

## ABSCHLUSSBERICHT ZUR SANIERUNGS AUSFÜHRUNG PHASE IIIb

**Liegenschaft:** Flugplatz Cottbus  
KF 15 Tanklager

**LgKNr.:** 718 500 4300

**Thema:** **Endbericht zur hydraulisch-biologischen  
insitu Sanierung und zu den begleitenden  
Grundwasseruntersuchungen 2007 bis 2012**

**Auftraggeber:** Brandenburgischer Landesbetrieb  
für Liegenschaften und Bauen  
Juri-Gagarin-Str. 17  
03046 Cottbus

**Auftragnehmer:** if Ingenieurgruppe Fritzsche  
Ottilienstraße 17, 03050 Cottbus  
Tel. (03 55) 4 30 46 60, Fax (03 55) 4 30 46 61

**Auftrag-Nummer:** 4300005717  
**Baumaßnahme-Nummer:** F01P.2.004420

**Projektleiter:** Diplom-Ingenieur (FH) Jörg Fritzsche .....  
(Unterschrift)

**Bearbeiter:** Diplom-Geologin Doris Hubert .....  
(Unterschrift)

**Seiten:** 54

**Anlagen:** 7

**Anhänge** Die Anhänge 1 bis 2 sind nur einmal im Exemplar 1/6 enthalten.

**Datum:** Cottbus, 22.02.2013

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1	Anlass	9
1.2	Träger der Maßnahme und Beteiligte	10
1.3	Genehmigungen	12
<b>2</b>	<b>Standortangaben / Ausgangssituation</b>	<b>12</b>
2.1	Territoriale Lage	12
2.2	Vorliegende Untersuchungsberichte	13
2.3	Geologische und hydrogeologische Kenndaten	13
2.4	Kontaminationssituation Grundwasser vor Sanierungsbeginn	14
2.5	Schadstoffmassen vor Sanierungsbeginn	15
2.6	Sanierungsziele / -zonen / -zielwerte	15
2.7	Flächeninanspruchnahmen und Flächennutzungen	17
<b>3</b>	<b>Kontaminationssituation nach Abschluss der Boden- und Bodenluftsanierung 2006</b>	<b>18</b>
3.1	Bodenkontamination	18
3.2	Grundwasserkontamination	18
3.3	Bodenluftkontamination	19
3.4	Schadstoffmassenbilanz	19
<b>4</b>	<b>Ausführung der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung</b>	<b>20</b>
4.1	Sanierungstechnologie der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung	20
4.2	Zeitlicher Ablauf der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung	21
4.3	Brunnen (UES- und IB-Brunnen)	21
4.3.1	Brunnenstandorte	21
4.3.2	Anpassung der Brunnenstandorte an die konkretisierte Sanierungszone XVIII	22
4.3.3	Brunnenausbau Infiltrationsbrunnen (IB)	22
4.3.4	Brunnenausbau Förderbrunnen (UES 1 bis UES 7)	22
4.3.4.1	Neubau Förderbrunnen UES 7	23
4.3.4.2	Neubau Förderbrunnen UES 1/2 und UES 3/2	23
4.3.5	Brunnenregenerierung IB-Brunnen 2008	25
4.3.6	Infiltrationsteste IB-Brunnen 2008	26
4.3.7	Brunnenregenerierung 2010	27
4.4	Grundwasseraufbereitungsanlage	28
4.5	Hydraulische Betriebsregime der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung	30
4.5.1	Ermittlung der erforderlichen Betriebsregime	30
4.5.2	Ausgeführte Betriebsregime 12-2006 bis 06-2009	31
4.5.3	Beobachtungsphase 07-2009 bis 11- 2009	31
4.5.4	Ausgeführtes Betriebsregime 12-2009 bis 01-2010	33
4.5.5	Ausgeführtes Betriebsregime 02-2010 bis 03-2012	33
4.5.6	Betriebsregime 2007 bis 2012	34
4.6	Begleitendes Anlagenmonitoring	35
4.7	Rückbau der Sanierungsanlagen	36
4.7.1	Vorbereitung des Rückbaus der Sanierungsanlagen	36
4.7.2	Rückbau der Sanierungsbrunnen	37
4.7.3	Rückbau der weiteren Module der Sanierungsanlage	38

<b>5</b>	<b>Begleitende Bodenuntersuchungen 2007 und 2011</b>	<b>38</b>
5.1	Bodenuntersuchungen 2007	38
5.1.1	Ziel der Bodenuntersuchungen	38
5.1.2	Ergebnisse der Bodenuntersuchungen	39
5.2	Bodenuntersuchungen 2011	40
5.2.1	Ziel der Bodenuntersuchungen	40
5.2.2	Ergebnisse der Bodenuntersuchungen	40
<b>6</b>	<b>Grundwasseruntersuchungen 2007 -2012</b>	<b>41</b>
6.1	Grundwassermessstellenkataster	41
6.2	Stichtagsmessungen der Grundwasserspiegelhöhen	42
6.3	Sanierungsbegleitende Grundwasseruntersuchungen 2007 – 2011	43
6.3.1	Ziel der sanierungsbegleitende Grundwasseruntersuchungen	43
6.3.2	Untersuchungsumfänge und Dokumentation	43
6.3.3	Entwicklung der Grundwasserkontamination	46
6.3.4	Konkretisierung der Sanierungszone XVIII Grundwasser	49
6.4	Grundwasseruntersuchungen Nachsorge 2012	50
6.4.1	Ziel der Grundwasseruntersuchungen Nachsorge	50
6.4.2	Untersuchungsumfänge und Dokumentation	50
6.4.3	Entwicklung der Grundwasserkontamination	50
<b>7</b>	<b>Ergebnis der Sanierung</b>	<b>51</b>
7.1	Fachberatung mit Umweltamt der Stadt Cottbus	51
7.2	Kontaminationssituation nach Abschluss der Sanierung	51
7.3	Fazit	52
<b>8</b>	<b>Sanierungsnachsorge</b>	<b>54</b>

## Anlagenverzeichnis

### Anlage 1      Unterlagen / Informationsquellen

- Anlage 1.1      Berichte / Literatur
- Anlage 1.2      Karten / Unterlagen zur Geologie und Hydrogeologie
- Anlage 1.3      Karten zu Schutzgebieten
- Anlage 1.4      Karten und Pläne zur Topographie
- Anlage 1.5      Schriftverkehr, Stellungnahmen und Protokolle / Fachberatungen
- Anlage 1.6      Schriftverkehr Behörde

### Anlage 2      Darstellung der Ausgangssituation KF 15 Tanklager

- Anlage 2.1      Darstellung der nach Abschluss der Bodensanierung verbliebenen MKW-Bodenkontamination (Stand 2006), Maßstab 1 : 500
- Anlage 2.2      Darstellung der nach Abschluss der Bodensanierung verbliebenen BTEX+TMB-Bodenkontamination (Stand 2006), Maßstab 1 : 500
- Anlage 2.3      Darstellung der Sanierungszone XII, XVI, XVII und der neu kartierten Sanierungszone XVIII im Aquifer für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung, Stand 08/2006  
Maßstab 1 : 1 000

**Anlage 3 Darstellung der Ausführung der Sanierungsmaßnahme**

- Anlage 3.1 Darstellung der technischen Ausführung der Sanierungsanlage, UES-Brunnen UES 1 bis 7 und Infiltrationsbrunnen IB 1 bis IB 31 Maßstab 1 : 500
- Anlage 3.2 Aufstellung Datum/Betriebszustände in Bezug auf Förderung und Infiltration 12/2006 bis 03/2012
- Anlage 3.3 Aufstellung der monatlichen Förder-/Infiltrationsmengen 12/2006 bis 03/2012
- Anlage 3.4 Aufstellung Datum/Betriebszustände - Förderung/Infiltration – Nettoentnahmeraten/Betriebstakte - Förder-/Infiltrationsmengen 12/2006 bis 03/2012

**Anlage 3.5 Tabellarische Zusammenstellung der Erfassung der Betriebs- und Wasseruhren**

- Anlage 3.5.1 Tabellarische Darstellung der Erfassung der Betriebsuhren der Brunnen
- Anlage 3.5.2 Tabellarische Darstellung der Erfassung der Wasseruhren der IB-Brunnen

**Anlage 3.6 Tabellarische Darstellung des begleitenden Anlagenmonitorings**

- Anlage 3.6.1 Anlagenmonitoring UES 1
- Anlage 3.6.2 Anlagenmonitoring UES 3
- Anlage 3.6.3 Anlagenmonitoring UES 4
- Anlage 3.6.4 Anlagenmonitoring UES 5
- Anlage 3.6.5 Anlagenmonitoring UES 6
- Anlage 3.6.6 Anlagenmonitoring UES 7
- Anlage 3.6.7 Anlagenmonitoring GAA 1
- Anlage 3.6.8 Anlagenmonitoring GAA 2
- Anlage 3.6.9 Anlagenmonitoring GAA 3
- Anlage 3.6.10 Anlagenmonitoring GAA 4
- Anlage 3.6.11 Anlagenmonitoring GAA 5
- Anlage 3.6.12 Anlagenmonitoring GAA 6
- Anlage 3.6.13 Anlagenmonitoring GAA 7
- Anlage 3.6.14 Anlagenmonitoring GAA 8
- Anlage 3.6.15 Schematische Darstellung der Probenahmestellen in der Grundwasser-aufbereitungsanlage
- Anlage 3.7 Tabellarische Zusammenstellung der Kenndaten der Sanierungsbrunnen nach Rückbau, Stand 19.06.2012

- Anlage 4 Förder- und Infiltrationsraten UES- und IB-Brunnen für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung entsprechend des Sanierungsfortschrittes**
- Anlage 4.1 Szenario 3, Betriebsregime (Vorgabe) 01-2007 bis 06-2009  
Tabellarische Darstellung der Förder- und Infiltrationsraten UES- und IB-Brunnen  
Darstellung der Betriebstakte (Szenario 3 und KE = 3) und Wasserbilanz  
Darstellung der Betriebstakte (Szenario 4 und KE = 3) und Wasserbilanz
- Anlage 4.2 Szenario 3, Zeitraum 01-2007 bis 06-2009  
Simulation der Hydroisohypsen und Bahnstromlinien für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung vor der Beobachtungsphase (Förderung UES-Brunnen 13,5 m<sup>3</sup>/Std.; Infiltration IB-Brunnen 13,5 m<sup>3</sup>/Std.)  
Maßstab 1 : 500
- Anlage 4.3 Darstellung der neu kartierten Sanierungszone XVIII im Aquifer für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung, Stand 11/2009  
Maßstab 1 : 500
- Anlage 4.4 Szenario 22, Betriebsregime (Vorgabe) ab 12-2009 bis 01-2010  
Tabellarische Darstellung der Förder- und Infiltrationsraten UES- und IB-Brunnen  
Darstellung der Betriebstakte (Szenario 22 und KE = 3) und Wasserbilanz  
Darstellung der Betriebstakte (Szenario 22 und KE = 4) und Wasserbilanz
- Anlage 4.5 Szenario 22, Zeitraum 12-2009 bis 01-2010  
Simulation der Hydroisohypsen und Bahnstromlinien für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung nach der Beobachtungsphase (Förderung UES-Brunnen 12,0 m<sup>3</sup>/Std.; Infiltration IB-Brunnen 12,0 m<sup>3</sup>/Std.)  
Maßstab 1 : 500
- Anlage 4.6 Darstellung der neu kartierten Sanierungszone XVIII im Aquifer für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung, Stand 11/2010  
Maßstab 1 : 500
- Anlage 4.7 Szenario 0110, Betriebsregime (Vorgabe) ab 02-2010 bis 03-2012  
Tabellarische Darstellung der Förder- und Infiltrationsraten UES- und IB-Brunnen  
Darstellung der Betriebstakte (Szenario 0110 und KE = 3) und Wasserbilanz  
Darstellung der Betriebstakte (Szenario 0110 und KE = 4) und Wasserbilanz
- Anlage 4.8 Szenario 0110, Zeitraum 02-2010 bis 03-2012  
Simulation der Hydroisohypsen und Bahnstromlinien für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung nach der Beobachtungsphase (Förderung UES-Brunnen 12,0 m<sup>3</sup>/Std.; Infiltration UES und IB-Brunnen 12,0 m<sup>3</sup>/Std.)  
Maßstab 1 : 500
- Anlage 4.9 Tabellarische Darstellung der Förder- und Infiltrationsraten UES- und IB-Brunnen, Realisierte Betriebsregime Zeitraum 01-2007 bis 03-2012
- Anlage 5 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen 2007 und 2011**
- Anlage 5.1 Darstellung der Linerbohrungen mit den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen 2007 und 2011  
Maßstab 1 : 500
- Anlage 5.2 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen 2007
- Anlage 5.3 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen 2011
- Anlage 5.4 Darstellung der nach Abschluss der Sanierung verbliebenen Bodenkontamination MKW und BTEX+TMB  
Maßstab 1 : 1 000

**Anlage 6 Darstellungen der Grundwasseruntersuchungen 2007 -2012**

**Anlage 6.1 Grundwassermessstellenkataster**

Anlage 6.1.1 Kataster der Grundwassermessstellen (Stand 09/2012)  
Zusammenstellung der technischen Angaben zu den GWM

**Anlage 6.2 Stichtagsmessungen**

Anlage 6.2.1 Tabellarische Zusammenstellung der Stichtagsmessungen der Grundwasserspiegelhöhen 1995 bis 2012

Anlage 6.2.2 Protokoll der Stichtagsmessung 19.10.2012

Anlage 6.2.3 Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen der Stichtagsmessungen 2007 – 2012

Anlage 6.2.4 Darstellung der Grundwassermessstellen und Hydroisohypsen Stichtagsmessung 19.10.2012, Maßstab 1 : 1 000

**Anlage 6.3 Kontaminationssituation im Grundwasser**

Anlage 6.3.1 Darstellung der MKW-Verteilung im Grundwasser, Zeitraum 2001 bis 10/2012  
Maßstab 1 : 500

Anlage 6.3.2 Darstellung der BTEX+TMB-Verteilung im Grundwasser, Zeitraum 2001 bis 10/2012  
Maßstab 1 : 500

Anlage 6.3.3 Darstellung der nach Abschluss der Sanierung verbliebenen Grundwasserkontamination MKW und BTEX+TMB  
Maßstab 1 : 1 000

Anlage 6.3.4 Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung 10-2012

Anlage 6.3.5 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung 1998 – 2012: MKW

Anlage 6.3.6 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 1998 – 2012: BTEX+TMB

Anlage 6.3.7 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 1998 - 2012: PAK (EPA)

Anlage 6.3.8 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 1999 - 2011: Eisen gesamt

Anlage 6.3.9 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 2001 - 2011: Eisen gelöst

Anlage 6.3.10 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 2001 - 2011: Nitrat

Anlage 6.3.11 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 2001 - 2011: Ammonium

Anlage 6.3.12 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 2001 - 2011: Phosphat

Anlage 6.3.13 Tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 2001 - 2011: Sulfid

## **Anlage 7 Darstellungen der GWM zur Sanierungsnachsorge**

Anlage 7.1 Darstellungen der GWM zur Sanierungsnachsorge 2012-2014  
Maßstab 1 : 500

## **Anhang**

### **Anhang 1 Protokolle der Grundwasserprobenahme**

Anhang 1.1 Protokolle der Grundwasserprobenahme 03.01.2007 - 10.01.2007  
Anhang 1.2 Protokolle der Grundwasserprobenahme 08.05.2007 - 11.05.2007  
Anhang 1.3 Protokolle der Grundwasserprobenahme 24.05.2007 - 25.05.2007  
Anhang 1.4 Protokolle der Grundwasserprobenahme 24.10.2007 - 05.11.2007

Anhang 1.5 Protokolle der Grundwasserprobenahme 07.04.2008 - 14.04.2008  
Anhang 1.6 Protokolle der Grundwasserprobenahme 06.10.2008 - 13.10.2008

Anhang 1.7 Protokolle der Grundwasserprobenahme 06.04.2009 - 17.04.2009  
Anhang 1.8 Protokolle der Grundwasserprobenahme 15.07.2009 - 20.07.2009  
Anhang 1.9 Protokolle der Grundwasserprobenahme 10.09.2009 - 17.09.2009  
Anhang 1.10 Protokolle der Grundwasserprobenahme 29.10.2009 - 04.11.2009

Anhang 1.11 Protokolle der Grundwasserprobenahme 26.05.2010 - 03.06.2010  
Anhang 1.12 Protokolle der Grundwasserprobenahme 03.11.2010 - 10.11.2010

Anhang 1.13 Protokolle der Grundwasserprobenahme 13.04.2011 - 20.04.2011  
Anhang 1.14 Protokolle der Grundwasserprobenahme 10.08.2011 - 16.08.2011  
Anhang 1.15 Protokolle der Grundwasserprobenahme 15.09.2011 - 21.09.2011  
Anhang 1.16 Protokolle der Grundwasserprobenahme 18.10.2011 - 20.10.2011  
Anhang 1.17 Protokolle der Grundwasserprobenahme 29.11.2011 - 01.12.2011

Anhang 1.18 Protokolle der Grundwasserprobenahme 11.10.-17.10.2012

### **Anhang 2 Prüfberichte zu Boden- und Grundwasseruntersuchungen**

Anhang 2.1 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 01/2007  
einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung  
LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 24/01/07  
Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 12.01.2007

Anhang 2.2 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 05/2007 - 1  
einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung  
LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 542/05/07  
Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 16.05.2007

Anhang 2.3 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 05/2007 - 2  
einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung  
LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 563/05/07  
Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 31.05.2007

Anhang 2.4 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 11/2007  
einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung  
LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 1443/11/07  
Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 16.11.2007

Anhang 2.5 Prüfbericht zur chemischen Analytik Boden 11/2007  
einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung  
LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 1483/11/07  
Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 16.11.2007

- Anhang 2.6 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 04/2008 einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 544/04/08 Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 28.04.2008
- Anhang 2.7 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 10/2008 einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 1669/10/08 Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 27.10.2008
- Anhang 2.8 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 04/2009 einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 620/04/09 Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 24.04.2009
- Anhang 2.9 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 07/2009 einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 1227/07/09 Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 01.08.2009
- Anhang 2.10 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 09/2009 einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 1608/09/09 Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 25.09.2009
- Anhang 2.11 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 11/2009 einschließlich Chromatogramme und Verfahrensbeschreibung LAC-Laborgesellschaft mbH: Prüfbericht – Nr. 1937/11/09 Projekt „Flugplatz Cottbus“ vom 12.11.2009
- Anhang 2.12 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 06/2010 LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 10/00414 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 17.06.2010
- Anhang 2.13 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 11/2010 LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 10/00414 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 21.11.2010
- Anhang 2.14 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 04/2011 LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 11/00350 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 05.05.2011
- Anhang 2.15 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser und Boden 08/2011 einschließlich Chromatogramme LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 11/00350 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 07.09.2011
- Anhang 2.16 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 09/2011 LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 11/00350 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 07.10.2011
- Anhang 2.17 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 10/2011 LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 11/00350 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 28.10.2011
- Anhang 2.18 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 11/2011 LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 11/00350 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 15.12.2011
- Anhang 2.19 Prüfbericht zur chemischen Analytik Grundwasser 10/2012 LAG Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe: Prüfbericht – Nr. 121112120 „Projekt Flugplatz Cottbus Grundwasseruntersuchungen“ vom 12.11.2012

## 1 Einleitung

### 1.1 Anlass

Im Tanklager KF 15 in der ehemaligen Bundeswehrliegenschaft Flugplatz Cottbus wurden Kontaminationen (MKW, BTEX+TMB) in den Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser einschließlich auf dem Grundwasser aufschwimmende Mineralölphasen festgestellt. Die im Bereich des Tanklagers festgestellten Bodenkontaminationen stellten eine schädliche Bodenverunreinigung nach § 2, Abs. 2 und 3 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) dar.

Das Tanklager stellt gemäß § 2, Abs. 5 BBodSchG eine Altlast dar. Aufgrund der Kontaminationssituation, liegenschaftsexternen Wirkungen und Gefahrenbeurteilung sowie der Abgabe der Bundeswehrliegenschaft und einer dann erfolgenden Flächenumnutzung wurden durch die Wehrbereichsverwaltung Ost der Bundeswehr 2003 Sanierungsmaßnahmen festgelegt.

Gemäß Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg, Band 7, Punkt 2.1 bis 2.8 wurden ausgeführt:

- Sanierungsuntersuchung in 2000 bis 2002
- Konkretisierung der Sanierungsziele in 2002
- Sanierungsvorplanung einschließlich Sanierungsvariantenvergleich in 2002 bis 2003

Die Abstimmung zur Sanierungsvariante 2 des Variantenvergleiches einschließlich Festlegung der Sanierungsziele, -zielwerte und -zonen (gemäß Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg, Band 7, Punkt 2.9) erfolgte in 2003:

- Stellungnahme der Stadtverwaltung Cottbus, Umweltamt, Untere Abfallwirtschafts- und Bodenschutzbehörde und Untere Wasserbehörde zum Endbericht zur Sanierungsvorplanung Phase IIIa, Flugplatz Cottbus, LgKNr.: 718 500 4300, Sanierungsszenarien, if Ingenieurgruppe Fritzsche, Cottbus, 12.08.2003
- Amt für Geoinformationswesen, Wehrgeologische Stelle Eggersdorf: "Stellungnahme zur Sanierungsvorplanung Phase IIIa, Flugplatz Cottbus, LgKNr: 718 500 4300, KF 15 (Tanklager)", Straußberg, 20.08.2003
- Schreiben der WBV Ost III 3 an OFD Cottbus, vom 25.08.2003 mit Anlage, III 3 - Az 63-25-35 zur Bestätigung des Endberichtes und Entscheidung für Sanierungsszenario 2
- Stellungnahme des LUA Brandenburg, Referat Altlasten zum Endbericht zur Sanierungsvorplanung Phase IIIa, Flugplatz Cottbus - Tanklager, if Ingenieurgruppe Fritzsche, Cottbus, 17.06.2003: Schreiben des LUA / A3 vom 07.10.2003 an MLUR 63

Bezugnehmend auf:

- Schreiben der WBV Ost III 3 vom 25.08.2003 mit Anlage, III 3 - Az 63-25-35
- Schreiben der WBV Ost III 4 vom 10.10.2003, III 4.040 - Az 45-10-03

beauftragte die OFD Bauabteilung in 2003 das Liegenschafts- und Bauamt Cottbus:

- Verfügung der OFD BA vom 17.10.2003, Az B 1789 B-BW-COT-BA 135

mit der Erstellung des Sanierungsplanes gemäß § 13 BBodSchG unter Berücksichtigung der ausgewählten Sanierungsvariante 2. Die Erstellung des Sanierungsplanes gemäß § 13 BBodSchG erfolgte im Auftrag des LgBA Cottbus in 2004. Durch das Liegenschafts- und Bauamt Cottbus wurde der Sanierungsplan der Unteren Abfallwirtschafts- und Bodenschutzbehörde der Stadt Cottbus am 06.04.2004 eingereicht.

Gemäß § 13 Abs. 6 BBodSchG erklärt die Untere Abfallwirtschafts- und Bodenschutzbehörde der Stadt Cottbus den Sanierungsplan am 23.06.2004 für verbindlich. Mit der Erklärung der Verbindlichkeit des Sanierungsplanes wurden die erforderlichen Genehmigungen aus anderen Rechtsgebieten eingeschlossen.

Die Sanierung des Tanklagers KF 15 in der ehemaligen Bundeswehrliegenschaft Flugplatz Cottbus beinhaltet gemäß Sanierungsplan folgende Maßnahmen:

- Rückbau der tanktechnischen Anlagen und Bauwerke
- Bodensanierung einschließlich Bauwasserhaltung
- Bodenluftsanierung (Sanierungszone XIX)
- hydraulisch-biologische insitu Sanierung

Die Bodensanierung einschließlich Rückbau der tanktechnischen Anlagen und Bauwerke wurde im Oktober 2004 begonnen und in 2006 abgeschlossen. Die Bodensanierung wurde im Abschlussbericht (Bericht vom 25.05.2007 [1.50]) dokumentiert.

Die Bodenluftsanierung wurde im Februar 2006 begonnen und im Dezember 2006 abgeschlossen. Die Bodenluftsanierung wurde im Abschlussbericht (Bericht vom 25.05.2007 [1.51]) dokumentiert.

Im Endbericht zur Bodensanierung [1.50] sind unter Textpunkt 5 die begleitenden Grundwasseruntersuchungen 2005 bis 2006 am bestehenden Messstellennetz beschrieben. In den Anlagen 12.5.13 bis 12.5.18 in [1.50] ist die Entwicklung der MKW- und BTEX+TMB-Verteilung nach Abschluss der Bodensanierung einschließlich Bauwasserhaltung für die Zeiträume 12/2005, 05/2006 und 08/2006 dargestellt.

In folgenden Zwischenberichten zur hydraulisch-biologischen insitu Sanierung wurde jeweils der Ablauf der Sanierung für folgende Zeiträume dokumentiert:

- Zwischenbericht 2008 [1.53] → Ablauf der Sanierung von 12/2006 bis 04/2008
- Zwischenbericht 2009 [1.54] → Ablauf der Sanierung von 05/2008 bis 12/2009
- Zwischenbericht 2010 [1.61] → Ablauf der Sanierung von 01/2010 bis 12/2010
- Zwischenbericht 2011 [1.62] → Ablauf der Sanierung von 01/2011 bis 12/2011

Die hydraulisch-biologische insitu Sanierung wurde im Dezember 2006 begonnen und im März 2012 abgeschlossen. Der vorliegende Endbericht zur hydraulisch-biologischen insitu Sanierung dokumentiert zusammenfassend die Ausführung und Ergebnisse der insitu Sanierung und die begleitenden Untersuchungen zur insitu Sanierung.

Mit der erfolgreichen Beendigung der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung wurde im März 2012 die komplexe Sanierung des Tanklagers KF 15 in der ehemaligen Bundeswehrliegenschaft Flugplatz Cottbus erfolgreich abgeschlossen.

## 1.2 Träger der Maßnahme und Beteiligte

Eigentümer bis 30.04.2004:	Bundesministerium der Verteidigung Wehrbereichsverwaltung Ost der Bundeswehr Postfach 1149 15331 Straußberg
aktueller Eigentümer:	Stadt Cottbus
Sanierungspflichtiger/ Träger der Maßnahme:	Bundesministerium der Verteidigung Wehrbereichsverwaltung Ost der Bundeswehr Postfach 1149 15331 Straußberg
Bauherr:	BLB Brandenburgischer Landesbetrieb für Liegenschaften und Bauen Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus Juri-Gagarin-Straße 17 03046 Cottbus

Genehmigungsbehörde  
Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG: Stadt Cottbus  
Untere Abfallwirtschafts- und Bodenschutzbehörde  
Postfach 10 12 35  
03012 Cottbus

Untere Bauaufsichtsbehörde: BLB Brandenburgischer Landesbetrieb  
für Liegenschaften und Bauen  
Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus  
Juri-Gagarin-Straße 17  
03046 Cottbus

#### Planung Sanierungsmaßnahmen

Planung Boden- und Bodenluftsanierung: Ingenieurgruppe Fritzsche  
Ottilienstraße 17  
03050 Cottbus

Planung hydraulisch-biologische  
insitu Sanierung: CONSULAQUA Leipzig  
Beratungsgesellschaft mbH  
Bautzner Straße 67  
04347 Leipzig

Planung Straßenbau: Ingenieurbüro für Straßen- und Tiefbauplanung  
Stimmer & Namyslo  
Wilhelm-Külz-Straße 29  
03046 Cottbus

Planung Kampfmittel: Geotec Geotechnische Beratungsgesellschaft für  
Altlastensanierung mbH  
Dissenchener Straße 50  
03042 Cottbus

Fachplanung Statik Baugrubenverbau: Ingenieurbüro Reimann  
Baustatik und Konstruktion  
Am Gutspark 10  
03052 Cottbus

Planung Leitungen und Medien: Ingenieurbüro Christian Tobias  
Tief- und Straßenbau  
Görlitzer Straße 17  
03046 Cottbus

Prüfstatiker: Herr Dr.-Ing. Lorenz Jonigkeit  
Karl-Liebnecht-Straße 2  
03046 Cottbus

#### Ausführung hydraulisch-biologische insitu Sanierung

Unternehmer insitu Sanierung: IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG  
Hans-Böckler-Str. 22  
63263 Neu-Isenburg

Bauoberleitung/  
Örtliche Bauüberwachung: Bauregie GbR  
Thiemstraße 111  
03048 Cottbus

SIGEKO: Hampel, Kotzur & Kollegen  
Gesellschaft für Planung & Betreuung  
von Bauten mbH  
Sachsendorfer Straße 2C  
03058 Groß Gaglow

Prüfstatiker:	Herr Dr.-Ing. Lorenz Jonigkeit K.-Liebknecht-Str. 2 03046 Cottbus
Fachgutachterliche Begleitung Anlagen-/Verfahrenstechnik:	Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH Ostendstraße 25 12459 Berlin
Fachgutachterliche Begleitung insitu Sanierung:	Ingenieurgruppe Fritzsche Ottilienstraße 17 03050 Cottbus

### 1.3 Genehmigungen

Durch die Wehrbereichsverwaltung Ost der Bundeswehr erfolgte am 21.01.2004 über das MdF Referat Bundesbau die Beauftragung der Sanierungsmaßnahme an das LgBA Cottbus.

Der Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG, Liegenschaft: Flugplatz Cottbus, KF 15 Tanklager, LgKNr.: 718 500 4300 vom 17.03.2004 wurde durch die Untere Abfallwirtschafts- und Bodenschutzbehörde der Stadt Cottbus am 23.06.2004 für verbindlich erklärt. Mit der Erklärung der Verbindlichkeit des Sanierungsplanes sind die erforderlichen Genehmigungen aus anderen Rechtsgebieten eingeschlossen.

Im Rahmen des Zustimmungsverfahrens gemäß § 72 Brandenburgische Bauordnung (BbgBO) erfolgte am 26.05.2004 die Beantragung durch das Liegenschafts- und Bauamt Cottbus sowie am 28.07.2004 die Kenntnissgabe Nr.: 29.04 durch das Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr Land Brandenburg.

Im Rahmen der Verbindlichkeitserklärung des Sanierungsplanes wurde folgende wasserrechtliche Erlaubnis durch die Untere Wasserbehörde der Stadt Cottbus erteilt:

- Wasserrechtliche Erlaubnis zur Entnahme und Wiedereinleitung von Grundwasser für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung (Reg.-Nr.: 03-12052-025-04 vom 10.05.2004)

## 2 Standortangaben / Ausgangssituation

### 2.1 Territoriale Lage

Die territoriale Lage des Sanierungsgebietes Tanklager KF 15 wird durch folgende Angaben charakterisiert:

ehemalige Bundeswehrliegenschaft:	HFLPL/StoSan Zentrum Cottbus
LgKNr.:	718 500 4300
Land:	Brandenburg
Ort:	Cottbus
Lage:	Der Flugplatz grenzt nordwestlich an die Stadt Cottbus an.
Flächengröße:	Nord-Süd Ausdehnung: ca. 1,5 km Ost-West Ausdehnung: ca. 2,5 km

Koordinatensystem 42/83:	
Flugplatz:	Hochwert: von 57 37 400 bis 57 39 100 Rechtswert: von 54 49 800 bis 54 52 900

Tanklager:	Hochwert: von 57 38 350 bis 57 38 600 Rechtswert: von 54 51 950 bis 54 52 250 Geländehöhen: ca. 67,50 bis 68,50 m NHN
------------	---

Die Bundeswehrliegenschaft wurde am 30.04.2004 in das Allgemeine Grundvermögen überführt. Im September 2007 wurde die Liegenschaft durch die Stadt Cottbus erworben.

## 2.2 Vorliegende Untersuchungsberichte

Alle vorliegenden Untersuchungsberichte sind in der Anlage 1.1 benannt.

Im Rahmen des Altlastenprogrammes Ost der Bundeswehr, Phase I erfolgte auf der Bw-Liegenschaft Flugplatz Cottbus die Erfassung von Kontaminationsverdachtsflächen. In diesem Zusammenhang wurde das Tanklager als KVF 15 erfasst. Im Zeitraum von 1995 bis 1999 wurden Untersuchungen im Rahmen der Phase IIa (Orientierende Untersuchungen) und Phase IIb (Detailuntersuchungen) durchgeführt.

Die Sanierungsuntersuchung (gemäß Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg, Band 7, Punkt 2.1) wurde in 2000 bis 2002 ausgeführt:

- [1.36] Ingenieurgruppe Fritzsche: „Sanierungsuntersuchung Phase IIIa - Etappe 1 zur KF 15 Tanklager, Bw-Liegenschaft: Flugplatz Cottbus, LgKNr.: 706 005“, Cottbus, 28.09.2001
- [1.37] Ingenieurgruppe Fritzsche: „1. Zwischenbericht, Sanierungsplanung Phase IIIa, Liegenschaft: Flugplatz Cottbus, KF 15 Tanklager, LgKNr.: 706 005, Konkretisierung der Sanierungszielvorstellungen, Vorläufige Sanierungsziele und -zielwerte sowie vorläufige Sanierungszonen“, Cottbus, 28.02.2002

Die Kontaminationssituation in den Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser ist in [1.36] auf der Grundlage aller vorliegenden Untersuchungsergebnisse detailliert und in den nachfolgenden Textpunkten zusammenfassend beschrieben.

Die Herleitung von Sanierungszielen und -zielwerten sowie der Sanierungszonen erfolgte in [1.37]. Die Sanierungsvorplanung einschließlich Sanierungsvariantenvergleich (gemäß Materialien zur Altlastenbearbeitung im Land Brandenburg, Band 7, Punkt 2.3 bis 2.8) wurde in 2002 bis 2003 ausgeführt:

- [1.42] Ingenieurgruppe Fritzsche: „Endbericht, Sanierungsvorplanung Phase IIIa, Liegenschaft: Flugplatz Cottbus, KF 15 Tanklager, LgKNr.: 718 500 4300 (neu), 706 005 (alt), Sanierungsszenarien“, Cottbus, 17.06.2003

Der Sanierungsplan wurde 2004 erstellt:

- [1.43] Ingenieurgruppe Fritzsche: „Sanierungsplan nach § 13 BBodSchG, Liegenschaft: Flugplatz Cottbus, KF 15 Tanklager, LgKNr.: 718 500 3400“, Cottbus, 17.03.2004

und durch die Untere Abfallwirtschafts- und Bodenschutzbehörde der Stadt Cottbus wurde der Sanierungsplan gemäß § 13 Abs. 6 BBodSchG am 23.06.2004 ([6.1] bis [6.17]) für verbindlich erklärt.

## 2.3 Geologische und hydrogeologische Kenndaten

Die Beschreibung und Darstellung der geologischen und hydrogeologischen Standortsituation erfolgte ausführlich in [1.36]. Im vorliegenden Sanierungsbericht erfolgt lediglich eine Kurzdarstellung.

Die Liegenschaft befindet sich im südlichen Randbereich der Talsande des Baruther Urstromtales. Nördlich der Liegenschaft befindet sich eine quartäre Ausräumungszone, die Cottbuser-Schlichower Rinne. Großflächig sind fluviatile Bildungen des Spätglazials der Weichselkaltzeit bis Holozän verbreitet. Darunter lagern glazifluviatile Urstromtalbildungen der Weichsel-Kaltzeit. Die Mächtigkeiten dieses Komplexes überwiegend rolliger Sedimente liegen zwischen 13 m und 15 m. Unterlagert werden diese Sedimente von fluviatilen Bildungen des Frühglazials der Saale-I-Kaltzeit sowie des E2-Spätglazials. Diese überwiegend grobklastischen Sedimente erreichen Mächtigkeiten von 16 m bis 29 m. Die Quartärbasis liegt zwischen 20 m NHN und 37 m NHN (31 m – 46 m u.GOK). Im nordöstlich angrenzenden Bereich der Cottbus-Schlichower Rinne liegt die Quartärbasis zwischen 20 m NHN und 0 m NHN. Im Bereich dieser Ausräumungszone sind unter glazifluviatilen Nachschüttbildungen der E2-Glazion Vorschüttbildungen der E2-Glazion bzw. glazilimnische Nachschüttbildungen der E1-Glazion verbreitet.

Folgendes Normalprofil kann für den Bereich des Tanklagers angenommen werden:

Tab. 2.3-1 Normalprofil

Tiefe von	Tiefe bis	mögliche Mächtigkeit	Lithologie	Bemerkung
0,0 m	0,2 m	0,2 m – 3,0 m	A	
0,2 m	4,0 m	0,4 m – 4,0 m	fS - mS	im SE-Bereich mit geringen U-Linsen
4,0 m	4,2 m	max. 0,2 m	U bzw. H	nur lokal ausgebildet (südöstlich)
4,2 m	8,0 m	1,9 m – 6,0 m	mS - gS, fs	
8,0 m	10,0 m	2,0 m – 4,0 m	mS, fs, gs	
10,0 m	15,0 m	3,0 m – 8,0 m	gS, ms - g	
15,0 m	41,0 m	> 26,0 m	S – G	

Das Stadtgebiet Cottbus befindet sich somit im Einzugsgebiet des Hauptvorfluters Spree. Alle kleineren Flüsse und Gräben fließen zur Spree und münden in diesen Vorfluter. Der nächstgelegene Vorfluter ist der Zahsower Landgraben bzw. seine Nebenläufe, der den Flugplatz in westlicher Richtung entwässert. Im Bereich des Flugplatzes Cottbus und unmittelbarer Umgebung liegt ein ungespannter Grundwasserleiter im obersten Stockwerk vor. Der oberste Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet wird durch pleistozäne Ablagerungen gebildet. Diese überwiegend rolligen Sedimente erreichen in ihrer Gesamtheit Mächtigkeiten von 31 m bis 46 m. Für die fluviatilen und glazifluviatilen Sande ist eine gute Durchlässigkeit charakteristisch.

Das Grundwasserniveau im Bereich des Tanklagers KF 15 bewegt sich in Abhängigkeit von jahreszeitlichen Schwankungen zwischen 63,7 m NHN und 64,7 m NHN, dabei sind jahreszeitlich bedingte Grundwasserschwankungen von durchschnittlich  $\pm 0,5$  m zu verzeichnen. Es herrscht eine Grundwasserfließrichtung von N – NW vor. Entsprechend der Geländehöhen wurden Grundwasserflurabstände von ca. 1,9 m bis 4,5 m festgestellt. Weiterhin wurden Durchlässigkeitsbeiwerte von  $6,3 \cdot 10^{-4}$  m/s bis  $2,1 \cdot 10^{-4}$  m/s ermittelt. Entsprechend der festgestellten Grundwasserdynamik ist im Bereich der Bundeswehrliegenschaft von durchschnittlichen Abstandsgeschwindigkeiten von ca. 180 m/a bis ca. 200 m/a (ca. 0,5 m/d) auszugehen.

Besonderheiten wurden im 2. Halbjahr 2010 und 1. Halbjahr 2011 festgestellt, Zu diesem Zeitpunkt wurden deutlich erhöhte Grundwasserstände im Vergleich zu den statistischen Mittelwerten festgestellt, wie in Textpunkt 6.2 näher erläutert wird.

## 2.4 Kontaminationssituation Grundwasser vor Sanierungsbeginn

Die Beschreibung und Darstellung der Kontaminationssituation erfolgte ausführlich in [1.36]. Im vorliegenden Bericht erfolgt lediglich eine Kurzdarstellung. In Auswertung der Sanierungsuntersuchung [1.36] zur KF 15 Tanklager wurden folgende Feststellungen getroffen

- Die Grundwasserkontamination wurde vordergründig durch hohe BTEX+TMB-Konzentrationen in Begleitung mit MKW-Konzentrationen und untergeordnet PAK-Gehalten charakterisiert. Diese waren auf Schadstoffeinträge im Bereich des Tanklagers zurückzuführen.
- Die horizontale Ausbreitung der im Grundwasser gelösten MKW (~11.000 m<sup>2</sup>) und PAK (~18.000 m<sup>2</sup>) deckte sich im wesentlichen mit der horizontalen Ausbreitung der Bodenkontaminationen (BTEX+TMB, MKW) im Kapillarwasserhorizont. Die horizontale Ausbreitung der im Grundwasser gelösten BTEX+TMB (~28.000 m<sup>2</sup>) überschritt die horizontale Ausbreitung der Bodenkontaminationen (BTEX+TMB, MKW) im Kapillarwasserhorizont nur geringfügig.
- Die festgestellten Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser betragen MKW max.: 107 mg/l, BTEX+TMB max.: 15,1 mg/l und PAK max.: 0,271 mg/l. Die horizontale und vertikale Begrenzung der Grundwasserkontamination wurde festgestellt. Die Ausbreitung der Grundwasserkontamination reichte über die Liegenschaftsgrenzen hinaus.
- Die Ergebnisse zeigten, dass die Schadstofffahne sich unter den gegebenen Bedingungen in einem quasistationären Zustand (stagnierender Zustand) befand. Die weiterhin aus dem Boden in das Grundwasser eingetragenen Schadstoffe befanden sich mit den im Grundwasser erfolgenden Verdünnungseffekten, Sorption und Abbaureaktionen, d.h. mit den im Grundwasser vorhandenen gelösten Schadstoffen im Gleichgewicht.

- Es musste in diesem Zusammenhang und unter Berücksichtigung der Massenverteilung von Schadstoffen (Boden und Grundwasser) zumindest für die MKW davon ausgegangen werden, dass aktuell und zukünftig aus den Bodenkontaminationen (Residualsättigungen pendular und insular) nur sehr geringe gelöste Anteile in das Grundwasser eingetragen werden.
- Im Bereich der Schadstofffahne waren jedoch die Oxidationsmittel durch vergangene Abbaureaktionen weitestgehend verbraucht. Lediglich durch die Grundwasserdurchströmung der Schadstofffahne wurden Elektronenakzeptoren zugeführt. Hinsichtlich weiterer Abbaureaktionen war die Wirksamkeit der über den Grundwasserzstrom herangeführten Elektronenakzeptoren als äußerst gering zu bezeichnen.
- Entsprechend der o. g. Sachverhalte und der in [1.36] berechneten Gesamtabbaurrate war davon auszugehen, dass sich ohne einen Sanierungseingriff hinsichtlich des dargestellten Grundwasserschadens in einem absehbaren Zeitraum keine Veränderungen ergeben werden.

## 2.5 Schadstoffmassen vor Sanierungsbeginn

Entsprechend der Untersuchungsergebnisse beschränkt sich das Schadstoffinventar auf BTEX+TMB, MKW und PAK. Auf der Grundlage aller vorliegenden Untersuchungsergebnisse wurden in [1.36] die Schadstoffmassen innerhalb der einzelnen Medien berechnet.

In den Berechnungen der adsorbierten Schadstoffe im ungesättigten und gesättigten Bodenhorizont sind die Schadstoffe ab folgenden Konzentrationen berücksichtigt:

BTEX+TMB > 15 mg/kg  
 MKW > 1.000 mg/kg

In den Berechnungen der gelösten Schadstoffe im Grundwasser sind die Schadstoffe ab folgenden Konzentrationen berücksichtigt:

BTEX+TMB > 0,1 µg/l  
 MKW > 200 µg/l  
 PAK > 12 µg/l

Tab. 2.5-1 Schadstoffmassen

Medium	Schadstoffmasse		
	MKW	BTEX +TMB	PAK
	kg	kg	kg
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich	45.335	36,0	
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich	156.140*	577,8	
Bodenluft		8,417**	
Grundwasser	14,6	36,0	1,1
Phase	33.000		
<b>GESAMT</b>	<b>234.489,6</b>	<b>658,217</b>	<b>1,1</b>

\* Für den gesättigten Bodenbereich wurde die Schadstoffmasse auf der Grundlage der Ergebnisse der Grubensohlbeprobung vom 09.03.2006 für die Sanierungszonen V und VII nachberechnet und korrigiert.

\*\* Die Schadstoffmasse in der Bodenluft der Sanierungszone XIX wurde entsprechend der entnommenen Schadstoffmassen im Rahmen der Bodenluftabsaugung nachberechnet und korrigiert.

## 2.6 Sanierungsziele / -zonen / -zielwerte

Die Herleitung der Sanierungsziele und -zielwerte sowie der Sanierungszonen erfolgte im Rahmen der Sanierungsvorplanung [1.42].

Ziel der Standortsanierung war es, eine nachhaltige Verminderung des Gefährdungspotentials (Reduzierung der Emissions- und Immissionsrisiken) in einem technisch und wirtschaftlich vertretbarem Umfang zu erreichen. Zur Erreichung dieses Zieles wurden in erster Linie die hochbelasteten Boden- und Grundwasserleiterbereiche dekontaminiert.

Es wurden entsprechend des Sanierungszieles die zu eliminierenden Schadstoffmassen und Sanierungszonen in einem iterativen Prozess über Berechnungen und Simulationen im Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodell hergeleitet.

Die standortspezifischen Sanierungstechniken:

- Bodenaustausch im ungesättigten und gesättigten Bodenhorizont einschließlich kombinierte Grundwasserhaltung/-reinigung
- Phasenentnahme aus der offenen Baugrube
- Hydraulisch-biologische insitu Sanierung im gesättigten Bodenhorizont und Grundwasser
- Bodenluftabsaugung ausschließlich in der Sanierungszone XIX

wurden entsprechend der Kontaminationssituation und der Rand- und Zwangsbedingungen sowie ihrer jeweiligen Eignung bzw. Einsatzgrenzen ausgewählt und wurden in einer Verfahrenskombination angewendet. Die Sanierungszonen sind im Endbericht zur Bodensanierung [1.50] in den Anlagen 2.3 bis 2.6 dargestellt.

Tab. 2.6-1 Sanierungszonen

Sanierungs-zonen	Sanierungstechnik / Sanierungsverfahren	Horizont	Fläche	
		[m u. GOK]	[m²]	
I	Bodenaustausch	0 – 4	222	Sanierungsziel mit Abschluss der Bodensanierung erreicht (siehe [1.50])
II	Bodenaustausch	0 – 3	231	
III	Bodenaustausch	0 – 4	351	
IV	Bodenaustausch	0 – 4	1.760	
	Phasenentnahme aus der offenen Baugrube		1.000	
V*	Bodenaustausch	0 – 4*	169	
VI	Bodenaustausch	0 – 4	669	
	Phasenentnahme aus der offenen Baugrube		500	
VII*	Bodenaustausch	0 – 4*	789	
VIII	Bodenaustausch	0 – 4	603	
IX	Bodenaustausch	0 – 1	172	
X	Bodenaustausch	0 – 4	938	
XI	Bodenaustausch	0 – 5	440	
X und XI	Phasenentnahme aus der offenen Baugrube		600	
XIII	Bodenaustausch	3 – 5	405	
XIV	Bodenaustausch	3 – 4	143	
XV	Bodenaustausch	3 – 4	672	
XII	Bodenaustausch	3 – 5	988	Sanierungsziel mit Abschluss der hydraulisch-biologische in situ Sanierung erreicht (vgl. Textpunkt 7.2)
	hydraulisch-biologische in situ Sanierung gesättigter Bodenhorizont	5 – 6	130	
XVI	hydraulisch-biologische in situ Sanierung gesättigter Bodenhorizont	6 – 7	265	
XVII	hydraulisch-biologische in situ Sanierung gesättigter Bodenhorizont	4 – 5	33	
XVIII	hydraulisch-biologische in situ Sanierung des Grundwassers	3,5 - 10	12.400	
XIX	Bodenluftabsaugung	0 - 3,8	2.000	Sanierungsziel mit Abschluss der Bodenluftsanierung erreicht (siehe [1.51])

\* In den Sanierungszonen V und VII war ursprünglich der Bodenaustausch bis in eine Tiefe von 3 m vorgesehen. Entsprechend der Ergebnisse der Grubensohlbeprobung vom 09.03.2006 für die Sanierungszonen V und VII (nach Rückbau der Tankbehälter und Tankwannen) war der Bodenaustausch bis in eine Tiefe von 4 m erforderlich.

Die nach Abschluss der Boden- und Bodenluftsanierung verbliebenen Boden- und Grundwasserkontaminationen sind im Zusammenhang mit den Sanierungszone XII, XVI, XVII und der neu kartierten Sanierungszone XVIII im Aquifer für die hydraulisch-biologische insitu Sanierung (Stand 08/2006) in der Anlage 2.3 dargestellt.

### Sanierungszielwerte

Entsprechend der Herleitungen und Modellrechnungen wurden folgende Sanierungszielwerte für das Medium Grundwasser mit dem Sanierungsplan für verbindlich erklärt:

BTEX+TMB:	0,1 mg/l
MKW:	1,0 mg/l

Das Sanierungsziel Boden wurde durch die zu entnehmende bzw. zu eliminierende Schadstoffmasse, die für das Erreichen der Sanierungszielwerte Grundwasser erforderlich ist, charakterisiert. In diesem Zusammenhang erfolgte die Dekontamination von Kontaminationsquellen unter Berücksichtigung einer weiterhin industriell-gewerblichen Flächennutzung. Für den Boden wurden folgende Sanierungszielwerte mit dem Sanierungsplan für verbindlich erklärt:

1. Bodenmeter:	MKW < 1.000 mg/kg, BTEX+TMB < 15 mg/kg
2. - 5. Bodenmeter:	MKW < 5.000 mg/kg, BTEX+TMB < 50 mg/kg

Für die Bodenluft in der Sanierungszone XIX wurde folgender Sanierungszielwert mit dem Sanierungsplan für verbindlich erklärt:

BTEX+TMB:	< 100 mg/m <sup>3</sup>
-----------	-------------------------

### Einleitwerte für gehobene und gereinigte Grundwässer der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung

Für die Infiltration der gehobenen und gereinigten Grundwässer in das Grundwasser über Infiltrationsbrunnen im Rahmen der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung wurden folgende Einleitwerte festgelegt:

MKW	0,25 mg/l
BTEX+TMB	10,00 µg/l
davon Benzol	5,00 µg/l
PAK (EPA)	2,00 µg/l
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	max. 1.000 mg/l (unter Voraussetzung geschlossener Kreislaufführung)
Nitrat (NaNO <sub>3</sub> )	max. 150 mg/l (unter Voraussetzung geschlossener Kreislaufführung)

## **2.7 Flächeninanspruchnahmen und Flächennutzungen**

Die bisherigen Flächeninanspruchnahmen/-nutzungen zur Sanierung für die Zeiträume

09/2004 bis 11/2005	→ Bodensanierungsmaßnahmen
11/2005 bis 01/2007	→ Bodenluftsanierungsmaßnahmen
12/2006 bis 07/2012	→ hydraulisch-biologische insitu Sanierungsmaßnahmen

sind im Zwischenbericht zur Sanierung 12/2006 [1.49] dargestellt und beschrieben.

Die Übergabe der von nicht mehr beanspruchten Flächen erfolgte bis zum 15.01.2007 an die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben durch den BLB im Beisein der Standortverwaltung Doberlug-Kirchhain. Die Übergabeprotokolle wurden durch den BLB gesondert erstellt.

Nach Abschluss der Sanierungsmaßnahmen und Rückbau der Sanierungsanlagen erfolgte durch das BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus im Juli 2012 die Übergabe der Flächen an die Stadt Cottbus.

### 3 Kontaminationssituation nach Abschluss der Boden- und Bodenluftsanierung 2006

#### 3.1 Bodenkontamination

Die Kontaminationssituation im Medium Boden bzw. die verbliebenen Bodenkontaminationen nach Abschluss der Bodensanierung sind in den Anlagen 2.1 (MKW) und 2.2 (BTEX+TMB) in horizontaler und vertikaler Verteilung dargestellt.

Es erfolgte in den Sanierungszonen I bis XII der Bodenaustausch, d.h. die Entnahme kontaminierter Bodenbereiche bis in Tiefen von 3 m bis 5 m. Im Rahmen der Bodensanierung wurden 51.845,89 m<sup>3</sup> Boden aufgenommen. Davon wurden entsprechend der Haufwerksuntersuchungen und Einbauwerte 21.270,61 m<sup>3</sup> zum Wiedereinbau verwendet und 30.575,28 m<sup>3</sup> der Entsorgung/Verwertung zugeführt. Es wurden folgende Schadstoffmassen entnommen:

Tab. 3.1-1 Entnommene Schadstoffmassen aus dem Medium Boden

		MKW [kg]	BTEX +TMB [kg]
ungesättigter Bodenbereich	0 m - 1 m	15.156	0
	1 m - 2 m	12.114	0
	2 m - 3 m	10.170	36
	<b>GESAMT</b>	<b>37.440</b>	<b>36</b>
gesättigter Bodenbereich	3 m - 4 m	65.800	313,7
	4 m - 5 m	9.620	59,4
	<b>GESAMT</b>	<b>75.420</b>	<b>373,1</b>

Nach Abschluss des Bodenaustausches im Rahmen der Bodensanierung verblieben die folgenden an der Bodenmatrix adsorbierten Schadstoffmassen.

Tab. 3.1-2 Vorhandene Schadstoffmassen im Medium Boden nach Bodensanierung

adsorbierte Schadstoffmasse		MKW [kg]	BTEX +TMB [kg]
ungesättigter Bodenbereich	0 m - 1 m	0	0
	1 m - 2 m	3.695	0
	2 m - 3 m	4.220	0
	<b>GESAMT</b>	<b>7.915</b>	<b>0</b>
gesättigter Bodenbereich	3 m - 4 m	48.580	88,2
	4 m - 5 m	13.970	116,5
	5 m - 6 m	4.600	
	6 m - 7 m	11.700	
	7 m - 8 m	1.873	
	<b>GESAMT</b>	<b>80.723</b>	<b>204,7</b>

#### 3.2 Grundwasserkontamination

Im Endbericht zur Bodensanierung [1.50] sind unter Textpunkt 5 die begleitenden Grundwasseruntersuchungen 2005 bis 2006 am bestehenden Messstellennetz beschrieben. In den Anlagen 12.5.13 bis 12.5.18 in [1.50] ist die Entwicklung der MKW- und BTEX+TMB-Verteilung nach Abschluss der Bodensanierung einschließlich Bauwasserhaltung für die Zeiträume 12/2005, 05/2006 und 08/2006 dargestellt.

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse 08/2006 wurden die im Grundwasser zum Zeitpunkt 08/2006 vorhandenen gelösten Schadstoffmassen berechnet.

Tab. 3.2-1 gelöste Schadstoffmassen im Grundwasser

	MKW	BTEX	PAK
Gesamtfläche Schadstofffahne	20.712 m <sup>2</sup>	29.300 m <sup>2</sup>	5.713 m <sup>2</sup>
Grenzisokonze Schadstofffahne	200 µg/l	0,1 µg/l	12 µg/l
Schadstoffmasse	18,23 kg	1,77 kg	0,24 kg

Auf der Grundlage der Grundwasseruntersuchungsergebnisse 2005 und 2006 (vgl. Anlagen 12.5.11 bis 12.5.18 in [1.50] ) sowie der festgestellten zeitlichen und qualitativen Veränderungen der Grundwasserkontamination erfolgte die Konkretisierung der Sanierungszone XVIII Grundwasser. Die in 2006 konkretisierte Sanierungszone XVIII ist in der Anlage 2.3 im Zusammenhang mit der zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Grundwasserkontamination dargestellt.

### 3.3 Bodenluftkontamination

Die Bodenluftkontaminationen (BTEX+TMB) wurden im Rahmen der Boden- und Bodenluftsanierung im Wesentlichen eliminiert. Ausschließlich in der Sanierungszone XIX sind noch Restkontaminationen von durchschnittlich 10 mg/m<sup>3</sup> vorhanden. Insgesamt wurde eine Schadstoffmasse von ca. 7,3 kg durch die Bodenluftabsaugung und ca. 1,5 kg durch den Bodenaustausch eliminiert.

### 3.4 Schadstoffmassenbilanz

Auf der Grundlage der Berechnungen zur Ist-Situation nach der Bodensanierung einschließlich Bauwasserhaltung sowie der Bodenluftsanierung werden in der Tab. 3.4-1 die ermittelten Schadstoffmassen nach Abschluss der Boden- und Bodenluftsanierung den Schadstoffmassen vor Sanierungsbeginn gegenübergestellt.

Tab. 3.4-1 Vergleich der Schadstoffmassen Situation 2001 zu 12/2006

		Schadstoffmasse		
		MKW [kg]	BTEX +TMB [kg]	PAK n. EPA [kg]
<b>Ist-Situation vor Bodensanierung 2001</b>				
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich		45.335	36	
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich		156.140	577,76	
Bodenluft			8,417	
Grundwasser		14,6	36	1,1
Phase		33.000		
<b>Gesamt vor Bodensanierung</b>		<b>234.490</b>	<b>658,117</b>	<b>1,1</b>
<b>Schadstoffelimination durch Sanierungsmaßnahmen Stand 12/2006</b>				
<b>Sanierungstechnik</b>	<b>Medium</b>			
Bodenaushub	ungesättigter Bodenbereich	37.440	36	
	gesättigter Bodenbereich	75.420	373,04	
	Bodenluft		1,153	
Absaugung	Bodenluft		7,26	
Phasenentnahme	Phase	33.000		
GW-Haltung bei Erdbau	Grundwasser	3,32	10,85	0,26
<b>eliminiert</b>		<b>145.860</b>	<b>428,303</b>	<b>0,26</b>
		<b>62%</b>	<b>65%</b>	<b>24%</b>
<b>Ist-Situation nach Bodensanierung Stand 12/2006</b>				
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich		7.915	0	
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich		80.723	204,72	
Bodenluft			0,004	
Grundwasser	Stand: GW-Monitoring 08-2006	18,23	1,77	0,24
Phase		0		
<b>Gesamt nach Bodensanierung</b>		<b>88.656,23</b>	<b>206,494</b>	<b>0,24</b>
		<b>38%</b>	<b>31%</b>	<b>22%</b>

Die tabellarische Zusammenstellung verdeutlicht, dass im Rahmen der Boden- und Bodenluftsanierung bereits 62% bzw. 65 % der vor Sanierungsbeginn vorhandenen Schadstoffmassen eliminiert wurden, jedoch noch immer eine Schadstoffmasse von ca. 90 t am Standort vorhanden ist. Wie die Aufspaltung der Schadstoffmasse auf die einzelnen Medien zeigt, liegen davon ca. 90% als adsorbierte Schadstoffmasse im gesättigten Bodenbereich vor.

In der Anlage 2.3 sind die nach Abschluss der Bodensanierung noch vorhandenen Bodenkontaminationen im Zusammenhang mit den Sanierungszonen der hydraulisch-biologische insitu Sanierung dargestellt.

## **4 Ausführung der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung**

### **4.1 Sanierungstechnologie der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung**

Die nach der Bodensanierung verbliebenen, an der Bodenmatrix adsorbierten Schadstoffe im gesättigten Bodenhorizont in den Sanierungszonen XII, XVI, XVII und XVIII sowie gelösten Schadstoffe im Grundwasser in der Sanierungszone XVIII wurden mittels einer hydraulisch-biologischen insitu Sanierung eliminiert.

Im Rahmen der Sanierungsvorplanung wurde festgestellt und dargelegt, dass die vorhandene Grundwasserkontamination nicht allein durch eine hydraulische Sanierungsmethode (z.B. „Pump and Treat“) zu entfernen ist. Die Ergebnisse von im Jahre 2001 durchgeführten Laborversuchen zeigten, dass die im Grundwasser hauptsächlich auftretenden Schadstoffe (MKW, BTEX, PAK) sehr gut mikrobiologisch abbaubar sind, wenn eine ausreichend große Menge von Sauerstoffträgern ( $H_2O_2$  und Nitrat) zur Verfügung gestellt werden. Es wurde abgeschätzt, dass für den Abbau von 1 kg Schadstoffen (in diesem Fall unabhängig von der Schadstoffart, MKW oder BTEX) ca. 10 kg  $H_2O_2$  – Wirkstoff eingesetzt werden müssen.

Nitrat ist ein vergleichsweise kostengünstiger Elektronenakzeptor, der für die Umsetzung der vor Ort vorhandenen sulfidischen Depots eingesetzt wird. Zusätzlich kann auch ein Teil der organischen Belastung mit Hilfe von Nitrat biologisch abgebaut werden. Damit sollte aus Gründen des Sanierungsfortschrittes wie auch der Wirtschaftlichkeit der aerobe Abbau bevorzugt bei Stoffen genutzt werden, die dieses erfordern, und mit der parallelen Eingabe von  $H_2O_2$  und Nitrat gearbeitet werden. Erfahrungsgemäß beträgt die einzubringende Nitratmenge bzw. -konzentration gemittelt über die Dauer der Sanierung ca. ein Sechstel der  $H_2O_2$  – Menge.

Als Ergebnis eines in der Sanierungsvorplanung durchgeführten Variantenvergleiches wurde eine Vorzugslösung für die Grundwassersanierung entwickelt. Das Sanierungssystem für die Sanierung des Grundwassers Sanierungszone XVIII sowie der gesättigten Bodenzone der Sanierungszonen XII, XVI und XVII (vgl. Anlage 2.3) besteht aus einer hydraulischen Maßnahme in Kombination mit biologischen insitu Technologien.

Es erfolgte eine Grundwasserförderung aus 6 Brunnen, die im Abstrom der hochbelasteten Bereiche angeordnet wurden. Die Brunnen wurden als sogenannte UES–Brunnen (Unterirdische Enteisenung mit Schadstoffelimination) konzipiert. Hierbei wurden die Brunnen wechselweise als Förder- und Schluckbrunnen betrieben. In der Schluckphase wurde ein Teil der geförderten und aufbereiteten Wassermenge mit dem Sauerstoffträger Wasserstoffperoxid in die Brunnen zurückgeführt, damit sich um die Brunnen herum eine Oxidationszone entwickeln konnte, in der eine insitu Enteisenung und eine insitu Vorreinigung des in der Förderphase durchströmenden belasteten Grundwassers erfolgte. Das geförderte und durch die UES-Brunnen vorgereinigte Wasser wurde in einer Grundwasser-aufbereitungsanlage behandelt.

Am Rande und innerhalb der hochbelasteten Bereiche wurden insgesamt 31 Infiltrationsbrunnen (IB 1 bis IB 31) in Galerien errichtet, in die gereinigtes und mit Sauerstoffträgern ( $NO_3$  und  $H_2O_2$ ) angereichertes Wasser zur Stimulation des Schadstoffbioabbaus bzw. überschüssiges abgereinigtes Grundwasser infiltriert wurde.

Die Anordnung der Förder- (UES) und Infiltrationsbrunnen (IB) wurde im Rahmen der Planung mit Hilfe des numerischen Grundwassermodells ermittelt. Hierbei wurde berücksichtigt, dass die über die Infiltrationsbrunnen infiltrierten Wässer wieder von den UES-Brunnen abgefangen werden, so dass ein vollständiger Kreislauf zwischen Infiltration und Entnahme hergestellt wurde. Hierzu waren im Rahmen der fachtechnischen Begleitung zur Sanierung Konkretisierungen erforderlich um eine optimale Durchströmung der Sanierungszonen mit den  $H_2O_2$  und  $NO_3$  angereicherten Infiltrationswässern zu erreichen (vgl. Textpunkt 4.5).

Die Dimensionierung der technischen Systeme erfolgte auf der Basis von Bilanzierungen des Oxidationsmittelbedarfes und der damit zusammenhängenden Infiltrationswassermengen sowie der Abschätzung einer Mindestsanierungszeit.

Die Darstellung der technischen Ausführung der Sanierungsanlage, die UES-Brunnen UES 1 bis 7 und die Infiltrationsbrunnen IB 1 bis IB 31 sind in der Anlage 3.1 zeichnerisch dargestellt.

Die hydraulisch-biologische insitu Sanierung war auf der Grundlage der fachspezifischen Berechnungen der Sanierungsplanung bis 2011 vorgesehen. Auf der Grundlage der Ergebnisse der begleitenden Grundwasseruntersuchungen sowie der ermittelten Abbauraten und darauf aufbauenden Prognoseberechnungen mit dem Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodell wurde die insitu Sanierung gesteuert und im Oktober 2011 in einer gemeinsamen Beratung mit dem Umweltamt [6.54] über die Beendigung entschieden. Durch die verfahrensführende Behörde (Stadtverwaltung Cottbus, Umweltamt) wurde unter der Voraussetzung, dass die Grundwasseruntersuchungen Messkampagnen Oktober und November 2011 die bisherigen Untersuchungen bestätigen, der Beendigung der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung im Februar 2012 zugestimmt.

## **4.2 Zeitlicher Ablauf der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung**

Bis Dezember 2006 wurden sämtliche Brunnen und technischen Anlagen zur hydraulisch-biologischen insitu Sanierung installiert. Mit der Inbetriebnahmephase wurde am 08.12.2006 begonnen. Für die Inbetriebnahme- und Optimierungsphase war eine Dauer von 3 Monaten vorgesehen. Der Regelbetrieb der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung begann im April 2007.

Die Sanierungsanlage (Grundwasseraufbereitungsanlage und Förderbrunnen UES) wurde über eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) gesteuert und geregelt. Die SPS-Baugruppen übernahmen neben der Steuerung und Regelung auch die Visualisierung, Alarmierung und Aufzeichnung aller Betriebsmeldungen (Data-Logging). Dies betraf auch sämtliche Pumpen und Schieber für den hydraulischen Kreislauf. Lediglich die Armaturen der Infiltrationsbrunnen wurden manuell geregelt.

Durch den Auftragnehmer (IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG) sowie die Bauüberleitung/örtliche Bauüberwachung (Bauregie GbR) und die Fachgutachterliche Begleitung "Anlagen-/Verfahrenstechnik" (Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH) wurde die Baudokumentation zu den technischen Einrichtungen, Steuerungseinrichtungen sowie Brunnen und Brunnenausrüstungen erstellt und liegt dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus vor. Die Baudokumentation ist nicht Bestandteil des vorliegenden Berichtes.

Von 01/2007 bis 06/2009 erfolgte eine Grundwasserförderung aus 6 Förderbrunnen (UES 1 und UES 3 bis UES 7), die im Abstrom der hochbelasteten Bereiche angeordnet waren. (vgl. Anlage 4.2)

Im Zeitraum vom 01.07.2009 bis 30.11.2009 wurde die Sanierungsanlage außer Betrieb genommen, um eine Beobachtungsphase durchzuführen. Auf der Grundlage des Grundwassermonitorings 2009 erfolgte die Anpassung der Sanierungszone Grundwasser und dementsprechend die Anpassung des Betriebsregimes der Sanierungsanlage (vgl. Anlagen 4.3 und 4.5).

Vom 01.12.2009 bis zum 16.03.2012 war die Sanierungsanlage wieder in Betrieb. Es erfolgte in diesem Zeitraum aufgrund der Reduzierung der Sanierungszone nun eine Grundwasserförderung aus 4 Förderbrunnen (UES 1 und UES 3, UES 6 und UES 7), die im Abstrom bzw. in der Nähe der hochbelasteten Bereiche angeordnet waren. Auf der Grundlage des Grundwassermonitorings 2010 konnte erneut eine Anpassung der Sanierungszone Grundwasser und dementsprechend die Optimierung des Betriebsregimes der Sanierungsanlage erfolgen (vgl. Anlagen 4.6 und 4.5). Die UES-Brunnen UES 4 und UES 5 wurden in diesem Zeitraum ausschließlich als Infiltrationsbrunnen genutzt.

## **4.3 Brunnen (UES- und IB-Brunnen)**

### **4.3.1 Brunnenstandorte**

Als Ergebnis eines in der Sanierungsvorplanung durchgeführten Variantenvergleiches wurde eine Vorzugslösung für die Grundwassersanierung entwickelt. Es wurde eine Grundwasserförderung aus 6 Brunnen (UES 1 bis UES 6), die im Abstrom der hochbelasteten Bereiche angeordnet sind, in Kombination mit 31 Infiltrationsbrunnen (IB 1 bis IB 31) geplant [1.48]. Entsprechend der durch die Boden- und Bodenluftsanierung bedingten Veränderungen der Kontaminationssituation wurde eine Modifizierung erforderlich (vgl. Textpunkt 4.3.2).

Die Standorte der Förderbrunnen (UES 1 bis UES 7) sowie der Infiltrationsbrunnen IB 1 bis IB 31 sind in der Anlage 2.3 im Zusammenhang mit der Sanierungszone XVIII (Grundwassers) sowie den Sanierungszonen XII, XVI und XVII (gesättigte Bodenzone) dargestellt.

#### **4.3.2 Anpassung der Brunnenstandorte an die konkretisierte Sanierungszone XVIII**

Nach Abschluss der Bodensanierung erfolgte auf der Grundlage der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 2005 und 2006 die Konkretisierung der Sanierungszone XVIII (vgl. Textpunkt 6.4 und 6.5 in [1.49]). Bedingt durch diese Modifikation wurde die Anpassung der Brunnenstandorte sowie des Förder- und Infiltrationsregimes der insitu Sanierung an die aktuelle Standortsituation erforderlich (vgl. Anlagen 2.3 und 4.2).

Zur Sicherstellung einer optimalen Durchströmung der Infiltrationswässer durch der Sanierungszone XVIII musste ein weiterer Förderbrunnen UES 7 (vgl. Anlage 4.2) installiert werden. Im Grundwasserströmungsmodell wurde bei den in der Anlage 4.1 dargestellten Förder- und Infiltrationsraten eine optimale Durchströmung der Sanierungszone XVIII bei Sicherstellung eines geschlossenen hydraulischen Kreislaufes ermittelt.

Aufgrund der erforderlichen Taktung (Betriebstakte) der UES-Brunnen für die unterirdischen Enteisung (Wechsel zwischen Förderung und Infiltration) fielen über die o. g. Förder- und Infiltrationsmengen weitere abzuschlagende gehobene und gereinigte Grundwässer (bis 8 m<sup>3</sup>/Std.) an (vgl. Anlag 4.1). Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigten, dass neben den ohnehin hierfür vorgesehenen Infiltrationsbrunnen IB 30 und IB 31 weiterhin IB 8, IB 9, IB 22, IB 23 und IB 24 zum Zweck des Abschlagens überschüssiger gehobener und gereinigter Grundwässer genutzt werden konnten.

#### **4.3.3 Brunnenausbau Infiltrationsbrunnen (IB)**

Die exakte Lage und Bezeichnungen der Infiltrationsbrunnen IB 1 bis IB 31 befinden sich in der Anlage 3.1.

Die Infiltrationsbrunnen (IB-Brunnen IB 1 bis IB 31) wurden mit einem Filterrohr (PE100, DN 125, Filterlänge 6 m, Schlitzweite von 1,5 mm) ausgebaut. Die Kiesschüttung im Ringraum bestand aus Filterkies (2,0 mm bis 3,15 mm) und einer Tonsperre (1 m, Wetroneit 50/10) über dem GW-Spiegel. Die Filteroberkante wurde verfahrensspezifisch auf der Höhe des maximalen GW-Ruhewasserspiegels installiert. Lediglich die OK-Filter des IB 30 und IB 31 wurde 1 m über dem maximalen GW-Ruhewasserspiegel angeordnet. Die Brunnen waren mit einem flexiblen Infiltrationsschlauch (PE100 DN 25) ausgestattet. Die Einleitung der Infiltrationswässer in den Brunnen erfolgte ca. 0,7 m über Filterunterkante. Die Wasserspiegelhöhen wurden über in den Brunnen installierten Druckdosen erfasst und an die SPS (über Signalkabel) übermittelt.

Die wesentlichen Ausbaudaten sind in der Anlage 3.7 tabellarisch zusammengestellt, die Bohrprofile und Ausbauezeichnungen der Brunnen sind in der Anlage 3.1 der Rückbaukonzeption [1.63] dokumentiert.

#### **4.3.4 Brunnenausbau Förderbrunnen (UES 1 bis UES 7)**

Die exakte Lage und Bezeichnungen der Brunnen UES 1 bis UES 7 befinden sich in der Anlage 3.1.

Die Förderbrunnen (UES 1 bis UES 7) wurden mit einem Filterrohr (PVC-U, DN 200, Filterlänge 4 m, Schlitzweite von 1,0 mm) ausgebaut. Die Kiesschüttung im Ringraum bestand aus Filterkies (2,0 mm bis 3,15 mm) und einer Tonsperre (1 m, Wetroneit 50/10) über dem GW-Spiegel. Die Filteroberkante wurde verfahrensspezifisch auf der Höhe des maximalen GW-Ruhewasserspiegels installiert.

Die Brunnen waren jeweils mit einem Infiltrationsschlauch sowie einer Förderleitung und einer Pumpe ausgestattet. Die Einleitung der Infiltrationswässer in den Brunnen erfolgte ca. 1 m über Filterunterkante. Die Ansaugstelle der Pumpe befand sich ca. 2 m über der Filterunterkante. Die Wasserspiegelhöhen wurden über in den Brunnen installierten Druckdosen erfasst und an die SPS (über Signalkabel) übermittelt. Diese dienten weiterhin als Trockenlaufschutz (Signal an SPS).

Die wesentlichen Ausbaudaten sind in der Anlage 3.7 tabellarisch zusammengestellt, die Bohrprofile und Ausbauezeichnungen der Brunnen sind in der Anlage 3.2 der Rückbaukonzeption [1.63] dokumentiert.

#### 4.3.4.1 Neubau Förderbrunnen UES 7

Im Juli 2006 wurde nach Erstellung des Grundwasserströmungsmodelles durch die Ingenieurgruppe Fritzsche festgestellt, dass die bereits fertiggestellten Brunnenstandorte keine optimale Durchströmung der Sanierungszonen gewährleisten können bzw. die aufbereiteten und mit Oxidationsmitteln angereicherten Infiltrationswässer nicht zu den UES-Brunnen fließen und den hydraulischen Kreislauf verlassen (vgl. Protokoll zur Fachberatung [5.6]). Aus diesem Grunde wurde nach Abstimmung mit dem BLB Cottbus und den Fachbauleitungen die Installation eines weiteren Förderbrunnens (UES 7) veranlasst. Der Ausbau des Brunnens UES 7 entspricht ebenfalls den o. g. Angaben. Der Betrieb des Brunnens UES 2 wurde vorerst zurückgestellt.

#### 4.3.4.2 Neubau Förderbrunnen UES 1/2 und UES 3/2

Entsprechend der Feststellungen der Brunnenlotungen am 13.02.2007 in den UES-Brunnen 1 und 3

UES 1	Filterunterkante 57,99 m NHN	Lottiefe 59,05 m NHN	Differenz: 1,06 m
UES 3	Filterunterkante 58,37 m NHN	Lottiefe 58,95 m NHN	Differenz: 0,58 m

und der Messungen der Sandgehalte bei Förderung der UES 1 und 3 sowie der am 09.03.2007 ausgeführten Kontrolle der Brunnen und Beseitigung der Auflandung in den Brunnen wurden Sandeinträge in die Brunnen während des lfd. Betriebes nachgewiesen.

An den aus den Brunnen UES 1 und UES 3 entnommenen Sandeinträgen wurden Siebanalysen zur Korngrößenbestimmung ausgeführt. Weiterhin erfolgte die Bestimmung der Korngrößen an einer Rückstellprobe des in die Ringräume der Brunnen eingebauten Filterkieses. Die Protokolle des Labores des Reinfeld+Schön Ingenieurbüros liegen dem BLB Cottbus vor.

Durch die Ingenieurgruppe Fritzsche erfolgte entsprechend der Festlegungen in der Bauberatung am 15.02.2007 die Überprüfung der eingebauten Filterkieskörnung und Filterschlitzweiten UES 1 bis UES 7 in Bezug auf die jeweilig angetroffenen geologischen Verhältnisse und vorliegenden Schichtenverzeichnisse der IMA. Weiterhin wurden die vorliegenden Sieblinien aus im Rahmen der Voruntersuchungen ausgeführten Sieb-Schlammanalysen in die Auswertung einbezogen. Die fachspezifischen Berechnungen und Prüfungen erfolgten nach dem DVGW-Merkblatt W 113 "Bestimmung des Schüttkorndurchmessers und hydrogeologischer Parameter aus der Korngrößenverteilung für den Bau von Brunnen" sowie nach BIESKE (BIESKE-Kurve) und THOLEN (THOLEN 1997, S. 58).

Im Ergebnis der Berechnungen wurde festgestellt, dass die Auswahl der Filterkieskörnung 2,0 mm bis 3,15 mm nach DIN 4924 sowie die ausgewählte Schlitzweite 1,5 mm des Filters den angetroffenen geologischen Verhältnissen entspricht.

Durch die Ingenieurgruppe Fritzsche erfolgte entsprechend der Festlegungen in der Bauberatung am 15.02.2007 die nochmalige Überprüfung der Entwicklung der Brunnen bei der Entsandung. Die Entsandung wurde durch die IMA nach DVGW-Merkblatt W 119 "Entwickeln von Brunnen durch Entsanden - Anforderungen, Verfahren, Restsandgehalte" durch abschnittsweises Intensiventsanden vorgenommen. Entsprechend der vorliegenden Dokumentation wurde bei allen Brunnen UES 1 bis UES 7 das Entsandungsziel 0,1 ml/10 l erreicht. Die Auswertung der Absenkbeträge bei Förderung und Anstiegsbeträge bei Infiltration des ausgeführten Betriebsregimes 24.01.2007 bis 26.01.2007 zeigte eine korrekte Funktionsweise der Brunnen UES 1 bis UES 7 [5.17].

Die am 13.03.2007 ausgeführten Kamerabefahrungen in den Brunnen UES 1 und UES 3 im Ruhezustand zeigten keine Beschädigungen bzw. Deformationen der Brunnenausbauten (Bodenkappen, Filter- und Vollwandrohre, Verbinder). Die Kamerabefahrungen bei Förderung zeigten deutlich Sandeinträge im Bereich der Pumpeneinhängbereiche (UES 1: ca. 9,0 m bis 7,80 m unter ROK; UES 3 ca. 9,3 m bis 8,0 m unter ROK). In den anderen Filterabschnitten war nur wenig bzw. kein Sandeintrag sichtbar.

Entsprechend der Kamerabefahrungen und vorliegenden Dokumentationen zum Brunnenbau wurden mangelhafte Ausführungen ausgeschlossen.

Entsprechend aller vorliegenden Ergebnisse verursachte der ausgeführte Brunnenausbau entsprechend der Brunnenfunktion und des Brunnenbetriebes (Filterstrecke ab GW-Anschnitt ohne Sumpfrohr, UWM-Pumpe in der Filterstrecke, intermittierender Betrieb des Brunnens (Wechsel zwischen Förderung und Infiltration)) die Sandführung und den Sandeintrag in die Brunnen UES 1 und UES 3. Bei Infiltrationsbetrieb strömte das Wasser in den Brunnen und zerstörte das bei Förderbetrieb aufgebaute Korngerüst. Im anschließenden Förderbetrieb wurden freigesetzte Fein- bis Grobsande gefördert. Die im Rahmen der Brunnenentwicklung gewünschte Suffosion (Austrag von Feinkorn) wurde durch die starke Belastung des Brunnens im Betrieb aufgrund der in der Filterstrecke eingehangenen Pumpe in eine Erosion überführt. Das DVGW-Merkblatt W 123 "Bau und Ausbau von Vertikalfilterbrunnen" (Punkt 5.4.1.2) sieht einen Einbau der UWM-Pumpe in die Filterstecke nicht vor bzw. schließt diesen aus. Jedoch bedingte die vorgesehene hydraulisch-biologische insitu Sanierung standortspezifisch die Verfilterung des Sanierungshorizontes.

Es wurde festgestellt, dass die Wirkung des intermittierenden Betriebes der Brunnen, hier Sandführung, mit einem anderen Brunnenausbau minimiert bzw. verhindert werden kann:

GOK bis GW max	Vollrohr
GW max bis ca. 10 m:	Filterrohrstrecke 6 m
10 m bis 13 m:	Vollrohr (Sumpfrohr)
Anordnung Pumpe:	im Sumpfrohr, Pumpen-UK ca. 1 m über Brunnensohle
Anordnung Infiltrationleitung:	im Sumpfrohr, 1 m unter Filter-UK
Bohrdurchmesser:	620 mm
zweifache Kiesschüttung:	Ringraum 2 x 100 mm

Im Rahmen der Fachberatung am 05.04.2007 [5.16] wurden die möglichen Alternativen diskutiert. Hierbei war zu berücksichtigen, dass eine Verringerung der Nettoförderraten in den UES 1 und UES 3 nicht möglich ist, da ansonsten ein geschlossener hydraulischer Kreislauf (zwischen Förderung aus UES-Brunnen und Infiltration in IB-Brunnen) nicht gewährleistet werden kann. Im Zeitraum 05.04.2007 bis 17.04.2007 wurden durch die Ingenieurgruppe Fritzsche und Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH verschiedene Lösungsmöglichkeiten untersucht. Hierbei wurden auch Anpassungen von Betriebstakten als Lösungsmöglichkeit betrachtet.

Unter der Berücksichtigung aller entscheidungsrelevanten Faktoren:

- Sandführung der Brunnen UES 1 und UES 3 in Abhängigkeit der Förderraten
- erforderliche Nettoförderraten zur Gewährleistung eines geschlossenen hydraulischen Kreislaufes (zwischen Förderung aus UES-Brunnen und Infiltration in IB-Brunnen, vgl. Punkt 1.3)
- unterirdische Enteisung bei Ergiebigkeitskoeffizienten 3 bis 5 und daraus resultierender Bruttoförderraten

wurde die Installation neuer Brunnen als einzige Möglichkeit zur Fortführung eines ordnungsgemäßen Sanierungsbetriebes in der Fachberatung am 17.04.2007 [5.16] entschieden.

Durch die Ingenieurgruppe Fritzsche erfolgte im Auftrag des BLB Cottbus die Ausführungsplanung [5.19] der Brunnen UES 1/2 und UES 3/2 entsprechend der Festlegungen in der Fachberatung am 17.04.2007 [5.16].

Die neuen Förderbrunnen UES 1/2 und UES 3/2 wurden ca. 1,5 m neben den bisherigen Brunnen UES 1 und UES 3 im Juni 2007 entsprechend der o. g. Ausbauangaben installiert und im Juli 2007 an die Anlage angeschlossen. Entsprechend der Festlegungen der BOL und Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH erfolgte kein Versetzen der Brunnenhäuschen. Die Abschlüsse der neuen Brunnen wurden jeweils in Brunnenhäuschen installiert und über unterflurige Leitungen an die bestehenden Anschlüsse in den Brunnenhäuschen angeschlossen. Die außerbetrieb genommenen Förderbrunnen wurden überflur verschlossen.

Die Bohrprofile und Ausbauzeichnungen der Brunnen sind in der Anlage 3.3 der Rückbaukonzeption [1.63] dokumentiert.

#### 4.3.5 Brunnenregenerierung IB-Brunnen 2008

Aufgrund von automatischen Datenmeldungen der SPS von häufigen Überstauungen einzelner Infiltrationsbrunnen im Juni und Juli 2007 wurden durch die Ingenieurgruppe Fritzsche die "Alarmdateien" vom Juli hinsichtlich aufgezeichneter "Überflutungen" von Infiltrationsbrunnen ausgewertet. Die in diesem Zeitraum in den "Alarmdateien" aufgezeichneten "Überflutungen" wurden dem BLB übergeben [5.23].

Die "Überflutung" eines IB heißt, dass der jeweilige IB die in den Brunnen eingeleitete Wassermenge nicht in der erforderlichen Zeit in den Untergrund infiltrieren kann. Der Wasserspiegel übersteigt daraufhin die Höhe der Überfüllsicherung.

Die "Überflutung" von IB`s kann durch verschiedene Faktoren verursacht werden:

- A unbeabsichtigte und unkontrollierte kurzzeitige Infiltration einer Wassermenge, die das Infiltrationsvermögen des jeweiligen IB übersteigt
- B Verlust der Brunnenleistung durch Brunnenalterung aufgrund chemischer bzw. chemisch-biologische Verockerung.  
Verminderung der hydraulischen Durchlässigkeit des Brunnens durch chemische bzw. mikrobiologische Ablagerungen in den Bereichen: Brunneninnenraum, Filterschlitz, Kiesschüttung und unmittelbar anstehender Boden im Aquifer. Die chemische bzw. chemisch-biologische Verockerung kann standortspezifisch mehrere Ursachen haben und diese können auch im Komplex auftreten:
  - mikrobiologischer Bewuchs in der Filterschicht der Infiltrationsbrunnen
  - mikrobiologische Verockerung durch Eisen und Manganbakterien, die zweiwertige Eisen- und Manganverbindungen aufnehmen und in Form von unlöslichen Verbindungen wieder ausscheiden
  - chemische Verockerung in Mischzonen von sauerstoff- und eisenhaltigem Wasser (chemische Oxidation von Eisen- und Manganverbindungen), diese Mischzonen sind im Umfeld der Infiltrationsbrunnen vorhanden

Die IB`s sind aufgrund ihrer Funktion die für eine Verockerung am stärksten gefährdeten Brunnen. Im IB bzw. im näheren Umfeld trifft das eisenarme und nährstoff-/sauerstoffreiche Infiltrationswasser auf das eisenreiche und sauerstoffarme Grundwasser. Im näheren Umfeld der IB`s treten in Folge der Infiltration zugleich nährstoffreiche und sauerstoffhaltige Milieubedingungen auf.

Durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG erfolgte keine Ursachenermittlung. Auf der Grundlage der durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG übergebenen Daten wurden die Wasserspiegellhöhen der IB`s ausgewertet.

Der durch die Ingenieurgruppe Fritzsche bis Juli ausgewertete Betriebszeitraum wies in den IB`s differenzierte jedoch kontinuierliche Anstiege der Wasserspiegellhöhen bei jeweilig gleicher Infiltrationsrate aus. Insbesondere bei den IB`s, bei denen in den Alarmdateien in der Vergangenheit mehrfach Überflutungen aufgezeichnet wurden, waren die höchsten Anstiege der Wasserspiegellhöhen bei gleichbleibender Infiltrationsrate festzustellen.

Aus diesem Grund wurde eine schnellstmögliche Inspektion (Brunnenzustandsanalyse) der IB`s empfohlen. Für die Sicherstellung einer ausreichenden Brunnenleistung über den Sanierungszeitraum war es notwendig, erforderliche Brunnenregenerierungsmaßnahmen bei Feststellung des Einsetzens von Verockerungsprozessen umgehend durchzuführen. Ein IB in einem weit vorangeschrittenem Stadium der Verockerung kann unter Umständen nicht mehr auf die erforderliche Brunnenleistung regeneriert werden. Die Erfahrungen aus anderen Sanierungsobjekten zur Entwicklung der Ergiebigkeiten von Infiltrationsbrunnen zeigten, dass auch im Rahmen der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung im Tanklager Flugplatz Cottbus zyklische und bedarfsgerechte Regenerierungsmaßnahmen an den IB`s erforderlich waren.

Durch das BLB Cottbus erfolgte für die Leistungen der Brunnenzustandsanalysen und bedarfsgerechten und problemorientierten Regenerierungsmaßnahmen eine beschränkte Ausschreibung nach VOB/A unter Beachtung der Zertifizierung nach DVGW- Arbeitsblatt W120 für die Gruppen R1 und R2 der Bieter [5.25].

Durch die pigadi GmbH wurden im Auftrag des BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus an den Infiltrationsbrunnen IB1, IB2, IB3, IB4, IB7, IB18, IB27, IB30 und IB31 im Zeitraum 07.01.2008 bis 01.02.2008 bei laufendem Betrieb der Sanierungsanlage durchgeführt:

- Brunnenzustandsanalysen (Kamerabefahrung und Kurzpumpversuch/Leistungstest)
- Vorreinigung mittels kombinierten Büstensystems
- Reinigung mittels Druckwellen-/Impulsverfahren bei gleichzeitigem Abpumpen der gelösten Ablagerungen sowie Überprüfung und Messung der ausgetragenen Feststoffanteile (hydropuls<sup>R</sup>)
- Kurzpumpversuch/Leistungstest nach Regenerierung

Die Ergebnisberichte zur Brunnenregenerierung (Dokumentation und Auswertung) wurden durch die pigadi GmbH dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus in 3facher Ausfertigung übergeben [1.52].

Es wurden keine Verockerungen bzw. mikrobiologische Bewüchse festgestellt, die die bisherigen Überflutungen erklären. Aus diesem Grund erfolgte auch vorerst keine Behandlung weiterer Brunnen.

#### 4.3.6 Infiltrationsteste IB-Brunnen 2008

Im weiteren Sanierungsablauf wurden in den durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG übergebenen Daten auch weiterhin Überflutungen von IB`s festgestellt.

Am 08.01.2007 wurde festgestellt, dass bei Einschaltung der IWP die im Verteilercontainer eingestellten Infiltrationsmengen der IB`s teilweise deutlich überfahren werden. Bei Anfahren der IWP wurde z.B. beim IB18 eine Infiltrationsmenge von bis zu 1,3 m<sup>3</sup>/Std. angezeigt (eingestellte Infiltrationsmenge 0,6 m<sup>3</sup>/Std.). Hier wurde das Abschalten der IWP aufgrund der Überstauung des IB18 bei einer Infiltrationsmenge > 1,2 m<sup>3</sup>/Std. beobachtet. Im Rahmen der laufenden Brunnenregenerierung wurde der IB18 gerade erst (14./15.01.2007) regeneriert.

Am 17.01.2007 wurde mit der BOL und dem BLB Cottbus im Verteilercontainer festgestellt, dass bei Einschaltung der IWP die im Verteilercontainer eingestellten Infiltrationsmengen der IB`s teilweise deutlich überfahren werden. Bei Anfahren der IWP wurde z.B. beim IB18 eine Infiltrationsmenge von bis zu 1,6 m<sup>3</sup>/Std. angezeigt (eingestellte Infiltrationsmenge 0,6 m<sup>3</sup>/Std.).

Die sich im Anfahrbetrieb einstellenden unterschiedlichen Druckverhältnisse an den Armaturen der jeweiligen IB`s im Verteilerhaus wurden bestimmt durch den Rohrreibungsverlust entsprechend der Leitungslänge bis zum jeweiligen IB einschließlich Rohreinbauten (Schieber, Krümmer etc.) und durch die jeweilig momentanen Wasserspiegelhöhen im IB. In diesem Zusammenhang waren auch die Abgänge der IB 1 bis IB 6 unmittelbar in der GAA zu berücksichtigen.

Beim Anfahren der IWP erreichte bei voreingestellten Ventilen (Leitungsquerschnitt) der IB den höchsten Durchsatz (m<sup>3</sup>/Std.), der die günstigsten Druckverhältnisse aufwies. Es wies im Anfahrbetrieb der IWP der IB die günstigsten Druckverhältnisse auf, der den geringste Widerstand aufwies (prioritär: Wasserspiegelhöhe im Brunnen über den getauchten Auslauf (10 cm Wassersäule ca. 0,01 bar); sekundär Leitungslänge (1 m Leitungslänge ca. 0,0005 bar). Das gleiche galt auch für die VWP und daran angeschlossenen IB`s.

Die Leitungslängen und Einbauten waren fixe Größen. Die jeweiligen Wasserspiegelhöhen im Brunnen über dem getauchten Auslauf konnten variabel sein.

D.h., ein IBx mit geringem Widerstand bekam im Anfahrprozess eine deutlich höhere Infiltrationsmenge und bevor der Druck in diesem IBx stieg und sich daraufhin die Druckverhältnisse mit anderen IB`s ausglich und sich daraufhin die Infiltrationsmenge in diesen IBx verringerte, kam es zur Überstauung des IBx. Dieser Sachverhalt erfolgte entsprechend der sich beim Anfahren einstellenden Druckverhältnisse bei verschiedenen IB`s. Die Überstauung des jeweiligen IB`s erfolgte aufgrund der Einleitung von Infiltrationsmengen > Infiltrationskapazität.

Auch nach der Regenerierung von ausgewählten IB`s kam es aufgrund des oben beschriebenen Anfahrprozesses zu weiteren Überstauungen/Abschaltungen einzelner IB`s und es ließen sich die jeweiligen Vorgaben der Infiltrationsmenge/IB nicht umsetzen.

Es blieb festzustellen, dass sich kein konstantes Betriebsregime mit konstanten Infiltrationsmengen und Druckverhältnissen einstellte. Weiterhin war anzunehmen, dass die IWP vor Erreichen des optimalen Arbeitspunktes bereits aufgrund einer Überstauung eines IB's abgeschaltet wurde. Es stellte sich die Frage, inwieweit bei diesem Anlagenzustand/Einbauzustand mit der vorhandenen manuellen Regeltechnik an den jeweiligen Infiltrationsleitungen überhaupt ein konstantes Betriebsregime mit konstanten Infiltrationsmengen und Druckverhältnissen einstellbar war.

Neben den o. g. Gründen, stellte sich auch die Frage nach Störungen der Druckdosen in den Infiltrationsbrunnen (IB) bzw. nachgeschalteten Modulen der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS). Durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG erfolgte auch nach der Brunnenregenerierung und der o. g. Beobachtungen keine Ursachenermittlung.

Zur weiteren Ursachenermittlung erfolgte daraufhin im gesonderten Auftrag des BLB Cottbus im Zeitraum 02.06.2008 bis 10.06.2008 Infiltrationsteste an allen Infiltrationsbrunnen ohne Anlagenbetrieb.

Hierzu wurden mit einer externen Pumpe die jeweiligen Infiltrationsbrunnen IB1 bis IB31 nacheinander mit 3 unterschiedlichen Infiltrationsraten beaufschlagt (IB1 bis IB31: 30 min: 0,4 m<sup>3</sup>/Std.; 60 min: 0,8 m<sup>3</sup>/Std.; 60 min: 1,2 m<sup>3</sup>/Std.; IB30 und IB31: 30 min: 1 m<sup>3</sup>/Std.; 60 min: 2 m<sup>3</sup>/Std.; 60 min: 3 m<sup>3</sup>/Std.). Die Wasserspiegelhöhen in den IB's wurden automatisch mittels der Druckdosen im Minutentakt aufgezeichnet. Weiterhin erfolgten manuelle Kontrollmessungen.

Die Ergebnisse wurden in Anlage 4.1 in [1.53] tabellarisch dargestellt. Es wurden auch bei einer Infiltration von 1,2 m<sup>3</sup>/Std. in die IB1 bis IB29 bzw. 3 m<sup>3</sup>/Std. in die IB30 und IB31 keine Überflutungen der eingestellten Überfüllsicherung festgestellt. Es wurde mit Infiltrationsraten getestet, die deutlich über den erforderlichen Infiltrationsraten des Regelbetriebes lagen.

Auch das Strömungsmodell wies bei kontinuierlicher Infiltration und gleichzeitiger Beaufschlagung aller IB's ohne Entnahme von Grundwasser aus den UES-Brunnen für die geringen Infiltrationsraten des Regelbetriebes Aufstauhöhen deutlich unterhalb der Überfüllsicherungen aus (vgl. Anlage 4.1 in [1.53]).

Selbst in den realen Betriebsphasen: Infiltration in die IB's bei gleichzeitiger Infiltration in den jeweils nahegelegenen UES (Gruppe: IB1 bis IB4 und UES 1; Gruppe: IB25 bis IB29 und UES 5; Gruppe: IB5, IB6 und UES 6; etc.) wurden von der Anlage keine Überflutungen aufgezeichnet.

Entsprechend der o. g. Brunnenregenerierungen, Brunnenteste und Auswertungen der Anlagendaten konnten potentielle Ursachen im Untergrund/Aquifer weitestgehend ausgeschlossen werden. Im Rahmen der Infiltrationsteste wurden fehlerhafte Aufschaltungen der Druckdosen auf die SPS sowie fehlerhafte Einstellungen/Einhängungen der Druckdosen festgestellt.

#### **4.3.7 Brunnenregenerierung 2010**

Im Februar 2010 wurde festgestellt, dass die Brunnen UES 6 und UES 7 im Betriebsregime Ke4 nicht die erforderliche Wassermenge von 3 m<sup>3</sup>/h netto förderten. Aus diesem Grund wurde zunächst am 31.03.2010 auf das Betriebsregime Ke5 umgestellt. Nach der Umstellung förderten die Brunnen UES 1, 3 und 6 die geforderten Wassermengen, UES 7 zu wenig.

Am 20.03.2010 wurden durch Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH für die UES Brunnen die Leistungsverluste seit Bau der Brunnen (Pumpversuch bei Entsandung – aktuelle Betriebsdaten) ermittelt. Folgende Leistungsverluste mit Stand 20.03.2010 wurden durch die Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH festgestellt:

UES 1: 76 %  
UES 3: 58 %  
UES 6: 20 %  
UES 7: 37 %

Aus diesem Grund wurde gemeinsam durch Fachbauleitung und Auftraggeber entschieden, dass an den vier in Betrieb befindlichen UES-Brunnen UES 1, UES 3, UES 6 und UES 7 eine Brunnenregenerierung erforderlich ist.

Durch die pigadi GmbH wurden im Auftrag des BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus an den UES-Brunnen UES 1, UES 3, UES 6 und UES 7 im Zeitraum 15.06.2010 bis 30.06.2010 durchgeführt:

- Brunnenzustandsanalysen (Kamerabefahrung und Kurzpumpversuch/Leistungstest)
- Vorreinigung mittels kombinierten Bürstensystems
- Reinigung mittels Druckwellen-/Impulsverfahren bei gleichzeitigem Abpumpen der gelösten Ablagerungen sowie Überprüfung und Messung der ausgetragenen Feststoffanteile (hydropuls<sup>R</sup>)
- Kamerabefahrung und Kurzpumpversuch/Leistungstest nach Regenerierung

Die Ergebnisberichte zur Brunnenregenerierung (Dokumentation und Auswertung) wurden durch die pigadi GmbH dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus in 3facher Ausfertigung übergeben [1.55], [1.56], [1.57], [1.58].

Bei der Kamerakontrollbefahrung nach erfolgter Regenerierung am Brunnen UES 7 wurde eine Beschädigung des Brunnenausbaus (ausgebrochene Filterstege) festgestellt. Die Reparatur erfolgte durch Setzen einer Edelstahl-Manschette im Teufenbereich von 6,48 m bis 6,88 m u.ROK [1.58].

Folgende spezifischen Ergiebigkeiten wurden aufgrund der Kurzpumpversuche ermittelt:

Tab. 4.3.7-1 Entwicklung der spezifischen Ergiebigkeiten

	<b>Neubau 2006/2007</b>	<b>vor Regenerierung 06/2010</b>	<b>nach Regenerierung 06/2010</b>	<b>Leistungs- steigerung</b>	<b>Brunnenverlust seit Neubau</b>
	(m³/h)/m	(m³/h)/m	(m³/h)/m		(m³/h)/m
UES 3	6,45	4,35	4,40	1,15 %	2,05
UES 1	8,62	4,98	5,38	8,00 %	3,24
UES 6	4,42	3,47	4,08	17,60 %	0,34
UES 7	6,45	4,78	4,81	1,00 %	1,64

Während der Regenerierung wurden aus den Brunnen Feststoffe und Schlamm (13,4 l bis 348,1 l) entfernt. Die erzielten Leistungssteigerungen an den Brunnen sind, wie in Tab. 4.3.7-1 dargestellt ist, unterschiedlich. Es wurde die Empfehlung gegeben, im Zusammenhang mit der monatlichen Messung, Dokumentation und Interpretation der Betriebsdaten eine darauf abgestimmte regelmäßige Instandhaltung der Bauwerke auszuführen, um möglichst langfristig die Wasserrförderung in ausreichender Menge zu gewährleisten.

#### 4.4 Grundwasseraufbereitungsanlage

Das aus den Förderbrunnen gehobene Grundwasser wurde in einer Grundwasseraufbereitungsanlage behandelt. Das aus den Förderbrunnen (UES) gehobene Grundwasser wurde über einen Trockenfilter und 2 Aktivkohlefilter (je ca. 6,8 m³ Aktivkohle) in den Entspannungsbehälter (ca. 30 m³) geleitet.

Aus dem Entspannungsbehälter wurde mittels der Pumpe RWP das gereinigte Wasser zur Rückspülung der UES-Brunnen über die Dosiereinrichtung H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> zu den Förderbrunnen (UES) geleitet.

Mittels Pumpe IWP wurde das gereinigte Wasser über die Dosiereinrichtung H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und NaNO<sub>3</sub> zu den Infiltrationsbrunnen (IB) geleitet. Im Rahmen der unterirdischen Enteisenung (UES) war die Betriebstaktung der Förderbrunnen erforderlich. In diesem Zusammenhang fiel im ESP überschüssiges Wasser an, welches mittels Pumpe VWP in die IB's abgeschlagen wurde.

Die Sanierungsanlage wurde über eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) gesteuert und geregelt. Die SPS-Baugruppen übernahmen neben der Steuerung und Regelung auch die Visualisierung, Alarmierung und Aufzeichnung aller Betriebsmeldungen (Data-Logging).

Anhand der durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG monatlich übergebenen Betriebsbücher und digitalen Datenerfassung erfolgte durch die Ingenieurgruppe Fritzsche die Auswertung der Förder- und Infiltrationsraten und die rechnerische Ermittlung der ausgeführten Betriebsregime/-takte. Eine Zusammenstellung der monatlichen Förder-/Infiltrationsmengen 12/2006 bis 03/2012 der jeweiligen UES sowie IWP und VWP ist in der Anlage 3.3 enthalten. Die Auswertungen der Ingenieurgruppe Fritzsche wurden dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus sukzessive entsprechend dem Eingang der monatlichen Betriebsbücher und dem Anlagenmonitoring gesondert übergeben ([5.18], [5.20]- [5.24], [5.29], [5.31], [5.32], [5.35], [5.36], [5.40], [5.42], [5.48], [5.51], [5.56], [5.59], [5.62], [5.63], [5.72], [5.80], [5.86]). Eine tabellarische Zusammenfassung der monatlichen Daten: Datum/Betriebszustände - Förderung/Infiltration – Nettoentnahmeraten/Betriebstakte - Förder-/Infiltrationsmengen 12/2006 bis 03/2012 ist in der Anlage 3.4 sowie die Zusammenstellung der Betriebszustände in Bezug auf Förderung und Infiltration 12/2006 bis 03/2012 in der Anlage 3.2 enthalten.

Durch den Auftragnehmer (IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG) sowie die Bauüberleitung/örtliche Bauüberwachung (Bauregie GbR) und die Fachgutachterliche Begleitung "Anlagen-/Verfahrenstechnik" (Umwelttechnik Dr. Bartetzko GmbH) wurde die Baudokumentation zu den technischen Einrichtungen, Steuerungseinrichtungen sowie Brunnen und Brunnenausrüstungen erstellt und liegt dem BLB Cottbus vor. Die Baudokumentation ist nicht Bestandteil des vorliegenden Berichtes.

Die Wasserbeschaffenheit wurde im in- und output der Grundwasseraufbereitungsanlage und nach einzelnen Verfahrensschritten/Modulen in regelmäßigen Intervallen kontrolliert (vgl. Textpunkt 4.6 und Anlagen 3.6.1 bis 3.6.14). In diesem Zusammenhang wurde die Einhaltung gemäß der wasserrechtlichen Genehmigung festgelegten Einleitwerte (vgl. Textpunkt 2.6) zur Infiltration der gehobenen und gereinigten Grundwässer sicher gestellt. In der Anlage 3.6.15 sind die Probenahmestellen in der Grundwasseraufbereitungsanlage schematisch dargestellt.

Dem aufbereiteten Wasser wurde vor Infiltration in die Infiltrationsbrunnen (IB)  $H_2O_2$  (max. 1.000 mg/l) und  $NaNO_3$  (max. 150 mg/l) zudosiert. Dem aufbereiteten Wasser wurde vor Infiltration in die Förderbrunnen (UES)  $H_2O_2$  (max. 1.000 mg/l) in Abhängigkeit der Ergebnisse der Enteisung zudosiert.

Die Ergebnisse zeigten, dass die unterirdische Enteisung und in diesem Zusammenhang die Vorreinigung der die Oxidationszone durchströmenden Grundwässer gut funktionierte. Dies wurde auch durch die erreichte lange Standzeit der Aktivkohle bestätigt (12/2006 bis 04/2008, Durchgang 146.206  $m^3$  Wasser).

Es erfolgte über die gesamte Laufzeit der Sanierungsanlage lediglich ein Aktivkohlewechsel im August 2008 [5.33], desweiteren erfolgten zu folgenden Zeiten Rückspülungen der Aktivkohlefilter:

25.10.2007, 25.08.2008, 08.12.2008, 01.12.2009, 16.03.2010, 23.09.2010, 22.12.2010, 01.07.2011, 02.11.2011, 09.12.2011

Über den gesamten Sanierungszeitraum wurden in Abhängigkeit von der Erfordernis zwischen 7 l/h und 20 l/h  $H_2O_2$  dem Infiltrationssystem zugeführt:

bis 05/2010	7 l/h – 13 l/h
bis 03/2012	10 l/h – 20 l/h

Die durchschnittliche Infiltrationsmenge lag bei 10 l/h - 12 l/h  $H_2O_2$ . Insgesamt wurden über den gesamten Sanierungszeitraum von Dezember 2006 bis März 2012 eine Menge von 357 t  $H_2O_2$  verbraucht. Nitrat wurde in einer Konzentration von ca. 0,33 kg/l vorgehalten und entsprechend der Vorgaben zudosiert. Insgesamt wurden über den gesamten Sanierungszeitraum von Dezember 2006 bis März 2012 eine Menge von 2,3 t Natriumnitratsalz eingesetzt.

## 4.5 Hydraulische Betriebsregime der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung

### 4.5.1 Ermittlung der erforderlichen Betriebsregime

Das Ziel eines optimalen Betriebsregimes ist die optimale Durchströmung der Sanierungszonen mit den Oxidationsmitteln ( $H_2O_2$  und  $NaNO_3$ ) angereicherten Wässern.

Vor Beginn der Sanierung erfolgte, wie bereits im Bericht [1.53] beschrieben die Ermittlung eines optimalen Betriebsregimes mit dem Grundwasserströmungsmodell. Im Modell wurde eine Vielzahl von Simulationen mit verschiedenen Förder- und Infiltrationsraten durchgeführt.

Die Überprüfung der Durchströmung der Sanierungszonen sowie der Gewährleistung eines geschlossenen Kreislaufes im Grundwasser wurde anhand der visualisierten sich einstellenden Bahnstromlinien überprüft. Im Ergebnis wurden, wie in der Anlagen 4.1 und 4.2 dargestellt, Förder- und Infiltrationsraten der Szenarien 3 (Förderrate und Infiltrationsrate jeweils  $13,5 \text{ m}^3/\text{Std}$ ) und 4 (Förderrate und Infiltrationsrate jeweils  $14,85 \text{ m}^3/\text{Std}$ ) ermittelt, wobei das Szenario 4 als das anzustrebende Optimum ermittelt wurde.

Im weiteren Schritt war es erforderlich in dieses Betriebsregime die unterirdische Enteisung (UES-Brunnen) unter Beachtung der in diesem Zusammenhang notwendigen Takte je UES-Brunnen (24 h Förderung, 12 h Infiltration, 12 h Ruhephase) einzuarbeiten und dabei über 48 Stunden die erforderlichen durchschnittlichen Förder- und Infiltrationsraten zu gewährleisten. Weiterhin waren in diesem Zusammenhang die bis dahin noch nicht bekannten, sich im Rahmen des Sanierungsbetriebes einstellenden Ergiebigkeitskoeffizienten KE von 1 bis 6 ( $KE = V_{\text{Förderung}}/V_{\text{Infiltration}}$ ) für die unterirdische Enteisung des jeweiligen UES-Brunnens zu berücksichtigen.

Die ermittelten erforderlichen Betriebstakte wurden in der Anlage 4.1 dargestellt. Der Ergiebigkeitskoeffizient  $KE = 4$  stellte unter Beachtung der standortspezifischen  $Fe_2$ -Gehalte im Grundwasser das Optimum dar.

Während bzw. am Ende der Beobachtungsphase 07-2009 bis 11-2009 erfolgte für die Fortsetzung der Sanierung der aktualisierten Sanierungszone Grundwasser (vgl. Anlage 4.3) die Ermittlung eines optimalen Betriebsregimes mit dem Grundwasserströmungsmodell. Im Modell wurde wiederholt eine Vielzahl von Simulationen mit verschiedenen Brunnenkombinationen, Förder- und Infiltrationsraten durchgeführt und im Ergebnis der Berechnungen analog der oben bereits beschriebenen Vorgehensweise die optimalste Variante ermittelt.

Das Szenario 22 (Förderrate und Infiltrationsrate jeweils  $12 \text{ m}^3/\text{Std}$ ) wurde als das anzustrebende Optimum ermittelt (vgl. Anlage 4.5). Im weiteren Schritt war es erforderlich, in dieses Betriebsregime die unterirdische Enteisung (UES-Brunnen) unter Beachtung der in diesem Zusammenhang notwendigen Takte je UES-Brunnen (24 h Förderung, 12 h Infiltration, 12 h Ruhephase) einzuarbeiten und dabei über 48 Stunden die erforderlichen durchschnittlichen Förder- und Infiltrationsraten zu gewährleisten. Der Ergiebigkeitskoeffizient  $KE = 4$  stellte unter Beachtung der standortspezifischen  $Fe_2$ -Gehalte im Grundwasser das Optimum dar (vgl. Anlage 4.4).

Da bereits in den ersten zwei Betriebsmonaten nach der Beobachtungsphase das vorgesehene Szenario 22 nicht optimal erreicht werden konnte, erfolgte im Januar eine nochmalige Optimierung des Betriebsregimes. Diesmal wurde unter Einbeziehung der nicht in Betrieb befindlichen UES 4 und UES 5 versucht, diese beiden Brunnen als Infiltrationsbrunnen zu nutzen, damit die IB zu entlasten und somit auch die Überflutungen von IB zu vermeiden.

Das Szenario 0110 (Förderrate und Infiltrationsrate jeweils  $12 \text{ m}^3/\text{Std}$ ) war Ergebnis der nochmaligen Berechnungen und wurde als auszuführendes Betriebsregime vorgegeben (vgl. Anlage 4.8). Im weiteren wurde auch in dieses Betriebsregime die unterirdische Enteisung (UES-Brunnen) unter Beachtung der in diesem Zusammenhang notwendigen Takte je UES-Brunnen (24 h Förderung, 12 h Infiltration, 12 h Ruhephase) eingearbeitet, um dabei über 48 Stunden die erforderlichen durchschnittlichen Förder- und Infiltrationsraten zu gewährleisten. Die ermittelten erforderlichen Betriebstakte sind in der Anlage 4.7 dargestellt. Der Ergiebigkeitskoeffizient  $KE = 4$  stellt unter Beachtung der standortspezifischen  $Fe_2$ -Gehalte im Grundwasser das Optimum dar.

#### 4.5.2 Ausgeführte Betriebsregime 12-2006 bis 06-2009

Anhand der durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG monatlich übergebenen Betriebsbücher und digitalen Datenerfassung erfolgte jeweils rückwirkend die rechnerische Ermittlung der ausgeführten Betriebsregime/-takte. In diesem Zusammenhang wurden durch die Ingenieurgruppe Fritzsche die Daten der Betriebs- und Wasseruhren erfasst (vgl. Anlagen 3.5.1 und 3.5.2) und mit den digitalen Daten abgeglichen. Die Auswertungen der Ingenieurgruppe Fritzsche wurden dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus sukzessive entsprechend dem Eingang der monatlichen Betriebsbücher und dem Anlagenmonitoring gesondert übergeben ([5.18], [5.20]-[5.24], [5.29], [5.31], [5.32], [5.35], [5.36], [5.40], [5.42]).

Für die Monate 01/2007 bis 06-2009 sind die jeweils über einen Monat gemittelten Netto-Förderraten (UES) und die Infiltrationsraten (IB) in der Anlage 4.9 tabellarisch dargestellt. Der Vergleich der Anlage 4.1 (Seite 1) und 4.9 zeigt, dass die gefahrenen Betriebsregime das Szenario 3 bzw. das Szenario 4 nicht erreicht haben.

Im Rahmen der Auswertung wurden die sich einstellenden Bahnstromlinien der jeweilig monatlich gemittelten Netto-Förderraten (UES) und die Infiltrationsraten (IB) im Grundwasserströmungsmodell erzeugt und visualisiert. Diese Darstellungen sind für die folgenden Zeiträume in den aufgeführten Berichten enthalten:

Monate	Bericht
01/2007 bis 04/2008	Zwischenbericht 2008 [1.53], Anlagen 3.4 bis 3.19
05/2008 bis 06/2009	Zwischenbericht 2009 [1.54], Anlagen 3.4 bis 3.17

Auch hier zeigte der Vergleich der Anlage 4.2 (Szenario 3) mit den o.g. Anlagen 3.4 bis 3.17 bzw. 3.19 in [1.53] und [1.54], dass bis zu diesem Zeitpunkt keine optimale Sanierungsausführung erreicht wurde.

Dies lag nicht am bis dato erreichten Ergiebigkeitskoeffizienten KE für die unterirdische Enteisung. Hier wurden bereits annähernd Ergiebigkeitskoeffizienten im Bereich  $KE = 3$  erreicht. Eine Ursache waren die in der Vergangenheit ständig aufgetretenen Überflutungen von IB's (vgl. [1.54] Textpunkt 5.2.5 und 5.2.6), deren Ursache nicht abschließend geklärt werden konnte. Bei Überflutungen der IB's schalteten die Pumpen IWP bzw. VWP ab. Daraufhin reagierte die Überfüllsicherung des Entspannungsbehälters, was wiederum die SPS veranlasste die Förderung aus den UES abzuschalten.

Diese z. T. in kurzen Zeitabständen auftretenden Ab- und Einschaltungen der Aufbereitungsanlage störten weiterhin die sensiblen Aggregate der Dosiereinrichtungen Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) und Nitrat ( $NO_3$ ). Hier traten in Folge Störungen in der Dosierung hinsichtlich der einzuhaltenden Konzentrationen und der Konstanz der Konzentrationen auf.

Im Zeitraum von Dezember 2006 bis Juni 2009 wurden kumulativ folgende Grundwassermengen gefördert bzw. aufbereitete Wässer in den Aquifer infiltriert (vgl. Anlage 3.3):

Summe Förderung UES 1 bis UES 7	274.899,68 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration UES 1 bis UES 7	115.342,21 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration Wässer mit Oxidationsmittel IB-Brunnen	128.183,32 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration Wässer ohne Oxidationsmittel IB-Brunnen	31.374,15 m <sup>3</sup>

#### 4.5.3 Beobachtungsphase 07-2009 bis 11-2009

Im Zeitraum vom 01.07.2009 bis 30.11.2009 wurde die Sanierungsanlage außer Betrieb genommen, um eine Beobachtungsphase durchzuführen.

Wie unter Textpunkt 6.3.3 beschrieben wird, nahmen die BTEX+TMB- und MKW-Konzentrationen seit 2007 in den Randbereichen der Sanierungszone XVIII kontinuierlich ab. Die Beobachtungsphase sollte vordergründig dazu dienen, eine Einschätzung der Grundwasserkontamination während einer unbeeinflussten Phase zu erzielen und zu erkennen, inwieweit es ggf. zu Rekontaminationen des Grundwassers aus den an der Bodenmatrix adsorbierten Schadstoffen kommen kann.

Für den genannten Zeitraum wurden durch den AG folgende Betriebszustände vorgegeben und realisiert:

Zeitraum:	01.07.2009 bis 30.11.2009
Dauer:	5 Monate
Außerbetriebnahme:	30.06.2009
Anlagenzustand:	01.07.2009 bis 31.07.2009 - Anlage außer Betrieb - Druckdosen in IB's und UES im durchgängigen Betrieb - durchgängige Aufzeichnung der Wasserspiegelmhöhen - Lieferung der digitalen Daten am 16.07.2009 und am 04.08.2009
Anlagenzustand:	01.08.2009 bis 31.10.2009 - Anlage außer Betrieb
Anlagenzustand:	01.11.2009 bis 30.11.2009 - Anlage außer Betrieb - Druckdosen in IB's und UES im durchgängigen Betrieb - durchgängige Aufzeichnung der Wasserspiegelmhöhen - Lieferung der digitalen Daten am 16.11.2009 und am 03.12.2009
Inbetriebnahme:	01.12.2009 Der Termin der Wiederinbetriebnahme wurde 2 Wochen vorher benannt. Das Betriebsregime wurde 1 Woche vorher benannt.

Im Zeitraum der Beobachtungsphase wurden die Einbauten der Brunnen (IB und UES) auf Verockerungen kontrolliert. Die Festlegung der Intervalle und Umfänge erfolgte durch Fachbegleitung Anlagentechnik und AN.

Gleichzeitig erfolgten während der Beobachtungsphase folgende zusätzliche Grundwasseruntersuchungen 07/2009, 09/2009 und 11/2009 (vgl. Anlagen 6.3.5 bis 6.3.13):

19 GWM und 4 IB: (23 Stück)	HY 14-96, HY 31-96, HY 36-97, HY 46-98, HY 49-99, HY 50-99, HY 03-01, HY 01-05, HY 02-05, HY 04-05, HY 05-05, HY 06-05, HY 07-05, HY 08-05, HY 09-05, HY 10-05, HY 11-05, HY 42-06, HY 45-06, IB 4, IB 6, IB 7, IB 28
chemische Analytik: (23 Stück)	MKW, BTEX+TMB, PAK nach EPA (nur in 3. Messung), Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Sulfid, Sulfat, ortho-Phosphat, Hydrogenkarbonat, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen gesamt, Eisen gelöst, Mangan, Gesamthärte, Karbonathärte, Säurekapazität pH 4,3, Basekapazität pH 8,2, TOC

Im Rahmen der Beobachtungsphase wurden keine Rekontaminationen des Grundwassers in den Randbereichen festgestellt. MKW-Konzentrationen über dem Sanierungszielwert wurden in der Beobachtungsphase nur noch im Bereich der HY 36-97 und HY 05-05 gemessen. Die BTEX+TMB-Konzentrationen lagen lediglich im Bereich der GWM HY 05/05 und GWM HY 06/05 über dem Sanierungszielwert und waren relativ konstant. Hauptbestandteile waren hier die Trimethylbenzole. Das kontaminierte Grundwasser erstreckte sich nur noch auf einer Fläche von ca. 4.300 m<sup>2</sup>, d.h. das kontaminierte Grundwasservolumen betrug bei einer Mächtigkeit von 6,5 m ca. 27.950 m<sup>3</sup>.

Die ursprüngliche Sanierungszone der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung des Grundwassers betrug 12.400 m<sup>2</sup> (vgl. Tab. 2.6-1 und Anlage 2.3) und umfasste ein Volumen von 80.600 m<sup>3</sup>, d.h. ca. 65% des ehemals kontaminierten GW-Volumens wurden bereits saniert.

Demzufolge konnte auf der Grundlage und in Auswertung des Grundwassermonitorings 2009 die Anpassung der Sanierungszone (vgl. Anlage 4.3 und in [1.54] Textpunkt 3.5) Grundwasser erfolgen. Begründet in dieser Veränderung war es erforderlich, eine Anpassung des Betriebsregimes der Sanierungsanlage vorzunehmen (vgl. Textpunkt 4.5.4).

#### 4.5.4 Ausgeführtes Betriebsregime 12-2009 bis 01-2010

Während bzw. am Ende der Beobachtungsphase erfolgte für die Fortsetzung der Sanierung der aktualisierten Sanierungszone Grundwasser (vgl. Anlage 4.3), wie bereits unter Textpunkt 4.5.1 beschrieben, die Ermittlung eines optimalen Betriebsregimes mit dem Grundwasserströmungsmodell (vgl. Anlagen 4.4. und 4.5). Das Szenario 22 (Förderrate und Infiltrationsrate jeweils 12,5 m<sup>3</sup>/Std) wurde als das anzustrebende Optimum ermittelt.

Aufgrund der Reduzierung der Sanierungszone war nun nur noch eine Grundwasserförderung aus 4 Förderbrunnen (UES 1 und UES 3, UES 6 und UES 7), die im Abstrom bzw. in der Nähe der hochbelasteten Bereiche angeordnet waren, erforderlich.

Anhand der durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG monatlich übergebenen Betriebsbücher und digitalen Datenerfassung erfolgte für die Monate 12/2009 und 01/2010 ebenfalls rückwirkend die rechnerische Ermittlung der ausgeführten Betriebsregime/-takte. Die Auswertung der Ingenieurgruppe Fritzsche wurden dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus gesondert übergeben ([5.48], [5.51]).

Für die Monate 12/2009 und 01/2010 wurden die über einen Monat gemittelten Netto-Förderraten (UES) und die Infiltrationsraten (IB) in der Anlage 4.9 tabellarisch dargestellt. Der Vergleich der Anlage 4.4 und 4.9 zeigte, dass das bisher gefahrene Betriebsregime das Szenario 22 (Förderrate und Infiltrationsrate jeweils 12,5 m<sup>3</sup>/Std) nicht erreichte .

Im Rahmen der Auswertung wurden die sich einstellenden Bahnstromlinien der jeweilig monatlich gemittelten Netto-Förderraten (UES) und die Infiltrationsraten (IB) im Grundwasserströmungsmodell erzeugt und visualisiert. Diese Darstellungen sind für den Zeitraum 09/2012 im folgenden Bericht enthalten:

Monate	Bericht
12/2009	Zwischenbericht 2009 [1.54], Anlage 3.18
01/2010	Zwischenbericht 2010 [1.61], Anlage 3.6

Auch hier zeigte der Vergleich der Anlage 4.5 (Szenario 22) mit der Anlagen 3.18 in [1.54], dass wiederholt keine optimale Sanierungsausführung erreicht wurde.

Im Zeitraum von Dezember 2009 bis Januar 2010 wurden kumulativ folgende Grundwassermengen gefördert bzw. aufbereitete Wässer in den Aquifer infiltriert (vgl. Anlage 3.3):

Summe Förderung UES 1 bis UES 7	18.934,31 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration UES 1 bis UES 7	6.224,12 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration Wässer mit Oxidationsmittel IB-Brunnen	8.577,94 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration Wässer ohne Oxidationsmittel IB-Brunnen	4.132,25 m <sup>3</sup>

#### 4.5.5 Ausgeführtes Betriebsregime 02-2010 bis 03-2012

In Diskussion mit der fachgutachterlichen Begleitung „Anlagen-/Verfahrenstechnik“ wurde nach Optimierungsvarianten gesucht. Es wurde geprüft, inwieweit die nicht mehr aktiven UES 4 und UES 5 im weiteren Sanierungsverlauf als reine Infiltrationsbrunnen genutzt werden können.

Da das Problem in der Anlage vermutlich darin lag, dass die IB-Brunnen sich im zweiten Zyklus (wenn die UES in Ruhe sind und nicht infiltrieren) verschluckten, und es dadurch zur reduzierten Förderung der UES kam, was wiederum dazu führte, dass die Gesamtnettoraten nicht eingehalten wurden, wäre eine zusätzliche Infiltration über die ungenutzten UES möglicherweise hilfreich, um diese Situation zu entschärfen. Ausgehend von den durchschnittlichen Nettoförder- und -infiltrationsmengen im Dezember, die bei 8,4 m<sup>3</sup>/h lagen, lag eine Wasserdifferenz von ca. 4 m<sup>3</sup>/h zum geforderten Betriebsregime vor. Diese überschüssigen 4 m<sup>3</sup>/h sollten in die UES 5 und UES 4 infiltriert werden.

Das Szenario 0110 (Förderrate und Infiltrationsrate jeweils 12 m<sup>3</sup>/Std) war Ergebnis der nochmaligen Berechnungen und wurde als auszuführendes Betriebsregime vorgegeben (vgl. Anlage 4.8).

Im weiteren wurde auch in dieses Betriebsregime die unterirdische Enteisung (UES-Brunnen) unter Beachtung der in diesem Zusammenhang notwendigen Takte je UES-Brunnen (24 h Förderung, 12 h Infiltration, 12 h Ruhephase) eingearbeitet, um dabei über 48 Stunden die erforderlichen durchschnittlichen Förder- und Infiltrationsraten zu gewährleisten. Die ermittelten erforderlichen Betriebsstakte sind in der Anlage 4.7 dargestellt. Der Ergiebigkeitskoeffizient  $KE = 4$  stellte unter Beachtung der standortspezifischen  $Fe_2$ -Gehalte im Grundwasser das Optimum dar.

Anhand der durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG monatlich übergebenen Betriebsbücher und digitalen Datenerfassung erfolgte jeweils rückwirkend die rechnerische Ermittlung der ausgeführten Betriebsregime/-takte. Die Auswertungen der Ingenieurgruppe Fritzsche wurden dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus sukzessive entsprechend dem Eingang der monatlichen Betriebsbücher und dem Anlagenmonitoring gesondert übergeben ([5.56], [5.59], [5.62], [5.63], [5.72], [5.80], [5.86]).

Im Rahmen der Auswertung wurden die sich einstellenden Bahnstromlinien der jeweilig monatlich gemittelten Netto-Förderraten (UES) und die Infiltrationsraten (IB) im Grundwasserströmungsmodell erzeugt und visualisiert. Diese Darstellungen sind für die folgenden Zeiträume in den aufgeführten Berichten enthalten:

Monate	Bericht
02/2010 bis 12/2010	Zwischenbericht 2010 [1.61], Anlagen 3.7 bis 3.17
01/2011 bis 12/2011	Zwischenbericht 2011 [1.62], Anlagen 3.4 bis 3.15

Die zusätzliche Infiltration über die Brunnen UES 4 und UES 5 ergab eine deutliche Entlastung hinsichtlich der zu infiltrierenden Wassermengen. Das vorgegebene Infiltrationsregime mit einer Förder- und Infiltrationsrate von  $12 \text{ m}^3/\text{Std.}$  konnte über den o.g. Betriebszeitraum annähernd erreicht werden.

Probleme traten lediglich im Zusammenhang mit der Grundwasserhochlage Herbst 2010/Frühjahr 2011 (vgl. [1.61], Textpunkt 3.1) bedingt durch das erhöhte Wasserdargebot auf. Hier wurden jedoch operativ in Abstimmung mit den Fachbauleitungen Anpassungen des Betriebsregimes vorgenommen, um den kontinuierlichen Betrieb der Sanierungsanlage aufrecht zu erhalten.

Im Zeitraum von Februar 2010 bis März 2012 wurden kumulativ folgende Grundwassermengen gefördert bzw. aufbereitete Wässer in den Aquifer infiltriert (vgl. Anlage 3.3):

Summe Förderung UES 1 bis UES 7	237.318,38 $\text{m}^3$
Summe Infiltration UES 1 bis UES 7	51.247,24 $\text{m}^3$
Summe Infiltration Wasser mit Oxidationsmittel IB-Brunnen	173.739,89 $\text{m}^3$
Summe Infiltration Wasser ohne Oxidationsmittel IB-Brunnen	12.331,25 $\text{m}^3$

#### 4.5.6 Ausgeführte Betriebsregime 2007 bis 2012

Wie bereits in den Berichten [1.53], [1.54], [1.61] und [1.62] dargelegt, war während der gesamten Betriebszeit der Sanierungsanlage entsprechend der Standortbedingungen und der Kontaminationssituation eine Anpassung der Betriebsregime erforderlich. Der Betrieb der Sanierungsanlage erfolgte entsprechend folgender Vorgaben:

Szenario 3 / Szenario 4                      07-2007 bis 07-2009 [1.53], [1.54]

SZ3 Ke3	Beginn:	30.07.2007
SZ4 Ke3	Beginn:	07.09.2007
SZ3 Ke5	Beginn:	28.01.2008
SZ4 Ke3	Beginn:	19.03.2008
SZ3 Ke3	Beginn:	11.12.2008

Beobachtungsphase                      07-2009 bis 11-2009 [1.54]

kein Betrieb (Ruhephase)

Szenario 22	12-2009 bis 01-2010 [1.54]
SZ 22 Ke3	Beginn: 01.12.2009
SZ 22 Ke4	Beginn: 08.12.2009
Szenario 0110	01-2010 bis 12-2010 [1.61]
SZ 0110 Ke4	Beginn: 19.02.2010
SZ 0110 Ke5	Beginn: 01.04.2010
Szenario 0110	01-2011 bis 12-2011 [1.62]
Anpassung des Förder- und Infiltrationsregimes aufgrund GW-Hochlage	Beginn: 28.01.2011
SZ 0110 Ke5	Beginn: 10.06.2011

Anhand der durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG monatlich übergebenen Betriebsbücher und digitalen Datenerfassung erfolgt jeweils rückwirkend die rechnerische Ermittlung der ausgeführten Betriebsregime/-takte. Die Darstellungen sind in den Berichten [1.53], [1.54], [1.61] und [1.62] enthalten.

Die Auswertungen der Ingenieurgruppe Fritzsche wurden dem BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus sukzessive entsprechend dem Eingang der monatlichen Betriebsbücher und dem Anlagenmonitoring gesondert übergeben ([5.18], [5.20]- [5.24], [5.29], [5.31], [5.32], [5.35], [5.36], [5.40], [5.42], ([5.48], [5.51], ([5.56], [5.59], [5.62], [5.63], [5.72], [5.80], [5.86]).

Im Zeitraum von Dezember 2006 bis März 2012 wurden kumulativ folgende Grundwassermengen gefördert bzw. aufbereitete Wässer in den Aquifer infiltriert (vgl. Anlage 3.3):

Summe Förderung UES 1 bis UES 7	531.152,37 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration UES 1 bis UES 7	172.813,57 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration Wässer mit Oxidationsmittel IB-Brunnen	310.501,15 m <sup>3</sup>
Summe Infiltration Wässer ohne Oxidationsmittel IB-Brunnen	47.837,65 m <sup>3</sup>

#### 4.6 Begleitendes Anlagenmonitoring

Die Wasserbeschaffenheit wurde im in- und output der Grundwasseraufbereitungsanlage und nach einzelnen Verfahrensschritten/Modulen in regelmäßigen Intervallen kontrolliert (vgl. Anlagen 3.6.1 bis 3.6.14). In der Anlage 3.6.15 sind die Probenahmestellen in der Grundwasseraufbereitungsanlage schematisch dargestellt. An folgenden Probenahmestellen wurde regelmäßig Vor-Ort-Analytik ausgeführt:

UES 1 bis UES 7	ca. 10 x monatlich
GAA1, GAA 6, GAA 7 und GAA 8	ca. 20 x monatlich

Dabei wurden folgende Parameter erfasst:

- pH
- Elektrische Leitfähigkeit EC (mS)
- O2-Gehalt (mg/l)
- Redoxpotential (mV)
- H2O2-Gehalt (mg/l)
- Geruch
- Eisen (mg/l)
- Nitrat (mg/l)
- Temperatur (°C)

Weiterhin erfolgte durchschnittlich einmal im Monat das Anlagenmonitoring an folgenden Probenahmestellen:

UES 1 bis UES 7, GAA1, GAA 3, GAA 6 und GAA 8

Die Probenahmen und chemische Analytik erfolgte in regelmäßigen Intervallen im Auftrag des Unternehmers (IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG) durch die AKS Aqua-Kommunal-Service GmbH Frankfurt (Oder). Dabei wurden folgende Parameter analysiert:

- Elektrische Leitfähigkeit
- Sauerstoff (gelöst)
- Wassertemperatur
- RedoxSpannung
- Peroxid
- Eisen (gesamt)
- Ammonium
- Nitrat
- Sulfid
- Kohlenwasserstoffindex
- BTEX
- PAK

Die Ergebnisse wurden durch die IMA dem BLB Cottbus gesondert übergeben. Die Erfassung der Ergebnisse erfolgte nach Übergabe durch die Ingenieurgruppe Fritzsche. In den Anlagen 3.6.1 bis 3.6.14 wurden die Daten tabellarisch entsprechend der Probenahmestellen zusammengestellt. In diesem Zusammenhang wurden die Ergebnisse gemäß der wasserrechtlichen Erlaubnis [6.3] regelmäßig der Unteren Bodenschutzbehörde der Stadt Cottbus übergeben ([6.34] – [6.49], [6.52],[6.53], [6.57]) .

In diesem Zusammenhang wurden die Einhaltung der gemäß wasserrechtlichen Genehmigung festgelegten Einleitwerte (vgl. Textpunkt 2.6) zur Infiltration der gehobenen und gereinigten Grundwässer sicher gestellt.

Die Ergebnisse zeigten, dass die unterirdische Enteisung und in diesem Zusammenhang die Vorreinigung der die Oxidationszone durchströmenden Grundwässer gut funktionierte. Dies wurde auch durch die erreichte lange Standzeit der Aktivkohle bestätigt (vgl. Textpunkt 4.4).

#### **4.7 Rückbau der Sanierungsanlagen**

##### **4.7.1 Vorbereitung des Rückbaus der Sanierungsanlagen**

Im Zeitraum von 12/2006 bis 02/2012 erfolgte die hydraulisch-biologische insitu Sanierung. Zum erfolgreichen Abschluss der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung und weiteren Abstimmung erfolgte am 28.10.2011 eine gemeinsamen Beratung mit dem Umweltamt der Stadt Cottbus [6.54].

In der o.g. Beratung erfolgte die Vorstellung der bis 2011 durchgeführten Sanierungen und deren Ergebnisse mit Verweis auf die Sanierungszielwerte gemäß Sanierungsplan [1.43] und Verbindlichkeitserklärung [6.1], [6.2] (vgl. Textpunkt 7.1).

Im Ergebnis der Beratung (vgl. Textpunkt 7.1) wurde festgelegt, dass ab März 2012 der vollständige Rückbau der Sanierungsanlagen über- und unterflur (Grundwasseraufbereitungsanlage, Leitungen und Medien, UES- und IB-Brunnen etc.) erfolgen kann.

Durch die Ingenieurgruppe Fritzsche wurde unter Berücksichtigung der geologischen/hydrogeologischen Standortverhältnisse vorgeschlagen, die Brunnen bis 2,5 m unter GOK rückzubauen und entsprechend zu verfüllen. Für diese Änderung war die Zustimmung durch die Untere Wasserbehörde erforderlich.

Aus diesem Grund wurde durch die Ingenieurgruppe Fritzsche zum geplanten Rückbau der Brunnen eine Rückbaukonzeption unter Beachtung des DVGW-Regelwerkes erstellt und bei der verfahrensführenden Behörde und der Unteren Wasserbehörde eingereicht [1.63]. Mit dem Schreiben vom 06.03.2012 [6.59] erteilte das Umweltamt der Stadt Cottbus die Zustimmung zur dargelegten Verfahrensweise.

Der Betrieb der Anlage wurde am 16.03.2012 eingestellt. Am 17.04.2012 fand eine Anlaufberatung [5.88] mit der IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG, wobei die genehmigte Rückbaukonzeption übergeben und durch die Ingenieurgruppe Fritzsche erläutert wurde.

#### 4.7.2 Rückbau der Sanierungsbrunnen

Es war unter Berücksichtigung der geologischen/hydrogeologischen Standortverhältnisse vorgesehen, die UES- und IB-Brunnen bis 2,5 m unter GOK rückzubauen und entsprechend zu verfüllen.

Die in der Rückbaukonzeption ursprünglich vorgesehene Verfüllung der Brunnen:

- |                           |          |
|---------------------------|----------|
| - ET bis 2,50 m u GOK     | Quellton |
| - 2,50 m bis 1,50 m u GOK | Füllsand |
| - 1,50 m bis GOK          | Quellton |

wurde nach Abstimmung mit dem Umweltamt in Hinblick auf die künftige Nutzung der Fläche nochmals modifiziert.

Der Rückbau der Brunnen wurde wie folgt realisiert::

- technische Entkernung der Brunnen  
(Demontage/Rückbau von Schläuchen, Leitungen, Druckdosen, Pumpen etc.)
- Aufnehmen, Abtransport und fachgerechte Entsorgung der Brunnenstuben inkl. Fundamente
- Rückbau der Rohrtour (Vollrohr) der Brunnen mit geeignetem Gerät  
bis ca. 2,50 m u. GOK in Abhängigkeit von Rohrmuffenverbindungen (vgl. Anlage 3.7)
- Verfüllung der Bohrlöcher:

- ET bis 1,50 m u GOK	Quellton
- 1,50 m bis GOK	Füllsand
- Herstellen einer grob planen Oberfläche, verdichtet

In der Rückbaukonzeption [1.63], Anlage 4 wurden die geplanten Rückbauten und Verfüllungen für die UES- und IB-Brunnen exemplarisch an drei Beispielen dargestellt (vgl. in [1.63], Anlage 4.1: Infiltrationsbrunnen IB 7 exemplarisch für IB 1 bis IB 31, Anlage 4.2: UES-Brunnen UES 4 exemplarisch für UES 1 bis UES 7 und Anlage 4.3: UES-Brunnen UES 1/2 exemplarisch für UES 1/2 und UES 3/2).

Im Zeitraum vom 16.05.2012 bis 16.06.2012 erfolgte durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG der Rückbau der 9 UES- und 31 IB- Brunnen:

UES 1, UES 1/2, UES 2, UES 3, UES 3/1, UES, 4, UES 5, UES 6, UES 7  
IB 1 bis IB 31

In der Anlage 3.1 ist die Lage der Sanierungsbrunnen dargestellt.

Die Rückbauarbeiten wurden durch die Ingenieurgruppe Fritzsche überwacht. Am 07.06.2012 fand eine gemeinsame Baustellenbegehung mit dem BLB Cottbus, Vertretern der Stadtverwaltung Cottbus sowie der Ingenieurgruppe Fritzsche statt. Die Beteiligten überzeugten sich vom ordnungsgemäßen Ablauf der Rückbauarbeiten. Weiterhin wurde im Rahmen der Begehung abgestimmt, dass aufgrund der unmittelbaren Nähe der Brunnen IB 5, IB 6 und IB 9 zur Burger Chaussee (außerhalb der Liegenschaft) von der vorgesehenen Vorgabe abgewichen wird und hier lediglich ein Rückbau bis 1,20 m u.GOK erfolgt sowie die Verfüllung mit Quellton 1,00 m u.GOK ausgeführt wird [5.89].

Die verbliebenen Rohrtouren sowie die ausgeführte Verfüllung der Brunnen wurden durch IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG dokumentiert. Die tabellarische Dokumentation zum Rückbau der Sanierungsbrunnen wurde durch IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG dem BLB Cottbus übergeben und liegt als Anlage 3.7 dem Bericht bei.

Die Endabnahmen der Baumaßnahme des BLB Cottbus mit der IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG erfolgte am 03.07.2012.

### **4.7.3 Rückbau der weiteren Module der Sanierungsanlage**

Im Zeitraum vom 16.05.2012 bis 16.06.2012 erfolgte durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG der Rückbau aller Leitungen und Module der Sanierungsanlage:

- Die GAA Anlage einschließlich Behälter, Pumpen und Technik sowie Elektro- und Bürocontainer wurde abtransportiert.
- Das Fundament der Halle wurde vollständig abgebrochen und am 07.06.2012 entsorgt.
- Die unterirdischen Leitungen der Sanierungsanlage einschließlich Versorgungsleitungen (Elt, FM, TW) wurden vollständig zurückgebaut.
- Die geforderten Nachweise des durchgeführten Rückbaus (Kennzeichnung auf den Lageplänen) wurden durch die IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG dem BLB Cottbus übergeben.
- Nach den Verfüllen der Leitungsgräben wurden im Auftrag der IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG Verdichtungskontrollen durchgeführt, die Verdichtungsnachweise wurden dem BLB Cottbus übergeben.

In der Anlage 3.1 ist die Lage der Sanierungsleitungen und Module der Sanierungsanlage (GAA, Container, Verteilerhäuschen Brunnenhäuschen) dargestellt. Bis auf die verbliebenen Rohrtouren der Sanierungsbrunnen (vgl. Textpunkt 4.7.2) wurden alle Leitungen und Module der Sanierungsanlage zurückgebaut.

Die Endabnahmen der Baumaßnahme des BLB Cottbus mit der IMA Umwelttechnik GmbH & Co KG erfolgte am 03.07.2012.

## **5 Begleitende Bodenuntersuchungen 2007 und 2011**

### **5.1 Bodenuntersuchungen 2007**

#### **5.1.1 Ziel der Bodenuntersuchungen**

Im Rahmen der Bau-/Fachberatung am 11.10.2007 [5.16] mit: BLB NL Cottbus, Bauoberleitung und fachgutachterlichen Begleitung wurde die Ausführung von zusätzlichen Bodenuntersuchungen im Rahmen der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung festgelegt.

Die Zielstellung der Bodenuntersuchungen beinhaltetete [5.26]:

- Im Abschlussbericht zur Bodensanierung [1.50] wurden die nach Abschluss der Bodensanierung verbliebenen Bodenkontaminationen horizontweise für die Schadstoffe MKW und BTEX+TMB dargestellt (vgl. Anlagen 2.1. und 2.2). Die Darstellungen gründeten auf den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen aus 2001, waren somit 2007 bereits 7 Jahre alt.
- Die von 2001 bis 2007 erfolgten Schadstoffminderungen der verbliebenen Bodenkontaminationen im grundwasserbeeinflussten Bodenhorizont (Kapillarwasserhorizont und Aquifer) durch natürliche Abbauprozesse wurden im Rahmen der Sanierungsplanung [1.42] nur theoretisch abgeschätzt.
- Die in den Grundwasseruntersuchungen 05/2006, 08/2006, 01/2007 und 05/2007 festgestellten Schadstoffkonzentrationen MKW und BTEX+TMB waren geringer in Konzentration und Ausbreitung als durch die Consulaqua GmbH im Rahmen der Planungen und Prognosen [1.42] angenommen.

Als Ursache für die genannten Sachverhalte wurden folgende Faktoren angenommen:

- Im Rahmen der Bauwasserhaltung zur Bodensanierung wurde eine große Masse (3,32 kg MKW und 10,85 kg BTEX+TMB) der im Grundwasser gelösten Schadstoffe entnommen. Weiterhin wurde im Rahmen der Bodensanierung eine große Schadstoffmasse (ca. 145 t MKW und 410 kg BTEX+TMB) aus dem Boden entnommen [1.50].

Die nach der Bodensanierung vorhandene Grundwasserkontamination wird im Wesentlichen durch die verbliebenen an der Bodenmatrix adsorbierten Schadstoffe (MKW ca. 81 t und BTEX+TMB ca. 205 kg; vgl. Anlagen 2.1 und 2.2 ) gespeist.

- In dem durch die Consulaqua GmbH in der Planung eingesetzten Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodell wurden die Abbauraten des natürlichen biologischen Abbaues der Schadstoffe in den Medien Boden und Grundwasser nicht berücksichtigt [1.42]. Aus diesem Grund konnten die Prognosen zur Schadstoffentwicklung im Grundwasser nach Abschluss der Bodensanierung einschließlich Bauwasserhaltung nur den schlechtesten Fall darstellen.

Jedoch war die Verringerung der Schadstoffmasse in Folge des natürlichen biologischen Abbaues und/oder die Verringerung des Nachspeisepotentials der im gesättigten Bodenhorizont verbliebenen an der Bodenmatrix adsorbierten Schadstoffe mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Die Grundwasserkontamination und deren zukünftiges Verhalten (Konzentration, Ausbreitung, Retardation) konnte nur bei gesicherten Kenntnissen zur Bodenkontamination (Quelle) und des Verhaltens der Schadstoffe im gesättigten Bodenhorizont (Konzentration, Löslichkeiten, biologische Abbaurate, Retardation) beurteilt werden.

Bereits im Sanierungsplan [1.43] (Punkt 3.3) sowie nochmals im Zwischenbericht 01/2007 [1.49] (Punkt 7) wurde ausdrücklich darauf hingewiesen und beschrieben, dass mit der hydraulisch biologischen insitu Sanierung die Elimination der gelösten Schadstoffe im Grundwasser und der an der Bodenmatrix im gesättigten Horizont adsorbierten Schadstoffe erfolgen soll und zwangsläufig erfolgt.

Nur die Elimination der an der Bodenmatrix im gesättigten Horizont adsorbierten Schadstoffe kann eine zukünftig nachhaltige Grundwasserbeschaffenheit gemäß der Sanierungsziele und -zielwerte sicher stellen.

Dies betraf die Bodenkontaminationen in den Sanierungszonen XII, XVI und XVII (MKW > 5.000 mg/kg) sowie außerhalb dieser Sanierungszonen verbliebenen Bodenkontaminationen im gesättigten Bodenhorizont. Die Aktualisierung der 7 Jahre alten Kenntnisse aus 2001 zur realitätsnahen Beurteilung war erforderlich.

### 5.1.2 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Im Zeitraum 29.10.2007 bis 06.11.2007 wurden zur Überprüfung der Schadstoffbelastungen im Boden außerhalb von Bereichen bzw. Horizonten der Bodensanierungszonen 10 Linerbohrungen mit einer Tiefe von jeweils 8 m niedergebracht (vgl. Anlagen 5.1 und 5.2).

Die Ansatzpunkte orientierten sich an früheren Aufschlüssen und festgestellten Schadstoffbelastungen sowie für die insitu Sanierung ausgewiesenen Sanierungszonen XII, XVI und XVII (vgl. Anlagen 5.1 und 2.3).

Die Beprobung erfolgte im Meterintervall (Braunglas und Headspace). Die Proben wurden jeweils am Tag der Probenahme an die Laborgesellschaft für analytische Chemie mbH in Cottbus übergeben. An den Proben der Meterintervalle ab 3 m unter GOK wurden die BTEX+TMB- und MKW-Konzentrationen bestimmt. Die Schichtenverzeichnisse der Linerbohrungen LB 01-2007 bis LB 10-2007 sind im Bericht [1.53] in der Anlage 1.3 enthalten. Der Laborprüfbericht zu den Bodenuntersuchungen liegt im Anhang 2.5 digital bzw. als Anhang 2.5 in Exemplar 1 des vorliegenden Berichtes im Original bei. In der Anlage 2.2 sind die Ergebnisse der chemischen Analytik tabellarisch zusammengefasst und in der Anlage 5.1 grafisch im Lageplan veranschaulicht.

Die Ergebnisse weisen in ehemaligen Kontaminationsschwerpunkten keine relevanten Schadstoffbelastungen aus. Lediglich in den LB 3-07, 4-07, 7-07 und 10-07 wurde in den gesättigten Bodenhorizonten 3 m bis 4 m unter GOK bzw. 4 m bis 5 m unter GOK erhöhte MKW-Konzentrationen 940 mg/kg bis 2.120 mg/kg festgestellt.

In der LB 4-07 wurde neben der MKW-Konzentration von 2.120 mg/kg im Horizont 4 m bis 5 m unter GOK auch eine erhöhte BTEX+TMB-Konzentration (225 mg/kg) festgestellt. Die LB 4-07 befindet sich unmittelbar im Grundwasseranstrom der o. g. GWM HY 05/05.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen weisen im Vergleich zu den Bodenuntersuchungen 1998 bis 2001 eine deutliche Konzentrationsabnahme aus.

## **5.2 Bodenuntersuchungen 2011**

### **5.2.1 Ziel der Bodenuntersuchungen**

Zur Überprüfung der Schadstoffbelastungen im Boden in Bereichen mit nach der Bodensanierung verbliebenen Restkontaminationen am Ende der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung sind Maßnahmen zur Überprüfung der Sanierungszielwerte Boden (vgl. Textpunkt 2.6) in den Sanierungszonen XII, XVI, XVII erforderlich.

### **5.2.2 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen**

Im Zeitraum 22.08.2011 bis 24.08.2011 wurden zur Überprüfung der Schadstoffbelastungen im Boden in Bereichen mit nach der Bodensanierung verbliebenen Restkontaminationen 9 Linerbohrungen mit einer Tiefe von jeweils 5 m bzw. 6 m niedergebracht (vgl. Anlagen 5.1 und 5.3). Die Ansatzpunkte orientierten sich an früheren Aufschlüssen und festgestellten Schadstoffbelastungen (vgl. Anlage 5.1).

Die Beprobung erfolgte im Meterintervall (Braunglas und Headspace). Die Proben wurden jeweils am Tag der Probenahme an die Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe übergeben. An den ausgewählten Proben der Meterintervalle ab 3 m unter GOK wurden die BTEX+TMB- und MKW-Konzentrationen bestimmt.

Die Schichtenverzeichnisse der Linerbohrungen LB 01-2011 bis LB 09-2011 sind im Bericht [1.62] in der Anlage 4.3 enthalten. Der Laborprüfbericht zu den Bodenuntersuchungen liegt im Anhang digital bzw. als Anhang 2.15 in Exemplar 1 des vorliegenden Berichtes im Original bei. In der Anlage 5.3 sind die Ergebnisse der chemischen Analytik tabellarisch zusammengefasst und in der Anlage 5.1 grafisch im Lageplan veranschaulicht.

Die Ergebnisse weisen in ehemaligen Kontaminationsschwerpunkten keine relevanten Schadstoffbelastungen aus. Lediglich in den LB 2-11 bis LB 5-11 sowie 8-11 und 09-11 wurden in den gesättigten Bodenhorizonten 3 m bis 4 m unter GOK bzw. 4 m bis 5 m unter GOK erhöhte MKW-Konzentrationen 1.100 mg/kg bis 3.300 mg/kg festgestellt. In der LB 5-11 wurde neben der MKW-Konzentration von 1.200 mg/kg im Horizont 4 m bis 5 m unter GOK auch eine erhöhte BTEX+TMB-Konzentration (50,7 mg/kg) festgestellt.

Die festgestellten Schadstoffkonzentrationen halten im Wesentlichen die Sanierungszielwerte ein und weisen im Vergleich zu den Bodenuntersuchungen 1998 bis 2001 eine deutliche Konzentrationsabnahme aus (vgl. Anlage 5.4).

Durch die hydraulisch biologische insitu Sanierung erfolgte auch eine effektive Reduzierung der an der Bodenmatrix gebundenen Schadstoffe, wie der nachfolgende tabellarische Vergleich der Schadstoffmassen Boden 2001-2011 zeigt:

Tab. 5.2.2-1 Schadstoffmassen Boden 2001-2011

	Schadstoffmasse Boden		
	MKW [kg]	BTEX +TMB [kg]	GESAMT Boden [kg]
<b>Ist-Situation vor Bodensanierung 2001</b>			
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich	45.335	36,0	<b>45.371,00</b>
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich	156.140	577,8	<b>156.717,80</b>
<b>Ist-Situation nach Bodensanierung Stand 12/2006</b>			
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich	7.915	0	<b>7.915,00</b>
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich	80.723	204,72	<b>80.927,72</b>
<b>Ist-Situation nach Insitu Sanierung Stand 12/2011</b>			
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich	0	0	<b>0,00</b>
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich	6.062	4,34	<b>6.066,34</b>

## 6 Grundwasseruntersuchungen 2007 -2012

### 6.1 Grundwassermessstellenkataster

Im Bereich der Liegenschaft sowie im nordöstlich angrenzenden Gebiet wurden im Zeitraum von 1996 bis 2000 im Rahmen der Untersuchungen [1.16, 1.20, 1.23, 1.26, 1.36] sowie nach Abschluss der Bodensanierung und in Vorbereitung der insitu Sanierung [1.50] zahlreiche Grundwassermessstellen errichtet.

Eine tabellarische Zusammenstellung der wesentlichen technischen Angaben zum Ausbau aller auf der Liegenschaft sowie in deren Umfeld vorhandenen Grundwassermessstellen befindet sich in Anlage 6.1.1 Eine Darstellung der Lage der im näheren Umfeld des Sanierungsbereiches vorhandenen Grundwassermessstellen befindet sich in der Anlage 6.2.4.

Im Rahmen der Bodensanierung war zwangsläufig der Rückbau von GWM im Bereich der Sanierungszonen, in denen ein Bodenaushub erfolgte, erforderlich. Die zurückgebauten Grundwassermessstellen im Sanierungsbereich sind in der Anlage 6.2.4 dargestellt und in Anlage 6.1.1 benannt. Desweiteren wurde im Rahmen des GW-Monitorings und der regelmäßigen Stichtagsmessungen im Zeitraum 2005 - 2009 die Zerstörung folgender GWM u.a. durch Bautätigkeiten (z.B. Neubau der Burger Chaussee, Munitionsräumung) festgestellt und deren Ersatzbau veranlasst:

Tabelle 6.1-2: Ersatzbau zerstörter GWM

GWMST	Rechtswert	Hochwert	Ø	Filter- strecke von	Filter- strecke bis	Bemerkung	Ersatz durch Neubau
	<b>System 42/83</b>	<b>System 42/83</b>	mm	m u.GOK	m u.GOK		
HY 42-98	54 51 979,316	57 38 609,644	50	8,00	2,00	2005/06	HY 42-06
HY 43-98	54 52 011,512	57 38 629,609	50	8,00	2,00	2005 im Rahmen Bodensanierung zurückgebaut	HY 02-05
HY 45-98	54 52 045,487	57 38 680,550	50	8,00	2,00	2005/06 zerstört bei Bau Burger Chaussee	HY 45-06
HY 47-99	54 52 149,019	57 38 603,034	50	7,00	2,00	2005 zerstört	HY 01-05
HY 48-99	54 52 040,088	57 38 495,591	50	7,00	2,00	2005 zerstört	HY 03-05
HY 49-99	54 51 969,271	57 38 664,264	50	7,00	2,00	2009 zerstört bei Munitionsräumung durch Stadt	HY 49-11
HY 55-99	54 51 980,779	57 38 726,785	50	7,00	2,00	2005/06 zerstört bei Bau Burger Chaussee	HY 55-06

Im Rahmen des Grundwassermonitoring 2012 wurde die Zerstörung der Grundwassermessstelle HY 8-05 festgestellt. Entsprechend ihrer Lage (Nähe zur HY 9-05) kann auf einen Ersatzbau der GWM verzichtet werden.

Die Lage der zerstörten/zurückgebauten sowie vorhandenen Grundwassermessstellen ist im vorliegenden Bericht in Anlage 6.2.4 veranschaulicht.

## 6.2 Stichtagsmessungen der Grundwasserspiegelhöhen

Im Rahmen der begleitenden Untersuchungen zur Sanierung KF 15 Tanklager erfolgten im Zeitraum von 2007 bis 2012 bisher 22 Stichtagsmessungen der Grundwasserspiegelhöhen im bestehenden Grundwassermessstellennetz (vgl. Anlage 6.2.1).

Die Stichtagsmessungen der Grundwasserspiegelhöhen erfolgten an folgenden Tagen:

23.01.2007, 29.01.2007, 01.03.2007, 26.03.2007, 02.05.2007, 23.05.2007, 02.11.2007  
 14.04.2008, 30.05.2008, 28.10.2008  
 17.04.2009, 13.07.2009, 17.09.2009, 30.11.2009  
 28.05.2010, 24.11.2010  
 26.04.2011, 17.08.2011, 20.09.2011, 21.10.2011, 30.11.2011  
 19.10.2012

Mit Hilfe des Computerprogramms SURFER (natural neighbor interpolation) wurden die Grundwasserisohypsenpläne für die jeweilige Stichtagsmessungen erstellt und ausgewählte Stichtagsmessungen in den Berichten [1.53], [1.54], [1.61] und [1.62] dargestellt. Im vorliegenden Bericht ist exemplarisch die Stichtagsmessung vom 19.10.2012 in Anlage 6.2.4 enthalten.

Das Grundwasserniveau bewegt sich durchschnittlich im Bereich der KF 15 in Abhängigkeit von jahreszeitlichen Schwankungen zwischen 63,8 m NHN und 65,5 m NHN, wobei eine Grundwasserfließrichtung von Nord bis Nordwest vorherrscht.

Im Zusammenhang mit der Hochwassersituation 2010 erfolgte durch die Ingenieurgruppe Fritzsche über den Zeitraum Januar 2010 - Januar 2012 eine Datenrecherche im Internet und die Zusammenstellung und Auswertung der dort durch das LUGV veröffentlichten Daten zu Niederschlägen und Grundwasserständen im Raum Cottbus (LUGV Wochenberichte Nr. 1/2010 – Nr.03/2012 [7]).

Im 2. Halbjahr 2010 und 1 Halbjahr 2011 wurden deutlich erhöhte Grundwasserstände im Vergleich zu den statistischen Mittelwerten festgestellt, wie die Abbildung 1 verdeutlicht und was auch die Ganglinien in Anlage 6.2.3 veranschaulichen. Die Abbildung 1 verdeutlicht das angestiegene GW-Niveau (Messpunkt Gulben) in Folge der reichen Niederschlagsmengen in 2010, wobei die höchsten GW-Stände im Januar 2011 zu verzeichnen sind. Dieser höchste Grundwasserspiegel lag für den Messpunkt des LUGV in Gulben (Abb. 1) ca. 0,7 m – 0,9 m über dem Monatsmittel.

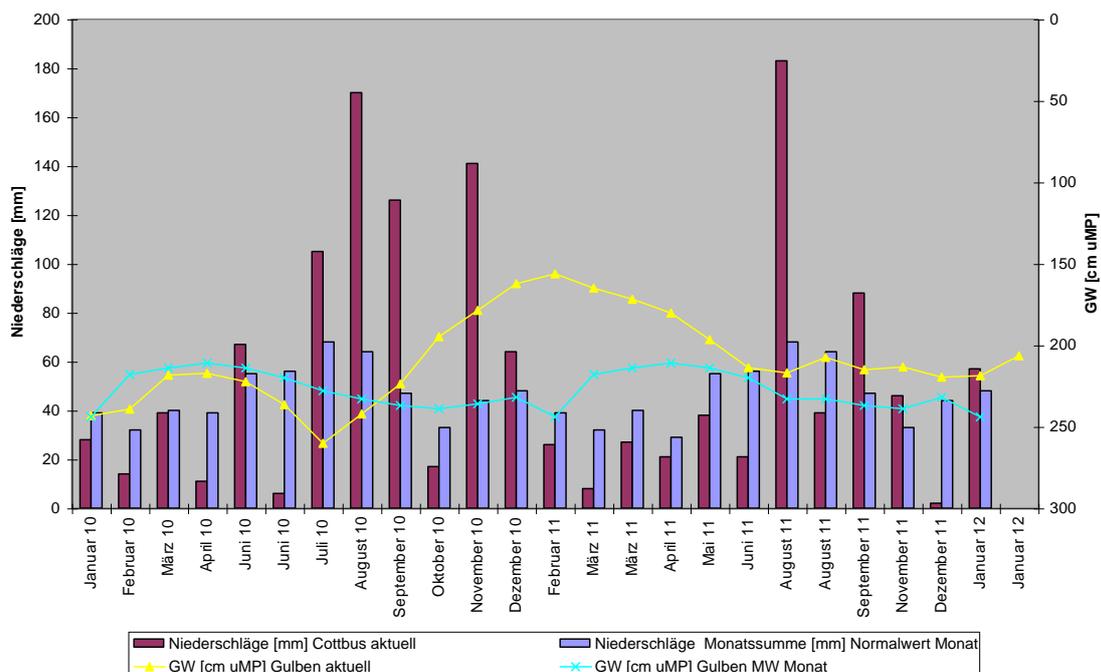


Abb. 1 Auswertung der Niederschlags- und GW-Verhältnisse im Zeitraum von 01/2010 bis 09/2011 im Raum Cottbus (Datengrundlage: LUGV Wochenberichte Nr. 1/2010 – Nr.40/2011)

Die Ursache für die hohen Grundwasserstände waren die extremen Niederschläge seit Juli des Jahres 2010, wie die Abb. 1 verdeutlicht. Im Zeitraum von Juli bis November, d.h. innerhalb von 5 Monaten, waren nach Angaben des LUGV [2.10] an der Station Cottbus 571 Millimeter Niederschlag gefallen. Dies entspricht in normalen Jahren der Niederschlagsmenge des gesamten Jahres. Wie die Abb. 1 zeigt, waren der August, der September und der November besonders niederschlagsreich.

Wie im Bericht des LUGV [2.10] beschrieben, führten die hohen Niederschläge zu einer Wassersättigung des Bodens, das in Geländesenken gesammelte Wasser konnte nicht mehr so schnell versickern. Dazu kam, dass die Verdunstung seit September stark reduziert war. Weiterhin wurde festgestellt, dass versickernde Niederschlagsmengen und ein geringeres Grundwassergefälle zu den randvoll gefüllten Flüssen zu einem starken Anstieg der Grundwasserstände insbesondere in den Urstromtälern um 0,80 bis 1,00 Meter führten. Dabei wurden lt. Angaben des LUGV teilweise die höchsten Grundwasserstände der letzten 30 bis 40 Jahre gemessen.

Für den Bereich des Tanklagers war zu beobachten, dass die Messung der Grundwasserstände im Frühjahr 2010 im Vergleich zu früheren Messungen (Vergleich Mai 2010 zu April 2009) im normalen Schwankungsbereich von ca. 10 cm lag. Ein Vergleich der Messungen der Grundwasserstände im Herbst 2010 ergab ein völlig anders Bild. Die Grundwasserstände lagen durchschnittlich 1,0 m bis 1,20 m über den Messwerten der vorangegangenen Herbstmessungen (Vergleich zu November 2009). Wie die Ganglinie in Anlage 6.2.3 verdeutlicht, wurden die höchsten GW-Stände im Bereich des Tanklagers im Zeitraum von November 2010 bis April 2011 gemessen. Auch danach war im Vergleich zum mittleren GW-Niveau noch ein höher GW-Stand festzustellen, jedoch pegelten sich inzwischen die GW-Stände allmählich wieder im durchschnittlichen Bereich ein.

### **6.3 Sanierungsbegleitende Grundwasseruntersuchungen 2007 - 2011**

#### **6.3.1 Ziel der sanierungsbegleitenden Grundwasseruntersuchungen**

Die Feststellung der Grundwasserbeschaffenheit hatte das Ziel, den Verlauf der Grundwassersanierung zu kontrollieren und zu dokumentieren. Aufgrund dieser Daten konnten Entscheidungen zu Optimierungsmaßnahmen getroffen werden. Das Überwachungsprogramm orientierte sich räumlich an den Sanierungszonen. Die Parameterumfänge wurden im Sanierungsplan [1.43] festgelegt (MKW, BTEX + TMB, PAK, Nitrit, Ammonium, Sulfid, Eisen ges., Eisen gel.).

#### **6.3.2 Untersuchungsumfänge und Dokumentation**

Im Rahmen des begleitenden Grundwassermonitorings zur insitu Sanierung erfolgten im Zeitraum von Dezember 2006 bis November 2011 jährliche Grundwasseruntersuchungen (Grundwasserprobenahmen aus dem Förderstrom mittels Unterwasserpumpe) an den in der Tabelle 6.3.2-1 genannten Grundwassermessstellen.

Tab. 6.3.2-1 Umfänge der Grundwasserprobenahmen und -untersuchungen 2007-2011

GWM	01/2007	05/2007	08/2007	11/2007	04/2008	10/2008	04/2009	07/2009	09/2009	11/2009	05/2010	11/2010	04/2011	08/2011	09/2011	10/2011	11/2011
HY 14-96	X	X		X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 15-96	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x	x	x	x	x
HY 26-96	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 31-96	X	X		X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 35-97	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 36-97	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 44-98	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 46-98	X	X		X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 49-11	X	X		X	X	X	x	x	GWM zerstört					x	x	x	x
HY 50-99	X	X		X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 51-99	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 52-99	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 56-99	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 57-99	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 58-99	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x				
HY 03-01	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 01-05	X	X		X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 02-05	X	X		X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 03-05	X	X		X	X	X	x		x		x	x	x	x	x	x	x
HY 04-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 05-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 06-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 07-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 08-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 09-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 10-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HY 11-05	X	X	X	X	X	X	x	x	x	x			x	x	x	x	x
HY 42-98 / HY 42-06	X	X		X	X	X	x	x	x	x			x	x	x	x	x
HY 45-98 / HY 45-06	X	X		X	X	X	x	x	x	x			x	x	x	x	x
HY 55-99 / HY 55-06	X	X		X	X	X	x		x				x	x	x	x	x
UES 1	X	X	X	X	X	X	x						x				
UES 3	X	X	X	X	X		x						x				
UES 4	X	X	X	X	X	X	x										
UES 5	X	X	X	X	X	X	x										
UES 6	X	X	X	X	X	X	x						x				
UES 7	X	X	X	X	X	X	x						x				
IB 4								x	x	x							
IB 6								x	x	x							
IB 7								x	x	x							
IB 28								x	x	x							
GAA input				X													
GAA output				X													

Das Grundwassermonitoring der KF 15 Tanklager beinhaltet die nachfolgenden Untersuchungen an den in Tab. 6.3.2-1 genannten GWM:

- Grundwasseruntersuchungen 01/2007, 05/2007, 08/2007, 11/2007 während des Betriebes der insitu Sanierung  
MKW, BTEX + TMB, PAK, Nitrit, Ammonium, Sulfid, Phosphat ges., Eisen ges., Eisen gel.

- Grundwasseruntersuchungen 04/2008, 10/2008  
während des Betriebes der insitu Sanierung  
MKW, BTEX + TMB, PAK, Nitrit, Ammonium, Sulfid, Phosphat ges , Eisen ges., Eisen gel.
- Grundwasseruntersuchungen 04/2009, 07/2009, 09/2009, 11/2009  
  
04/2009  
während des Betriebes der insitu Sanierung  
MKW, BTEX + TMB, PAK, Nitrit, Ammonium, Sulfid, Phosphat ges , Eisen ges., Eisen gel.  
  
07/2009  
während der Beobachtungsphase (01.07.2009 bis 30.11.2009)  
MKW, BTEX + TMB, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Sulfid, Sulfat, ortho-Phosphat ,  
Hydrogenkarbonat, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen gesamt, Eisen gelöst,  
Mangan, Gesamthärte, Karbonathärte, Säurekapazität pH 4,3, Basekapazität pH 8,2, TOC  
  
09/2009  
während der Beobachtungsphase (01.07.2009 bis 30.11.2009)  
MKW, BTEX + TMB, PAK, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Sulfid, Sulfat, ortho-Phosphat ,  
Hydrogenkarbonat, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen gesamt, Eisen gelöst,  
Mangan, Gesamthärte, Karbonathärte, Säurekapazität pH 4,3, Basekapazität pH 8,2, TOC  
  
11/2009  
während des Betriebes der insitu Sanierung  
MKW, BTEX + TMB, Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Sulfid, Sulfat, ortho-Phosphat ,  
Hydrogenkarbonat, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen gesamt, Eisen gelöst,  
Mangan, Gesamthärte, Karbonathärte, Säurekapazität pH 4,3, Basekapazität pH 8,2, TOC
- Grundwasseruntersuchungen 04/2010, 08/2010  
während des Betriebes der insitu Sanierung  
MKW, BTEX + TMB, PAK, Nitrit, Ammonium, Sulfid, Phosphat ges , Eisen ges., Eisen gel.
- Grundwasseruntersuchungen 08/2011, 09/2011, 10/2011, 11/2011  
während der Auslaufphase der insitu Sanierung  
MKW, BTEX + TMB, PAK, Nitrit, Ammonium, Sulfid, Phosphat ges , Eisen ges., Eisen gel.

Die Entnahme der Förderstromproben wurde mit einer Grundfos-MP1-Pumpe durchgeführt. Vor der Probenahme lief die Pumpe mit einer Durchsatzmenge von ~ 10 - 20 l/min, bis eine Konstanz der Vor-Ort-Parameter eintrat. Es wurden vor der Probenahme jeweils zwischen 450 l und 650 l abgepumpt. Die Proben gelangten direkt aus dem Förderstrom in die vorbereiteten Probengläser. Im Rahmen der Grundwasserprobenahmen wurden dokumentiert:

- Datum, Uhrzeit, Ort, Ruhewasserspiegel, Einhängetiefe der Pumpe, Entnahmeart, Probenbehältnis, Entnahmegesetz, Probenehmer
- Pumpbeginn und -ende, abgesenkter Wasserspiegel (5 Minutenintervall), Förderstrom [l/min], Pumpmenge, Parameter (5 Minutenintervall): pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, gelöster Sauerstoff, Redox-Spannung, Färbung, Trübung, Geruch.

Die Proben wurden jeweils am Tag der Probenahme an das beauftragte Labor (Laborgesellschaft für analytische Chemie mbH in Cottbus bzw. Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe) übergeben und vom Labor analysiert. Die Probenahmeprotokolle und Laborprüfberichte der begleitenden Grundwasseruntersuchungen von 01/2007 bis 11/2011 liegen im Anhang digital bzw. als Anhang 1.1 bis 1.17. sowie 2.1 bis 2.18 in Exemplar 1 des vorliegenden Berichtes im Original bei.

In den Anlagen 6.3.5 bis 6.3.13 werden die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 01/2007 bis 11/2011 tabellarisch und die Summen der BTEX+TMB und MKW über den Zeitraum 2001 bis 2011 graphisch in den Anlagen 6.3.1 und 6.3.2 dargestellt.

### 6.3.3 Entwicklung der Grundwasserkontamination

Die Entwicklung der Schadstoffbelastungen MKW und BTEX+TMB im Grundwasser 2001 bis 11/2011 ist im vorliegenden Endbericht in den Anlagen 6.3.1 (MKW) und 6.3.2 (BTEX+TMB) dargestellt.

Die Entwicklung der Grundwasserkontamination 2001 bis 2006 wurde im Bericht zur Bodensanierung [1.50] beschrieben und dargelegt. Im Rahmen der Bodensanierung wurden die Schadstoffe in funikulärer Verteilung im Kapillarwasserhorizont (benetzende Phase: Öl, über der Sättigungsgrenze des Bodens) und durch die Phasenaufnahme die lokalen Ausbildungen von aufschwimmenden Ölphasen vollständig entnommen. Im Zusammenhang mit den dafür erforderlichen Bauwasserhaltungen erfolgte die Entnahme eines Teiles der im Grundwasser gelösten Schadstoffe. Weiterhin erfolgte durch die 12 aufeinanderfolgenden Bauwasserhaltungen im Sanierungskernbereich / Schadensbereich (Grundwasserhebung gesamt 42.266 m<sup>3</sup>) ein Austausch des bis dahin in diesem Bereich vorhandenen Grundwassers mit der Folge, dass mit dem einströmenden weitestgehend unbelasteten Grundwasser eine Sauerstoffzufuhr erfolgte.

Seit 01/2007 wird die hydraulisch-biologische insitu Sanierung ausgeführt. In den nachfolgenden Tabellen 6.3.3-1 sind ausgewählte Untersuchungsergebnisse BTEX+TMB und MKW von 1998 bis 11/2011 dargestellt.

Tab. 6.3.3-1 Ergebnisse BTEX + TMB innerhalb der Sanierungszone XVIII

	HY 14-96	HY 36-97	HY 50-99	HY 03-01	HY 05-05	HY 06-05	HY 07-05	HY 08-05
	<b>Σ BTEX + TMB [mg/l]</b>							
1998	<b>1,440</b>	<b>0,379</b>						
1999	<b>4,020</b>	<b>2,300</b>	<b>0,512</b>					
2000		<b>0,164</b>						
2001/03	<b>3,260</b>	<b>0,597</b>	<b>0,126</b>					
2001/05	<b>2,925</b>		0,077	<b>2,120</b>				
2005/05	<b>3,080</b>	<b>0,256</b>	0,075	<b>0,611</b>				
2005/12	<b>1,770</b>	0,057	0,022	<b>0,314</b>	<b>0,202</b>	<b>0,426</b>	0,066	<b>0,376</b>
2006/05	<b>1,220</b>	0,057	0,019	EK<0,005	<b>0,259</b>	<b>0,214</b>	0,030	<b>0,182</b>
2006/08	<b>0,657</b>	0,017	0,019	0,567	<b>0,147</b>	0,072	0,016	<b>0,153</b>
2007/01	<b>0,149</b>	0,088	0,014	<b>0,227</b>	<b>0,175</b>	0,083	EK < 0,005	0,027
2007/05	0,013	0,040	EK < BG	0,052	0,072	0,047	EK < BG	0,007
2007/11	0,078	0,028	EK < BG	0,062	<b>0,134</b>	<b>0,129</b>	EK < BG	0,047
2008/04	0,021	0,059	0,003	0,020	<b>0,196</b>	<b>0,110</b>	0,001	0,016
2008/10	0,065	0,053	EK < BG	0,026	<b>0,208</b>	<b>0,495</b>	EK < BG	EK < BG
2009/04	0,046	0,040	EK < BG	0,007	<b>0,156</b>	<b>0,206</b>	EK < BG	EK < BG
2009/07	0,050	0,068	EK < BG	0,016	<b>0,228</b>	0,069	EK < BG	EK < BG
2009/09	0,043	0,072	EK < BG	0,003	<b>0,196</b>	<b>0,221</b>	EK < BG	EK < BG
2009/11	0,066	0,051	EK < BG	0,012	<b>0,177</b>	<b>0,127</b>	EK < BG	EK < BG
2010/05	0,005	0,045	EK < BG	0,006	<b>0,456</b>	<b>0,404</b>	0,012	EK < BG
2010/11	0,017	EK < BG	EK < BG	0,002	<b>0,412</b>	<b>0,125</b>	EK < BG	0,002
2011/04	0,015	EK < BG	EK < BG	EK < BG	<b>0,178</b>	<b>0,102</b>	0,003	0,002
2011/08	EK < BG	0,001	EK < BG	EK < BG	<b>0,273</b>	0,090	0,003	0,003
2011/09	0,010	0,001	EK < BG	EK < BG	<b>0,272</b>	0,058	EK < BG	0,003
2011/10	0,027	0,005	EK < BG	EK < BG	<b>0,205</b>	0,034	EK < BG	EK < BG
2011/11	0,027	0,002	EK < BG	EK < BG	<b>0,214</b>	0,021	0,003	0,002

Sanierungszielwert: BTEX+TMB: 0,1 mg/l,

Wie in der Tabelle 6.3.3-1 zu erkennen ist, waren bis 2007 an deutlich mehr Grundwassermessstellen sanierungsrelevante BTEX-TMB-Gehalte festzustellen. Seit Beginn der insitu Sanierung seit 2007 nehmen die BTEX+TMB-Konzentrationen in den Randbereichen der Sanierungszone XVIII kontinuierlich ab (vgl. Abb. 2). Die BTEX+TMB-Konzentration ist lediglich im Bereich der GWM HY 05/05 über dem Sanierungszielwert und relativ konstant bei 0,2 mg/l (vgl. Anlage 6.3.2). Hauptbestandteile sind hier die Trimethylbenzole.

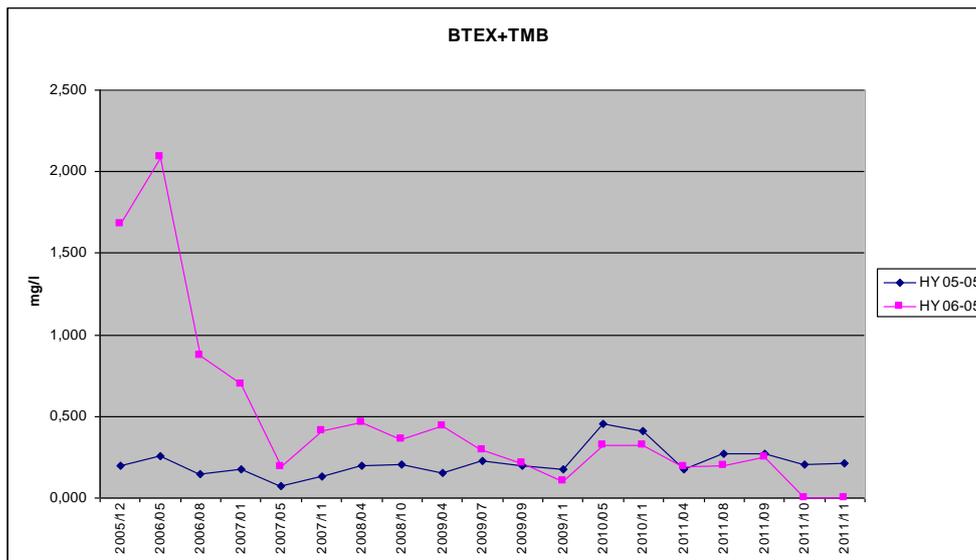


Abb. 2 Veränderung der BTEX+TMB -Konzentration von 2005 bis 2011

Tab. 6.3.3-2 MKW innerhalb der Sanierungszone XVIII

	HY 14-96	HY 36-97	HY 50-99	HY 03-01	HY 05-05	HY 06-05	HY 07-05	HY 08-05
	MKW [mg/l]							
1998	1,200	1,600						
1999	2,850	3,460	3,210					
2000		0,460						
2001/03	0,360	0,430	< 0,100					
2001/05	0,880		< 0,100	1,630				
2005/05	3,930	0,849	0,618	0,673				
2005/12	4,450	1,560	1,230	3,450	2,670	1,680	1,370	
2006/05	2,410	2,350	1,980	1,270	3,390	2,090	0,691	
2006/08	1,320	0,300	2,710	1,240	3,050	0,870	0,730	
2007/01	0,620	2,330	1,650	2,040	1,250	0,700	0,150	< 0,100
2007/05	0,603	5,780	< 0,100	0,860	1,200	0,193	0,104	< 0,100
2007/11	0,930	2,280	< 0,100	1,920	0,870	0,410	0,410	0,100
2008/04	1,270	3,890	< 0,100	1,730	2,890	0,463	0,468	< 0,100
2008/10	1,140	1,070	< 0,100	0,689	0,315	0,358	0,316	< 0,100
2009/04	0,597	1,690	< 0,100	0,283	1,740	0,438	0,173	< 0,100
2009/07	0,493	1,030	< 0,100	0,224	2,040	0,292	0,163	< 0,100
2009/09	0,464	1,220	< 0,100	0,151	1,950	0,215	0,336	< 0,100
2009/11	0,172	0,448	< 0,100	0,110	0,728	0,100	0,114	< 0,100
2010/05	< 0,100	0,280	< 0,100	< 0,100	1,200	0,320	< 0,100	< 0,100
2010/11	0,170	0,120	< 0,100	0,180	1,700	0,320	0,220	< 0,100
2011/04	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	0,900	0,190	0,200	< 0,100
2011/08	0,120	0,170	< 0,100	0,150	0,640	0,200	0,100	< 0,100
2011/09	0,110	< 0,100	< 0,100	< 0,100	0,530	0,250	0,150	< 0,100
2011/10	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	0,240	< 0,100	< 0,100	< 0,100
2011/11	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	0,350	< 0,100	< 0,100	< 0,100

Sanierungszielwert: MKW: 1,0 mg/l

Wie in der Tabelle 6.3.3-2 zu erkennen ist, waren zu Beginn der insitu Sanierung 2007 an deutlich mehr Grundwassermessstellen sanierungsrelevante MKW-Gehalte festzustellen. Seit Beginn der insitu Sanierung nehmen die MKW-Konzentrationen in den Randbereichen der Sanierungszone XVIII kontinuierlich ab (vgl. Anlage 6.3.1).

MKW-Konzentrationen über dem Sanierungszielwert wurden 2010 nur noch im Bereich der HY 05-05 gemessen. In 2011 lagen alle MKW -Konzentrationen unter dem Sanierungszielwert .

Der Konzentrationsanstieg (vgl. Abb. 3) in den zwei Untersuchungskampagnen 05/2010 und 11/2010 in der GWM HY 05-05 war mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die in 2010 beobachteten deutlich erhöhten Grundwasserstände zurückzuführen (vgl. Textpunkt 6.2).

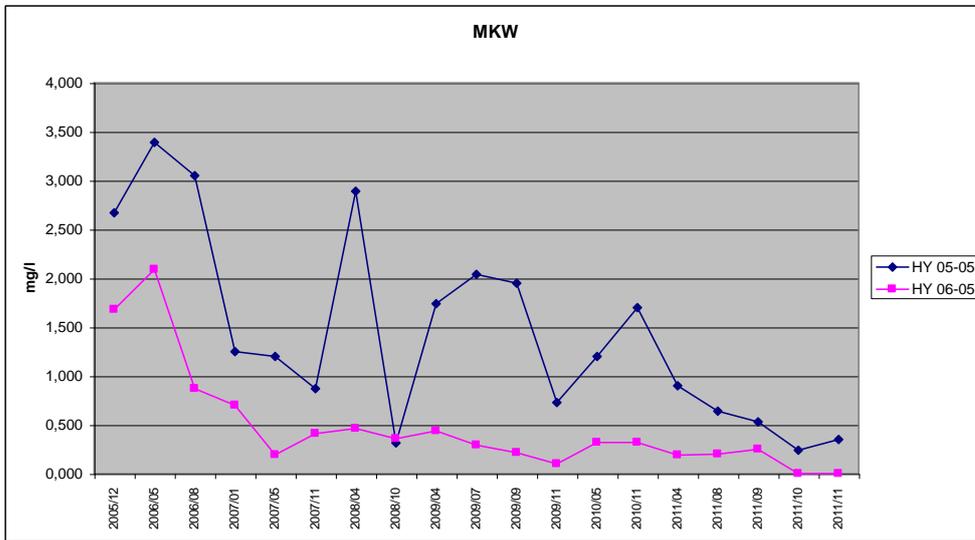


Abb. 3 Veränderung der MKW-Konzentration von 2005 bis 2011

Nachfolgende Abbildungen verdeutlichen, dass sich im Laufe der Zeit trotz fast gleichbleibendem Konzentrationsniveau der BTEX+TMB die Verteilung der Einzelparameter stark zugunsten der Trimethylbenzole verschoben hat und die Benzole vollständig verschwunden sind.

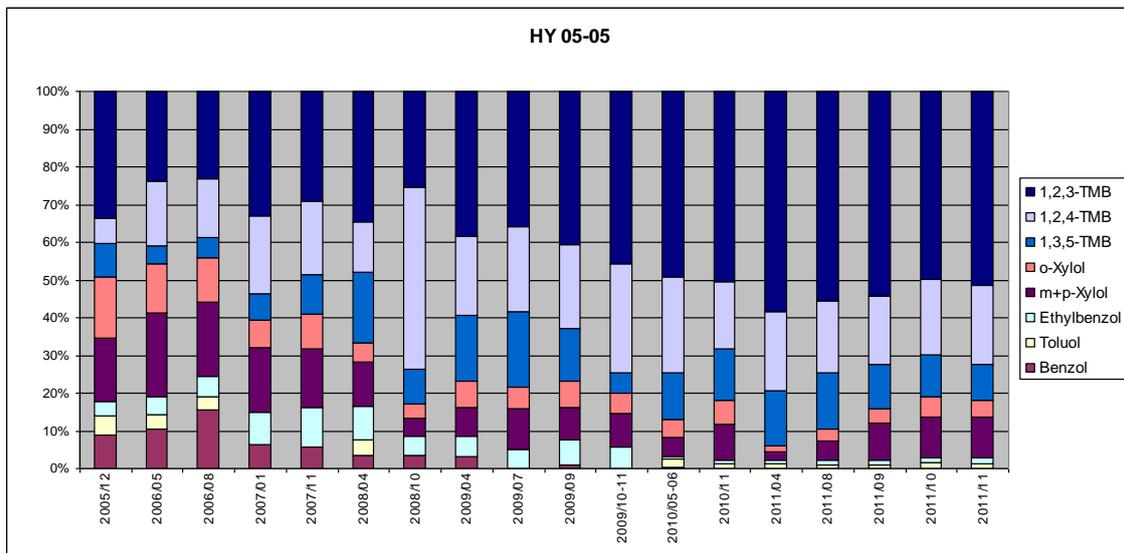


Abb. 4 Prozentuale Verteilung der Einzelparameter der BTEX+TMB in HY 5-05

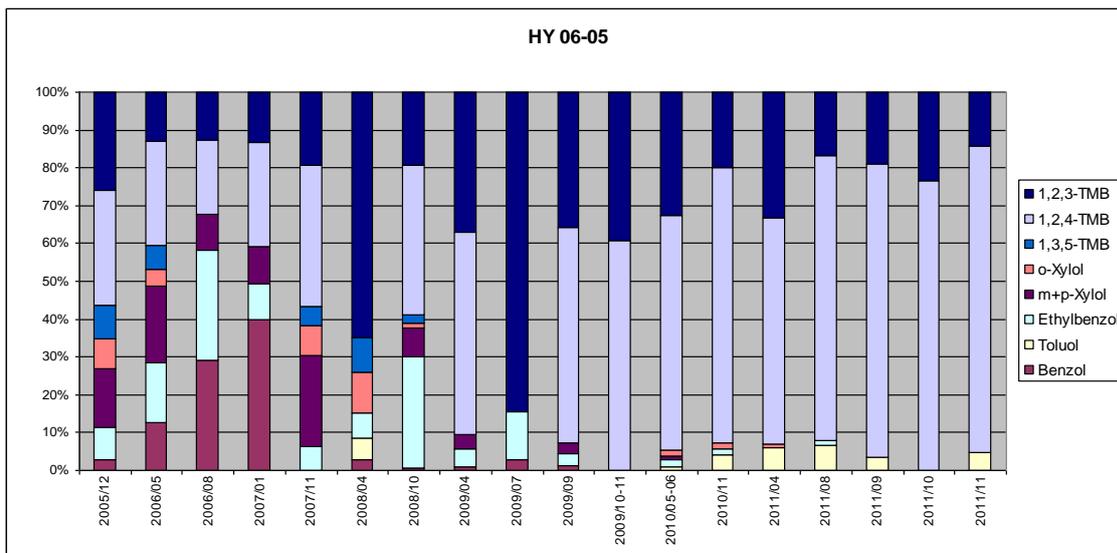


Abb. 5 Prozentuale Verteilung der Einzelparameter der BTEX+TMB in HY 6-05

Diese Entwicklung der Einzelparameter verdeutlicht den vorangeschrittenen Abbau der BTEX+TMB-Stoffe: Dabei zeigt die nun vorherrschende Verteilung, dass die nicht oder schlecht abbaubaren Stoffe, wie die TMB, deutlich überwiegen und besser abbaubare Stoffe, wie die BTEX, stark zurückgegangen sind. Dieser Trend wird auch in der Literatur so beschrieben [1.59 und 1.60].

Weiterhin ist seit mehreren Messkampagnen zu beobachten, dass der Kontaminationsbereich eng begrenzt ist und sich seit 10/2009 auf das Umfeld der GWM HY 05-05 und HY 06-05 bzw. seit 08/2011 ausschließlich auf das Umfeld der GWM HY 05-05 beschränkt (vgl. Anlagen 6.3.1, 6.3.2 und 6.3.3).

Die Schadstoffmasse im Grundwasser wurde durch die Sanierungsmaßnahmen erfolgreich reduziert, wie die nachfolgende Tabelle verdeutlicht:

Tab. 6.3.3-3 Schadstoffmassen Grundwasser 2001-2011

		Schadstoffmasse Grundwasser			
		MKW [kg]	BTEX +TMB [kg]	PAK n. EPA [kg]	GESAMT GW [kg]
<b>Ist-Situation vor Bodensanierung 2001</b>					
Grundwasser		14,60	36,00	1,10	<b>51,70</b>
<b>Ist-Situation nach Bodensanierung Stand 12/2006</b>					
Grundwasser	Stand: GW-Monitoring 08-2006	18,23	1,77	0,24	<b>20,24</b>
<b>Ist-Situation Stand 11/2010</b>					
Grundwasser	Stand: GW-Monitoring 11-2010	0,999	0,506	0,067	<b>1,57</b>
<b>Ist-Situation nach Insitu Sanierung Stand 12/2011</b>					
Grundwasser	Stand: GW-Monitoring 2011	0,018	0,041	0,0005	<b>0,0595</b>

### 6.3.4 Konkretisierung der Sanierungszone XVIII Grundwasser

Auf der Grundlage der Grundwasseruntersuchungsergebnisse und der veränderten Kontaminationssituation des Grundwassers erfolgte im Rahmen der fachtechnischen Begleitung des Sanierungsbetriebes und in Auswertung der laufenden Ergebnisse zum Grundwassermonitoring entsprechend der festgelegten Sanierungsziele Grundwasser die Überprüfung der Sanierungszone XVIII Grundwasser (vgl. Anlage 1.8). Entsprechend der festgestellten zeitlichen und qualitativen Veränderungen der Grundwasserkontamination erfolgte 11/2009 (vgl. Anlage 4.3) und 11/2010 (vgl. Anlage 4.6) die Konkretisierung, d.h. Verkleinerung der Sanierungszone XVIII Grundwasser, die sich um die Grundwassermessstellen HY 05-05 und GWM HY 06-05 erstreckte.

## **6.4 Grundwasseruntersuchungen Nachsorge 2012**

### **6.4.1 Ziel der Grundwasseruntersuchungen Nachsorge**

Nach Abschluss der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung sind Nachsorgemaßnahmen zur Überprüfung des Sanierungszieles und der -zielwerte im Rahmen eines Grundwassermonitorings erforderlich [1.43]. Das Grundwassermonitoring wird über einen Zeitraum von 3 Jahren, beginnend ½ Jahr nach Abschluss der Sanierung durchgeführt.

Entsprechend der Festlegungen gemäß Sanierungsplan [1.43] und Verbindlichkeitserklärung [6.2] ist ein dreijähriges Grundwassermonitoring an folgenden GWM vorgesehen:

HY 14-96, HY 36-97, HY 46-98, HY 02-05, HY 04-05, HY 05-05, HY 06-05, HY 07-05,  
HY 08-05, HY 09-05, HY 10-05, HY 11-05, HY 50-99, HY 45-2006, HY 49-99,  
HY 42-2006, HY 03-01, HY 01-05, HY 31-96, HY 55-06, HY 03-05, HY 15-96

Zur Kontrolle der Grundwasserbeschaffenheit erfolgt die Messung der Vor-Ort-Parameter sowie die chemische Analytik folgender Parameter:

MKW, BTEX + TMB, PAK

### **6.4.2 Untersuchungsumfänge und Dokumentation**

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen 10/2012 tabellarisch in der Anlage 6.3.4 und die Summen der BTEX+TMB und MKW über den Zeitraum 2001 bis 2012 graphisch in den Anlagen 6.3.1 und 6.3.2 dargestellt. In den tabellarischen Darstellungen sind die Umfänge der GWM und der jeweiligen chemischen Analytik enthalten.

Das Grundwassermonitoring 2012 zur Nachsorge der Sanierung der KF 15 Tanklager beinhaltete die Untersuchungen der in Textpunkt 6.4.1 genannten GWM. Die GWM HY 08-05 war zerstört und konnte dadurch nicht beprobt werden. Entsprechend der o.g. Festlegungen erfolgte die chemische Analytik der o.g. Parameter

Die Entnahme der Förderstromproben wurde mit einer Grundfos-MP1-Pumpe durchgeführt. Vor der Probenahme lief die Pumpe mit einer Durchsatzmenge von ~ 10 - 20 l/min, bis eine Konstanz der Vor-Ort-Parameter eintrat. Es wurden vor der Probenahme jeweils zwischen 450 l und 650 l abgepumpt. Die Proben gelangten direkt aus dem Förderstrom in die vorbereiteten Probengläser. Im Rahmen der Grundwasserprobenahmen wurden dokumentiert:

- Datum, Uhrzeit, Ort, Ruhewasserspiegel, Einhängtiefe der Pumpe, Entnahmeart, Probenbehältnis, Entnahmegerät, Probenehmer
- Pumpbeginn und -ende, abgesenkter Wasserspiegel (5 Minutenintervall), Förderstrom [l/min], Pumpmenge, Parameter (5 Minutenintervall): pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Temperatur, gelöster Sauerstoff, Redox-Spannung, Färbung, Trübung, Geruch.

Die Proben wurden jeweils am Tag der Probenahme an die Lausitzer Analytik GmbH Schwarze Pumpe übergeben und vom Labor analysiert. Die Probenahmeprotokolle und der Laborprüfbericht der Grundwasseruntersuchungen Nachsorge 10/2012 liegen im Anhang digital bzw. als Anhang 1.18 sowie 2.19 in Exemplar 1 des vorliegenden Berichtes im Original bei.

### **6.4.3 Entwicklung der Grundwasserkontamination**

Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen bestätigen den in Textpunkt 6.3.3 beschriebenen Trend, wie auch die Darstellungen in den Anlagen 6.3.1 (MKW) und 6.3.2 (BTEX+TMB) zeigen.

Lediglich im Bereich der Grundwassermessstelle HY 5-05 wurden folgende Werte gemessen (MKW: 0,45 mg /l, BTEX + TMB: 0,104 mg/l). Damit liegen die festgestellten Gehalte in ähnlicher Größenordnung wie 2011. Hinsichtlich der BTEX+TMB-Gehalte deutet sich ein leichter Rückgang an.

Auffälligkeiten zeigen sich weiterhin im Bereich der HY 15-96 (BTEX+TMB: 0,125 mg/l), die sich jedoch im Seitenstrom des ehemaligen Sanierungsbereiches befindet und deren festgestellten BTEX+TMB-Gehalte nicht im Zusammenhang mit der Grundwasserbeschaffenheit im Tanklager stehen können.

## **7 Ergebnis der Sanierung**

### **7.1 Fachberatung mit Umweltamt der Stadt Cottbus**

Am 28.10.2011 fand eine Fachberatung [6.54] der Wehrbereichsverwaltung (WBV) und des BLB Baumanagement Süd-Ost, BB Cottbus mit dem Umweltamt der Stadt Cottbus statt, auf welcher die bis 2011 durchgeführten Sanierungen und deren Ergebnisse mit Verweis auf die Sanierungszielwerte gemäß Sanierungsplan [6.1] und Verbindlichkeitserklärung [6.2] vorgestellt wurden.

Durch die Ingenieurgruppe Fritzsche erfolgte mit Bezug auf die vorliegenden Berichte ([1.50], [1.51] und [1.61]) die Vorstellung / Erläuterung der bisher ausgeführten Sanierungsmaßnahmen Bodensanierung, Bodenluftsanierung und hydraulisch-biologische insitu Sanierung. In diesem Zusammenhang wurden die Ergebnisse der sanierungsbegleitenden Untersuchungen und die erreichten Sanierungsziele vorgestellt und erläutert.

Durch die Ingenieurgruppe Fritzsche erfolgte mit Bezug auf [1.61] die Vorstellung / Erläuterung der in der Auslaufphase der insitu Sanierung 2011 bereits ausgeführten Boden- und Grundwasseruntersuchungen (August-September)

- Grundwasseruntersuchungen Messkampagne April 2011
- Grundwasseruntersuchungen Messkampagne August 2011
- Grundwasseruntersuchungen Messkampagne September 2011
- Bodenuntersuchungen August 2011

bzw. noch laufender und auszuführenden Grundwasseruntersuchungen (Oktober-November 2011). Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse weisen die Erfüllung der in [6.1] und [6.2] vereinbarten Sanierungsziele für die Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser aus.

Durch die verfahrensführende Behörde (Stadtverwaltung Cottbus, Umweltamt) wurde unter der Voraussetzung, dass die Grundwasseruntersuchungen der Messkampagnen Oktober und November 2011 die bisherigen Untersuchungen bestätigen, der Beendigung der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung im Februar 2012 zugestimmt.

### **7.2 Kontaminationssituation nach Abschluss der Sanierung**

Die Ergebnisse der sanierungsbegleitenden Untersuchungen weisen die seit 2005 ausgeführten Schadstoffeliminationen in den Medien Boden und Grundwasser nach.

Die Grundwasserhochlage von Herbst 2010 bis Frühjahr 2011 erschwerte die technische Umsetzung des vorgegebenen Betriebsregimes aufgrund der schlechteren Infiltrationsverhältnisse. Die Förderraten wurden aus diesem Grund gedrosselt, um Anlagenausfälle und -störungen zu reduzieren. Das in diesem Zeitpunkt natürlich hohe Grundwasserniveau wirkte sich trotz reduziertem Anlagenbetrieb positiv auf den Sanierungserfolg aus, da die starke Durchströmung des Kapillarwasserraumes zu einer erhöhten Lösung der an der Bodenmatrix adsorbierten Schadstoffe und somit Rekontaminationen des Grundwassers führte, wie Abb. 2 und Abb. 3 (Konzentrationsanstieg 05/2010 und 11/2010) zeigen. Durch den über diesen Zeitraum aktiven Anlagenbetrieb und die hohen GW-Verhältnisse wurde der Schadstoffabbau forciert und die Reduzierung der Schadstoffmassen verbessert.

Auf der Grundlage der Berechnungen zur Ist-Situation 12/2011 werden in der Tab. 7.2.-1 die aktuell ermittelten Schadstoffmassen in den Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser den ermittelten Schadstoffmassen nach der Bodensanierung einschließlich Bauwasserhaltung sowie der Bodenluftsanierung (vgl. [1.50] und den Schadstoffmassen nach Sanierungsende gegenübergestellt.

Tab. 7.2.-1 Vergleich der Schadstoffmassen 2001 – 2011

Medium	Schadstoffmasse		
	MKW [kg]	BTEX +TMB [kg]	PAK[kg]
<b>Ist-Situation vor Bodensanierung 2001</b>			
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich	45.335	36,0	
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich	156.140*	577,8	
Bodenluft		8,417**	
Grundwasser	14,6	36,0	1,1
Phase	33.000		
<b>GESAMT</b>	<b>Σ 235.149 kg</b>	<b>658,217</b>	<b>1,1</b>
<b>Ist-Situation nach Bodensanierung Stand 12/2006</b>			
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich	7.915	0	
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich	80.723	204,72	
Bodenluft		0,004	
Grundwasser	18,23	1,77	0,24
Phase	0		
<b>GESAMT</b>	<b>Σ 88.863 kg</b>	<b>206,494</b>	<b>0,240</b>
<b>Ist-Situation nach Insitu Sanierung Stand 12/2011</b>			
adsorbierte Schadstoffmasse ungesättigter Bodenbereich	0	0	
adsorbierte Schadstoffmasse gesättigter Bodenbereich	6.062	4,34	
Bodenluft		0,004	
Grundwasser	0,018	0,041	0,0005
Phase	0		
<b>GESAMT</b>	<b>Σ 6.066 kg</b>	<b>4,387</b>	<b>0,001</b>

Vor Beginn der Sanierungsmaßnahme wurde am Standort eine Gesamtschadstoffmasse in allen Medien (Boden, Bodenluft und Grundwasser) von ca. 235 t ermittelt. Nach Abschluss der Bodensanierung wurde eine verbliebene Schadstoffmasse in allen Medien von ca. 88 t abgeschätzt, was ca. 38 % der Gesamtschadstoffmasse entsprach. Nach Abschluss der Sanierung beträgt die verbliebene Schadstoffmasse ca. 6 t, dies entspricht nur noch ca. 3 % der ursprünglich im Sanierungsbereich vorhandenen Schadstoffmasse.

Entsprechend der stark reduzierten Fläche der GW-Kontamination sowie der gemessenen Schadstoffkonzentrationen BTEX+TMB und MKW sowie der geringen Schadstoffmasse im Sanierungsbereich wird in Bezug auf die Anlagen 15.1 bis 15.6 im Sanierungsplan [1.43] eingeschätzt, dass das Sanierungsziel erreicht ist. Die Gefahren für die Schutzgüter wurden beseitigt. Durch die Sanierung wurden die Voraussetzungen geschaffen, dass sich die verbleibenden Restkontaminationen durch die natürlichen Schadstoffminderungsprozesse (NA) weiterhin abbauen / reduzieren (vgl. [1.43]: Prognosen zur Schadstoffentwicklung Grundwasser nach Abschluss der Sanierung).

### 7.3 Fazit

Die Sanierung des Tanklagers KF 15 in der ehemaligen Bundeswehrliegenschaft Flugplatz Cottbus wurde im Zeitraum Oktober 2004 bis März 2012 ausgeführt und beinhaltete gemäß Sanierungsplan folgende Maßnahmen:

- Rückbau der tanktechnischen Anlagen und Bauwerke
- Bodensanierung einschließlich Bauwasserhaltung
- Bodenluftsanierung (Sanierungszone XIX)
- hydraulisch-biologische insitu Sanierung

Die Bodensanierung einschließlich Rückbau der tanktechnischen Anlagen und Bauwerke wurde im Oktober 2004 begonnen und in 2006 abgeschlossen. Die Bodensanierung wurde im Abschlussbericht [1.50] dokumentiert. Im Rahmen der Bodensanierung wurden 55.017,37 m<sup>3</sup> Boden aufgenommen. Davon wurden entsprechend der Haufwerksuntersuchungen und Einbauwerte 21.864,97 m<sup>3</sup> zum Wiedereinbau verwendet. Zusätzlich wurden zur Baugrubenverfüllung 28.145,69 m<sup>3</sup> Verfüllmaterial angeliefert.

Im Rahmen des Bodenaustausches zur Bodensanierung wurden folgende Bodenmassen der Entsorgung zugeführt:

Boden und Steine, mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03\* fallen, Abfallschlüssel: 17 05 04:  
TR-LAGA > Z1.2 und < Z2 ca. 10.435,9 t

Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten , Abfallschlüssel: 17 05 03*: TR-LAGA > Z2		
MKW 1.000 bis 5.000 mg/kg	BTEX + TMB < 25 mg/kg	ca. 23.318,24 t
MKW 1.000 bis 5.000 mg/kg	BTEX + TMB 25 bis 100 mg/kg	ca. 4.239,92 t
MKW 5.000 bis 25.000 mg/kg	BTEX + TMB < 25 mg/kg	ca. 1.885,50 t
MKW 5.000 bis 25.000 mg/kg	BTEX + TMB 25 bis 100 mg/kg	ca. 3.105,50 t
MKW 5.000 bis 25.000 mg/kg	BTEX + TMB 25 bis 100 mg/kg *	ca. 2.419,64 t

\* inhomogener Boden, schlammiger, öliges Zustand

Die auf dem Grundwasser aufschwimmende Mineralölphase wurde von der geöffneten Grundwasseroberfläche in den Baugruben vor Inbetriebnahme der Bauwasserhaltung mittels Skimmerschaufel in den Sanierungszonen IV, VI, X und XI aufgenommen. Es wurden 13,32 t Ölabfälle a. n. g. (Abfallschlüssel: 13 08 99\*) der Entsorgung zugeführt.

Zum Bodenaustausch bis in Tiefen von 4 m bis 5 m unter GOK waren entsprechend der Grundwasserflurabstände Bauwasserhaltungen erforderlich. Es wurden insgesamt ca. 42.266 m<sup>3</sup> Grundwasser gehoben, gereinigt und wieder eingeleitet.

Die Bodenluftsanierung wurde im Februar 2006 begonnen und im Dezember 2006 abgeschlossen. und wurde im Abschlussbericht [1.51] dokumentiert.

Zur Elimination der Schadstoffe erfolgte in der Sanierungszone XIX das Absaugen der Bodenluft mittels 20 Bodenluftabsaugbrunnen und Seitenkanalverdichter auf einer Fläche von ca. 2.000 m<sup>2</sup> mit BTEX+TMB Konzentrationen > 200 mg/m<sup>3</sup> bis 937 mg/m<sup>3</sup> und die Abreinigung der Bodenluft mittels Aktivkohle.

Die hydraulisch-biologische insitu Sanierung wurde im Dezember 2006 begonnen und im März 2012 abgeschlossen. Der detaillierte Ablauf der insitu Sanierung ist im vorliegenden Bericht beschrieben. Insgesamt wurde im Sanierungszeitraum ein Grundwasservolumen von 531.152,37 m<sup>3</sup> ausgetauscht (Förderung/Infiltration), dabei wurden 483.314,72 m<sup>3</sup> Grundwasser mit Oxidationsmittel und 47.837,65 m<sup>3</sup> ohne Zusatz von Oxidationsmittel wieder infiltriert.

Vor Beginn der Sanierungsmaßnahme wurde am Standort eine Gesamtschadstoffmasse in allen Medien (Boden, Bodenluft und Grundwasser) von ca. 235 t ermittelt. Die nach Abschluss der Sanierung verbliebene Schadstoffmasse beträgt ca. 6 t, dies entspricht nur noch ca. 3 % der ursprünglich im Sanierungsbereich vorhandenen Schadstoffmasse.

Mit der erfolgreichen Beendigung der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung wurde im März 2012 die komplexe Sanierung des Tanklagers KF 15 in der ehemaligen Bundeswehrliegenschaft Flugplatz Cottbus erfolgreich abgeschlossen.

Durch den intensiven Sanierungseingriff in die kontaminierten Medien im Rahmen der Bodensanierung kam es bedingt durch den Bodenaushub und die Grundwasserhaltungsmaßnahmen bereits zu starken Reduzierungen der Schadstoffmassen (vgl. Tab. 7.2.-1) und einer Reduzierung der ursprünglich vorhandenen Grundwasserkontamination. Damit waren deutlich günstigere Voraussetzungen für die Ausführung der hydraulisch-biologischen insitu Sanierung geschaffen.

Weiterhin war die sukzessive Auswertung des laufenden Betriebes der Sanierungsanlage (u.a. Überprüfung Betriebsregime), die Beobachtung und Beurteilung der Veränderungen der Grundwasserkontamination und in diesem Zusammenhang die ständige Konkretisierung der Sanierungszone und damit einhergehenden Anpassung der Betriebsregime der Sanierungsanlage ein wesentlicher Punkt zur planmäßigen Erreichung des Sanierungszieles. Durch diese Optimierungen konnte der Verbrauch an H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> und Nitrat im Vergleich zur Planung deutlich reduziert werden, was letztendlich auch zu einer Kostenreduzierung geführt hat.

## **8 Sanierungsnachsorge**

Gemäß dem durch die Stadtverwaltung Cottbus verbindlich erklärten Sanierungsplan § 13 BBodSchG [1.43 und 6.1] erfolgt nach Beendigung der Sanierungsmaßnahme im Rahmen der Nachsorge ein 3jähriges Grundwassermonitoring (2012 bis 2014). Es ist die jährliche Grundwasserbeprobung folgender 22 Grundwassermessstellen vorgesehen (vgl. Anlage 7.1):

HY 14-96, HY 36-97, HY 46-98, HY 02-05, HY 04-05, HY 05-05, HY 06-05, HY 07-05, HY 08-05,  
HY 09-05, HY 10-05, HY 11-05, HY 50-99, HY 45-2006, HY 49-99, HY 42-2006, HY 03-01,  
HY 01-05, HY 31-96, HY 55-06, HY 03-05, HY 15-96

Zur Kontrolle der Grundwasserbeschaffenheit erfolgt die Messung der Vor-Ort-Parameter sowie die chemische Analytik folgender Parameter:

MKW, BTEX + TMB, PAK

Es erfolgt die jährliche Erstellung eines Berichtes zum Grundwassermonitoring.