



Entwurf

Neues Wohnen an der Acher, Achern

Teilsanierungsplan gem. §13 BBodSchG
Untersuchungsbereich UB1

Auftraggeber:

KARL-Gruppe
Herrn Stefan Gigl
Deggendorfer Straße 15
94548 Innernzell

Telefon: 08554 9610 - 42
Telefax: 08554 9610 - 56

Auftragnehmer:

Re2area GmbH
Büro Heidelberg
Wieblinger Weg 21
69123 Heidelberg
Tel. 06221 450-450

Projektleiter: Fabian Bobbink
Durchwahl -38
f.bobbink@re2area.com

Aufgestellt:

Heidelberg, den 21.09.17



Bearbeitung:

Re2area GmbH
Büro Heidelberg
Wieblinger Weg 21
69123 Heidelberg
Tel. 06221 450-450

Projektleitung:
Fabian Bobbink

E-Mail-Adresse Projektleiter
f.bobbink@re2area.com

weitere Bearbeiter:
Nicolai Goppold
n.goppold@re2area.com
Michael Kratzer
m.kratzer@re2area.com
Stefan Mauch
s.mauch@re2area.com

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	6
TABELLENVERZEICHNIS	7
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1 VERANLASSUNG	1
1.1 Schutz- und Sanierungsziele	2
1.2 Aufgabenstellung, Auftragsumfang	3
1.3 Auftraggeber, Auftragsdatum	4
2 VERWENDETE UNTERLAGEN	4
2.1 Planunterlagen, Gutachten, Berichte	4
2.2 Literatur, Gesetze, Verordnungen	5
3 UMGRIFF DES SANIERUNGSPLANS	7
4 STANDORTBESCHREIBUNG	8
4.1 Lage, Größe, Zustand	8
4.2 Schutzzonen/Risiktionen	12
4.3 Naturräumliche Ausstattung	12
4.3.1 Morphologie	13
4.4 Lokale Geologie, Hydrogeologie	13
4.4.1 Oberflächengewässer	14
4.4.2 Wasserschutzgebiete	14
4.4.2.1 Hydrogeologischer Untergrundaufbau im Untersuchungsbereich UB1	15
4.4.2.2 Grundwasserströmungsverhältnisse	19
4.4.2.3 Zusammenfassung der Aquiferparameter im Untersuchungsbereich UB1	20
5 HISTORISCHE, AKTUELLE UND GEPLANTE NUTZUNG, ENTWICKLUNG DER EIGENTUMSVERHÄLTNISSE	21
6 ZUSAMMENFASSUNG VORANGEGANGENER UND AKTUELLER UNTERSUCHUNGEN	22
6.1 Schadstoffinventar	22
6.2 Orientierende Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung	22

6.3	Detailuntersuchung zur Gefährdungsabschätzung	24
6.3.1	Grundwassermonitoring	26
6.4	Weitere Untersuchungen zur Detaillermittlung und zur Prüfung von Sanierungsoptionen	26
6.4.1	Felduntersuchungen	26
6.4.2	Laboruntersuchungen	27
7	FACHLICHE BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE	28
7.1	Beurteilungskriterien	28
7.2	Schadstoffinventar in der ungesättigten Bodenzone im UB 1	29
7.2.1	Schadstoffinventar der gesättigten Bodenzone bzw. des Grundwassers im UB 1	29
7.2.2	Beurteilung der Schutzgutgefährdungen	31
7.2.3	Sanierungsrelevanzen Wirkungspfad Boden – Mensch	31
7.2.4	Sanierungsrelevanzen Wirkungspfad Boden – Grundwasser (Emissions-/Immissionsbetrachtung)	34
7.2.5	Sanierungsrelevanzen Wirkungspfad Bodenluft-Mensch	34
8	SANIERUNGSMABNAHMEN	35
8.1.1	Sicherungsverfahren	35
8.1.1.1	In-situ Immobilisierung	35
8.1.1.2	Dichtwandumschließung und Oberflächenabdichtung	35
8.1.2	Dekontaminationsverfahren	35
8.1.2.1	Mikrobiologische In-Situ Sanierung	35
8.1.2.2	Chemisch-/Physikalische In-Situ Sanierungsverfahren	37
8.1.2.3	Thermische In-Situ Sanierung	38
9	SANIERUNGSZIEL, VORGEHENSWEISE	38
9.1	Allgemeine Anforderungen	39
9.2	Sanierungsziel Wirkungspfad Boden – Grundwasser	39
9.2.1	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	39
9.2.2	Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	40
9.2.3	Aromatische Kohlenwasserstoffe	40
9.2.4	Phenole	40
9.3	Sanierungsziel Wirkungspfad Boden – Mensch und Boden –	

Bodenluft – Mensch	41
9.4 Sanierungsziele Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze	41
9.5 Zusammenfassung der Sanierungszielwerte Grundwasser	41
9.6 Sanierungskonzept Sanierungsvorschlag	42
9.6.1 Bodenaustausch	42
9.6.1.1 Wiederverfüllung	43
9.6.1.2 Darstellung der Kontrollmaßnahmen	44
9.6.1.3 Feststellung des Sanierungserfolges in der ungestättigten Bodenzone	44
9.6.1.4 Wasserhaltung	45
9.6.2 Biologische in-situ Sanierung des Grundwassers	46
9.6.2.1 Hydraulisches Konzept	48
9.6.2.2 Verfahrensschema	51
9.6.2.3 Steuerung der Sanierung und Dosierung von Nitrat und Phosphat	52
9.6.2.4 Umfang der Eigenüberwachung, Überwachung der Maßnahme	53
9.6.2.5 Analytischer Nachweis des Sanierungserfolges und Nachsorge, Überwachungsstufe	54
9.7 Eignung der geplanten Maßnahmen	55
9.8 Erdbebenklasse	56
9.9 Radonbelastung	56
10 SICHERHEITS-, GESUNDHEITS- UND UMGEBUNGSSCHUTZ	57
10.1 Stäube und gasförmige Schadstoffemissionen	57
10.2 Kampfmittel	57
10.3 Denkmalschutz	57
10.4 Böschung und Verbau	58
10.5 Arbeitssicherheit	58
10.5.1 Allgemeine Vorgaben	58
10.5.2 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen	58
10.5.2.1 Einteilung in Schutzzonen	59
10.5.2.2 Anforderungen an Maschinen, Fahrzeuge und Geräte	59
10.5.3 Persönliche Arbeitsschutzmaßnahmen	59
10.5.4 Allgemeine Vorgaben	59
10.5.5 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen	60

10.5.5.1	Einteilung in Schutzzonen	60
10.5.5.2	Anforderungen an Maschinen, Fahrzeuge und Geräte	60
10.5.6	Persönliche Arbeitsschutzmaßnahmen	60
11	ENTSORGUNGSKONZEPT MIT MASSENÜBERSCHLAG	60
12	QUALITÄTSSICHERUNG UND KONTROLLANALYSEN	61
12.1	Kontrollmaßnahmen im Rahmen der vorgesehenen Aushubmaßnahmen	61
12.2	Kontrollmaßnahmen zu Liefermaterial	61
13	ZEITPLANUNG	62
14	KOSTEN DER SANIERUNGSMABNAHME	62

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Auszug aus dem Städtebaulichen Entwurf mit Lage des UB 1.....	2
Abbildung 2: Sanierungsgebiet und Untersuchungsbereiche (s. Anlage 1).....	8
Abbildung 3: Lage von Achern in Baden-Württemberg.....	9
Abbildung 4: Lage von Achern zwischen Offenburg und Baden-Baden.....	10
Abbildung 5: Lage von Achern in Baden-Württemberg.....	11
Abbildung 6: Auszug aus dem Liegenschaftskataster des ehemaligen O-I Werkgeländes.....	12
Abbildung 7: Naturräumliche Gliederung.....	13
Abbildung 8: Lage von Wasserschutzgebieten in der Region um Achern.....	15
Abbildung 9: Profilschnitt 1 UB1 [KPC].....	17
Abbildung 10: Profilschnitt 2 UB1.....	17
Abbildung 11: Profilschnitt 3 UB1.....	18
Abbildung 12: Verbreitung des Zwischenhorizontes im UB1 (s. Anlage 2).....	18
Abbildung 13: Vorhandene Grundwasseraufschlüsse (November 2016)(s. Anlage 3).....	19
Abbildung 14: Isolinienarstellung d. interpolierten Grundwasserspiegelhöhen vom 08.02.2016	20
Abbildung 15: Lage „Schwerölnhochtank / Abstrom ehem. Glaswanne 1+2“ (UB 1) [KPC].....	21
Abbildung 16: Lage der Aufschlüsse und Profilschnitt A - B [KPC].....	25
Abbildung 17: KW-Verunreinigungen im Untergrund im Profilschnitt A – B [KPC] (s. Anlage 4)	26
Abbildung 18: Feststoffbelastung der ungesättigten Bodenzone im UB 1 [KPC] (s. Anlage 5) .	29
Abbildung 19: KW-Feststoffbelastung der gesättigten Bodenzone im UB 1 [KPC] (s. Anlage 6)	30
Abbildung 20: Orientierende Bewertung von Auffüllungsmaterialien und Bodenproben des Anstehenden gem. BBodSchG (Schutzgut Mensch) im UB 1 [KPC] (s. Anlage 7).....	32
Abbildung 21: Orientierende Bewertung von Auffüllungsmaterialien und Bodenproben des Anstehenden gem. Orientierungswerte VwV (Schutzgut Mensch) im UB 1 [KPC] (s. Anlage 8).	33
Abbildung 22: Sanierungsbereiche Grundwasser UB1 und UB4 (s. Anlage 9).....	47

Abbildung 23: Schematische Darstellung der biologischen in-situ Sanierung mit hydraulischer Kreislaufführung.....	48
Abbildung 24: Brunnenkonfiguration der Sanierungsmaßnahme und Darstellung der Strömungspfade (s. Anlage 11).....	50
Abbildung 25: Brunnenkonfiguration und Sanierungsbereiche Grundwasser (s. Anlage 12).....	51
Abbildung 26: Skizze Fließbild Sanierungsanlage (s. Anlage 13).....	52

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Aquiferparameter UB1	20
Tabelle 2: Grundwasserbeprobung Mai 2016: Beprobte Brunnen	26
Tabelle 3: Geeignete Oxidationsmittel für die Behandlung von PAK-Belastungen.....	37
Tabelle 4: Übersicht Sanierungszielwerte.....	42
Tabelle 5: Probenahmematrix der Eigenüberwachung.....	54
Tabelle 6: Probenahmematrix Nachsorgephase	55

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersichtsplan mit Untersuchungsbereichen
Anlage 2: Verbreitung des Zwischenhorizontes UB 1
Anlage 3: Vorhandene Grundwasseraufschlüsse UB 1
Anlage 4: KW-Verunreinigung im Profilschnitt A-B
Anlage 5: Feststoffbelastung der ungesättigten Bodenzone UB 1
Anlage 6: Feststoffbelastung der gesättigten Bodenzone UB 1
Anlage 7: Orientierende Bewertung gem. BBodSchG UB 1
Anlage 8: Orientierende Bewertung gem. Orientierungswerte VwV Boden im UB 1
Anlage 9: Sanierungsbereiche Grundwasser UB 1 und UB 4
Anlage 10: Hydrogeologische Arbeitsmodelle
Anlage 11: Brunnenkonfiguration und Darstellung der Strömungspfade
Anlage 12: Brunnenkonfiguration und Sanierungsbereiche Grundwasser
Anlage 13: Skizze Fließbild der Sanierungsanlage
Anhang: Arbeits- und Sicherheitsplan nach TRGS 524

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Kürzel Bezeichnung

BaP	Benzo(a)pyren
BBodSchG	Bundesbodenschutz-Gesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutz-Verordnung
BTEX	aromatische Kohlenwasserstoffe
DepV	Deponie-Verordnung
DK	Deponie-Klasse nach DepV
gBz	Gesättigte Bodenzone
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser
ISCO	In-situ chemische Oxidation
LAGA	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
LCKW	leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
NN	Normalnull
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
t	Tonnen
UB	Untersuchungsbereich
ugBz	Ungesättigte Bodenzone
UK	Unterkante
VwV	Verwaltungsvorschrift
Z	Zuordnungsklasse nach LAGA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall) und VwV

1 VERANLASSUNG

Die Firma O-I Glasspack GmbH & Co. KG (O-I) stellte die Hohlglasproduktion am Standort in 77855 Achern, Glasfabrikstrasse 1, Ende des Jahres 2012 ein. Das gesamte Areal des Betriebsgrundstückes (Flurstücknr. 1746/3, 1753/1 sowie 792/13) wurde zum 15. Oktober 2015 an die KKK Projekt GmbH (ein Unternehmen der KARL-Gruppe, Innernzell) verkauft.

Die industrielle Nutzungshistorie des Areals reicht in Teilbereichen bis in die 1880er Jahre zurück. Aufgrund des langen Nutzungszeitraumes und dem Umgang mit umweltrelevanten Stoffen ist mit Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen zu rechnen.

Die KKK Projekt GmbH stellt per Kaufvertrag die O-I Glasspack GmbH & Co. KG von sämtlichen Verpflichtungen ausgehend von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen frei und übernimmt sämtliche daraus hervorgehenden Verpflichtungen.

Für das Plangebiet „ehemalige O-I Glashütte“ in Achern wurde 2013 ein Bebauungsplan aufgestellt. Als Grundlage für die Bearbeitung des Bebauungsplans für den Bereich der ehemaligen Glashütte besteht ein städtebaulicher Entwurf. Dieser sieht im Wesentlichen eine Wohnnutzung sowie in Teilen eine dienstleistungsorientierte gewerbliche Nutzung vor.

Mit Schreiben vom 25.03.2015 des Landratsamtes Ortenaukreis (LRA OG) wurde auf der Basis vorangegangener Untersuchungen der hinreichende Verdacht auf das Vorliegen einer Altlast in vier Teilbereichen auf dem Betriebsgrundstück festgestellt. Diese werden nachfolgend wie folgt beschrieben:

- Untersuchungsbereich 1 (UB 1): Schwerölnochtank / Abstrom ehem. Glaswanne 1+2
- Untersuchungsbereich 2 (UB 2): ehem. Betriebstankstelle / Postwerkstatt
- Untersuchungsbereich 3 (UB 3): Altablagerung Champagnerhalle
- Untersuchungsbereich 4 (UB 4): Wannenkeller Glaswannen 3 + 4

Als erster Schritt der Bearbeitung wurde im Frühjahr 2014 durch KPC eine erste orientierende Erkundung auf der Fläche UB 1 durchgeführt. Sie ergab Hinweise auf das Vorhandensein von Mineralölverunreinigungen des Bodens und Mineralölkontaminationen des Grundwassers in den Grundwassermessstellen Br. 8 –10 und BA-1. Eine abschließende Gefährdungsbeurteilung erfolgte im Rahmen einer Detailuntersuchung (DU) im Herbst/Winter 2014.

Die Beurteilung ergab, dass es sich im Bereich des UB 1 um einen Grundwasserschaden durch Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und untergeordnet BTEX und Phenole handelt.

Boden(schutz)funktionen sowie der Unterbindung eines Schadstoffeintrages über den Transferpfad Boden - Grundwasser in Bezug auf die detektierten Schadstoffe:

- Mineralölkohlenwasserstoffe (C10-C40)
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK (EPA), Benzo(a)pyren)
- Aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW, hier: BTEX)
- Phenole

Die Sanierungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr der jeweiligen sanierungsbegründenden Kontaminanten des Schadensbereiches sollen auch in Bezug auf die geplanten Folgenutzungen (Wohnen) hinreichend ausgelegt werden. Zum Erreichen der Schutz- und Sanierungsziele werden berücksichtigt:

- die allgemeine Boden- und Grundwasserbelastungssituation auf dem Gelände,
- die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Boden und Grundwasser gemäß der Vorgaben und Prüfwerte des Bundes-Bodenschutzgesetzes / der Bundes-Bodenschutz-Verordnung für die Nutzung Wohnen, hiervon abgeleitete Gesetze, Verwaltungsvorschriften und Richtlinien des Landes Baden-Württemberg (vgl. Kap. 2),

Die Sanierungsmaßnahme umfasst mineralölverunreinigte Auffüllungs- und Verfüllmaterialien diverser stofflicher Zusammensetzung und chemischer Belastung sowie ggf. in Teilbereichen der Liegenschaft auch nutzungsbedingt verunreinigte natürliche Bodenmaterialien unterhalb der Auffüllung. Darüber hinaus erstreckt sich die Sanierungsmaßnahme in die gesättigte Bodenzone.

1.2 Aufgabenstellung, Auftragsumfang

Der Auftrag umfasst die nachfolgend aufgeführten wesentlichen Leistungen:

- Grundlagenermittlung der Sanierung
- Darstellung der Standortverhältnisse
- Ausführung ergänzender Standortuntersuchungen (Sanierungsuntersuchung)
- Definition von Sanierungszielen
- Machbarkeitsstudie
- Festlegung von Sanierungszonen
- Auswahl geeigneter Sanierungstechniken
- Fachliche Bewertung
- Sanierungsvorschlag
- Präsentation/Abstimmung des Sanierungsvorschlages
- Sanierungsplan
 - • Sanierungsverfahren
 - • Kubaturen und Massenbilanzen
 - • Bauablauf
 - • Sicherheits-, Gesundheits- und Umgebungsschutz
 - • Entsorgungskonzept
 - • Qualitätssicherung und Kontrolle
 - • Rahmen-Zeitplanung

Der Sanierungsplan wird hiermit vorgelegt.

1.3 Auftraggeber, Auftragsdatum

Re2area GmbH wurde am 24.11.2015 von der KKK Projekt GmbH mit den Leistungen zur Erstellung eines Sanierungsplans für die ehemalige Betriebsfläche der O -I Glasspack GmbH & Co. KG beauftragt.

2 VERWENDETE UNTERLAGEN

2.1 Planunterlagen, Gutachten, Berichte

Kürzel	Bezeichnung	Verfasser/ in	Erschienen Datum
[Re2area 1]	Dokumentation der Erstellung von sechs Grundwassermessstellen (Br. 29/1, Br. 29/2, Br. 30/1, Br. 30/2, Br. 31/1 und Br. 31/2)	Re2area GmbH	24.02.2017
[Re2area 2]	Dokumentation zur Durchführung von Immissionspumpversuchen an den Brunnen Br. 18, Br. 29/1 und Br. 31/1 im Zeitraum vom 04.10.2016 bis 25.10.2016	Re2area GmbH	24.02.2017
[Re2area 3]	Dokumentation der Laborversuche zur Ermittlung des biologischen Abbaupotentials und Untersuchungen zur chemischen Oxidation von PAK, MKW und BTEX	Re2area GmbH	07.02.2017
[Re2area 4]	Sachstandsberichte zum Grundwassermonitoring Februar 2016, Mai 2016, August 2016, November 2016, Februar 2017, Mai 2017	Re2area GmbH	Ab 10.08.2016
[Re2area 5]	Dokumentation Geländearbeiten, ehem. Glasfabrik Achern	Re2area GmbH	In Bearbeitung
[KPC 1]	Industriehistorische Recherche zur Liegenschafts- und Produktionsentwicklung des OI Werk Achern	KPC Keuck & Partner Consultants	30.04.2013
[KPC 2]	Orientierende Gefährdungsabschätzung des OI Werk in Achern	KPC Keuck & Partner Consultants	24.07.2014
[KPC 3]	Detailphase zur Gefährdungsabschätzung des OI Werk in Achern	KPC Keuck & Partner Consultants	20.02.2015
[LRA OG 1]	Auskunft aus dem Bodenschutz- und Altlastenkataster des Ortenaukreises für die	LRA Ortenaukreis	11.08.2014

	Grundstücke Flst.-Nr.: 1746/3, 1753/1, 729/13, 1070 Gemarkung Achern		
[LRA OG 1]	Auskunft aus dem Bodenschutz- und Altlastenkataster des Ortenaukreises für die Grundstücke Flst.-Nr.: 1746/3, 1753/1, 729/13, 1070 Gemarkung Achern	LRA Ortenaukreis	11.08.2014
[LRA OG 2]	Altstandort „Ol Glasspack“ (Obj.-Nr 06786) Flst.-Nr.: 1753/1, 729/13 (Tauschfläche), 1746/3, 1748 (teilweise), 1774/1 (Pachtfläche), 77855 Achern	LRA Ortenaukreis	25.03.2015

2.2 Literatur, Gesetze, Verordnungen

- /1/ BBodSchG - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) vom 17.03.1998 (BGBl 24.03.1998, S. 502).
- /2/ BBodSchV - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 17. Juli 1999; (BGBl vom 16.7.1999, S. 1554).
- /3/ Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz – LBodSchAG, Baden-Württemberg) Vom 14. Dezember 2004
- /4/ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) (Hrsg.) (2008): Bewertungsgrundlagen für Schadstoffe in Altlasten - Informationsblatt für den Vollzug vom 01.09.2008.
- /5/ Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) (Hrsg.) (1997) (Allgemeiner Teil: 06.11.2003 / Teil II, TR Boden 05.11.2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln -; LAGA Mitteilung 20.
- /6/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (Hrsg.) (1994): Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden; Stuttgart.
- /7/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Herausgegeben unter Vorsitz von NRW, Dezember 2004.
- /8/ Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis (AVV): BGBl. I 2001, 3379, zuletzt geändert durch Art. 7 des Gesetzes vom 15.07.2006 (BGBl. 1 S. 1619).
- /9/ Verordnung über gefährliche Stoffe (GefStoffV) vom 26. Nov. 2010; (BGBl. I S.1643).
- /10/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DEPV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert November 2010.
- /11/ Verwaltungsvorschrift über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen, (Erlaß des Sozialministeriums und des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 16.09.1993, AZ: 32-8984.00(UM), 57-8490.1.40(SM)) in der Fassung vom 01.03.1998, Stand: 30.04.1998

- /12/ Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007
- /13/ Altlastenbewertung, Priorisierungs- und Bewertungsverfahren Baden-Württemberg, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Juni 2012
- /14/ Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG) vom 03.12.2013

3 UMGRIFF DES SANIERUNGSPLANS

Der vorliegende Sanierungsplan umfasst den Untersuchungsbereich UB 1 (Schwerölnochtank / Abstrom ehem. Glaswannen 1 und 2) auf dem ehemaligen Werksgelände der O-I Glasspack GmbH & Co. KG. Der Untersuchungsbereich UB 1 umfasst eine Fläche in Höhe von ca. 12.500 m².

Gegenstand des Sanierungsplanes ist die Sanierung der schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten sowie der durch schädliche Bodenveränderungen und Altlasten verursachten Verunreinigungen des Bodens und Grundwassers zum Zweck der Gefahrenabwehr gemäß den bodenschutzrechtlichen und wasserrechtlichen Vorschriften sowie zur Erfüllung der allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse im Sinne des § 1 Abs. 6 Nr.1 des Baugesetzbuches im Hinblick auf den bestehenden Bebauungsplan und des auf dieser Basis in Planung befindlichen städtebaulichen Konzeptes „Neues Wohnen an der Acher“. Der Sanierungsplan beschreibt die Sanierung der im Untersuchungsbereich UB 1 (s. Abbildung 2) erfassten Boden- und Grundwasserverunreinigungen und regelt die Auswirkungen der Altlast und der damit verbundenen Sanierungs-, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen auf das Gelände und auf das unmittelbar davon betroffene Umfeld. Der Sanierungsplan behandelt die Auswirkungen geplanter Bodenaushub-, Grundwasserförder- und Versickerungsmaßnahmen, die Auswirkungen von in-situ Grundwasser-sanierungsmaßnahmen sowie der Rückverfüllung geeigneter Materialien in die ausgehobenen Baugruben. Durch die geplanten und beschriebenen Maßnahmen werden die Sanierungszielwerte im Schadensherd erreicht und eingehalten sowie der Abstrom von belastetem Grundwasser aus dem Untersuchungsbereich UB 1 wirkungsvoll und nachhaltig unterbunden.

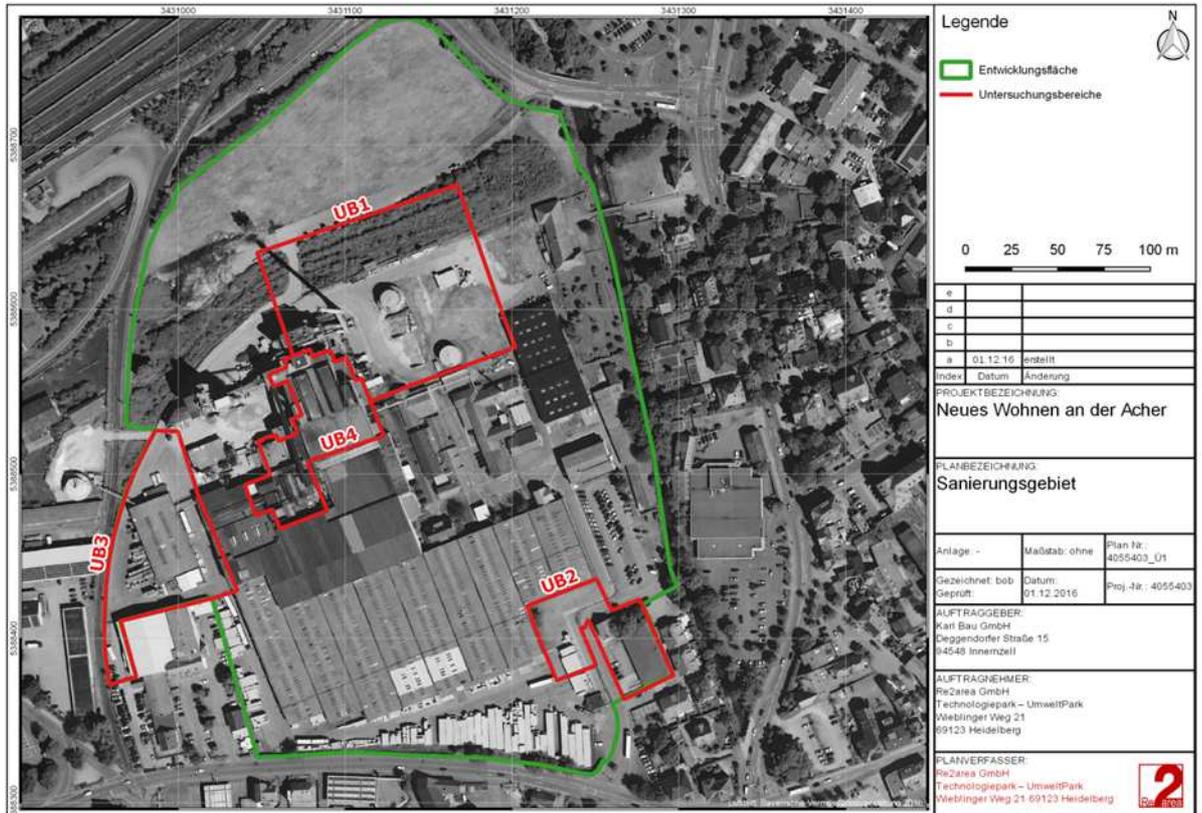


Abbildung 2: Sanierungsgebiet und Untersuchungsbereiche (s. Anlage 1)

4 STANDORTBESCHREIBUNG

4.1 Lage, Größe, Zustand

Die Stadt Achern liegt im Westen des Bundeslandes Baden-Württemberg am östlichen Rand des Oberrheingrabens (s. Abbildung 3). Nördlich und südlich befinden sich die Städte Baden-Baden und Offenburg (s. Abbildung 4).



Abbildung 3: Lage von Achern in Baden-Württemberg

Hintergrundkarte

U:W

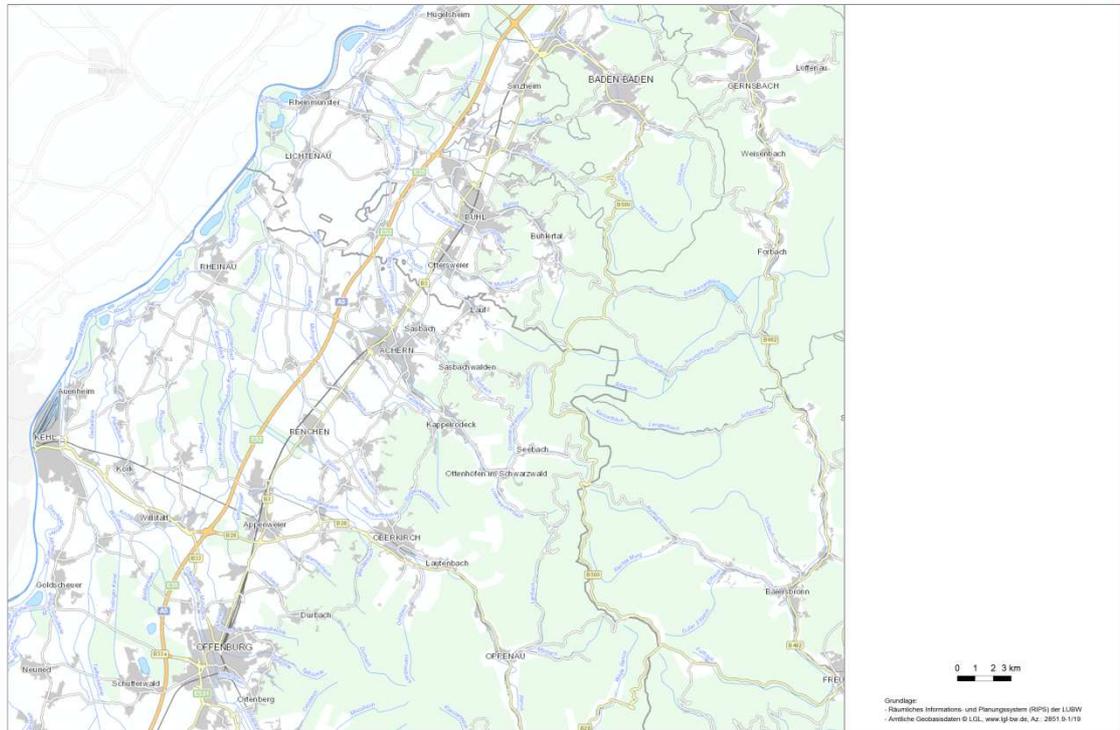


Abbildung 4: Lage von Achern zwischen Offenburg und Baden-Baden

Das Areal liegt nördlich des Stadtzentrums von Achern (s. Abbildung 5). Im Westen liegt es an der Bahnlinie Achern-Ottenhöfen der SWEG. Die östliche Begrenzung bildet die hier kanalisierte Acher. Im Norden grenzt das Areal direkt an die B 3 und indirekt an die mehrgleisige Bahnstrecke Karlsruhe – Freiburg. Im Süden grenzt das Grundstück an die Fautenbacher Straße, über die das Grundstück aktuell erschlossen wird.

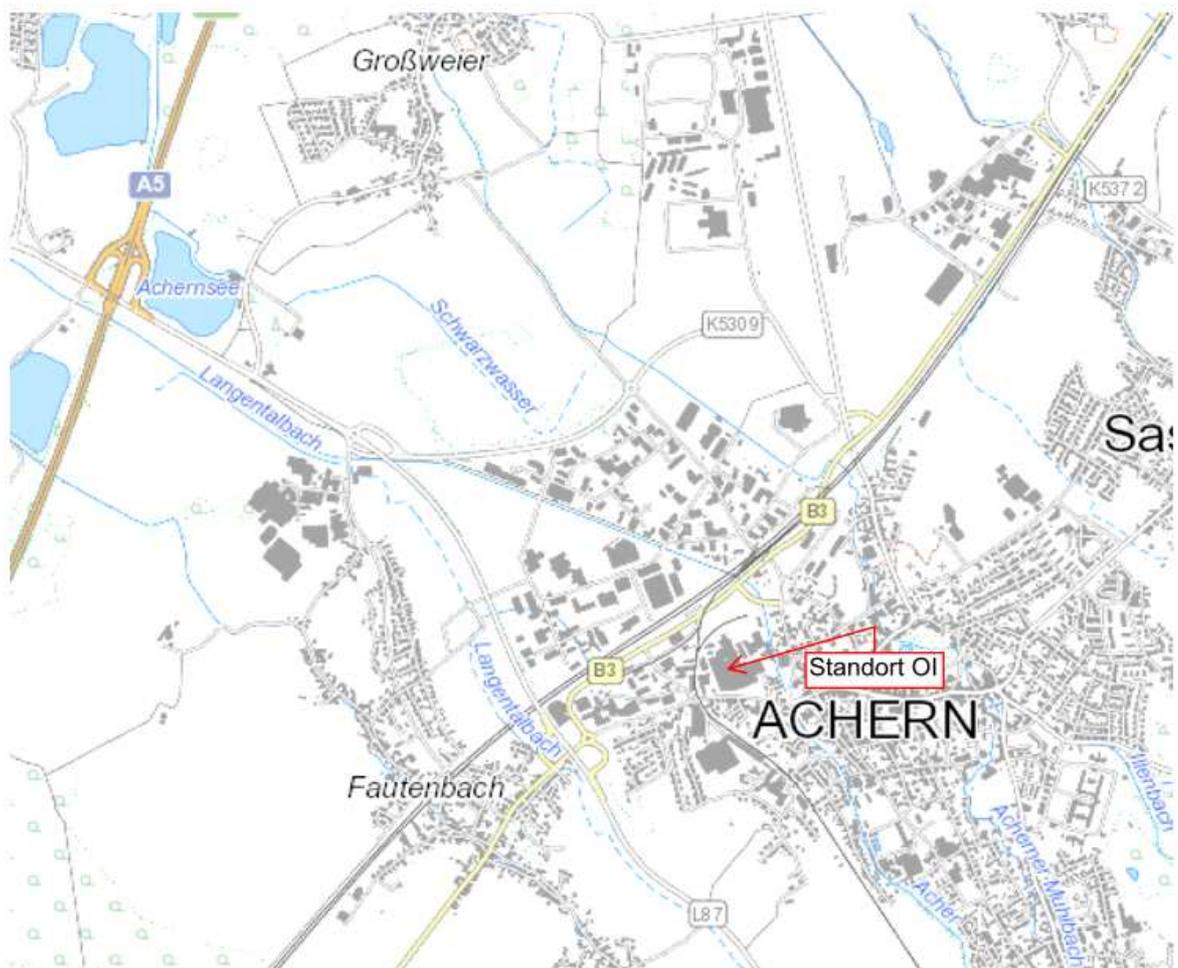


Abbildung 5: Lage von Achern in Baden-Württemberg

Insgesamt verläuft das Gelände weitestgehend flach, mit leichtem Gefälle nach Norden. An der Südgrenze liegt das Gelände auf ca. 144,50 m + NN, an der Nordgrenze bei ca. 142,75 m + NN. Die Fautenbacher Straße verläuft entlang der Grundstücksgrenze auf ca. 145,50 m + NN bis 146,0 m + NN. Somit besteht im Süden ein Geländesprung von ca. 1,0 bis 1,5 m Höhe. Die Gesamtgröße des Grundstücks beträgt ca. 9,4 ha. Im Bereich des UB 1 beträgt die Geländehöhe ca. 143,3 m + NN. Im südlichen und zentralen Bereich ist die Fläche vollständig überbaut oder versiegelt, mit Ausnahme der Sanierungsfläche an den ehemaligen Glaswannen 1 + 2. Oberirdisch wurden die Gebäude im Laufe des Jahres 2016 bis zum Mai 2017 vollständig zurückgebaut. Sukzessive erfolgte im Anschluss die Entsiegelung der Oberflächen außerhalb der Untersuchungsbereiche. Im nördlichen Teilbereich bestehen alte Gleiskörperanlagen und eine Brachfläche (siehe Abbildung 6).

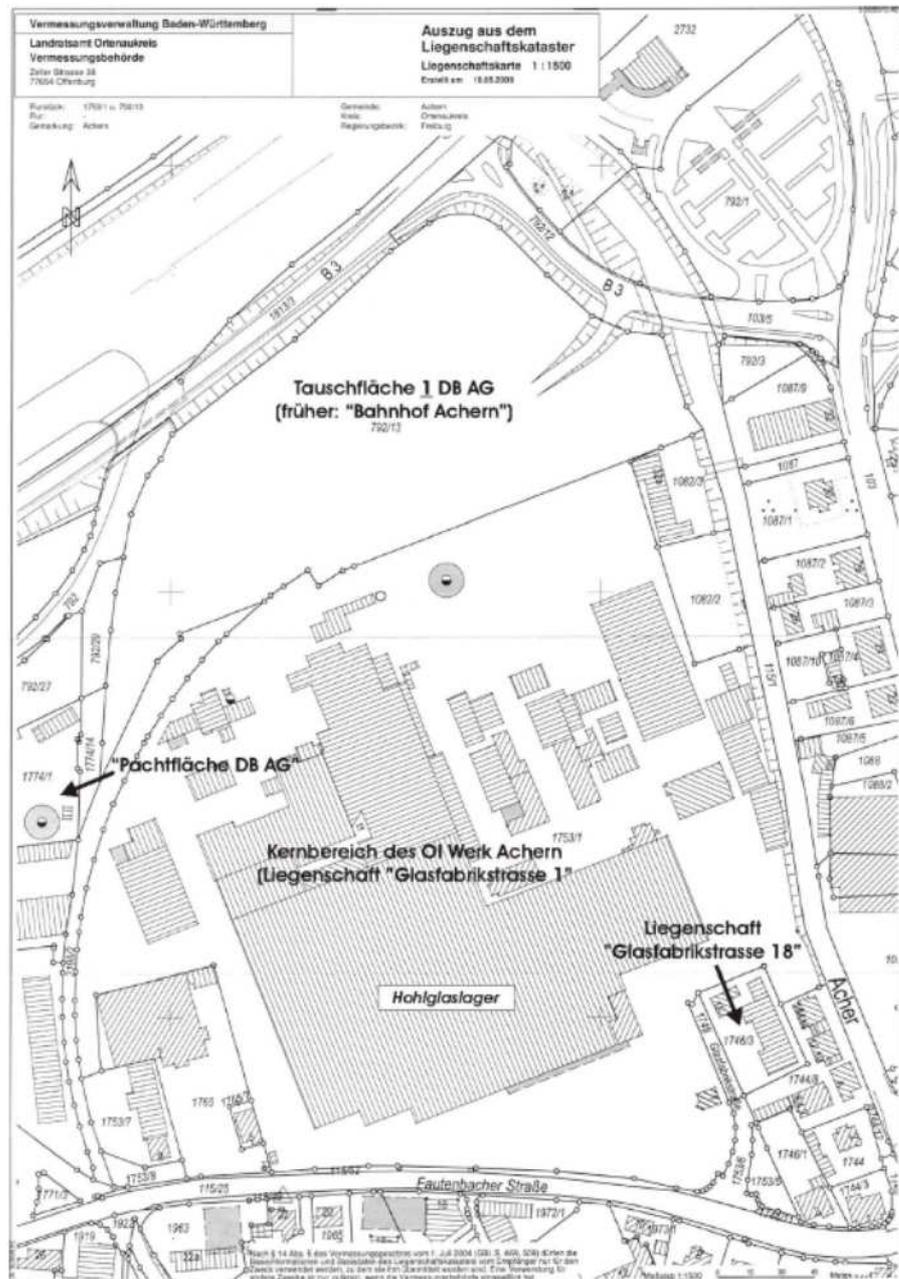


Abbildung 6: Auszug aus dem Liegenchaftskataster des ehemaligen O-I Werkgeländes

4.2 Schutzzonen/Ristriktionen

Das Grundstück befindet sich nach Informationen des Bauamtes der Stadt Achern nicht in einer ausgewiesenen oder geplanten Wasserschutzzone oder einem Landschaftsschutzgebiet. Schützenswerte Sachgüter oder Baudenkmäler des Geländes liegen nicht vor.

4.3 Naturräumliche Ausstattung

Die Stadt Achern liegt in den Naturräumen der 3. Ordnung „Schwarzwald und Oberrheinisches Tiefland“ und „Rhein-Main-Tiefland“ (nach SSYMANK). Das ehemalige

Betriebsgelände der Glasfabrik liegt im Naturraum „Oberrheinisches Tiefland und Rhein-Main-Tiefland“ (s. Abbildung 7).

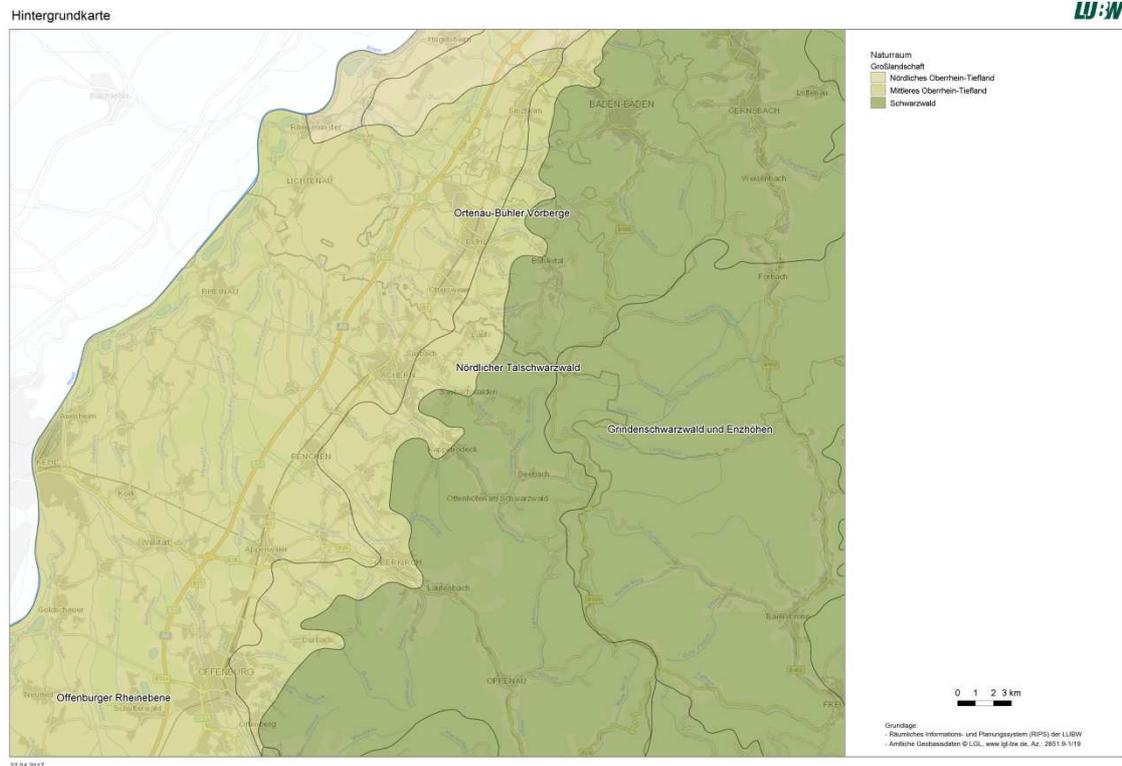


Abbildung 7: Naturräumliche Gliederung

4.3.1 Morphologie

Das Geländeniveau des weitgehend ebenen Betriebsgeländes weist nur geringe Höhenunterschiede auf. Die durchschnittliche Höhe auf dem vormals nahezu vollständig durch Verkehrsflächen (Verbundpflaster), Gebäude und technische Installationen versiegelten Gelände beträgt etwa 143,00 m ü. NN. Die Geländeoberfläche fällt von Süden in Richtung Norden leicht ab.

4.4 Lokale Geologie, Hydrogeologie

Das Glashüttengelände liegt großräumlich im Bereich des Oberrheingrabens, als tertiärem Einbruchbecken innerhalb der angrenzenden Mittelgebirgslandschaften des Schwarzwaldes und der Vogesen. Das Oberrheingebiet ist eine ca. 300 km lange und durchschnittlich 40 km breite geotektonische Grabenstruktur, deren Entwicklung vor ca. 45 Millionen Jahren begann.

Flankiert wird der Rheingraben von Schwarzwald und Vogesen, die sich während seines Einsinkens heraus hoben. Schon im Tertiär wurde der absinkende Graben, u. a. mit marinen Sedimenten, wiederverfüllt. Im Pleistozän (Quartär) wurden bis zu 380 m mächtige Kiessichten abgelagert. Oberflächlich erhalten sind hauptsächlich die

Schotter der letzten „Würmvereisung“ (Niederterrasse), die örtlich von jüngeren Lößlehmen und Hochflutlehmen des Holozäns überlagert werden.

Der Oberrheingraben enthält ein bedeutendes Grundwasservorkommen der Bundesrepublik Deutschland. Wichtigster Grundwasserleiter (Aquifer) sind hier die Sande und Kiese des Pleistozäns und Holozäns, die häufig unter einer schützenden Deckschicht aus sandigen bis tonigen Schluffen flächendeckend verbreitet sind. Die Durchlässigkeit dieses Aquifers ist im Allgemeinen als sehr gut anzusehen (Durchlässigkeitsbeiwert = kf-Wert 10^{-3} m/s bis 10^{-4} m/s), lokal können jedoch besonders in den holozänen, fluviatilen Sedimenten (Schluffe, Sande und Kiese) stark unterschiedliche Durchlässigkeiten entwickelt sein.

Nach der geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 25.000, Blatt 7314, Brühl und ORTLAM (2003) wird der natürliche Untergrund im Stadtgebiet Achern vorwiegend aus quartären Sedimenten der Niederterrasse (Kiese, Sande und Schluffe/Auelehme) gebildet.

Das Gebiet liegt im Randbereich der Kinzig-Murg-Rinne (als Alt-Rheinarm) und der Schwarzwaldfluß-Schwemmfächer. Die im Raum Achern ca. 25 m mächtigen fluviatilen Ablagerungen gliedern sich vertikal in ein „oberes/mittleres/unteres Kieslager“, welche durch Schlufflinsen durchsetzt sind. Im Stadtgebiet Achern sind oberflächennah mächtige Auelehm-Ablagerungen zu erwarten, die jedoch im Bereich des Werkgeländes entsprechende Beeinflussungen in Form anthropogener Auffüllungen und Anschüttungen u.a. zur Schaffung eines einheitlichen Werksgründungsplanums bzw. zur „Trockenlegung“ des der Acher nahegelegenen Terrains aufweisen.

4.4.1 Oberflächengewässer

Die östliche Grundstücksgrenze wird durch die Acher gebildet, die in einem künstlichen Bett in etwa 75 m Entfernung zu UB 1 von Süden nach Norden fließt. Bei der Acher handelt es sich um ein öffentliches Gewässer bzw. einen natürlichen Wasserlauf gem. §3 (2) und (3) WG. Die Acher wird in Anlage I zu §4 Satz 3 des WG als Gewässer erster Ordnung im Bereich zwischen der nördlich angrenzenden Eisenbahnbrücke beim Bahnhof Achern und der Abzweigung des Acher-Flutkanals bei Gamshurst geführt. Im Weiteren handelt sich um ein Gewässer der II Ordnung – von wasserwirtschaftlicher Bedeutung.

4.4.2 Wasserschutzgebiete

In der näheren Umgebung des Geltungsbereiches des Sanierungsplanes befinden sich keine Wasserschutzgebiete. Die Lage der nächsten Wasserschutzgebiete ist in Abbildung 8 dargestellt.

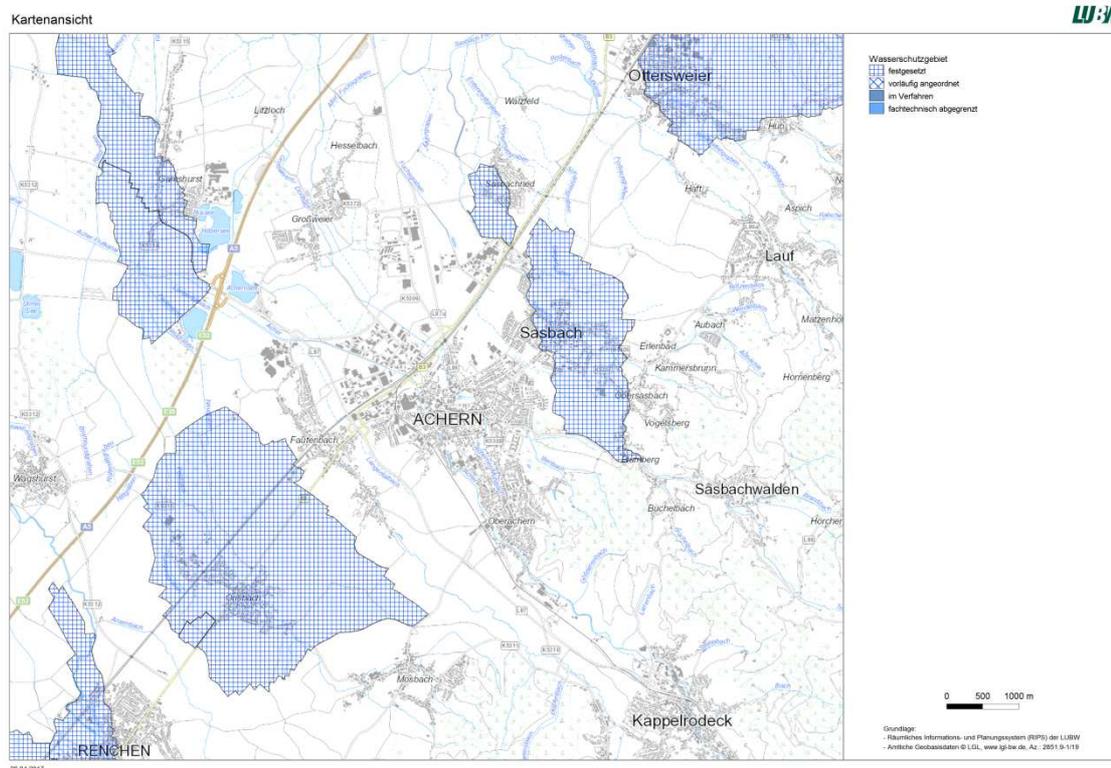


Abbildung 8: Lage von Wasserschutzgebieten in der Region um Achern

4.4.2.1 Hydrogeologischer Untergundaufbau im Untersuchungsbereich UB1

Hydrologische Untersuchungen waren bereits Bestandteil der Orientierenden und Detailuntersuchung, auf die an dieser Stelle verwiesen wird [KPC 2 und KPC 3].

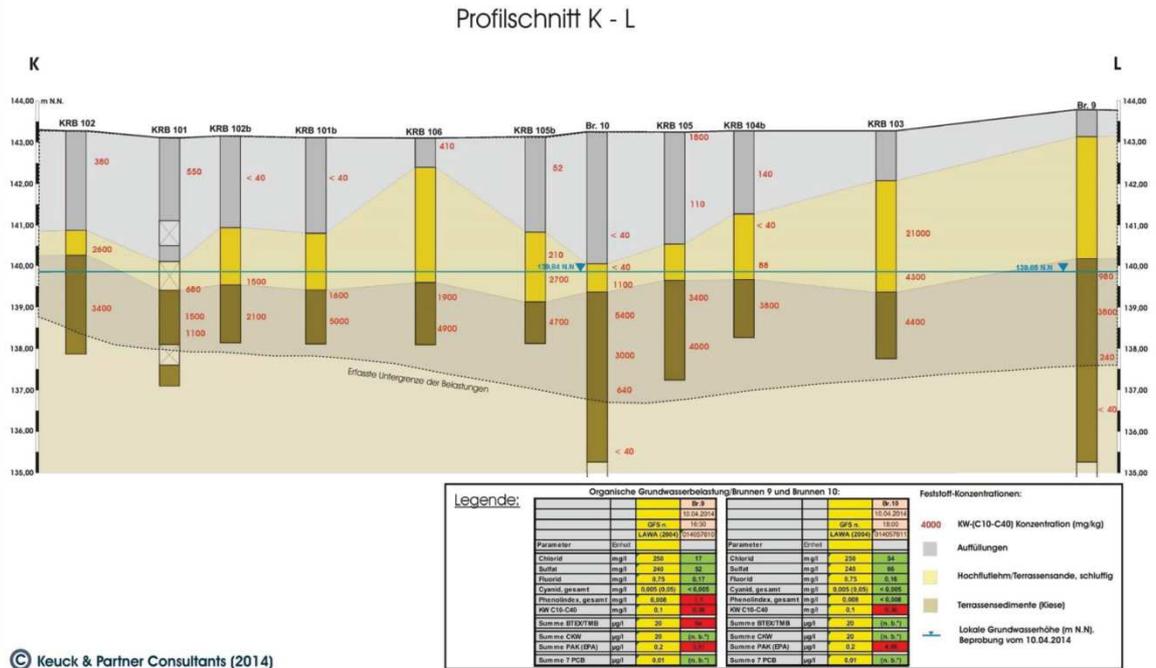
Der Druckwasserspiegel lag im Untersuchungsbereich UB1 zwischen 139,8 m üNN (Br. 8) und 140,2 m üNN (Br. 8).

In den Untergundaufschlüssen wurde unter den Aufschüttungsmaterialien eine bindige Schluffschicht variierender Mächtigkeit angetroffen, die auch in weiteren Bereichen des Grundstücks ausgebildet ist: „Die wasserstauende, ehemals als Gründungsplanum ungeeignete Geländeoberfläche aus Hochflutlehm – als früheres Sumpfgelände im Nah-/Einflussbereich der „Acher“ – bildet heute in weiten Bereichen des Werkgeländes die Basis der im gesamten Grundstück zur Trockenlegung und Gründung aufgeschütteten Materialien i. W. aus Aschen/Schlacken, Bauschutt und Erdaushub. Bezogen auf den Schadstofftransfer Boden – Sickerwasser - Grundwasser stellen die Hochflutlehme aufgrund ihrer stark bindigen Ausprägung in weiten Teilen des Grundstückes eine natürliche hydraulische Barriere dar, soweit nicht z.B. im Rahmen von Tiefgründungen eine partielle Ausräumung erfolgte (Wannenkeller) [KPC 3]. Darunter stehen grundwasserführende Grobsande und Kiese mit Mächtigkeiten von mindestens ca. 3 m an. Im Untersuchungsbereich UB1 wurden im Jahr 2016 sechs neue Grundwasseraufschlüsse erstellt, wobei eine kleinräumige Stockwerksgliederung

des Aquifers angetroffen wurde, die im Weiteren im Rahmen von Immissionspumpversuchen bestätigt wurde [Re2area 2]. Die Bohrprofile zeigen an, dass die Sande und Kiese von einer hydraulisch wirksamen, bindigen Schluffschicht unterlagert werden. Die Druckverhältnisse erschienen beim Erstellen der neuen Brunnen (Br. 29, Br. 30, Br. 31) leicht gespannt in diesem im Hangenden und liegenden von bindigen Schichten umgebenen Grundwasserstockwerk. Die Stockwerksgliederung erscheint lateral nicht persistent ausgebildet zu sein, da in einigen Bohrprofilen der Voruntersuchungen ein abweichender Untergrundaufbau dokumentiert ist, die ggf. dem stark heterogenen Charakter des natürlichen Untergrundes geschuldet ist. Im Liegenden des oberen Grundwasserstockwerkes folgen wiederum wasserführende Sande und Kiese mit Mächtigkeiten bis zu ca. 4 m die von hydraulisch wirksamen, bindigen Schichten unterlagert werden. Diese Schichten bilden in Teilbereichen ein zweites Grundwasserstockwerk. Teilweise sind die stauenden Horizonte nicht ausgebildet. Im Belastungsschwerpunkt liegt jedoch meist die genannte Stockwerksgliederung vor. Die Profile der Brunnen Br. 10, Br. 18, Br. 29, Br. 30 und Br. 31 in Untersuchungsbereich UB1 sind in den Abbildungen 9, 10 und 11 dargestellt. Die auf Basis der vorhandenen Bodenprofile abgeleitete Ausbreitung des Zwischenhorizontes ist in Abbildung 12 dargestellt.

Ein Profilschnitt aus dem Untersuchungsbereich UB1, der im Zuge der Voruntersuchungen durch KPC erstellt wurde, ist in Abbildung 7 dargestellt. Hieraus ist abzulesen, dass die Erkundungsbohrungen mit der gewählten Erkundungstiefe den stauenden Horizont nicht erreicht haben.

Schematische Darstellung der KW-/PAK-Verunreinigungen im Umfeld des Öl-Hochtanks "Eigentumsfläche"/der ehem. Glaswannen 1 + 2



© Keuck & Partner Consultants (2014)

Abbildung 9: Profilschnitt 1 UB1 [KPC]

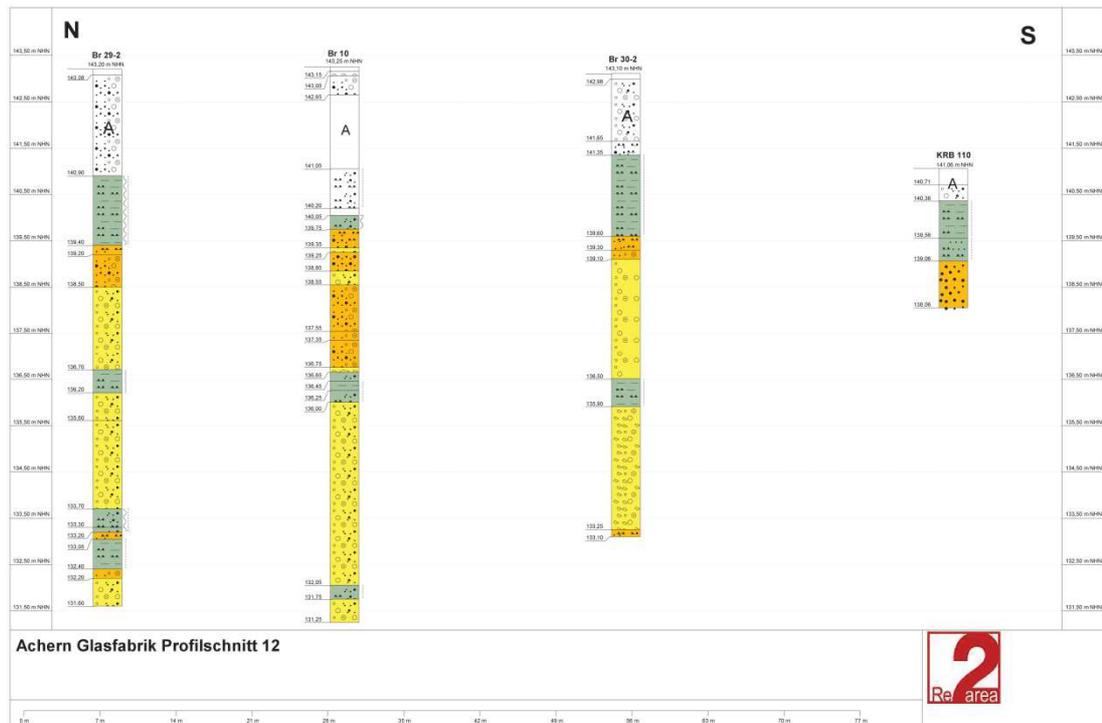


Abbildung 10: Profilschnitt 2 UB1

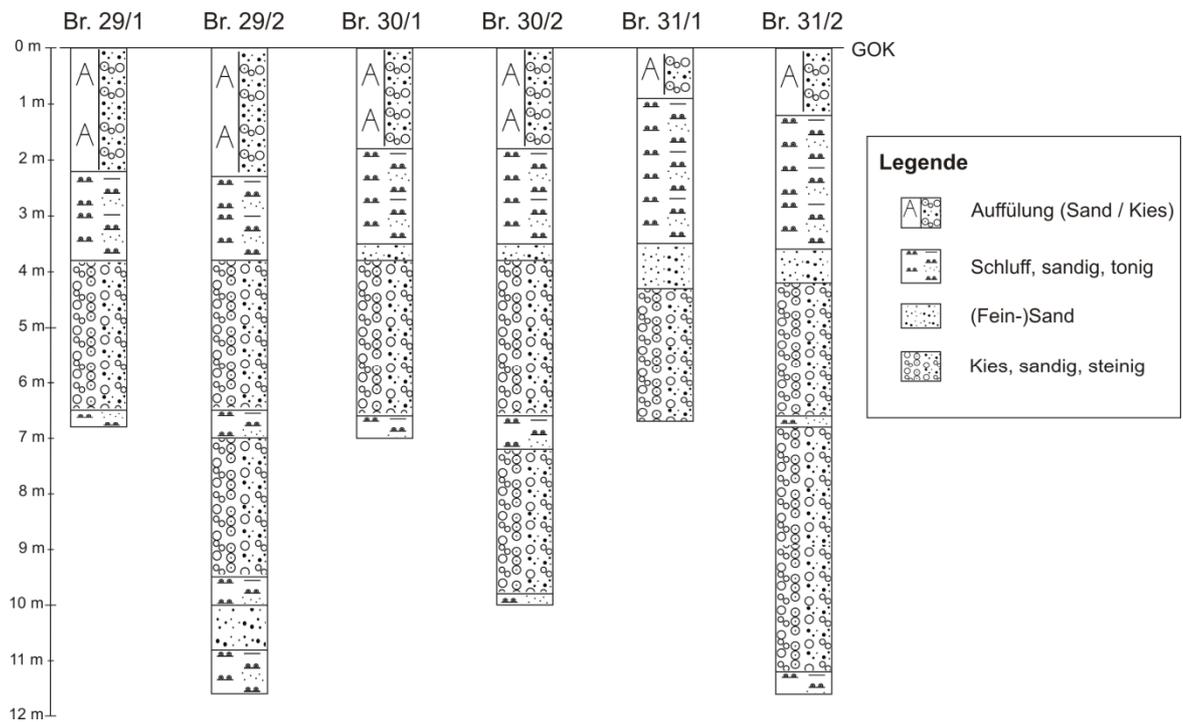


Abbildung 11: Profilschnitt 3 UB1

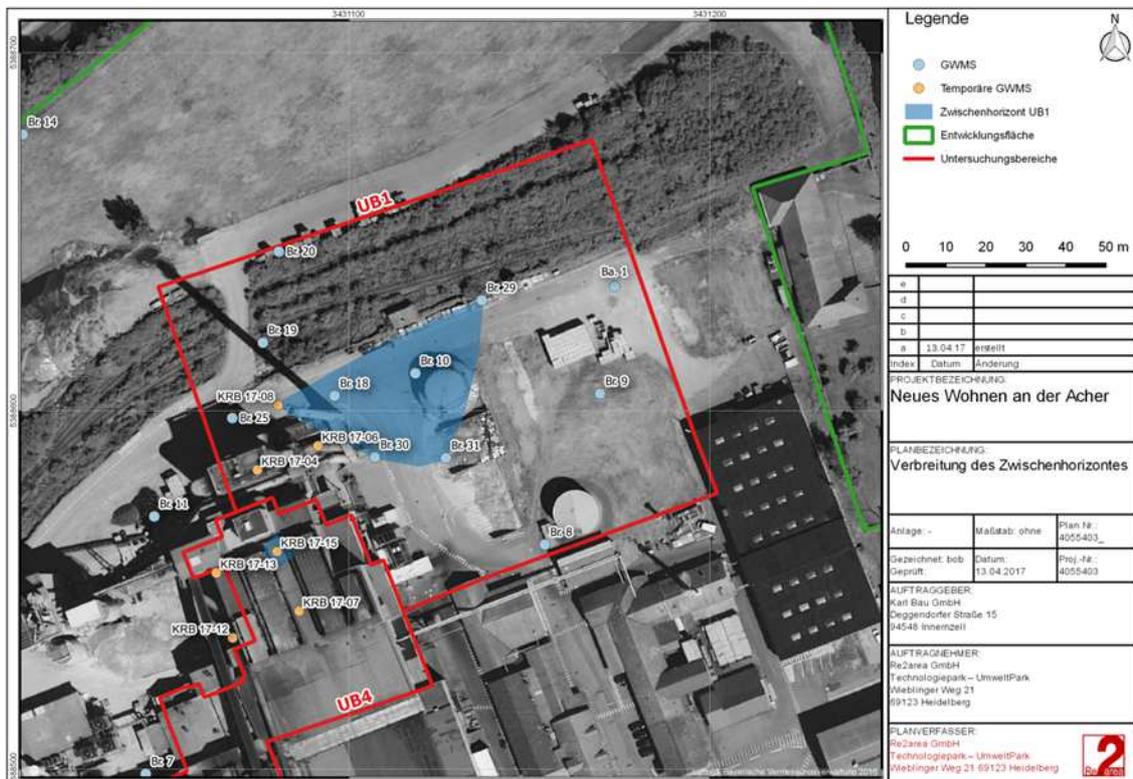


Abbildung 12: Verbreitung des Zwischenhorizontes im UB1 (s. Anlage 2)

Eine Übersicht aller bis November 2016 verfügbaren Grundwassermessstellen gibt die Abbildung 13.

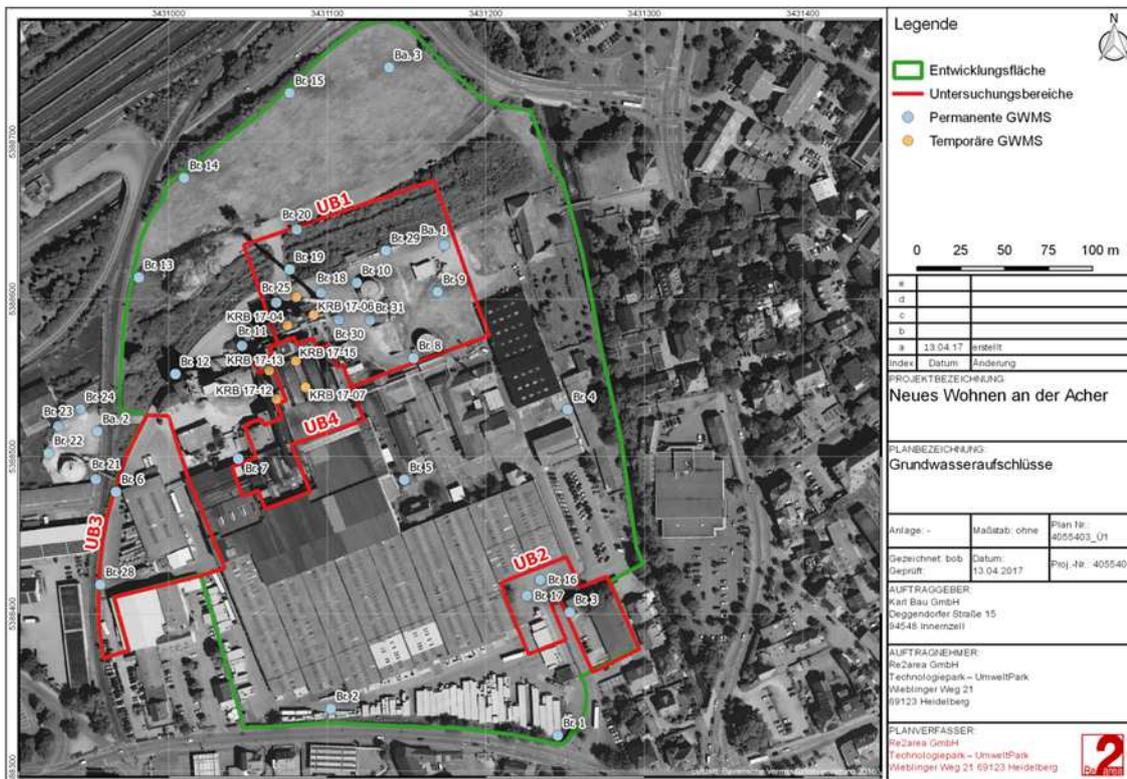


Abbildung 13: Vorhandene Grundwasseraufschlüsse (November 2016)(s. Anlage 3)

4.4.2.2 Grundwasserströmungsverhältnisse

Die Ermittlung der Grundwasserströmungsverhältnisse erfolgt auf Basis eines Netzwerks aus Grundwasseraufschlüssen, die im Zuge von Stichtags- und Monitoringuntersuchungen untersucht wurden [Re2area 4]. Darüber hinaus wurde die natürliche Dynamik der Grundwasserspiegelhöhen mit Hilfe von Pegelloggern aufgezeichnet [Re2area 4]. Die Untersuchungen der Grundwasserströmungsverhältnisse zeigen fortwährend ein geringes Gefälle der Grundwasseroberfläche im Untersuchungsbereich UB1 in einer Größenordnung von ca. 0,4 % an, während die Grundwasserströmungsrichtung in nördlichen Richtungen variiert. In der Folge ist die ableitbare Strömungsgeschwindigkeit in diesem Bereich gering. Im westlichsten und nördlichsten Teilbereich des Untersuchungsbereiches UB1 herrscht ein deutlich abweichendes Grundwassergefälle vor. Die Grundwasseroberfläche besitzt hier ein Gefälle in der Größenordnung von ca. 5 %. Die Grundwasserströmungsrichtung ist nach Nordwest bis Nord gerichtet. Exemplarisch sind die Ergebnisse der Stichtagsmessung vom 08.02.2016 in Abbildung 14 dargestellt. Nördlich und westlich des Untersuchungsbereiches wurde ein steiles Grundwassergefälle ermittelt. Die Fließrichtung variiert von West bis Nord. Es ist zu beachten, dass die Brunnen Br.1 bis Br. 27 unabhängig des angetroffenen Untergrundaufbaus mit einer durchgehenden Filterstrecke ausgestattet wurden. Auf diese Weise wurden stauende Horizonte durchteuft und Grundwasserstockwerke miteinander verbunden. Der in diesen Brunnen ermittelbare Grundwasserflurabstand entspricht deshalb einem mittleren, dynamischen

Grundwasserdruckspiegel über die gesamte Filterstrecke, was bei der Interpretation der Isolinenpläne, die auf Basis dieser Messungen hergestellt wurden zu beachten ist.

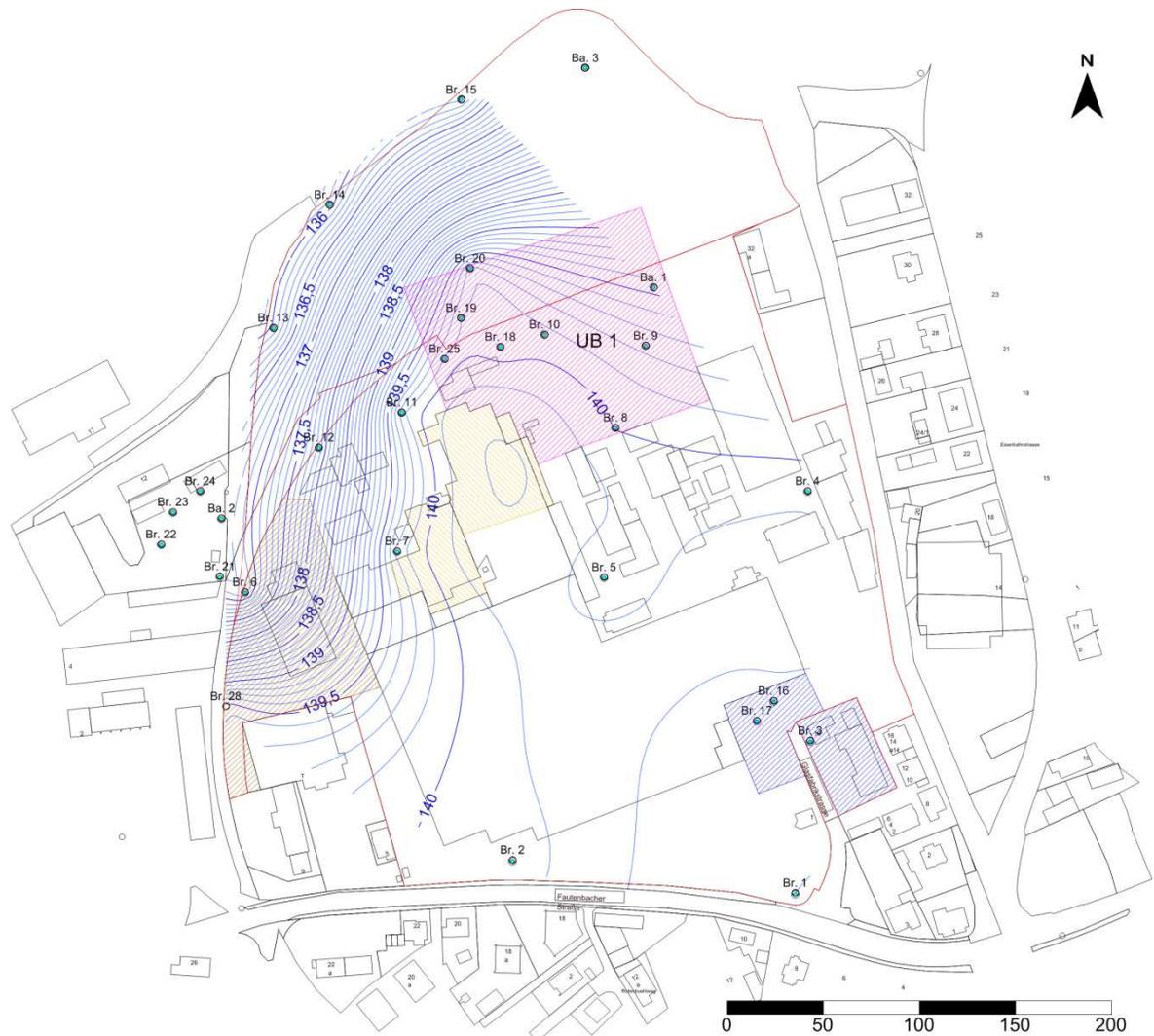


Abbildung 14: Isoliniendarstellung d. interpolierten Grundwasserspiegelhöhen vom 08.02.2016

4.4.2.3 Zusammenfassung der Aquiferparameter im Untersuchungsbereich UB1

Tabelle 1 stellt eine Zusammenstellung über die Aquiferparameter im Schadensbereich des UB 1 dar.

Tabelle 1: Aquiferparameter UB1

Parameter	Wert
Durchlässigkeitsbeiwert (k_f)	$10^{-4} - 10^{-3}$ m/s
Grundwassergefälle (i)	0,4 %
Durchflusswirksamer Porenanteil (n_e)	0,2
Abstandsgeschwindigkeit (v_a)	86 cm/Tag

5 HISTORISCHE, AKTUELLE UND GEPLANTE NUTZUNG, ENTWICKLUNG DER EIGENTUMSVERHÄLTNISSE

Die industrielle Nutzungshistorie des Areals reicht in Teilbereichen bis in die 1880er Jahre zurück. Die Firma O-I Glasspack GmbH & Co. KG (O-I) stellte die Hohlglasproduktion am Standort in 77855 Achern, Glasfabrikstrasse 1, Ende des Jahres 2012 ein. Das gesamte Areal des Betriebsgrundstückes (Flurstücknr. 1746/3, 1753/1 sowie 792/13) wurde zum 15. Oktober 2015 an die KKK Projekt GmbH (ein Unternehmen der KARL-Gruppe, Innernzell) verkauft.

Der Untersuchungsbereich UB1 umfasst eine Fläche von ca. 12.500 m² im nördlichen Teil der Gesamtfläche. Historisch umfasst der Bereich die Standorte der ehemaligen Glaswannen 1 und 2 sowie Hochtanks für Schweröl und den Bereich nördlich der Glaswannen 3 und 4, wo sich der Abluftkamin befand. Nach Norden erstreckt sich der Untersuchungsbereich bis zum ehemaligen Gleisbereich (Rangierfläche). In den neunziger Jahren wurden die Glaswannen 1 und 2 im östlichen Teil des Untersuchungsbereiches zurück gebaut und eine Bodenaustauschmaßnahme durchgeführt [KPC 1]. Im Weiteren verblieb die freigelegte Geländeoberfläche im südwestlichen Quadranten des Untersuchungsbereiches UB1 größtenteils unversiegelt.

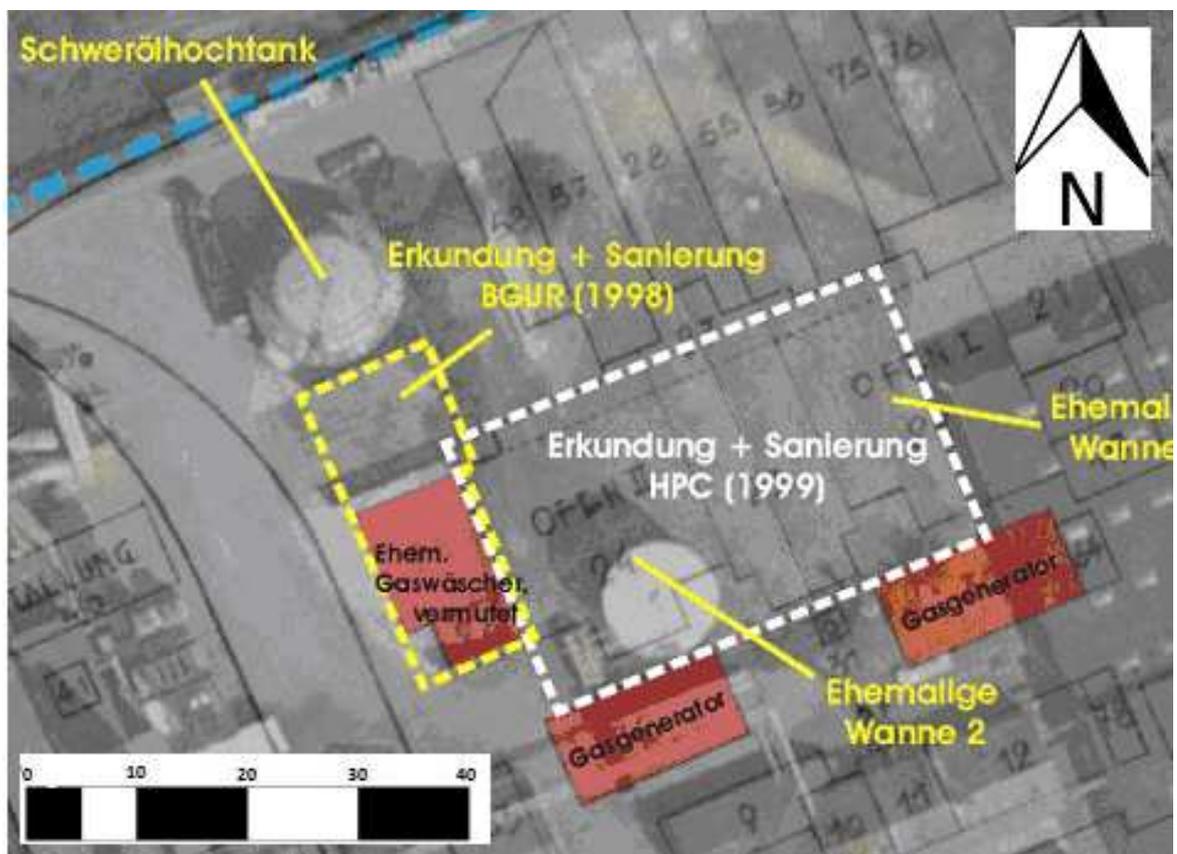


Abbildung 15: Lage „Schweröhlhochtank / Abstrom ehem. Glaswanne 1+2“ (UB 1) [KPC]

6 ZUSAMMENFASSUNG VORANGEGANGENER UND AKTUELLER UNTERSUCHUNGEN

6.1 Schadstoffinventar

Auf dem Entwicklungsgelände liegen Boden- und Grundwasserbelastungen vor, die auf den jahrzehntelangen Betrieb der Glashütte zurückzuführen sind. Die kontaminierten Bereiche konzentrieren sich auf vier Hauptbereiche, die im Weiteren in die Untersuchungsbereiche UB1 – UB4 unterteilt wurden. Zu den am Standort auftretenden sanierungsrelevanten Parametern zählen die organischen Schadstoffe MKW, PAK, BTEX und Phenol.

6.2 Orientierende Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung

Das Unternehmen „KPC Keuck & Partner Consultants“ wurde durch O-I Glasspack mit der Durchführung einer orientierenden Untersuchung des Werksgeländes in Achern beauftragt. Der Bericht trägt das Datum 24. Juli 2014. Der Untersuchungsbereich 1 wurde im Rahmen der OU mit insgesamt 30 Rammkernsondierungen sowie Bodenluftpegeln und Grundwassermesstelle (Br 8-10) erkundet.

Im Zuge der orientierenden Untersuchung wurden Belastungen des Bodens und des Grundwassers festgestellt. Insbesondere die aliphatischen und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe sind deutlich unterschiedlich auf dem Gelände verteilt gewesen.

Es wurde beschrieben, dass die ursprüngliche Geländeoberfläche aus Hochflutlehm zur Herstellung eines Gründungsplanums durch angeschüttete Materialien i.W. aus Aschen und Schlacken sowie Bauschutt und Erdaushub aufgefüllt wurde.

Die bindigen Sedimente der Hochflutlehme stellen eine natürliche hydraulische Barriere für den Schadstofftransfer Boden - Sickerwasser – Grundwasser dar, ausgenommen in Bereichen, in denen durch Tiefgründungen, bspw. Im Bereich der Glaswannen eine Ausräumung erfolgte.

Der angetroffene Flurabstand des Grundwassers lag im Bereich zwischen 3,4 m bis 4,2 m. Das oberste Grundwasserstockwerk wird durch quartäre Sande und Kiese gebildet. Es wurde abgeleitet, dass „i.d.R. ein ausreichender Sohlabstand der Anschüttungsbasis zur Aquiferoberfläche zu erwarten“ [Zitat OU] sei.

Es wurden keine von der Liegenschaft ausgehende relevante Beeinträchtigung der Grundwasserqualität, ausgenommen von produktionsbedingten lokalen Schadstoffeinträgen, auf Basis der durchgeführten Wasseranalysen festgestellt.

„Im Bereich zweier Teilflächen des Werks wurden ausgeprägte Bodenkontaminationen erfasst, die bereits schädliche Auswirkungen auf das lokale Grundwasser zeigen und

daher nach den vorliegenden Untersuchungen „Altlasten“ i. S. des BBodSchG darstellen. Im Einzelnen sind dies:

1. Bereich Schwerölnochtank/Abstrom ehem Glaswannen 1, 2: Kontaminationen durch Mineralölkohlenwasserstoffe, PAK (EPA), Phenole, BTEX (Umweltmedien: Boden, Grundwasser)
2. Ehemalige Postwerkstatt/Betriebstankstelle „Glasfabrikstr. 18“ Kontaminationen durch Mineralölkohlenwasserstoffe (PAK EPA) (Umweltmedien: Boden, Grundwasser)

Die Ausdehnung der genannten Bereiche kann zum jetzigen Zeitpunkt nur mit großer Ungenauigkeit angegeben werden.“ [Zitat OU].

Darüber hinaus wurden teils flächige und teils punktuelle Bodenkontaminationen ermittelt. Aufgrund der vorgenannten natürlichen hydraulischen Barriere wurde abgeleitet, dass diese Kontaminationen des Bodens auf Basis der bisher bekannten Ausdehnung „keine akute Gefährdung für die Schutzgüter „Mensch“ bzw. „menschliche Gesundheit“ und „Grundwasser“ darstellen.“ [Zitat OU].

Diesbezüglich wurden zwei Bereiche ausgewiesen:

3. Altablagerung „Champagnerhalle“ Kontaminationen durch Schwer-/Teeröle (MKW, PAK EPA) (Umweltmedium: Boden)
4. Gebäudekomplex der Wannen 3 und 4 (Wannenkeller) Kontaminationen durch Mineralölkohlenwasserstoffe (Umweltmedium: Boden)

Es wird darauf hingewiesen, dass im Bereich der Wannen 3 + 4 aufgrund der Tiefenlage der Keller und der in Folge der Einstellung der Brauchwasserförderung geänderten hydraulischen Gegebenheiten ein Kontakt mit dem Grundwasser zu besorgen sei. Die Bereiche 3. Und 4. Wurden hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung bislang nur sehr ungenau erfasst.

„Mit Ausnahme der dargestellten Hot-Spot-Bereiche sind nach jetzigem Kenntnisstand der Boden und das Grundwasser innerhalb des untersuchten Werksgeländes weitgehend unbelastet. Insofern ist aus jetziger Sicht auch eine höherwertige bzw. sensiblere Nutzung weiter Teile des Geländes z.B. als Wohngebiet ohne aufwendige Boden- und/oder Grundwassersanierungsmaßnahmen möglich. Hervorzuheben sind insbesondere der nördlich des alten „Werkskernbereiches“ gelegene Flächenabschnitt der „Tauschfläche 1 DB AG“ (ehemals Bahnhof Achern) sowie der im Süden gelegene und erst in den 50 iger/60 iger Jahren mit Hallen überbaute Bereich der Hohlglasläger.“ [Zitat OU].

6.3 Detailuntersuchung zur Gefährdungsabschätzung

Das Unternehmen „KPC Keuck & Partner Consultants“ wurde durch O-I Glaspack mit der Durchführung einer detaillierten Untersuchung zur Gefährdungsabschätzung des Werksgeländes in Achern beauftragt. Der Bericht trägt das Datum 20. Februar 2015. Im Zuge der Detailuntersuchung im Herbst 2014 wurden weitere 31 Kleinrammbohrungen zur Abgrenzung der im Rahmen der OU festgestellten Belastungen niedergebracht und vier Brunnen (Br. 18 bis Br. 17, Br. 25) im Abstrom der im Rahmen der OU festgestellten Verunreinigung des Grundwassers erstellt und Grundwasser beprobt.

Die Untersuchungen dienten der Detaillierung der bereits im Rahmen der orientierenden Untersuchung festgestellten Schadstoffverteilung in Boden und Grundwasser.

Es wurden vier Untersuchungsbereiche definiert, die aus den in der orientierenden Untersuchung genannten Teilflächen basieren:

Untersuchungsbereich 1: Schwerölnochtank/Glaswannen 1+2 (UB 1)

Untersuchungsbereich 2: Ehemalige Postwerkstatt/Betriebstankstelle (UB 2)

Untersuchungsbereich 3: Altablagerung „Champagnerhalle“ (UB3)

Untersuchungsbereich 4: Wannenkeller der Glaswannen 3+4 (UB 4)

Vorwiegend in der gesättigten Bodenzone erfassten die Untersuchungen eine Mineralölkontamination, die in den Oberstrom bis in Tiefen von ca. 6,0 m u. GOK des ehem. Schweröltanks hineinreicht.

MKW-Belastungen in der ungesättigten Bodenzone wurden überwiegend im Seitenstrom des Schweröltanks bzw. im Abstrom der ehem. Glaswannen 1 und 2 festgestellt (s. Abbildung 18).

Die Grundwasseranalytik in den Brunnen 9, 10, 18-20 und 25 ergab eine zum Teil deutliche PAK- und MKW-Belastung des Grundwassers. Im Bereich des Brunnen 9 wurden zudem lokale BTEX-Verunreinigungen festgestellt (s. Abbildung 19).

Der erfasste Boden/Grundwasserschaden im Bereich der ehemaligen Wannestandorte 1+2 wird als „gravierendste Altlast“ auf dem Betriebsgrundstück bezeichnet.

Auf einer Gesamtfläche von ca. 4500 m² und bis in eine Tiefe von bis zu 7 m uGOK wurden Bodenverunreinigungen erfasst. Als Eintragspfade werden Handhabungsverluste, defekte unterirdische Leitungen und Überfüllungsschäden im Umfeld der ehemaligen Hochtanks genannt, die die ungesättigte Bodenzone betreffen sowie zusätzlich Handhabungsverluste im Umfeld der Glaswanne 2.

Im Grundwasserschwankungsbereich bzw. in der gesättigten Bodenzone wurden Mineralölverunreinigungen in ca. 2 m bis 3,5 m mächtigen Sanden und Kiesen

Abbildung 17: KW-Verunreinigungen im Untergrund im Profilschnitt A – B [KPC] (s. Anlage 4)

6.3.1 Grundwassermonitoring

Auf der Grundlage der bisher durchgeführten umwelttechnischen Untersuchungen und der hierbei ermittelten Altlasten bzw. Altablagerungen wurden gegenüber dem Handlungsstörer O-I Glasspack GmbH & Co. KG (nachfolgend O-I) im Rahmen der Stellungnahme durch das Landratsamt Ortenaukreis vom 25.03.2015 Sanierungsuntersuchungen sowie ein Grundwassermonitoring gefordert.

Im Rahmen des geforderten vierteljährlichen Grundwassermonitorings für die Untersuchungsbereiche UB 3 und UB 4 werden tiefengemittelte Grundwasserproben aus den Brunnen Br. 6 und Br. 28 (UB3) sowie aus den Brunnen Br. 7, Br. 11 und Br. 12 (UB4) entnommen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Grundwasserbeprobung Mai 2016: Beprobte Brunnen

Brunnen	R-Wert	H-Wert	Bereich
Br. 6	3430966,66	5388477,70	Abstrom UB 3
Br. 7	3431043,74	5388498,75	Abstrom UB 4
Br. 11	3431046,09	5388570,61	Abstrom UB 4
Br. 12	3431004,14	5388552,57	Abstrom UB 4
Br. 28	3430957,09	5388418,99	Abstrom UB 3

Brunnen Br.7 wurde zwischenzeitlich im Zuge der Rückbauarbeiten zerstört und konnte im Rahmen des Monitorings vom Mai 2017 nicht mehr beprobt werden.

Die Grundwasserproben werden auf die Parameter MKW und PAK laboranalytisch untersucht. In keiner der seit Februar 2016 vierteljährlich durchgeführten Untersuchungen wurden Messwerte oberhalb der Bestimmungsgrenzen für die Parameter MKW (0,1 µg/l) und PAK (0,01 µg/l) festgestellt. Die Monitoringuntersuchungen sind in Berichten [Re2area 4] dokumentiert.

6.4 Weitere Untersuchungen zur Detailermittlung und zur Prüfung von Sanierungsoptionen

Seit Februar 2016 wurden zur Verbesserung der Datenbasis Grundwasser- und Bodenerkundungen durchgeführt. Mit Bodenmaterial und Grundwasser des Standortes wurden Laborstudien zur Ermittlung des biologischen Abbaupotentials und zur Prüfung von ISCO Oxidationsmitteln durchgeführt.

6.4.1 Felduntersuchungen

Um ein detaillierteres Bild über die Grundwasserbelastung im Untersuchungsbereich UB1 zu erhalten wurden folgend aufgeführte Untersuchungen durchgeführt:

- Statusbeprobung zur Ermittlung von Sanierungsoptionen im Februar 2016, Bericht vom 10.08.2016.
- Durch den Einsatz von Pegelloggern wurde für einen Zeitraum von Februar bis März 2016 die Entwicklung der Grundwasserspiegel in den vorhandenen Brunnen geprüft. Die Untersuchungsergebnisse sind im „Sachstandsbericht zum Grundwassermonitoring Februar 2016“ vom 10.08.2016 dokumentiert.
- Um die Grenzen der Grundwasserbelastung im Untersuchungsbereich UB1 zu ermitteln wurden sechs neue Brunnen gebaut, die durch separate Brunnenrohre und Filterstrecken zwei Grundwasserhorizonte erschließen. Die Grundwasserhorizonte wurden beprobt und laboranalytisch auf Schadstoffparameter untersucht. Die Ergebnisse sind in Bericht „Dokumentation der Erstellung von sechs Grundwassermessstellen (Br. 29/1, Br. 29/2, Br. 30/1, Br. 30/2, Br. 31/1 und Br. 31/2)“ vom 24.02.2017 dokumentiert.
- An zwei neuen Brunnen (Br. 29 und Br.31) sowie dem Bestandsbrunnen Br. 18 wurden Immissionspumpversuche durchgeführt. Die Untersuchungen hatten zum Ziel die Schadstoffbelastung im Einzugsbereich der Messstellen zu ermitteln. Die Ergebnisse der Versuche sind in Bericht „Dokumentation zur Durchführung von Immissionspumpversuchen an den Brunnen Br. 18, Br. 29/1 und Br. 31/1 im Zeitraum vom 04.10.2016 bis 25.10.2016“ vom 24.02.2017 dokumentiert.

Zur Ermittlung abfallrechtlicher sowie geotechnischer Parameter wurden Bodenproben auf Basis von Kleinrammbohrungen gewonnen und laboranalytisch analysiert [Re2area 5].

Die Untersuchungsergebnisse bestätigten die vorliegenden Daten der durch KPC durchgeführten Voruntersuchungen größtenteils und ergänzen diese. Im Untersuchungsbereich UB1 wurden relevante Erkenntnisse über den Aufbau des Untergrundes und des Grundwasserleiters sowie die damit assoziierte Lage der größten Grundwasserbelastung gewonnen, die für die vorgesehene Sanierung der Grundwasserkontamination unerlässlich sind. Die Grundwasserbelastung konzentriert sich den Untersuchungsergebnissen zu Folge auf einen definierten Grundwasserhorizont. Die Im Zuge der Felduntersuchungen ermittelten biologischen Parameter indizierten, dass am Standort ein hohes biologisches Potential im Grundwasser vorherrscht und Mikroorganismen vorhanden sind, die in der Lage sind die organischen Schadstoffparameter als Substrat zu verwerten.

6.4.2 Laboruntersuchungen

Zur Ermittlung des biologischen Abbaupotentials wurden biologische Abbauprobversuche im Labormaßstab durchgeführt um die Anwendbarkeit einer biologischen in-situ Sanierungsvariante zu prüfen. Die Ergebnisse sind in Bericht „Dokumentation der

Laborversuche zur Ermittlung des biologischen Abbaupotentials und Untersuchungen zur chemischen Oxidation von PAK, MKW und BTEX“ vom 07.02.2017 dokumentiert. Die Ergebnisse der Laborstudien indizieren ein hohes Abbaupotential für die Stoffgruppen PAK und MKW. BTEX wurden in keiner der untersuchten Wasserproben nachgewiesen.

Zur Prüfung einer chemisch/physikalischen Sanierungsoption durch in-situ chemische Oxidation (ISCO) wurden Versuchsreihen im Labormaßstab durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Bericht „Dokumentation der Laborversuche zur Ermittlung des biologischen Abbaupotentials und Untersuchungen zur chemischen Oxidation von PAK, MKW und BTEX“ vom 07.02.2017 dokumentiert.

Die Ergebnisse der Laborstudien indizieren die Oxidierbarkeit der untersuchten Schadstoffgruppen in Grundwasser und Boden durch Permanganat und Persulfat. Im Zuge der Verwendung von Permanganat bildete sich das Reaktionsprodukt Braunstein in Festphase. Im Zuge der Feldanwendung wird der durchflusswirksame Porenanteil durch die Braunstein Ausfällungen verringert und die hydraulische Durchlässigkeit verschlechtert. Der Einsatz von Persulfat bedingte hohe Sulfatkonzentrationen. Im Zuge einer Feldanwendung würde das Grundwasser mit hohen Sulfateinträgen beaufschlagt werden, wodurch eine Betonaggressivität des Grundwassers erzeugt und die Qualität des Grundwasserkörpers beeinträchtigt werden kann.

Aus den Laboruntersuchungen ging hervor, dass sowohl mikrobiologische Abbauvorgänge, als auch ISCO-Verfahren potentiell anwendbar sind. In Folge der im Zuge der ISCO-Verfahren entstehenden Produkte (Braunstein bei Einsatz von Permanganaten, Sulfat bei Einsatz von Persulfaten) besteht die Gefahr der Verschlechterung der Aquifereigenschaften bzw. von Betonaggressivität durch hohe Sulfatkonzentrationen. Zur Anwendung empfohlen werden deshalb biologische Verfahren.

7 FACHLICHE BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

7.1 Beurteilungskriterien

Die Beurteilung der Untergrundbelastungen im Bereich UB 1 erfolgt schutzgutbezogen auf der Basis der Prüfwerte der Bundesbodenschutzverordnung. Aufgrund der geplanten Nutzung stehen im Vordergrund das Schutzgut Grundwasser sowie das Schutzgut Mensch

Zu Parametern, zu denen in der BBodSchV keine Prüfwerte vorliegen (z.B. MKW), erfolgt die Beurteilung auf der Basis der Orientierungswerte der „Verwaltungsvorschrift über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen; VwV Orientierungswerte“ (Erlass des Sozialministeriums und des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 16. September 1993).

Bodenverunreinigungen, die sich in der gesättigten Zone befinden, werden nach wasserrechtlichen Vorschriften bewertet, entsprechend den jeweils gültigen Richtlinien der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) sowie zusätzlich entsprechend den Regelungen der VVW „Orientierungswerte“, Land Baden-Württemberg, in der Fassung vom 01.03.1998 (Stand: 30.04.1998). Die Prüfwerte der Bundesbodenschutzverordnung sind einschlägig.

7.2 Schadstoffinventar in der ungesättigten Bodenzone im UB 1

Kohlenwasserstoffe (C10-C40)

Kohlenwasserstoffe (C10-C40) wurden im Zuge der Untersuchungen durch KPC in zum Teil sehr hohen Konzentrationen bis zu 21.000 mg/kg festgestellt. Die Belastungen durch MKW liegen in der ungesättigten, wie auch gesättigten Bodenzone vor. Eine Darstellung der KW-Feststoffbelastungen in der gesättigten Bodenzone ist in Abbildung 18 gegeben.

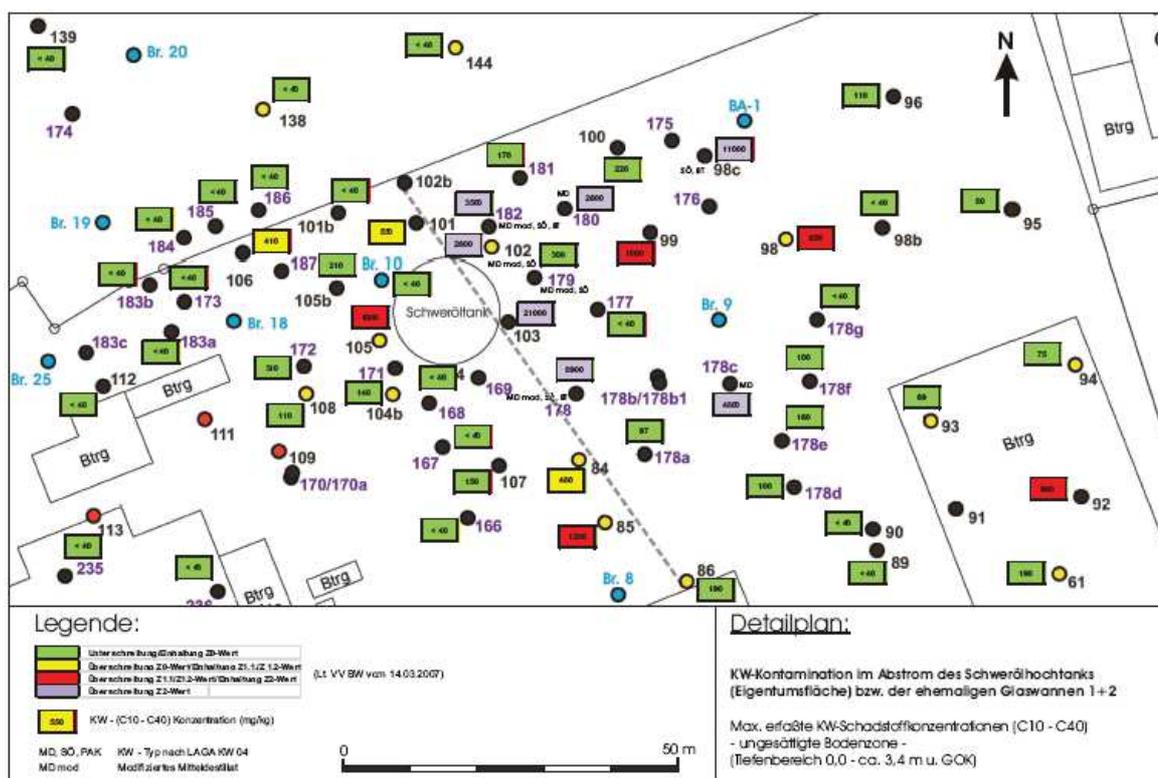


Abbildung 18: Feststoffbelastung der ungesättigten Bodenzone im UB 1 [KPC] (s. Anlage 5)

7.2.1 Schadstoffinventar der gesättigten Bodenzone bzw. des Grundwassers im UB 1

Schwermetalle

Aus den Voruntersuchungen geht hervor, dass die im Grundwasser im Untersuchungsbereich UB1 festgestellten Schwermetallgehalte in ihrer Gesamtheit unbedenklich sind. Im Wasser aus den Brunnen Br. 18 und Br.19 wurden leichte

Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwellenwerte für Arsen nach LAWA 2004 erfasst, die sich in den jüngsten Untersuchungen durch Re2area bestätigt haben.

Phenolindex

Phenole wurden im Zuge der Voruntersuchungen durch KPC nur in Brunnen 9 mit Konzentrationen oberhalb der analytischen Bestimmungsgrenze nachgewiesen. Die nachgewiesene Phenolkonzentration überschritt mit 0,83 mg/l den PW-Wert gemäß VVV Baden-Württemberg (0,05 mg/l) bzw. die GFS n. LAWA (2004) von 0,1 mg/l z.T. sehr deutlich. Es wurde als Hinweis auf einen bestehenden Grundwasserschaden in diesem Bereich aufgefasst. Im Februar 2016 wurde im Rahmen der ergänzenden Untersuchungen durch Re2area an Brunnen Br. 19 eine Phenolkonzentration in Höhe von 0,15 µg/l nachgewiesen.

Kohlenwasserstoffe (C10-C40)

Die MKW-Feststoffwerte innerhalb der gesättigten Bodenzone betragen maximal 5.400 mg/kg. Kohlenwasserstoffe (C10-C40) wurden im Zuge der Untersuchungen durch KPC in den Brunnen 9, 10 und 18 mit prüfwertüberschreitenden Konzentrationen (bis zu 630 µg/l bei Br. 18) im Grundwasser nachgewiesen. Ergänzende Untersuchungen, die durch Re2area durchgeführt wurden, bestätigten die Belastungen, wobei die Konzentrationen auf niedrigerem Niveau lagen. Eine Darstellung der KW-Feststoffbelastungen in der gesättigten Bodenzone ist in Abbildung 19 gegeben.

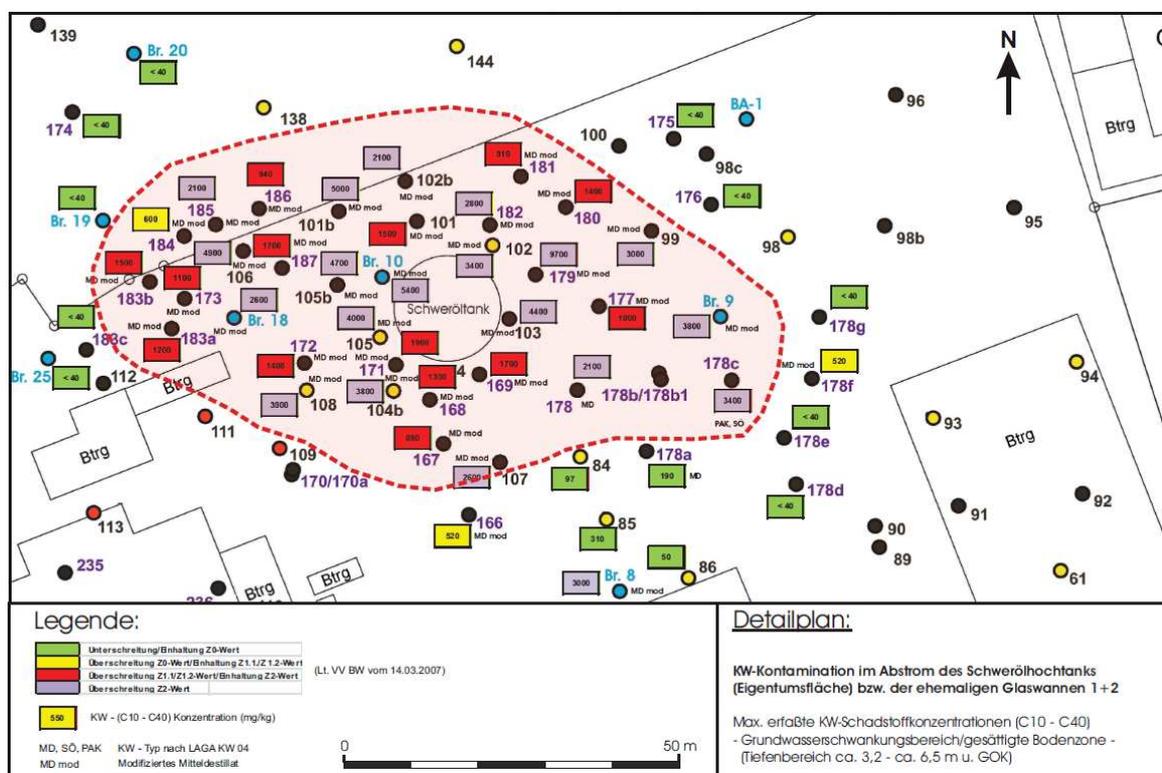


Abbildung 19: KW-Feststoffbelastung der gesättigten Bodenzone im UB 1 [KPC] (s. Anlage 6)

PAK (EPA)

Entsprechend der geringen Wasserlöslichkeit der PAK wurden im Zuge der durchgeführten Grundwasseruntersuchungen meist Konzentrationen unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze in Höhe von 0,01 µg/l – 0,05 µg/l bzw. der GFS in Höhe von 0,2 µg/l (Summe PAK EPA) festgestellt. An den Brunnen Br.9, Br. 10, Br. 18 und Br. 19 wurden jedoch signifikante PAK-Konzentrationen im Bereich zwischen 2,42 µg/l und 8,83 µg/l nachgewiesen. Die analysierten Konzentrationen überschreiten die Prüfwerte und Geringfügigkeitsschwellen des Landes Baden-Württemberg deutlich und indizieren entsprechende Grundwasserschäden. Durch Re2area ergänzend durchgeführte Untersuchungen indizieren einen nachhaltigen Belastungsschwerpunkt im Umfeld der Messstelle Br. 18 mit Konzentrationen in Höhe von bis zu 21,6 µg/l.

BTEX

Die leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffe weisen ein erhebliches Gefährdungspotential für das Grundwasser und den Wirkungspfad Bodenluft-Mensch auf. BTEX wurden im Rahmen der Grundwasseruntersuchungen nur an Brunnen Br. 9 prüfwertüberschreitende Konzentrationen in Höhe von bis zu 64 µg/l nachgewiesen. Dies wurde als Beleg eines Grundwasserschadens aufgefasst.

7.2.2 Beurteilung der Schutzgutgefährdungen

Durch die langjährige industrielle Nutzung des Standortes kam es zu deutlichen Boden- und Grundwasserverunreinigungen mit Kohlenwasserstoffen. Insbesondere die Schadstoffgruppen der aromatischen Kohlenwasserstoffe (BTEX), der Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) und polycyclischen Kohlenwasserstoffe (PAK) sind in Teilbereichen des Standortes in Prüfwert überschreitenden Konzentrationen nachgewiesen worden. Die Beeinträchtigung des Schutzgutes Grundwasser und des Menschen können dadurch bewirkt werden, insbesondere bei der sensibleren Nachnutzung sind Gefährdungen der Schutzgüter Grundwasser und Mensch zu besorgen.

7.2.3 Sanierungsrelevanzen Wirkungspfad Boden – Mensch

Für die Beurteilung einer vom Boden im UB 1 ausgehenden Gefährdung des Wirkungspfades Boden - Mensch wurden die Analyseergebnisse der entnommenen Feststoffproben mit den Prüfwerten der BbodSchV, Anhang 2, Nr.1 und den Prüfwerten der Orientierungswerte der VwV Baden-Württemberg (P-M1 bis P-M3) verglichen. Da die Prüfwerte der BbodschV und der VwV Baden-Württemberg nur für den Bereich „Oberboden“ (bis ca. 0,35 m unter GOK) gelten, kann ein Prüfwertvergleich nur orientierend dazu dienen, eine Gefährdung der Auffüllung und Bodenmaterialien abzuschätzen.

Nur vereinzelt wurden isolierte Prüfwertüberschreitungen erfasst, i.d.R. bedingt durch erhöhte PAK (EPA)- /Benzo(a)pyren- der Proben (s. Abbildungen 20 und 21). Zu

beachten ist dabei die geringe humantoxische Relevanz der diesen Untersuchungsbereich prägenden Mineralölkontamination.

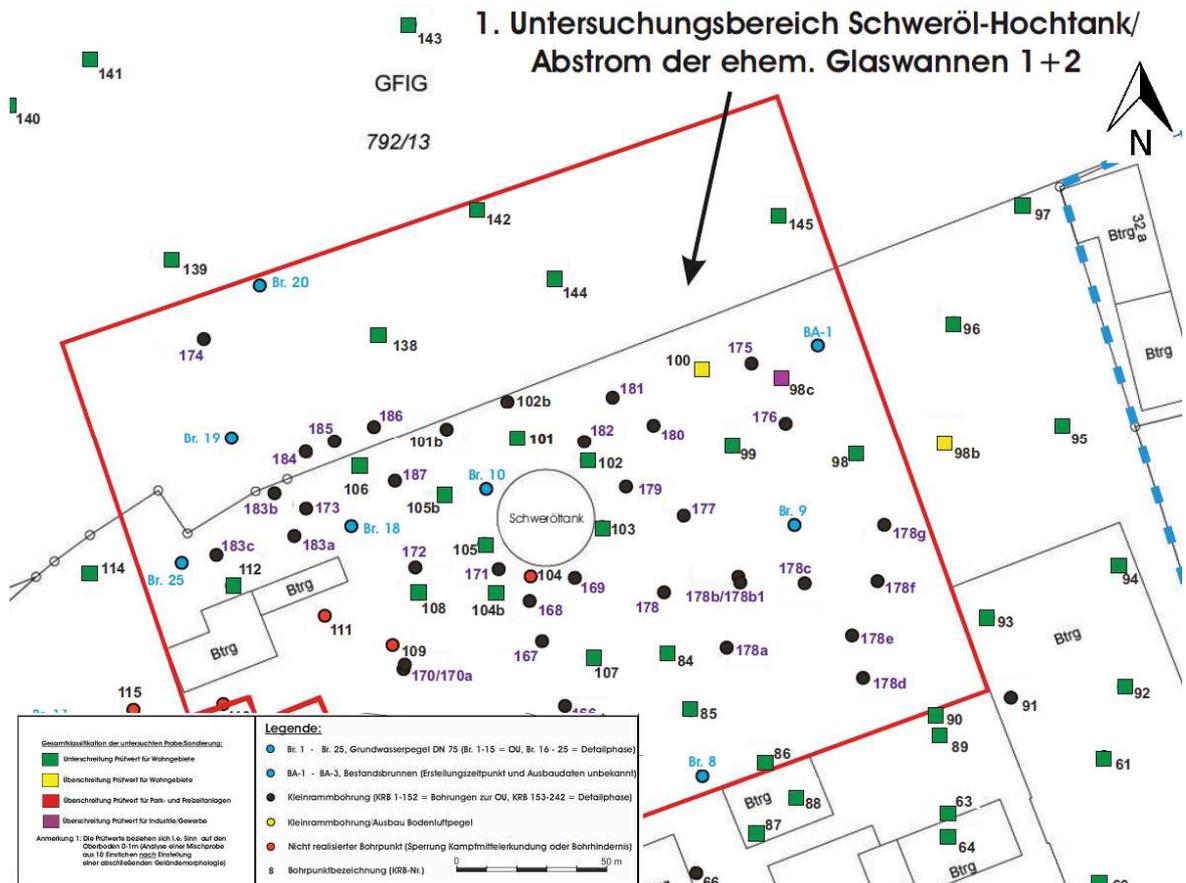


Abbildung 20: Orientierende Bewertung von Auffüllungsmaterialien und Bodenproben des Anstehenden gem. BBodSchG (Schutzgut Mensch) im UB 1 [KPC] (s. Anlage 7)

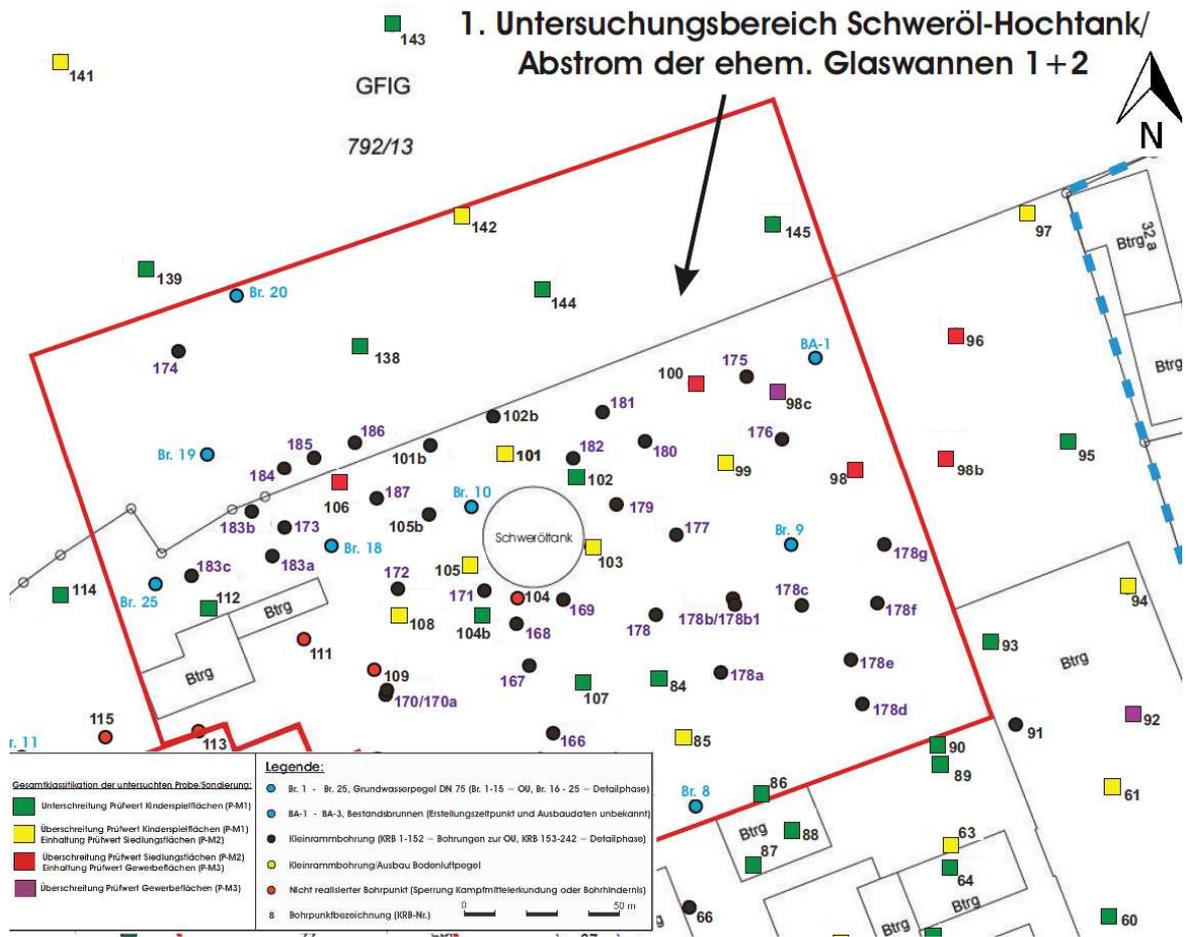


Abbildung 21: Orientierende Bewertung von Auffüllungsmaterialien und Bodenproben des Anstehenden gem. Orientierungswerte VwV (Schutzgut Mensch) im UB 1 [KPC] (s. Anlage 8)

Erhöhte Bodenluftkonzentrationen an BTEX oder LCKW, als Ergebnis der Voruntersuchung, liegen im Untersuchungsbereich 1 nicht vor.

Im Bereich des Schweröltanks liegen erhöhte Kohlenwasserstoffgehalte erst ab einer Tiefe von > 2,5 m unter GOK vor. Eine Gefährdung des Schutzgutes Mensch (Transferpfade: Direkte Bodenaufnahme, pulmonale Aufnahme von Bodengasen oder Stäuben) ist aufgrund der Tiefenlage der Verunreinigung nicht zu erwarten.

Der Wirkungspfad Boden-Mensch über den Weg des direkten Kontaktes oder die inhalative Aufnahme von belasteten Staubpartikeln wird als nicht relevant angesehen, da die in den Oberböden angetroffenen Belastungen keine relevanten Schadstoffmengen enthielten und in den hot-spot-Bereichen die Bodenversiegelung bis zur Aufnahme von Dekontaminationsmaßnahmen erhalten werden. Nach erfolgter Dekontamination ist eine Aufhöhung des Geländes mit geeigneten Materialien vorgesehen. Diese Materialien müssen nachweislich die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch (Park- und Freizeitanlagen) unterschreiten.

7.2.4 Sanierungsrelevanzen Wirkungspfad Boden – Grundwasser (Emissions-/Immissionsbetrachtung)

Im Rahmen der Detailuntersuchung erfolgte eine Abschätzung der durch die MKW-Belastungen des Untersuchungsgebietes 1 ausgehenden Grundwassergefährdung. Die ausgedehnte Feststoffkontamination des Aquifers durch MKW und zum Teil durch PAK und BTEX stellen eine Kontamination des Schutzgutes Grundwasser im Bereich der UB 1 dar.

Für eine Beurteilung über die aktuellen Grundstücksgrenzen hinaus erfolgte eine Abschätzung des Stofftransportes in der grundwassergesättigten Zone. Hierbei wurde der Schadstoffeintrag auf Basis der Messdaten eines Pumpversuches im UB 1 aus dem Jahr 2000 abgeschätzt. Unter Einsatz eines täglichen Grundwasserabstroms über den Schadensbereich beträgt die erwartete tägliche Schadstoffemission des Bereiches über die Grundwasserabstromfläche ca. 6,72 g/d bis 23,5 g/d.

Hinsichtlich einer Immissionsbegrenzung gem. VwV Orientierungswerte BW vom 30.04.1998 wurden an den abstromigen Brunnen 19, 20 und 25, aufgrund der bereits nach kurzen Fließwegen zu erwartenden starken Verdünnung, auch analytisch keine relevanten MKW-Schadstoffbelastungen bzw. Überschreitungen der Prüfwert-Grenzwerte im Grundwasser nachgewiesen.

Eine über die aktuellen Grundstücksgrenzen des Untersuchungsgebietes hinausreichende Grundwassergefährdung ist daher nicht zu erwarten.

7.2.5 Sanierungsrelevanzen Wirkungspfad Bodenluft-Mensch

Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden keine erhöhten Bodenluftbelastungen im Untersuchungsbereich UB1 erfasst.

8 SANIERUNGSMABNAHMEN

8.1.1 Sicherungsverfahren

Die in § 2 Abs. 7 Nr. 2 BBodSchG genannten Sicherungsmaßnahmen erscheinen vordergründig den Dekontaminationsmaßnahmen unterlegen. Die Schadstoffe verbleiben gegenüber der Dekontamination bei Sicherungsmaßnahmen im Boden, wo sie eingekapselt (inertisiert) oder durch andere Maßnahmen in ihrer Ausdehnung im Boden sowie hinsichtlich des Austrags aus dem Boden, soweit technisch möglich, gehindert werden. Gem. § 4 Abs. 3 Satz 2 BBodSchG sind Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen als gleichwertig anzusehen.

8.1.1.1 In-situ Immobilisierung

Im Zuge von in-situ Immobilisierungsverfahren werden im Grundwasser und Boden vorliegende mobile Schadstoffe durch chemische Umwandlung in immobile Formen überführt oder durch Bindemittel fixiert. Es erfolgt eine Festlegung der Schadstoffe. Zum Nachweis einer nachhaltigen, irreversiblen Fixierung ist ein erheblicher Untersuchungsbedarf erforderlich. Darüber hinaus werden die geotechnischen Eigenschaften des Untergrundes hinsichtlich einer zukünftigen Nutzung zum Teil verschlechtert.

8.1.1.2 Dichtwandumschließung und Oberflächenabdichtung

Durch Dichtwandumschließung oder Oberflächenabdichtung von Kontaminationsbereichen wird die Verlagerung mobiler Schadstoffe unterbunden. Die Schadstoffe verbleiben jedoch im Untergrund. Vor dem Hintergrund der Flächenentwicklung wird jedoch eine vollständige Dekontamination der belasteten Kubatur angestrebt.

8.1.2 Dekontaminationsverfahren

8.1.2.1 Mikrobiologische In-Situ Sanierung

Eine Vielzahl von Mikroorganismen ist in der Lage, die am Standort vorhandenen organischen Schadstoffgruppen in unschädliche Verbindungen zu transformieren oder vollständig zu mineralisieren. Limitierend auf die Abbaugeschwindigkeit wirken sich der Mangel an Elektronenakzeptoren und essentiellen Nährstoffen aus, die dem hohen Bedarf und der geringen Nachlieferung durch die natürliche Grundwasserströmung geschuldet ist.

Mikrobiologische in-situ Sanierungsverfahren machen sich die natürlichen Abbauvorgänge zu nutzen, in dem die limitierenden Faktoren durch die Zugabe von Zuschlagstoffen beseitigt werden. Essentiell ist hierbei die Verteilung der Zuschlagstoffe im Untergrund. Nährstoffe müssen in den kontaminierten Bereichen verfügbar sein, sodass der biologische Abbau effizient erfolgen kann. In der gesättigten Bodenzone

werden die Zuschlagstoffe in Lösung in das Grundwasser eingebracht. Die Verteilung der Stoffe im Untergrund kann durch die natürliche Grundwasserströmung unterstützt werden, erfolgt aber am effektivsten durch aktive Maßnahmen. Als besonders geeignet haben sich hydraulische gefasste Wirkbereiche gezeigt, in denen optimale Bedingungen für den biologischen Abbau von organischen Schadstoffen im Grundwasserleiter geschaffen und überwacht werden können.

Am Standort treten Kontaminationen mit aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX-Aromaten) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen auf. Benzol und alkylierte Benzolderivate werden als relativ gut biologisch abbaubar unter aeroben Bedingungen eingestuft (Huddieston et al. 1986). Die biologische Abbaubarkeit der BTEX-Aromaten ist direkt von ihrer Wasserlöslichkeit und damit der biologischen Verfügbarkeit abhängig. Im Einzelfall ist die wechselseitige Beeinflussung der einzelnen Schadstoffkomponenten zu untersuchen. Der biologische Abbau der Aromaten erfolgt unter aeroben Verhältnissen über den meta- oder ortho-Weg durch Hydroxylierung des aromatischen Rings. Nach Ringspaltung werden die Metabolite in den zentralen Stoffwechsel der Bakterien eingeschleust. Der biologische Abbau der aromatischen Kohlenwasserstoffe kann sowohl unter aeroben (in Gegenwart von Sauerstoff) als auch unter anaeroben (Nitratreduktion, Sulfatreduktion, Eisenreduktion oder Methanogenese) Bedingungen erfolgen. Die erreichbaren Abbauraten sind jedoch unter anaeroben Bedingungen im Vergleich zum aeroben Abbau geringer. Eine Übersicht über die biologische Abbaubarkeit unterschiedlicher Kohlenwasserstoffe ist in Tabelle 1 gegeben.

Biologischer Abbau polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe

Der hydrophobe Charakter der PAK führt zur Akkumulation in der organischen Bodenfraktion. Auf Grund der starken Sorptionsaffinität der PAK an die Bodenmatrix ist die Verfügbarkeit für biologische Abbauprozesse meist eingeschränkt. Der biologische Abbau polyaromatischer Verbindungen erfolgt im Allgemeinen über drei unterscheidbare Stoffwechselwege (Mahro und Kästner, 1993). Im Zuge der vollständigen Mineralisierung der PAK zu Kohlendioxid, Wasser und Biomasse wird in einem ersten Schritt die aromatische Ringstruktur durch eine Dioxygenase zum cis-Dihydrodiol umgesetzt, das durch eine Dehydrogenase zum Dihydroxy-Derivat rearomatisiert wird. Die Ringspaltung erfolgt in einem anschließenden Schritt durch Dioxygenierung. Weitere Zwischenprodukte beim Abbau zum Catechol sind aromatische Hydroxycarbonsäuren. Einen weiteren Abbaupfad stellt die cometabolische Transformation durch Pilze dar. Hierbei wird der aromatische Ring durch eine Monooxygenase- und Epoxidhydrolase-katalysierte Reaktion zum trans-Dihydrodiol umgesetzt. Die weitere Oxidation kommt häufig schnell zum Erliegen, so daß Dihydrodirole, Dihydroxy-PAK und Chinone akkumulieren können. Weißfäulepilze sind in der Lage durch unspezifische radikalische Oxidation PAK durch substratunspezifische extrazelluläre Ligninasen (Peroxidasen) umzusetzen. In diesem Zusammenhang können chinoide Abbauprodukte auftreten oder es kann zu einer Polymerisation kommen. Wischmann et. al (1996) sowie Wischmann und Steinhart (1997) haben

gezeigt, dass in Laborversuchen die gleichen bzw. vergleichbare Abbauwege genutzt werden, wie sie durch autochthone Mikroorganismen beschrieben sind. Höherkondensierte PAK sind schwer wasserlöslich, wodurch die Verfügbarkeit für Mikroorganismen eingeschränkt ist. Die biologische Abbaubarkeit nimmt im Allgemeinen von höher kondensierten PAK zu niedriger kondensierten PAK zu.

Die Eignung eines Sanierungsverfahrens auf Basis mikrobiologischer Abbauprozesse wurde auch im Rahmen von Laboruntersuchungen mit Microkosmen geprüft. Die Untersuchungen kamen zu dem Ergebnisse, dass die am Standort vorhandene Bakteriengesellschaft in der Lage ist, die Sanierungsrelevanten Schadstoffgruppen abzubauen. Auf Grund der positiven Ergebnisse der Eignungsprüfung und der erzielbaren Nachhaltigkeit der Maßnahme wird die biologische in-situ Sanierung in der gesättigten Bodenzone im Untersuchungsbereich UB1 empfohlen und ist zur Anwendung vorgesehen.

8.1.2.2 Chemisch-/Physikalische In-Situ Sanierungsverfahren

Die Behandlung von PAK-Belastungen in Boden und Grundwasser kann auch durch den Einsatz von Oxidationsmitteln erfolgen. Neben bspw. Ozon und Fentons Reagenz stellen Persulfate und Permanganate geeignete Oxidationsmittel dar (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Geeignete Oxidationsmittel für die Behandlung von PAK-Belastungen

Parameter	Permanganat	Peroxodisulfat
PAK	+ / ++	+
KW	+	+
BTEX	+	+
Benzol	-	+
MTBE	+	- / +
Chlorierte Ethene	++	+
Chlorierte Ethane	-	-

Insbesondere Kaliumpermanganat stellt ein bevorzugtes Oxidationsmittel dar, da es ein hohes Oxidationspotential (1,68 V) besitzt, in einem breiten pH-Spektrum wirksam ist, günstig in der Anschaffung sowie stabil ist und keine halogenierten Abbauprodukte entstehen. Es ist darüber hinaus auch effizient bei der Aufspaltung der Doppelbindungen der PAK-Struktur. Nach Brown et. al 2003 erfolgt der PAK Abbau durch Kaliumpermanganat nicht bis zu H₂O und CO₂. Es entstehen jedoch besser lösliche, teiloxidierte Abbauprodukte, wodurch die Verfügbarkeit für biologische Abbauprozesse verbessert wird. Nach Guan et. al 2010 entstehen neben Benzoesäure Aldehyde, Alkohole und Ketone, während Mangandioxid gebildet wird. Mangandioxid ist

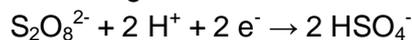
nahezu unlöslich in Wasser und fällt deshalb im Grundwasser als brauner Niederschlag aus. In der Folge kann die Durchlässigkeit des Grundwasserleiters, durch die Bildung von Mangandioxid verschlechtert werden. Kaliumpermanganat kann herstellungsbedingt mit Schwermetallen verunreinigt sein, weshalb die Qualität vor dem Einbringen in einen Grundwasserleiter überprüft werden sollte.

Gleichung 1



Persulfate besitzen ebenfalls ein hohes Oxidationspotential, dass durch Aktivierung noch gesteigert werden kann (2,0 V, bzw. 2,6 V). Beim Einsatz von Persulfaten im Grundwasser entsteht Sulfat, was bei der Anwendungsprüfung in Betracht gezogen werden sollte.

Gleichung 2



Neben der im Zuge von ISCO -Verfahren angestrebten Elimination der Schadstoffe durch chemische Oxidation werden auch weitere organische und anorganische Bestandteile der natürlichen Bodenmatrix oxidiert. Je nach Bodenzusammensetzung können im Vergleich zu den Schadstoffparametern leicht zu oxidierende Substanzen auftreten, durch die die zugegebenen Oxidationsmittel gezehrt werden. Für den Schadstoffabbau stehen dann weniger Oxidationsmittel zur Verfügung. Aus diesem Grund ist es erforderlich den natürlichen Oxidationsmittelbedarf des am Standort vorliegenden Bodenmaterials zu berücksichtigen.

8.1.2.3 Thermische In-Situ Sanierung

Die thermischen Verfahren beruhen auf der Überführung der Schadstoffe in die Gasphase durch Erhitzen bspw. Mittels fester Wärmequellen oder Dampf- bzw. Dampf-Luft-Injektion. Die gasförmigen Schadstoffe werden dann über eine Bodenluftabsaugung erfasst. Anwendbar sind thermische Verfahren in der ungesättigten sowie in der gesättigten Bodenzone. Thermischen Verfahren finden Anwendung bei leicht- und mittelflüchtige Substanzen wie bspw. LHKW und BTEX. Insbesondere in bindigen Böden mit hohem Schadstoffinventar können thermische Verfahren zielführend eingesetzt werden.

9 SANIERUNGSZIEL, VORGEHENSWEISE

9.1 Allgemeine Anforderungen

In §4 Abs.3 BBodschG ist das grundsätzliche Ziel der Sanierung von Altlasten oder schädlichen Bodenveränderungen definiert, dass der zur Sanierung Herangezogene verpflichtet ist, „den Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen“.

Zur Bewältigung dieser bodenschutzrechtlichen Vorgaben zur Gefahrenabwehr können für Altlasten und schädliche Bodenveränderungen, die vor dem 1. März 1999 eingetreten sind, gleichwertige Dekontaminations- oder Sicherungsmaßnahmen ergriffen werden. Nachrangig hierzu können im Ausnahmefall Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen eingesetzt werden.

9.2 Sanierungsziel Wirkungspfad Boden – Grundwasser

Ziel der Sanierung ist die Abwehr der von den eingetragenen Schadstoffen ausgehenden Gefahren für die Schutzgüter Mensch und Grundwasser zu erreichen, gesunde Arbeits- und Aufenthaltsbedingungen zu schaffen und **die Fläche aus dem Altlastenkataster zu entlassen**. Es wird die behördliche Bewertung „Belassen zur Wiedervorlage“ (B) mit dem Zusatzkriterium „Entsorgungsrelevanz“ angestrebt. Dies setzt voraus, dass alle von der Altlast betroffenen Maßnahmenbereiche entsprechend den Anforderungen und Vorgaben des Sanierungsplanes saniert werden. Dabei sind die durch die Altlast sowie durch schädliche Bodenveränderungen verursachten Verunreinigungen so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Dies soll durch die signifikante Reduktion des Schadstoffinventars erreicht werden. Die Dekontamination der gesättigten Bodenzone erfolgt durch Bodenaustausch bis zum Grundwasserschwankungsbereich, im Anschluss an den Bodenaustausch erfolgt in der gesättigten Bodenzone eine Dekontamination von Grundwasser und Boden durch eine biologische in-situ Sanierung.

9.2.1 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe bestehen aus mindestens zwei verbundenen aromatischen Ringsystemen. Der einfachste PAK ist Naphthalin aus zwei anellierten Benzolringen. Aufgrund der starken Persistenz und Toxizität der PAK wurden in den 1980er Jahren 16 Einzelverbindungen ausgewählt, die seit dem stellvertretend für die gesamte Stoffgruppe untersucht werden.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat in ihrem Schreiben „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser“ eine Geringfügigkeitsschwelle in Höhe von 0,2 µg/l für 15 Einzelsubstanzen gemäß Liste der US Environmental Protection Agency (EPA) ohne Naphthalin angegeben.

Als Sanierungsziel gilt nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes der Prüfwert gem. Anhang 2 der BBodschV in Höhe von 0,2 µg/l für PAK (gesamt ohne Naphthalin) und 2 µg/l für Naphthalin.

9.2.2 Kohlenwasserstoffe (C10-C40)

Die aliphatischen Kohlenwasserstoffe mit Kettenlängen zwischen C10 und C40 zählen zu den Mineralölkohlenwasserstoffen. Die Kohlenwasserstoffgehalte (C10-C40-Gehalte) der untersuchten Wasserproben bewegten sich mit Ausnahme der Brunnen Br. 9, Br. 10 und Br.18 in Untersuchungsbereich UB1 allgemein **unterhalb** der analytischen Bestimmungsgrenze bzw. der Geringfügigkeitsschwelle n. LAWA (2004) von 0,1 mg/l. Die im Untersuchungsbereich UB 1 durch KPC im Jahr 2015 erfassten KW-Konzentrationen in Höhe von **0,27 mg/l** (Br. 9), **0,24 mg/l** (Br. 10) und **0,63 mg/l** (Brunnen 18) überschritten den Prüfwert gemäß BBodschV 0,2 mg/l) bzw. die GFS n. LAWA (2004) von 0,1 mg/l z.T. sehr deutlich. In weiterführenden Untersuchungen [REFERENZ] wurden in Messstelle KRB 17-8 **1,2 mg/l** nachgewiesen.

Als Sanierungsziel gilt nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes der Prüfwert gem. Anhang 2 der BBodschV in Höhe von 200 µg/l für MKW.

9.2.3 Aromatische Kohlenwasserstoffe

Neben den polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen zählen die aromatischen Kohlenwasserstoffe zu den Vertretern der Mineralölkohlenwasserstoffe. In Ihren spezifischen chemisch wie physikalischen Stoffeigenschaften unterscheiden sie sich deutlich von den Aliphaten, auch hinsichtlich der biologischen Abbaumechanismen.

Zu den Aromaten zählen neben Benzol auch weitere alkylierte Aromaten wie Toluol, Ethylbenzol, Xylol (meta-, ortho-, und para-Xylol) und Cumol. Die aromatischen Kohlenwasserstoffe sind gegenüber den aliphatischen Kohlenwasserstoffen besser in Wasser löslich, so dass niedrigere Sanierungszielwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser anzusetzen sind. Eine wesentliche Reduzierung des Schadstoffpotentials erfolgt durch den geplanten Bodenaushub im Bereich der ungesättigten Bodenzone.

Als Sanierungsziel gilt nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes der Prüfwert gem. Anhang 2 der BBodschV in Höhe von 20 µg/l für BTEX und 1 µg/l für Benzol (in Anlehnung an die VwV Boden).

9.2.4 Phenole

Phenole werden über den Parameter Phenolindex erfasst. Zu den Phenolen zählen Verbindungen, die aus einem aromatischen Ring und mindestens einer Hydroxygruppe (-OH) bestehen. Phenole gehören zu dem charakteristischen Schadstoffspektrum der Gaswerke und sind in die BBodschV aufgenommen worden. Phenole wurde ausschließlich in Brunnen Br. 9 mit maximal 0,83 mg/l nachgewiesen. Gemäß LAWA (2004) beträgt die Geringfügigkeitsschwelle für diesen Parameter 8 µg/l)

Als Sanierungsziel gilt nach § 8 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes der Prüfwert gem. Anhang 2 der BBodSchV in Höhe von 20 µg/l.

9.3 Sanierungsziel Wirkungspfad Boden – Mensch und Boden – Bodenluft – Mensch

Die Festlegung der Sanierungszielwerte orientieren sich an der geplanten zukünftigen Nutzung. Der betroffene Bereich soll einer Wohnnutzung zugeführt werden. Als Sanierungszielwerte werden vorgeschlagen:

Da die BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch keine Angaben zu MKW und Σ PAK aufführt, wird für PAK ersatzweise auf die Prüfwerte zum Schutz der Gesundheit von Menschen auf kontaminierten Flächen für Siedlungsflächen (P-M2-Werte) der VwV Orientierungswerte /12/ zurückgegriffen. Bei Benzo(a)pyren (BaP) wird auf den Prüfwert der BBodSchV für Wohngebiete zurückgegriffen. Da für MKW in keiner der genannten Verwaltungsvorschriften ein Prüfwert aufgeführt wird, schlagen wir vor, den Sanierungszielwert an den für MKW in der VwV Boden aufgeführten Gehalt für die Einbauklasse Z 1.1 zu orientieren.

Für die relevanten Parameter werden festgelegt:

- PAK o.N. 25 mg/kg
- Naphtalin (Vorschlag: 5 mg/kg) keine Angabe / Einzelfallentscheidung
- B(a)P 4 mg/kg
- MKW (C10-C22) 300 mg/kg
- MKW (C10-C40) 600 mg/kg

9.4 Sanierungsziele Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze

Vor dem Hintergrund der geplanten Nutzung, sowie der vorgesehenen Anhebung des Geländes ist der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze nicht relevant und eine Festlegung von Sanierungszielen nicht erforderlich. Die zukünftige Anhebung des Geländeniveaus sollte jedoch unter Berücksichtigung der Prüfwerte der BBodSchV für die geplante Nutzung erfolgen.

9.5 Zusammenfassung der Sanierungszielwerte Grundwasser

Als Sanierungsziel wird die Einhaltung von des Prüfkriterium **indirekte Immission (berechnet aus C_{SH})** der Immissions-/Emmissionsbetrachtung für die einzelnen Stoffgruppen festgelegt und die Einhaltung der Prüfwerte der BBodSchV Anlage 2 in den Sanierungsbrunnen des Schadensherdes.

Grundsätzliche Voraussetzung für die Beendigung der Sanierungsmaßnahme ist die rechnerische Einhaltung der Prüfwerte an den Grundwasserabstrommessstellen (**indirekte Immission**), berechnet aus den zu diesem Zeitpunkt in den

Schadensherdmessstellen vorliegenden, repräsentativen mittleren Schadstoffkonzentrationen.

Da keine Messstellen im direkten Abstrom des Schadensherdes zur Verfügung stehen, erfolgt keine Messung der Direkten Immission bzw. Abstromkonzentration.

Die Sanierungsmaßnahme in der gesättigten Bodenzone schließt sich der Dekontamination der ungesättigten Bodenzone durch Bodenaustausch an, so dass keine signifikanten Emissionen zu besorgen sind.

Im Schadensherd sind gemäß I/E-Berechnungen maximal folgende Schadstoffkonzentrationen zulässig:

Tabelle 4: Übersicht Sanierungszielwerte

Stoffgruppe/Substanz	Prüfwerte BBodschV	Sanierungs- zielwert	Emax-W Indirekte Immission
Grundwasser			
Mineralölkohlen- wasserstoffe (C10-C40)	200 µg/l	200 µg/l	100 g/d
AKW (BTEX)	20 µg/l	20 µg/l	20 g/d
Benzol	1 µg/l	1 µg/l	2 g/d
Phenole	20 µg/l	20 µg/l	65 g/d
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	0,2 µg/l	0,2 µg/l	0,32 g/d
Naphthalin	2 µg/l	2 µg/l	4,5 g/d

In Anlage 10 sind die Hydrogeologischen Arbeitsmodelle für die Schadstoffe BTEX, Benzol, PAK, MKW und Phenol dokumentiert.

9.6 Sanierungskonzept Sanierungsvorschlag

Für die betroffenen Wirkungspfade Boden-Mensch, Boden/Grundwasser-Bodenluft Mensch sowie Boden – Grundwasser werden die folgend beschriebenen Sanierungsmaßnahmen umgesetzt. Ziel der Maßnahmen ist grundsätzlich die Erwirkung einer Altlastenfreistellung für den Untersuchungsbereich UB1 und darüber hinaus im Zuge der weiteren Sanierungsmaßnahmen für die gesamte Fläche des Sanierungsgebietes. Das Sanierungskonzept für den Untersuchungsbereich UB1 sieht vor, die belastete Kubatur in der ungesättigten Bodenzone durch Bodenaustausch bis in den Grundwasserschwankungsbereich zu dekontaminieren. Die Belastungen in Grundwasser und Boden der gesättigten Bodenzone sollen auf Basis eines in-situ biologischen Sanierungsverfahrens beseitigt werden.

9.6.1 Bodenaustausch

Der Bodenaustausch erfolgt gemäß der auf Basis der Untersuchungsergebnisse abgeleiteten Ausdehnung des belasteten Bodenbereiches. Der Aushub erfolgt bis in den Grundwasserschwankungsbereich in einer Tiefe von ca. 3,3 m uGOK. Auf diesem Weg werden die Auffüllungsmaterialien vollständig entfernt. Teilweise werden auch die tonigen Schluffe im Liegenden der Auffüllung entfernt. Die Dekontamination durch Aushub in der ungesättigten Bodenzone erfolgt durch geböschten Bodenaushub bis zum Grundwasserspiegel bzw. durch frei geböschten Bodenaushub und Naßbaggern bis ca. 0,2 m unter Grundwasserspiegel. Sollte im Zuge der Freilegung der Grundwasseroberfläche ein Phasenfilm auftreten, so wird dieser mit geeigneten Mitteln entfernt (Phasenabschöpfung), bevor die Baugrube wiederverfüllt wird um eine Rekontamination des sauberen Einbaumaterials zu verhindern.

Der Aushub erfolgt unter fachgutachterlichen Aufsicht (FBÜ – Bodenaushub). Die FBÜ-Bodenaushub weist die Aushubmaterialien nach sensorischen Gesichtspunkte bzw. bekannten Stoffgehalten den Bereitstellungsflächen zu. Das Aushubmaterial wird gemäß der Zuweisung der FBÜ-Bodenaushub auf den Bereitstellungsflächen bis zur abschließenden Deklaration gelagert.

Durch die FBÜ – Bodenaushub erfolgt die Beprobung und Untersuchung der gelagerten Böden gemäß den Vorgaben der VwV Boden. Auf der Basis des Untersuchungsergebnisses erfolgt die Zuweisung zu den Entsorgungs- und Verwertungswegen.

9.6.1.1 Wiederverfüllung

Grundsätzlich wird zur Verfüllung nur Bodenmaterial antransportiert und verfüllt, das aus nachweislich unbelasteten, altlastenfreien Bereichen stammt und von dem eine umfassende Deklarationsanalytik und ein vollständiges Probenahmeprotokoll vorliegt. Sollte das Material nicht aus Steinbrüchen oder Kiesgruben kommen, ist eine Untersuchung nach LAGA und DepV im Feinkorn < 2 mm erforderlich, wenn der Boden im Grundwasser bzw. bis 1 Meter über Grundwasseroberfläche eingebaut wird.

Zur Rückverfüllung von Aushubbereichen, die im Schwankungsbereich des Grundwassers bis ca. 1 Meter über sowie unter der Grundwasseroberfläche liegen, werden nur unbelastete Böden der Einbauklasse 0 (Zuordnungswerte nach LAGA Z0, VwV Boden B-W) verwendet, die bautechnisch geeignet und verdichtungsfähig sind.

Oberhalb eines Meters über der MHGW und unter nicht versiegelten Flächen werden neben den vor Ort anfallenden Materialien vor allem natürliche Böden von bekannten Anfallstellen eingebaut, die mindestens die Anforderungen der Zuordnungswerte Z1.1 der VwV Boden einhalten und verdichtet eingebaut werden können.

Unterhalb dauerhafter Versiegelungen (z.B. Bauwerke, Straßen, versiegelte Plätze) ist auch ein kontrollierter und dokumentierter Einbau von Böden zulässig, die die

Zuordnungswerte LAGA Z1.2 (Gesamtgehalt) sicher einhalten und ebenfalls mindestens 1 Meter über MHGW eingebaut werden.

9.6.1.2 Darstellung der Kontrollmaßnahmen

Die Anzahl der Beweissicherungsproben in der Baugrube zur Freimessung richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten. Je Teilflächen á ca. 100 - 200 m² Baugrubensohl- oder -wandfläche wird mindestens eine Beweissicherungsprobe auf die standort-typischen Parameter (hier: MKW und PAK) untersucht. Die Entnahme der Beweissicherungsproben erfolgt in der Regel als Flächenmischprobe. Die Mischproben werden - sofern technisch möglich - aus je 5 bis 10 Einzelproben gebildet

Liegen die Analysenergebnisse unter den festgelegten Sanierungszielwerten, werden die entsprechenden Teilflächen in Abstimmung mit der zuständigen Behörde zur Verfüllung freigegeben. Werden die Sanierungszielwerte nicht eingehalten, erfolgt ein weiterer Aushub bis zum Erreichen der Zielwerte. Die Beprobung zur Freimessung erfolgt in der oben aufgeführten Weise.

Nachsorgende Kontrollmaßnahmen sind aufgrund des kompletten Aushubs des belasteten Bodens nicht erforderlich.

Die Freigabe der Baugrube erfolgt in Abstimmung der beim LRA Ortenaukreis zuständigen Behörde.

9.6.1.3 Feststellung des Sanierungserfolges in der ungestättigten Bodenzone

Die Feststellung des Sanierungserfolges erfolgt durch Freimessung der Aushubsohle sowie der Grubenwände. Die Festlegung der Sanierungszielwerte orientieren sich an der geplanten zukünftigen Nutzung. Der betroffene Bereich soll einer Wohnnutzung zugeführt werden. Als Sanierungszielwerte werden vorgeschlagen:

Da die BBodSchV für den Wirkungspfad Boden-Mensch keine Angaben zu MKW und Σ PAK aufführt, wird für PAK ersatzweise auf die Prüfwerte zum Schutz der Gesundheit von Menschen auf kontaminierten Flächen für Siedlungsflächen (P-M2-Werte) der VwV Orientierungswerte /12/ zurückgegriffen. Bei Benzo(a)pyren (BaP) wird auf den Prüfwert der BBodSchV für Wohngebiete zurückgegriffen. Da für MKW in keiner der genannten Verwaltungsvorschriften ein Prüfwert aufgeführt wird, schlagen wir vor, den Sanierungszielwert an den für MKW in der VwV Boden aufgeführten Gehalt für die Einbauklasse Z 1.1 zu orientieren.

Für die relevanten Parameter werden festgelegt:

- PAK o.N. 25 mg/kg
- Naphtalin (Vorschlag: 5 mg/kg) keine Angabe / Einzelfallentscheidung
- B(a)P 4 mg/kg

- MKW (C10-C22) 300 mg/kg
- MKW (C10-C40) 600 mg/kg

9.6.1.4 Wasserhaltung

Ab ca. 3,0 m unter GOK steht das Grundwasser an. Eine Grundwasserhaltung ist bei partieller Vertiefung des Aushubs daher gegebenenfalls erforderlich.

Aus fachlicher Sicht werden flache Brunnen und Pumpschächte mit einer Einbindetiefe von maximal 1,5 – 2,0 Meter in das Grundwasser oder eine Wasserhaltung über Vakuumlampen bevorzugt. Ergänzt wird das Verfahren „Vakuumlampen“ bzw. die Förderung aus flachen Brunnen je nach Art der Baumaßnahme jederzeit bzw. bei Bedarf mit einer offenen Wasserhaltung über Schachtbrunnen in der Baugrube.

Da das aus der Wasserhaltung in den Sanierungsbereichen abgepumpte Grundwasser i.d.R. erhöhte bis deutlich erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen wird, ist grundsätzlich eine Abreinigung des geförderten Grundwassers vorgesehen. Dabei sind als Einleitewerte die Prüfwerte der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser einzuhalten.

- PAK,gesamt (o.N.) im Eluat 0,2 µg/l
- Naphtalin 2,0 µg/l
- MKW im Eluat 200 µg/l
- BTEX 20 µg/l
- Benzol 1µg/l

Hierzu erfolgt die Reinigung des geförderten Grundwassers über eine mehrstufige Aktivkohlefilteranlage mit vorgeschaltetem Schlammabsetzbecken und Sandfilter angepasst an die Fördermenge und Schadstoffkonzentrationen im geförderten Grundwasser. In regelmäßigen Abständen erfolgt eine Überprüfung des Reinigungsgrades mittels Probenahme am Ablauf der Reinigungsanlage.

Das abgereinigt Wasser wird in die Regenwasserkanalisation abgeschlagen und im weiteren Verlauf somit direkt in die Acher eingeleitet.

Hierzu erfolgt die Reinigung des geförderten Grundwassers über eine mehrstufige Aktivkohlefilteranlage mit vorgeschaltetem Schlammabsetzbecken und Sandfilter angepasst an die Fördermenge und Schadstoffkonzentrationen im geförderten Grundwasser.

9.6.2 Biologische in-situ Sanierung des Grundwassers

Aus den durchgeführten Laborstudien [Re2area 3] ging hervor, dass die am Standort vorhandenen Mikroorganismen in der Lage sind, die sanierungsrelevanten Schadstoffe (MKW, PAK, BTEX) abzubauen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass im Bereich der Grundwasserkontamination in Untersuchungsbereich UB 1, im Anschluss an die Sanierung der ungesättigten Bodenzone durch Aushub, ein auf biologischem Schadstoffabbau basierendes in-situ Sanierungsverfahren angewandt werden kann. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist es erforderlich, die limitierende, natürliche Versorgung des Schadensbereiches durch Nährstoffe und Elektronenakzeptoren zu ergänzen, um einen effizienten Abbau im Untergrund zu ermöglichen. Mineralölkohlenwasserstoffe, BTEX, PAK, MKW und Phenole sind sowohl unter aeroben wie auch anaeroben Bedingungen (Nitratreduktion) mikrobiologisch abbaubar. Zur Beschleunigung der Abbauprozesse werden aerobe Bedingungen angestrebt. In mit biologisch abbaubaren organischen Schadstoffen kontaminierten Grundwässern liegen meist anaerobe Bedingungen vor. Um die für das Wachstum der Mikroorganismen günstigen Bedingungen zu schaffen, wird im Rahmen der Sanierung dem Infiltrationswasser Wasserstoffperoxid hinzugegeben. Wasserstoffperoxid zerfällt im Grundwasserleiter zu Wasser und Sauerstoff, welcher von den Mikroorganismen als Elektronenakzeptor verwendet wird. Mikroorganismen benötigen für das Wachstum und die Stoffwechselprozesse neben organischen Substraten anorganische Verbindungen als Nährstoffe. Neben Stickstoff werden Phosphor, Schwefel, Kalium, Magnesium, Mangan, Eisen sowie verschiedene Spurenelemente benötigt.

Zu diesem Zweck werden Nährsalze und Elektronenakzeptoren in Lösung in den in den Bereich der Grundwasserbelastung (s. Abbildung 22) eingebracht.

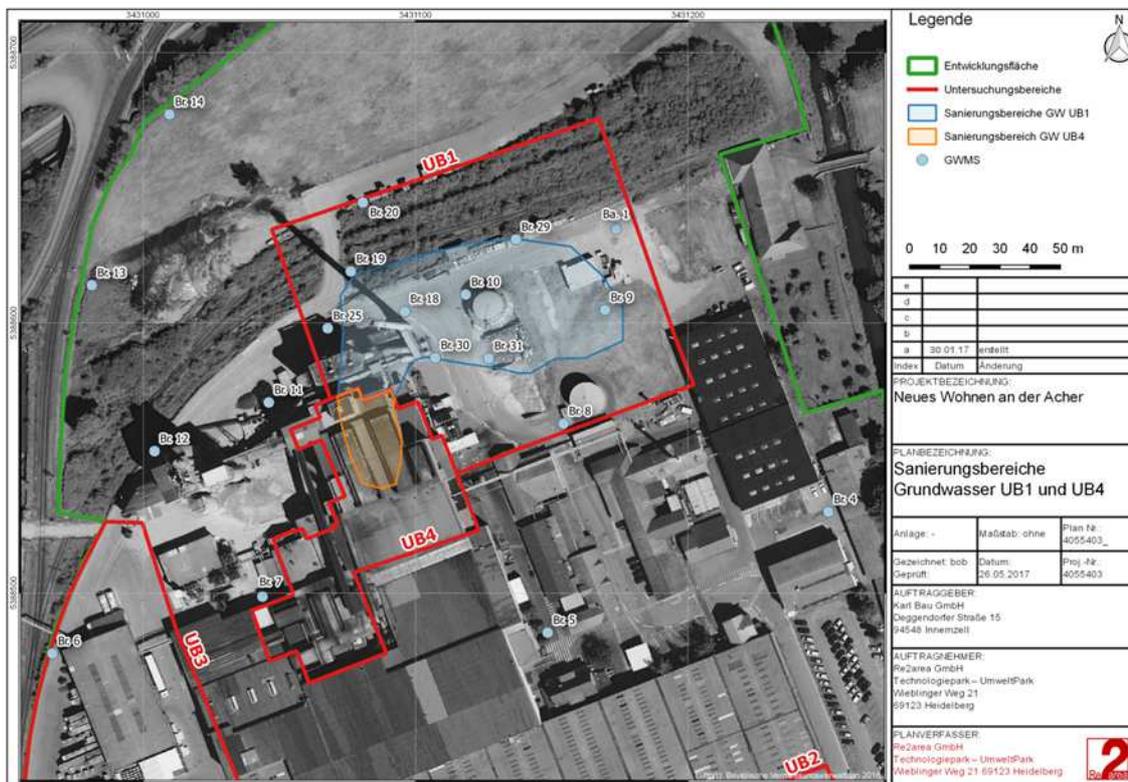


Abbildung 22: Sanierungsbereiche Grundwasser UB1 und UB4 (s. Anlage 9)

Um eine gute Verteilung der Nährstoffe und Elektronenakzeptoren zu gewährleisten und damit eine gute Versorgung der Mikroorganismen zu ermöglichen ist es vorgesehen, durch die hydraulische Kreislaufführung des Grundwassers einen hydraulisch gefassten Wirkbereich im Untergrund zu etablieren. Die Kreislaufführung des Grundwassers erfolgt über die Entnahme von Grundwasser im zentralen Bereich der Grundwasserbelastung, der Zudosierung von Zuschlagstoffen in einer oberirdischen Dosierstation und der anschließenden Reinfiltration des Großteils des entnommenen Wassers in den Grundwasserkörper im Randbereich des Belastungsschwerpunktes. Hierbei erfolgt der biologische Abbau von Außen nach Innen. Das hydraulisch-biologische Verfahrensprinzip ist in Abbildung 23 dargestellt. Es wird bei der Anlage der Sanierungsinfrastruktur darauf geachtet, dass die infiltrierten Volumina von den Sanierungsbrunnen bestmöglich erfasst werden. Durch die Absenkung des Grundwasserspiegels im Zentralbereich in Folge der Wasserentnahme und die Aufhöhung des Grundwasserspiegels im Außenbereich der Infiltrationsbrunnen erfolgt eine nach innen gerichtete Grundwasserströmung. Zur hydraulischen Sicherung des Sanierungsbereiches und zur Verstärkung der hydraulischen Zirkulation erfolgt ein anteiliger Abschlag eines Teilstromes des zirkulierten Wassers nach Reinigung über Aktivkohle in den Vorfluter, den Regen- oder Abwasserkanal oder durch Infiltration in den Abstrom.

In-situ Sanierung / Hydraulische Insel

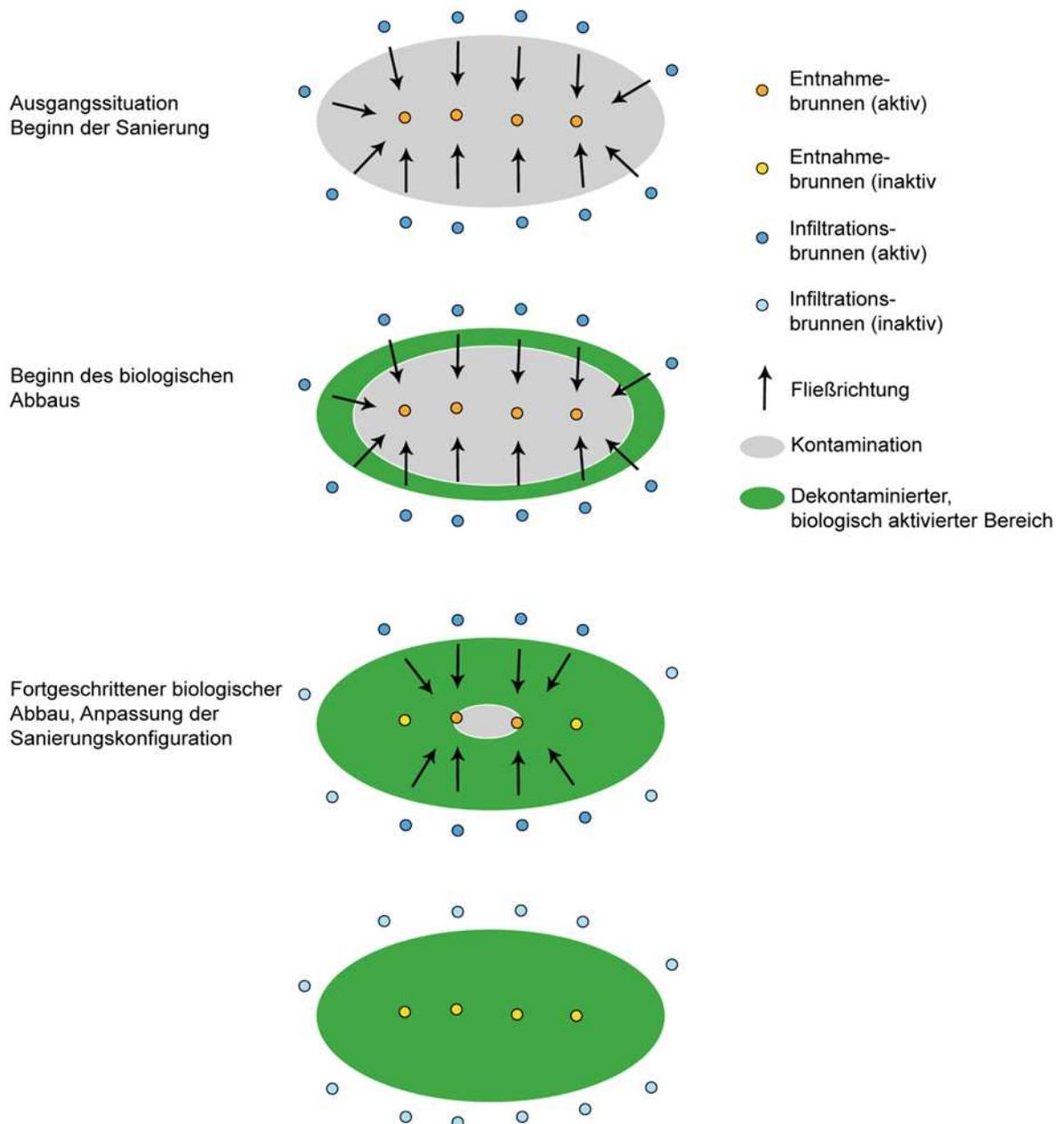


Abbildung 23: Schematische Darstellung der biologischen in-situ Sanierung mit hydraulischer Kreislaufführung

9.6.2.1 Hydraulisches Konzept

Der zu sanierende Grundwasserkörper befindet sich in einer Tiefe zwischen ca. 3 m und ca. 7 m. In dem Bereich des belasteten Grundwasserkörpers werden Nährstoffe und Elektronenakzeptoren eingebracht, um einen effektiven Abbau der organischen Belastungen durch standorteigene Mikroorganismen zu stimulieren. Um eine gute Verteilung der Zuschlagstoffe zu erreichen, erfolgt eine aktive Durchströmung des Grundwasserleiters durch ein System aus Entnahme- und Infiltrationsbrunnen. Das

Grundwasser wird im zentralen Bereich der Grundwasserbelastung durch Tauchmotorpumpen in Vertikalfilterbrunnen aus dem belasteten Tiefenbereich entnommen und nach der Zugabe von Nährstoffen und Elektronenakzeptoren im Außenbereich der Belastung infiltriert. Ein Teilstrom der entnommenen Wassermenge wird über Aktivkohle gereinigt und abgeschlagen, wodurch der Sanierungsbereich hydraulisch gesichert und ein Abströmen von Schadstoffen verhindert wird.

Zur Ermittlung der Betriebsparameter der Entnahme- und Infiltrationsbrunnen wurden Berechnungen durch ein Grundwasserströmungsmodell auf Basis des bewährten Programms MODFLOW1 durchgeführt. MODFLOW ist ein erprobtes, weltweit verbreitetes numerisches Grundwassermodell auf Basis der Finite-Differenzen Methode. Die Randbedingungen des Modellraumes wurden derart gewählt, dass die Strömungsverhältnisse im vorgesehenen Bereich der Sanierungsmaßnahme den natürlichen Bedingungen bestmöglich entsprechen. Das Modellgebiet umfasst eine Gesamtfläche von ca. 400 ha, wobei der Gültigkeitsbereich sich auf eine Fläche im Zentrum des Modellgebietes (Schadensbereich) in Höhe von ca. 1 ha beschränkt. Die Modellränder und die damit definierten Randbedingungen sind so weit vom Schadensherd entfernt, dass eine direkte Beeinflussung nicht möglich ist. Das Untergrundmodell umfasst 6 Modellschichten, die sich am Untergrundaufbau orientieren und sich in den hydraulischen Eigenschaften und Mächtigkeiten unterscheiden. Die Mächtigkeit und Tiefenlage der Modellschichten wurde durch Interpolation der im Rahmen der Untergrunduntersuchungen angetroffenen Schichtwechsel für die Gesamtfläche berechnet.

Die Erfassung des gesamten kontaminierten Grundwasserbereiches in UB1 im Tiefenbereich von ca. 3 m – ca. 7 m ist den Modellierungsergebnissen zu Folge durch den Betrieb von 4 Entnahmebrunnen und 12 Infiltrationsbrunnen möglich. Die entnommene Grundwassermenge wird zu etwa 83 % über die Infiltrationsbrunnen wieder in den Grundwasserkörper eingeleitet. Die Entnahmeraten der Sanierungsbrunnen liegen in dem berechneten Szenario bei 3 m³/h, während die Infiltrationsraten ca. 0,8 m³/h betragen. Ein Volumenstrom in Höhe von ca. 2 m³/h wird in der Dosierstation über Aktivkohlefilter gereinigt und abgeschlagen. Mit dieser Konfiguration erfolgt die komplette Durchströmung der hydraulischen Insel innerhalb von 30 Tagen. Das Strömungsszenario dieser Sanierungsvariante ist in Abbildung 24 dargestellt. Die Darstellung zeigt, dass alle virtuellen Partikel, die aus den Infiltrationsbrunnen strömen, von den Sanierungsbrunnen vollständig erfasst werden. Der gesamte hydraulische Kreislauf ist demzufolge hydraulisch gesichert. Auf Basis der Strömungsmodellierung wurde die Lage der Infiltrations- und Förderbrunnen ermittelt (s. Abbildung 25).

1 McDonald, M.C. und Harbaugh, A.W., 1988. MODFLOW, A modular three-dimensional finite difference ground-water flow model. 83-875, U.S. Geological Survey.

Es ist davon auszugehen, dass der Sanierungsfortschritt nicht in allen Bereichen mit gleicher Geschwindigkeit voranschreitet. In Teilbereichen wird sich der Sanierungserfolg früher einstellen. In Abhängigkeit der tatsächlichen Entwicklung wird die Brunnenkonfiguration angepasst werden. Das bedeutet, dass die Förder- und Infiltrationsmengen so gesteuert werden, dass die belasteten Bereiche so gut wie möglich durchströmt werden und die Versorgung der sauberen Teilbereiche verringert.

Durch das Wachstum der Mikroorganismen im Untergrund können sich die hydraulischen Eigenschaften des Grundwasserleiters sowie der Brunnen verändern. Insbesondere die Infiltrationsleistung kann durch das Biomassewachstum und der damit einher gehenden Verengung der durchströmten Poren verschlechtert werden. Entsprechend wird im Laufe der Sanierung das Förder- und Infiltrationsregime angepasst werden. Es muss geprüft werden, welche der vorhandenen Brunnen für die Sanierung verwendet werden können. Neu zu erstellende Brunnen sollen entsprechend des angetroffenen Untergrundaufbaus im Tiefenbereich des betroffenen Grundwasserstockwerkes verfiltert werden. Im Zuge der Brunnenbauarbeiten durchteufte, hydraulisch wirksame Horizonte müssen wirksam abgedichtet werden.

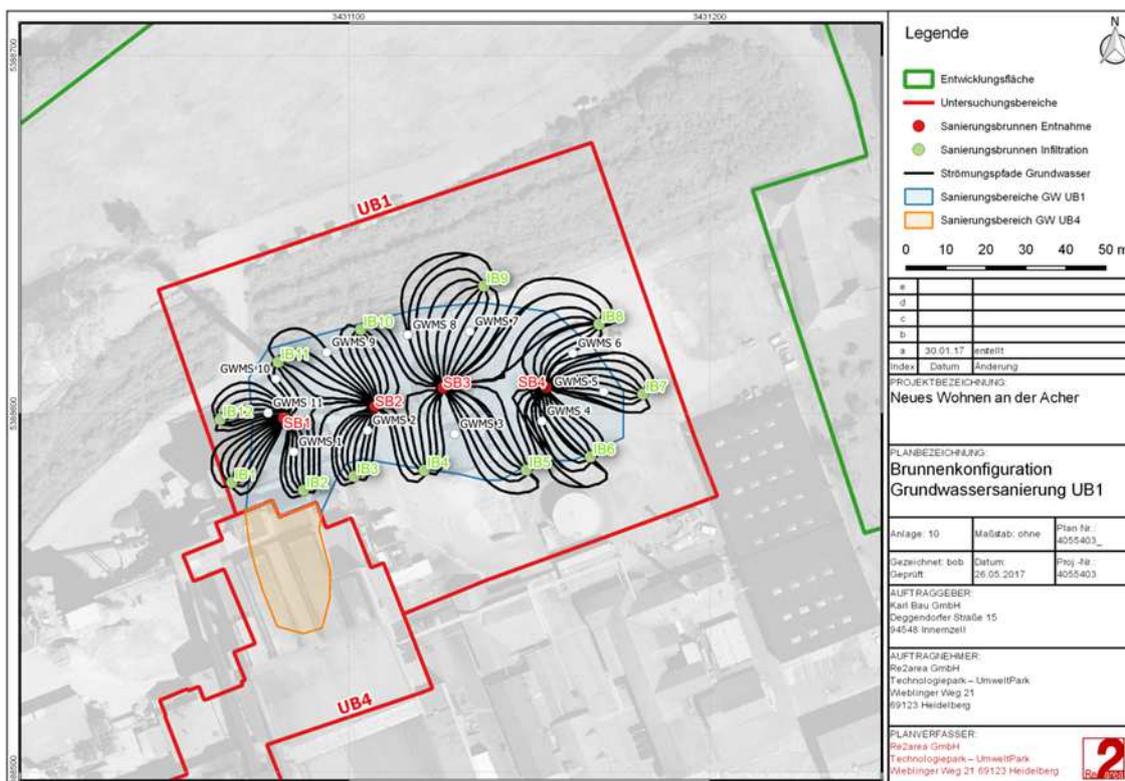


Abbildung 24: Brunnenkonfiguration der Sanierungsmaßnahme und Darstellung der Strömungspfade (s. Anlage 11)

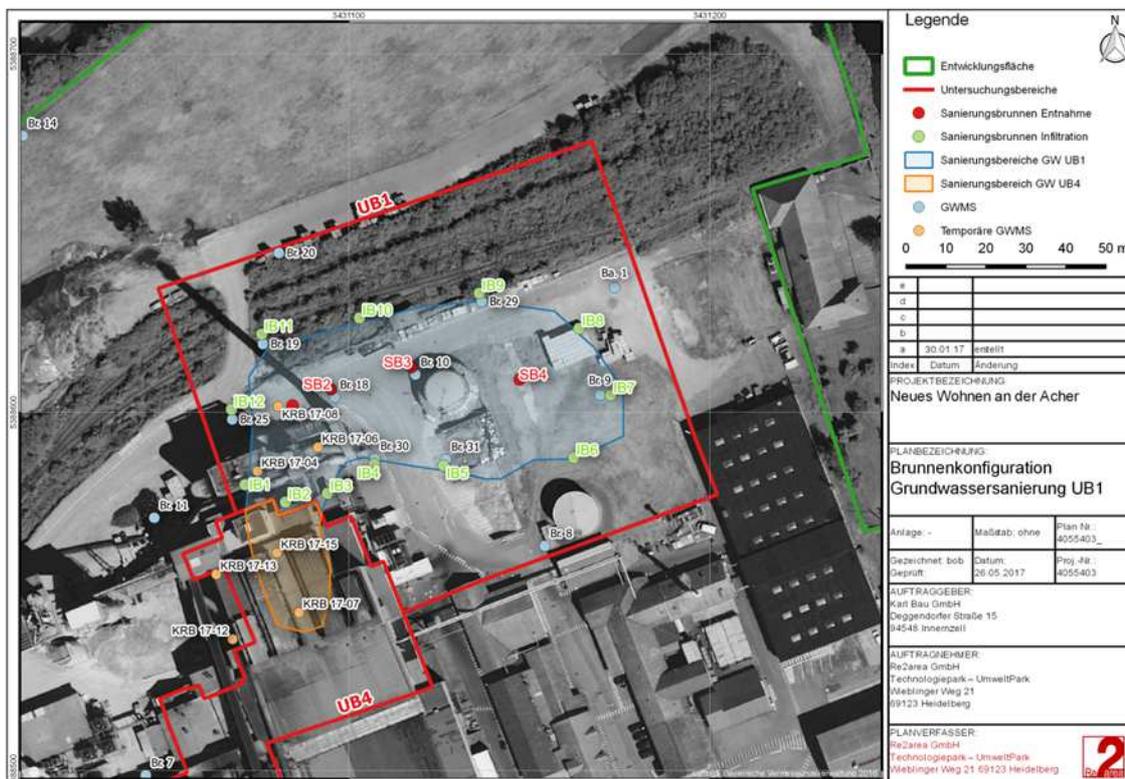


Abbildung 25: Brunnenkonfiguration und Sanierungsbereiche Grundwasser (s. Anlage 12)

9.6.2.2 Verfahrensschema

Das entnommene Grundwasser wird in einer Steuer- und Dosieranlage zunächst über eine Enteisungsstufe geführt und anschließend in einem Sandfilter von Schwebstoffen befreit. Anschließend wird ein Teilstrom des Wassers (10%-30%) über Nassaktivkohlefilter gereinigt und in den Kanal oder den nahe gelegenen Vorfluter abgeschlagen. Der größere Teilstrom des Wassers wird über Dosierstationen mit Elektronenakzeptoren und Nährstoffen beaufschlagt und auf die Infiltrationsbrunnen verteilt. Im Zuge der Planung der Sanierungsinfrastruktur sollen die vorhandenen Grundwasseraufschlüsse mit berücksichtigt und in das hydraulische Konzept eingebunden werden. Darüber hinaus ist die Erstellung zusätzlicher Förder- und Infiltrationsbrunnen erforderlich.

Die Dosiereinrichtung wird in einem Stahlcontainer untergebracht. Darin befinden sich die Behälter für die Nährstoffe, als auch für Wasserstoffperoxid. Zur Abscheidung von Schwebstoffen ist ein Sandfilter vorgesehen, der zur Reinigung nach Erfordernis Rückgespült werden kann. Nach dem Sandfilter durchströmt das Wasser zwei in Reihe geschaltene Aktivkohlefilter, die zu Beginn die anfänglich hohen Schadstoffbelastungen entfernen. Im Verlauf der Sanierung wird die Funktionalität der Aktivkohlefilter sich sukzessive verändern. Durch fortschreitende Ansiedlung von schadstoffabbauenden Mikroorganismen auf der Oberfläche der Aktivkohle wird der Anteil an adsorbierten

Schadstoffen zurückgehen und der Anteil des biologischen Abbaus in den Filtern zunehmen. Die Aktivkohle kann deshalb vollständig beladen werden und muss aus diesem Grund nicht getauscht werden. Im Falle der Verblockung der Aktivkohle kann dennoch ein Wechsel der Aktivkohlefüllung erforderlich werden. Mit Hilfe von Dosierpumpen werden, nach dem die Aktivkohlefilter durchströmt wurden, definierte Mengen der Zuschlagstoffe dem durch die Anlage geleiteten Grundwasser automatisch geregelt zudosiert, so dass die Zielkonzentrationen im Infiltrationswasser stets eingehalten werden können. Die Durchflussmenge kann automatisch und manuell geregelt werden. Die Durchflussmengen werden mit Durchflussmessgeräten erfasst.

Eine Skizze des Fließbildes der Sanierungsanlage ist in Abbildung 26 dargestellt.

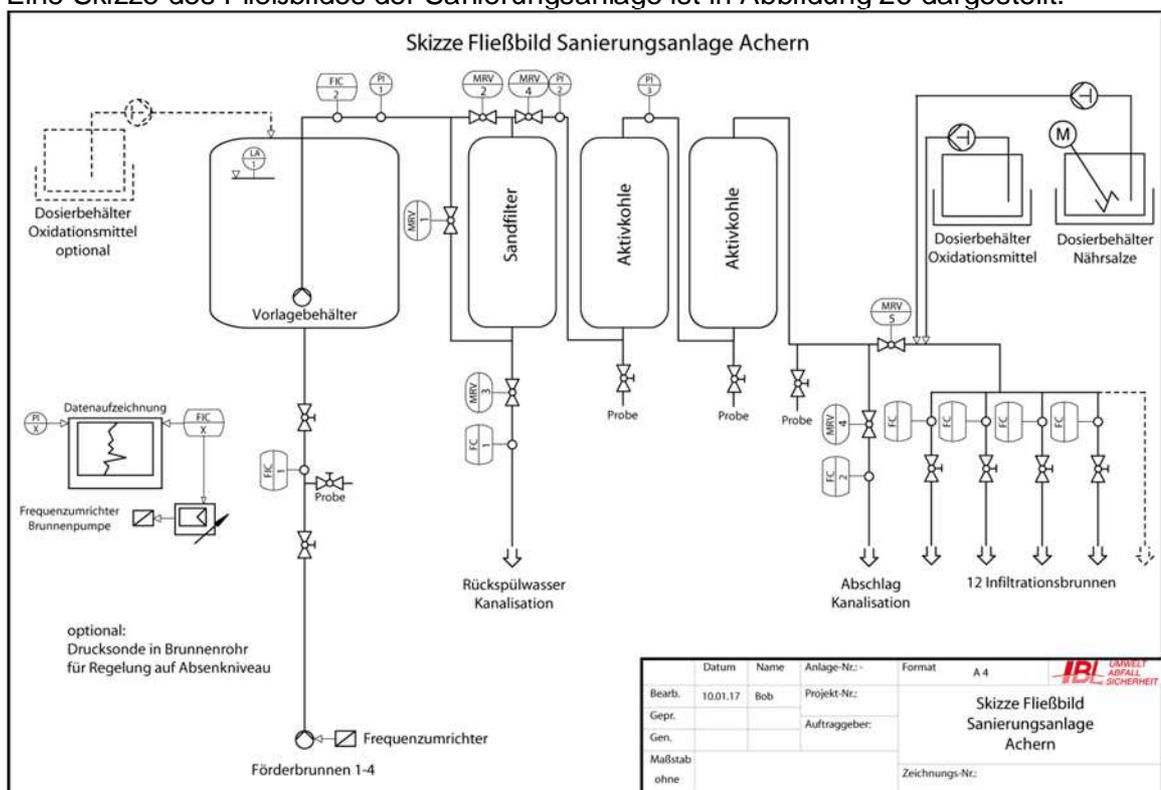


Abbildung 26: Skizze Fließbild Sanierungsanlage (s. Anlage 13)

9.6.2.3 Steuerung der Sanierung und Dosierung von Nitrat und Phosphat

Für den Erfolg einer biologischen Sanierung ist die Zahl der schadstoffabbauenden Mikroorganismen von entscheidender Bedeutung. In älteren KW-Schadensfällen sind unter Nährstoffmangelbedingungen oft nur 10^2 - 10^3 Koloniebildende Einheiten pro Milliliter Wasser nachweisbar. In Anwesenheit der essentiellen Nährstoffe können sich die Bakterien um mehrere 10er Potenzen vermehren.

Durch den temporären Zusatz von Nährstoffen zum Infiltrationswasser wird das Wachstum der Bakterien angeregt. Wenn ausreichende Bakterienzahlen erreicht worden sind, wird der Nährstoffzusatz unterbrochen, da bei es bei zu hohen Keimzahlen zu einer Verblockung der Bodenporen kommen kann.

Durch diese Vorgehensweise werden bei Nitrat nur kurzzeitig Konzentrationsspitzen von 10 mg/l bis 20 mg/l auftreten, vorzugsweise zu Beginn der Maßnahme. Die Phosphatkonzentration im Grundwasser wird erfahrungsgemäß maximal bei ca. 5 mg/l liegen.

Da das Wasser zirkuliert wird, können die in den Kontrollpegeln gemessenen Nährstoffe nach der Infiltration erneut die schadstoffbelasteten Bereiche durchströmen und dort für den Aufbau von bakterieller Biomasse genutzt werden. Die Nährsalze und das Wasserstoffperoxid werden jeweils in 1000 l IBC-Containern in der Dosieranlage (Stahlcontainer) vorgehalten.

Stickstoff wird als Natriumnitrat eingesetzt. Natriumnitrat (NaNO_3) hat eine Molmasse von 84,99 g. Das eingesetzte Produkt hat einen Reinheitsgrad von 100%. Natriumnitrat ist schwach wassergefährdend (WGK 1). Die eingesetzte Menge beträgt 150 kg/1000 l Dosierlösung.

Als Phosphorquelle wird Natriumtripolyphosphat verwendet. Die Molmasse beträgt 367,86 g. Die Verbindung wird in die Wassergefährdungsklasse 1 (schwach wassergefährdend) eingeordnet. Das Produkt hat einen Reinheitsgrad von 100%. Die eingesetzte Menge beträgt 40 kg/1000 l Dosierlösung.

Als Elektronenakzeptor wird Wasserstoffperoxid (H_2O_2) verwendet. Die Molmasse beträgt 34,02 g. Wasserstoffperoxid ist als schwach wassergefährdend eingestuft (WGK 1). Das verwendete Wasserstoffperoxid hat eine Konzentration von 35 %.

9.6.2.4 Umfang der Eigenüberwachung, Überwachung der Maßnahme

Zur Kontrolle und Steuerung der biologischen in-situ Maßnahme ist es erforderlich ausführungsbegleitend Parameter zu untersuchen, um die Verfügbarkeit von Nährstoffen und Elektronenakzeptoren zu überwachen. Durch einen kontinuierlichen Vergleich der Soll- und Istkonzentrationen können im Fall von Abweichungen zeitnah Korrekturmaßnahmen ergriffen werden, wie bspw. die Anpassung der Infiltrations- und Förderraten sowie der Zugabemengen der Zusatzstoffe oder darüber hinaus auch die Brunnenkonfiguration. Auf diese Weise kann die optimale Verteilung der essentiellen Zuschlagstoffe erzielt werden. Die mikrobiologische Aktivität wird im durch Keimzahluntersuchungen auf am Schadstoffabba beteiligte Organismengruppen untersucht. Zur Ermittlung des Sanierungsfortschritts werden die sanierungsrelevanten Schadstoffparameter untersucht. Zur Kontrolle der Milieubedingungen wird das Grundwasser auf die Vor-Ort-Parameter (VOP) Sauerstoffkonzentration, Redoxspannung, pH, elektrische Leitfähigkeit und Temperatur untersucht. Nitrat wird von Mikroorganismen nicht nur als Stickstoffquelle, sondern auch als Elektronenakzeptor verwendet. Hierbei entstehen Nitrit und Ammonium. Da Nitrit und Ammonium in hohen Konzentrationen hemmend auf die biologische Aktivität wirken

werden zur Kontrolle diese beiden Parameter ebenfalls analysiert. Eine Untersuchungsmatrix ist in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Probenahmematrix der Eigenüberwachung

Parameter	Status- beprobung	PN- Intervall	PN- Intervall
		bis 2. Monat	ab 3. Monat
Schadstoffe			
PAK	X	14 tägig	monatlich
BTEX	X	14 tägig	monatlich
MKW	X	14 tägig	monatlich
Phenolindex	X	14 tägig	monatlich
Anionen Kationen Sonsiges			
Nitrat	X	wöchentlich	monatlich
Nitrit	X	wöchentlich	monatlich
Ammonium	X	wöchentlich	monatlich
Phosphat	X	wöchentlich	monatlich
DOC	X	wöchentlich	monatlich
VOP	X	wöchentlich	monatlich
Biologische Parameter			
aerobe Keime	X	monatlich	monatlich
anaerobe Keime	X	monatlich	monatlich
PAK-Abbauer	X	monatlich	monatlich
BTEX-Abbauer	X	monatlich	monatlich
MKW-Abbauer	X	monatlich	monatlich

Da eine Zirkulation des Grundwassers im hydraulischen Kreislauf erfolgt ist es möglich die zentralen Sanierungsbrunnen als Messstellen zur Sanierungslaufzeit zu verwenden. Die Wasserproben werden in der Sanierungsanlage an Probenahmehänen entnommen. Darüber hinaus werden zwischen den Infiltrationsbrunnen und den Entnahmehänen Grundwasseraufschlüsse (2 Zoll) erstellt die zur Kontrolle des Sanierungsfortschrittes herangezogen werden und entsprechend der Probenahmematrix beprobt werden.

9.6.2.5 Analytischer Nachweis des Sanierungserfolges und Nachsorge, Überwachungsstufe

Der Nachweis des Sanierungserfolges im Grundwasser ist indirekt durch begleitende und nachlaufende Grundwasseruntersuchungen zu führen. Dabei gilt die Unterschreitung der Sanierungszielwerte gemäß Kapitel 9.5.

Als Kriterium für die Beendigung der hydraulischen Kreislaufführung des Grundwassers wird die Unterschreitung der Sanierungszielwerte für die sanierungsrelevanten Parameter in zwei aufeinander folgenden, monatlich durchgeführten Kontrolluntersuchungen festgelegt. Die Kreislaufführung kann in Teilbereichen des Sanierungsbereiches, in denen die Sanierung schneller vorangeschritten ist, nach Unterschreitung der Sanierungszielwerte ausgesetzt werden. In diesem Fall werden die außer Betrieb genommenen Sanierungsbrunnen entsprechend der Untersuchungsmatrix Kap. 9.6.3.3 beprobt und nach Erfordernis, in Folge von Überschreitungen der Sanierungsziele wieder in Betrieb genommen.

Der potentielle Abstrom des Sanierungsbereiches in UB 1 wird über die abstromig gelegenen im Zuge der aktiven Sanierung als Infiltrationsbrunnen verwendeten Messstellen IB. 1, IB. 12, IB. 11 sowie IB. 10 im jährlichen Turnus für insgesamt 2 Jahre kontrolliert kontrolliert. Darüber hinaus wird der entfernte Abstrom über die Messstellen Br. 12, Br. 13, Br. 14 und Br. 15 im gleichen Turnus überwacht.

Nachdem auf Basis der Untersuchungsergebnisse des Grundwassers aus den Sanierungsbrunnen der Sanierungserfolg nachgewiesen wurde endet die aktive Sanierung und die 2 jährige Nachsorgephase beginnt. In den ersten sechs Monaten der Nachsorgephase muss die Sanierungsanlage und die Sanierungsinfrastruktur betriebsbereit vorgehalten werden. Die ehemaligen Sanierungsbrunnen werden als Grundwassermessstellen verwendet und entsprechend der Untersuchungsmatrix in Tabelle 6 beprobt und auf die Parameter PAK, BTEX und MKW untersucht. Die Nachsorgephase hat eine Dauer von zwei Jahren.

Tabelle 6: Probenahmematrix Nachsorgephase

Parameter	Monate 1-6	ab 7. Monat
Schadstoffe		
PAK	2-monatlich	jährlich
BTEX	2-monatlich	jährlich
MKW	2-monatlich	jährlich
Phenolindex	2-monatlich	jährlich

9.7 Eignung der geplanten Maßnahmen

Mit den geplanten Sanierungsmaßnahmen wird der Standort soweit dekontaminiert, dass für die betroffenen Schutzgüter Mensch und Grundwasser von den Reststoffen keine weitere Gefährdung mehr ausgeht. Die durch biologischen Abbau im Zuge der Sanierung erfolgte Dekontamination ist als nachhaltig zu bewerten. Das im Untergrund entwickelte biologische Abbaupotential wirkt auch nach Einstellung der aktiven Maßnahmen nach und vermindert somit deutlich mögliche Rebound-Effekte. Die sich zukünftig einstellenden natürlichen Milieubedingungen im Grundwasserleiter

ermöglichen weiterhin den biologischen Abbau residueller, matrixgebundener organischer Schadstoffparameter.

9.8 Erdbebenklasse

Das Stadtgebiet Achern wird gemäß DIN EN 1998-1/NA bzw. DIN 4149 der Erdbebenzone 1 zugeordnet. Gemäß der online-Auskunft des Geoforschungszentrums Potsdam umfasst die Erdbebenzone 1 Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,5 bis $< 7,0$ zugeordnet ist. Der zugehörige Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g beträgt in dieser Erdbebenzone $0,4 \text{ m/s}^2$. Die Untergrundklasse wird mit R angegeben. Es handelt sich um ein Übergangsbereich von einem Gebiet mit felsartigem Gesteinsuntergrund (Klasse R) und Gebieten mit tiefer Beckenstrukturen und mächtiger Sedimentfüllung (Klasse S) sowie um Gebiete mit relativ flachgründigen Sedimentbecken.

9.9 Radonbelastung

Der Landkreis Ortenaukreis wird entsprechend der online Auskunft zur Radon Belastung in Deutschland von Kemski & Partner (www.radon-info.de [03/2017]) für Bestand in die Kategorie C eingestuft.

Dies bedeutet eine erwartete Radon-Belastung mit Maximalwerten von 144 kBq/m^3 .

Im Hauptaufenthaltsraum im Erdgeschoss sollte im Gebäudebestand eine Langzeitmessung durchgeführt werden. Die Untersuchungen werden empfohlen.

Im Sinne eines präventiven Schutzes für Bauherren erfolgt gemäß radon-info jedoch eine Einstufung nach Kategorie E. Es wird dringend angeraten, Maßnahmen zum präventiven Schutz zum radonsicheren Bauen zu prüfen. Untersuchungen werden als unbedingt notwendig erachtet.

10 SICHERHEITS-, GESUNDHEITS- UND UMGEBUNGSSCHUTZ

10.1 Stube und gasförmige Schadstoffemissionen

Durch die geplanten Aushub- und Rückbaumaßnahmen kann es zur Entstehung von Stuben kommen. Gas-förmige Schadstoffe, vor allem leichtflüchtige aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe können zu Schadstoff- und Geruchsbelästigungen in der Umgebungsluft führen.

Es ist daher grundsätzlich darauf zu achten, eine Staub- und Gasentwicklung so weit wie möglich zu vermeiden. Das verlangt folgende Maßnahmen:

- Sollte es bei der Durchführung der Arbeiten bei entsprechenden Witterungsbedingungen zu Staubentwicklung kommen, so ist eine Beregnung / Befeuchtung an der Quelle der Staubentstehung in Betrieb zu nehmen.
- Einrichtung von Bereitstellungsflächen möglichst weit von der Umgebungsbebauung entfernt
- zügiges Arbeiten im kontaminierten Bereich
- möglichst wenig Umlagerungsvorgänge im Aushubbereich
- kleinzugiges Arbeiten, keine großen Baugruben
- geringe Standzeiten von frisch hergestellten Aufschlüssen
- Abdecken von Aufschlüssen und Haufwerken bei längeren Standzeiten (z. B. mit Planen)
- Ggf. Einsatz von Einhausungen (mit Absauganlagen und Abluftreinigung) von Aushubbereichen
- Einsatz von Befeuchtungsanlagen zum Staubniederschlag; dosiertes Befeuchten der Aushubmaterialien unter Beachtung der Eluierbarkeit der Schadstoffe
- Reinigung von Arbeitsgerät grundsätzlich nach der Arbeit aber auch bei längeren Arbeitsunterbrechungen.
- Einsatz von Reifenwaschanlagen und Waschplätzen für Transportfahrzeuge.
- regelmäßiger Einsatz vonkehrmaschinen auf den Straßen und im Bereich der befestigten Verladeplatze
- Ggf. Aufbau von Sichtschutzwanden, auch zur Staubminimierung

10.2 Kampfmittel

Aufgrund des Umstandes, dass der Sanierungsbereich sich teilweise im Kampfmittelverdachtsbereich befindet, erfolgen alle Bodeneingriffsmanahmen unter ständiger Kampfmitteltechnischer Begleitung eines „Feuerwerkers“.

10.3 Denkmalschutz

Da mittlerweile alle obertägigen Gebäude und Bauwerke auf dem ehemaligen Industriegelände rückgebaut sind, sind keine Einschränkungen hinsichtlich des

Denkmalschutzes zu besorgen. Bodendenkmäler sind auf dem Gelände nicht vorhanden.

10.4 Böschung und Verbau

Grundsätzlich sind Böschungen so auszuführen, dass ohne Wasserzutritt eine Böschungsneigung von 45° im Sand und Kies, und 60° in den Schluffen mit mindestens steifer Konsistenz nicht überschritten wird. Hierbei ist die DIN 18300 bzw. DIN EN 1610 zu beachten. Bei Wasserzutritt reduziert sich der empfohlene Böschungswinkel je nach Wasserandrang und Feinkornanteil in den Sanden und Kiesen auf 10° – 20°. In den Schluffen und Auelehmen wird der Böschungswinkel zwischen 20° und 50° liegen. Dies ist vor Ort durch einen Gutachter festzulegen. In Bereichen, in denen die Böschungswinkel nicht eingehalten werden können, sind geeignete Maßnahmen zur Böschungssicherung zu ergreifen. Die Ausführungen der DIN 4124 „Baugruben und Gräben. Böschungen - Verbau - Arbeitsraumbreiten“ sind zu beachten. Die Auelehme, tertiäre Schluffe und die Sande und Kiese mit bindigen Anteilen sind in der Regel kurzzeitig standfest, sodass Verbauelemente eingebaut werden können. Die Böschungen in Bereichen mit Sanden und Kiesen ohne bindige Anteile müssen bereits für die Aushubarbeiten gesichert oder mit freiem Böschungswinkel geböscht werden. Am oberen Rand der Baugrube ist ein mindestens 1,0 m breiter lastfreier Schutzstreifen freizuhalten.

10.5 Arbeitssicherheit

10.5.1 Allgemeine Vorgaben

Bei der Sanierungsmaßnahme werden Kontaminationen des Bodens freigelegt. Um die Gesundheit aller im Zusammenhang mit den anfallenden Arbeiten auf der Baustelle tätigen Personen zu gewährleisten, ist daher der Arbeitssicherheit besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Gemäß Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung - BaustellV) vom 10. Juni 1998 ist die Baumaßnahme bei der zuständigen Fachbehörde rechtzeitig vor Arbeitsaufnahme anzukündigen. Des Weiteren sind bei Arbeiten mit kontaminierten Materialien die Gefahrstoffverordnung sowie bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen die Vorgaben der BGR 128 /TRGS 524 zu beachten. Ein entsprechender Arbeits- und Sicherheitsplan gem. BGR 128 mit Einzelheiten zum Thema Arbeitsschutz ist als Anhang Bestandteil Sanierungsplanes. Die Einhaltung der in diesem Plan aufgeführten Schutzmaßnahmen wird dabei vom Koordinator gem. BGR 128 überwacht.

Bei Einhaltung der Anforderungen sind keine Beeinträchtigungen für das Arbeitspersonal, die unmittelbar angrenzenden Anwohner zu erwarten.

10.5.2 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen

10.5.2.1 Einteilung in Schutzzonen

Der Baustellenbereich wird in folgende Schutzzonen eingeteilt.

Schutzzone A oder Arbeitsbereich. Zur Schutzzone A gehören der eigentliche Aushubbereiche sowie die Bereiche der geplanten Lagerung von kontaminationsverdächtigen Stoffen (Schwarzbereich).

Schutzzone B oder Übergangsbereich. Die Schutzzone B ist der Bereich der für die Baustelleneinrichtung vorgesehenen Fläche und umfasst den Standort der Schwarz-Weiß-Anlage.

Schutzzone C oder Baustelleneinrichtung. Die Schutzzone C umfasst den Standort des Bürocontainers für die örtliche Bauüberwachung, für die Bauleitung des AN, das Materiallager und Abstellplätze für nicht im Arbeitsbereich eingesetzte Fahrzeuge außerhalb des Schwarzbereiches (Weißbereich).

Im Arbeitssicherheits-Plan erfolgt die Festlegung von Schutzmaßnahmen entsprechend der Schutzzonen-Einteilung.

10.5.2.2 Anforderungen an Maschinen, Fahrzeuge und Geräte

Die im Arbeitsbereich für die Dauer des Abbruchs von kontaminierten und kontaminationsverdächtigen Materialien auszuführenden Arbeiten zum Einsatz gelangenden Baumaschinen und Fahrzeuge müssen mit Filter- bzw. Druckluftanlagen und Klimaanlage ausgerüstet sein.

10.5.3 Persönliche Arbeitsschutzmaßnahmen

Personal ist mit persönlicher Schutzausrüstung gemäß dem ASi-Plan auszustatten und hat diese nach Weisung des Koordinator gem. BGR 128 einzusetzen.

10.5.4 Allgemeine Vorgaben

Bei der Sanierungsmaßnahme werden Kontaminationen des Bodens freigelegt. Um die Gesundheit aller im Zusammenhang mit den anfallenden Arbeiten auf der Baustelle tätigen Personen zu gewährleisten, ist daher der Arbeitssicherheit besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Gemäß Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung - BaustellV) vom 10. Juni 1998 ist die Baumaßnahme bei der zuständigen Fachbehörde rechtzeitig vor Arbeitsaufnahme anzukündigen. Des Weiteren sind bei Arbeiten mit kontaminierten Materialien die Gefahrstoffverordnung sowie bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen die Vorgaben der BGR 128 /TRGS 524 zu beachten. Ein entsprechender Arbeits- und Sicherheitsplan gem. BGR 128 mit Einzelheiten zum Thema Arbeitsschutz ist als Anhang Bestandteil Sanierungsplanes. Die Einhaltung der in diesem Plan aufgeführten Schutzmaßnahmen wird dabei vom Koordinator gem. BGR 128 überwacht.

Bei Einhaltung der Anforderungen sind keine Beeinträchtigungen für das Arbeitspersonal, die unmittelbar angrenzenden Anwohner zu erwarten.

10.5.5 Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen

10.5.5.1 Einteilung in Schutzzonen

Der Baustellenbereich wird in folgende Schutzzonen eingeteilt.

Schutzzone A oder Arbeitsbereich. Zur Schutzzone A gehören der eigentliche Aushubbereiche sowie die Bereiche der geplanten Lagerung von kontaminationsverdächtigen Stoffen (Schwarzbereich).

Schutzzone B oder Übergangsbereich. Die Schutzzone B ist der Bereich der für die Baustelleneinrichtung vorgesehenen Fläche und umfasst den Standort der Schwarz-Weiß-Anlage.

Schutzzone C oder Baustelleneinrichtung. Die Schutzzone C umfasst den Standort des Bürocontainers für die örtliche Bauüberwachung, für die Bauleitung des AN, das Materiallager und Abstellplätze für nicht im Arbeitsbereich eingesetzte Fahrzeuge außerhalb des Schwarzbereiches (Weißbereich).

Im Arbeitssicherheits-Plan erfolgt die Festlegung von Schutzmaßnahmen entsprechend der Schutzzonen-Einteilung.

10.5.5.2 Anforderungen an Maschinen, Fahrzeuge und Geräte

Die im Arbeitsbereich für die Dauer des Abbruchs von kontaminierten und kontaminationsverdächtigen Materialien auszuführenden Arbeiten zum Einsatz gelangenden Baumaschinen und Fahrzeuge müssen mit Filter- bzw. Druckluftanlagen und Klimaanlage ausgerüstet sein.

10.5.6 Persönliche Arbeitsschutzmaßnahmen

Personal ist mit persönlicher Schutzausrüstung gemäß dem ASi-Plan auszustatten und hat diese nach Weisung des Koordinator gem. BGR 128 einzusetzen.

11 ENTSORGUNGSKONZEPT MIT MASSENÜBERSCHLAG

Der Bodenaushub, der im Zuge der Sanierung des Geländes zur Entsorgung anfällt, ist gemäß den Voruntersuchungen im Wesentlichen organisch kontaminiert. Abfallbestimmender Parameter sind die C 1 -C 40 –Kohlenwasserstoffe (MKW) und Polycyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).

Mit dieser Charakteristik kommen grundsätzlich folgende Entsorgungswege in Betracht, wenn eine Verwertung vor Ort nicht möglich ist:

Entsorgungsweg	Belastungsgrad							Regelwerk
	Z0	Z1	Z2 (DK0)	DK I	DK II	DK III	DK IV	
Verwertung							--	LAGA M20 bzw. Gruben und Brüche bzw. Einzelfallentscheidung
oberirdische Deponien								DepV
Bodenbehandlung								anlagenspezifische Annahmekriterien

Die größten Mengen werden aus der abfallrechtlichen Deklaration im Belastungsniveau von DK I erwartet. Nach Möglichkeit werden sie in biologischen Bodenreinigungsanlagen oder in Bodenwaschanlagen off-site dekontaminiert werden oder falls diese nicht zur Verfügung stehen einer Beseitigung auf Deponien zugeführt werden.

12 QUALITÄTSSICHERUNG UND KONTROLLANALYSEN

12.1 Kontrollmaßnahmen im Rahmen der vorgesehenen Aushubmaßnahmen

Sämtliche Aushubmassen werden von der fachgutachterlichen Begleitung anhand der Kenntnisse der Schadstoffverteilung aus allen vorliegenden Untersuchungen sowie nach visuellen Kriterien entsprechend des zu erwartenden Schadstoffgehaltes eingestuft und gemäß den gängigen Vorschriften (VwV Boden B-W; DepV) vor der Verwertung oder Abtransport deklariert.

12.2 Kontrollmaßnahmen zu Liefermaterial

Zur Darlegung der Stoffbelastung der Lieferböden sind Untersuchungen gemäß VwV Boden bzw. DiHlmannerlass von der Lieferstelle alle 250 - 500 m³ Liefermenge in Abhängigkeit der Gesamtcharge vorzulegen. Zusätzlich sind Angaben zur Bodenart (Kornverteilung) sowie zum Wassergehalt des Bodens zu machen. Vom Lieferanten sind hierzu die entsprechenden Nachweise vorzulegen.

Die Prüfung der Verfüllmaterialien erfolgt durch eine kontinuierliche fachgutachterliche Begleitung. Dies hat die Aufgabe, das zur Verfüllung vorgesehene Material hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung sowie der geotechnischen Eignung auf der Basis der vorgelegten Nachweise zu beurteilen.

Im Rahmen der Eigenüberwachung erfolgt eine Überprüfung je 2.000 – 3.000 m³ Einbaumaterial in Abhängigkeit der Gesamtcharge mit Analyse auf die Parameter nach VwV Boden durch die fachgutachterliche Baubegleitung des AGs.

13 ZEITPLANUNG

Für die Ausführung der Sanierungsmaßnahme mittels Aushub ist mit einer Dauer von ca. 20 Arbeitstagen zu rechnen.

Die Deklaration der Aushubmaßen nimmt einschließlich Analytik voraussichtlich 15 AT in Anspruch. Je nach Belastungsgrad und Entsorgungsweg sind für den Abtransport der belasteten Aushubmaßen drei bis vier Wochen erforderlich.

14 KOSTEN DER SANIERUNGSMÄßNAHME

Auf der Basis des dargestellten Sanierungsszenarios (ungesättigte und gesättigte Bodenzone) erfolgt die Kostenschätzung. In der Anlage 3 wird diese in Form eines LVs dargestellt. Die geschätzten Kosten belaufen sich auf rd. 2.955.000,00 €, netto.

Die Kostenschätzungen erfolgt auf der Basis der getroffenen Annahmen und auf der Basis von Preisen aus vergleichbaren Maßnahmen. Bei der Anfrage der Leistungen können allerdings deutliche Abweichungen bei den angefragten Preisen auftreten. Darüber hinaus können im Rahmen der Sanierungsmaßnahme aufgrund abweichender Rahmenbedingungen deutliche Abweichungen, insbesondere bei den Entsorgungskosten, aufgrund anderer Verteilung der Einbauklassen auftreten.

Re2area,
Heidelberg den 21.09.2017

Dipl.-Geol. Fabian Bobbink
Projektleiter Rückbau, Umwelt- und Geotechnik

Verfasser:

Dipl.-Geol. Stefan Mauch
Projektleiter Rückbau, Umwelt- und Geotechnik

M.Sc. Geowiss. Nicolai Goppold
Projektbearbeiter Rückbau, Umwelt- und Geotechnik