine wesentliche Veränderung (aktuell: $846 \mu\text{g/l}$; Median: $865,5 \mu\text{g/l}$).

Die Analytik des Grundwassers aus der neu eingerichteten GWMS BR10-flach zeigt im Grundwasser oberhalb des hier anstehenden Kleihorizontes eine BTEX-Konzentration von $541 \mu\text{g/l}$.

In der neu eingerichteten GWMS BR10-tief wurden im Grundwasser unterhalb des Kleihorizontes nur geringe Mengen BTEX nachgewiesen. Die Konzentration beträgt aktuell 19 µg/l.

Für die Schadstoffgruppe der PAK zeigt sich eine ähnliche Entwicklung wie für BTEX. Die MTBE- und MKW-Gehalte im Grundwasser des Untersuchungsgebietes haben sich im Zuge der Sanierungsarbeiten nicht wesentlich verändert. MTBE und MKW sind mit wenigen Ausnahmen in Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze im Grundwasser vorhanden.

Es handelt sich bei den BTEX-Befunden in GWMS 7/12 um Restbelastungen aus dem früheren Grundwasserabstrom der Belastungsquellen.

Die Befunde aus der GWMS BR10-flach lassen vermuten, dass in diesem Geländeabschnitt noch eine Restbelastung im Boden vorliegt. Die Messstelle befindet sich außerhalb des Sanierungsbereiches.

Eine Verringerung der Schadstoffgehalte im Abstrom als Resultat der Sanierungsmaßnahme wird sich voraussichtlich zeitverzögert im Verlauf der folgenden Monitoringkampagnen zeigen.

6. Zusammenfassung

Innerhalb des Sanierungsbereiches ist eine deutliche Verringerung der Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser, z.T. bis unter die Bestimmungsgrenze, durch den Bodenaustausch erkennbar.

Auch im Grundwasserabstrom ist aufgrund der gesunkenen Schadstoffgehalte der Erfolg des Bodenausbaus ersichtlich.

In den Randbereichen außerhalb des Sanierungsfeldes (Deich) liegen die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser auf einem hohen Niveau und sind auf die hier verbliebenen Restbelastungen im Boden zurückzuführen, die außerhalb des Sanierungsfeldes liegen. Ein Bodenaustausch im Deichbereich war technisch nicht möglich.

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 aber mobilisiert worden sein können. Es ist anzunehmen, dass sich die Werte über einen längeren Zeitraum verringern. Die Schadstoffquellen sind im Sanierungsbereich beseitigt bzw. erheblich verkleinert worden, so dass ein Schadstoffaustrag entsprechend vermindert wird.

Es wird empfohlen zur Beobachtung der Schadstoffentwicklung im ehemaligen Hafengebiet des Tanklagers Bremen-Farge das bisherige halbjährliche Monitoring zunächst weiter fortzuführen.

Bearbeiter

Dipl. Geol. O. Böcker

M.Sc. Geow. N. Schroth

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