

---

Projekt-Nr.	<b>2121696</b>	Ausfertigungs-Nr.	Datum	<b>27.02.2014</b>
-------------	----------------	-------------------	-------	-------------------

---

## **Tanklager Bremen-Farge**

**LKNr. 220 038**

**Detailuntersuchungen von kontaminationsverdächtigen und kontaminierten  
Flächen (Phase IIb-2) im Bereich Tanklager Bremen Farge**

---

Auftraggeber

**Bundebau bei Immobilien Bremen AÖR  
Bundebau  
Theodor-Heuss-Allee 14  
22815 Bremen**

**Bearbeiter: Dipl. Geol. O. Böcker**

HPC AG  
Wilhelm-Herbst-Straße 5  
28359 Bremen

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

## Inhaltsverzeichnis

<b>Text</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Anlass und Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>2. Kenntnisstand vor Untersuchungsbeginn</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Vorhandene Unterlagen und Berichte</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Liegenschaftsbeschreibung</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Standortsituation</b>	<b>16</b>
<b>3. Untersuchungskonzept</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Methodische Vorgehensweise</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Untersuchungsumfang</b>	<b>18</b>
<b>4. Durchführung der Untersuchungen</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Feldarbeiten</b>	<b>19</b>
<b>4.2 Begleitender Arbeits- und Emissionsschutz</b>	<b>23</b>
<b>4.3 Laboruntersuchungen</b>	<b>24</b>
<b>5. Untersuchungsergebnisse</b>	<b>24</b>
<b>5.1 Liegenschaftsbezogene Untersuchungen</b>	<b>24</b>
<b>5.2 Untersuchungsergebnisse der KF 2 (Deichschart, Verteilerstation Hafen)</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Untersuchungsergebnisse der KF 4/KF 119 (Verladebahnhof 1)</b>	<b>37</b>
<b>6. Darstellung und Begründung der Bewertungskriterien und –Maßstäbe</b>	<b>52</b>
<b>6.1 LAWA-Empfehlungen für die Erkundung und Bewertung von Grundwasserschäden</b>	<b>52</b>
<b>6.2 Geringfügigkeitsschwellen der LAWA</b>	<b>53</b>
<b>6.3 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)</b>	<b>54</b>
<b>6.4 Eigenschaften relevanter Schadstoffe</b>	<b>55</b>
<b>7. Gefährdungsabschätzung</b>	<b>59</b>
<b>7.1 KF-2</b>	<b>59</b>
<b>7.2 KF 4/KF 119</b>	<b>61</b>

<b>8.</b>	<b>Empfehlungen für das weitere Vorgehen</b>	<b>63</b>
<b>8.1</b>	<b>KF 2</b>	<b>63</b>
<b>8.2</b>	<b>KF4/KF 119</b>	<b>64</b>
<b>9.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>65</b>
<b>10.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>67</b>

## Anlagen

- 1 Übersichtslageplan
- 2 Lageplan KF 4/KF 119:  
Position der ausgeführten Direct-Push Sondierungen und der Grundwassermessstellen im Zuge Phase IIb-2
- 3 Lageplan KF 4/KF 119:  
Befunde der Grundwasseranalysen und Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch BTEX/MKW
- 4 Lageplan KF 4/KF 119:  
Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch MTBE
- 5 Lageplan KF 4/KF 119:  
Darstellung der Grundwasserfließrichtung vom 04.12.2013
- 6 Lageplan KF 2:  
Position der ausgeführten Direct-Push Sondierungen und der Grundwassermessstellen im Zuge Phase IIb-2
- 7 Lageplan KF 2:  
Befunde der Grundwasseranalysen und Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch BTEX/MKW
- 8 Lageplan KF 2:  
Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch MTBE
- 9 Lageplan KF 2:  
Darstellung der Grundwasserfließrichtung vom 04.12.2013
- 10 Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne neuer Grundwassermessstellen
- 11 Protokolle der Wasserbeprobung aus Direct-Push Sondierungen
- 12 Protokolle der Beprobung von Grundwassermessstellen
- 13 Laborberichte der Grundwasseranalysen aus Direct-Push Sondierungen
- 14 Laborberichte der Grundwasseranalysen aus Grundwassermessstellen

## 1. Anlass und Aufgabenstellung

Die HPC AG wurde von Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR mit der Erkundung von ausgewählten Kontaminationsflächen (KF) in der Phase IIb-2 auf der Liegenschaft des Tanklagers Bremen Farge beauftragt.

Grundlagen der Beauftragung sind

- Angebot Nr. 1131397 der HPC AG vom 03.05.2013,
- Vertrag zwischen Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR und der HPC AG Nr. 13F0041 vom 17.07.2013.

Ziel der durchzuführenden Untersuchungen auf der Liegenschaft war die vertiefende und abgrenzende Untersuchung von Kontaminationen im Grundwasser innerhalb ausgewählter KF und die Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich des Transfers von Schadstoffen über den Pfad Grundwasser-Mensch, die zu erwartende Ausdehnung der Kontamination im Grundwasser innerhalb und außerhalb der Liegenschaft sowie die Darstellung des weiteren Vorgehens.

Inhalt der Beauftragung an HPC für die Phase IIb-2 war die Erbringung von Ingenieurleistungen, die Ausführung von Direct-Push Sondierungen sowie die Ausführung von Laboruntersuchungen. In Abstimmung mit dem Projektmanagement erbrachten folgende Nachauftragnehmer der HPC Teileleistungen:

Laboranalytik:	SGS Institut Fresenius GmbH Weidenbaumsweg 137 21035 Hamburg
----------------	--------------------------------------------------------------------

Direct-Push Sondierungen:	Grisar Bohrtechnik Eckernförder Str. 280 24119 Kronshagen
---------------------------	-----------------------------------------------------------------

Die Einrichtung von neuen Grundwassermessstellen erfolgte im direkten Auftrag von Immobilien Bremen AÖR an

Grundwassermessstellen	Thade Gerdes GmbH Gewerbestraße 23a 26506 Norden/Ostfr.
------------------------	---------------------------------------------------------------

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Erkundung der Phase IIb-2 unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Phasen IIa und IIb dargestellt und bewertet.

## 2. Kenntnisstand vor Untersuchungsbeginn

### 2.1 Vorhandene Unterlagen und Berichte

Die Liegenschaft ist im Eigentum der Bundesrepublik Deutschland und wird durch die Wehrbereichsverwaltung Nord betreut. Boden- und Grundwasseruntersuchungen wurden bisher über das Bundeswehrdienstleistungszentrum Schwanewede, das Amt für Geoinformationswesen, GeoInfoStelle Kiel und über den Bremer Senat, Geschäftsbereich Bundesbau sowie Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR veranlasst.

Zu der Liegenschaft Tanklager Farge wurden im Hinblick auf die Ausführung der Phase IIb folgende Berichte und Stellungnahmen zugrunde gelegt:

- [1] Bericht der HPC AG vom 26.01.2009: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Detailerkundung der Grundwasserkontamination (Phase IIb) im Bereich Verladebahnhof II*
- [2] Bericht der HPC AG vom 21.12.2009: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Detailerkundung der Grundwasserkontamination (Phase IIb) im Bereich Verladebahnhof II – Bericht zum 2. Erkundungsschritt*
- [3] Bericht der HPC AG vom 30.07.2010: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Erfassung von kontaminationsverdächtigen Flächen KVF im Rahmen der Phase I*
- [4] Bericht der HPC AG vom 20.10.2011: *Orientierende Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen (Phase IIa) im Bereich Tanklager Bremen-Farge.*
- [5] Stellungnahme Oberfinanzdirektion Niedersachsen, Hannover, 17.02.2012: *Stellungnahme zur Orientierenden Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen (Phase IIa) im Bereich Tanklager Bremen Farge*
- [6] Zwischenbericht HPC AG vom 18.09.2012: *Tanklager Farge; Untersuchung von KVF Phase IIb; Ergebnisse bisheriger DP-Sondierungen; Einrichten von Grundwassermessstellen*
- [7] Oberfinanzdirektion Niedersachsen, Hannover, 22.10.2012: *Stellungnahme zum Zwischenbericht HPC AG vom 18.09.2012*
- [8] Bericht der HPC AG vom 08.03.2013: *Tanklager Bremen Farge LKNr. 220 038, Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen (Phase IIb) im Bereich Tanklager Bremen Farge*
- [9] Stellungnahme der OFD vom 02.04.2013 zu Vorschlägen des SUBV-Bremen hinsichtlich Lage von Ansatzpunkten für DP-Sondierungen vom 28.03.2013

- [10] Bericht der HPC AG vom 08.03.2013: Tanklager Bremen Farge LKNr. 220 038, Detailuntersuchungen von Kontaminationsverdachtsflächen (Phase IIb-2) im Bereich Tanklager Bremen Farge

## 2.2 Liegenschaftsbeschreibung

### 2.2.1 Lage 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 erfolgt über die Betonstr., die im Südwesten der Liegenschaft verläuft.

Die an die Liegenschaft angrenzenden Flächen werden wie folgt genutzt:

- Norden: Bewaldete Forstflächen und Bundeswehr-Kasernenstandort Schwanewede.
- Westen: Wohn- und Gewerbegebiet Bremen Farge .
- Osten: Forst- und landwirtschaftliche Flächen, Wohngebiet
- Süden: Wohngebiet.

### 2.2.2 Historie

Das heutige Tanklager Farge liegt im Bereich der Farger-, Rekumer- und Schwaneweder-Heide als ehemals durchgehende Heidelandschaft (belegt durch die Kurhannoversche Landesaufnahme von 1769). Die Heide wurde zum Plaggenstich und zur Schafhaltung durch die Bauern genutzt. Durch die Einführung des Kunstdüngers war der Plaggenstich nicht mehr nötig. Heidenutzung und Schafhaltung gingen zurück. Der Schwerpunkt verlagerte sich auf die Aufforstung und Holzwirtschaft.

1935 wurde das aus Heideflächen und Wald bestehende Gelände durch die Wifo (Wirtschaftliche Forschungsgesellschaft mbH) erworben. Im Jahr 1936 begannen die Bauarbeiten zur Errichtung des Tanklagers. Zweck der Wifo waren Bau und Betrieb von Groß- und Zwischentanklagern für die Wehrmacht und die Industrie, wobei die Tätigkeiten den Umschlag, die Einlagerung und das Mischen von Treibstoffen umfassten.

Das Tanklager wurde in seiner heute noch bestehenden Ausdehnung zum Jahresende 1943 fertig gestellt und bis zum Einmarsch der Alliierten von der Wifo betrieben.

Das Gelände des Tanklagers wurde bis 1945 mehrmals bombardiert, wobei zwei Tanks und einige Betriebsanlagen beschädigt wurden (vergl. Aufstellung der KVF/KF).

Ab 1945 wurde das Tanklager als „Farge Sub Depot“ von der US-Army als Treibstoffdepot weitergeführt.

1957 ging die Liegenschaft des Tanklagers in den Besitz des Bundesministeriums der Verteidigung über. Die Betriebsführung wurde von der VTG (Vereinigte Tanklager und Transportmittel GmbH) übernommen.

Im Zuge der Privatisierung der VTG (Übernahme durch Fa. Preussag) wurde die Bewirtschaftung 1961 an die IVG (Industrie Verwaltungsgesellschaft) als Pächter, deren 100%er Anteilseigner die Bundesrepublik Deutschland war, übertragen. Ab 1990 betrieb die IVG als private Aktiengesellschaft und Pächter das Tanklager für das Bundesministerium der Verteidigung.

Zwischen 2007 und 2013 war die Fa. TanQuid Pächter und Betreiber des Tanklagers. Seit Juni 2013 ist die Bundeswehr wieder Eigentümer und Betreiber des Tanklagers Farge.

### **2.2.3 Grundlage für die Untersuchungen der Phase IIb-2**

Im Rahmen der von HPC durchgeführten Erfassung von KVF (siehe [3]) wurden insgesamt 121 KVF ausgewiesen.

Auf der Grundlage der Erfassung von kontaminationsverdächtigen und kontaminierten Flächen auf der Liegenschaft des Tanklagers Bremen Farge wurden 5 Flächen mit hohem Kontaminationsrisiko ausgewiesen, die orientierend (Phase IIa) erkundet wurden (siehe [4]).

Die folgende Aufstellung gibt einen Überblick der betroffenen KF (Auszug aus [3]).

### Beschreibung der in der Phase IIb-2 zu untersuchenden KF

<b>KF 2</b>	<b>Verteilerstation Hafen , Deichschart (Untergrundschaden)</b>
<b>Beschreibung</b>	Verteilerstation
<b>Größe</b>	Ca. 2.000 m <sup>2</sup>
<b>Bauliche Entwicklung</b>	Bau Verteilerstation und Verlegen Rohrleitungen im Jahr 1976.
<b>Nutzung</b>	früher: Verteilerstation aktuell: Verteilerstation geplant: Keine Nutzungsänderung geplant
<b>Ausstattung:</b>	Rohrleitungen, Verteilereinrichtungen, Pumpen
<b>Versiegelung / Baulicher Zustand</b>	Die Pumpstation ist in Bunkerbauweise ausgeführt und wird allseitig von Beton umschlossen. Die Pumpstation ist mit Boden überdeckt. Regelmäßige TÜV-Prüfungen (ca. alle 5 Jahre) werden durchgeführt. Angaben über bisherige Mängel an den Einrichtungen der Pumpstation lagen nicht vor. Vollständige Versiegelung aller Flächen in den Pumpen- und Verteilerräumen. Sehr guter baulicher Zustand
<b>Kontaminationspotential</b>	Eintrag von Kraftstoff in den Boden
<b>Potentielle Kontaminanten</b>	BTEX, MKW
<b>Potentielle Eintragungsschwerpunkte</b>	Austritt von Produkten im Bereich der Verteilereinrichtungen
<b>Kontaminationsrisiko</b>	<p>Im Jahr 1976 wurden während des Baus der Verteilerstation Kraftstoffe (VK) im Boden und im Grundwasser festgestellt. Die dort vorhandenen Rohrleitungen zeigten keine Undichtigkeiten, so dass gefolgert wurde, dass der angetroffene Treibstoff aus Altschäden stammte. Aus Reparaturmaßnahmen in den Nachkriegsjahren waren dem WWA Bremen bereits Bodenverunreinigungen bekannt. In Abstimmung mit dem WWA Bremen wurden für diese Altschäden keine besonderen Maßnahmen gefordert. An der Fundstelle sollte jedoch über ein eingebrachtes Rohr von Zeit zu Zeit Treibstoff abgepumpt werden. In welchem Umfang und über welchen Zeitraum dies erfolgte, ist nicht bekannt.</p> <p>Aus Notizen vom 10.9.1985 sind Ergebnisse von Bodenuntersuchungen aus 5 Bohrlöchern in Tiefen von 0,5 m bis 1,5 m aufgeführt. Die Gehalte für Mineralöl werden mit ca. 3 bis 7 l/m<sup>3</sup> (entspricht ca. 3.000 – 7.000 mg/kg) angegeben.</p> <p>Im März 2008 wurden in dem betroffenen Geländeabschnitt in einer Bohrung (BS 22) auffällige BTEX-Gehalte (ca. 358 mg/kg in 5,6 m – 6,4 m Tiefe) festgestellt.</p> <p>Untersuchungen von Boden und Grundwasser im Jahr 2008 zeigten eine Kontamination der wasserungesättigten Bodenzone und des Grundwassers, deren Ausdehnung lateral in Richtung Weser (nach Westen) sowie nach Süden noch nicht abschließend abgegrenzt wurde.</p> <p>In Erwägung zu ziehen ist für die KVF 2 auch, dass ein Zusammenhang mit den Vorgängen im Bereich der KVF 30 besteht.</p> <p>Ein Schadstoffeintrag aus der Verteilerstation am Hafen in den Untergrund ist anhand der vorliegenden Datenlage nicht anzunehmen. Das Kontaminationsrisiko wird für die aktuell betriebene Verteilerstation als <u>gering</u> eingestuft</p> <p>Da allerdings Hinweise auf eine flächenhafte Verunreinigung des Untergrundes durch Altschäden bestehen, wurde dieser Abschnitt als KVF 2 / KF 2 zusammengefasst und das Kontaminationsrisiko als <u>hoch</u> eingestuft.</p>

<p><b>KF 2</b></p>	<p><b>Verteilerstation Hafen , Deichschart (Untergrundschaden)</b></p>
<p>Lage KVF/KF</p>	
<p>Verteilerstation Hafen (Blick nach Westen)</p>	<p>Verteilerstation Hafen (Blick nach Nordosten)</p>
<p>Bereich Deichschart mit Kontamination durch Altschäden          (Blick nach Osten in Richtung Einfahrt)</p>	

<b>Beschreibung</b>	<p>Während des 2. Weltkrieges kam es durch Bombenabwürfe zu Beschädigungen der Transportleitungen und ggf. auch gefüllter Kesselwagen im Bereich des Verladebahnhofs I. Schadensfälle traten auch während der anschließenden Nutzung durch die US Army (1945 – 1960) im Verladebahnhof I auf.</p> <p>In den Abschnitt der KVF 4 fallen auch die Flächen der Freilagerfläche/Freibehälter POL (an der Unterkunft Bahnhof 1) sowie die ehemalige TKW-Befüllung am Ladebahnhof 1.</p>
<b>Größe</b>	Ca. 15.000 m <sup>2</sup>
<b>Bauliche Entwicklung</b>	Bau des Verladebahnhofs I zwischen 1939 und 1941. Nutzung der Kanisterbefüllung bis 1960; Bau Lagerbehälter (4 Stk. ) ca. 70er/Anfang 80er Jahre
<b>Nutzung</b>	<p>früher: Kanisterabfüllfläche, Fasslager</p> <p>aktuell: Restebehälter (4 Stk. je 100 m<sup>3</sup>)</p> <p>geplant: Keine Nutzungsänderung geplant</p>
<b>Ausstattung:</b>	<p>Kesselwagenverladegleise mit einer Länge von ca. 300 m. Zentraler begehbare Rohrkanal für Treibstoffleitungen mit beidseitig verlaufenden Gleiskörpern.</p> <p>4 Restebehälter der Pumpstation 1 und 2 sowie für die Pipeline der Mitteltrasse</p>
<b>Versiegelung / Baulicher Zustand</b>	<p>Befestigung im Gleisbereich nur im Abschnitt des Rohrkanals erkennbar. Keine flüssigkeitsdichte Versiegelung der Umschlagflächen innerhalb der Gleiskörper.</p> <p>Vollständige Versiegelung der Auffangwanne unter den Restebehältern. Keine Produktaustritte oder Beschädigungen der Bausubstanz erkennbar.</p> <p>Guter baulicher Zustand. Keine Hinweise auf defekte Anlagenkomponenten.</p> <p>Umfeld der Verladegleise weitgehend unbefestigt und als Freiflächen mit Rasen- und Baumbewuchs angelegt.</p>
<b>Kontaminationspotential</b>	Eintrag von Kraftstoff in den Boden
<b>Potentielle Kontaminanten</b>	BTEX, MKW
<b>Potentielle Eintragungsschwerpunkte</b>	Austritt von Produkten im Bereich der Abfüll- und Lagerplätze
<b>Kontaminationsrisiko</b>	<p>Im Zuge von Bauarbeiten wurden im Jahr 1967 erstmals Bodenkontaminationen durch Kraftstoffe im Bereich der Pumpstation 1 (zwischen Tanks und Pumpstation) festgestellt. Betroffen von der Kontamination war neben dem wasserungesättigten Boden auch das in ca. 4 m – 5 m Tiefe unter Geländeoberkante anstehende Grundwasser. Die im Untergrund vorhandenen Kraftstoffmengen waren offenbar so groß, dass ab dem Jahr 1968 ein Abpumpen von Kraftstoff-/Wassergemischen ausgeführt wurde. In welchem Umfang dies tatsächlich erfolgte, ist nicht rekonstruierbar.</p> <p>Weitere Untersuchungen zur Abgrenzung der Kontamination wurden im Jahr 1978 ausgeführt und auf den Geländeabschnitt um das Verladegleis I herum ausgedehnt. Ermittelt wurden Belastungen im Boden vorwiegend durch Dieselmotorkraftstoff.</p> <p>Die Kontamination durch Kraftstoffe reicht gemäß dieser Untersuchungen aus dem Jahr 1978 über das Verladegleis I noch nach Süden über die Liegenschaftsgrenze hinaus, konnte dort aber bereichsweise in ca. 10 – 20 m Entfernung zur Liegenschaftsgrenze vermutlich abgegrenzt werden.</p> <p>Hinweise auf eine dennoch vorhandene Mobilisierung von Kraftstoffbestandteilen zeigte der Nachweis von BTEX in der südlich an die Liegenschaft angrenzenden Grundwassermessstelle Nr. 207 (Untersuchungen aus 1978 und 2008).</p> <p>Das Kontaminationsrisiko wird als <u>hoch</u> eingestuft.</p> <p>Der Schadstoffeintrag in den Untergrund ist im Bereich der gesamten Erstreckung des Verladebahnhofs I und im Geländeabschnitt im Bereich der Pumpstation 1/POL- Lagerfläche zu erwarten.</p>

<p><b>KF 4</b></p>	<p><b>Verladebahnhof I / Freilagerfläche POL und Freibehälter</b></p>
<p>Lage KVF/KF</p>	
<p>Lage der KVF 4: Abschnitt Verladegleis</p>	<p>Verladegleis; Blick nach Nordosten</p>
<p>Verladegleis</p>	<p>Lage der KVF 4: Freilagerfläche POL</p>

KF 4

Verladebahnhof I / Freilagerfläche POL und Freibeälter



POL; Blick nach Nordosten von der Pumpstation 2 aus



Bereich zwischen Pumpstation 1 und POL  
Blick nach Nordwesten



POL- Freilagerbehälter B



POL-Freilagerbehälter

<b>KF 119</b>	<b>Alter Benzinabscheider</b>
<b>Beschreibung</b>	Alter Benzinabscheider südlich Verladebahnhof 1
<b>Größe</b>	Ca. 500 m <sup>2</sup>
<b>Bauliche Entwicklung</b>	Bau zwischen 1939 und 1941. Nutzung vermutlich bis 1988/190 bis zum Bau des neuen Abscheiders
<b>Nutzung</b>	früher: Benzinabscheider aktuell: Keine geplant: Keine Nutzungsänderung geplant
<b>Ausstattung:</b>	Unbekannt
<b>Versiegelung / Baulicher Zustand</b>	Im Gelände als Freifläche ohne Befestigung
<b>Kontaminationspotential</b>	Eintrag von Kraftstoff in den Boden
<b>Potentielle Kontaminanten</b>	BTEX, MKW
<b>Potentielle Eintragungsschwerpunkte</b>	Austritt von Produkten im Bereich des alten Abscheiders durch Undichtheiten und Reinigungsarbeiten
<b>Kontaminationsrisiko</b>	<p>Im Umfeld des alten Abscheiders sind Kontaminationen von Boden und Grundwasser im Bereich der KVF 4 bekannt.</p> <p>Die Kontamination durch Kraftstoffe reicht gemäß der Erkenntnisse für die KVF 4 über das Verladegleis I nach Süden über die Liegenschaftsgrenze hinaus, konnte dort aber bereichsweise in ca. 10 – 20 m Entfernung zur Liegenschaftsgrenze vermutlich abgegrenzt werden.</p> <p>Hinweise auf eine dennoch vorhandene Mobilisierung von Kraftstoffbestandteilen zeigte der Nachweis von BTEX in der südlich an die Liegenschaft angrenzenden Grundwassermessstelle Nr. 207 (Untersuchungen aus 1978 und 2008).</p> <p>Ein Zusammenhang mit potenziellen Belastungen des Untergrundes im Bereich des alten Benzinabscheiders ist nicht auszuschließen. Die bisherigen Untersuchungen in diesem Geländeabschnitt haben den Bereich des Abscheiders nicht erfasst.</p> <p>Das Kontaminationsrisiko wird als <u>hoch</u> eingestuft.</p>

<p><b>KF 119</b></p>	<p><b>Alter Benzinabscheider</b></p>
<p>Lage der KVF</p>	
<p>KVF 119; alter Benzinabscheider</p>	<p>KVF 119; alter Benzinabscheider</p>

Auf der Basis der Ergebnisse der Orientierenden Erkundung der Phase IIa wurden die KVF 2, KVF 4, KVF 119 als Kontaminationsflächen (KF) ausgewiesen und Detailuntersuchungen der Phase IIb durchgeführt (siehe [8]).

Die Ergebnisse der Untersuchungen aus der Phase IIb lassen sich wie folgt zusammenfassen:

**Tabelle 1: Ergebnisse/Empfehlungen aus Phase IIb**

<b>KF 2, KF 100, KF 120</b>	<b>Boden – und Grundwasserverunreinigungen durch BTEX, MKW und MTBE</b>
	Der Schwerpunkt liegt bei der Stoffgruppe der BTEX, die sich ausgehend von der Kontaminationsquelle im Bereich „Deichschart“ nach Süden Richtung Weser bis in den Uferbereich sowie untergeordnet auch nach Südwesten ausgedehnt hat und lokal noch über die Tiefe von 15 m hinabreicht
	Eine zusätzliche Belastungsquelle für BTEX ist im Bereich der heutigen Löschwasserpumpstation (KF 100) und südöstlich davon (KF 120) zu vermuten
	Für MTBE wurde nur lokal ein hoher Wert (490 µg/l) in der Sondierung KVF 2-DP 17 ermittelt. Innerhalb der übrigen Kontaminationsfläche liegen mit Werten von ca. 0,5 – max. 13 µg/l MTBE diffus verteilt auf einem nur geringen Konzentrationsniveau vor
	Die ermittelte Kontamination ist in südwestliche Richtung noch nicht vollständig vertikal und lateral abgegrenzt. Zusätzlich wurde eine nähere Eingrenzung der Belastungsschwerpunkte durch DP-Sondierungen sowie die Einrichtung von Grundwassermessstellen empfohlen.
<b>KF 4</b>	<b>Belastungen von Boden- und Grundwasser durch BTEX, MKW und MTBE</b>
	Der Schwerpunkt der Belastung liegt in Tiefen von ca. 4 – 10 m unter GOK
	Es wurde ausgehend von mehreren Kontaminationsquellen im Bereich Verladegleis 1 sowie der Pumpstationen 1 und 2 eine großflächige Ausbreitung der Untergrundverunreinigung ermittelt, die in südliche Richtung noch über die Liegenschaftsgrenze reicht und in Abstromrichtung Tiefen von ca. 30 m erreicht. In westliche und südöstliche Richtung war eine abschließende Abgrenzung noch nicht erreicht.
	Es wurde die weitere Abgrenzung der Grundwasserbelastung in südlicher Richtung in der Fortsetzung der DP-Sondierung KVF 4-DP 39 empfohlen. Da die Belastung hier im Grundwasser bis in 30 m Tiefe reicht, wurden zur vertikalen Abgrenzung Wasserproben aus größerer Tiefe (zwischen 30 – 40 m ) mittels Einrichtung von Grundwassermessstellen vorgeschlagen, da dies mit der Ausführung von Direct-Push Sondierungen technisch nicht oder nur noch sehr eingeschränkt erfolgen kann.  Ergänzende DP-Sondierungen wurden in westlicher, nördlicher und südöstlicher Richtung für die abschließende laterale Abgrenzung empfohlen.
	Lokal liegen Hinweise auf eine Kontamination des Grundwassers durch MTBE vor
<b>KF 119</b>	<b>Ehemaliger Benzinabscheider</b>
	Im Bereich des alten Benzinabscheiders (KVF 119) wurde mit der KVF 4-DP 36 vermutlich eine eigene Kontaminationsquelle ermittelt, auf die sich die hier nachgewiesenen Werte für BTEX von ca. 840 µg/l und 0,2 mg/l für MKW in 9 – 10 m Tiefe zurückführen lassen. Zur weiteren Bewertung wurde die Einrichtung von Grundwassermessstellen empfohlen.

Zusätzlich hat sich im Zuge einer Nachrecherche zu [8] in Verbindung mit den im Zuge der Untersuchungen der Phase IIb ([6]) ermittelten Befunden gezeigt, dass die Verdachtsfläche 100 nicht nur das Löschwasserbecken sondern auch die früheren Lagertanks der Pumpstation umfasst. Zusätzlich wurde gemäß den Ergebnissen aus [6] auch der östlich an die Lagertanks anschließende Geländeabschnitt mit den dort ermittelten Grundwasser-  
verunreinigungen in die KF 100 einbezogen (siehe Anlage 7).

Im Zuge der Nachrecherche zu [8] hat sich eine weitere Verdachtsfläche (KVF 120) im Bereich der ehemaligen Leitungstrasse (vermutlich zu den Lagertanks der Pumpstation) ergeben. Gemäß der Phase IIb ([6]) waren hier erhebliche Verunreinigungen des Grundwassers durch BTEX ermittelt worden.

In der Phase IIb-2 waren somit die Flächen der KF 2, KF 100, KF 120 (Hafen), KF 4 (Verladebahnhof 1) und KVF 119 (alter Benzinabscheider) zu untersuchen.

## 2.3 Standortsituation

### Sensible Einrichtungen

Unmittelbar westlich und südlich an das Tanklager schließen Wohngebiete an. Östlich an die Liegenschaft schließt das Wasserschutzgebiet Blumenthal mit der Zone III A an.

### Klima

Die Liegenschaft befindet sich klimatisch in der gemäßigten Zone mit ca. 700 – 800 mm Niederschlag/Jahr und mittleren Jahrestemperaturen von ca. 10 °C. Die vorherrschende Windrichtung ist Nordwest.

### Morphologie

Die Liegenschaft hat im nördlichen Bereich eine Geländehöhe von ca. 20,0 m ü. NN und fällt nach Süden auf eine Geländehöhe von ca. 17,0 m ü. NN ab.

### Geologie

Geologisch betrachtet liegt die Liegenschaft am Rande der niedersächsischen Geest, die im Quartär glazial geprägt wurde.

Der geologischen Übersichtskarte, Blatt CC 3110 Bremerhaven (Maßstab 1:200.000), ist zu entnehmen, dass sich die Liegenschaft im Bereich weichselkaltzeitlicher Sedimente (Pleistozän) befindet.

Es stehen oberflächennah sandige Sedimente (Flugsande) in fein- bis mittelkörniger Ausbildung sowie fluviatile Ablagerungen aus vorwiegend Fein-, Mittel- und Grobsanden sowie vorwiegend schluffig bis tonig ausgebildete Grundmoränen in Form von Geschiebelehmen und Geschiebemergeln an. In Niederungen mit hohen Grundwasserständen können jüngere holozäne Bildungen mit anmoorigen oder moorigen Faziesbereichen auftreten.

#### Hydrogeologie

Der Hauptgrundwasserleiter ist innerhalb der holozänen/glazifluviatilen Sande ausgebildet. Das Grundwasser steht je nach Geländehöhe in Tiefen von ca. 13 m – 18 m (Bereich Bahnhof 2 des Tanklagers) bzw. bei ca. 3 – 5 m (Bereich Bahnhof 1, Hafen) unter Geländeoberkante an.

Die Grundwasserfließrichtung ist im Bereich des Tanklagers nach Süden Richtung Weser orientiert, wobei die Fließrichtung zwischen Südwest und Südost schwanken kann.

#### Hydrologie

Den nächstgelegenen Vorfluter bildet die Weser, die im Kontakt mit dem Hauptgrundwasserleiter steht.

### **3. Untersuchungskonzept**

Zur Ausführung kamen Direct-Push Sondierungen für die Erkundung des Grundwassers. Zusätzlich wurden auf der Basis der Befunde aus dem letztem Bericht (08.03.2013) Grundwassermessstellen eingerichtet.

Die Analyse der Grundwasserproben umfasste die in den KVF als relevant ermittelten Parameter der BTEX (aromatische Kohlenwasserstoffe einschließlich Trimethylbenzole (TMB) als Bestandteile von Kraftstoffen), MKW (Mineralölkohlenwasserstoffe), PAK (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) und Kraftstoffzuschlagsstoffe (Methyltertärbutylether MTBE).

Die durchzuführende Untersuchung hatte folgende Ziele:

- Abgrenzung von Eintragsquellen für Boden- und Grundwasser-  
verunreinigungen
- Beurteilen des Gefährdungspotentials für die Schutzgüter Boden,  
Mensch und Grundwasser
- Darstellung der weiteren Vorgehensweise.

### 3.1 Methodische Vorgehensweise

Die Erkundung des Grundwassers wurde hinsichtlich der weiteren lateralen Abgrenzung von Belastungen mittels Direct-Push Sondierungen ausgeführt. Diese sind erfahrungsgemäß geeignet, kostengünstige und qualitativ gute Ergebnisse bei der Erfassung sowie der räumlichen Abgrenzung von Grundwasserkontaminationen zu ermöglichen. Mittels der Direct-Push Sondierungen erfolgte eine teufengerechte Beprobung des Grundwassers entsprechend den zugrundeliegenden Anforderungen an die Entnahme von Wasserproben auf Bundesliegenschaften.

Des Weiteren wurden Grundwassermessstellen in den ermittelten Belastungsschwerpunkten sowie im Grundwasserabstrom der KVF errichtet. Bei den Messstellen handelt es sich um Mehrfachmessstellen, die in Tiefenabschnitte von 5,0 - 30,0 m unter GOK reichen. Die Lage der Filterstrecken in den Messstellen wurde so gewählt, dass sie den gewünschten Tiefenabschnitt des Grundwasserleiters erfassen um Aussagen über die vertikale Verteilung zu ermöglichen. Mittels der Grundwassermessstellen erfolgte eine Beprobung entsprechend den zugrundeliegenden Anforderungen an die Entnahme von Wasserproben auf Bundesliegenschaften.

### 3.2 Untersuchungsumfang

In den folgenden Tabellen ist der Untersuchungsumfang dargestellt.

Hierbei wurden die Vorschläge aus der Stellungnahme der Oberfinanzdirektion Niedersachsen (per mail, 02.04.2013) zur Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen (Bericht HPC AG, 08.03.2013, Phase IIb) im Bereich Tanklager Bremen Farge berücksichtigt.

**Tabelle 2: Untersuchungsumfang für Direct-Push Sondierungen und Grundwassermessstellen Phase IIb -2**

KF	Bezeichnung der zu untersuchenden Fläche	Grundwasser				Analytik
		Geländearbeiten				
		Anzahl DP	Tiefe jeweils	Anzahl GWMS	Tiefe jeweils	
KF 2	Deichschart, Verteilerstation Hafen	5	20 m	5	5 – 15 m	MKW, BTEX, MTBE, PAK Vor-Ort Messungen: Grundwasserstand, pH, T, LF, O <sub>2</sub> , Eh
KF 4 KF 119	Verladebahnhof 1, Pumpstation 2, Freilager POL, alter Benzinabscheider	2	30 m	8	5 – 20 m	MKW, BTEX, MTBE, PAK Vor-Ort Messungen: Grundwasserstand, pH, T, LF, O <sub>2</sub> , Eh
	Grundwasserabstrom KF 4	5	15 - 30 m	2	15 – 40 m	MKW, BTEX, MTBE, PAK Vor-Ort Messungen: Grundwasserstand, pH, T, LF, O <sub>2</sub> , Eh

Die ursprünglich auf dem Privatgelände Am Depot geplante DP-Sondierung konnte nicht ausgeführt werden. Die Erlaubnis des Eigentümers wurde nicht erteilt.

Sofern nicht anders erläutert, wird bei den Mineralölkohlenwasserstoffen die analysierte Gesamtfraktion C10 – C40 und bei den PAK die Summe der PAK nach U.S.EPA (einschließlich Naphthalin) genannt. Die Summe der BTEX umfasst neben Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole auch die Parameter Styrol, Isopropylbenzol sowie die Trimethylbenzole.

#### 4. Durchführung der Untersuchungen

##### 4.1 Feldarbeiten

##### 4.1.1 Geländebegehungen, vor-Ort-Messungen

Die Ausführung der Feldarbeiten erfolgte zwischen dem 27.08.2013 und 12.12.2013. Alle im vorliegenden Bericht dokumentierten Bohransatzpunkte für die Direct-Push Sondierungen und Grundwassermessstellen wurden zusammen mit dem Auftraggeber im Zuge der Geländearbeiten festgelegt.

## **4.1.2 Errichten von Aufschlüssen**

### **4.1.2.1 Rammkernsondierungen**

Im Zuge der Phase IIb-2 wurden keine Rammkernsondierungen und Bodenluftmessungen durchgeführt. Analysen von Boden- und Bodenluftproben erfolgten dementsprechend nicht.

### **4.1.2.2 Direct-Push Sondierungen**

Aufgrund des Grundwasserflurabstandes von ca. 3 - 5 m unter Geländeoberkante in den betroffenen KVF, wurde für die Direct-Push Sondierungen im Hinblick auf eine möglichst weitgehende vertikale Abgrenzung von Belastungen jeweils eine Tiefe von ca. 15 m – 30 m vorgesehen. Die Entnahme von Wasserproben wurde soweit möglich in Tiefen von ca. 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m und 30 m unter Geländeoberkante ausgeführt, um eine fundierte Aussage zur vertikalen Verteilung von Schadstoffen machen zu können.

Die Geländearbeiten zur Herstellung der Direct-Push Sondierungen zur Entnahme von tiefenorientierten Grundwasserproben führte die Fa. Grisar Bohrtechnik im Auftrag der HPC AG durch. Die Sondierungen wurden für die jeweilige KVF fortlaufend mit der Bezeichnung KVF 2-DP 19 – DP 23 und KVF 4-DP 42 – DP 48 nummeriert. Es wurde die in der Phase IIa und IIb begonnene Nummerierung fortgeführt.

### **4.1.2.3 Grundwassermessstellen**

Im Zuge der Phase IIb-2 wurden auf der Grundlage der bisherigen Befunde aus den Phasen IIa und IIb neue Grundwassermessstellen errichtet.

Die Bohrungen erfolgten mittels hydraulischem Trockenbohrgerät im Außendurchmesser von 324 mm. Nach Erreichen der jeweiligen Endtiefe der Bohrung erfolgte der Ausbau zur Grundwassermessstelle mittels HDPE-Voll- und Filterrohren im Durchmesser von 125 mm.

Der Ausbau an der Geländeoberfläche erfolgte jeweils überflur mittels Stahlschutzrohr und Abschlusskappe.

Die Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile befinden sich in der Anlage 10.

Der Ausbau der Messstellen wurde überwiegend anhand der bisherigen DP-Befunde wie folgt ausgeführt:

**Tabelle 3: Grundwassermessstellen KF 4 (Bahnhof 1)**

GWMS	Sondierung	Beprobungs-tiefe [m]	Beprobungs-tiefe [m über NN]	Analytik				Lage Filter m unter GOK	Lage Filter m ü NN	Bohrtiefe (m)	Filterlänge (m)	Ausbau (mm)
				BTEX+TMB [µg/l]	MKW [mg/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]					
GWMS 11/13 flach	KFV4-DP30	5-6	3,10	63.010,00	2,80	n.n.	5,44	4 - 10	5,18 bis -0,82	10	6	125
GWMS 11/13 mittel		14-15	-5,90	157,00	0,20	0,80	n.n.	15 -20	- 5,88 bis -10,88	20	5	125
		19-20	-10,90	1,00	n.n.	0,70	n.n.					
		24-25	-15,90	1,00	n.n.	3,60	n.n.					
GWMS 12/13 flach	KFV4-DP26	5-6	2,24	549,00	79,00	n.n.	n.n.	4 - 10	4,39 bis -1,61	10	6	125
GWMS 12/13 mittel		9-10	-1,76	2.111,00	0,80	n.n.	n.n.	15 -20	-6,72 bis -11,72	20	5	125
GWMS 12/13 tief		14-15	-6,76	5.170,00	n.n.	n.n.	0,86	25 -30	- 16,8 bis -21,8	30	5	125
GWMS 13/13 flach	KFV4-DP27	5,2-6,2	2,65	389,00	0,60	33,00	7,52	4 - 10	5,08 bis - 0,92	10	6	125
GWMS 13/13 mittel		9-10	-1,15	1.124,00	0,40	7,80	1,19	15 -20	- 6,02 bis - 11,02	20	5	125
		14-15	-6,15	440,00	0,20	17,00	0,10	25 -30	- 16,09 bis - 21,09	30	5	125
GWMS 13/13 tief		19-20	-11,15	963,00	0,40	350,00	0,10					
GWMS 14/13 flach	KFV4-DP24	5-6	2,50	1.671,00	0,60	12,00	2,82	4 - 10	4,52 bis - 1,48	10	6	125
GWMS 14/13 mittel		9-10	-1,50	1.989,00	0,20	n.n.	1,91	15 -20	- 6,55 bis - 11,55	20	5	125
		14-15	-6,50	1.029,00	3,70	0,90	2,00	25 - 30	- 15,59 bis - 20,59	30	5	125
GWMS 14/13 tief		19-20	-11,00	301,00	0,80	n.n.	0,26					
GWMS 15/13 flach	KF4-DP10	4,5 - 5,5		2020,0	11,00	21,4	61,8	4 - 10	4,51 bis -1,49	10	6	125
GWMS 15/13 mittel		9,0 - 10,0 14,0 - 15,0		48,5 n.n.	n.n. n.n.			15 -20	-6,65 bis -11,65	20	5	125
GWMS 16/13 flach	KF4-DP11	4,5 - 5,5		1951,7	0,49	4,9	9,5	5 - 10	3,42 bis -1,58	10	5	125
GWMS 16/13 mittel		9,0 - 10,0 14,0 - 15,0		n.n. n.n.	n.n. 0,11			15 -20	-6,66 bis - 11,66	20	5	125
GWMS 17/13 flach	KF4-DP7	4,0 - 5,0		14,3	1,50	835,0	1,1	4 - 9	2,92 bis -2,08	10	5	125
GWMS 17/13 mittel		9,0 - 10,0 14,0 - 15,0		kein Wasser kein Wasser				15 -20	- 8,16 bis -13,16	20	5	125
GWMS 18/13 flach	KFV4-DP36	4-5	2,48	38,00	n.n.	n.n.	0,89	4 - 10	2,56 bis - 3,44	10	6	125
GWMS 18/13 mittel		9-10 14-15	-2,52 -7,52	843,00 178,00	0,20 0,20	n.n. n.n.	3,06 n.n.	15 -20	- 7,59 bis - 12,59	20	5	125
GWMS 19/13 flach	Bohrungen/Messstellen noch nicht ausgeführt							15 -20		20	5	125
GWMS 19/13 mittel								25 - 30		30	5	125
GWMS 19/13 tief								35 - 40		40	5	125
GWMS 20/13 flach	Bohrungen/Messstellen noch nicht ausgeführt							15 -20		20	5	125
GWMS 20/13 mittel								25 - 30		30	5	125
GWMS 20/13 tief								35 - 40		40	5	125

Im Bereich Bahnhof 1 wurden bei der Ausführung der Bohrungen durchgehend Feinsande in mitteldichter bis dichter Lagerung angetroffen. Stauende Bodenhorizonte wurden nicht erbohrt.

Die Messstellengruppen GWMS 19/13 und GWMS 20/13 konnten bisher wegen fehlender Genehmigungen der Grundstückseigentümer nicht hergestellt werden.

**Tabelle 4: Grundwassermessstellen KF 2 (Hafen)**

GWMS	Sondierung	Beprobungstiefe [m]	Beprobungstiefe [m über NN]	Analytik				Lage Filter m unter GOK	Lage Filter m ü NN	Bohrtiefe (m)	Filterlänge (m)	Ausbau (mm)
				BTEX+TMB [µg/l]	MKW [mg/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]					
GWMS 21/13 flach	KVF 2-DP 15	4,5-5,5	- 0,95	30.090,00	19,00	13,00		1 - 5	3,57 bis - 0,43	5	4	125
GWMS 21/13 mittel		9-10	- 5,45	341,00	n.n.	n.n.	n.n.	10 - 15	-5,45 bis - 10,45	15	5	125
		14-15	- 10,45	12,00	n.n.	n.n.	n.n.					
		19-20	- 15,45	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
		24-25	- 20,45	9,00	n.n.	n.n.	n.n.					
GWMS 22/13 flach	KVF 2-DP 12	4-5	- 0,27	169,00	0,10	5,80		1,5 - 5,5	3,46 bis - 0,54	5,5	4	125
GWMS 22/13 mittel		9-10	- 5,27	311,00	n.n.	2,90	0,62	10 - 15	-5,25 bis - 10,25	15	5	125
		14-15	- 10,27	4.361,00	n.n.	2,40	11,48					
		19-20	- 15,27	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
		24-25	- 20,27	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
GWMS 23/13 flach	KVF 2-DP 11	5-6	- 0,48	25.950,00	7,60	1,40	52,99	1 - 5	4,57 bis 0,57	5	4	125
GWMS 23/13 mittel		9-10	- 4,48	175,00	n.n.	1,20	n.n.	10 - 15	-4,61 bis - 9,61	15	5	125
		14-15	- 9,48	45,00	n.n.	1,20	n.n.					
		19-20	- 14,48	17,00	n.n.	1,60	n.n.					
GWMS 24/13 flach	KVF 2-DP 10	4 - 5	- 0,44	63.240,00	0,50	1,10	101,74	1,5 - 5,5	4,81 bis 0,81	5,5	4	125
GWMS 24/13 mittel		9-10	- 3,94	96,00	n.n.	0,90	n.n.	10 - 15	-3,96 bis - 8,96	15	5	125
		14-15	- 8,94	20,00	n.n.	0,80	n.n.					
		19-20	- 13,94	69,00	n.n.	0,80	n.n.					
GWMS 25/13 flach								2 - 5	3,63 bis - 0,63	5	3	125
GWMS 25/13 mittel								10 - 15	-1,58 bis - 6,58	15	5	125

Im Bereich Hafen wurde in mehreren Bohrungen (GWMS 21/13, GWMS 22/13, GWMS 25/13) in der Tiefe von ca. 4 - 8 m ein unterschiedlich mächtiger, bindiger Kleihorizont angetroffen. Der Ausbau der Messstellen wurde dementsprechend den angetroffenen Bodenverhältnissen angepasst, so dass eine Messstelle den oberflächennahen wassergesättigten Boden über dem Klei und eine zweite Messstelle den unter dem Klei anstehenden, grundwasserführenden Abschnitt aufschließt.

Sämtliche Messstellen wurden als Messstellengruppen hergestellt, so dass der jeweilige Tiefenabschnitt des Grundwasserleiters von einer einzelnen Messstelle erfasst wird.

Die Lage der Grundwassermessstellen ist in den Anlagen 2-9 dargestellt.

### **4.1.3 Schichtenbeschreibung**

Die Ansprache des durch die Bohrungen aufgeschlossenen Bohrgutes erfolgte gemäß DIN EN ISO 22475-1 sowie der bodenkundlichen Kartieranleitung. Der Bodenaufbau wurde in Schichtenverzeichnissen gemäß DIN EN ISO 22475-1 und Bohrprofilen gemäß DIN 4023 dokumentiert (siehe Anlage 10).

### **4.1.4 Probenahmen**

#### Grundwasser

Während der Direct-Push Sondierungen sowie der Entnahme von Wasserproben aus den Grundwassermessstellen wurden vor Ort im Zuge der Probenahme die chemisch-physikalischen Parameter Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und Redoxpotential gemessen. Die Entnahme der Proben erfolgte jeweils bei Temperatur-, pH- und Leitfähigkeitskonstanz.

Die Probenmengen wurden auf Anweisung des Labors gewählt. Die Proben wurden kühl und dunkel gelagert und zum Labor transportiert.

Die Protokolle der Wasserentnahme für Direct-Push Sondierungen befinden sich in der Anlage 11, die für die Grundwasserbeprobung der Grundwassermessstellen in der Anlage 12.

### **4.1.5 Vermessungsarbeiten**

Nach Abschluss der Geländearbeiten führte das Büro Nordwest, Oldenburg im Auftrag von Bundesbau bei Immobilien Bremen AÖR die Vermessung der Sondieransatzpunkte nach Lage und Höhe aus.

## **4.2 Begleitender Arbeits- und Emissionsschutz**

Vor der Ausführung der Bohrarbeiten wurde durch HPC eine Gefährdungsbeurteilung gemäß Arbeitsschutzgesetz für die Ausführung der Direct-Push Sondierungen durchgeführt.

Während der Ausführung der Arbeiten wurde durch den begleitenden Geologen der HPC AG die Einhaltung der Arbeitsschutzvorgaben überwacht. Besondere Emissionsschutzmaßnahmen waren nicht erforderlich.

### **4.3 Laboruntersuchungen**

Die Laboruntersuchungen nahm das gemäß BAM OFD und DAkKS akkreditierte Labor SGS Institut Fresenius vor. Die Analysenprotokolle mit Angabe der Untersuchungsmethoden sind in den Anlagen 13 (Direct-Push Sondierungen) und 14 (Grundwassermessstellen) enthalten.

Alle durchgeführten chemisch-analytischen Methoden sind verfahrenskonform mit den LAWA- und LAGA-Richtlinien sowie den Richtlinien nach Bundesbodenschutzverordnung, den Anforderungen des Fachmoduls Boden und Altlasten der LABO (16.08.2012) sowie den BAM/OFD-Vereinbarungen über die Altlastenerkundung von Liegenschaften.

## **5. Untersuchungsergebnisse**

### **5.1 Liegenschaftsbezogene Untersuchungen**

#### **5.1.1 Boden- und Untergrundaufbau der Liegenschaft**

Gemäß den Angaben ausgewerteter Berichte gemäß Kap. 2.1 und den aktuellen Befunden aus den hier dokumentierten Untersuchungen der Phase IIb-2 stellt sich der Untergrundaufbau wie folgt dar:

Im Bereich der Gesamtliegenschaft können im oberflächennahen Bereich lokal bis in ca. 1,5 m - 6,0 m unter Geländeoberkante (GOK) Geschiebelehme und Mergel anstehen. Diese verzahnen sich mit Fein- und Mittelsanden.

Bereichsweise stehen keine Geschiebelehme an, so dass die Fein- und Mittelsande bereits unmittelbar an der Geländeoberfläche beginnen. Es handelt sich hierbei um holozäne Flugsande bzw. glazifluviale Beckensande, in die auch tonige Horizonte (Lauenburger Ton) eingeschaltet sein können. In Bohrungen, die auf der Liegenschaft und im Umfeld ausgeführt wurden, wurden überwiegend dichtgelagerte Feinsande aufgeschlossen, die bis in die Endteufe einzelner Bohrungen von 40 m reichen.

Lokal ist in einzelnen Bohrungen in der Tiefe von ca. 20 m - 25 m unter GOK ein schluffiger, toniger Feinsand nachgewiesen worden, der aber keine wirksame Stockwerkstrennung zwischen oberen und unteren Bereich des Grundwasserleiters darstellen dürfte.

Dieser Bodenaufbau wurde im Bereich der KV 4 (Bahnhof 1) angetroffen. Hier wurde im Zuge der aktuellen Untersuchungen der Phase IIb-2 bei der Ausführung der Bohrungen bis in die maximale Bohrtiefe von 30 m durchgehend ein Mittelsand mit unterschiedlichen Anteilen fein- und grobsandiger Komponenten sowie lokal schluffigen und kiesigen Bestandteilen angetroffen.

Im Bereich Hafen (KF 2) steht eine Wechselfolge von Sanden in feiner, mittlerer und grober Körnung an. In der Tiefe von ca. 4-8 m sind lokal Tonlagen bzw. Schluffe eingeschaltet. Bei dem angetroffenen natürlich anstehenden Boden handelt es sich um quartäre Ablagerungen der Wesersande

Die Aquiferbasis ist erst in Tiefen von ca. 60 m – 90 m unter GOK zu erwarten.

### **5.1.2 Hydrogeologische und hydrologische Beschreibung**

Der Hauptgrundwasserleiter ist innerhalb der holozänen/glazifluviatilen Sande ausgebildet. Das Grundwasser steht im südlichen Bereich (Abschnitt um den Verladebahnhof 2) der Liegenschaft in Tiefen von ca. 13 m – 15 m unter Geländeoberkante an. Aus diesem Horizont entnimmt das Wasserwerk Blumenthal Wasser zur Trinkwasserversorgung.

Im westlichen Liegenschaftsabschnitt (Bereich Verladebahnhof 1) sowie im Hafbereich steht das Grundwasser in ca. 3,0 – 5,0 m Tiefe unter Geländeoberkante an.

Die Grundwasserfließrichtung ist im Bereich des Bahnhof 1 des Tanklagers etwa nach Südsüdwest, im Bereich des Hafens nach Westsüdwest Richtung Weser orientiert.

## 5.2 Untersuchungsergebnisse der KF 2 (Deichschart, Verteilerstation Hafen)

Nachstehende Liste umfasst die für dieses Kapitel relevanten Anlagen:

Anlage 6: Lageplan KF 2:  
Position der ausgeführten Direct-Push Sondierungen und der Grundwassermessstellen im Zuge der Phase IIb-2

Anlage 7: Lageplan KF 2:  
Befunde der Grundwasseranalysen und Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch BTEX

Anlage 8: Lageplan KF 2:  
Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch MTBE

Anlage 9: Lageplan KF 2:  
Darstellung der Grundwasserfließrichtung vom 04.12.2013

Anlage 10: Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne neuer Grundwassermessstellen

Anlage 11: Protokolle der Wasserbeprobung aus Direct-Push Sondierungen

Anlage 12: Protokolle der Wasserbeprobung aus Grundwassermessstellen

Anlage 13: Laborberichte der Grundwasseranalysen aus Direct-Push Sondierungen

Anlage 14: Laborberichte der Grundwasseranalysen aus Grundwassermessstellen

### 5.2.1 Ergebnisse von Recherchen und Datenaufbereitungen der KF 2

Die Erkenntnisse aus Recherchen und Datenaufbereitungen zur KF 2 sind in Kap. 2 eingearbeitet.

### 5.2.2 Boden- und Untergrundaufbau der KF 2

**Tabelle 5: KF 2, erbohrte Schichtenfolge**

Bodenart	Schichtenfolge [m unter GOK]		Schichtenmächtigkeit [m]
Auffüllung (Mittelsand, schwach feinsandig, Schotter, Bauschutt, lokal humos und organisch)	0,0-0,2 0,0 – 3,1	(Min.) (Max.)	0,2-3,1
Wechsellagerung aus Fein- und Mittelsand, fein- bis grobkörnig, lokal feinkiesig, örtlich Einschnitte von Ton (schluffig) oder Schluff(tonig, humos, Pflanzenreste)	3,1 -20,0 0,2 – 30,0	(Min.) (Max.)	16,9 – 29,8

Im Bereich der KF 2 (Hafen) wurden 5 DP-Sondierungen sowie 5 Messstellengruppen mit je 2 Grundwassermessstellen hergestellt.

Die Geländeoberfläche war unversiegelt und mit Rasen bewachsen. Die Morphologie zeigt ein geringes Gefälle von ca. 0,2 m von Nordosten nach Südwesten.

Es wurde oberflächennah bis in max. 3,1 m Tiefe in allen Bohrungen für die Einrichtung der Messstellen zunächst eine künstlich aufgebraute Bodenschicht aus überwiegend Mittelsanden mit einzelnen Bauschuttresten und Schotter angetroffen. Darunter steht eine Wechselfolge von Sanden in feiner, mittlerer und grober Körnung an. In der Tiefe von ca. 4-8 m sind lokal Tonlagen bzw. Schluffe eingeschaltet, welche eine Mächtigkeit von 0,1-3,4 m aufweisen können. Bei dem angetroffenen natürlich anstehenden Boden handelt es sich um quartäre Ablagerungen der Wesersande.

### 5.2.3 Grundwasserfließrichtung

Anhand der in den Phasen IIb und IIb-2 eingerichteten Messstellen wurde die Grundwasserfließrichtung im Bereich der Liegenschaft Hafen bestimmt.

In der folgenden Tabelle sind die Daten zu den Messstellen und Wasserständen dokumentiert.

**Tabelle 6: KF 2, Wasserstände in vorhandenen Grundwassermessstellen**

Wasserstände Grundwassermessstellen												
Datum	GWMS 06/12		GWMS 07/12		GWMS 08/12		GWMS 09/12		GWMS 10/12		GWMS 12/12	
	POK: 5,12 m ü NN		POK: 5,224 m ü NN		POK: 5,058 m ü NN		POK: 5,064 m ü NN		POK: 5,124 m ü NN		POK: 5,158 m ü NN	
	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN
04.12.2013	3,740	1,372	4,903	0,321	3,540	1,518	4,605	0,459	3,770	1,354	4,775	0,383
Wasserstände Grundwassermessstellen												
Datum	GWMS 21/13- flach		GWMS 21/13- mittel		GWMS 22/13- flach		GWMS 22/13- mittel		GWMS 23/13- flach		GWMS 23/13- mittel	
	POK: 5,273 m ü NN		POK: 5,055 m ü NN		POK: 5,457 m ü NN		POK: 5,251 m ü NN		POK: 6,071 m ü NN		POK: 5,887 m ü NN	
	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN
04.12.2013	3,855	1,418	4,305	0,750	4,065	1,392	4,600	0,651	4,935	1,136	4,880	1,007
Wasserstände Grundwassermessstellen												
Datum	GWMS 24/13- flach		GWMS 24/13- mittel		GWMS 25/13- flach		GWMS 25/13- mittel					
	POK: 6,807 m ü NN		POK: 6,544 m ü NN		POK: 6,134 m ü NN		POK: 5,925 m ü NN					
	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN	m unter POK	müNN				
04.12.2013	5,665	1,142	5,470	1,074	4,970	1,164	4,940	0,985				

Die ermittelten Grundwasserstände in den flach und tief ausgebauten Messstellen innerhalb der jeweiligen Messstellengruppe weichen voneinander ab. Beispielweise wurde in der flachen GWMS 08/12 ein geringerer Flurabstand (1,518 m NN) festgestellt als in der daneben liegenden tiefer verfilterten Messstelle GWMS 12/12 (0,383 m NN). In den übrigen Messstellengruppen zeigen sich vergleichbare Verhältnisse. Hier ist davon auszugehen, dass sich oberhalb der nahezu flächig in Tiefen zwischen 4 – 8 m unter GOK vorhandenen, bindigen Schluff-/Tonschicht Grund- und Schichtwasser aufstaut und verzögert auf den hydraulischen Einfluss der Weser reagiert. Die tieferen Messstellen schließen den unmittelbar mit dem Vorfluter verbundenen Grundwasserleiter auf. Die hier ermittelten Wasserstände geben die tatsächliche Lage des Grundwasserspiegels wieder und wurden als Basis für den Grundwassergleichenplan verwendet.

Die Grundwasserfließrichtung wurde am Stichtag 04.12.2013 nach Südwesten ermittelt (siehe Anlage 9).

#### **5.2.4 Ergebnisse chemischer Analysen der KF 2**

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst und den in Kapitel 6 genannten Prüfwerten gegenübergestellt. Bei Prüfwertüberschreitungen erfolgt eine farbliche Kennzeichnung des jeweiligen Analysenbefundes.

##### **5.2.4.1 Grundwasser aus Direct-Pusch Sondierungen und Grundwassermessstellen**

In der folgenden Tabelle sind die Befunde der aktuellen Untersuchungen der Phase IIb-2 aufgeführt. In der Anlage 7 sind neben den aktuellen Ergebnissen auch die Befunde der vorhergehenden Untersuchungen der Phase IIa und IIb dargestellt.

**Tabelle 7: KF 2, Ergebnisse der Laboruntersuchungen aus Direct-Push Sondierungen aus der Phase IIb –2**

Sondierung	Beprobungstiefe [m]	Beprobungstiefe [m über NN]	Analytik						
			BTEX+TMB [µg/l]	TMB [µg/l]	Benzol [µg/l]	MKW [mg/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]	Naphthalin [µg/l]
KVF2-DP19	4,5-5,5	0,68	2.713,00	1.320,00	10,00	n.n.	n.n.	25,44	12,00
	9-10	-3,82	12.280,00	2.100,00	55,00	1,40	n.n.	243,02	83,00
	14-15	-8,82	15,00	8,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	19-20	-13,82	12,00	3,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF2-DP20	5-6	1,43	30.060,00	5.130,00	120,00	1.300,00	n.n.	2.586,00	2.300,00
	9-10	-3,57	30.829,00	1.740,00	590,00	1,80	n.n.	200,76	200,00
	14-15	-8,57	153,00	44,00	n.n.	n.n.	n.n.	2,72	1,30
	19-20	-13,57	119,00	35,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF2-DP21	4-5	0,58	149,00	26,00	9,00	0,20	1,30	1,53	0,58
	9-10	-4,42	507,00	73,00	56,00	0,50	3,40	14,35	3,00
	14-15	-9,42	3.955,00	584,00	970,00	1,00	n.n.	57,22	15,00
	19-20	-14,42	933,00	85,00	250,00	0,40	n.n.	9,60	1,60
KVF2-DP22	5-6	0,27	11.937,00	4.730,00	39,00	7,60	n.n.	542,36	250,00
	9-10	-3,73	611,00	223,00	22,00	0,40	n.n.	12,36	7,20
	14-15	-8,73	24,00	8,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	19-20	-13,73	2,00	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF2-DP23	5-6	0,48	40.600,00	4.850,00	170,00	2,40	3,80	311,48	110,00
	9-10	-3,52	92,00	25,00	n.n.	n.n.	n.n.	1,59	0,81
	14-15	-8,52	81,00	22,00	n.n.	n.n.	0,50	1,45	0,86
	19-20	-13,52	69,00	17,00	n.n.	n.n.	n.n.	2,12	1,20
<b>LAWA-Empfehlungen</b>									
Prüfwert			10-30		1-3	0,1-0,2	-	0,1-0,2	1-2
Maßnahmschwellenwert			50-120		5-10	0,4-1,0	-	0,4-2,0	4-10
<b>Geringfügigkeitsschwelle der LAWA</b>									
GFS			20		1	0,1	15	0,2	1
<b>BundesBodSchV</b>									
Prüfwerte			20		2	0,2		0,1	2

n.n.=nicht nachweisbar

- nicht bestimmt
- kein Prüfwert vorhanden
- Überschreitung GFS
- Überschreitung Maßnahmschwellenwert LAWA

**Tabelle 8: KF 2 (Hafen), Ergebnisse vor Ort-Parameter Grundwasser aus DP-Sondierungen Phase IIb – 2**

Sondierung	Beprobungstiefe [m]	sensorische Auffälligkeiten (Geruch)	vor-Ort-Messungen				
			Temp [°C]	pH [--]	Leitf. [µs/cm]	Sauerstoff [mg/l]	Eh [mV/l]
KVF2-DP19	4,5-5,5**	MKW	-	-	-	-	-
	9-10	MKW	12,1	6,70	1363	0,2	-271,0
	14-15	ohne	12,1	5,40	439	0,2	-279,0
	19-20	ohne	12,7	5,50	399	0,2	-190,0
KVF2-DP20	5-6**	MKW+Phase?	-	-	-	-	-
	9-10	MKW	13,7	6,60	2030	0,3	-181,0
	14-15	schwach MKW	13,8	5,30	402	0,2	-169,0
	19-20	ohne	13,8	5,80	3	0,2	-94,0
KVF2-DP21	4-5	MKW	15,4	6,60	1040	0,3	-201,0
	9-10	MKW	12,7	6,80	1300	0,2	-224,0
	14-15	MKW	12,1	6,50	1233	0,2	-213,0
	19-20	(schwach) aromatisch	13,8	5,10	469	0,5	210,0
KVF2-DP22	5-6**	-	-	-	-	-	-
	9-10	MKW	13,5	6,50	568	0,3	-192,0
	14-15	sehr schwach aromatisch	12,2	5,30	562	0,3	-143,0
	19-20	ohne	12,3	5,50	279	0,2	-160,0
KVF2-DP23	5-6***	-	-	-	-	-	-
	9-10	ohne	12,3	6,00	214	0,3	-107,0
	14-15	ohne	13,7	5,30	280	0,2	-202,0
	19-20	ohne	13,0	5,60	304	0,3	-192,0

\*\* = keine Messung möglich, da Filter trockenfällt

\*\*\* = keine Messung möglich, da gefördertes Wasser stark ölig

Die Grundwassermessstellen GWMS 06/12 bis GWMS 10/12 und GWMS 12/12 wurden im ersten Untersuchungsschritt der Phase IIb im Jahr 2012 erstellt. In der folgenden Tabelle sind die Erstbefunde aus dem Dezember 2012 zusätzlich zu den aktuellen Untersuchungsergebnissen vom November 2013 aufgeführt.

**Tabelle 9: KF 2, Ergebnisse der Laboruntersuchungen aus Grundwassermessstellen aus der Phase IIb – erster Untersuchungsschritt, Beprobungszeitraum 2012 und Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen Phase IIb-2, November 2013**

Messstelle	Beprobungsdatum	Beprobungstiefe [m unter POK]	Beprobungstiefe [m üNN]	Analytik						
				BTEX+TMB [µg/l]	TMB [µg/l]	Benzol [µg/l]	MKW [mg/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]	Naphthalin [µg/l]
GWMS 06/12	17.12.2012	5	0,11	68,00	28,00	4,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	08.11.2013			21,00	8,00	1,00	0,20	n.n.	n.n.	n.n.
GWMS 07/12	17.12.2012	13	-7,77	1.378,00	251,00	290,00	0,90	1,40	4,94	2,70
	08.11.2013			652,00	99,00	140,00	0,30	n.n.	12,68	7,00
GWMS 08/12	17.12.2012	5	0,05	1.073,00	974,00	n.n.	0,40	n.n.	1,04	0,32
	08.11.2013			479,00	449,00	n.n.	0,40	n.n.	2,38	0,46
GWMS 12/12	17.12.2012	13	-7,84	54,00	51,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	08.11.2013			15,00	n.n.	10,00	n.n.	n.n.	2,65	0,98
GWMS 10/12	17.12.2012	5,3	0,176	98,00	n.n.	10,00	0,20	1,30	n.n.	n.n.
	08.11.2013			48,00	n.n.	9,00	n.n.	n.n.	1,89	0,76
GWMS 09/12	17.12.2012	13	- 7,93	12,00	1,00	8,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	08.11.2013			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1,13	0,65
<b>LAWA-Empfehlungen</b>										
Prüfwert				10-30		1-3	0,1-0,2	-	0,1-0,2	1-2
Maßnahmschwellenwert				50-120		5-10	0,4-1,0	-	0,4-2,0	4-10
<b>Geringfügigkeitsschwelle der LAWA</b>										
GFS						1	0,1	15	0,2	1
<b>BundesBodSchV</b>										
Prüfwerte				20		2	0,2		0,1	2

POK= Pegeloberkante  
n.n.=nicht nachweisbar

nicht bestimmt  
kein Prüfwert vorhanden  
Überschreitung GFS  
Überschreitung Maßnahmschwellenwert LAWA

Die Messstellen GWMS 21/13 bis GWMS 25/13 wurden im Zuge der aktuellen Untersuchungen der Phase IIb-2 neu hergestellt.

**Tabelle 10: KF 2, Ergebnisse der Laboruntersuchungen aus Grundwassermessstellen aus der Phase IIb – 2, Beprobungszeitraum November/Dezember 2013**

Messstelle	Beprobungsdatum	Beprobungstiefe [m unter POK]	Beprobungstiefe [m üNN]	Analytik						
				BTEX+TMB [µg/l]	TMB [µg/l]	Benzol [µg/l]	MKW [mg/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]	Naphthalin [µg/l]
GWMS 21/13-flach	21.11.2013	5,4	-0,13	17.786,00	1.920,00	26,00	0,90	1,90	25,84	18,00
GWMS 21/13-mittel		14,0	-8,94	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GWMS 22/13-flach	4.12.2013	5,9	-0,45	46,00	10,00	20,00	0,20	n.n.	0,45	0,11
GWMS 22/13-mittel		14,0	-8,75	1.069,00	393,00	170,00	0,40	2,00	36,74	19,00
GWMS 23/13-flach	21.11.2013	5,2	0,87	30.555,00	8.000,00	25,00	3,30	n.n.	374,51	110,00
GWMS 23/13-mittel		14,0	-8,11	325,00	92,00	n.n.	0,10	n.n.	n.n.	n.n.
GWMS 24/13-flach	21.11.2013	6,0	0,80	40.946,00	5.900,00	380,00	2,20	n.n.	308,74	63,00
GWMS 24/13-mittel		14,0	-7,45	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GWMS 25/13-flach	21.11.2013	5,5	0,63	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	2,50	12,17	11,00
GWMS 25/13-mittel		12,0	-6,08	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>LAWA-Empfehlungen</b>										
Prüfwert				10-30		1-3	0,1-0,2	-	0,1-0,2	1-2
Maßnahmenschwellewert				50-120		5-10	0,4-1,0	-	0,4-2,0	4-10
<b>Geringfügigkeitsschwelle der LAWA</b>										
GFS				20		1	0,1	15	0,2	1
<b>BundesBodSchV</b>										
Prüfwerte				20		2	0,2		0,1	2

POK= Pegeloberkante  
n.n.=nicht nachweisbar

- nicht bestimmt  
kein Prüfwert vorhanden  
Überschreitung GFS  
Überschreitung Maßnahmenswellenwert LAWA

**Tabelle 11: KF 2 (Hafen), Ergebnisse vor Ort-Parameter Grundwasser aus Messstellen Phase IIb – 2**

Messstelle	Beprobungsdatum	Beprobungstiefe [m]	sensorische Auffälligkeiten	vor-Ort-Messungen				
				Temp [°C]	pH [-]	Leitf. [µs/cm]	Sauerstoff [mg/l]	Eh [mV/l]
GWMS 06/12	08.11.2013	5	kraftstoffartiger Geruch	14,0	6,84	1199,0	0,8	-198
GWMS 07/12		13	kraftstoffartiger Geruch	11,5	6,83	610,0	1,1	-88
GWMS 08/12	08.11.2013	5	kraftstoffartiger Geruch	15,0	7,14	1053,0	0,9	-213
GWMS 12/12		13	kraftstoffartiger Geruch	11,4	6,08	479,0	1,1	146
GWMS 10/12	08.11.2013	5,3	kraftstoffartiger Geruch	13,5	6,71	1001,0	1,1	-103
GWMS 09/12		13	kraftstoffartiger Geruch	11,9	6,21	516,0	1,0	-100
GWMS 21/13-flach	21.11.2013	5,4	kraftstoffartiger Geruch	13,2	6,74	851,0	0,9	-166
GWMS 21/13-mittel		14,0	kraftstoffartiger Geruch	11,0	6,27	384,0	1,8	-22
GWMS 22/13-flach	4.12.2013	5,9	faulig und kraftstoffartiger Geruch	12,0	7,03	854,0	1,1	13
GWMS 22/13-mittel		14,0	faulig und kraftstoffartiger Geruch	10,6	7,03	677,0	1,6	-21
GWMS 23/13-flach	21.11.2013	5,2	kraftstoffartiger Geruch	11,8	6,52	595,0	1,1	6
GWMS 23/13-mittel		14,0	kraftstoffartiger Geruch	10,6	6,05	374,0	2,6	116
GWMS 24/13-flach	21.11.2013	6,0	stark kraftstoffartiger Geruch	13,8	6,53	1414,0	1,8	-11
GWMS 24/13-mittel		14,0	kraftstoffartiger Geruch	11,0	6,15	359,0	3,3	108
GWMS 25/13-flach	21.11.2013	5,5	ölartiger Geruch	13,4	6,61	1204,0	1,0	91
GWMS 25/13-mittel		12,0	ölartiger Geruch	12,0	6,34	379,0	3,5	128

Im Zuge der Messung der Grundwasserstände (siehe Kap. 5.2.3) wurden auch eventuell aufschwimmende Leichtphasen gemessen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 12: KF 2, Ergebnisse der Messungen für Leichtphasen**

Messstelle	Beprobungsdatum	Mächtigkeit Leichtphase in cm
GWMS 06/12	08.11.2013	0
GWMS 07/12		0
GWMS 08/12	08.11.2013	0
GWMS 12/12		0
GWMS 10/12	08.11.2013	0
GWMS 09/12		0
GWMS 21/13-flach	21.11.2013	0
GWMS 21/13-mittel		0
GWMS 22/13-flach	4.12.2013	0
GWMS 22/13-mittel		0
GWMS 23/13-flach	21.11.2013	0
GWMS 23/13-mittel		0
GWMS 24/13-flach	21.11.2013	0
GWMS 24/13-mittel		0
GWMS 25/13-flach	21.11.2013	0
GWMS 25/13-mittel		0

### DP-Sondierungen

Auf der Grundlage der Ergebnisse aus der aktuellen Untersuchungsphase IIb-2 konnte die bereits in den Phasen IIa und IIb ermittelte flächige Kontamination des Grundwassers durch **BTEX** für den Bereich KF 2 (Hafen) bestätigt werden. Die Kontamination umfasst den südlichen Bereich der Liegenschaft des Hafens, d.h. nur ca. ein Drittel der Gesamtfläche der Liegenschaft Hafen ist von der Verunreinigung betroffen.

Durch die Untersuchungen der Phase IIb-2 konnten die Belastungsschwerpunkte gegenüber der Phase IIa und IIb genauer abgegrenzt werden.

Die in der Sondierung KVF2-DP 11 und DP 7 in der Phase IIb ermittelten hohen Befunde von ca. 26.000 µg/l für BTEX wurden in der DP 20 (ca. 30.000 µg/l) der Größenordnung nach bestätigt. Hier dürfte eine Belastungsquelle vorliegen. Die seitliche Begrenzung dieses Belastungsschwerpunktes erfolgte über die Sondierungen DP 19 (ca. 12.000 µg/l), DP 21 (ca. 3.900 µg/l) und DP 22 (ca. 11.900 µg/l).

Auch die in der DP 10 (Phase IIb) ermittelten Werte für BTEX von ca. 63.000 µg/l wurden in ähnlicher Größenordnung in der aktuellen Sondierung DP 23 (ca. 40.000 µg/l) der Phase IIb-2 bestätigt.

Insgesamt deuten die Befunde aus den Sondierungen DP 7, DP 10, DP 11 und DP 20 auf zumindest zwei Eintragsstellen (Bereich DP 7/DP 11/DP 20, Bereich DP 10/DP 11) in diesem Geländeabschnitt hin. Gemäß der Ergebnisse aus der Nachrecherche verliefen in diesem Bereich die Leitungen der alten Rohrtrasse, die vermutlich auf Höhe der DP 11/DP 20 in die Pumpstation mündeten. Die ermittelten Belastungsschwerpunkte stehen somit möglicherweise mit Schäden an dem alten Leitungssystem vor bzw. im Übergang der Pumpstation in Verbindung. Aufgrund der aktuellen Ergebnisse wurde die Lage der KF und KVF angepasst (siehe Anlage 7). Die KF 120 umfasst nun den vermuteten Bereich von Rohrleitungsschäden (DP 7, DP 10, DP11, DP 20).

Die Grundwasserkontamination zeigt ihren Belastungsschwerpunkt im oberflächennahen, wassergesättigten Bodenabschnitt in der Tiefe von ca. 5 – 10 m (siehe Anlage 7).

Im Bereich der Sondierungen KVF 2-DP 1, KVF 2-DP 12 und KVF 2-DP 21 liegt der Schwerpunkt der Kontamination im Tiefenabschnitt von ca. 10 – 15 m unter GOK. Vermutlich steht die Belastung hier im Zusammenhang mit der Kontaminationsquelle im Bereich der oben genannten DP 7/DP 11/DP 21. Hier hat sich die BTEX-Verunreinigung vertikal verlagert und in Richtung Vorfluter Weser überwiegend in der Tiefe von 10 – 15 m ausgedehnt (siehe Anlage 7).

Die Eintragsquellen im Bereich der Sondierungen KVF 2-DP 15 und KVF 2-DP 17 im Umfeld der Verteilerstation stehen anscheinend nicht im Zusammenhang mit den oben genannten, weiter südlich gelegenen Belastungsschwerpunkten der Bereiche DP 7/DP 11/DP 20 und DP 10/DP 23, wo möglicherweise Leitungsschäden Ursache für die Belastungen waren.

Für **MTBE** (Methyltertiärbuthylether) wurden in den DP-Sondierungen der Phase IIb-2 keine auffälligen Befunde im Grundwasser ermittelt. Der höchste Wert (490 µg/l) wurde für MTBE im Zuge der Phase IIb in er Sondierung KVF 2-DP 17 und hier nur in der oberflächennah entnommenen Probe aus der Tiefe 5 – 6 m festgestellt.

In allen übrigen Wasserproben der DP-Sondierungen liegen die MTBE mit Werten von ca. 0,5 – 3 µg/l, nur lokal auch mit Werten von 11 – 13 µg/l (siehe Anlage 8), deutlich niedriger.

Insgesamt deuten die Befunde für MTBE auf eine ebenfalls flächige Ausdehnung mit nur geringem Konzentrationsniveau hin, das unterhalb der Geringfügigkeitsschwelle von 15 µg/l liegt. Nach derzeitigem Kenntnisstand geht die Verunreinigung durch MTBE ursächlich auf den Bereich um die KVF 2-DP 17 zurück und hat sich von dort vermutlich mit dem Grundwasser in Richtung Vorfluter Weser verlagert (siehe Anlage 8).

Des Weiteren wurde eine starke Belastung des Grundwassers durch **PAK** um den Bereich der alten Pumpstation auf dem Hafengelände nachgewiesen.

Die Untersuchungen auf PAK deuten auf eine nur lokal vorhandene Beaufschlagung des Grundwassers durch diese Stoffgruppen hin. Im ersten Untersuchungsabschnitt der Phase IIb wurden die höchsten Werte mit ca. 131 µg/l in KVF2-DP 7, ca. 101 µg/l in KVF 2-DP 10 und ca. 52 µg/l in KVF 2-DP 11 ermittelt.

Die aktuellen Befunde zeigen weitere lokale „Hot-Spots“ für PAK auf. Mit ca. 2.500 µg/l wurde in der KVF 2-DP 20 die insgesamt höchste Konzentration festgestellt. In den KVF 2-DP 19, KVF 2-DP 21, KVF 2-DP 22 und KVF 2-DP 23 liegen die Werte im Bereich von 57 µg/l bis 542 µg/l. Die Hauptbelastungen sind dabei vorwiegend in den Tiefenabschnitten von 0 – 10 m festzustellen.

Eine Ausnahme bildet die KVF 2-DP 21, für die der Schwerpunkt in einer Tiefe von 14 – 15 m vorliegt, womit sich die hier schon bei den BTEX dokumentierte Verlagerung in die Tiefe bestätigt.

Auch für **MKW** sind hohe Befunde nur stellenweise nachgewiesen worden. Die höchsten Werte liegen in KVF 2-DP 11 sowie KVF 2-DP 15 (19 mg/l) und KVF 2-DP 22 (7,6 mg/l) vor. Der höchste Wert wurde in KVF2-DP 20 mit 1.300 mg/l festgestellt und bestätigt den hier lokalisierten „Hot-Spot“. Die übrigen Befunde zeigen Werte zwischen ca. 0,3 – 2,4 mg/l.

### Grundwassermessstellen

An der Liegenschaftsgrenze Richtung Osten wurden die GWMS 23/13 – 25/13 sowie nahezu mittig auf dem Grundstück die GWMS 21/13 und GWMS 22/13 als Messstellen-Gruppen errichtet, die jeweils den oberen Abschnitt des Grundwasserleiters (bis ca. 5 m unter GOK) und den betroffenen tieferen Abschnitt des Grundwasserleiters (ca. 10 – 15 m) erfassen.

Im Zuge der Erstuntersuchung der in der Phase IIb im Jahr 2012 eingerichteten Messstellen (GWMS 06/12 bis GWMS 10/12 und GWMS 12/12) zeigte sich im Dezember 2012 eine Verlagerung der BTEX mit dem Grundwasser in südwestliche Richtung. Dies wurde durch die aktuellen Untersuchungen im November 2013 bestätigt.

Im oberen Abschnitt des Grundwasserleiters in direkter Abstromrichtung der Belastungsquelle (Bereich der Pumpstation, DP 7, DP 11, DP 20), liegen die Befunde für BTEX in der GWMS 06/12 bei 68 µg/l (Dezember 2012) und 21 µg/l (November 2013). Die tiefere Messstelle GWMS 07/12 weist 1.378 µg/l (Dezember 2012) und 662 µg/l (November 2013) auf und bestätigt an dieser Stelle die Verlagerung der BTEX in die Tiefe.

Auch mit der neuen Messstelle GWMS 22/13 wird die vertikale Verlagerung der BTEX in diesem Bereich bis in ca. 15 m Tiefe dokumentiert. Es wurden in der GWMS 22/13 in ca. 5 m Tiefe 48 µg/l, in 14 m Tiefe 1.069 µg/l nachgewiesen.

Die Messstellen GWMS 8/12 und GWMS 12/12 liegen im direkten Abstrom der im Abschnitt der DP 15 (ca. 30.000 µg/l in ca. 5 m Tiefe) ermittelten Belastungsquelle des Grundwassers. Im oberen Bereich des Grundwasserleiters (GWMS 8/12) liegen die BTEX bei 1.073 µg/l (Dezember 2012) und 479 µg/l (November 2013). Die tiefere Messstelle GWMS 12/12 weist 54 µg/l (Dezember 2012) und 15 µg/l (November 2013) auf. Es konnte durch die aktuellen Untersuchungen bestätigt werden, dass die Belastung sich hier auf den oberen Abschnitt des Grundwassers beschränkt. Dies wird auch mittels der neuen Messstelle GWMS 21/13 unmittelbar innerhalb der Belastungsquelle verifiziert. Hier wurden in ca. 5 m Tiefe (GWMS 21/13-flach) für BTEX ca. 17.700 µg/l nachgewiesen. Im tieferen Abschnitt (14 m; GWMS 21/13-mittel) waren BTEX nicht nachweisbar.

Die Messstellen GWMS 09/12 und GWMS 10/12 liegen im südöstlichen Seitenstrom der bekannten Belastungen und zeigen mit den Befunden vom Dezember 2012 (GWMS 9/12: 98 µg/l; GWMS 10/12: 12 µg/l) und November 2013 (GWMS 9/12: 48 µg/l; GWMS 10/12: nicht nachweisbar) vergleichsweise geringe Werte.

Die innerhalb der ermittelten Belastungsquellen in der aktuellen Phase IIb-2 neu eingerichteten Grundwassermessstellen GWMS 23/13 (Bereich ehemalige Pumpstation; BTEX in ca. 5 m Tiefe: ca. 30.500 µg/l; in 14 m Tiefe: 325 µg/l) und GWMS 24/13 (Verteilerstation; BTEX in ca. 6 m Tiefe: ca. 40.900 µg/l; in 14 m Tiefe: nicht nachweisbar) bestätigen die dort in den DP-Sondierungen ermittelten Belastungen überwiegend durch BTEX im oberflächennahen Abschnitt des Grundwassers.

Die ebenfalls in der Phase IIb-2 hergestellte Messstelle GWMS 25/13 weist trotz der Nähe zu der belasteten GWMS 24/13 keine relevanten BTEX-Gehalte auf (BTEX: nicht nachweisbar).

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.

Auffällig ist, dass sich in allen im Jahr 2012 erstellten Messstellen im November 2013 deutlich geringere Befunde für BTEX als im Dezember 2012 zeigen. Möglicherweise ist darin der Tideeinfluss mit wechselnden hydraulischen Verhältnissen, insbesondere schwankenden Grundwasserständen und hierdurch bedingten unterschiedlichen Mobilisierungsverhalten, zu erkennen.

Für MTBE, PAK und MKW bestätigen sich die Befunde aus den DP-Sondierungen. Die Konzentrationen liegen bei den MTBE in den Messstellen bei max. 2,5 µg/l (GWMS 25/13-flach), für PAK bei max. 374 µg/l (GWMS 23/13-flach) und für MKW bei max. 3,3 mg/l (GWMS 23/13-flach).

### 5.3 Untersuchungsergebnisse der KF 4/KF 119 (Verladebahnhof 1)

Nachstehende Liste umfasst die für dieses Kapitel relevanten Anlagen:

- Anlage 2: Lageplan KF 4/KF 119:  
Position der ausgeführten Direct-Push Sondierungen und der Grundwassermessstellen im Zuge der Phase IIb-2
- Anlage 3: Lageplan KF 4/KF 119:  
Befunde der Grundwasseranalysen und Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch BTEX
- Anlage 4: Lageplan KF 4/KF 119: Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch MTBE
- Anlage 5: Lageplan KF 4/KF 119: Darstellung der Grundwasserfließrichtung
- Anlage 10: Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne neuer Grundwassermessstellen
- Anlage 11: Protokolle der Wasserbeprobung aus Direct-Push Sondierungen
- Anlage 12: Protokolle der Wasserbeprobung aus Grundwassermessstellen
- Anlage 13: Laborberichte der Grundwasseranalysen aus Direct-Push Sondierungen
- Anlage 14: Laborberichte der Grundwasseranalysen aus Grundwassermessstellen

#### 5.3.1 Ergebnisse von Recherchen und Datenaufbereitungen der KF4/KF119

Die Erkenntnisse aus Recherchen und Datenaufbereitungen zur KF 4 sind in Kap. 2 eingearbeitet. Die KF 119 wird in diesem Kapitel mit betrachtet.

### 5.3.2 Boden- und Untergrundaufbau der KF 4/KF 119

**Tabelle 13: KF 4, erbohrte Schichtenfolge**

Bodenart	Schichtenfolge [m unter GOK]		Schichtenmächtigkeit [m]
Auffüllung ( Mittelsand, mittel- bis grobkörnig, stark Bauschutt, lokal Humuslagen und Schlick, kiesig)	0,0-3,7		3,7
Auffüllung (Feinsand, Sand, Bauschutt, schwach schluffig, lokal kiesig, lokal Humuslagen)	0,0-1,1 0,0-3,5	(Min.) (Max.)	1,1-3,5
Mittelsand, grobsandig, lokal feinkiesig	3,5-5,0 0,0-4,8	(Min.) (Max.)	1,5-4,8
Ton/Schluff (humos, Pflanzenreste)	5,2-5,6 5,5-8,9	(Min.) (Max.)	0,4-3,4
Feinsand, schwach mittelsandig, schluffig bis stark schluffig, lokal feinsandig, schwach Glimmer, vereinzelt Holzreste	8,9-15,0 5,6-15,0	(Min.) (Max.)	6,1-9,4

Im Bereich der KF 4/KF 119 wurden 7 DP-Sondierungen sowie 3 Messstellengruppen mit je 3 Grundwassermessstellen und 5 Messstellengruppen mit je 2 Grundwassermessstellen zur tiefenorientierten Beprobung hergestellt.

Die Geländeoberfläche war im Bereich der Ansatzpunkte der Bohrungen zur Einrichtung der Grundwassermessstellen unversiegelt.

Die Morphologie zeigt ein Gefälle von ca. 0,8 m von Norden (Bereich DP 28) nach Süden (Abschnitt DP 24). Südlich der Verladegleise ist eine Böschung ausgebildet. Südlich dieser Böschung liegt die Geländeoberfläche ca. 1,0 m – 1,5 m tiefer als im Bereich der Verladegleise.

Im Bereich Bahnhof 1 wurde im Zuge der aktuellen Untersuchungen der Phase IIb-2 bei der Ausführung der Bohrungen bis in die maximale Bohrtiefe von 30 m (GWMS 12/13-tief; GWMS 13/13-tief, GWMS 14/13-tief) durchgehend ein Mittelsand mit unterschiedlichen Anteilen fein- und grobsandiger Komponenten sowie lokal schluffigen und kiesigen Bestandteilen angetroffen. Stellenweise lässt sich die oberflächennah aufgebrachte, ebenfalls sandig ausgebildete Auffüllung von den unterlagernden anstehenden Sanden optisch trennen.

Bei dem angetroffenen, natürlich anstehenden Boden handelt es sich um quartäre Ablagerungen.

### 5.3.3 Grundwasserfließrichtung

Anhand der in den Phasen IIb und IIb-2 eingerichteten Messstellen wurde die Grundwasserfließrichtung im Bereich des Bahnhofs 1 bestimmt.

In der folgenden Tabelle sind die Daten zu den Messstellen und Wasserständen dokumentiert.

**Tabelle 14: KF 4, Wasserstände in vorhandenen Grundwassermessstellen**

Wasserstände Grundwassermessstellen												
Datum	GWMS 01/12		GWMS 02/12		GWMS 03/12		GWMS 04/12		GWMS 05/12		GWMS 11/12	
	POK: 8,789 m ü NN		POK: 8,693 m ü NN		POK: 8,571 m ü NN		POK: 8,566 m ü NN		POK: 8,441 m ü NN		POK: 8,351 m ü NN	
	m unter	müNN										
04.12.2013	5,227	3,562	5,237	3,456	5,116	3,455	5,050	3,516	5,175	3,266	4,945	3,406

Wasserstände Grundwassermessstellen										
Datum	GWMS 11/13-flach		GWMS 11/13-mittel		GWMS 12/13-flach		GWMS 12/13-mittel		GWMS 12/13-tief	
	POK: 9,676 m ü NN		POK: 9,617 m ü NN		POK: 8,887 m ü NN		POK: 8,784 m ü NN		POK: 8,705 m ü NN	
	m unter	müNN								
04.12.2013	5,720	3,956	5,840	3,777	5,135	3,752	5,143	3,641	5,038	3,667

Wasserstände Grundwassermessstellen												
Datum	GWMS 13/13-flach		GWMS 13/13-mittel		GWMS 13/13-tief		GWMS 14/13-flach		GWMS 14/13-mittel		GWMS 14/13-tief	
	POK: 9,579 m ü NN		POK: 9,481 m ü NN		POK: 9,405 m ü NN		POK: 9,020 m ü NN		POK: 8,952 m ü NN		POK: 8,906 m ü NN	
	m unter	müNN										
04.12.2013	5,785	3,794	5,775	3,706	5,708	3,697	5,600	3,420	5,438	3,514	5,400	3,506

Wasserstände Grundwassermessstellen												
Datum	GWMS 15/13-flach		GWMS 15/13-mittel		GWMS 16/13-flach		GWMS 16/13-mittel		GWMS 17/13-flach		GWMS 17/13-mittel	
	POK: 9,010 m ü NN		POK: 8,845 m ü NN		POK: 8,916 m ü NN		POK: 8,835 m ü NN		POK: 7,425 m ü NN		POK: 7,343 m ü NN	
	m unter	müNN										
04.12.2013	5,510	3,500	5,238	3,607	5,040	3,876	5,120	3,715	3,775	3,650	3,798	3,545

Wasserstände Grundwassermessstellen				
Datum	GWMS 18/13-flach		GWMS 18/13-mittel	
	POK: 8,064 m ü NN		POK: 7,905 m ü NN	
	m unter	müNN	m unter	müNN
04.12.2013	4,350	3,714	4,273	3,632

Innerhalb der Messstellengruppen zeigen sich Differenzen bei den Wasserständen der einzelnen Messstellen von ca. 5 cm – 10 cm. Offenbar stellen sich je nach Tiefe der Filterstrecke und der dort vorhandenen Bodenzusammensetzung unterschiedliche Wasserstände ein. Der in den Bohrungen zur Einrichtung der Messstellen GWMS 11 bis GWMS 18 angetroffene Schichtaufbau zeigt einen Wechsel zwischen fein- und mittelkörnigen Sanden, in die zum Teil schluffige Lagen eingeschaltet sind. Bis in ca. 10 – 12 m Tiefe unter GOK ist der Boden überwiegend mittelsandig ausgebildet, ab der Tiefe von ca. 10 – 12 m unter GOK liegen hauptsächlich Feinsande vor. Zusätzlich wurden in den flachen Messstellen Hinweise auf Phasenkörper festgestellt, die zu einer Beeinflussung der Wasserstände führen können.

Für die Ermittlung der Grundwasserfließrichtung wurden die Wasserstände aus einem einheitlichen, hier dem mittleren, Tiefenniveau zu Grunde gelegt. Eventuelle Einflüsse durch Phasenkörper sind hier nicht mehr gegeben, zusätzlich sind alle Messstellengruppen mit einer im mittleren Tiefenniveau verfilterten Messstelle versehen. Tiefe Messstellen liegen nur an einzelnen Stellen vor.

Die Grundwasserfließrichtung wurde am Stichtag 04.12.2013 nach Südwesten ermittelt (siehe Anlage 5).

#### **5.3.4 Ergebnisse chemischer Analysen der KF 4/KF 119**

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst und den in Kapitel 6 genannten Prüfwerten gegenübergestellt. Bei Prüfwertüberschreitungen erfolgt eine farbliche Kennzeichnung des jeweiligen Analysenbefundes.

##### **5.3.4.1 Grundwasser aus Direct-Pusch Sondierungen und Grundwassermessstellen**

Die Ergebnisse der Bodenansprache und der Laboruntersuchungen sind in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst und den in Kapitel 6 genannten Prüfwerten gegenübergestellt. Bei Prüfwertüberschreitungen erfolgt eine farbliche Kennzeichnung des jeweiligen Analysenbefundes.

In der Anlage 3 sind neben den aktuellen Ergebnissen auch die Befunde der vorhergehenden Untersuchungen der Phase IIa und IIb dargestellt.

**Tabelle 15: KF 4 (Bahnhof 1), Ergebnisse der Laboruntersuchungen aus Direct-Push Sondierungen aus der Phase IIb – 2**

Sondierung	Beprobungs-tiefe [m]	Beprobungs-tiefe [m über NN]	Analytik						
			BTEX+T MB [µg/l]	TMB [µg/l]	Benzol [µg/l]	MKW [m g/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]	Naphthalin [µg/l]
KVF4-DP42	5-6	2,24	8,00	3,00	n.n.	n.n.	n.n.	2,20	1,20
	9-10	-1,76	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	14-15	-6,76	4,00	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	19-20	-11,76	11,00	5,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	24-25	-16,76	11,00	4,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	29-30	-21,76	20,00	8,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF4-DP43	5-6	2,51	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	9-10	-1,49	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	14-15	-6,49	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	19-20	-11,49	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	24-25	-16,49	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	29-30	-21,49	1,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF4-DP44	4-5	-6,00	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	9-10	-10,00	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	14-15	-15,00	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF4-DP45	5-6	-6,00	1,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	9-10	-10,00	1,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	14-15	-15,00	1,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF4-DP46	5-6	2,91	145,00	111,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	9-10	-1,09	871,00	685,00	n.n.	0,60	n.n.	6,85	4,60
	14-15	-6,09	8,00	n.n.	n.n.	0,30	n.n.	0,85	0,78
	19-20	-11,09	5,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	24-25	-16,09	6,00	n.n.	n.n.	0,20	n.n.	n.n.	n.n.
	29-30	-21,09	8,00	n.n.	n.n.	0,70	n.n.	n.n.	n.n.
KVF4-DP47	4-5	0,69	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	9-10	-3,31	1,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	14-15	-8,31	1,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
KVF4-DP48	4-5	0,52	1,00	1,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	9-10	-3,48	80,00	53,00	6,00	0,50	n.n.	n.n.	n.n.
	14-15	-8,48	6,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,17	0,04
	19-20	-13,48	12,00	n.n.	n.n.	0,20	n.n.	0,45	0,09
	24-25	-18,48	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	29-30	-23,48	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
<b>LAWA-Empfehlungen</b>									
Prüfwert			10-30		1-3	0,1-0,2	-	0,1-0,2	1-2
Maßnahmenschwelwert			50-120		5-10	0,4-1,0	-	0,4-2,0	4-10
<b>Geringfügigkeitsschwelle der LAWA</b>									
GFS			20		1	0,1	15	0,2	1
<b>BundesBodSchV</b>									
Prüfwerte			20		2	0,2		0,1	2

n.n.=nicht nachweisbar

nicht bestimmt

- kein Prüfwert vorhanden

Überschreitung GFS

Überschreitung Maßnahmenschwelwert LAWA

**Tabelle 16: KF 4 (Bahnhof 1), Ergebnisse vor Ort-Parameter Grundwasser aus Direct-Push Sondierungen Phase IIb – 2**

Sondierung	Beprobungstiefe [m]	sensorische Auffälligkeiten	vor-Ort-Messungen				
			Temp [°C]	pH [--]	Leitf. [µs/cm]	Sauerstoff [mg/l]	Eh [mV/l]
KFV4-DP 42	5-6	MKW	10,5	6,00	109	0,3	-176,0
	9-10	faulig	10,4	5,40	271	0,2	-223,0
	14-15	faulig	10,8	6,00	164	0,1	-244,0
	19-20	ohne	11,8	5,80	173	0,1	-315,0
	24-25	ohne	11,2	5,00	161	0,1	-13,0
	29-30	ohne	11,4	5,30	171	0,1	-36,0
KFV4-DP 43	5-6	schwach MKW	10,6	5,80	146	1,4	-42,0
	9-10	schwach MKW	10,0	5,40	293	0,7	-49,0
	14-15	MKW	10,0	6,50	304	0,1	-284,0
	19-20	schwach MKW	9,9	5,80	301	0,1	-73,0
	24-25	ohne	11,0	5,20	194	0,1	-119,0
	29-30	faulig	11,3	6,60	169	0,1	-10,9
KFV4-DP 44	4-5	ohne	12,9	5,90	409	0,5	-100,0
	9-10	faulig	12,1	5,50	159	0,1	-180,0
	14-15	faulig	11,6	5,90	158	0,1	11,0
KFV4-DP 45	5-6	ohne	14,0	5,80	182	0,2	-183,0
	9-10	ohne	12,2	5,60	188	0,1	-129,0
	14-15	leicht faulig	12,4	5,50	153	0,1	-168,0
KFV4-DP 46	5-6	aromatisch	11,4	6,50	299	0,2	-232,0
	9-10	faulig	11,0	6,00	267	0,2	-275,0
	14-15	faulig	11,0	6,10	130	0,1	-210,0
	19-20	ohne	12,7	5,50	150	0,1	-61,0
	24-25	ohne	11,8	5,40	174	0,1	-97,0
	28-29	ohne	11,7	5,00	224	0,1	-220,0
KFV4-DP 47	4-5	ohne	11,7	5,60	165	0,1	-113,0
	9-10	ohne	10,9	5,20	199	0,2	-180,0
	14-15	ohne	10,9	5,20	190	0,1	-162,0
KFV4-DP 48	4-5	MKW	11,1	5,90	72	1,8	-168,0
	9-10	MKW	10,2	6,10	221	0,2	-97,0
	14-15	MKW	10,5	5,80	227	0,2	-78,0
	19-20	MKW	10,6	5,00	210	0,1	-136,0
	24-25	sehr schwach MKW	10,8	5,80	157	0,1	109,0
	29-30	ohne	10,7	6,30	121	0,1	-47,0

**Tabelle 17: KF 4 (Bahnhof 1), Ergebnisse der Laboruntersuchungen aus Grundwassermessstellen aus der Phase IIb – erster Untersuchungsschritt, Beprobungszeitraum 2012 und Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen Phase IIb-2, November 2013**

Messstelle	Beprobungsdatum	Beprobungstiefe [m]	Beprobungstiefe [müNN]	Analytik						
				BTEX+TMB [ $\mu\text{g/l}$ ]	TMB [ $\mu\text{g/l}$ ]	Benzol [ $\mu\text{g/l}$ ]	MKW [mg/l]	MTBE [ $\mu\text{g/l}$ ]	PAK [ $\mu\text{g/l}$ ]	Naphthalin [ $\mu\text{g/l}$ ]
GWMS 01/12	18.12.2012	7	1,78	1.227,00	300,00	440,00	0,30	15,00	3,36	2,60
	11.12.2013			1.220,00	301,00	580,00	0,30	73,00	9,03	8,00
GWMS 02/12	18.12.2012	13	-4,31	1.487,00	278,00	570,00	0,10	32,00	2,57	2,20
	11.12.2013			1.496,00	339,00	450,00	0,40	41,00	6,45	6,40
GWMS 03/12	18.12.2012	23	-14,4	822,00	308,00	270,00	n.n.	1,60	2,91	2,00
	11.12.2013			720,00	297,00	190,00	0,90	2,20	0,08	0,08
GWMS 04/12	18.12.2012	7	1,56	123,00	68,00	12,00	n.n.	n.n.	1,33	0,25
	11.12.2013			15,00	2,00	8,00	0,30	n.n.	0,42	0,42
GWMS 05/12	18.12.2012	13	-4,56	387,00	173,00	88,00	n.n.	16,00	1,42	0,67
	11.12.2013			547,00	221,00	140,00	0,20	36,00	9,63	9,20
GWMS 11/12	18.12.2012	23	-14,64	50,00	27,00	6,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
	11.12.2013			49,00	37,00	2,00	0,10	n.n.	9,35	1,40
<b>LAWA-Empfehlungen</b>										
Prüfwert				10-30		1-3	0,1-0,2	-	0,1-0,2	1-2
Maßnahmenschw ellenwert				50-120		5-10	0,4-1,0	-	0,4-2,0	4-10
<b>Geringfügigkeitsschw elle der LAWA</b>										
GFS				20		1	0,1	15	0,2	1
<b>BundesBodSchV</b>										
Prüfw erte				20		2	0,2		0,1	2

n.n.=nicht nachweisbar

- nicht bestimmt
- kein Prüfwert vorhanden
- Überschreitung GFS
- Überschreitung Maßnahmenschw ellenwert LAWA

**Tabelle 18: KF 4 (Bahnhof 1), Ergebnisse der Laboruntersuchungen aus Grundwassermessstellen aus der Phase IIb – 2, Beprobungszeitraum November/Dezember 2013**

Messstelle	Beprobungsdatum	Beprobungstiefe [m]	Beprobungstiefe [m üNN]	Analytik						
				BTEX+TMB [µg/l]	TMB [µg/l]	Benzol [µg/l]	MKW [mg/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]	Naphthalin [µg/l]
GWMS 11/13-flach	4.12.2013	8	1,67	8.801,00	790,00	3.600,00	0,60	n.n.	105,46	46,00
GWMS 11/13-mittel		18	-8,39	4,00	2,00	n.n.	n.n.	n.n.	0,53	0,03
GWMS 12/13-flach	10.12.2013	8	0,88	937,00	316,00	120,00	0,60	n.n.	21,40	20,00
GWMS 12/13-mittel		18	-9,22	6,00	5,00	n.n.	n.n.	0,60	0,01	n.n.
GWMS 12/13-tief		28	-19	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GWMS 13/13-flach	6.12.2013	8	1,57	1.231,00	222,00	94,00	0,70	n.n.	13,78	10,00
GWMS 13/13-mittel		18	-8,52	545,00	141,00	350,00	0,20	50,00	1,75	0,31
GWMS 13/13-tief		28	-18,6	264,00	87,00	170,00	n.n.	n.n.	0,23	0,10
GWMS 14/13-flach	5.12.2013	8	1,0	751,00	28,00	650,00	0,70	120,00	17,98	8,00
GWMS 14/13-mittel		18	-9,05	402,00	46,00	200,00	0,30	6,20	13,14	4,30
GWMS 14/13-tief		28	-19	613,00	99,00	410,00	0,30	8,90	7,12	3,50
GWMS 15/13-flach	5.12.2013	8	1,0	696,00	115,00	530,00	0,50	230,00	33,42	19,00
GWMS 15/13-mittel		18	-9,16	2,00	1,00	1,00	n.n.	n.n.	0,62	0,23
GWMS 16/13-flach	5.12.2013	8	0,9	n.n.	n.n.	n.n.	0,30	n.n.	29,74	14,00
GWMS 16/13-mittel		18	-9,1	9,00	3,00	3,00	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
GWMS 17/13-flach	11.12.2013	8	-0,58	38,00	n.n.	38,00	0,50	3,50	0,38	0,38
GWMS 17/13-mittel		18	-10,0	21,00	1,00	19,00	0,10	1,30	2,13	1,70
GWMS 18/13-flach	11.12.2013	8	0,06	332,00	63,00	160,00	0,10	0,60	1,48	1,40
GWMS 18/13-mittel		18	-10	460,00	138,00	170,00	0,20	n.n.	8,56	8,20
<b>LAWA-Empfehlungen</b>										
Prüfwert				10-30		1-3	0,1-0,2	-	0,1-0,2	1-2
Maßnahmschwellenwert				50-120		5-10	0,4-1,0	-	0,4-2,0	4-10
<b>Geringfügigkeitsschwelle der LAWA</b>										
GFS				20		1	0,1	15	0,2	1
<b>BundesBodSchV</b>										
Prüfwerte				20		2	0,2		0,1	2

n.n.=nicht nachweisbar

nicht bestimmt

- kein Prüfwert vorhanden

Überschreitung GFS

Überschreitung Maßnahmschwellenwert LAWA

**Tabelle 19: KF 4 (Bahnhof 1), Ergebnisse vor Ort-Parameter Grundwasser aus Messstellen Phase IIb – 2**

Messstelle	Beprobungsdatum	Beprobungstiefe [m]	sensorische Auffälligkeiten	vor-Ort-Messungen				
				Temp [°C]	pH [--]	Leitf. [µs/cm]	Sauerstoff [mg/l]	Eh [mV/l]
GWMS 01/12	11.12.2013	7	kraftstoffartiger Geruch	11,2	5,87	223	1,4	-145,0
GWMS 02/12		13	kraftstoffartiger Geruch	10,7	5,53	190,0	2,16	-114
GWMS 03/12		23	kraftstoffartiger Geruch	10,5	5,76	221,0	1,0	-77,0
GWMS 04/12	11.12.2013	7	kraftstoffartiger Geruch	11,2	5,63	156,0	2,43	-131,0
GWMS 05/12		13	kraftstoffartiger Geruch	10,6	5,14	231,0	1,28	-127,0
GWMS 11/12		23	kraftstoffartiger Geruch	10,1	5,94	160,0	0,85	-105,0
GWMS 11/13-flach	4.12.2013	8	faulig/kraftstoffartiger Geruch	12,5	5,85	385,0	1,30	-169,0
GWMS 11/13-mittel		18	faulig	11,2	7,08	252,0	0,83	-29,0
GWMS 12/13-flach	10.12.2013	8	faulig/ kraftstoffartiger Geruch	11,2	5,95	648,0	2,12	-169,0
GWMS 12/13-mittel		18	kraftstoffartiger Geruch	10,8	6,34	257,0	1,30	-29,0
GWMS 12/13-tief		28	kraftstoffartiger Geruch	10,6	6,34	258,0	1,86	22,0
GWMS 13/13-flach	6.12.2013	8	kraftstoffartiger Geruch	11,0	5,98	625,0	0,94	-155,0
GWMS 13/13-mittel		18	kraftstoffartiger Geruch	10,9	6,37	332,0	0,99	-35,0
GWMS 13/13-tief		28	kraftstoffartiger Geruch	10,3	6,52	179,0	1,32	26,0
GWMS 14/13-flach	5.12.2013	8	faulig/ kraftstoffartiger Geruch	12,0	6,09	466,0	2,28	113,0
GWMS 14/13-mittel		18	faulig/ kraftstoffartiger Geruch	10,9	6,09	412,0	1,98	-99,0
GWMS 14/13-tief		28	faulig/ kraftstoffartiger Geruch	10,7	6,01	169,0	1,57	-7,0
GWMS 15/13-flach	5.12.2013	8	faulig/ kraftstoffartiger Geruch	11,2	6,10	408,0	1,99	-133,0
GWMS 15/13-mittel		18	schwach kraftstoffartiger Geruch	101,1	6,22	125,0	1,31	-20,0
GWMS 16/13-flach	5.12.2013	8	faulig/ kraftstoffartiger Geruch	11,0	6,11	453,0	0,89	-154,0
GWMS 16/13-mittel		18	schwach kraftstoffartiger Geruch	9,4	6,20	138,0	1,92	-32,0
GWMS 17/13-flach	11.12.2013	8	kraftstoffartiger Geruch	11,4	5,91	135,0	2,02	-126,0
GWMS 17/13-mittel		18	kraftstoffartiger Geruch	10,5	6,00	127,0	1,85	-32,0
GWMS 18/13-flach	11.12.2013	8	kraftstoffartiger Geruch	10,1	5,71	242,0	2,43	-151,0
GWMS 18/13-mittel		18	kraftstoffartiger Geruch	9,6	5,85	230,0	2,30	-140,0

Im Zuge der Messung der Grundwasserstände (siehe Kap. 5.3.3) wurden auch eventuell aufschwimmende Leichtphasen gemessen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 20: KF 4 (Bahnhof 1), Ergebnisse der Messungen für Leichtphasen**

Messstelle	Beprobungsdatum	Mächtigkeit Leichtphase in cm
GWMS 01/12	11.12.2013	0
GWMS 02/12		0
GWMS 03/12		0
GWMS 04/12	11.12.2013	12
GWMS 05/12		0
GWMS 11/12		0
GWMS 11/13-flach	4.12.2013	0
GWMS 11/13-mittel		0
GWMS 12/13-flach	10.12.2013	0
GWMS 12/13-mittel		0,2
GWMS 12/13-tief		0
GWMS 13/13-flach	6.12.2013	0
GWMS 13/13-mittel		0
GWMS 13/13-tief		0
GWMS 14/13-flach	5.12.2013	18
GWMS 14/13-mittel		0
GWMS 14/13-tief		0
GWMS 15/13-flach	5.12.2013	25
GWMS 15/13-mittel		0
GWMS 16/13-flach	5.12.2013	0
GWMS 16/13-mittel		0
GWMS 17/13-flach	11.12.2013	0,1
GWMS 17/13-mittel		0,1
GWMS 18/13-flach	11.12.2013	0
GWMS 18/13-mittel		0

### Direct-Push Sondierungen

Auf der Grundlage der Ergebnisse aus der aktuellen Untersuchungsphase IIb-2 konnte die bereits in den Phasen IIa und IIb ermittelte flächige Kontamination des Grundwassers durch **BTEX** für den Bereich KF 4 (Bahnhof 1) bestätigt werden. Die Kontamination umfasst den gesamten Bereich der Verladegleise, den nördlich anschließenden Geländeabschnitt bis zu den Pumpstationen 1 und 2 sowie den südlichen Geländebereich bis zur Liegenschaftsgrenze. Darüber hinaus besteht eine Grundwasserverunreinigung über die Liegenschaftsgrenze hinaus nach Süden, bedingt durch einen Abstrom von kontaminiertem Grundwasser.

Durch die Untersuchungen der Phase IIb-2 konnten die Ausdehnung der Grundwasserbelastung gegenüber der Phase IIa und IIb genauer abgegrenzt werden.

Mittels der KVF 4-DP42 (BTEX max. 20 µg/l) wurde die nordwestliche Grenze der Kontamination erfasst. Durch die DP 43 sollte zusätzlich überprüft werden, ob im Bereich der ehemaligen Einfahrt zur Liegenschaft Hinweise auf potenzielle Schäden durch den früheren Betrieb bestehen.

Mit dem Befund von max. 2 µg/l in der DP 43 lassen sich keine Anhaltspunkte für eine auffällige Belastung in diesem Bereich erkennen. Gleichzeitig bestätigt dieser Befund die bereits in der DP 17 ermittelte westliche Begrenzung der Kontamination.

Die nördliche Abgrenzung des Belastungsschwerpunktes im Bereich DP 25 und DP 26 (BTEX bis ca. 5.100 µg/l) wurde mit der Sondierung DP 46 (BTEX max. 870 µg/l) ermittelt.

In südöstliche Richtung wurde die Kontamination mittels der Sondierungen DP 44, DP 45 und DP 47 erreicht. In diesem Bereich wurden für BTEX max. 2 µg/l nachgewiesen.

Die zur westlichen Abgrenzung der abstromigen Belastung ausgeführte DP 48 (BTEX 80 µg/l) zeigt hier die laterale Begrenzung der Kontamination.

Bezüglich der **MTBE**, **PAK** und **MKW** wurde in den vorhergehenden Erkundungsphasen IIa und IIb ermittelt, dass für die MTBE sich innerhalb der für die BTEX ausgewiesenen Schadstofffahne ebenfalls eine Verlagerung in Richtung des Grundwasserabstromes feststellen lässt. Die Werte liegen bei ca. 40 – 120 µg/l. Auch die vertikale Ausbreitung erfolgt entsprechend der BTEX-Verteilung, so dass im Bereich der Sondierungen KVF 4-DP 39 MTBE auch noch in der Tiefe 29 – 30 m nachzuweisen sind.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse lässt sich für MTBE näherungsweise eine zusammenhängende Kontaminationsfläche im Grundwasser darstellen (siehe Anlage 4). Die übrigen, deutlich niedrigeren Werte für MTBE deuten auf eine diffuse und nur geringe Beaufschlagung des Grundwassers im Randbereich der Kontaminationsfläche hin.

Die Belastung durch MKW innerhalb der Liegenschaft beschränkt sich auf den obersten Abschnitt der wassergesättigten Bodenzone bei ca. 4 – 5 m Tiefe. Vertikal zeigen sich hier bei den MKW nur geringe Ausbreitungstendenzen (KVF 4-DP 10, 9-10 m Tiefe: MKW nicht nachweisbar; KVF 4-DP 5, 9-10 m Tiefe: 0,3 mg/l; KVF 4-DP 26, 9-10 m: 0,8 mg/l). Vergleichbar mit der vertikalen Ausbreitung der BTEX, verteilen sich auch die MKW in Richtung des Grundwasserabstroms.

Die Untersuchungen auf PAK lassen eine nur lokal vorhandene und untergeordnete Beaufschlagung des Grundwassers durch diese Stoffgruppen erkennen. Die Belastungen durch PAK wurden zum größten Teil oberflächennah (4-6 m) nachgewiesen.

Die Schwerpunkte der PAK-Kontamination innerhalb der Liegenschaft liegen in den Bereichen, in denen auch die Schwerpunkte der BTEX- und MKW-Belastungen angetroffen wurden.

Neue Erkenntnisse bezüglich MTBE, PAK und MKW ließen sich aus der aktuellen Phase IIb-2 nicht ableiten.

Insgesamt liegt im Bereich der Liegenschaft für die KVF 4 eine Überlagerung verschiedener Belastungsschwerpunkte und der davon ausgehenden Ausbreitung der BTEX im Grundwasser vor, so dass nur ungefähre Begrenzungen von Kontaminationsflächen und der flächenhaften Ausdehnung der Belastung ausgewiesen werden können. Als Belastungsschwerpunkte lassen sich etwa vier Bereiche in Form von BTEX-„Hot Spots“ identifizieren (siehe Anlage 3).

Der Schwerpunkt der Kontamination liegt im Bereich Bahnhof 1 (Verladegleise, nördlich anschließender Bereich bis zu den Pumpstationen 1 und 2, Bereich der KF 119) im Tiefenabschnitt 5 – 15 m unter Gelände.

Mit dem Grundwasserabstrom ist die Ausbreitung der BTEX-Belastung im Grundwasser über die Liegenschaftsgrenze hinaus nach Süden erfolgt. Im Grundwasserabstrom liegt eine vertikale Verlagerung der BTEX im Grundwasser vor, so dass die Belastung hier bis in Tiefen von ca. 30 m reicht.

### Grundwassermessstellen

Für die KVF 4 wurden im Zuge der aktuellen Phase IIb-2 acht Messstellengruppen errichtet, die überwiegend innerhalb der Belastungsschwerpunkte positioniert wurden. Mittels der Messstellen waren die Kontaminationsverhältnisse in verschiedenen Tiefen des Grundwassers (auf der Basis der Ergebnisse bisheriger DP-Sondierungen, siehe Kap. 4.1.2.3) hinsichtlich des Erfordernisses weiterer Maßnahmen zu überprüfen.

Die Messstellengruppen erfassen je nach Schadstoffverteilung jeweils den oberen (bis ca. 10 m Tiefe) und mittleren Abschnitt (bis ca. 20 m Tiefe; GWMS 11/13, GWMS 15/13, GWMS 16/13, GWMS 17/13, GWMS 18/13) sowie lokal zusätzlich auch den tieferen Abschnitt des Grundwassers bis ca. 30 m Tiefe (GWMS 12/13, GWMS 13/13, GWMS 14/13).

Mittels der bereits im Erkundungsschritt der Phase IIb im Dezember 2012 hergestellten Messstellengruppen GWMS 01/12 bis GWMS 05/12 und GWMS 11/12 wurden in der 1. Untersuchungsphase im Dezember 2012 Belastungen des Grundwassers insbesondere durch BTEX, zusätzlich aber auch durch MTBE, PAK und MKW festgestellt.

In der Messstellengruppe GWMS 01/12 bis GWMS 03/12 wurde ein Belastungsschwerpunkt im Tiefenabschnitt bis zu 15 m unter GOK (1.220 µg/l bei 7 m; 1.460 µg/l bei 13m) ermittelt. Diese Größenordnung der Konzentrationen von BTEX konnte in den aktuellen Untersuchungen der Phase IIb-2 vom Dezember 2013 bis auf geringe Schwankungen bestätigt werden (siehe Anlage 3). Auch für MTBE (max. 73 µg/l), PAK (max. ca. 9 µg/l) und MKW (max. 0,4 mg/l) reicht der Belastungsschwerpunkt bis in 15 m Tiefe. Diese Messstellengruppe erfasst den zentralen Schwerpunkt der Grundwasserbelastung an der südlichen Liegenschaftsgrenze.

Mit den GWMS 04/12, GWMS 05/12 und GWMS 11/12 wird der westliche Rand der Belastung an der Liegenschaftsgrenze erfasst. Die Werte für BTEX (max. 547 µg/l), MTBE (max. 36 µg/l), PAK (max. 9 µg/l) und MKW (max. 0,3 mg/l) sind hier niedriger.

Die Messstelle GWMS 17/13 befindet sich ebenfalls an der südlichen Liegenschaftsgrenze und zeigt gegenüber den GWMS 01/12 bis GWMS 03/12 vergleichsweise geringe Werte (BTEX max. 38 µg/l; MTBE max. 3,5 µg/l; PAK max. 2,13 µg/l; MKW max. 0,5 mg/l). In Verbindung mit der nach Südwesten orientieren Grundwasserfließrichtung (siehe Anlage 5) dürfte hier der Seitenstrom des Belastungsschwerpunktes im Bereich der Verladegleise erfasst werden.

In der Messstelle GWMS 18/13 im Bereich des alten Benzinabscheiders konnten erhöhte Werte für BTEX über die gesamte Tiefe (ca. 330 µg/l bis 10 m Tiefe; 460 µg/l bis 20 m Tiefe unter GOK) nachgewiesen werden. Nach wie vor ist hier von einer eigenständigen Belastungsquelle auszugehen.

Die neuen Messstellengruppen GWMS 11/13-flach (BTEX: ca. 8.900 µg/l; PAK: ca. 105 µg/l) und GMS 13/13-flach (BTEX ca. 1.230 µg/l) im Bereich der Pumpstation 1 bestätigen die hier im oberen Abschnitt des Grundwassers (bis ca. 10 m Tiefe) ermittelte Belastung durch überwiegend BTEX und PAK. In GWMS 13/13-tief ist zusätzlich eine Verlagerung bis in ca. 30 m Tiefe festzustellen (BTEX ca. 260 µg/l; PAK ca. 0,2 µg/l). Zusätzlich ist in GWMS 13/13-mittel im Tiefenabschnitt von ca. 20 m MTBE mit einem Wert von 50 µg/l nachzuweisen.

Die in der Messstellengruppe GWMS 13/13 ermittelte Tiefenausdehnung ist vermutlich lokal begrenzt, da in den weiter in Abstromrichtung des Grundwassers nach Südwesten und Süden liegenden Messstellen GWMS 15/13 und GWMS 16/13 die Kontamination nur im oberen Grundwasserabschnitt bis ca. 10 m Tiefe nachzuweisen ist.

Im Bereich des als eigene Belastungsquelle angenommenen Abschnittes der DP 25 und DP 26 (Pumpstation 2) zeigt die hier eingerichtete Messstelle GWMS 12/13-flach eine auf den Tiefenabschnitt bis ca. 10 m unter GOK begrenzte Kontamination durch BTEX (937 µg/l) und PAK (21,4 µg/l).

Innerhalb der Verladegleise wurde in der GWMS 16/13-mittel BTEX in nur geringem Umfang (9 µg/l), PAK dagegen in höherer Konzentration (ca. 29,7 µg/l) bis in ca. 10 m Tiefe festgestellt. In der hier in der Phase IIa durchgeführten DP Sondierung (DP 11) waren dagegen für BTEX ca. 1.950 µg/l festgestellt worden.

Die Messstellen GWMS 14/13 und GWMS 15/13 liegen innerhalb der Verladegleise und zeigen die höchsten Belastungen im oberen Abschnitt des Grundwassers bis ca. 10 m Tiefe (GWMS 14/13-flach: 751 µg/l; GWMS 15/13-flach: 695 µg/l). In GWMS 15/13 ist die Kontamination auf diesen Abschnitt beschränkt. Im Abschnitt 15 – 20 m wurden in GWMS 15/13-mittel für BTEX nur 2 µg/l ermittelt. In GWMS 14/13-tief reicht die Kontamination bis in 30 m Tiefe (BTEX: 613 µg/l). In beiden Messstellen wurden im oberen Abschnitt des Grundwassers (bis ca. 10 m Tiefe) hohe MTBE-Werte festgestellt (GWMS 14/13-flach: 120 µg/l; GWMS 15/13-flach: 230 µg/l). Entsprechend der Grundwasserfließrichtung dürften die an der Liegenschaftsgrenze in GWMS 01/12 und GWMS 05/12 festgestellten MTBE-Befunde (bis zu 73 µg/l) auf einen Abstrom aus diesem Bereich der Verladegleise zurückgehen.

Die Ergebnisse aus den Messstellen GWMS 14/13 und GWMS 15/13 bestätigen die Befunde der hier in der Phase IIa und IIb ausgeführten DP-Sondierungen (DP 10, DP 24), zeigen jedoch eine deutlich niedrigere Größenordnung der Schadstoffgehalte (zum Vergleich: DP 10 bei ca. 4,5 – 5,5 m Tiefe: BTEX 2.020 µg/l; GWMS 15/13-flach: ca. 690 µg/l).

Differenzen zwischen Befunden aus DP-Sondierungen und aus Grundwassermessstellen sind generell bekannt und in der Beprobungstechnik begründet. Die Befunde aus DP-Sondierungen konzentrieren sich auf einen punktuellen Beprobungsabschnitt von ca. 0,5 – 1,0 m innerhalb des Grundwassers, aus dem Proben nach Austausch weniger Liter entnommen werden. Die Befunde sind in der Regel gegenüber Werten aus Messstellen erhöht. Aufgabe der DP-Sondierungen ist eine grundsätzliche Ermittlung bzw. Abgrenzung von Kontaminationsbereichen, während Messstellen Wiederholungsbeprobungen und eine dauerhafte Beobachtung des Grundwassers ermöglichen sollen. Die Beprobung aus Messstellen erfolgt in der Regel über einen längeren Tiefenabschnitt nach Austausch größerer Wassermengen.

In beiden Messstellengruppen GWMS 14/13 und GWMS 15/13 konnten außerdem auf dem Wasserspiegel aufschwimmende Leichtstoffphasen (GWMS 14/13-flach: ca. 18 cm; GWMS 15/13-flach: ca. 25 cm) gemessen werden. Leichtphasen mit geringerer Mächtigkeit ließen sich auch in GWMS 4/12 (ca. 12 cm) sowie GWMS 12/13-mittel (ca. 0,2 cm) und GWMS 17/13-flach und GWMS 17/13-mittel (je ca. 0,1 cm) nachweisen. Die Leichtphasen deuten auf eine Überschreitung der Residualsättigung im Grundwasserschwankungsbereich und einen entsprechend großen Schadstoffvorrat hin.

### 5.3.4.2 Grundwasser aus Brunnen im weiteren Abstrom der KF 4

Für die Beurteilung der Grundwasserqualität im weiteren Grundwasserabstrom der KF 4 wurden vorhandene Gartenbrunnen im Bereich der Straßen Am Depot, Schützenplatz, Witteborg/Betonstraße recherchiert. Die Brunnen wurden soweit möglich beprobt. Hierbei wurden teilweise vor Ort angeschlossene Gartenpumpen genutzt. Teilweise wurden Ergebnisse privater Untersuchungen zur Verfügung gestellt.

Die Befunde der Untersuchungen stellen sich wie folgt dar:

**Tabelle 21: Ergebnisse der Recherche/Untersuchungen vorhandener Privatbrunnen im Abstrom der KF 4 (Bahnhof 1)**

Straße	Hsnr.	Name	Brunnen	Tiefe	Analytik						
					BTEX+TMB [µg/l]	TMB [µg/l]	Benzol [µg/l]	MKW [mg/l]	MTBE [µg/l]	PAK [µg/l]	Naphthalin [µg/l]
Betonstr.			ja	ca. 20 m	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
			ja	ca. 20 m	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
			ja	5,6 m	keine Beprobung möglich; Brunnen event. zugesetzt						
Witteborg			ja	3,4 m	2	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1,55	n.n.
			ja	nicht bekannt	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
		Schule; FLB 107	ja	40 m (Filter: 20 - 40 m)	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,7	n.n.	n.n.
Am Depot			ja	ca. 15 m	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		n.n.	n.n.
Am Schützenplatz			ja	ca. 7 - 9 m	1,72 (TMB, Benzol, Toluol)	1,69	0,067				
<b>LAWA-Empfehlungen</b>											
Prüfwert					10-30		1-3	0,1-0,2	-	0,1-0,2	1-2
Maßnahmschwellenwert					50-120		5-10	0,4-1,0	-	0,4-2,0	4-10
<b>Geringfügigkeitsschwelle der LAWA</b>											
GFS					20		1	0,1	15	0,2	1
<b>BundesBodSchV</b>											
Prüfwerte					20		2	0,2		0,1	2

n.n.=nicht nachweisbar

nicht bestimmt

kein Prüfwert vorhanden

Überschreitung GFS

Überschreitung Maßnahmschwellenwert LAWA

Die aus Privatbrunnen in Abstromrichtung des Verladebahnhofs 1 entnommenen Wasserproben im Bereich Witteborg und Betonstraße zeigen analytisch keine Auffälligkeiten. Die für BTEX in den Brunnen Betonstr. und Witteborg festgestellten Werte für BTEX liegen noch deutlich unter der Geringfügigkeitsschwelle. Lediglich für PAK wurde im Brunnen Witteborg ein gegenüber der GFS erhöhter Wert für PAK von 1,55 µg/l nachgewiesen.

Für den südöstlichen Anschluss an die Liegenschaft des Tanklagers zeigen die Ergebnisse aus dem ca. 15 m tiefen Brunnen des Grundstückes Am Depot Nr. 4 (BTEX, PAK, MKW: jeweils nicht nachweisbar) sowie aus dem ca. 7–9 m tiefen Gartenbrunnen Am Schützenplatz 13 (BTEX: 1,72 µg/l), dass eine auffällige Verunreinigung des Grundwassers analytisch hier nicht zu erkennen ist. Die Ergebnisse decken sich mit den in diesem Geländeabschnitt ausgeführten DP Sondierungen DP 44, DP45 und DP 47.

Im Abstrom der ermittelten Verunreinigung der KF 4 ist im Bereich Betonstraße und Witteborg allerdings zu vermuten, dass die Belastung dort tiefer liegt als die Beprobungstiefen in den Privatbrunnen.

Der auf dem Gelände der Schule an der Straße Witteborg untersuchte, ca. 40 m tiefe Feuerlöschbrunnen wurde daher zusätzlich untersucht, da hier eine Verfilterung im relevanten Tiefenbereich vorhanden ist. Die Werte zeigten für BTEX, PAK und MKW keine analytischen Auffälligkeiten (jeweils nicht nachweisbar). MTBE war mit 0,7 µg/l nachweisbar.

Mit den vorliegenden Befunden aus dem FLB 107 ist zumindest eine ungefähre Abgrenzung der Verunreinigung nach Süden vorhanden.

## 6. Darstellung und Begründung der Bewertungskriterien und –Maßstäbe

### 6.1 LAWA-Empfehlungen für die Erkundung und Bewertung von Grundwasserschäden

Die LAWA-Empfehlungen wurden gemäß Rundschreiben des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie vom 27.02.1996 für die Bewertung von Grundwasserschäden in Niedersachsen und Bremen empfohlen.

Die Werte sind wie folgt definiert:

Prüfwerte:

Werte, bei deren Unterschreitung der Gefahrenverdacht in der Regel als ausgeräumt gilt. Bei Überschreitung ist eine weitere Sachverhaltsermittlung geboten.

Maßnahmenschwelienwerte:

Werte, deren Überschreitung in der Regel weitere Maßnahmen, z. B. Sicherung oder Sanierung, auslöst.

Die Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte der LAWA sind Orientierungswerte, die rechtlich nicht verbindlich sind. Sie stellen als Vergleichsmaßstab eine Hilfe bei der Beurteilung, z.B. eines Verunreinigungsgrades, einer Belastung, eines Sanierungszieles u.a. dar und sind Ausgangspunkt für eine auf die örtlichen Bedingungen abgestimmte Einzelfallbewertung.

In Ermangelung spezifischer Prüfwerte der BBodSchV sowie fehlender länderspezifischer Vorgaben werden die Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte der LAWA als Orientierungswerte für Bodenbelastungen herangezogen.

Die LAWA-Empfehlungen enthalten Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte für die hier relevanten Parametergruppen MKW und BTEX sowie PAK und die Einzelparameter Naphthalin und Benzol.

In den LAWA-Empfehlungen wird für MKW das Analysenverfahren nach DIN 38409-H 18 genannt. Inzwischen erfolgt die Analyse der Kohlenwasserstoffe nach dem grundsätzlich anderen Verfahren DIN EN 14039.

Konventionsgemäß werden die Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte der LAWA weiter genutzt, obwohl die Analysenbefunde beider Verfahren nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind.

## 6.2 Geringfügigkeitsschwellen der LAWA

Da nach wie vor ein bundeseinheitlicher Maßstab für die Bewertung von Grundwasserverunreinigungen fehlt, sind durch die LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) im Dezember 2004 die als geeignet angesehenen Geringfügigkeitsschwellen (GFS) für das Grundwasser publiziert worden. Diese haben zurzeit ähnlich wie die Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte der LAWA empfehlenden Charakter.

Die GFS wird definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden.

Die Werte dienen als Maßstab, bis zu welchen Stoffkonzentrationen anthropogene, räumlich begrenzte Änderungen der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers als geringfügig einzustufen sind und ab welcher Konzentration eine Grundwasserverunreinigung (=Grundwasserschaden) vorliegt.

Die GFS sind zur Beurteilung lokal eng begrenzter Schadstoffeinträge abgeleitet worden und dürfen daher nicht mit Qualitätszielen für das Grundwasser gleichgesetzt werden.

Geringfügigkeitsschwellen liegen für die hier relevanten Parametergruppen MKW, PAK sowie die Einzelstoffe Benzol und Naphthalin vor.

### 6.3 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

Am 17. Juli 1999 ist die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) in Kraft getreten. Sie ist das Kernstück des untergesetzlichen Regelwerks zum Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998, dessen wesentliche Bestandteile zum 1. März 1999 in Kraft getreten sind. Zweck des Bodenschutzes des Bundes ist es, nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wieder herzustellen. Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) enthält die Anforderungen an die Untersuchung und Bewertung von Verdachtsflächen und altlastverdächtigen Flächen und regelt die Anforderungen an die Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten. Der Anhang 2 der Verordnung gibt Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte vor, welche den Indikator für das Erfordernis von Prüfungen, Gefahrenabwehr- und Sanierungsmaßnahmen oder zu treffende Vorsorgemaßnahmen darstellen.

Für den Wirkungspfad **Boden-Mensch** (direkter Kontakt) werden die folgenden vier Nutzungsarten unterschieden:

- Kinderspielflächen,
- Wohngebiete,
- Park- und Freizeitanlagen sowie
- Industrie- und Gewerbegrundstücke.

In der BBodSchV sind nur für Benzo(a)pyren, nicht aber für MKW, PAK und BTEX im Boden Prüfwerte festgelegt.

Der Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt) ist am hier bearbeiteten Standort nicht relevant, da durch die vorhandene Oberflächenversiegelung bzw. den flächendeckenden Bewuchs sowie die Art der Nutzung kein direkter Kontakt gegeben ist.

Grundsätzlich gilt, dass bei der Überschreitung von Prüfwerten eine weitergehende Einzelfallprüfung zu erfolgen hat und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt. Bei Unterschreitung der Prüfwerte ist der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung ausgeräumt.

Das BBodSchG definiert als Zweck auch die Sanierung von Gewässerverunreinigungen, die durch schädliche Bodenveränderungen verursacht sind. Für die Beurteilung des Wirkungspfades **Boden-Grundwasser** sieht die BBodSchV die Durchführung einer Sickerwasserprognose vor. Da sich die Prüfwerte der BBodSchV auf den Ort der Beurteilung, d.h. den Übergang von der wasserungesättigten zur gesättigten Bodenzone, beziehen und dieser nur schwer und mit großem Aufwand zu erreichen ist, wurde im Zuge der orientierenden Erkundung auf entsprechende Untersuchungen verzichtet.

Für die qualitative Beurteilung der Grundwasserqualität wurde stattdessen auf Grundwasseruntersuchungen mittels Direct-Push-Sondierungen zurückgegriffen.

Der Vergleich der in der BBodSchV genannten Prüfwerte für das Sickerwasser mit Schadstoffgehalten im Grundwasser kann in diesem Fall für eine orientierende Bewertung herangezogen werden. Bei Nachweis einer Grundwasserbelastung kann davon ausgegangen werden, dass auch am Ort der Beurteilung der Prüfwert im Sickerwasser überschritten wurde.

Für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser gibt die BBodSchV Prüfwerte für n-Alkane (C10-C39), Isoalkane, Cycloalkane und aromatische Kohlenwasserstoffe an, die hier den Messwerten der Mineralölkohlenwasserstoffanalytik gegenübergestellt werden. Ferner bestehen Prüfwerte für PAK und Naphthalin.

#### 6.4 Eigenschaften relevanter Schadstoffe

Die charakteristischen Eigenschaften der in beurteilungsrelevanten Konzentrationen nachgewiesenen Schadstoffe sind nachfolgend zusammengefasst.

**Tabelle 21: Eigenschaften relevanter Schadstoffe**

Schadstoff	Einstufung der Mobilität
<b>Mineralölkohlenwasserstoffe [MKW]</b>	hohe Mobilität: Ottokraftstoffe mittlere Mobilität: Dieseldieselkraftstoff, Heizöl geringe Mobilität: Schmieröl Mobilität wie Wasser: gelöste MKW
Wirkung auf den Menschen	Verhalten im Untergrund
Toxisch  Gering behandelte und unbehandelte Mineralöle sind krebserzeugend und hochraffinierte Mineralölprodukte hinsichtlich der Krebserzeugung beim Menschen nicht klassifizierbar.	Die Mobilität der MKW hängt stark von der Kettenlänge der Komponenten ab. Mit zunehmender Kettenlänge nehmen die Wasserlöslichkeit und Flüchtigkeit ab und die Viskosität zu.  Die Wasserlöslichkeit beträgt zwischen 5 mg/l (Diesel, Heizöl) und ca. 100 mg/l (Ottokraftstoff).  Ottokraftstoffe sind Gemische aus kurzkettigen Mineralölkohlenwasserstoffen (C <sub>5</sub> -C <sub>9</sub> ) und aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX). Beide Stoffgruppen weisen ähnliche Stoffeigenschaften auf und sind sehr mobil.  Diesel (C <sub>10</sub> -C <sub>21</sub> ), Kerosin (C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub> ) und Heizöl (C <sub>9</sub> -C <sub>23</sub> ) sind wenig flüchtig und relativ viskos. Die Wasserlöslichkeit ist relativ gering, so dass der MKW-Austrag über das Sickerwasser ebenfalls relativ gering ist. Die Ausbreitung dieser MKW im Untergrund erfolgt i.d.R. als Ölphase. Wenn der Druck der Ölphase auf das Grundwasser groß genug ist, können MKW in das Grundwasser eindringen. Wegen der geringen Dichte reichern sich die MKW i.d.R. im Kapillarraum an („aufschwimmende Phase“).  MKW mit Kettenlängen über C <sub>17</sub> , z.B. Schmieröle und Heizöl S, sind bei Raumtemperatur zähflüssig bis fest. Die Mobilität im Untergrund ist gering.
<b>Abbaubarkeit:</b>	
Alkane, Isoalkane und Alkene sind aerob gut bis mäßig abbaubar. Am besten abbaubar sind n-Alkane C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub> , dann C <sub>4</sub> -C <sub>9</sub> . Bereits deutlich weniger abbaubar sind Isoalkane und Cycloalkane. Unter aeroben Bedingungen werden Alkane über Alkohole und Aldehyde bzw. Ketone zu gut abbaubaren Fettsäuren oxidiert. Alkene werden über Epoxide und Dirole zu Fettsäuren oxidiert.  Die Länge der Schadstofffahnen im Grundwasser ist bei Diesel- und Heizölschäden in der Regel kleiner als 100 m, da sich rasch ein Gleichgewicht zwischen Nachlieferung und biologischem Abbau durch Mikroorganismen einstellt.	

**noch Tabelle 22: Eigenschaften relevanter Schadstoffe**

Schadstoff		Einstufung der Mobilität	
<b>Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe [PAK]</b>		mittlere Mobilität:	Naphthalin ( <i>2er-Ring</i> ), Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Fluoren, Phenanthren ( <i>3-er Ring</i> ), geringe Mobilität: sonstige PAK ( <i>4-er und 5-er Ring</i> )
Wirkung auf den Menschen	Verhalten im Untergrund		
<p>Toxisch</p> <p>Krebserzeugende PAK sind Naphthalin, Fluoranthren, Benzo(a)anthracen, Pyren, Chrysen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Indeon-1,2,3-cd-pyren, Dibenzo-ah-anthracen und Benzo-ghi-perylen</p>	<p>Naphthalin nimmt unter den PAK eine Sonderstellung ein, da es wesentlich wasserlöslicher als andere PAK ist. Naphthalin ist jedoch wesentlich geringer wasserlöslich als BTEX und die Wasserlöslichkeit entspricht etwa der von Heizöl.</p> <p>PAK weisen lipophile bzw. hydrophobe Eigenschaften auf. Sie adsorbieren leicht an Bodenpartikeln (vorrangig an Tonmineralen und Huminstoffen). Die Wasserlöslichkeit und Flüchtigkeit ist gering. Die Mobilität nimmt mit steigender Ringzahl ab. PAK können in das Grundwasser gelangen, wenn sie (adsorbiert an Kolloiden) mit dem Sickerwasser verfrachtet werden oder wenn Tenside oder Lösungsvermittler (z.B. BTEX) im Boden vorliegen. Die Grundwassergefährdung ist i.d.R. gering.</p> <p>Aufgrund der weitgehenden Immobilität im Untergrund, der geringen Wasserlöslichkeit sowie durch Sorption und Abbau sind bei PAK-Schadensfällen in der Regel kurze bis stationäre Kontaminationsfahnen im Grundwasser ausgebildet.</p>		
<b>Abbaubarkeit:</b>			
<p>Naphthalin ist unter aeroben Bedingungen mäßig abbaubar. 3er- und 4er-Ringe sind nur sehr eingeschränkt abbaubar. Die Abbaubarkeit der höher kondensierten Ringe kann in der Regel vernachlässigt werden. Der PAK-Abbau erfolgt über eine Transformation zu Phenolen bzw. Brenzkatechin, dann eine Ringöffnung und dann eine rasche Mineralisierung.</p> <p>BTEX wirken nicht nur als Lösungsvermittler, sondern verhindern auch den Abbau der PAK.</p>			
<b>Leichtflüchtige Aromatische Kohlenwasserstoffe [BTEX]</b>		höchste Mobilität:	Benzol, hohe Mobilität: Toluol demgegenüber geringere Mobilität: Ethylbenzol, Xylole ( <i>C<sub>2</sub>-Aromaten</i> ) Trimethylbenzole ( <i>C<sub>3</sub>-Aromaten</i> )
Wirkung auf den Menschen	Verhalten im Untergrund		
<p>Toxisch</p> <p>Krebserzeugend ist Benzol</p>	<p>Die Mobilität von BTEX im Untergrund ist hoch. Aufgrund des hohen Dampfdruckes können sie sich über die Bodenluft weiträumig verteilen. Liegen BTEX in Phase vor, begünstigt die geringe Viskosität die Versickerung. Aufgrund der relativ guten Wasserlöslichkeiten können BTEX mit dem Sicker- und Grundwasser transportiert werden.</p> <p>Die Adsorption an organischen Bodenbestandteilen und an Tonmineralien ist mäßig. Haben die BTEX die ungesättigte Bodenzone durchdrungen, können sie sich aufgrund ihrer geringen Dichte im Kapillarsaum des Grundwassers anreichern („aufschwimmende Phase“).</p>		
<b>Abbaubarkeit:</b>			
<p>BTEX sind unter günstigen Randbedingungen relativ gut mikrobiell abbaubar. Die Abbaubarkeit ist in der Regel besser als die der Cycloalkane und schlechter als die der Isoalkane. Unter aeroben Bedingungen erfolgt eine Transformation zu Phenolen bzw. Brenzkatechin, dann eine Öffnung des Benzolringes und dann eine rasche Mineralisierung.</p> <p>Toluol und Benzol sind leichter abbaubar als z.B. Xylol.</p>			

**noch Tabelle 23: Eigenschaften relevanter Schadstoffe**

Schadstoff	
<b>Methyltertbuthylether[MTBE]</b>	
Wirkung auf den Menschen	Einstufung der Mobilität und Verhalten im Untergrund
<p>MTBE wurde von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft in der MAK- und BAT-Werte-Liste (DFG, 2000) der Kategorie 3B den krebserzeugenden Arbeitsstoffen zugeordnet. Die MAK-Kommission hat MTBE hiermit als nicht gentoxisches Kanzerogen eingestuft, für das eine Grenzkonzentration in der Arbeitsluft aufgestellt werden kann, bei der keine Schädigungen zu erwarten sind. MTBE wurde als Grenzfall zwischen Nichteinstufung und Einstufung in die Kanzerogenitätskategorie 3 bewertet (DFG, 2000).</p> <p>Im Gegensatz zur MAK-Kommission hat die EU-Kommission MTBE nicht als kanzerogen eingestuft. Die Veröffentlichung der für MTBE verbindlichen Gefahrstoffkennzeichnung ist am 29. April 2004 mit der EU-Richtlinie 2004/73 erfolgt, nach der MTBE lediglich als leichtentzündlich und hautreizend einzustufen ist. In Tierversuchen wurde für alle Expositionspfade eine nur geringe akute Toxizität beim Säuger festgestellt. Eine kanzerogene Wirkung wurde bei Ratten und Mäusen bei inhalativer Exposition &gt; 300 ppm und bei oraler Exposition &gt; 250 mg/kg beobachtet, die von der EU-Kommission und anderen internationalen Expertengremien wie der International Agency of Research on Cancer (IARC) als für den Menschen nicht relevant bewertet wurden.</p> <p>Die Weltgesundheitsorganisation (WHO, 1998) kommt in ihrem Bericht zu MTBE zu dem Schluss, dass für die allgemeine Bevölkerung unter den bestehenden Belastungsbedingungen mit hoher Wahrscheinlichkeit keine akuten Gesundheitsrisiken zu erwarten sind (WHO, 1998). Auf der Basis der verfügbaren Informationen wird MTBE damit für den Menschen als nicht kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch eingestuft.</p> <p>In Kalifornien und Dänemark wird derzeit für Trinkwasser ein MTBE-Grenzwert von 5 µg/l angewendet. Die US-amerikanische Umweltbehörde EPA hat für Trinkwasser einen sensorisch begründeten Eingreifwert von 20 – 40 µg/l empfohlen. Eine Arbeitsgruppe der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) hat eine Konzentration von 15 µg/l als Geringfügigkeitsschwelle zur Bewertung der Einträge ins Grundwasser festgelegt. Alle vor genannten Werte sind nicht toxikologisch begründet und basieren ausschließlich auf den auffälligen organoleptischen Eigenschaften des MTBE (Geruch und Geschmack).</p>	<p>MTBE dringt aufgrund seiner niedrigen Viskosität und niedrigen Oberflächenspannung schnell in durchlässigen Untergrund (ungesättigte Zone) ein.</p> <p>Ausbildung eines ausgeprägten Gasphasenkörpers (hoher Dampfdruck)</p> <p>MTBE dringt im Schadenbereich aber nicht tief in den Grundwasserleiter ein (Dichte 0,744).</p> <p>Aufschwimmen als eigenständige MTBE-Phase nur beim Austritt sehr großer Produktmengen innerhalb kurzer Zeit</p> <p>MTBE migriert im Grundwasser aufgrund seiner hohen Löslichkeit und seines gering ausgeprägten Adsorptionsverhaltens signifikant schneller als die BTEX und verhält sich annähernd wie ein idealer Tracer. MTBE ist nicht/kaum biologisch abbaubar und entwickelt lange Kontaminationsfahnen</p> <p>MTBE wirkt auf andere organische Verbindungen lösungsvermittelnd, d. h. die Löslichkeit anderer organischen Inhaltsstoffe wird erhöht.</p> <p>MTBE ist nicht/kaum biologisch abbaubar und entwickelt lange Kontaminationsfahnen.</p>
<b>Abbaubarkeit:</b>	
<p>Das MTBE-Molekül ist aufgrund seiner Etherbindung und der tertiären Kettenverzweigung sehr stabil. Nur wenige Bakterien sind befähigt, MTBE als alleinige Kohlenstoffquelle zu nutzen. Allgemein nur sehr geringe Abbauraten. Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass MTBE cometabolitisch abbaubar ist. Bei Versickerung von Benzinen setzt eine Sauerstoffzehrung ein. MTBE ist jedoch nur unter aeroben Bedingungen effizient abbaubar. Feldbeobachtungen deuten darauf hin, dass der MTBE-Abbau im Grundwasser erst dann einsetzt, wenn MTBE aufgrund seiner höheren Mobilität die BTEX-Fahne „verlassen“ hat und die leichter abbaubaren Substrate nicht mehr zur Verfügung stehen. Als Abbauprodukte entstehen TBA (Tertärbutylalkohol) und TBF (Tertärbutylformat).</p>	

## 7. Schlussfolgerungen, Bewertung

### 7.1 KF-2

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Untersuchungsphasen IIa und IIb wurden in der aktuell ausgeführten Phase IIb-2 die Ausdehnung der Kontamination sowie die ungefähre Lage der Belastungsschwerpunkte im Bereich Hafen bestätigt und weiter eingegrenzt.

Die Grundwasserkontamination zeigt Belastungsschwerpunkte im Bereich der ehemaligen Pumpstation (Sondierungen KVF 2-DP7, DP11, DP20; Messstellen GWMS 23/13) mit Werten für BTEX bis zu 30.000 µg/l sowie im Abschnitt der Verteilerstation an der Südostecke der Liegenschaft (KVF 2-DP 10 DP23, Messstellen GWMS 24/13, BTEX bis ca. 40.000 µg/l).

Zusätzlich liegt eine separate Kontaminationsquelle im Geländeabschnitt der Sondierungen KRB1/KRB2 sowie BS 22 (sog. Deichschart), sowie im Grundwasser an den Punkten DP1 (alt) und DP2 (alt) und in der Messstelle GWMS 1 vor. Diese Belastung reicht räumlich bis zur Sondierung KVF 2-DP 15 und der hier neu erstellten Messstelle GWMS 21/13 (BTEX: ca. 17.700 µg/l).

Die Grundwasseruntersuchungen zeigen, dass sich die Belastungen sowohl innerhalb der Belastungsquellen (GWMS 21/13, GWMS 23/13, GWMS 24/13) als auch im Abstrom (GWMS 08/12, GWMS 12/12) überwiegend auf den oberen Abschnitt des Grundwassers in Tiefen von ca. 5 m konzentrieren.

Im Abstrom der Belastungsquelle an der ehemaligen Pumpstation wurde mit der Messstelle GWMS 22/13 und der KVF 2-DP 12 die vertikale Verlagerung der BTEX 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 06/12 fort. Die vertikale Verlagerung ist auf diesen Grundstücksabschnitt beschränkt (siehe Anlage 7).

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.

Für MTBE wurde nur lokal ein hoher Wert (490 µg/l) in der Sondierung KVF 2-DP 17 ermittelt. Innerhalb der übrigen Kontaminationsfläche liegen mit Werten von ca. 0,5 – max. 13 µg/l MTBE diffus verteilt auf einem nur geringen Konzentrationsniveau vor.

Die Untersuchungen auf MKW und PAK deuten auf nur lokale und gegenüber den BTEX vergleichsweise geringe Beaufschlagungen des Grundwassers durch diese Stoffgruppen hin. Die auffälligen Befunde für MKW und PAK sind dort festzustellen, wo auch hohe Belastungen durch BTEX vorliegen und stehen hier im Zusammenhang mit den Belastungsschwerpunkten.

Aus den Befunden der BTEX im Grundwasser der neu hergestellten Messstellen lässt sich folgern, dass die südliche bzw. südöstliche Liegenschaftsgrenze nur randlich von dem Abstrom des belasteten Grundwassers betroffen ist. Der Schwerpunkt des Abstromes von kontaminiertem Grundwasser ist nach Südwesten orientiert.

#### Beurteilung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser - Mensch

Unter Berücksichtigung der in der Phase IIa und Phase IIb und Phase IIb-2 ermittelten BTEX-Gehalte in den Belastungsschwerpunkten und der im Grundwasserabstrom ermittelten BTEX-Gehalte, ist von einem Schadstoffvorrat auszugehen, der auch in Zukunft eine Verunreinigung des Grundwassers durch BTEX verursachen kann.

Die ermittelten Grundwasserbelastungen stellen innerhalb der Liegenschaft derzeit keine Beeinträchtigung der bestehenden und geplanten Nutzung als Umschlag-/Lagerbereich dar.

Ein Kontakt von Menschen mit belastetem Boden und Grundwasser ist aufgrund der Tiefenlage der Kontamination und dadurch, dass keine Wasserförderung innerhalb der ermittelten Kontamination erfolgt, nicht gegeben. Eine Gefährdung über den Direktkontakt mit Bodenmaterial oder Grundwasser ist derzeit nicht zu erkennen.

Die südlich bzw. südöstlich anschließende Liegenschaft des Wasser- und Schifffahrtsamtes wird gewerblich genutzt. Hier sind sensible Grundwassernutzungen (Wasserentnahmen) nicht bekannt. Die an der Liegenschaftsgrenze nachgewiesenen Werte für BTEX von max. 98 µg/l (GWMS 10/12) erfordern derzeit keine weiteren Maßnahmen, sofern nachgewiesen werden kann, dass sich die ermittelte Kontamination weitgehend stationär verhält und sich nicht über das bisher bekannte Maß hinaus weiter ausbreitet. Dies sollte mittels eines Monitorings überwacht werden.

Die Messstellen GWMS 06/12 bis GWMS 08/12 und GWMS 12/12 zeigen bei den bisher durchgeführten Untersuchungen stark schwankende Befunde (Differenz bei den BTEX-Werten > 100%). Vermutlich machen sich hier tideabhängige Prozesse bemerkbar.

Um die Kontaminationsverhältnisse in Verbindung mit den hydraulischen Gegebenheiten genauer beurteilen zu können, sollte hier zunächst ein Monitoring zur weiteren Beobachtung durchgeführt werden.

Die Tendenz eines Eintrittes größerer Schadstoffmengen in den Vorfluter schätzen wir derzeit als gering ein. Bis zum Vorfluter verbleibt, ausgehend von der Position der derzeitigen Messstellen, noch ein Abschnitt von ca. 30 m Breite, der für den weiteren Schadstoffrückhalt zur Verfügung steht. Über das genaue Ausmaß der Konzentrationsabnahme kann derzeit aber keine Aussage getroffen werden. Im Übergang zur Weser ist außerdem mit einer starken Verdünnung der Schadstoffkonzentrationen zu rechnen.

## 7.2 KF 4/KF 119

Innerhalb der KF 4 wurden Belastungsschwerpunkte im Bereich der Verladegleise sowie an der Pumpstation 1 und der Pumpstation 2 festgestellt. Zusätzlich liegt eine eigenständige Belastung im Bereich der KF 119 vor. Der Schwerpunkt der Belastungen liegt im Bereich der Liegenschaft in Tiefen von ca. 4 – 10 m.

Die Ergebnisse der DP-Sondierungen und Grundwassermessstellen zeigen, dass trotz hoher Belastungen innerhalb der Belastungsschwerpunkte in den DP-Sondierungen im Grundwasser der Messstellen vergleichsweise niedrige Werte festzustellen sind. Vermutlich wirkt sich hier ein hohes Rückhaltevermögen der überwiegend feinsandigen Böden insbesondere für die Schadstoffe BTEX und MKW aus, so dass die Mobilisierung der Schadstoffe nur in einem begrenzten Umfang erfolgt.

Die Grundwasseranalysen bestätigen, dass ein Abstrom von überwiegend BTEX-belastetem Grundwasser mit zusätzlichen, im Vergleich zu den BTEX jedoch eher untergeordneten Verunreinigungen durch MTBE, MKW und PAK über die Liegenschaftsgrenze hinaus nach Süden erfolgt, wobei sich der Schwerpunkt der Belastung hier auf einen rel. eng begrenzten Abschnitt um die Messstellengruppen GWMS 01/12 bis GWMS 05/12 und GWMS 11/12 konzentriert. Auf der Grundlage der Befunde aus der Phase IIa und der Phase IIb sowie IIb-2 lässt sich somit eine zusammenhängende Grundwasserkontamination auskartieren. Die Ausdehnung der Grundwasser-Verunreinigung durch BTEX und MTBE ist in den Anlagen 3 – 4 ersichtlich.

Die Kernfahne für BTEX, MTBE und MKW liegt im Abschnitt der Grundwassermessstellengruppe GWMS 01/12, GWMS 02/12, GWMS 03/12 und den Sondierungen KVF 4-DP 15 und KVF DP-39. Westlich und östlich der Kernfahne liegt eine zunehmend diffuse Verteilung der Schadstoffe vor, die jedoch mittels der Sondierungen KVF 4-DP 17 – 18, DP 43 und DP 48 im Westen sowie den Sondierungen KVF 4-DP 13, DP 38, DP 40, DP 41 sowie DP 44, DP 45 und DP 47 im Osten und Südosten abgegrenzt wurde.

Die Kontamination durch BTEX hat sich innerhalb des Grundwasserabstromes weiter in die Tiefe verlagert und erreicht an den südlichsten Sondierungspunkten (KVF 4-DP-39) Tiefen von 30 m.

Mit den Befunden aus dem Feuerlöschbrunnen FLB 107 an der Straße Witteborg liegt eine ungefähre Abgrenzung der Verunreinigung nach Süden vor, die durch den Bau der zwei geplanten Grundwassermessstellen im Umfeld der Bahnstrecke noch weiter eingeengt werden soll. Die Einrichtung dieser Grundwassermessstellen in diesem Bereich steht noch aus (siehe Kap. 4.1.2.3 und Anlage 3, GWMS 19/13, GWMS 20/13).

#### Beurteilung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser – Mensch

Unter Berücksichtigung der bereits in der Phase IIa im Boden innerhalb der KF 4 ermittelten MKW- und BTEX-Gehalte und der mittels der Phase IIb sowie der aktuellen Phase IIb-2 ermittelten Befunde ist von einem Schadstoffvorrat auszugehen, der auch in Zukunft eine Verunreinigung des Grundwassers durch BTEX, MTBE, PAK und MKW verursacht, so dass ein anhaltender Abstrom von belastetem Grundwasser zu besorgen ist.

Ein Abstrom über die Liegenschaftsgrenze wurde im Süden nachgewiesen.

Die ermittelten Grundwasserbelastungen stellen innerhalb der Liegenschaft derzeit keine Beeinträchtigung der bestehenden und geplanten gewerblichen Nutzung dar.

Ein Kontakt von Menschen mit belastetem Boden und Grundwasser ist aufgrund der Tiefenlage der Kontamination und dadurch, dass keine Wasserförderung innerhalb der ermittelten Kontamination erfolgt, derzeit nicht gegeben. Eine Gefährdung über den Direktkontakt mit Bodenmaterial oder Grundwasser ist derzeit nicht zu erkennen.

Die im südöstlichen Abstrom im Bereich Am Schützenplatz/Am Depot durchgeführten Sondierungen DP 44, DP 45 und DP 47 zeigen keine Hinweise auf relevante Belastungen (BTEX: max. 2,0 µg/l). Die Wasserproben waren jedoch sensorisch auffällig (benzinartiger Geruch). An zwei Gartenbrunnen durch die Eigentümer veranlasste Untersuchungen zeigen ebenfalls keine relevanten Belastungen (Am Schützenplatz: BTEX 1,7 µg/l; Am Depot: BTEX/MTBE/MKW/PAK jeweils nicht nachweisbar).

Auch die im weiteren südlichen Abstrom ermittelten Gartenbrunnen der Grundstücke an den Straßen Witteborg, Witteborg, Betonstraße, Betonstraße sowie der Brunnen FLB 107 (Schule Witteborg) zeigten keine auffälligen Befunde für BTEX, MKW, PAK und MTBE.

Die weitere Beurteilung der Schadstoffsituation und des Erfordernis für eventuelle weitere Untersuchungen in diesem Bereich kann erst nach Einrichtung der Grundwassermessstellen GWMS 19/13 und GWMS 20/13 (siehe Anlage 3) erfolgen.

### Sanierungsmaßnahmen

Das Erfordernis einer Sanierung für den Bereich der KF 4 (Bahnhof 1) ist anhand der Befunde aus den Erkundungsphasen IIa und IIb sowie IIb-2 aufgrund folgender Kriterien gegeben:

- Die vorliegende Hauptschadstoffgruppe (BTEX mit Schwerpunkt bei der Einzelsubstanz Benzol) ist aufgrund ihrer stoffspezifischen Eigenschaften (geringe Viskosität, Toxizität, Wassergefährdungsklasse 3) einer hohen Umweltbelastung zuzuordnen.
- Die bestehende Grundwasserkontamination ist nicht lokal auf die Liegenschaft des Tanklagers Farge beschränkt, sondern hat bereits eine Ausdehnung in Richtung des Grundwasserabstromes erfahren. Durch die auf der Liegenschaft ermittelten Boden- und Grundwasserbelastungen ist auch zukünftig mit einem anhaltenden Abstrom von kontaminiertem Grundwasser zu rechnen.

Es sind daher Maßnahmen durchzuführen, die den Abstrom des belasteten Grundwassers von der Liegenschaft verhindern.

Um entsprechende Maßnahmen genauer planen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

## **8. Empfehlungen für das weitere Vorgehen**

### **8.1 KF 2**

Für die KVF2 sind folgende Untersuchungsschritte zu empfehlen:

1. Durchführen eines Grundwassermonitorings unter Nutzung aller vorhandenen Grundwassermessstellen im Abstand von ca. 6 Monaten und mit Berücksichtigung der Parameter BTEX, MTBE, PAK und MKW.

Um die zeitliche Entwicklung und Beeinflussung der tideabhängigen Grundwasserstände, auch in unterschiedlichen Tiefen, zu ermitteln, sollten in den Messstellen GWMS 07/12, GWMS 8/12 und GWMS 22/13 automatisch aufzeichnende Datenlogger installiert, regelmäßig ausgelesen und ausgewertet werden. Die Entscheidung über eventuelle

darüber hinaus durchzuführende Maßnahmen sollte in Abstimmung mit der zuständigen Behörde erfolgen.

## 8.2 KF4/KF 119

Für die KF4/KF 119 sind für die weitere Beurteilung und Planung des Umfangs von Sanierungsmaßnahmen weiterführende Untersuchungsschritte vorzusehen. Gemäß der vorliegenden Erkenntnisse aus den bisherigen Erkundungen, ist zum jetzigen Zeitpunkt für die Sanierung ein hydraulisches Verfahren, ggf. unterstützt durch eine lokale Phasenabschöpfung, als Maßnahme zur Quellensanierung sowie für ein Unterbinden des anhaltenden Abstromes von belastetem Grundwasser über die Liegenschaftsgrenzen hinaus zu empfehlen.

Welche Messstellen für die Sanierung heranzuziehen wären und in welchem technischen Umfang diese Maßnahme durchgeführt werden kann, sollte auf der Basis eines Pumpversuches mit folgender Zielsetzung ermittelt werden:

1. Darstellung der hydraulischen Bedingungen und Auswirkungen auf das betroffene Gelände und das nahe Umfeld im Falle einer Sanierung mittels Grundwasserentnahme
2. Darstellung der zeitlichen Entwicklung von Wasserständen und der Entwicklung von Schadstoffkonzentrationen während der Wasserförderung
3. Darstellung der für den Standort angepassten technischen Maßnahme mit anschließender Konzeption und Planung des Umfangs und der technischen Durchführung

Zu empfehlen ist die Ausführung des Pumpversuches in den Messstellengruppen GWMS 01/12, GWMS 2/12, GWMS 03/12 sowie GWMS 14/13, wobei in beiden Messstellengruppen jeweils zwei Pumpversuche in unterschiedlichen Tiefen erfolgen sollten, um die optimale Tiefenlage der Wasserförderung bzw. des Schadstoffaustrages im Zuge einer Sanierung zu bestimmen.

## 9. Zusammenfassung

Die HPC AG wurde von Bundesbau bei Immobilien Bremen mit der Fortführung der Detailerkundung (Phase IIb-2) der Grundwasserkontamination im Bereich Verladebahnhof 1 und im Hafen auf der Liegenschaft des Tanklagers Bremen Farge beauftragt. Betroffen waren die Flächen KF2, KF4, KF 119.

Anlass der durchzuführenden Untersuchungen auf der Liegenschaft war die Ermittlung von Boden- und Grundwasserverunreinigungen sowie eine Gefährdungsabschätzung für die Transferpfade Boden-Grundwasser, Boden-Mensch und Grundwasser-Mensch.

Geologisch/hydrogeologisch befindet sich die betroffene Liegenschaft im Bereich holozäner und pleistozäner Sedimente. Es handelt sich hierbei um holozäne Flugsande bzw. glazivluviatile Beckensande, in die auch tonige Horizonte (Lauenburger Ton) eingeschaltet sein können.

Bis in die Tiefe von 40 m stehen überwiegend dichtgelagerte Feinsande an. Lokal können schluffige, tonige Feinsande eingeschaltet sein, die aber keine wirksame Stockwerkstrennung zwischen oberem und unterem Bereich des Grundwasserleiters darstellen dürften.

Der Hauptgrundwasserleiter ist innerhalb der holozänen/glazifluviatilen Sande ausgebildet. Das Grundwasser steht im westlichen Teil der Liegenschaft im Bereich Verladebahnhof 1 sowie im Bereich Hafen in Tiefen von ca. 4 – 5 m unter GOK an. Nach Südosten und Süden in Richtung Verladebahnhof 2 nimmt der Flurabstand zum Grundwasser zu. Der Grundwasserspiegel liegt dort in Tiefen von ca. 13 m – 15 m unter Geländeoberkante.

Die Grundwasserfließrichtung ist im Bereich des Verladebahnhofs 1 nach Südsüdwesten bis Südwesten orientiert. Im Bereich Hafen fließt das Grundwasser nach Westsüdwest Richtung Weser.

**Im Bereich der KF2** wurden Boden – und Grundwasserverunreinigungen durch BTEX und untergeordnet durch MKW, PAK und MTBE nachgewiesen. In der KF 2 liegt der Schwerpunkt 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.

Durch die ergänzenden Erkundungen der aktuellen Phase IIb-2 mittels DP-Sondierungen und der Einrichtung von Grundwassermessstellen wurde bestätigt, dass sich die Belastungen sowohl innerhalb der Belastungsquellen (GWMS 21/13, GWMS 23/13, GWMS 24/13) als auch im Abstrom (GWMS

08/12, GWMS 12/12) überwiegend auf den oberen Abschnitt des Grundwassers in Tiefen von ca. 5 m konzentrieren.

Im Abstrom der Belastungsquelle an der ehemaligen Pumpstation wurde mit der Messstelle GWMS 22/13 und der KVF 2-DP 12 die vertikale Verlagerung der BTEX 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 06/12 fort. Die vertikale Verlagerung ist auf diesen Grundstücksabschnitt beschränkt (siehe Anlage 7).

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.

Für MTBE wurde nur lokal ein hoher Wert (490 µg/l) in der Sondierung KVF 2-DP 17 ermittelt. Innerhalb der übrigen Kontaminationsfläche liegen mit Werten von ca. 0,5 – max. 13 µg/l MTBE diffus verteilt auf einem nur geringen Konzentrationsniveau vor.

Eine Gefährdung bzw. Beeinträchtigung angrenzender Grundstücke ist derzeit nicht zu erkennen. Ein unmittelbarer Handlungsbedarf lässt sich nicht ableiten. Zu empfehlen ist vorerst die weitere Beobachtung der hydraulischen Verhältnisse mittels Nutzung von Datenloggern zur automatischen Aufzeichnung von Wasserständen sowie der Schadstoffentwicklung mittels eines Monitorings mit Beprobungen im Abstand von ca. 6 Monaten. Zusätzlich sollte im Hinblick auf den Abstrom Richtung Weser eine Frachternmittlung durchgeführt werden.

**Im Bereich der KF 4** liegen Belastungen von Boden- und Grundwasser durch BTEX und MKW sowie untergeordnet im Grundwasser durch PAK und MTBE vor, wobei der Schwerpunkt der Kontamination bei den BTEX und MKW liegt. Es wurden mehrere Kontaminationsschwerpunkte im Bereich Verladegleis 1, der Pumpstationen 1 und 2 sowie alten Abscheider in der KF 119 ermittelt.

Von den Belastungsschwerpunkten ausgehend haben sich die BTEX und MTBE sowie lokal auch MKW mit dem Grundwasser flächenhaft vorwiegend in südliche Richtung in Tiefen > 15 m ausgebreitet.

Es hat sich eine Schadstofffahne über die Liegenschaftsgrenze hinaus nach Süden entwickelt. Auf der Grundlage der Befunde aus der Phase IIa, der Phase IIb sowie der aktuellen Phase IIb-2 lässt sich eine zusammenhängende Grundwasserkontamination auskartieren. Die Kontamination durch BTEX hat sich innerhalb des Grundwasserabstromes weiter in die Tiefe verlagert und erreicht an den südlichsten Sondierungspunkten (KVF 4-DP-39) Tiefen von 30 m.

Westlich und östlich der Kernfahne liegt eine zunehmend diffuse Verteilung der Schadstoffe vor, die jedoch mittels der Sondierungen KVF 4-DP 17 – 18, DP 43 und DP 48 im Westen sowie den Sondierungen KVF 4-DP 13, DP 38, DP 40, DP 41 sowie DP 1, DP 33, DP 34, DP 44, DP 45 und DP 47 im Osten und Südosten abgegrenzt wurde.

Die südliche Begrenzung der Abstromfahne wurde abschließend noch nicht erreicht. Hier stehen die Untersuchungen mittels neuer Grundwassermessstellen (GWMS 19/13, GWMS 20/13; siehe Anlage 3) noch aus.

Die noch weiter südlich im Bereich privater Grundstücke ermittelten Gartenbrunnen an den Straßen Witteborg und Betonstraße zeigen keine Hinweise auf Belastungen des Grundwassers durch BTEX, MTBE, PAK und MKW. Die Beprobungstiefen der privaten Brunnen sind jedoch nicht ausreichend um eine abschließende Aussage zu der von der Liegenschaft abströmenden Grundwasserverunreinigung zu ermöglichen. Eine ungefähre südliche Abgrenzung konnte zunächst durch den Brunnen FLB 107 erfolgen. Die Begrenzung kann aber ggf. durch die noch geplanten zwei Grundwassermessstellengruppen im Bereich der Bahnstrecke enger gefasst werden.

Für die KF 4 ist das Erfordernis einer Sanierungsmaßnahme gegeben, um den Abstrom von belastetem Grundwasser zu unterbinden. Hierfür sind im Vorfeld der endgültigen technischen Planung tiefenorientiert Pumpversuche in ausgewählten Messstellen durchzuführen, um die hydraulischen Bedingungen und Auswirkungen auf das betroffene Gelände und das nahe Umfeld im Falle einer Sanierung mittels Grundwasserentnahme zu beurteilen.

## 10. Literaturverzeichnis

- [1] Bericht der HPC AG vom 26.01.2009: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Detailerkundung der Grundwasserkontamination (Phase IIb) im Bereich Verladebahnhof II*
- [2] Bericht der HPC AG vom 21.12.2009: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Detailerkundung der Grundwasserkontamination (Phase IIb) im Bereich Verladebahnhof II – Bericht zum 2. Erkundungsschritt*
- [3] Bericht der HPC AG vom 30.07.2010: *Tanklager Bremen-Farge LKNr. 220 038, Erfassung von kontaminationsverdächtigen Flächen KVF im Rahmen der Phase I*
- [4] Bericht der HPC AG vom 20.10.2011: *Orientierende Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen (Phase IIa) im Bereich Tanklager Bremen-Farge.*

- [5] Stellungnahme Oberfinanzdirektion Niedersachsen, Hannover, 17.02.2012:  
*Stellungnahme zur Orientierenden Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen (Phase IIa) im Bereich Tanklager Bremen Farge*
- [6] Zwischenbericht HPC AG vom 18.09.2012: *Tanklager Farge; Untersuchung von KVF Phase IIb; Ergebnisse bisheriger DP-Sondierungen; Einrichten von Grundwassermessstellen*
- [7] Oberfinanzdirektion Niedersachsen, Hannover, 22.10.2012:  
*Stellungnahme zum Zwischenbericht HPC AG vom 18.09.2012*
- [8] Bericht der HPC AG vom 08.03.2013: *Tanklager Bremen Farge LKNr. 220 038, Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen (Phase IIb) im Bereich Tanklager Bremen Farge*
- [9] Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserschadensfällen“, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Januar 1994.
- [10] Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Dezember 2004.
- [11] „Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)“, 17.03.1998, BGBl. I 1998.
- [12] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), 12.07.1999, BGBl. I 1999.
- [13] Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Notifizierung und Kompetenznachweis von Untersuchungsstellen im bodenschutzrechtlich geregelten Umweltbereich FACHMODUL BODEN UND ALTLASTEN Stand 16. August 2012
- [14] Oberfinanzdirektion Niedersachsen, Hannover, 03.07.2014:  
*Stellungnahme zu den Detailuntersuchungen von kontaminationsverdächtigen und kontaminierten Flächen (Phase IIb-2) im Bereich Tanklager Bremen Farge (Hafen und Verladebahnhof 1)*

Dr. A. R. Behbehani

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
Kontaminationen von Boden, Bodenluft und Grundwasser

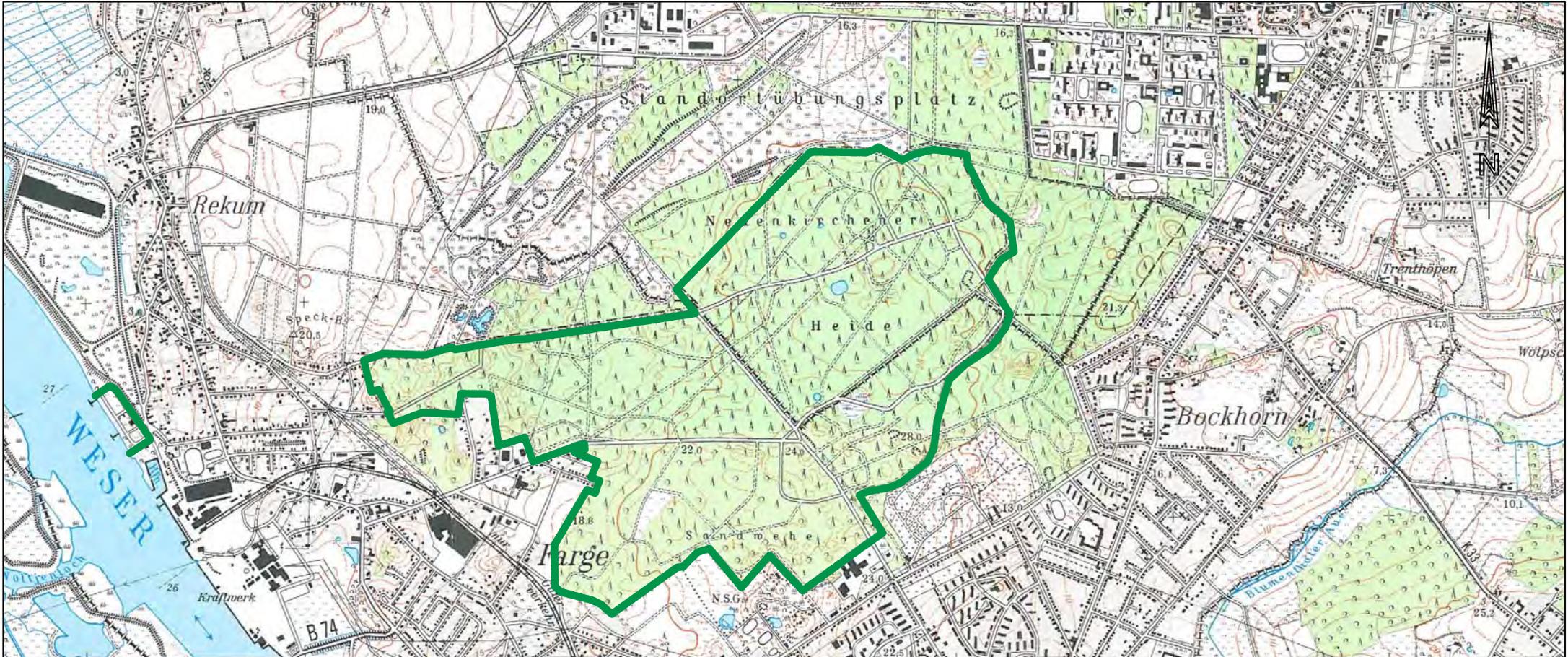
Dipl. Geol. O. Böcker

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



## Anlagen

**- 1      Übersichtslegeplan**



## Legende:

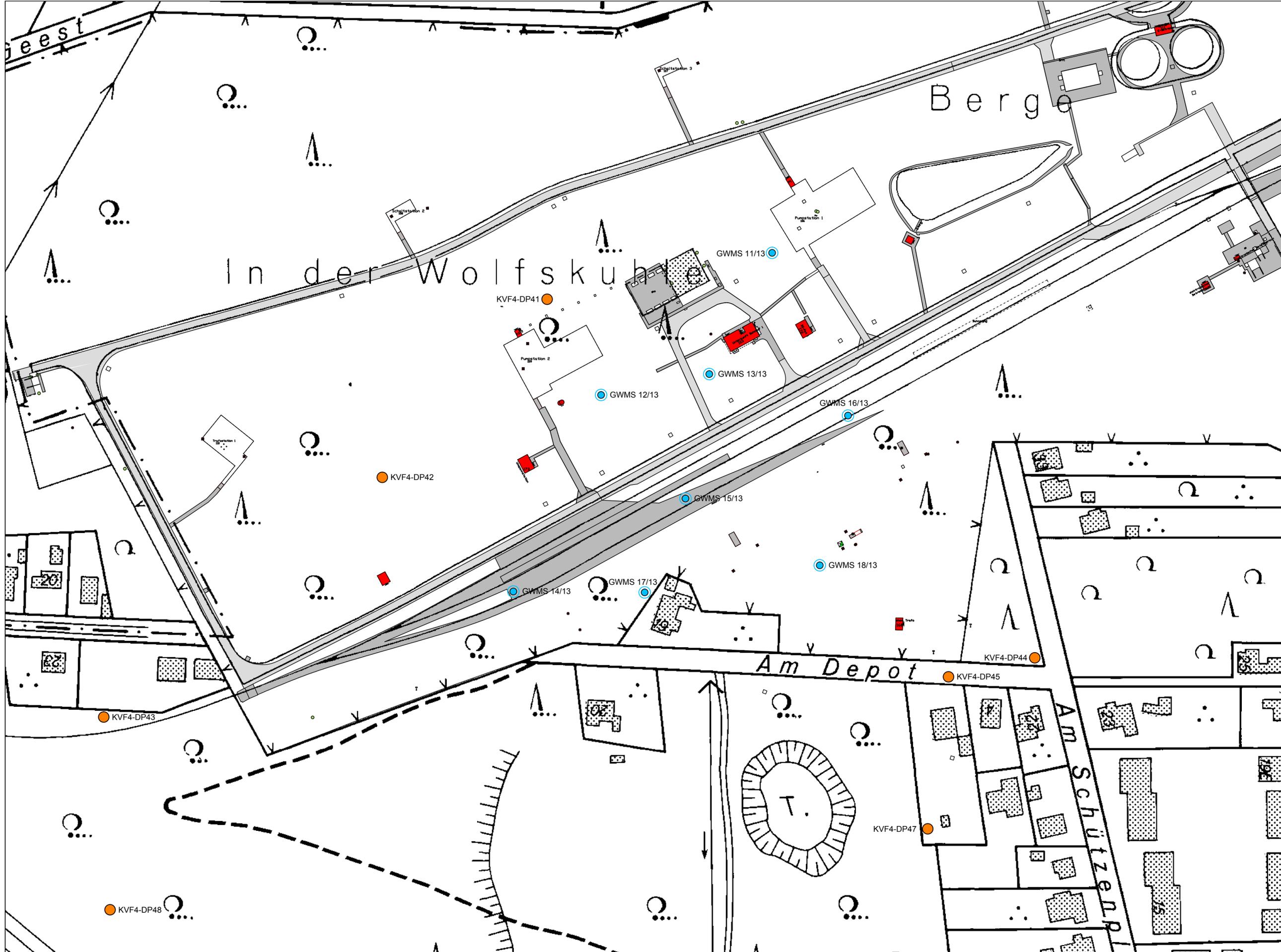
 Grenze des Tanklagers



M 1 : 25.000

Projekt: Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen Phase IIa, Tanklager Bremen Farge		Anlage: 1										
Darstellung:		Maßstab: 1 : 25.000										
Übersichtslageplan (Quelle: TK 25, Blatt 2717 Schwanewede)		Projekt-Nr.: 2110667_V										
Bauherr/Auftraggeber: Freie und Hansestadt Bremen Senatorin für Finanzen Geschäftsbereich Bundesbau Hanseatenhof 5 28195 Bremen		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Datum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bearbeiter: ob</td> <td></td> </tr> <tr> <td>gezeichnet: fia</td> <td>17.10.2011</td> </tr> <tr> <td>geprüft: .</td> <td>.</td> </tr> <tr> <td>DIN- / Plan- größe m:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Name	Datum	Bearbeiter: ob		gezeichnet: fia	17.10.2011	geprüft: .	.	DIN- / Plan- größe m:	
Name	Datum											
Bearbeiter: ob												
gezeichnet: fia	17.10.2011											
geprüft: .	.											
DIN- / Plan- größe m:												
Planverfasser: HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010		 <p><b>HPC</b> DAS INGENIEURUNTERNEHMEN</p>										
<p>Pfad/Zeichnungsnummer: P:\2110667\Zeichnungen\2110667_V.dwg</p>												

**- 2      Lageplan KF 4/KF 119:  
Position der ausgeführten Direct-Push Sondierungen und  
der Grundwassermessstellen im Zuge Phase IIb-2**



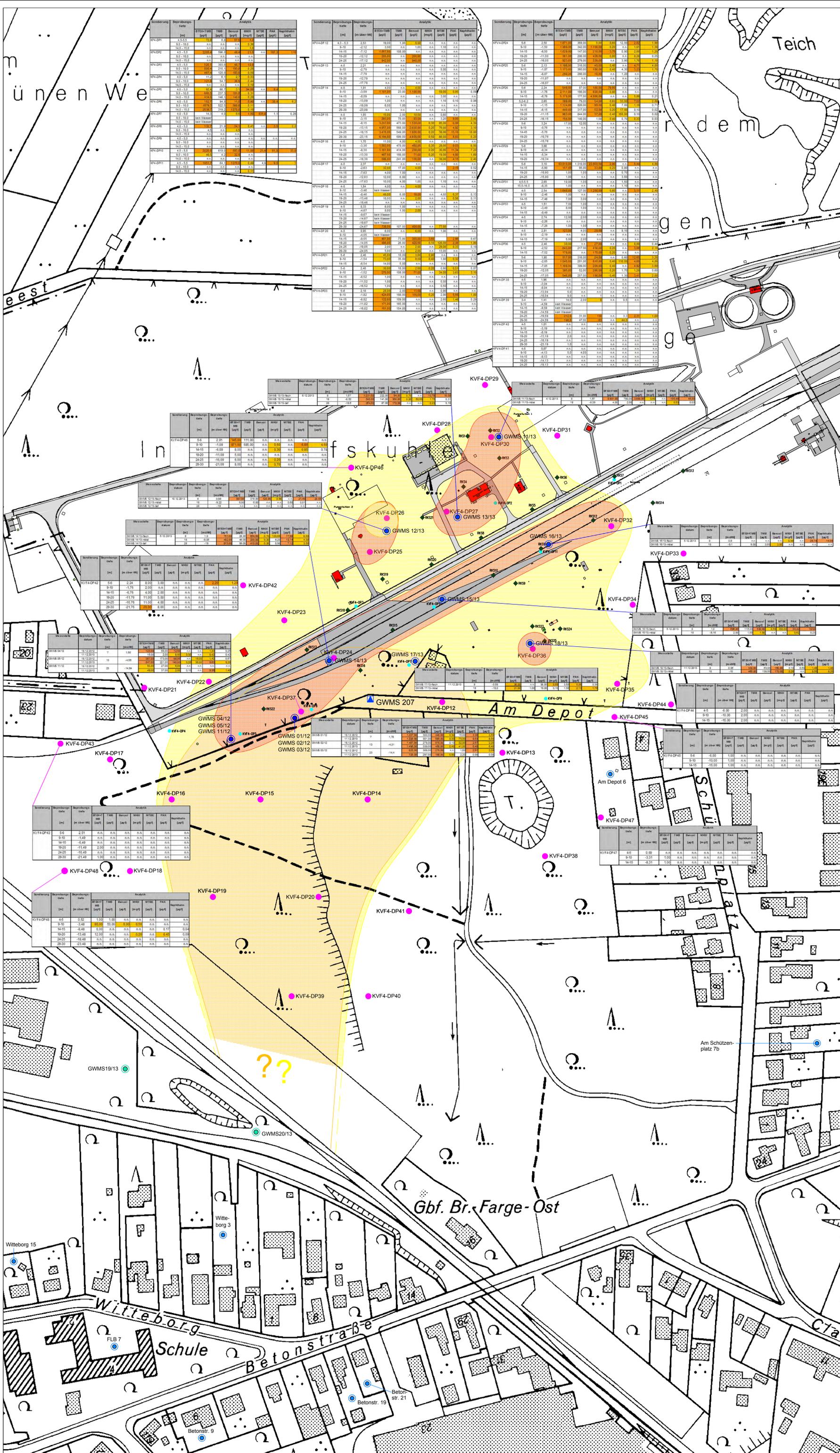
**Legende:**

- GWMS 12/13 Position Grundwassermessstelle
- KVF4-DP42 Position DP-Sondierungen



Projekt: Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen Phase IIb-2, Tanklager Bremen Farge		Anlage: 2 Maßstab: 1:1.000 Projekt-Nr.: 2121696_G_6.dwg Bahnhof 1											
Darstellung: -Verladebahnhof I- Position von DP-Sondierungen und Grund- wassermessstellen im Zuge Phase IIb-2		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="font-size: x-small;">Name</th> <th style="font-size: x-small;">Datum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="font-size: x-small;">Bearbeiter:</td> <td style="font-size: x-small;">24.02.2014</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">gezeichnet:</td> <td style="font-size: x-small;">24.02.2014</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">geprüft:</td> <td style="font-size: x-small;">.</td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">DIN: / Plan- größe m²:</td> <td style="font-size: x-small;">.</td> </tr> </tbody> </table>	Name	Datum	Bearbeiter:	24.02.2014	gezeichnet:	24.02.2014	geprüft:	.	DIN: / Plan- größe m²:	.	Planverfasser: <b>HPC</b> DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
Name	Datum												
Bearbeiter:	24.02.2014												
gezeichnet:	24.02.2014												
geprüft:	.												
DIN: / Plan- größe m²:	.												
Bauherr/Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR Bundesbau Theodor Heuss Allee 14 22815 Bremen		HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010 P:\Jahr 2012\2121696\Zeichnungen\2121696_G_6.dwg 11.58.55											

**- 3      Lageplan KF 4/KF 119:  
Befunde der Grundwasseranalysen und Ausdehnung der  
Grundwasserverunreinigung durch BTEX/MKW**



Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP1	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP2	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP12	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP13	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP24	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP25	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP26	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP27	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP28	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP29	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP30	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP31	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP32	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP33	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP34	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP35	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP36	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP37	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP38	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP39	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP40	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP41	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP42	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP43	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP44	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP45	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP46	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP47	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP48	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP49	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP50	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP51	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP52	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP53	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP54	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP55	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP56	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP57	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP58	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP59	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP60	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP61	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Bohrung	Bohrungstiefe [m]	Bohrungstiefe [m über NN]	Analyse		PAK	Bsp. [µg/l]						
			BTX	MTBE								
KVF4-DP62	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
KVF4-DP63	5,6	5,6	0,0	0,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

- Legende:**
- RKS16 Rammkernsondierung (Phase IIa)
  - KVF2-DP2 Direct-Push-Sondierung (Phase IIa)
  - GWMS 207 Grundwassermessstelle
  - KVF4-DP16 Direct-Push-Sondierung (Phase IIb und IIb-2)
  - GWMS 01/12 Grundwassermessstelle
  - Am Depot 6 Privatbrunnen
  - GWMS19/13 geplante GWMS
  - Hot Spots - BTEX-Belastungsschwerpunkte / vermutete Kontaminationsquellen
  - Schwerpunkt BTEX-Belastung im Tiefenabschnitt > 10,0 m
  - ungefähre Ausdehnung BTEX-Belastung im Grundwasser > 100 µg/l

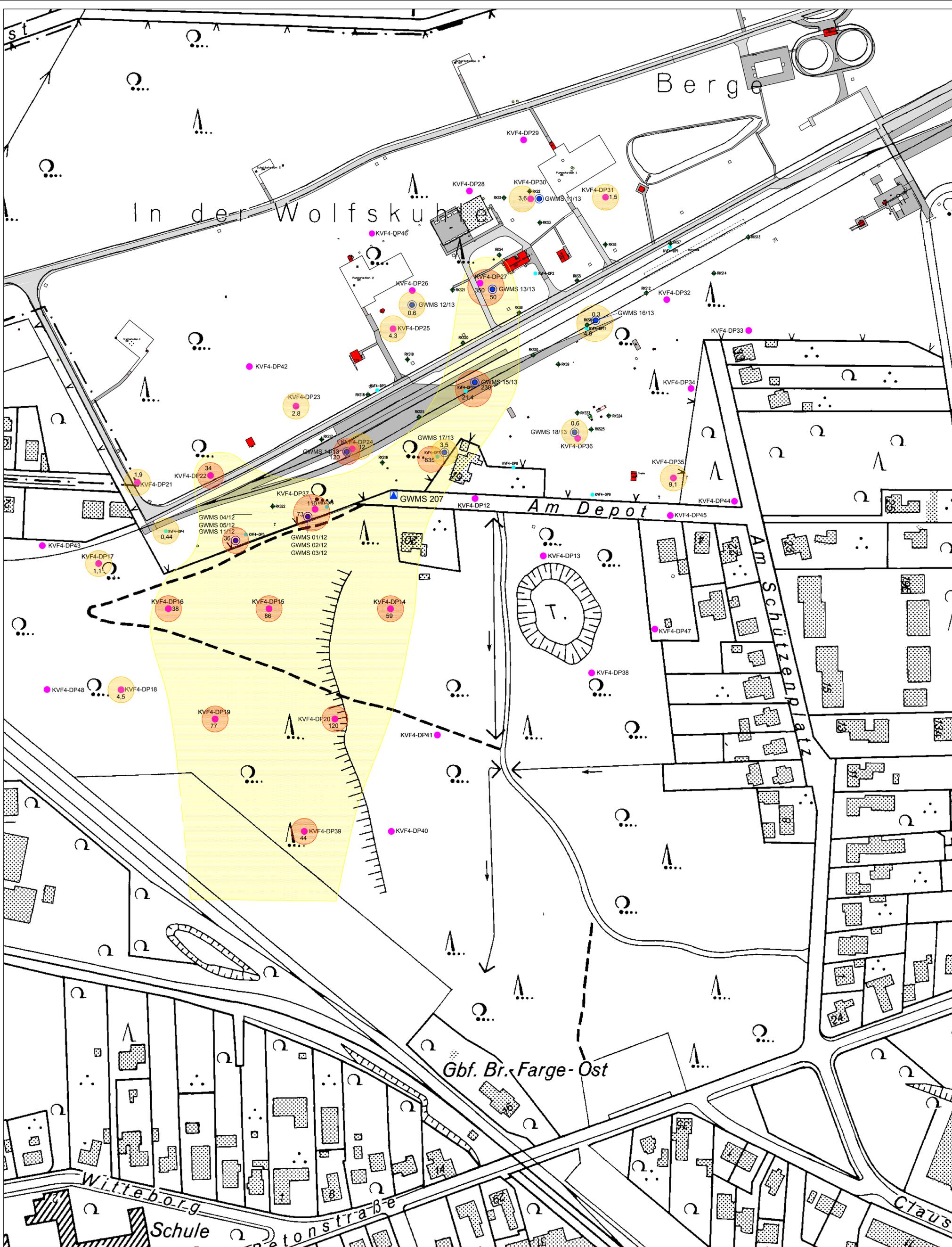
**LAWA-Empfehlungen**

Pufferart	Maximale erlaubte Werte			
	10-30	1-3	0,1-0,2	0,1-0,2
Maßnahmenzone oberer Wert	10	1	0,1	0,1
Maßnahmenzone unterer Wert	1	0,1	0,01	0,01
GFS	20	2	0,2	0,2
GFS	20	2	0,2	0,2

**Maßnahmenzone:**

- rot: nicht zulässig
- orange: nur bei Vorhandensein von Privatbrunnen
- gelb: Überwachung GFS
- grün: Überwachung mit Maßnahme nach LAWA

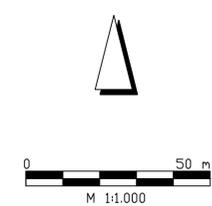
**- 4      Lageplan KF 4/KF 119:  
Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch MTBE**



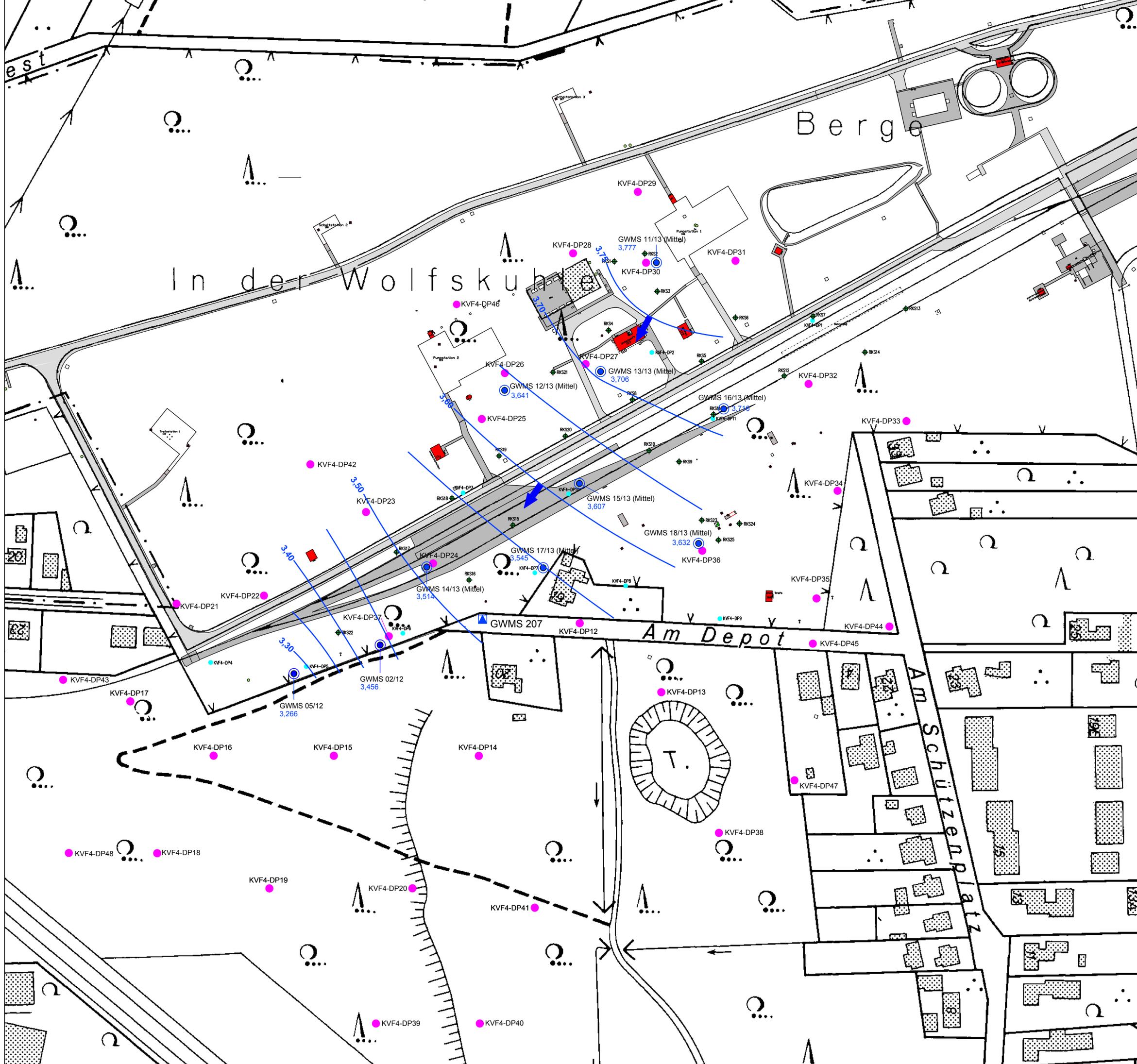
**Legende:**

- RKS16 Rammkernsondierung (Phase IIa)
- KVF2-DP2 Direct-Push-Sondierung (Phase IIa)
- ▲ GWMS 207 Grundwassermessstelle
- KVF4-DP16 Direct-Push-Sondierung (Phase IIb und IIb-2)
- GWMS 01/12 Grundwassermessstelle
- 44 MTBE > Geringfügigkeitsschwelle (GFS: > 15µg/l) mit Angabe des höchsten Befundes in der jeweiligen DP für MTBE in µg/l
- 4,3 MTBE < Geringfügigkeitsschwelle (GFS: < 15µg/l) mit Angabe des höchsten Befundes in der jeweiligen DP für MTBE in µg/l
- vermutete Ausdehnung MTBE > GFS

Projekt: Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen Phase IIb-2, Tanklager Bremen Farge		Anlage: 4 Maßstab: 1:1.000 Projekt-Nr.: 212166_L_2.dwg
Darstellung: -Verladebahnhof I- Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch MTBE		Name: _____ Datum: _____ Bearbeiter: _____ gezeichnet: _____ geprüft: _____ DR-/Plan: _____ gezeichnet: _____
Bauherr/Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR Bundesbau Theodor Heuss Allee 14 22815 Bremen		Planverfasser: HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010 HPC AG DAS INGENIEURBÜRO



**- 5      Lageplan KF 4/KF 119:  
Darstellung der Grundwasserfließrichtung vom 04.12.2013**



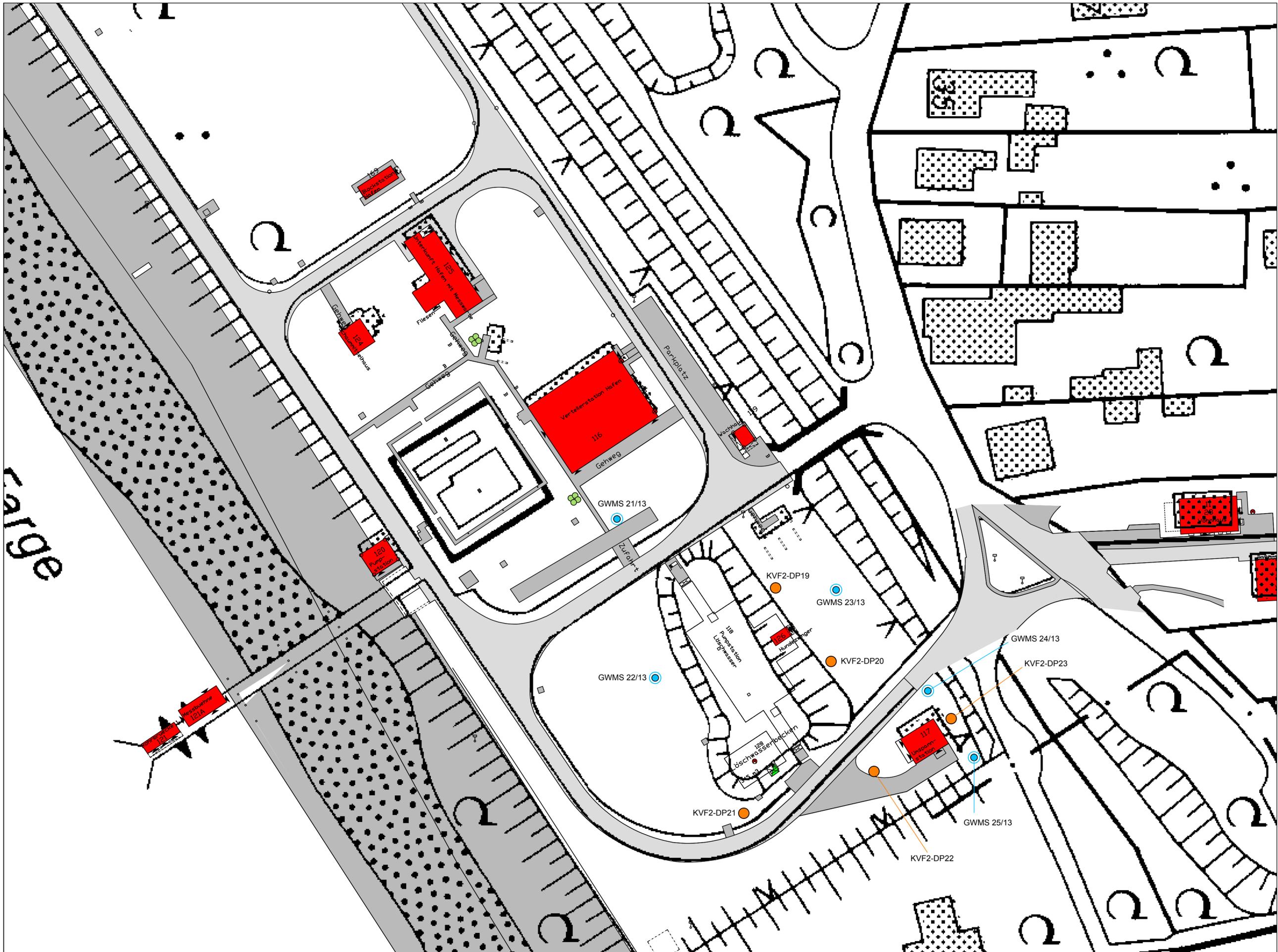
**Legende:**

- RKS16 Rammkernsondierung (Phase IIa)
- KVF2-DP2 Direct-Push-Sondierung (Phase IIa)
- ▲ GWMS 207 Grundwassermessstelle
- KVF4-DP16 Direct-Push-Sondierung (Phase IIb und IIb-2)
- GWMS 02/12 Grundwassermessstelle mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN (3,456)
- Grundwassergleichenlinie mit Angabe des Wasserstandes in m ü. NN
- Grundwasserfließrichtung



Projekt: Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen Phase IIb-2, Tanklager Bremen Farge		Anlage: 5
Darstellung: -Verladebahnhof I- Lageplan mit Darstellung der Grundwasserhöhen, Grundwassergleichen und Grundwasserfließ- richtung vom 04.12.2013		Maßstab: 1:1.000
Projekt-Nr.: 2121696_L_3.dwg		Datum: 04.02.2015
Bearbeiter: gezeichnet geprüft	Name: fa	Datum: 04.02.2015
Bauherr/Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR Bundesbau Theodor Heuss Allee 14 22815 Bremen		Planverfasser: <b>HPC</b> DAS INGENIEURUNTERNEHMEN HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

**- 6      Lageplan KF 2:  
Position der ausgeführten Direct-Push Sondierungen und  
der Grundwassermessstellen im Zuge Phase IIb-2**



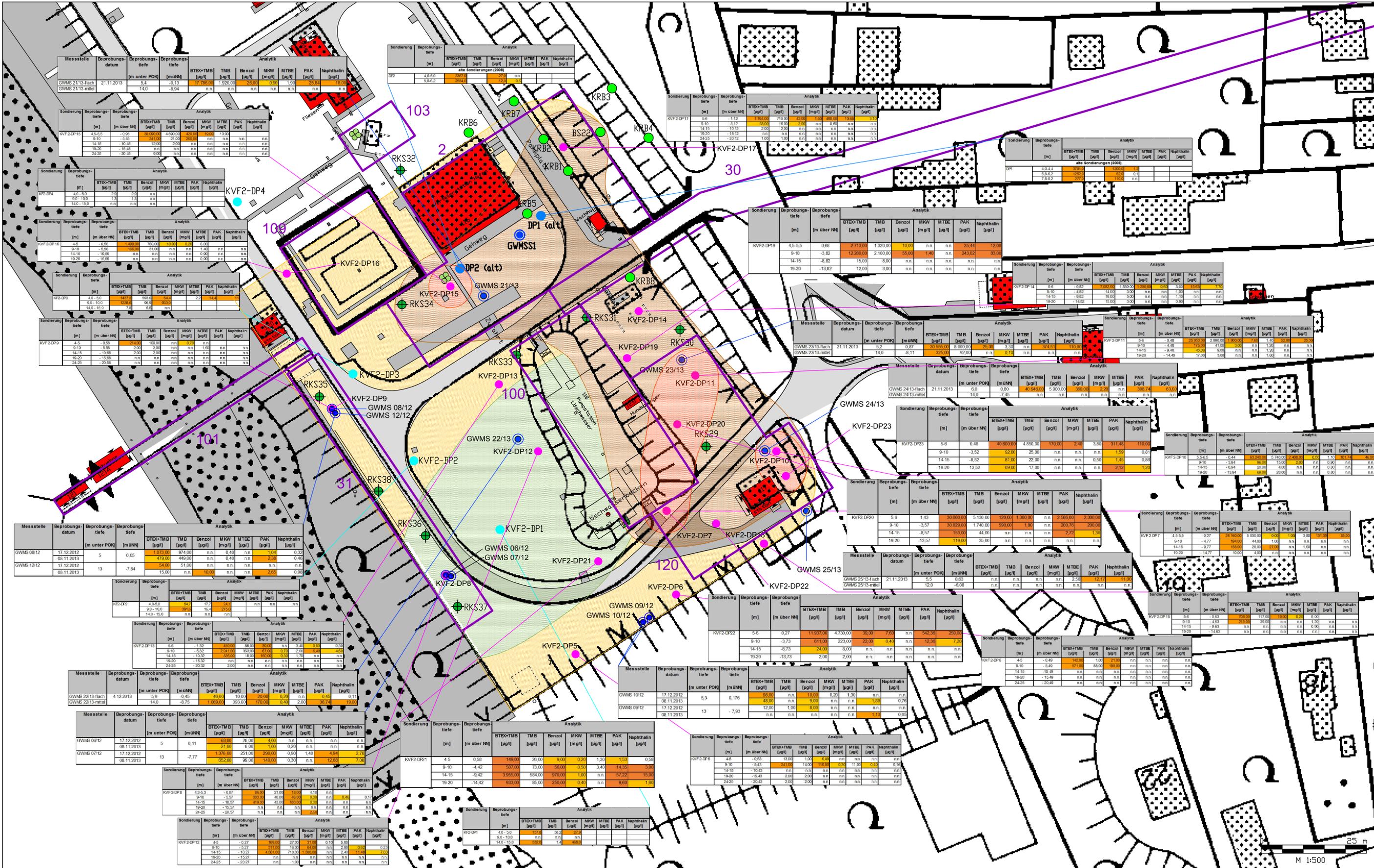
**Legende:**

- GWMS 22/13 Position Grundwassermessstelle
- KVF2-DP19 Position DP-Sondierungen



Projekt: Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen Phase IIb-2, Tanklager Bremen Farge		Anlage: 6
Maßstab: 1 : 500		Projekt-Nr.: 2121696_G_6.dwg
Darstellung:		Name Datum
-Bereich Hafen- Position von DP-Sondierungen und Grund- wassermessstellen im Zuge Phase IIb-2		Bearbeiter: fa 24.02.2014
		gezeichnet: fa 24.02.2014
		geprüft: .
DIN / Plan- größe m²		
Baucherr./Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR Bundesbau Theodor Heuss Allee 14 22815 Bremen		Planverfasser: <b>HPC</b> DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
		HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

**- 7      Lageplan KF 2:  
Befunde der Grundwasseranalysen und Ausdehnung der  
Grundwasserverunreinigung durch BTEX/MKW**



LAWA-Empfehlungen									
Parameter	10-30	1-3	0.1-0.2	0.1-0.2	12				
Maßnahmenkategorie	Grenzwert/Grenzwerte der LAWA								
GF5	20	1	0.1	15	0.2	1			
Prüfserie	20	2	0.2	2	0.1	2			

- Legende:**
- kontaminationsverdächtige Flächen
  - RKS16 Rammkernsondierung (Phase IIa)
  - KVF2-DP2 Direct-Push-Sondierung (Phase IIa)
  - KR7 / BS22 Kleinrammbohrung, alt
  - DP1 (alt) Direct-Push-Sondierung, alt
  - GWMS1 Grundwassermessstelle
  - KVF2-DP6 Direct-Push-Sondierung (Phase IIb und IIb-2)
  - GWMS 06/12 Grundwassermessstelle
  - Hot Spots - BTEX > 20.000 µg/l (Tiefe ca. 5,0 - 10,0 m)
  - Belastungsschwerpunkt - BTEX > 10.000 µg/l (Tiefe ca. 5,0 - 10,0 m)
  - Belastung - BTEX < 1.000 µg/l (überiegend in der Tiefe ca. 5,0 - 10,0 m)
  - Belastungsschwerpunkt - BTEX > 1.000 µg/l (Tiefe ca. 10,0 - 15,0 m)

Projekt: Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen  
Phase IIb-2, Tanklager Bremen Farge

Anlage: 7  
Maststab: 1:500  
Projekt-Nr.: 2121698\_K\_3.dwg

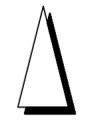
Name	Datum
Bearbeiter:	20.08.2014
gezeichnet:	fa 20.08.2014
geprüft:	
DWG / Papergröße:	

Bauherr/Auftraggeber: Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR  
Theodor Heuss Allee 14  
22815 Bremen

Planverfasser: HPC AG  
Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen  
Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010

M 1:500

**- 8      Lageplan KF 2:  
Ausdehnung der Grundwasserverunreinigung durch MTBE**



**Legende:**

- KVF
- RKS16 Rammkernsondierung (Phase IIa)
- KVF2-DP2 Direct-Push-Sondierung (Phase IIa)
- KRB7 / BS22 Kleinrammbohrung, alt
- DP1 (alt) Direct-Push-Sondierung, alt
- GWMS1 Grundwassermessstelle
- KVF2-DP6 Direct-Push-Sondierung (Phase IIb und IIb-2)
- GWMS 06/12 Grundwassermessstelle
- 490 MTBE > Geringfügigkeitsschwelle (GFS; > 15µg/l) mit höchstem Befund in der DP für MTBE in µg/l
- 3,0 MTBE < Geringfügigkeitsschwelle (GFS; < 15µg/l) mit höchstem Befund in der DP für MTBE in µg/l

<b>Projekt:</b> Erkundung von Kontaminationsverdachtsflächen Phase IIb-2, Tanklager Bremen Farge	Anlage: 8
<b>Darstellung:</b>	Maßstab: 1:500
	Projekt-Nr.: 2121696_F_5.dwg
	Name: Datum:
	Bearbeiter: 26.02.2014
	gezeichnet: fia 26.02.2014
	geprüft: . .
	DIN / Plangröße m²:
<b>Bauherr/Auftraggeber:</b> Bundesbau bei Immobilien Bremen AöR Bundesbau Theodor Heuss Allee 14 22815 Bremen	<b>Planverfasser:</b>  HPC AG Wilhelm-Herbst-Straße 5, 28359 Bremen Telefon: 0421 / 202430-0, Fax: 0421 / 217010



**- 9      Lageplan KF 2:  
Darstellung der Grundwasserfließrichtung vom 04.12.2013**

